



Planungsbüro Koenzen
Wasser und Landschaft



SYDRO CONSULT



WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt

WSW

WiW



NZO

GMCH



Abschlussbericht zum

**Forschungsvorhaben
Handlungsbedarf und Abwägungskriterien
bei der Umsetzung der EU-WRRL
am Beispiel der Kühlwassernutzung
der Unteren Wupper**

AZ 54.173/25-5232

gefördert durch das MUNLV NRW

Autorenverzeichnis

Tabelle der 18 Autorinnen und Autoren in alphabetischer Reihenfolge

Die Hauptautoren sind schwarz markiert. Einige Kapitel wurden gemeinsam, einige Kapitel nur von einer Person bearbeitet.

Name	Institution	Kapitel								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hobus, I.	WiW GmbH		2							
Hoffmann, A.	NZO GmbH							7	8.3	
Hofmann, G.	über LUA NRW					5.1				
Hasenclever, S.	Planungsbüro Koenzen		2.5.1	3					8.2	
Koenzen, U.	Planungsbüro Koenzen		2.5.1	3					8.2	
Liebeskind, M.	Wupperverband	1					6		8.1	9
Oberborbeck, A.	Wupperverband		2.1.6						8.1	
Scharf, W.	Wupperverband					5.2	6			
van den Boom, A.	Wupperverband						6			
van de Weyer, K.	Lana Plan				4					

Name	Institution	Kapitel						
		10	11	12	13	14	15	16
Böcker, K.	Wupperverband	10.1						
Hobus, I.	WiW GmbH		11					
Hoffmann, A.	NZO GmbH	10.1-10.2			13.3	14	15	16.1
Koenzen, U.	Planungsbüro Koenzen	10.1						
Leonhard, V.	WSW AG			12.1				
Liebeskind, M.	Wupperverband	10.1		12.2	13.1-13.2			16.2
Scharf, W.	Wupperverband	10.1						
Schwarz, F.	WSW AG			12.1.5				
van den Boom	Wupperverband	10.1						
van de Weyer	Lana Plan	10.1						

Name	Institution	Kapitel							
		17	18	19	20	21	22	23	
Böcker, K.	Wupperverband	17.4.4-17.4.5							
Hobus, I.	WiW GmbH					21		23	
Hoffmann, A.		17.3.1-17.3.4, 17.5.2, 17.5.5				21	22	23	
	NZO GmbH								
Kisseler, H.	Wupperverband	17.4.1							
Knappe, F.		17.1.1-17.2.5, 17.4.3, 17.4.6		19	20	21		23	
	IFEU GmbH								
Koenzen, U.	Planungsbüro Koenzen					21		23	
Lauersdorf, U	WSW AG	17.4.4-17.4.5							
Leonhard, V.	WSW AG					21		23	
Liebeskind, M.		17.3.1-17.4.2, 17.51, 17.5.3-17.5.4				21		23	
	Wupperverband		18.9-18.11						
Lohr, H.			18.1-18.8						
	Sydro Consult								
Lützenberger, A.	Wupperverband	17.3.1, 17.3.3, 17.3.5							
Schwarz, F.	WSW AG	17.1.1				21			
Sebök, T.	WSW AG	17.2.4, 17.2.6, 17.4.3							

1	Veranlassung und Einleitung	1

TEIL A - ERARBEITUNG DER GRUNDLAGEN

2	Temperaturen der "potentiell natürlichen Wupper" als Ausgangsbasis der Beurteilung	3
2.1	Aufbau Temperaturmodell	3
2.1.1	ATV-Gewässergütemodell	3
2.1.2	Temperaturmessungen	3
2.1.3	Globale und regionale Daten	6
2.1.4	Klimadaten	6
2.1.5	Gewässergeometrie und -morphologie	7
2.1.6	Beschattung / Abschnittsanzahl	7
2.1.7	Wehre	9
2.1.8	Laterale Zuflüsse	9
2.1.9	Direkte Zuflüsse und Einleitungen	10
2.1.10	Längsverlauf der Unteren Wupper	11
2.2	Kalibrierung des Temperaturmodells im IST-Zustand	13
2.2.1	Solarstrahlung und Beschattung	13
2.2.2	Abflusssimulation	14
2.2.3	Temperaturverlauf	18
2.2.4	Vergleich Simulationsmodell mit 8 und 120 Abschnitten	22
2.3	Verifizierung des Temperaturmodells im IST- Zustand	23
2.3.1	Solarstrahlung und Beschattung	23
2.3.2	Abflusssimulation	24
2.3.3	Temperaturverlauf	26
2.4	Zusammenfassung Modellaufbau im IST-Zustand	29
2.5	Modellaufbau des potentiell natürlichen Zustands	30
2.5.1	Typologie und Leitbild der Wupper im Untersuchungsraum	30
2.5.2	Gewässergeometrie und -morphologie im Modell "potentiell natürlicher Zustand"	31
2.5.3	Modellierung des potentiell natürlichen Abfluss am km 75,5 (Modelleingang)	33
2.5.4	Modellierung der potentiell natürlichen Temperatur am km 75,5 (Modelleingang)	34
2.6	Ergebnis der Simulation des potentiell natürlichen Zustandes	36
2.7	Zusammenfassung Temperaturmodell	40
2.8	Literatur zu Kapitel 2	41
3	Chemisch-physikalische Parameter und prioritäre Stoffe	43
3.1	Qualitätskriterien	43
3.1.1	Chemisch-physikalische Parameter	43
3.1.2	Prioritäre Stoffe	45
3.2	Ergebnisse	46
3.2.1	Chemisch-physikalische Parameter	46
3.2.2	Prioritäre Stoffe	49

3.3	Bewertung nach EG-WRRL	49
3.4	Literatur zu Kapitel 3	51
4	Aquatische Makrophyten	53
4.1	Das Untersuchungsgebiet	53
4.2	Methoden	54
4.3	Ergebnisse gemäß EU-WRRL	55
4.3.1	Laaken (Probestelle 1)	55
4.3.2	Wuppertal-Oberbarmen (Probestelle 2)	55
4.3.3	Wuppertal Hühnefeldstraße (Probestelle 3)	56
4.3.4	Wuppertal-Zoo (Probestelle 4)	56
4.3.5	Wuppertal-Rutenbeck (Probestelle 5)	56
4.3.6	Parkplatz südlich Wuppertal, Höhe Heidbusch (Probestelle 6)	57
4.3.7	Müngstener Brücke (Probestelle 7)	58
4.3.8	Wupperhof (Probestelle 8)	58
4.4	Bewertung	59
4.5	Literatur zu Kapitel 4	62
5	Phythobenthos	63
5.1	Untersuchung des Phythobenthos gemäß EG-WRRL	63
5.1.1	Vorläufiges Ergebnis / gefundene Arten	63
5.1.2	Vorläufige Beurteilung gemäß EG-WRRL	63
5.2	Analyse und Bewertung der ökosystemaren Funktion "Trophie"	68
5.2.1	Methodik und Probenahme	68
5.2.2	Ergebnisse	68
5.2.2.1	Phosphor	68
5.2.2.2	Algenaufwuchsbiomasse	69
5.2.2.3	Tagesganglinien	70
5.2.3	Bewertung und Diskussion der Ergebnisse	73
5.3	Literatur zu Kapitel 5	75
6	Makrozoobenthos	77
6.1	Methoden	77
6.1.1	Bestimmungsprogramm AQEM	77
6.1.2	Probenahme	78
6.2	Ergebnisse	79
6.2.1	Organische Verschmutzung	79
6.2.2	Schlick- und Schlammbewohner	80
6.2.3	Strömung	81
6.2.4	Metarhithral-Anzeiger	82
6.2.5	Sauerstoffgehalt und Wasserqualität	85
6.2.6	Biodiversität	86
6.2.7	Degradation der Morphologie	88
6.3	Zusammenfassung	89
6.4	Literatur zu Kapitel 6	92
7	Fische	93
7.1	Entwicklung der Fischfauna von 1750 bis 2004	93

7.2	Leitbilder nach Wasserrahmenrichtlinie	100
7.2.1	Definition Leitbild	100
7.2.2	Fische in der Wasserrahmenrichtlinie	100
7.2.3	Methode der fischfaunistischen Leitbilderstellung	101
7.2.4	Fischfaunistische Leitbilder für die Wupper	103
7.3	Methode fischökologischer Untersuchungen	114
7.4	Ist-Zustand	118
7.4.1	Artenspektrum	118
7.4.2	Fischartenzusammensetzung - Dominanz und Stetigkeit	120
7.4.3	Fortpflanzung	126
7.5	Ergebnisse und Bewertung der Mageninhaltsanalysen	129
7.6	Bewertung des IST-Zustandes	133
7.6.1	Bewertung der Ausgewogenheit des Fischbestandes gemäß Fischgewässerverordnung NRW	133
7.6.2	Bewertung der Fischfauna gemäß EG-WRRL	134
7.6.2.1	Bewertung der Wupper mit dem Bewertungssystem nach DUSSLING et al. (2004)	135
7.6.2.2	Bewertungsabschätzung der Wupper anhand der Fischfauna gemäß NZO	137
7.7	Literatur zu Kapitel 7	141
8	Struktur	143
8.1	Strukturgütekartierung	143
8.1.1	Laufentwicklung	144
8.1.2	Längsprofil	145
8.1.3	Sohlstruktur	147
8.1.3	Gefälle und Gewässerbreite	148
8.2.	Strömungs- und Substratdiversität der Wupper	149
8.2.1	Potenziell natürlicher Zustand	149
8.2.2	IST- Zustand	149
8.2.3	Auswirkungen der Defizite	150
8.3	Sohlstrukturen der Wupper im Untersuchungsgebiet	151
8.3.1	Methode der Transektanalyse	152
8.3.2	Ergebnisse der Transektanalyse	153
8.4	Literatur zu Kapitel 8	157
9	Zusammenfassung der Gütesituation der Unteren Wupper	159
9.1	Literatur zu Kapitel 9	160

TEIL B - Bewertung

10	Nutzungen an der Unteren Wupper und ihre Wirkung auf die biologischen Qualitätselemente	161
10.1	Auswirkung der Belastung "veränderte Temperaturen"	164
10.2	Nutzungen an der Unteren Wupper und ihre Wirkung auf die Fischfauna	165
10.2.1	Wassertemperatur	165

10.2.2	Weitere Beeinflussende Faktoren für die Entwicklung der Fischfauna der Unteren Wupper	175
10.2.2.1	Strukturgüte	175
10.2.2.2	Fischereiliche Bewirtschaftung	177
10.2.2.3	Belastungen durch Nutzungen der Flächen in der Aue	179
10.2.2.4	Querbauwerke, Wasserkraftnutzungen und Stauhaltungen	179
10.2.2.5	Kormoran	182
10.3	Literatur zu Kapitel 10	184
11	Beitrag verschiedener Nutzungen zur Temperaturproblematik	187
11.1	Auswirkung der Urbanisierung	187
11.2	Einfluss verschiedener anderer Nutzungen auf die Temperatur (ATV-Gütemodellierung)	190
11.2.1	Grundlagen der Lastfallbetrachtung	190
11.2.2	Ergebnisse	193
11.2.2.1	Ergebnisse für den Monat Januar 2002	193
11.2.2.2	Ergebnisse für den Monat März 2003	198
11.2.2.3	Ergebnisse für den Monat Juni 2002	202
11.2.2.4	Ergebnisse für den Monat November 2003	206
11.3	Zusammenfassung Temperaturmodell	210
11.4	Literatur zu Kapitel 11	211
12	Beschreibung der drei Hauptnutzer	213
12.1	Heizkraftwerke	213
12.1.1	Heizkraftwerk Barmen	213
12.1.1.1	Historie und letzter Ausbau	213
12.1.1.2	Verfahren und Leistungsdaten	213
12.1.2	Heizkraftwerk Elberfeld	215
12.1.2.1	Historie und letzter Ausbau	215
12.1.2.2	Verfahren und Leistungsdaten	215
12.1.3	Öffentliche Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	216
12.1.4	Strommarkt und Strombeschaffung bei der WSW AG	217
12.1.5	Wärmemarkt	220
12.1.6	Wirtschaftliche Situation der Heizkraftwerke	221
12.2	Klärwerk Buchenhofen	222
12.2.1	Historie und letzter Ausbau	222
12.2.2	Verfahren und Leistungsdaten	223
12.2.3	Temperaturen des gereinigten Abwassers	224
12.3	Literatur zu Kapitel 12	225
13	Temperatur-Zielfunktion aus Sicht der Fischgewässerverordnung und Bewertung	227
13.1	Anforderungen der FischgewV NRW	227
13.2	Beziehung von FischgewV und EG-WRRL	227
13.3	Definition des ausgewogenen Fischbestandes nach FischgewV NRW	228

14	Temperatur-Zielfunktion für die Fischfauna und Bewertung	233
15	Abweichung des IST-Zustands von dem Zielzustand der Temperaturfunktion für die Fischfauna	239

TEIL C - MASSNAHMEN

16	Priorisierung und Kategorien	243
16.1	Massnahmenpriorisierung aus Sicht der Fischfauna	243
16.2	Massnahmenkategorien	244
16.3	Literatur zu Kapitel 16	245
17	Denkbare Massnahmen	247
17.1	Massnahmen am Markt	248
17.1.1	Preis- und Vertriebspolitik	248
17.1.2	Grossklimaanlagen	251
17.1.3	Private Heizwärmenutzung	252
17.1.4	Industrielle Wärmenutzung für die Produktion	253
17.2	Bauliche Massnahmen zur Temperaturbegrenzung	254
17.2.1	Nasskühlturm	254
17.2.2	Trockenkühlturm	256
17.2.3	Hybrid-Kühlturm	257
17.2.4	Luftkondensatoren	257
17.2.5	Kühlung des Kläranlagenablaufes	258
17.2.6	Grundwassernutzung zu Kühlzwecken	259
17.2	Bauliche Massnahmen zur Strukturverbesserung (flankierende Massnahmen)	260
17.3.1	Initiierung einer Substratsortierung durch Einbau von Buhnen	261
17.3.2	Schaffung von Durchgängigkeit	263
17.3.3	Schaffung von Rückzugsräumen und Fluchtwegen für Fische	264
17.3.4	Entwicklung der Aue	266
17.3.5	Aufstellung eines Konzeptes zur naturnahen Entwicklung der Unteren Wupper (KNEF)	267
17.4	Steuerungstechnische Massnahmen (Steuerung von Volumen- und Energieströmen)	267
17.4.1	Talsperrenmanagement / 3°C	267
17.4.2	Talsperrenmanagement / Temperaturganglinie Fische	268
17.4.3	Trinkwassernutzung zu Kühlzwecken	270
17.4.4	Ableitung in die Trennkanalisation	271
17.4.5	Ableitung ins Klärwerk	272
17.4.6	Produktionsdrosselung der Heizkraftwerke	273
17.5	Massnahmen der Interaktion	274
17.5.1	Kooperation mit dem Wupperverband	274
17.5.2	Kooperation mit den Fischereiberechtigten und Fischereiausübungsberechtigten	275

17.5.3 Kooperation mit der Stadt Wuppertal	276
17.5.4 Kooperation mit den Stadtwerken Remscheid	276
17.6 Literatur zu Kapitel 17	
18 Untersuchungen zu Möglichkeiten des Talsperrenmanagements	279
18.1 Veranlassung und Aufgabenstellung	279
18.2 Vorgehensweise	280
18.2.1 Modellrechnungen und Optimierung	280
18.2.2 Wasserdargebot im Modell und in der Realität	280
18.3 Wasserwirtschaftliches System	281
18.3.1 Abbildung des Systems im Modell	281
18.3.2 Zuflussbelastung	283
18.3.3 Anforderungen Ist-Zustand	284
18.3.4 Anforderung Plan-Zustand 1 (FischgewV)	284
18.3.5 Anforderung Plan-Zustand 2 (Fischfauna)	285
18.3.6 Untersuchte Varianten für den Plan-Zustand 1	285
18.4 Kalibrierung und Verifikation des Modells TALSIM	286
18.4.1 Zwischengebiet Kluserbrücke bis Wuppertalsperre	286
18.4.2 Oberlauf – Wahl des Bezugspegels	287
18.4.2.1 Randbedingungen	287
18.4.2.2 Ergebnisse	287
18.4.3.3 Fazit	291
18.5 Ergebnisse der Simulation des IST-Zustand	291
18.5.1 Randbedingungen für die Simulationen des IST-Zustand	291
18.5.1.1 Wuppertalsperre	291
18.5.1.2 Bevertalsperre	292
18.5.1.3 Neyetalsperre	293
18.5.1.4 Kerspetalsperre	293
18.5.1.5 Lingesetalsperre	294
18.5.1.6 Bruchertalsperre	294
18.5.1.7 Anfangsinhalte der Talsperren	295
18.5.2 Vergleich der Wasserbilanz	295
18.5.3 Ausgangssystem	297
18.5.3.1 Wirkung auf die Wupper- und Bevertalsperre	297
18.5.3.2 Wirkung auf den Pegel Kluserbrücke	299
18.5.3.3 Fazit	302
18.6 Variantenuntersuchung für den Plan-Zustand 1 (FischgewV, 3 K)	302
18.6.1 Varianten	302
18.6.2 Einstellung der Abgaben an der Kerspetalsperre	303
18.6.2.1 Konstante Abgaben / Randbedingungen	303
18.6.2.2 Variable Abgaben / Steuergrößen	304
18.6.2.2.1 Wasserversorgung	304
18.6.2.2.2 Niedrigwasseraufhöhung	304
18.6.3 Einstellung der Abgaben an der Neye-Talsperre	306
18.6.3.1 Konstante Abgaben / Randbedingungen	306
18.6.3.2 Variable Abgaben / Steuergrößen	307

18.7	Ergebnisse der Variantenuntersuchung für den Plan-Zustand 1	307
18.7.1	Analyse der Fehlmengen	307
18.7.2	Auswirkungen der Niedrigwasseraufhöhung auf Kerspe- und Neyetalsperre	313
18.7.3	Auswahl von Vorzugsvarianten für Plan-Zustand 1	317
18.8	Zusammenfassung der Ergebnisse der Variantenuntersuchung für den Plan-Zustand 1 (FischgewV NRW, 3 K)	322
18.9	Erste überschlägliche Betrachtungen für den Plan-Zustand 2 (Temperaturganglinie Fischfauna)	325
18.9.1	Prinzip	325
18.9.2	Sommerliche Maximaltemperaturen – Überleben	326
18.9.2.1	Sommerlicher Temperaturgang ohne Heizkraftwerke und ohne Klärwerk Buchenhofen	326
18.9.2.2	Fließzeiten	330
18.9.2.3	Fortpflanzung von Temperaturpeaks	331
18.9.2.4	Zusätzlicher Wasserbedarf im Sommer	333
18.9.3	Winterliche Maximaltemperaturen - Reproduktion	338
18.9.3.1	Winterlicher Temperaturgang ohne Heizkraftwerke und ohne Klärwerk Buchenhofen	338
18.9.3.2	Anteil der Heizkraftwerke und Anteil des Klärwerks Buchenhofen	339
18.9.3.3	Wasserbedarf	340
18.10	Zusammenfassung Plan-Zustand 2: fischökologisches Temperaturmanagement	345
18.11	Ökologische Auswirkung des Talsperrentemperaturmanagements im Plan-Zustand 2	347
18.12	Literatur zu Kapitel 18	351
19	Bilanzierung von Maßnahmenkonzepten	353
19.1	Ableitung von Referenzbedingungen für die Wärmebelastung	353
19.2	Bilanzierung der zusätzlichen Wärmeabnahme / Maßnahmen am Markt	358
19.2.1	Lastfall Winter	358
19.2.2	Lastfall Frühjahr	360
19.2.3	Lastfall Sommer	360
19.3	Bilanzierung einer Maßnahme der Kühlung (Hybridkühlturm)	361
19.3.1	Lastfall Winter	361
19.3.2	Lastfall Frühjahr und Sommer	362
19.4	Bilanzierung einer Rücknahme der Produktionsleistung	362
19.4.1	Lastfall Winter	362
19.4.2	Lastfall Frühjahr	363
19.4.3	Lastfall Sommer	364
19.5	Bilanzierung des Talsperrenmanagements	364
19.5.1	Lastfall Winter, Frühjahr und Sommer	364
19.6	Zusammenfassung der Maßnahmen und Kostenvergleich	365
20	Vergleichenden Bewertung von möglichen Maßnahmen	369
20.1	Ökologische Bewertung	369

20.1.1	Methode zur ökologischen Bewertung	369
20.1.1.1	Kriterien zur ökologischen Bewertung	370
20.1.1.2	Vergleichende Bewertung	374
20.1.2	Ergebnisse der ökologischen Bewertung	376
20.2	Sozio-ökonomische Bewertung	379
20.2.1	Methode zur sozio-ökonomischen Bewertung	379
20.2.2	Sozio-ökonomische Bewertung der Maßnahmen	381
20.3	Abschließende zusammenführende Bewertung	383
20.4	Literatur zu Kapitel 20	384
21	Ergebnis und Empfehlung	385
22	Monitoring Fische	391
22.1	Monitoring gemäß EU-WRRL	391
22.2	Monitoring zur Entwicklung der Fischfauna in der Wupper	392
22.2.1	Beurteilungsparameter und Messnetz	392
22.2.2	Zeitliche Vorgaben	393
23	Zusammenfassung	395
24	Empfehlungen für die folgenden wasserrechtlichen Umsetzungsprozesse	401
25	Nachtrag 2005 zum Forschungsvorhaben 2004: Monitoringuntersuchungen zur Entwicklung der Fischfauna in der Wupper in den Jahren 2004 und 2005	

ANHANG

A1	Ergebnisse der Variantensimulation
A2	Lage der Probeflächen für Point-Abundance
A3	Erhebungsbögen Fischbestandserfassung
A4	Erhebungsbögen Point-Abundance
A5	Dominanzen der Probestrecken
A6	Transekt-Aufnahmeblätter
A7	Temperaturkurven Fische
A8	Taxaliste Makrozoobenthos
A9	Tabellen Richmannsche Mischungsberechnung
A10	Steckbrief Typologie Fließgewässer Typ 9
A11	Wassertemperaturen der Wupper vor dem HKW Barmen
A12	AQEM-Metric Typ 9: Metarithral
A13	Ernährungstypen
A14	Variantensimulation TALSIM

Verzeichnis der Bilder

Bild 2.1.2-1:	Temperaturmessstellen in der Wupper
Bild 2.1.2-2:	Vergleichsmessung mit geeichtem Thermometer an den Messstationen
Bild 2.1.2-3:	Vergleichsmessungen an der Messstation
Bild 2.1.4-1:	Lufttemperatur an der Wettermessstation in Buchenhofen sowie die min. und max. Werte auf der Kläranlage Burg
Bild 2.1.4-2:	Lufttemperatur an der Wettermessstation in Buchenhofen sowie die min. und max. Werte auf den Kläranlagen Kohlfurth und Radevormwald
Bild 2.1.6-1:	Abschnittsbildung von der Mündung bis Wuppertalsperre
Bild 2.1.6-2:	Abschnittsgliederung der Wupper
Bild 2.1.6-3:	Abschnittsgliederung der Wupper für die Kalibrierung und Lastfallrechnungen
Bild 2.1.9-1:	Temperaturverlauf in Laaken im Vergleich zu den Messungen am Eifgenbach und an der Dhünn
Bild 2.2.1-1:	Vergleich der gemessenen Globalstrahlung in Rutenbeck mit der Simulation
Bild 2.2.1-2:	Berechnete Strahlung an der Wasseroberfläche unter Berücksichtigung der Hangneigung und der Beschattung
Bild 2.2.2-1:	Vergleich des gemessenen Abflusses mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke und Opladen
Bild 2.2.2-2:	Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke
Bild 2.2.2-3:	Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Opladen
Bild 2.2.2-4:	Abfluss in der Wupper am 28.8.2003 um 16:00 Uhr
Bild 2.2.2-5:	Simulierte Wassertiefe der Wupper
Bild 2.2.2-6:	Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper
Bild 2.2.3-1:	Vergleich der gemessenen Temperatur am 28.8.2004 um 8:00 und 16:00 Uhr mit der Simulation im Längsverlauf
Bild 2.2.3-2:	Vergleich der gemessenen Temperatur mit der Simulation an den Temperaturmessstellen Krebsöge, Laaken, vor dem HKW Barmen und Elberfeld, Rutenbeck und Opladen
Bild 2.2.4-1:	Simulierter Temperaturverlauf für das Modell mit 8 und 120 Abschnitten
Bild 2.3.1-1:	Vergleich der gemessenen Globalstrahlung in Rutenbeck mit der Simulation
Bild 2.3.1-2:	Berechnete Strahlung an der Wasseroberfläche unter Berücksichtigung der Hangneigung und der Beschattung
Bild 2.3.2-1:	Vergleich des gemessenen Abflusses mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke und Opladen
Bild 2.3.2-2:	Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke
Bild 2.3.2-3:	Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Opladen
Bild 2.3.2-4:	Abfluss in der Wupper am 28.8.2003 um 16:00 Uhr
Bild 2.3.3-1:	Vergleich der gemessenen Temperatur mit der Simulation am 28.8.2003 um 8:00 und um 16:00 Uhr
Bild 2.5.1-1:	Schematische Darstellung eines nebengerinnereichen, gestreckten, schottergeprägten Flusses des Grundgebirges

Bild 2.5.1-2:	Schematische Darstellungen eines nebengerinnereichen, schwach gewundenen, schottergeprägten Flusses des Grundgebirges
Bild 2.5.1-3:	Fließgewässertypenabschnitte der Wupper im Untersuchungsraum
Bild 2.5.2-1:	Potenziell natürliches Gerinne im Bereich von Wuppertal-Laaken
Bild 2.5.2-2:	Potenziell natürliches Gerinne in Wuppertal-Elberfeld
Bild 2.5.3-1:	Summenhäufigkeit des potenziell natürlichen Abfluss am Pegel Krebsöge berechnet aus der Abflusspende am Pegel Müllensiepen sowie die Ergebnisse des Wasserbilanzmodells für die Obere Wupper [Hydrotec, 1999]
Bild 2.5.4-1:	Jahrestemperaturverlauf des Steinschbaches und Große Dhünn für den Zeitraum Juni 2001 bis Juni 2002 und die mittleren Temperaturen für ein Fließgewässer des Typs 9 nach [Haidekker, 2004]
Bild 2.6-1:	Potential natürlicher Abfluss im Längsverlauf
Bild 2.6-2:	Simulierte Globalstrahlung und Strahlung auf der Wasseroberfläche in Rutenbeck für den potenziell natürlichen Zustand (Flussbreite 41 m).
Bild 2.6-3:	Simulierte Globalstrahlung und Strahlung auf der Wasseroberfläche in Rutenbeck für den IST-Zustand (Flussbreite 25 m).
Bild 2.6-4:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper im Jahr 2002 am Pegel Krebsöge und Opladen für den potenziell natürlichen Zustand (Temperaturverlauf 2002 auf Basis von Tages-Werten, Abfluss am Pegel Krebsöge 0,7 m ³ /s)
Bild 2.6-5:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper am Standort Opladen im Jahr 2002 und 2003 und die mittleren Temperaturen für ein Fließgewässer des Typs 9 nach [Haidekker] (Temperaturverlauf 2002 auf Basis von Tages-Werten, Abfluss am Pegel Krebsöge 0,7 m ³ /s, Temperaturverlauf 2003 auf Basis von h-Werten für die Lufttemperatur, Abfluss am Pegel Krebsöge 0,7 m ³ /s)
Bild 2.6-6:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei einem Abfluss von 0,7 m ³ /s für den potenziell natürlichen Zustand am Pegel Krebsöge
Bild 3.2.1-1:	Temperaturkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]
Bild 3.2.1-2:	Gesamtstickstoffkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]
Bild 3.2.1-3:	Gesamtphosphatkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]
Bild 3.2.1-4:	Ammoniumkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]
Bild 3.2.1-5:	pH-Karte nach [StUA Düsseldorf, 2004]
Bild 3.2.1-6:	Sauerstoff-Karte nach [StUA Düsseldorf, 2004]
Bild 3.3-1:	Übersicht über die Lage der betrachteten Wasserkörper
Bild 4.1-1:	Probestellen der Makrophytenuntersuchung
Bild 4.2-1:	Makrophytenuntersuchung
Bild 4.3.1-1:	Probenahmestelle Laaken
Bild 4.3.1-2:	Ranunculus peltatus an der Probestelle in Wuppertal-Laaken
Bild 4.3.2-1:	Rhynchosgetium riparioides
Bild 4.3.2-2:	Lemanea spec.
Bild 4.4.3-1:	Fontinalis antipyretica
Bild 4.3.3-2:	Verödungszone I
Bild 4.3.4-1:	Probenahmestelle Zoo
Bild 4.3.4-2:	Verödungszone II
Bild 4.3.5-1:	Probenahmestelle Rutenbeck
Bild 4.3.5-2:	Verödungszone III
Bild 4.3.6-1:	Callitriche hamulata

Bild 4.3.6-2:	Potamogeton berchtoldii
Bild 4.3.6-3:	Nitella flexilis
Bild 4.3.6-4:	Elodea nutallii
Bild 4.3.7-1:	Probenahmestelle Müngstener Brücke
Bild 4.3.7-2:	geringe Gesamtdeckung von 3%
Bild 4.3.8-1:	Probenahmestelle Wupperhof
Bild 4.3.8-2:	geringe Gesamtdeckung von 2%
Bild 4.4-1:	Ergebnisse der Makrophytenbewertung
Bild 5.1.2-1:	Güte des Qualitätsparameters Phythobenthos
Bild 5.1.2-2:	pH-Amplituden im April (Phythobenthosblüte) der Jahre 2001 bis 2003 in Krebsöge und Laaken (Online-Messung des Wupperverbandes oberhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an)
Bild 5.1.2-3:	pH-Amplituden im April (Phythobenthosblüte) der Jahre 2001 bis 2003 in Rutenbeck und Opladen (Online-Messung des Wupperverbandes unterhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an)
Bild 5.1.2-4:	Sauerstoff-Amplituden der Jahre 2001 bis 2003 in Laaken und Krebsöge (Online-Messung des Wupperverbandes oberhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an)
Bild 5.1.2-5:	Sauerstoff-Amplituden der Jahre 2001 bis 2003 in Rutenbeck und Opladen (Online-Messung des Wupperverbandes unterhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an)
Bild 5.2.2-1:	Saisonale Dynamik der Algenaufwuchsbiomassen in der Wupper
Bild 5.2.3-1:	Sauerstofftagesamplituden in der Wupper bei Laaken und Rutenbeck
Bild 5.2.3-2:	Box-Plots der täglichen Sauerstoffminima (worst case) aus kontinuierlichen Aufzeichnungen während der Vegetationsperiode 2003
Bild 5.2.3-3:	Box-Plots der täglichen pH-Maxima (worst case) aus kontinuierlichen Aufzeichnungen während der Vegetationsperiode 2003
Bild 5.2.3-4:	Maxima der Tagestemperaturen (worst case) basierend auf kontinuierlichen Messungen in Laaken (km 32,0) und Rutenbeck (km 41,8)
Bild 6.1.1-1:	Prinzip der Gütebestimmung gemäß AQEM
Bild 6.1.2-1:	Probenahmestellen entlang der Unteren Wupper [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]
Bild 6.2.1-1:	Gegenüberstellung von "altem" und "neuem" Saprobienindex der einzelnen Probestellen und Zuordnung der Saprobienindizes zu den Gewässergüteklassen nach herkömmlicher 7-stufiger Art und den neuen 5-stufigen saprobiellen Qualitätsklassen für den Gewässertyp 9 [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]
Bild 6.2.1-2:	Gewässergütekarte der Unteren Wupper auf der Grundlage des Saprobienindex gemäß AQEM Modul 1 [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]
Bild 6.2.2-1:	AQEM-Gütewerte für den prozentualen Anteil der Pelal-Bewohner (Basis: Individuen, eingestufte Taxa = 100%) [VAN DEN BOOM, A. 2004]
Bild 6.2.3-1:	AQEM-Gütewerte für den Rheoindex nach Banning (Basis: Individuen) [VAN DEN BOOM, A. 2004]
Bild 6.2.4-1:	AQEM-Gütewerte für den prozentualen Anteil der Metarhithral-Anzeiger (Basis: Individuen, eingestufte Taxa = 100%) [VAN DEN BOOM, A. 2004]

- Bild 6.2.4-2: Aus der Ernährungstypenverteilung abgeleiteter Rhithron-Ernährungstypen-Index (RETI). Unterschreitet der RETI den Wert 0,5 liegt eine Abweichung von einer rhithraltypischen Ernährungstypenverteilung vor [SCHWEDER 1992]. W=Weidegänger, Z=Zerkleinerer, F=Filterer, S=Sedimentfresser Bild: [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]
- Bild 6.2.5-1: AQEM-Gütwerte für den prozentualen Anteil der EPT-Taxa (Basis: Häufigkeitsklassen) [VAN DEN BOOM, A., 2004]
- Bild 6.2.5-2: Prozentualer Anteil der EPT-Taxa (Basis: Gesamttaxa) [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]
- Bild 6.2.6-1: AQEM-Gütwerte für die Shannon-Wiener-Diversität [VAN DEN BOOM, A., 2004]
- Bild 6.2.6-2: Taxazahlen und Individuenzahlen der Probenahmestellen [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]
- Bild 6.2.7-1: AQEM-Gütwerte für den Deutschen Fauna Index [VAN DEN BOOM, A., 2004]
- Bild 6.2.7-2: Gewässerstrukturgütekartierung der "Referenzmessstelle" Laaken (Tennishalle Kemna unterhalb der Herbringhauser Talsperre; Daten: StUA Düsseldorf; Darstellung: FLUGGS Wupper; GIS des WV im Internet)
- Bild 6.3-1: AQEM-Gütwerte für das Modul "Allgemeine Degradation" [VAN DEN BOOM, A., 2004]
- Bild 6.3-2: Gewässergüte der Unteren Wupper in Bezug auf das Makrozoobenthos
- Bild 7.1-1: Historische Verbreitung des Lachses im Einzugsgebiet der Wupper nach UNIVERSITÄT ESSEN (2000), aus: NZO-GMBH (2003)
- Bild: 7.1-2: Entwicklung der Gewässergüte in der Wupper, aus VIETORIS [2002]
- Bild 7.2.3-1: Arbeitsschritte zur Entwicklung von fischfaunistischen Leitbildern
- Bild 7.2.4-1: Fischartenspektrum im Leitbildzustand im „Kerbtalbach im Grundgebirge“
- Bild 7.2.4-2: Fischartenspektrum im Leitbildzustand im „Kleinen Talauebach im Grundgebirge“
- Bild 7.2.4-3: Fischartenspektrum im Leitbildzustand im „Großen Talauebach im Grundgebirge“
- Bild 7.2.4-4: Fischartenspektrum im Leitbildzustand im hyporhithralen Abschnitt im „Schottergeprägten Fluss im Grundgebirge“
- Bild 7.2.4-5: Fischartenspektrum im Leitbildzustand im epipotamalen Abschnitt im „Schottergeprägten Fluss im Grundgebirge“
- Bild 7.2.4-6: Abgrenzung der Gewässertypen in der Wupper und die dazugehörigen Leitarten
- Bild. 7.3-1: Streckenbefischung watend gegen die Strömung mit einem tragbaren Elektrofischgerät
- Bild 7.3-2: Streckenbefischung vom Boot aus gegen die Strömung mit einem stationären Elektrofischgerät
- Bild 7.3-3: Ringanode mit einem Durchmesser von 15 cm
- Bild 7.3-4: Mittels der point-abundance Methode nachgewiesener Lachs
- Bild 7.4.1-1: Anteil der gefährdeten Fischarten an den nachgewiesenen Fischarten in der Wupper im Jahr 2004 für den Naturraum VI (Süderbergland)
- Bild 7.4.1-2: Anteil der gefährdeten Fischarten an den nachgewiesenen Fischarten in der Wupper im Jahr 2004 für gesamt NRW
- Bild 7.5.2-1: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in 12 Probestrecken a 300 m Länge nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)
-

Bild 7.4.2-2:	Stetigkeiten der in der Wupper im Jahr 2004 in 12 Probestrecken a 300 m Länge nachgewiesenen Fischarten (n = 12 Probestrecken)
Bild 7.4.2-3:	Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-591 nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)
Bild 7.4.2-4:	Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-597 nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)
Bild 7.4.2-5:	Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-603 nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)
Bild 7.4.2-6:	Verteilung der relativen Häufigkeiten ausgewählter Fischarten in der Wupper vom Auslauf des Beyenburger Stausee bis zum Wupperhof (zur Lage der Probestrecken siehe Karte 7.5.2-1; die roten Pfeile kennzeichnen die Lage der beiden Heizkraftwerke Elberfeld und Barmen)
Bild 7.4.3-1:	Verteilung der relativen Häufigkeiten ausgewählter Jungfischarten Fischarten in der Wupper in 13 Probestrecken vom Auslauf des Beyenburger Stausee bis zum Wupperhof im Jahr 2004
Bild 7.5-1:	Verteilung des Fischbestandes in kg/1500m ² in der Wupper in 13 Probestrecken im Jahr 2004
Bild 7.5-2:	Körperlängenverteilungen der Barbe in der Wupper in 13 Probestrecken im April 2004
Bild 7.5-3:	Verteilungen von Mageninhalten von Barben aus der Wupper im Bereich Auslauf Kraftwerk Barmen im Oktober 2004
Bild 7.5-4:	Verteilungen von Mageninhalten von Barben aus der Wupper im Bereich Müngstener Brücke im Oktober 2004
Bild 7.6.2-1:	Dominanzverteilung im Leitbildzustand für den schottergeprägten Fluss im Grundgebirge (verändert nach: NZO-GmbH 2003)
Bild 8.1.1-1:	Hauptparameter 1 Laufentwicklung
Bild 8.1.1-2:	Einzelparameter Uferverbau (Nummer 1 = Wasserkörper WK2; Nummer 2 = Wasserkörper „Stadtgebiet“)
Bild 8.1.2-1:	Hauptparameter 2 Längsprofil
Bild 8.1.2-2:	Einzelparameter Querbänke (Nummer 1 = Wasserkörper WK2; Nummer 2 = Wasserkörper „Stadtgebiet“)
Bild 8.1.2-3:	Einzelparameter Strömungsdiversität (Nummer 1 = Wasserkörper WK2; Nummer 2 = Wasserkörper „Stadtgebiet“)
Bild 8.1.3-1:	Hauptparameter 3, Sohlenstruktur
Bild 8.2.2-1:	Strömungsdiversität und Sedimentverteilung in Abhängigkeit der Gewässerstruktur
Bild 8.3-1:	Schematische Darstellung des strukturellen Aufbaus eines Laichhabitates für Großsalmoniden wie den Atlantischen Lachs (aus: MUNLV 2001)
Bild 8.3.2-1:	Darstellung der Substratanteile in 30 untersuchten Transekten in der Wupper zwischen Beyenburg und Leichlingen
Bild 8.3.2-2:	„Sohlpflasterung“ im Bereich des Transektes T 08 oberhalb des Bahnhofes Wuppertal-Oberbarmen
Bild 8.3.2-3:	Überwiegend gleichförmige Querprofile der Wupper im Vergleich zu den Querprofilen der Lippe in Bereichen, in denen naturnahe Gestaltungsmaßnahmen durchgeführt wurden [NZO 2005, mit freundlicher Genehmigung des Staatlichen Umweltamtes Lippstadt]
Bild 9-1:	Gewässergüte des Wasserkörpers "Stadtgebiet" anhand der für die Beurteilung nach EG-WRRL wesentlichen Parameter und Qualitätselemente

Bild 9-2:	Gewässergüte des Wasserkörpers "WK 2 / Untere Wupper" anhand der für die Beurteilung nach EG-WRRL wesentlichen Parameter und Qualitätselemente
Bild 10.2.1-1:	Anpassungszeiten bei der Abkühlung warmadaptierter Fische von 10 °C bis 25 °C auf 2 °C bis 4 °C (aus: SCHRECKENBACH 2002)
Bild 10.2.1-2:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Bachforelle
Bild 10.2.1-3:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Bachforelle
Bild 10.2.1-4:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Äsche
Bild 10.2.1-5:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Äsche
Bild 10.2.1-6:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Barbe
Bild 10.2.1-7:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Barbe
Bild 10.2.1-8:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. –grenzen der Nase
Bild 10.2.1-9:	Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. grenzen der Nase
Bild 10.2.2.1-1:	Anzahl von Gewässerabschnitten à 500 m Länge der Wupper mit Querbänken unterschiedlicher Ausprägung und Anzahl im Wuppertaler Stadtgebiet (WK 3) und zwischen Wuppertal und Wiembachmündung (WK 2)
Bild 10.2.2.1-2:	Anzahl von Gewässerabschnitten à 500 m Länge der Wupper mit besonderen Sohlstrukturen unterschiedlicher Ausprägung und Anzahl im Wuppertaler Stadtgebiet (WK 3) und zwischen Wuppertal und Wiembachmündung (WK 2)
Bild 10.2.2.4-1:	Summierung der Schädigungsraten abwandernder Fische durch Kraftwerksketten in Fließgewässern (aus: MUNLV [2001])
Bild 10.2.2.5-1:	Fließgewässer mit beeinträchtigten Äschenbeständen in NRW (aus: LÖBF 2001)
Bild 11.1-1:	Besonnte Wupper in Oberbarmen
Bild 11.1-2:	Temperaturverlauf an den Messstellen Laaken, Rutenbeck und Opladen bei einem mittleren Abfluss von 5,9 m³/s am Pegel Kluserbrücke
Bild 11.1-3:	Temperaturverlauf an den Messstellen Laaken, Rutenbeck, HKW Elberfeld und Opladen bei einem mittleren Abfluss von 9,0 m³/s am Pegel Kluserbrücke
Bild 11.1-4:	Temperaturverlauf an den Messstellen Laaken, Oberbarmen bei einem mittleren Abfluss von 9,2 m³/s am Pegel Kluserbrücke
Bild 11.1-5:	Temperaturverlauf entlang dem Fließweg (Mittelwerte)
Bild 11.2.1-1:	Tagesgang des Kühlbedarfs der HKW Barmen und Elberfeld
Bild 11.2.1-2:	Tagesgang der berechneten Aufwärmspannen am HKW Barmen und Elberfeld
Bild 11.2.1-3:	Gewählter Jahresgang der Wassertemperatur der Kläranlagenabläufe (Ablauf Buchenhofen)
Bild 11.2.2.1-1:	Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat Januar
Bild 11.2.2.1-2:	Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat Januar

Bild 11.2.2.1-3:	Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat Januar
Bild 11.2.2.1-4:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Januar über den Fließweg
Bild 11.2.2.1-5:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Januar über 20 Tage
Bild 11.2.2.2-1:	Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat März
Bild 11.2.2.2-2:	Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat März
Bild 11.2.2.2-3:	Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat März
Bild 11.2.2.2-4:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat März über den Fließweg
Bild 11.2.2.2-5:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat März über 20 Tage
Bild 11.2.2.3-1:	Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat Juni
Bild 11.2.2.3-2:	Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat Juni
Bild 11.2.2.3-3:	Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat Juni
Bild 11.2.2.3-4:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni über den Fließweg
Bild 11.2.2.3-5:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni über 20 Tage
Bild 11.2.2.4-1:	Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat November
Bild 11.2.2.4-2:	Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat November
Bild 11.2.2.4-3:	Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat November
Bild 11.2.2.4-4:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat November über den Fließweg
Bild 11.2.2.4-5:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat November über 20 Tage
Bild 11.3-1:	Simulierter Temperaturverlauf in der Wupper bei MNQ im Monat Juni
Bild 12.1.1.1-1:	Luftbild des HKW Barmen [STAAB, 2005]
Bild 12.1.1.1-2:	Luftbild des HKW Elberfeld [STAAB, 2005]
Bild 12.1.3-1:	Wärmeströme im Winter und Sommer
Bild 12.1.4-1	Strommarkt und Stromhandel: nach unten (in rot) Bedarf an Strom in einem definierten Gebiet; nach oben (bunte Lamellen) = von Energiehändlern zur Abdeckung des Bedarfes gekaufter Strom zerlegt in Einzelprodukte; rote Linie: Zukauf ab diesem Zeitpunkt noch nicht komplett [LEONHARD, 2005]
Bild 12.1.4-2	Lastprognose (rot) und tatsächlicher Lastgang (grün) am Beispiel Januar 2005 in Megawatt [LEONHARD, 2005]; zu erkennen: Tageszyklus und Wochenenden
Bild 12.1.4-3:	Stückelung des Stromproduktes in "Base" (gleichbleibend) und Stundenprodukte (schwankend)
Bild 12.1.4-4:	Strompreis "Base" für das Jahr 2006 zu Verkaufszeitpunkten in 2004 (Strompreis bei Vorauseinkauf bzw. -verkauf) [LEONHARD, 2005]
Bild 12.2.1-4:	Entwicklung des Klärwerks Buchenhofen von 1900 bis 2005 [RUECK, 2004]
Bild 12.2.3-1:	Temperaturganglinie im Belebungsbecken 1.2 im Jahr 2003 [HOBUS, 2005] (Basis: Stunden-Werte; die senkrechten Linien markieren Ausfälle der Messsonde)

Bild 14-1:	Obere Wassertemperaturgrenzen für die Wupper im Abschnitt des schottergeprägten Flusses im Grundgebirges
Bild 14-2:	Wassertemperaturen in der Wupper in Rutenbeck im Jahr 2001
Bild 14-3:	Wassertemperaturen in der Wupper in Rutenbeck im Jahr 2002
Bild 15-1:	Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2000
Bild 15-2:	Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2001
Bild 15-3:	Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2002
Bild 15-4:	Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2003
Bild 17.1.3-1:	Fernwärmenetz der WSW AG [LEONHARD, 2005]
Bild 17.2.1-1:	schematische Darstellung eines Nasskühlturms [www.Energiewelten.de]
Bild 17.2.1-2:	HKW Elberfeld in räumlicher Lage zwischen Bahntrasse, Wupper und städtischen Verkehrswegen bzw. Wohnbebauung [STAAB, 2005]
Bild 17.2.1-3:	HKW Barmen in räumlicher Lage zwischen Bahntrasse, Wupper und städtischen Verkehrswegen bzw. Wohnbebauung [STAAB, 2005]
Bild 17.2.5-1:	Temperaturgang an der Kläranlage Buchenhofen, Zeitraum 01.01.2003 bis 31.03.2003 [Angaben Wupperverband 2004]
Bild 17.3-1:	Technisch ausgebauter Wupperabschnitt mit Ufermauern im innerstädtischen Bereich von Wuppertal
Bild 17.3.1-1:	Beer-Sheva-Ufer und Adlerbrücke [Bild: KOHLHAS, 2004]
Bild 17.3.1-2:	Unter der Adlerbrücke
Bild 17.3.1-3:	Blick Richtung Rosenau
Bild 17.3.2-1:	Durchgängigkeit der Wupper (für Wanderfische durchgängige Wehre in grün; letztes Hindernis: Auer Kotten (rot); Fischtreppe Stausee Beyenburg: Planung ist zur Genehmigung eingereicht (Stand 02/2005))
Bild 17.3.3-1:	Mündung des Klusensprung in die Wupper
Bild 17.4.1-1:	Steuer- und Regelnetz des Talsperrenmanagements. (in orange: Messpunkte)
Bild 18.1-1:	Zwölf der sechszehn Talsperren im Verbandsgebiet
Bild 18.2.1-1:	Das Einzugsgebiet der Wupper
Bild 18.2.1-2:	Teilgebietsunterteilung des Einzugsgebiet der Wupper im Modell TALSIM
Bild 18.2.1-3:	Teilgebietseinteilung im Stadtgebiet Wuppertal
Bild 18.2.1-4:	Übersicht über die Gewässer
Bild 18.2.1-5:	Übersicht der Modellstruktur
Bild 18.3.4-1:	Jahresgang und normierter Tagesgang der erhöhten Anforderung
Bild 18.3.4-2:	Anforderung und Nettodargebot im Vergleich
Bild 18.3.6-1:	Ausgangssystem – Variante 0
Bild 18.3.6-2:	Varianten 1 bis 3
Bild 18.4.1-1:	Zwischengebiet Kluserbrücke bis Wuppertalsperre
Bild 18.4.1-2:	Vergleich gemessen/simuliert für das Zwischengebiet Kluserbrücke bis Wuppertalsperre
Bild 18.4.2.2-1:	Wasserbilanzen der hydrologischen Jahre am Pegel Müllensiepen und Stöcken
Bild 18.4.2.2-2:	Jahressummen der Zuflusswerte zur Wuppertalsperre (gemessen/simuliert ohne Abminderung des Bezugspegels Stöcken)

Bild 18.4.2.2-3:	Jahressummen der Zuflusswerte zur Wuppertalsperre (gemessen/simuliert mit jährlichen Anpassungsfaktoren des Bezugspegels Stöcken)
Bild 18.4.2.2-4:	Vergleich des Zuflusses zur Wuppertalsperre (gemessen/simuliert) an ausgewählten Zeitabschnitten
Bild 18.5.1.7-1:	Wirkung unterschiedlicher Anfangsinhalt bei Bever- und Wuppertalsperre
Bild 18.5.2-1:	Bilanz für den Knotenpunkt Pegel Kluserbrücke
Bild 18.5.2-2:	Vergleich der Zuflussfrachten (gemessen/simuliert) für die Jahre 1990-2004
Bild 18.5.2-3:	Vergleich der Zuflussfrachten (gemessen/simuliert) für die Jahre 1990-2004 mit Erhöhung im Winter und Reduzierung im Sommer
Bild 18.5.3.1-1:	Inhaltsverlauf der Wuppertalsperre (Ist-/Planzustand)
Bild 18.5.3.1-2:	Inhaltsverlauf der Bevertalsperre (Ist-/Planzustand)
Bild 18.5.3.1-3:	Dauerlinien der Bevertalsperre (Ist-/Planzustand)
Bild 18.5.3.2-1:	Ganglinienverlauf am Pegel Kluserbrücke (Ist-/Planzustand)
Bild 18.5.3.2-2:	Dauerlinie am Pegel Kluserbrücke (Ist-/Planzustand)
Bild 18.5.3.2-3:	Niedrigwasseranalyse für den Pegel Kluserbrücke (Ist-/Planzustand)
Bild 18.6.2.2.2-1:	Lamellenplan (LP1) für die NWA-Abgabe an der Kerspetalsperre
Bild 18.6.2.2.2-2:	Optimierter Lamellenplan (LP5) für NWA-Abgabe gemäß Variante (b)
Bild 18.7.1-1:	Vergleich der Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke für alle untersuchten Varianten
Bild 18.7.1-2:	Effektivität der Zuschüsse bezüglich erzielter Fehlmengenreduzierung
Bild 18.7.2-1:	Gegenüberstellung von Versagen der Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke und Wasserversorgung an der Kerspetalsperre für alle untersuchten Varianten
Bild 18.7.2-3:	Zuflussganglinien am Pegel Kluserbrücke für die vier besten Varianten im Herbst 1973
Bild 18.7.3-1:	Fehl- & Zuschussmengen sowie resultierende Effektivität für Vorzugs- und Vergleichsvarianten
Bild 18.7.3-2:	Fehlmengen sowie Unterschreitungswahrscheinlichkeiten für Inhalte und Wasserversorgung der Vorzugs- und Vergleichsvarianten
Bild 18.7.3-3:	Dauerlinien für den Inhalt der Kerspe-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten
Bild 18.7.3-4:	Dauerlinien für den Inhalt der Neye-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten
Bild 18.7.3-5:	Optimierter Lamellenplan (LP5) für die Kerspetalsperre
Bild 18.7.3-6:	Optimierter Lamellenplan zur Aktivierung des Zuschusses aus Kerspe- und ggffls. aus Neye-TS in Abhängigkeit des Gesamtinhaltes von Wupper- und Bever-TS
Bild 18.9.2.1-1:	Online-Wassertemperaturen vor dem HKW Barmen
Bild 18.9.2.1-1:	Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Wassertemperatur der Wupper vor dem HKW Barmen anhand von 4 ausgewerteten Jahren, Monate Januar bis April [KISSELER, 2005]
Bild 18.9.2.1-1:	Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Wassertemperatur der Wupper vor dem HKW Barmen anhand von 4 ausgewerteten Jahren, Monate Mai bis August [KISSELER, 2005]
Bild 18.9.2.1-1:	Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Wassertemperatur der Wupper vor dem HKW Barmen anhand von 4 ausgewerteten Jahren, Monate September bis Dezember [KISSELER, 2005]
Bild 18.9.2.1-2:	Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni 2002 um 16:00 Uhr

-
- Bild 18.9.2.1-3: Ablauftemperaturen der Kläranlage Buchenhofen im Sommer 2003
- Bild 18.9.2.2-1: Fortpflanzung eines Abflusspeaks von Krebsöge (Wuppertalsperre) bis Opladen
- Bild 18.9.2.3-1: Fortpflanzung von Temperatur- und Abflussspitzen in der Unteren Wupper **im gleichen Zeitraum** (13.08.2002 bis 14.08.2002)
- Bild 18.9.2.3-2: Aufwärmung ohne Heizkraftwerke: Abschaltung des HKW Elberfeld am 02.07.04 (Bild 1), Abschaltung des HKW Barmen am 17.07.04 (Bild 1 und 2), danach "natürliche" Aufwärmung (Bild 3) (blau: Temperatur Laaken; violett: Temperatur Rutenbeck, orange: Temperatur Opladen).
- Bild 18.9.2.4-1: Überschreitung der sommerlichen Zielvorgaben im Jahr 2001
- Bild 18.9.2.4-2: Überschreitung der sommerlichen Zielvorgaben im Jahr 2002
- Bild 18.9.2.4-3: Überschreitung der sommerlichen Zielvorgaben im Jahr 2003
- Bild 18.9.2.4-4: Sommerliche Temperaturen am Pegel Laaken in 2002 (unten) und 2004 (oben)
- Bild 18.9.2.4-5: Angestrebte Sommertemperaturen in den beiden Wasserkörpern ("natürliche Aufwärmung in Fließrichtung)
- Bild 18.9.3.2-1: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat März 2003 um 16:00 Uhr
- Bild 18.9.3.2-2: Ablaufmesswerte des Klärwerkes Buchenhofen
- Bild 18.9.3.3-1: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2001
- Bild 18.9.3.3-2: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2002
- Bild 18.9.3.3-3: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2003
- Bild 18.9.3.3-4: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2004.
- Bild 18.9.3.3-5: Angestrebte Wintertemperaturen in den beiden Wasserkörpern ("natürliche Abkühlung" in Fließrichtung)
- Bild 18.11-1: Volumenstromverteilung durch die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und die Umverteilung im Niedrigwasserbereich gemäß Temperaturmanagement im Jahr 2001 (grün: ohne Wuppertalsperre; dunkelblau: bisherige Fahrweise; hellblau: Temperaturmanagement)
- Bild 18.11-2: Volumenstromverteilung durch die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und die Umverteilung im Niedrigwasserbereich gemäß Temperaturmanagement im Jahr 2002 (grün: ohne Wuppertalsperre; dunkelblau: bisherige Fahrweise; hellblau: Temperaturmanagement)
- Bild 18.11-3: Volumenstromverteilung durch die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und die Umverteilung im Niedrigwasserbereich gemäß Temperaturmanagement im Jahr 2003 (grün: ohne Wuppertalsperre; dunkelblau: bisherige Fahrweise; hellblau: Temperaturmanagement)
- Bild 18.11-4: Temperaturmanagement in 2001 (blau: Abflussganglinie der Unteren Wupper (Pegel Rutenbeck) in 2001; violett: zusätzlicher Wasserbedarf zum Temperaturmanagement)
- Bild 19.1-1: Temperaturverlauf im Zeitraum 2001
- Bild 19.1-2: Temperaturverlauf im Zeitraum 2002
- Bild 19.1-3: Lastfall Winter (ab 1. Dezember) mit Temperaturgang (oben) und
-

	Abflussmenge (unten)
Bild 19.1-4:	Lastfall Frühjahr mit Temperaturgang (oben) und Abflussmenge (unten)
Bild 19.1-5:	Lastfall Sommer mit Temperaturgang (oben) und Abflussmenge (unten)
Bild 20.1.2-1:	Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung, in Einwohnerdurchschnittswerten pro Jahr
Bild 21.2.2-1:	Temperaturganglinie der Unteren Wupper in Rutenbeck vom 1.1. 2004 bis zum 8.2.2005
Bild 23-1:	Gütesituation der betrachteten Wasserkörper der Unteren Wupper
Bild 23-2:	Artenspezifische Temperaturansprüche als Grundlage für die Entwicklung der Zieltemperaturen
Bild 23-3:	Zieltemperaturen für die Fischfauna

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 2.1.2-1:	Temperaturmessstellen / Pegel in der Wupper
Tab. 2.1.6-1:	Abschnitte Wupper
Tab. 2.1.7-1:	Kenndaten der Stauanlagen der Unteren Wupper
Tab. 2.1.9-1:	Nebengewässer
Tab. 2.1.9-2:	Brauchwasserentnahmen und –einleitungen an der Unteren Wupper
Tab. 2.1.10-1:	Längsverlauf und Kilometrierung der Unteren Wupper
Tab. 2.5.2-1:	Proportionalitätsfaktor für die potenziell natürlichen Gerinnebreiten zu den vorhandenen Gerinnebreiten
Tabelle 2.7-1:	Temperaturdifferenzen für die Lastfälle ohne HKW und den potentiell natürlichen Zustand im Vergleich zum IST-Zustand
Tab. 3.1.1.-1:	Einleitung zur Beschreibung der Ausgangssituation für die chemisch-physikalischen Parameter
Tab. 3.1.1-2:	Kriterien für Stickstoff, Phosphor und Ammonium
Tab. 3.1.1-3:	Kriterien für die Temperatur
Tab. 3.1.1-4:	Kriterien für den pH-Wert
Tab. 3.1.1-5:	Kriterien für Sauerstoff
Tab. 3.1.1-6:	Kriterien für Chlorid
Tab. 3.1.2-1:	Kriterien für Metalle und Pflanzenschutzmittel
Tab. 3.1.2-2:	Kriterien für PAK
Tab. 3.3-1:	Bewertung der chemisch-physikalischen und prioritären Stoffe nach EG-WRRL
Tab. 4.2-1:	Schätzskala der Häufigkeit nach KOHLER (1978)
Tab. 4.5-1:	Makrophytenvegetation der Wupper, Probenahmestellen 1 bis 4
Tab. 4.5-2:	Makrophytenvegetation der Wupper, Probenahmestellen 5 bis 8
Tab. 5.1-1:	Probenahmestellen
Tab. 5.1.1-1:	Artenliste der Diatomeen der Unteren Wupper und Artenhäufigkeit in % [HOFMANN, 2004]
Tab. 5.1.2-1:	Bewertung der ökologischen Qualität nach SCHAUMBURG et al. (2004), Diatomeentyp 5 [HOFMANN, 2004]
Tab. 5.2.1-1:	Gesamtphosphatkonzentrationen der 14-Tage-Messungen
Tab. 5.2.1-2:	o-Phosphatkonzentrationen der 14-Tage-Messungen
Tab. 5.2.3-1:	pH-Werte der 14-Tage-Messungen
Tab. 6.1.2-1:	Probenahmestellen Makrozoobenthos
Tab. 6.2.4-1:	Die wichtigsten Ernährungstypen und ihre Nahrungsquelle
Tab. 7.1-1:	Zusammenstellung der historischen Fischfauna der Wupper für den Zeitraum von ca. 1750 bis 1900
Tab. 7.1-2:	Zusammenstellung der Fischfauna der Wupper für den Zeitraum von 1989 bis 2004
Tab. 7.1-3:	Vergleich der Fischfauna der Wupper für die Zeiträume 1750 bis 1900 und 1989 bis 2004
Tab. 7.2.4-1:	Gewässertypspezifische Leitbilder für die Fischfauna der Wupper
Tab. 7.4.1-1:	Fischartenspektrum in der Wupper im Jahr 2004 in 13 Probestrecken zwischen Beyenburg und Leichlingen

Tab. 7.4.3-1:	Nachweis von Jungfischen in 13 Probestrecken in der Wupper im Jahr 2004
Tab. 7.6.2.1-1:	Bewertung der Wupper mit dem Bewertungssystem nach DUSSLING et al. (2004)
Tab. 7.6.2.2-1:	Artnachweise in der Wupper und Beurteilung des Reproduktionsverhaltens der Spezies in der Wupper im Jahr 2004
Tab. 7.6.2.2-2:	Bewertung der Wasserkörper anhand der Fischfauna
Tab. 8.1-1:	Gewässerstrukturgüteparameter nach LAWA (1998)
Tab. 8.3.1-1:	Substrattypen und zugeordnete Korngrößendurchmesser
Tab. 10-1:	Erkennbare Beeinträchtigungen der biologischen Qualitätselemente im Wasserkörper WK3 „Stadtgebiet“ durch erkennbare Nutzungen im Einzugsgebiet
Tab. 10-2:	Erkennbare Beeinträchtigungen der biologischen Qualitätselemente im Wasserkörper WK2 „Untere Wupper“ durch erkennbare Nutzungen im Einzugsgebiet
Tab. 10.1-1:	Wirkung der Temperatur auf die biologischen Qualitätselemente im Stadtgebiet
Tab. 10.1-2:	Wirkung der Temperatur auf die biologischen Qualitätselemente im Wasserkörper WK2 „Untere Wupper“
Tab. 10.2.1-1:	Eientwicklungszeiten ausgesuchter Fischarten (verändert nach MUNLV 2002 und unter Berücksichtigung von Mitteilungen der LÖBF NRW)
Tab. 10.2.2.2-1:	Besatztierzahlen, Altersklassen und Herkunft von Besatztieren des Lachses und der Meerforellen im Einzugsgebiet der Wupper in den Jahren 1999 bis 2002
Tab. 11.2-1:	Lastfallvarianten
Tab. 11.2.1-1:	Monats-MNQ am staatlichen Pegel Kluserbrücke im Vergleich zum gewählten Abfluss für die Lastvarianten
Tab. 11.2.1-2:	Jahrestrinkwasserverbrauch im Einzugsgebiet der Wupper
Tab. 12.2.2-1:	Technische Daten des Klärwerks Buchenhofen [BÖCKER, 2005]
Tab. 13-1:	Anforderungen der FischGewVO in Bezug auf die Temperatur
Tab. 13.3-1:	Sollzustand für die Fischfauna in Mittelgebirgsfließgewässern entsprechend der Fischgewässerverordnung NRW
Tab. 13.3-2:	Sollzustand für die Fischfauna im Wasserkörper 2 und 3 der Wupper
Tab. 16-1:	Wanderdistanzen ausgewählter einheimischer Fischarten (aus: ADAM u. HOFFMANN im Druck)
Tab. 17.1.1-1	Anteil der ans Fernwärmenetz angeschlossenen Haushalte im Vergleich
Tab. 17.3.3-1:	Seitenbäche der Wupper als Rückzugsräume für Fische
Tab. 17.4.3-1:	Benötigte Trinkwasservolumina zur Verteilung der sommerlichen Wärmefracht in 2001
Tab. 18.4.2-1:	Randbedingungen der Simulation
Tab. 18.5.3.3-1:	Anzahl der Fehljahre über 100a Simulationsperiode
Tab. 18.6.1-1:	Varianten zur Niedrigwasseraufhöhung
Tab. 18.7.1-1:	Untersuchte Varianten – Kennung und Konfiguration

Tab. 18.7.1-2:	Vergleich der Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke für Varianten (a) und (b)
Tab. 18.7.1-3:	Vergleich der Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke für Varianten (c) und (d)
Tab. 18.7.1-4:	Gegenüberstellung von Fehlmengen und Zuschusssummen
Tab. 18.7.2-1:	Auswirkungen der Varianten auf Kerspe- und Neyetalsperre
Tab. 18.7.2-2:	Verbesserungspotential der Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke in Abhängigkeit der Wasserversorgung an der Kerspetalsperre
Tab. 18.7.3-1:	Konfigurationen der Vorzugs- & Vergleichsvarianten
Tab. 18.7.3-2:	Ergebnisse für Inhalt und Wasserversorgung der Vorzugs- & Vergleichsvarianten
Tab. 18.7.3-3:	Ergebnisse für Zuschuss- und Fehlmenge der Vorzugs- & Vergleichsvarianten
Tab. 18.9.2.2-1:	Fließzeiten und Kilometerabstände bei einem exemplarischen Abfluss von 3,71 m ³ /s am Pegel Kluserbrücke
Tab. 18.9.2.3-1:	Fortpflanzung von Temperatur- und Abflussspitzen über die Fließstrecke
Tab. 18.9.4-1:	Wasserbedarf für das Talsperrenmanagement Plan-Zustand 2 (Fischfauna)
Tab. 18.11-1:	Gesamtabflüsse der Wupper bei Rutenbeck und umverteilter Anteil beim Temperaturmanagement.
Tab. 18.11-2:	Abflussverteilung auf Abflusskategorien in 2001 (Pegel Rutenbeck).
Tab. 18.11-3:	Abflussverteilung auf Abflusskategorien in 2002 (Pegel Rutenbeck)
Tab. 18.11-4:	Abflussverteilung auf Abflusskategorien in 2003 (Pegel Rutenbeck).
Tab. 19.1-1	Randbedingungen Referenzfall Winter
Tab. 19.1-1	Randbedingungen Referenzfall Frühjahr
Tab. 19.1-1	Randbedingungen Referenzfall Sommer
Tab. 19.2.1-1:	Ausbau Fernwärme im Lastfall Winter
Tab. 19.2.1-2:	Kennzahlen Fernwärme
Tab. 19.2.2-1	Ausbau Fernwärme im Lastfall Frühjahr
Tab. 19.2.3-1	Ausbau Fernwärme im Lastfall Sommer
Tab. 19.4.1-1	Anpassung der Kraftwerksleistung - Lastfall Winter
Tab. 19.4.2-1	Anpassung der Kraftwerksleistung - Lastfall Frühjahr
Tab. 19.4.3	Anpassung der Kraftwerksleistung - Lastfall Sommer
Tab. 19.6-1:	Diskutierte Maßnahme Ausbau Wärme
Tab. 19.6-2:	Diskutierte Maßnahme "Reduktion Kraftwerksleistung
Tab. 19.6.-3:	Kostenübersicht über die Maßnahmen
Tab. 19.6-4:	Maßnahmenvergleich
Tab. 20.1.1.1-1:	Treibhauspotenzial verschiedener Stoffe
Tab. 20.1.1.1-2	Eutrophierungspotenzial (Luft) verschiedener Stoffe
Tab. 20.1.1.1-3	Versauerungspotenzial verschiedener Stoffe
Tab. 20.1.1.1-4:	PM ₁₀ -Risikopotenzial verschiedener Luftschadstoffe
Tab. 20.1.1.1-5	Rohöl-Äquivalenzwerte fossiler Energieressourcen
Tab. 20.1.1.2-1	Einwohnerdurchschnittswerte für die einzelnen Umweltwirkungskategorien
Tab. 20.1.1.2-2	Bewertungsvorschlag des UBA [1999] zur ökologischen Gefährdung und Abstand zum Umweltziel und weitere Einstufungen für diese Studie

1 Veranlassung und Einleitung

Für die seit 1900 bestehenden Heizkraftwerke (HKW) Barmen und Elberfeld an der Wupper steht die Verlängerung der wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung von Kühlwasser an. Vor dem Hintergrund der Anforderungen der EG-WRRL sollen die Bescheide derart ausgerichtet sein, dass die Ziele der EG-WRRL umgesetzt werden können und der Betrieb der HKW wirtschaftlich sinnvoll möglich bleibt.

Die Gewässergütesituation der Unteren Wupper wird durch eine Vielzahl unterschiedlicher Belastungen (unter anderem stoffliche Belastungen aus kommunalen und industriellen Kläranlagen sowie aus Mischwasser- und Regenwassereinleitungen) geprägt, deren Einfluss auf die biologischen Qualitätskomponenten im Einzelnen unklar war. Unter "Gewässergüte" wird hier nicht die alte Gewässergütekarte der Wupper sondern die Gesamtgewässergüte gemäß den Kriterien der EG-WRRL verstanden. Das Forschungsvorhaben sollte unter anderem die Güte-Belastung durch Abwassereinleitungen von anderen Nutzungen/Belastungen abgrenzen. Ziel ist neben der WRRL-konformen Ausrichtung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Heizkraftwerke eine effiziente Ausrichtung der Maßnahmen.

Betrachtet wurden die Wasserkörper Wupper WK 2 (unterhalb der Heizkraftwerke, Länge: 36 km DE-NRW-2736_5925) und Wupper WK 3 (Stadtgebiet Wuppertal, Standort der Heizkraftwerke, Länge: 15 km DE_NRW_2736_40215).

Im einzelnen sollten im Forschungsvorhaben mit Hilfe einer aktiven Beteiligung der betroffenen Wasserakteure, der zuständigen Behörden und fachlicher Experten folgende Punkte bearbeitet werden:

- Ermittlung des Temperaturregimes der Wupper im potentiell natürlichen Zustand, zu ermitteln mit Hilfe eines Simulationsmodells (ATV-Gütemodell)
- Ermittlung der Abweichung des Ist-Zustandes vom potentiell natürlichen Zustand
- Bestimmung der Güte der vier biologischen Qualitätselemente gemäß EG-WRRL (Makrophyten, Makrozoobenthos, Phythobenthos, Fische) mit den neuen Bestimmungsmethoden; Beschreibung des Leitbildes, des Ist-Zustandes und fünfstufige Gütebewertung der beiden betroffenen Wasserkörper
- Bewertung der Auswirkung der Temperatur auf die biologischen Qualitätselemente und Einordnung der Temperatur in die übrigen Belastungen
- Bewertung der Belastungen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Fischfauna
- Einschätzung der Beiträge des verschiedenen Nutzer (Kläranlagen, Heizkraftwerke, Urbanisierung) zur Wärmelast mit Hilfe eines Simulationsmodells (ATV-Gütemodell)
- Entwicklung von Zielkriterien für die Fischfauna
- Abweichung von den Zielkriterien im Ist-Zustand; Ansatzpunkte von Maßnahmen
- Auflistung und Beschreibung möglicher Maßnahmen zur Erreichung der Zielkriterien
- Bewertung der Maßnahmen (zum Teil mit Hilfe des Simulationsmodells TALSIM) hinsichtlich Durchführbarkeit, Beitrag zur Lastsenkung, Kosten und Ökobilanz
- Detaillierte Beschreibung der gewählten Maßnahmenvariante

Bei Erteilung des Forschungsauftrages standen sich zwei Anforderungen gegenüber: Zum einen sollten die erarbeiteten Ergebnisse so konkret und belastbar sein, dass sie als Grundlage für anstehende Erlaubnisse für Kühlwassereinleitungen herangezogen werden können. Zum zweiten sollte das Vorhaben in möglichst kurzer Zeit (4 Monate) abgeschlossen werden. Der einzuschlagende Weg wurde in Absprache mit dem MUNLV und der Bezirksregierung konkretisiert.

Der Forschungsbericht gliedert sich in drei Teile. Der Teil A umfasst die Erhebung der Grundlagen und die Bestimmung der Gütesituation der Unteren Wupper gemäß der neuen Methoden nach EG-WRRL. Der Teil B umfasst die Bewertung der Belastungen, der Teil C umfasst die Maßnahmen und die sozioökonomischen Betrachtungen.

2 Temperaturen der "potentiell natürlichen Wupper" als Ausgangsbasis der Beurteilung

Der Abfluss und die Temperatur der Wupper sind gegenüber ihrem potentiell natürlichen Zustand vielfach verändert. Hierbei kommt es sowohl zu Erwärmungen (Kühlwassernutzung, Stauhaltungen, Mangel an Beschattung, Einleitungen aus Klärwerken im Winter) als auch zu Abkühlungen (Grundablass Wuppertalsperre, Niedrigwasseraufhöhung, etc.). Der Einfluss der einzelnen anthropogenen Belastungen auf die Wassertemperatur der Wupper ist derzeit weder qualitativ noch quantitativ bewertbar. Weiterhin existiert kein potentiell natürlicher Temperaturverlauf der Wupper, um Maßnahmen zur Verbesserung der Temperaturbelastung zu beurteilen.

Die Aufstellung eines Temperaturmodells für die Wupper ist eine Grundlage, um die Auswirkungen anthropogener Einflüsse zu beurteilen. Darüber hinaus soll modellbasiert die Wärmeeinleitung der HKW in Relation zur Vorbelastung der Wupper betrachtet werden.

2.1 Aufbau Temperaturmodell

2.1.1 ATV-Gewässergütemodell

Für die Simulation der Temperatur in der Unteren Wupper wurde das ATV-Gewässergütemodell FGSM in der Version 1.2 verwendet. Das ATV-Gewässergütemodell berechnet detailliert die Temperatur im Gewässer in Abhängigkeit von der Solarstrahlung, der Hangneigung und der Beschattung des Gewässers. Für die Simulation wurden die Bausteine Abfluss, Strahlung und Wassertemperatur des ATV-Gewässergütemodells verwendet.

Die Abflussberechnung basiert auf den Saint-Venant-Gleichungen, die Abflussberechnung ist eindimensional.

Die Wupper wird von der Wuppertalsperre bis zur Mündung in den Rhein mit dem ATV-Gewässergütemodell modelliert. Im Anhang (Bild A1-1) ist das Simulationsmodell abgebildet.

2.1.2 Temperaturmessungen

In Bild 2.1.2-1 sind die Temperaturmessstellen in der Wupper dargestellt. In Tab. 2.1.2-1 sind die Temperaturmessstellen mit der zugehörigen Kilometrierung angegeben. Die Temperaturmessung erfolgt in der Messstation, d. h. das Wasser wird mit Pumpen zur Sonde transportiert. Zusätzlich zu den kontinuierlichen Temperaturmessstellen wurden zwei Temperatursonden direkt in der Wupper installiert. Eine Sonde wurde in Oberbarmen hinter dem Zufluss der Schwelme angeordnet, um die Aufwärmung in der Stadt bis zum HKW Barmen zu beurteilen. Die zweite Sonde wurde hinter der Gütemessstation in Glüder angeordnet, um die Abkühlung zwischen Rutenbeck und Opladen genauer zu bestimmen. Die Temperatursonde in Glüder, ist bei einem Hochwasser abgerissen, so dass keine verwendbaren Daten vorhanden sind.

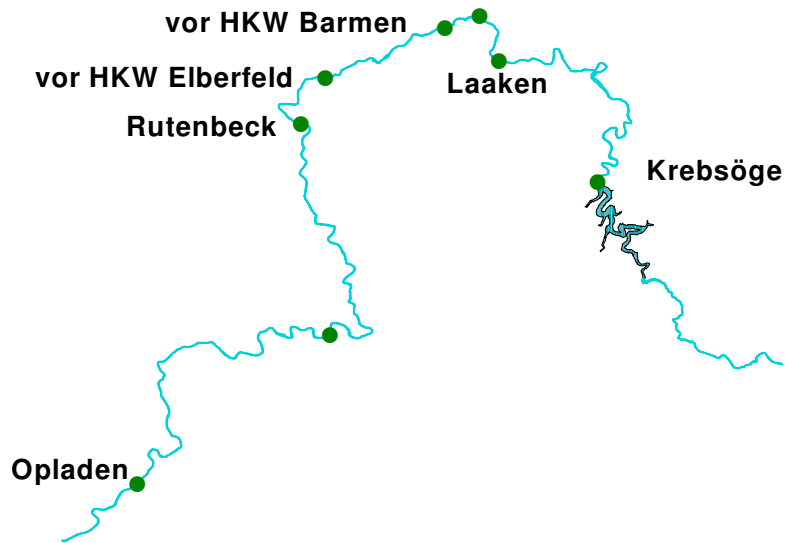


Bild 2.1.2-1: Temperaturmessstellen in der Wupper

Tab 2.1.2-1: Temperaturmessstellen / Pegel in der Wupper

Temperaturmessstelle / Pegel	Fluss- km WV	Fluss- km ATV FGSM
Krebsöge	75.18	0.26
Laaken	57.87	17.40
HKW Barmen	53.10	22.10
Kluserbrücke	49.47	25.70
HKW Elberfeld	46.40	28.80
Rutenbeck	41.79	33.30
Opladen	5.55	69.70

Für die Beurteilung der Qualität der Temperaturmessung werden regelmäßig Vergleichsmessungen einige Meter unterhalb der Messstelle durchgeführt (Bild 2.1.2-2), die Messungen zeigen eine gute Qualität der kontinuierlichen Messung. Die Überprüfung der Temperaturmessstellen direkt an der Messstation mit einem Eichthermometer zeigte eine gute Übereinstimmung (Bild 2.1.2-3) Die Temperaturmessungen an dem HKW in Barmen und in Elberfeld werden regelmäßig überprüft und weisen eine hohe Messgenauigkeit auf.

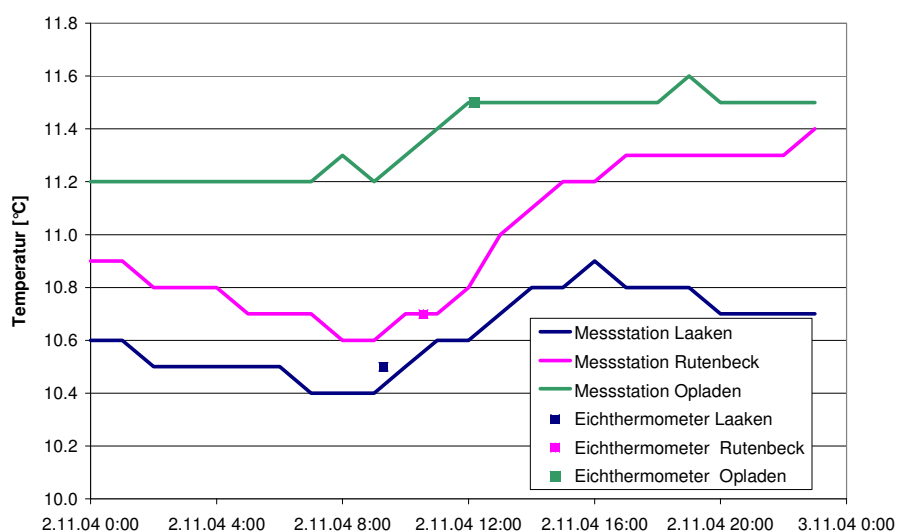


Bild 2.1.2-2: Vergleichsmessung mit geeichtem Thermometer an den Messstationen

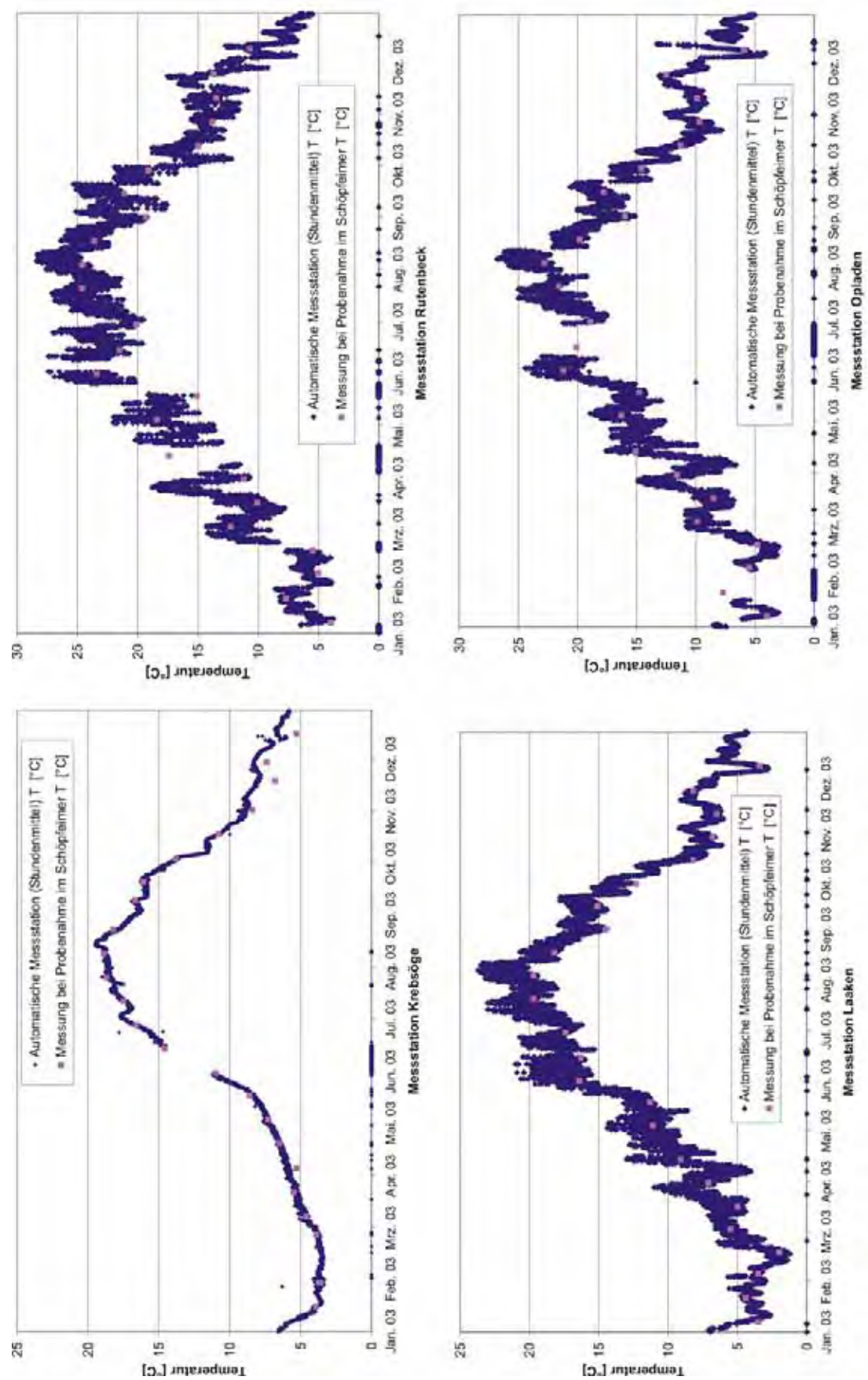


Bild 2.1.2-3: Vergleichsmessungen an der Messstation

2.1.3 Globale und regionale Daten

Das Einzugsgebiet der Wupper wurde als eine Region betrachtet und es wurden folgende Daten angesetzt:

- Ortsmeridian: 7.1 °
- Geografische Breite: 51.1 °
- Mittlere Höhe über NN: 140 müNN
- Sichtweite: 10 km
- Bodenoberflächentyp für Albedo: Gras Sommer (im Modell nur sehr geringe Auswirkung)
- Aerosoltyp: Kontinental, mittlere Belastung

Unter Projektdaten werden folgende Daten angesetzt:

- Standardmeridian: 30 °
- Zeitschrittweite: 1 h
- Ortsschrittweite: 250 m
- Temperaturbaustein

2.1.4 Klimadaten

Es wurden die Klimadaten von der Wettermessstation des Wupperverbandes auf der Kläranlage Buchenhofen (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Solarstrahlung und Windgeschwindigkeit) und Wetterdaten des DWD der Station Düsseldorf / Flughafen (Grad der Bewölkung, Art der Bewölkung, Luftdruck und Windgeschwindigkeit) verwendet. Die Daten sind im Anhang Tabelle A1-1 zusammengestellt. Es wurde für das gesamte Gebiet mit einer einheitlichen Lufttemperatur gerechnet. Bild 2.1.4-1 und 2.1.4-2 zeigen, dass im Vergleich zu Buchenhofen die Temperaturen in Kohlfurth bzw. Burg nicht wesentlich kühler sind (Kerbtal).

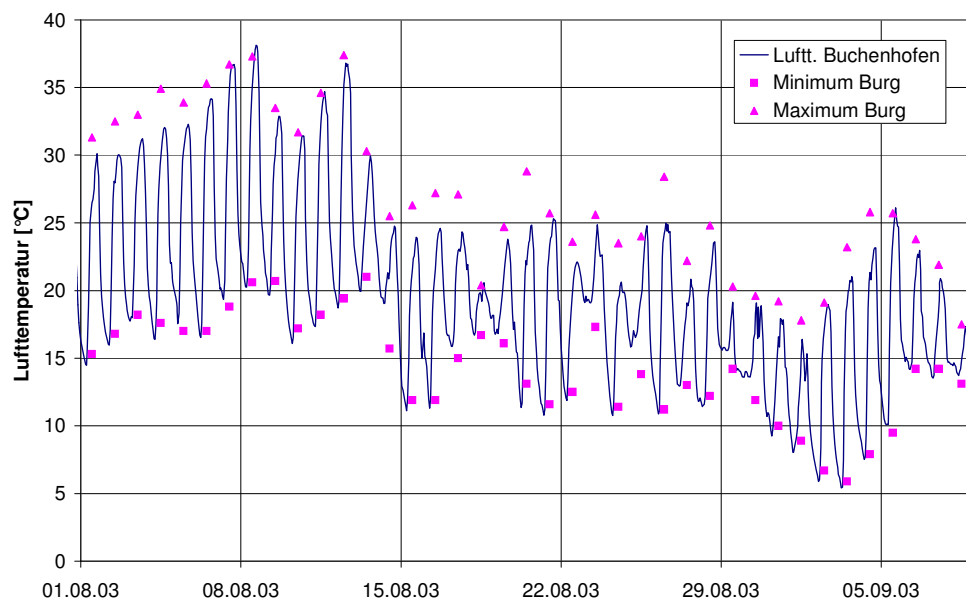


Bild 2.1.4-1: Lufttemperatur an der Wettermessstation in Buchenhofen sowie die min und max Werte auf der Kläranlage Burg

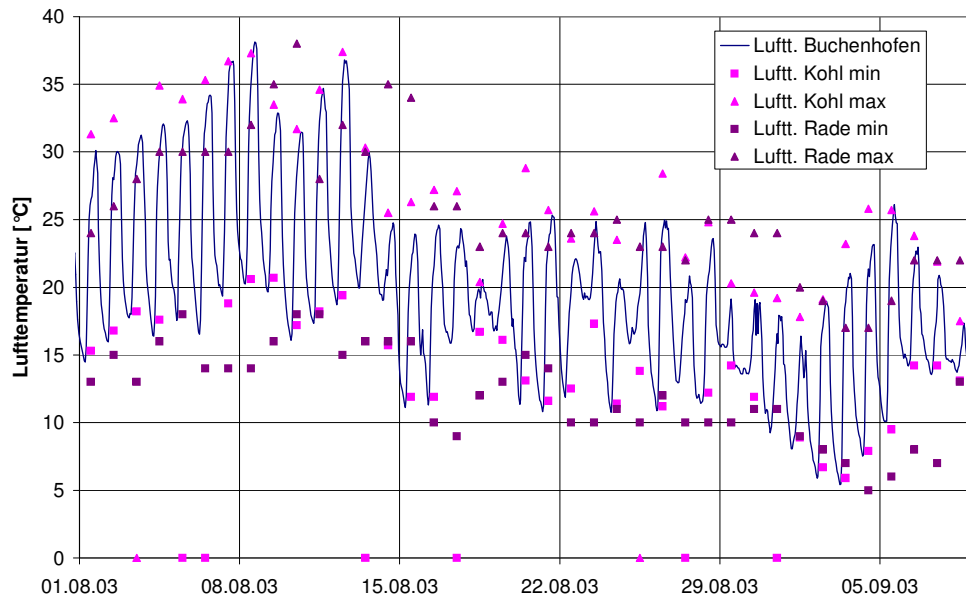


Bild 2.1.4-2: Lufttemperatur an der Wettermessstation in Buchenhofen sowie die min und max Werte auf den Kläranlagen Kohlfurth und Radevormwald

2.1.5 Gewässergeometrie und -morphologie

Für die Simulation wurde der Abschnitt von der Wuppertalsperre bis zur Mündung abgebildet. Die Kilometrierung erfolgt von der Wuppertalsperre (0 km) bis zur Mündung (75,2 km). Das hydraulische Modell beruht auf Messprofilen, die digital für das hydraulische Modell ESNA vorliegen. Die Profile wurden in das erforderliche Dateiformat für das ATV-FGSM überführt. Dabei wurden die äquivalenten Sandrauigkeiten der ESNA Profile in die Rauigkeit nach Strickler für das ATV-FGSM umgerechnet.

2.1.6 Beschattung / Abschnittsanzahl

Es erfolgte eine detaillierte Erfassung der Horizontabschirmung der Wupper auf Basis des digitalen Geländemodells im Maßstab DGM 25. Die Beschattungsverhältnisse wurden anhand von Orthofotos ausgewertet [OBERBORBECK, 2004]. In Bild 2.1.6-1 und Bild 2.1.6-2 sind die gebildeten Abschnitte dargestellt. Die Daten für die 14 Beschattungsparameter wie mittlere Flussbreite, Bauwerkshöhe, Bebauungsanteil sind im Anhang A1-2 aufgelistet. In dieser Version des ATV-Modell sind 19 Beschattungsparameter angegeben, von denen fünf jedoch nicht auftraten (Kronenschluss und Weichholzaue). Es gibt noch weitere Beschattungsparameter (ca. 54 Parameter) über die Vegetationsdichte und Vegetationsanordnung, die unverändert geblieben sind und zu denen auch keine Eingabemaske besteht.



Bild 2.1.6-1: Abschnittsbildung von der Mündung bis Wuppertalsperre [OBERBORBECK, 2004]



Bild 2.1.6-2: Abschnittsgliederung der Wupper

Für die Kalibrierung und die Lastfallrechnungen wurde ein Simulationsmodell mit 8 Abschnitten gewählt, um den Rechenaufwand zu minimieren (Bild 2.1.6-3 und Tabelle 2.1.6-1). Die Parameter für die 8 Abschnitte sind die mittleren Werte aus der detaillierten Erfassung der Beschattungsparameter. Der Vergleich der Simulationsergebnisse mit 8 bzw. mit 130 Abschnitten wies nur geringe Unterschiede auf (Kapitel 2.3.4).

Tabelle 2.1.6-1: Abschnitte Wupper

Nr.	von km	bis km
1	0	6.4
2	6.4	14.78
3	14.78	20.18
4	20.18	30.02
5	30.02	46.78
6	46.78	59.8
7	59.8	65.66
8	65.66	75.2

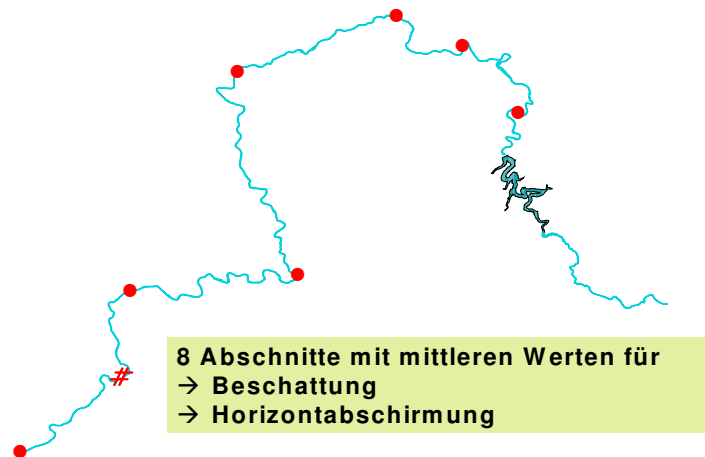


Bild 2.1.6-3: Abschnittsgliederung der Wupper für die Kalibrierung und Lastfallrechnungen

Weitere auf den Abschnitt bezogene Eingabedaten sind:

- Sediment Korndurchmesser 50 Perzentil Wert: 16 mm
- Sediment Porenvolumen: 0,5
- Reflexion Sedimentoberfläche: 0,5

2.1.7 Wehre

Der Abfluss der Unteren Wupper wird durch Stauanlagen reguliert. Tabelle 2.1.7-1 gibt einen Überblick über die Stauanlagen mit ihren wesentlichen Kenndaten.

Tabelle 2.1.7-1: Kenndaten der Stauanlagen und Wehre der Unteren Wupper

Bezeichnung	Fluss- km WV	Fluss- km ATV-FGSM	Art	Wehrbr. [m]	Stauziel [m ü NN]	max.Entnahme Turbine [m³/s]
Wuppertalsperre	75.50	0.00				
Stauweiher Dahlhausen	72.60	2.60	Wehr	36.0	217.70	Q
Grundwehr Dahlerau	70.20	5.06	Wehr		207.40	6.5
Staumauer Beyenburg	65.06	10.17	Stauanlage		197	6.5
Fa. Erfurt	61.66	13.54	Wehr	34.9	183.17	
Fa. Vorwerk	58.00	17.20	Sohlgleite		169.24	
Fa. Membrana	56.37	18.82	Wehr	26.7	163.75	
HKW Barmen	53.10	22.10	Wehr	26	151.4	
Buchenhofen	40.66	34.53	Stauanlage	19	125.1	10
Schaltkotten	32.23	42.98	Wehr	43.6	100.94	7,8
Glüder	26.88	48.33	Wehr	48.4	88.62	21
Auer Kotten	21.97	53.23	Wehr	71.7	77.06	12,5
Wipper Kotten	15.99	59.21	Wehr	57.3	63.54	
Reuschenberg	4.40	70.74	Wehr	40.4	45.7	18.6

2.1.8 Laterale Zuflüsse

Es wurden keine lateralen Zuflüsse oder Versickerungen angesetzt.

2.1.9 Direkte Zuflüsse und Einleitungen

Die Abflüsse der Nebengewässer wurden aus der Differenz zwischen den Pegeln Krebsöge und Kluserbrücke sowie der Differenz zwischen den Pegeln Kluserbrücke und Opladen berechnet. Der Abfluss der Nebengewässer wurde proportional zur Größe der Flusseinzugsgebiete aufgeteilt (Tab. 2.1.9-1). Für den Modellabgleich im Monat Juni und August wurde für die Wassertemperatur der Nebengewässer der Temperaturverlauf in Laaken angesetzt und 2°C abgezogen. Für die Dhünn wurde der Abfluss des Pegels Manfort angesetzt, für die Wassertemperatur der Dhünn wurde der Temperaturverlauf in Laaken angesetzt und in um 4°C reduziert, um den Einfluss des kühlen Grundablasses der Großen Dhünntalsperre zu berücksichtigen. In Bild 2.1.9-1 ist der Temperaturverlauf in Laaken und im Vergleich dazu Stichproben der Wassertemperatur für den Eifgenbach und die Dhünn dargestellt. Diese zeigen, dass die Wassertemperaturen der beiden Nebengewässer zwischen Juni und September niedriger sind als die Wassertemperatur der Wupper in Laaken. Für die Abläufe der Kläranlagen wurden der mittlere Wasservolumenstrom und die mittlere Abwassertemperatur über den Kalibrierungszeitraum angesetzt. In Tabelle 2.1.9-2 sind die industriellen Einleiter zusammengestellt. Für die Einleitung der Heizkraftwerke Barmen und Elberfeld werden die gemessenen Wasservolumenströme und Aufwärmspannen angesetzt. Für die Einleitung der Firma Membrana werden die gemessenen Wasservolumenströme und die Wassertemperatur angegeben.

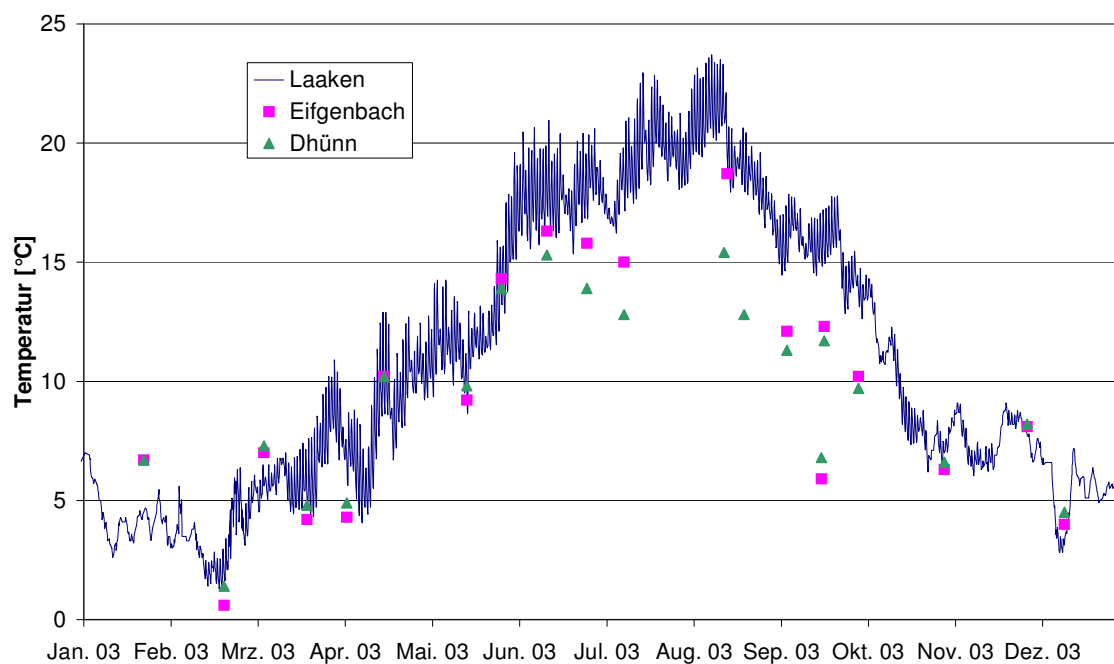


Bild 2.1.9-1: Temperaturverlauf in Laaken im Vergleich zu den Messungen am Eifgenbach und an der Dhünn

Tabelle 2.1.9-1: Nebengewässer

Nebengewässer	Fluss- km WV	Fluss- km ATV	Einzugsgebiet [km²]	Anteil [-]
Uelfe	72.1	3.2	14.0	0.05
Spreeler Bach	66.6	8.6	3.7	0.01
Brambecke	62.1	13.0	1.3	0.00
Fastenbecke	61.3	14.2	2.1	0.01
Herbringhauser Bach	60.4	14.8	9.3	0.03
Marscheider Bach	59.8	15.4	6.4	0.02
Blombach	57.5	17.8	6.0	0.02
Murmelbach	55.5	19.7	2.9	0.01
Schwelme	55.0	20.2	22.0	0.08
Leimbach	53.2	22.3	2.6	0.01
Mirke	48.5	26.7	7.3	0.03
Brill	47.5	27.7	1.5	0.01
Varresbeck	45.2	30.0	5.3	0.02
Lüntenberg	43.4	31.7	2.1	0.01
Burgholzbach	39.6	35.6	4.8	0.02
Morsbach	32.7	42.5	44.0	0.16
Eschbach	28.4	46.8	54.0	0.20
Sengbach	25.0	50.2	14.0	0.05
Weinsberger Bach	15.9	59.3	6.0	0.02
Nacker Bach	15.4	59.8	9.7	0.04
Weltersbach	10.8	64.5	11.0	0.04
Murbach	9.5	65.7	18.0	0.07
Wiembach	6.0	69.2	22.0	0.08
Summe ohne Dhünn	-	-	269.9	-
Dhünn	1.6	73.6	230.0	-

Tabelle 2.1.9-2: Brauchwasserentnahmen und -einleitungen an der Unteren Wupper

Firma	Entnahme [m³/s]	Einleitung [m³/s]	Temperatur [°C]
HKW Barmen	1.125	1.125	Ganglinie
HKW Elberfeld	1.615	1.615	Ganglinie
Bayer AG	0.007		Ganglinie
Membrana, Wuppertal	0.153	0.208	30 *
Erfurt & Sohn KG, Wuppertal	0.022	0.001	30 *
Sachsenroeder, Wuppertal	0.016		30 *
Vorwerk Elektrowerke Wuppertal	0.001		

* gewählte Temperatur

2.1.10 Längsverlauf der Unteren Wupper

Tabelle 2.1.10-1 beschreibt den Längsverlauf der Unteren Wupper mit der Kilometrierung für die Einleitungen und Messstellen nach dem ATV-Modell und im Vergleich dazu die Kilometrierung des Wupperverbandes.

Tabelle 2.1.10-1: Längsverlauf und Kilometrierung der Unteren Wupper

Nr.	Bezeichnung	Bemerkung	Fluss- km WV	Fluss- km ATV
1	Wuppertalsperre	Beginn Modellierung	75.5	0.0
2	Laaken	Gütemeßstation	75.2	0.3
3	Stauweiher Dahlhausen		72.6	2.6
4	Uelfe	Nebengewässer	72.1	3.2
5	Grundwehr Dahlerau	Wehr	70.2	5.1
6	KA Radevomwald	Kläranlage	68.8	6.4
7	Spreeler Bach	Nebengewässer	66.6	8.6
8	Staumauer Beyenburg	Staumauer	65.2	10.2
9	Brambecke	Nebengewässer	62.1	13.0
10	Fa. Erfurt	Brauchwasserent.	61.7	13.5
11	Fa. Erfurt	Wehr	61.7	13.5
12	Fa. Erfurt	Brauchwasserein.	61.7	13.8
13	Fastenbecke	Nebengewässer	61.3	14.2
14	Hebringhauser Bach	Nebengewässer	60.4	14.8
15	Marscheider Bach	Nebengewässer	59.8	15.4
16	Fa. Vorwerk	Sohlgleite	58.0	17.2
17	Fa. Vorwerk	Brauchwasserent.	58.0	17.3
18	Fa. Vorwerk	Brauchwasserein.	58.0	17.3
19	Blombach	Einleitung	57.5	17.8
20	Laaken	Gütemeßstation	57.8	17.4
21	Fa. Membrana	Brauchwasserent.	56.4	18.8
22	Fa. Membrana	Wehr	56.4	18.8
23	Fa. Membrana	Brauchwasserein.	56.4	18.9
24	Murmelbach	Nebengewässer	55.5	19.7
25	Schwelme	Nebengewässer	55.0	20.2
26	HKW Barmen	Entnahme	53.1	22.1
27	HKW Barmen	Wehr	53.1	22.1
28	HKW Barmen	Einleitung	53.1	22.2
29	Leimbach	Nebengewässer	53.2	22.3
30	Fa. Sachsenröder	Entnahme	51.0	24.2
31	Fa. Sachsenröder	Einleitung	51.0	24.3
32	Kluserbrücke	Pegel	49.5	25.7
33	Mirker Bach	Nebengewässer	48.5	26.7
34	Briller Bach	Nebengewässer	47.5	27.7
35	HKW Elberfeld	Wehr	46.4	28.8
36	HKW Elberfeld	Entnahme	46.4	28.9
37	HKW Elberfeld	Einleitung	46.4	29.0
38	Bayer	Entnahme	46.0	29.2
39	Bayer	Einleitung	46.0	29.3
40	Varresbeck	Nebengewässer	45.2	30.0
41	Lüntenbeck	Nebengewässer	43.4	31.7
42	Rutenbecker Brücke	Gütemeßstelle	41.8	33.4
43	Rutenbeck	Kläranlage	41.8	33.4
44	Buchenhofen	Stauanlage	40.7	34.5
45	Buchenhofen	Kläranlage	40.6	34.6
46	Burgholzbach	Nebengewässer	39.6	35.6
47	Kohlforth	Kläranlage	35.6	39.6
48	Morsbach	Nebengewässer	32.7	42.5
49	Schaltkotten	Wehr	32.2	43.0
50	Eschbach	Nebengewässer	28.4	46.8
51	Glüder	Wehr	26.9	48.3
52	Burg	Kläranlage	26.8	48.4
53	Sengbach	Nebengewässer	25.0	50.2
54	Auer Kotten	Wehr	22.0	53.2
55	Wipper Kotten	Wehr	16.0	59.2
56	Weinberger Bach	Nebengewässer	15.9	59.3
57	Nacker Bach	Nebengewässer	15.4	59.8
58	Weltersbach	Nebengewässer	10.8	64.5
59	Murbach	Nebengewässer	9.5	65.7
60	Wiembach	Nebengewässer	6.0	69.2
61	Opladen	Gütemeßstation	5.5	69.7
62	Reuschenberg	Wehr	4.4	70.7
63	Dhünn	Nebengewässer	1.6	73.6
64	Mündung Rhein	Ende Simulation	0.0	75.2

2.2 Kalibrierung des Temperaturmodells im IST-Zustand

Das erstellte Temperaturmodell wird über Realdaten an den Messstellen nach Tab 2.1.2-1 abgeglichen. Für diese Kalibrierung wurde der Zeitraum vom 20.8.2003– 8.9.2003 angesetzt. Das Jahr 2003 war ein besonders warmes Jahr. Der Abfluss am Pegel Kluserbrücke lag im Mittel bei 3,8 m³/s und somit leicht über dem Mindestabfluss von 3,5 m³/s.

2.2.1 Solarstrahlung und Beschattung

Im Simulationsmodell wird die Solarstrahlung über die Bewölkungsart und den Bewölkungsgrad berechnet. Der Vergleich der simulierten Solarstrahlung mit den Messwerten an der Wettermessstation Buchenhofen zeigt eine gute Übereinstimmung (Bild 2.2.1-1). In Bild 2.2.1-2 ist die Strahlung auf der Wasseroberfläche angegeben. Durch die unterschiedliche Beschattungssituation und die geringere Hangneigung ergibt sich im Stadtgebiet eine höhere Einstrahlung als im Abschnitt Rutenbeck bis Kläranlage Kohlfurth.

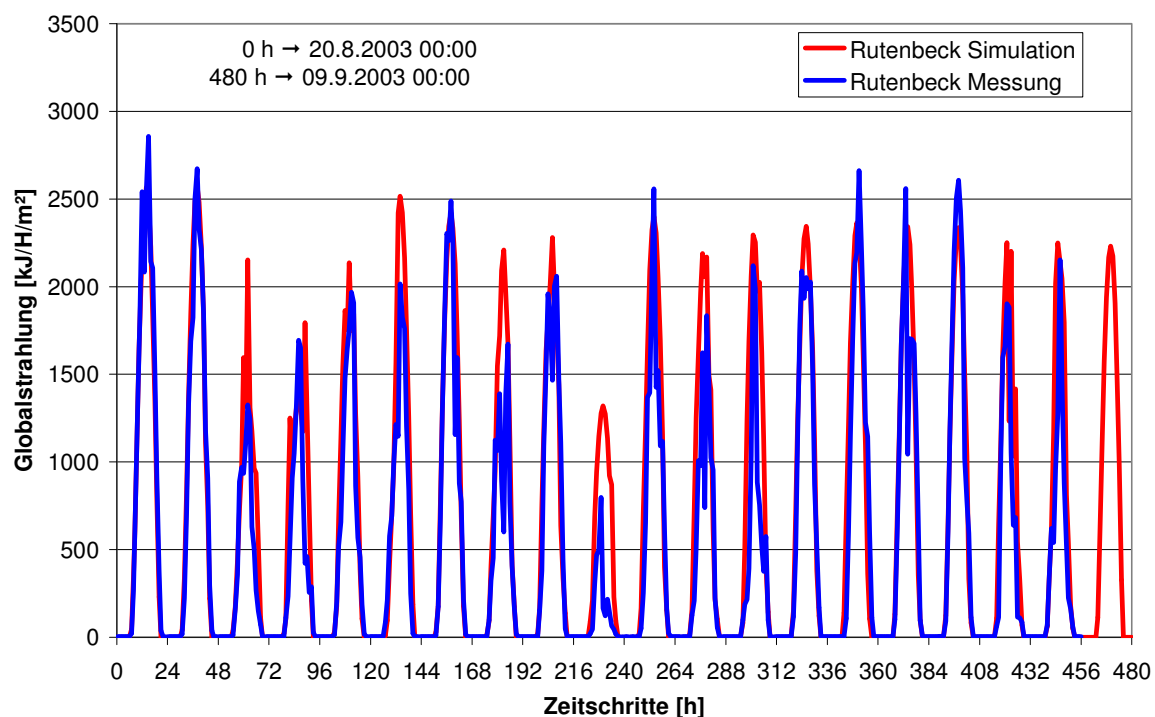


Bild 2.2.1-1: Vergleich der gemessenen Globalstrahlung in Rutenbeck mit der Simulation

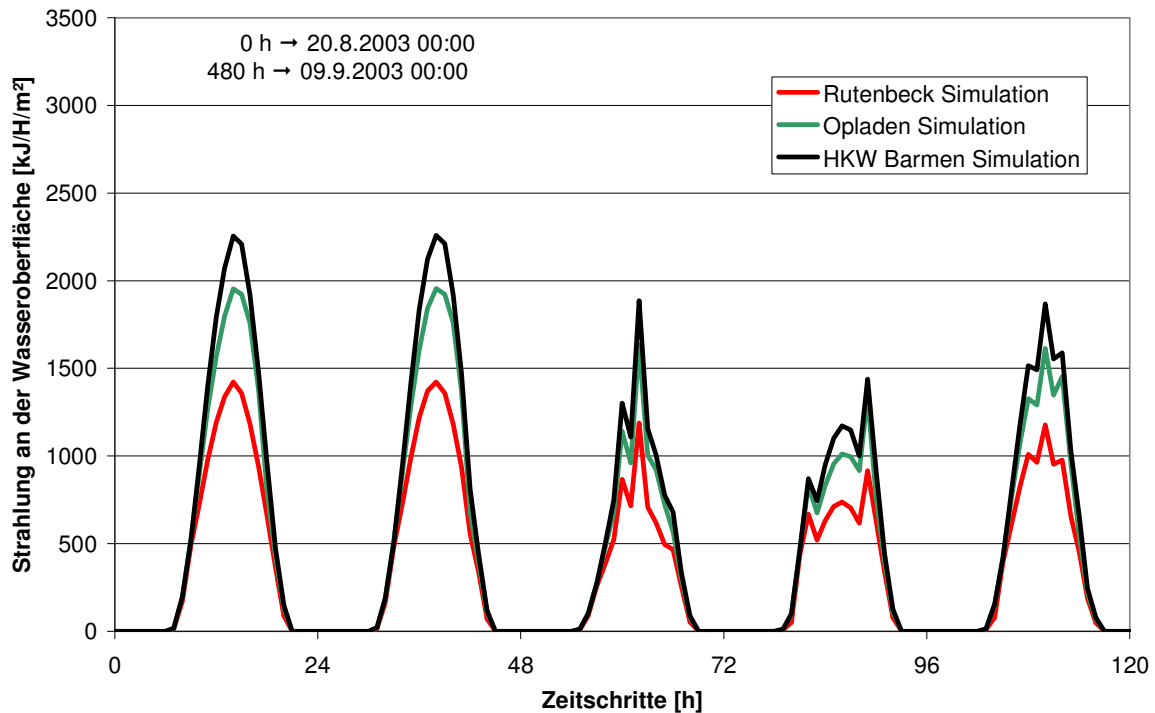


Bild 2.2.1-2: Berechnete Strahlung an der Wasseroberfläche unter Berücksichtigung der Hangneigung und der Beschattung

2.2.2 Abflusssimulation

Für den Abgleich der Hydraulik wurden Stundenmittelwerte für den Abfluss der Nebenflüsse und der Kläranlage Buchenhofen angesetzt. Für die weiteren Berechnungen wurden konstante Abflüsse angesetzt. Die Summe der Abflüsse aus den Kläranlagen und den Nebenflüssen im Abschnitt zwischen Kluserbrücke und Opladen sind größer als die Differenz zwischen den Pegelmessungen Kluserbrücke und Opladen ($1,65 \text{ m}^3/\text{s}$). Der Ablauf der Kläranlagen beträgt im Mittel $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ und die Abflussmessungen nur an den Pegeln der Nebenflüsse Murbach, Wiembach, Eschbach und Morsbach ergaben schon einen Abfluss von $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Differenz zwischen Pegel Kluserbrücke und Pegel Opladen ist im Sommer bei niedrigen Abflüssen geringer als die Summe der Einleitungen der Klärwerke und der Nebenbäche. Da die Abflussbilanz Sommer im Modell so nicht aufgeht, wurde für die Berechnungen vereinfacht der Abfluss der Kläranlagen auf $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert. In Bild 2.2.2-1 ist der gemessene Abfluss am Pegel Kluserbrücke und Opladen dem simulierten Abfluss gegenübergestellt. Die Dynamik des Abflusses kann gut abgebildet werden. In Bild 2.2.2-2 und Bild 2.2.2-3 ist die Wasserspiegelhöhe an den Pegeln Kluserbrücke und Opladen dargestellt. Am Pegel Kluserbrücke liegt die Wasserspiegelhöhe etwas zu hoch in Opladen etwas zu niedrig. Insgesamt wird das Fließverhalten der Wupper bei Niedrigwasser jedoch gut abgebildet.

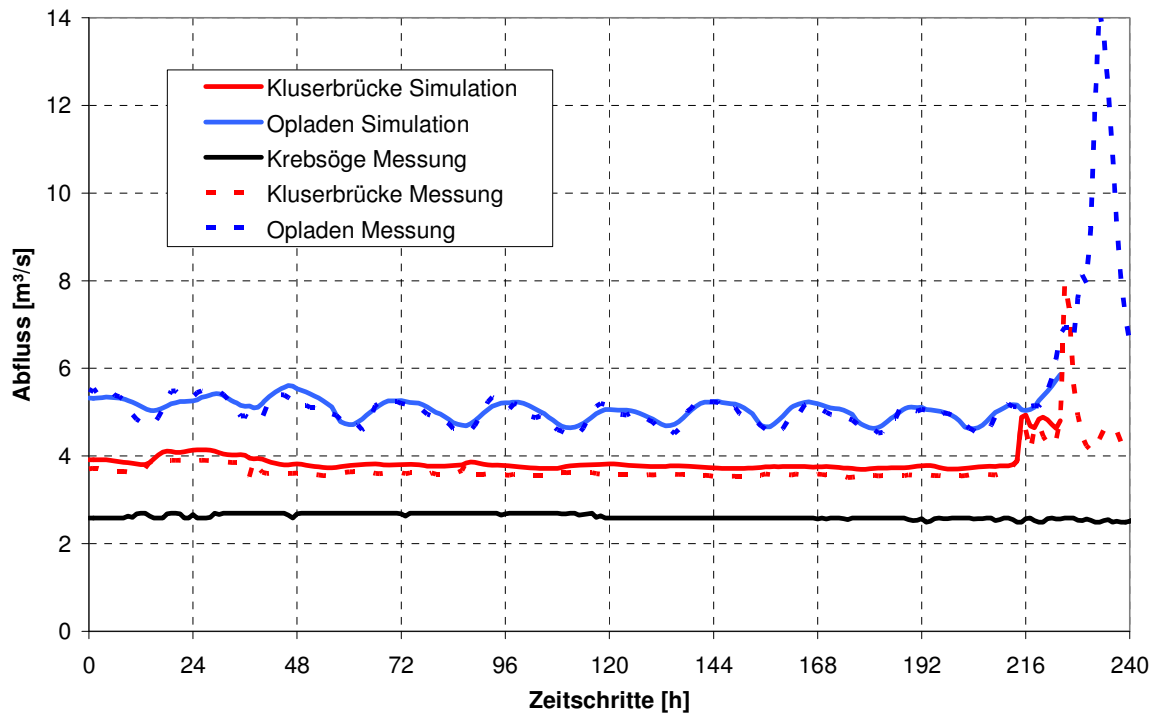


Bild 2.2.2-1: Vergleich des gemessenen Abflusses mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke und Opladen

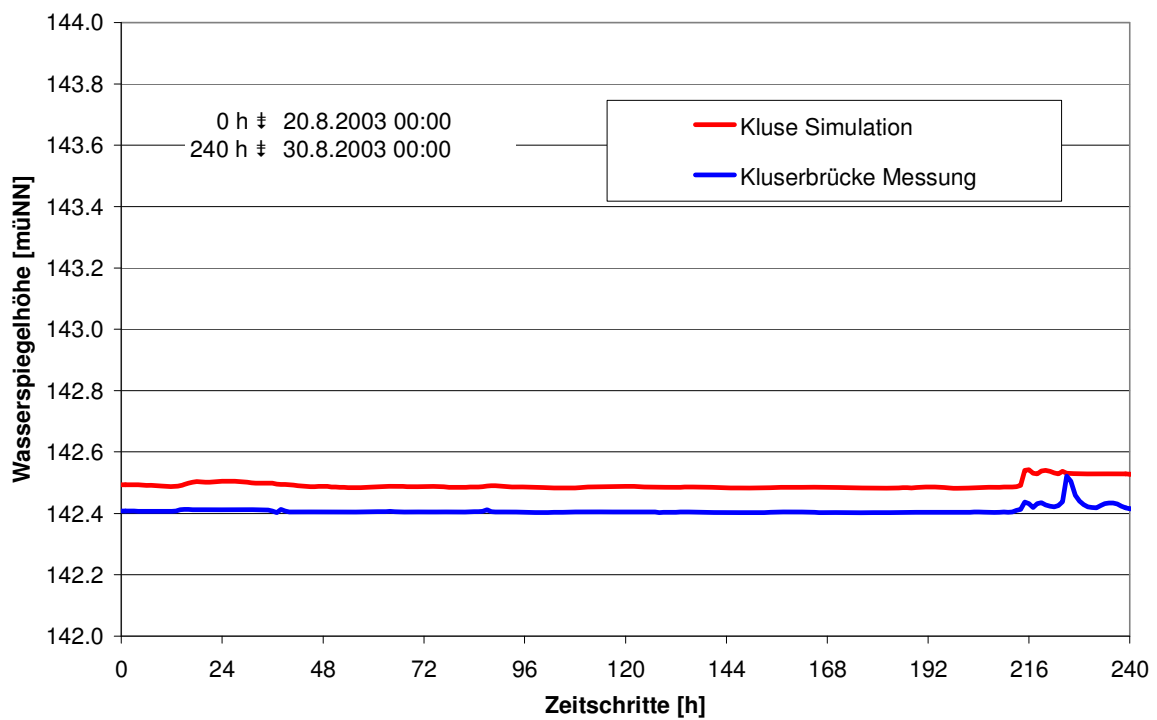


Bild 2.2.2-2: Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke

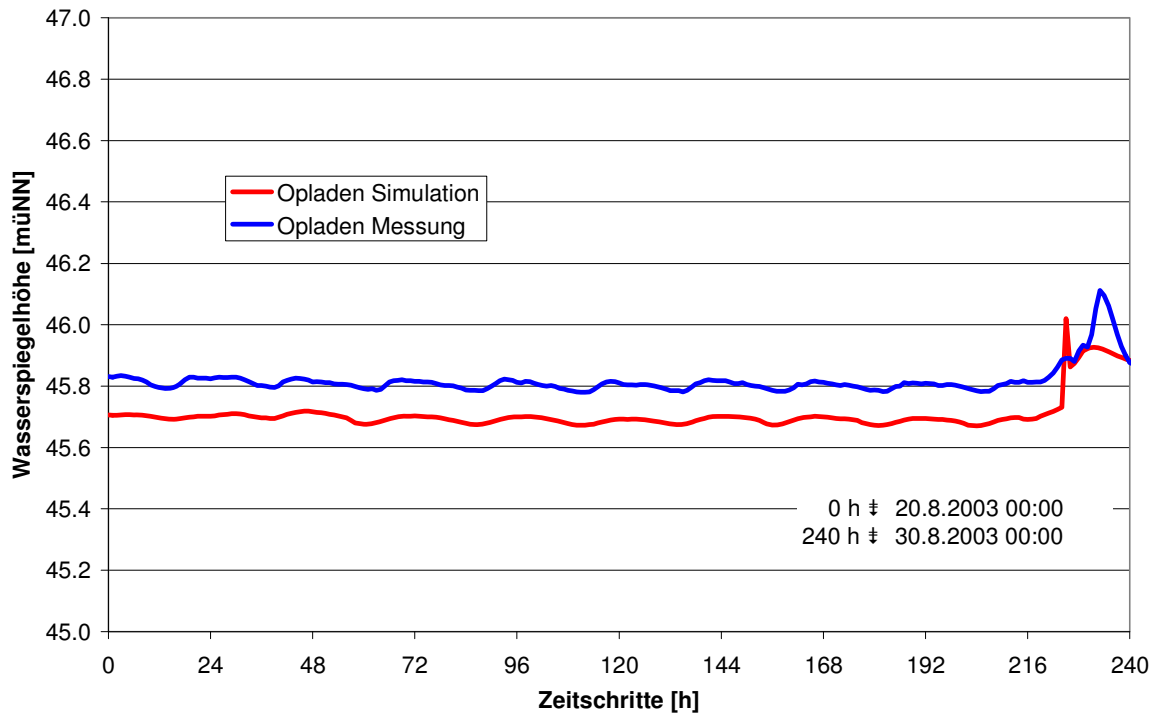


Bild 2.2.2-3.: Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Opladen

In Bild 2.2.2-4 ist der Abfluss im Längsverlauf der Wupper dargestellt. Der Abfluss steigt von $3 \text{ m}^3/\text{s}$ an der Wuppertalsperre durch die Nebenflüsse langsam auf $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Kluserbrücke an. Größere Entnahme- und Einleitungsmengen für Kühlwasser erfolgen an den Kilometer 18, 22 und 29 (Firma Membrana, HKW Barmen und Elberfeld). An den Kühlwasserentnahmestellen wird über einen kurzen Abschnitt Kühlwasser entnommen und fast die gleiche Wassermenge wieder eingeleitet. Die Einleitung der Kläranlage Buchenhofen ist deutlich zu erkennen. Die weiteren Zuflüsse aus den Nebengewässern und Kläranlagen führen zu einem Abfluss am Pegel Opladen von $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Die mittlere Fließtiefe liegt bei 25-50 cm (Bild 2.2.2-5). Ein deutlicher Aufstau der Wupper erfolgt am Stauweiher Dahlhausen und an der Staumauer Beyenburg (Kilometer 3, 10). Der Rückstau an den Wehren Buchenhofen, Glüder, Wipper Kotten und Reuschenberg (Kilometer 35, 48, 59, 71) sind gut zu erkennen (Bild 2.2.2-6).

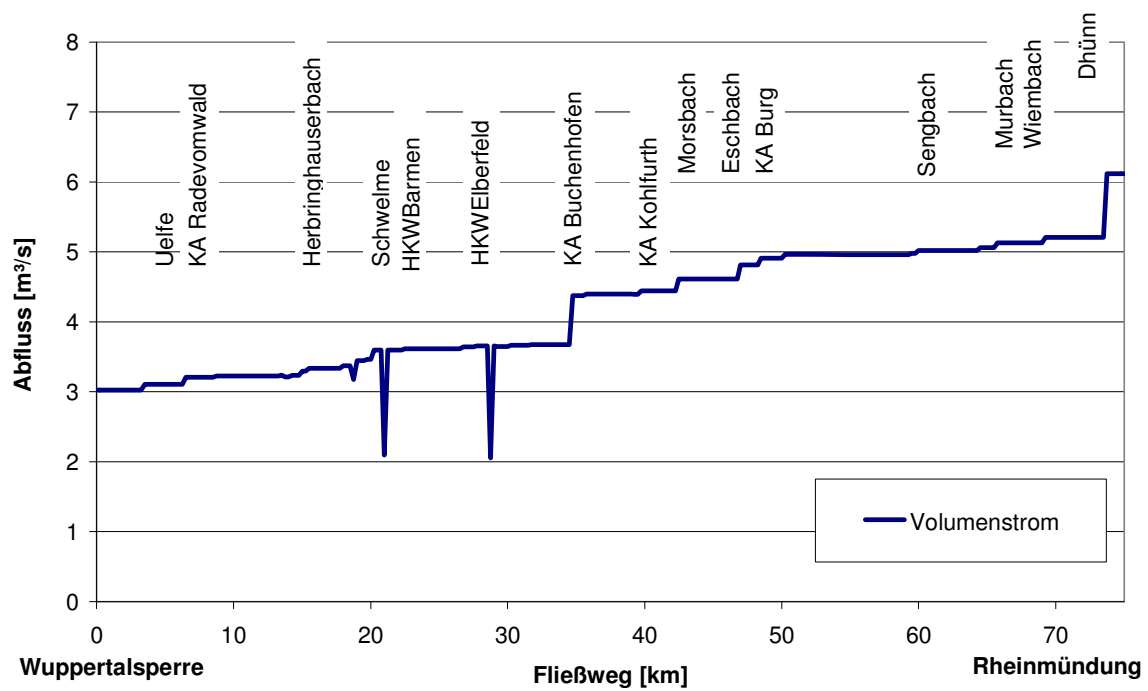


Bild 2.2.2-4.: Abfluss in der Wupper am 28.8.2003 um 16:00 Uhr

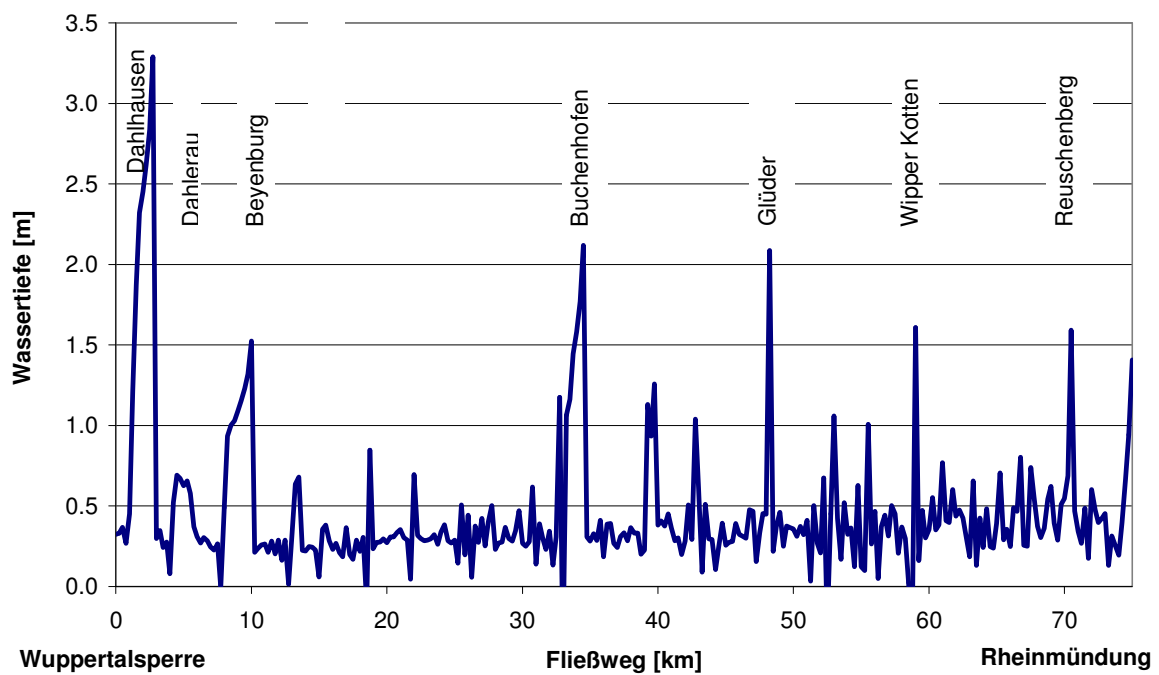


Bild 2.2.2-5.: Simulierte Wassertiefe der Wupper

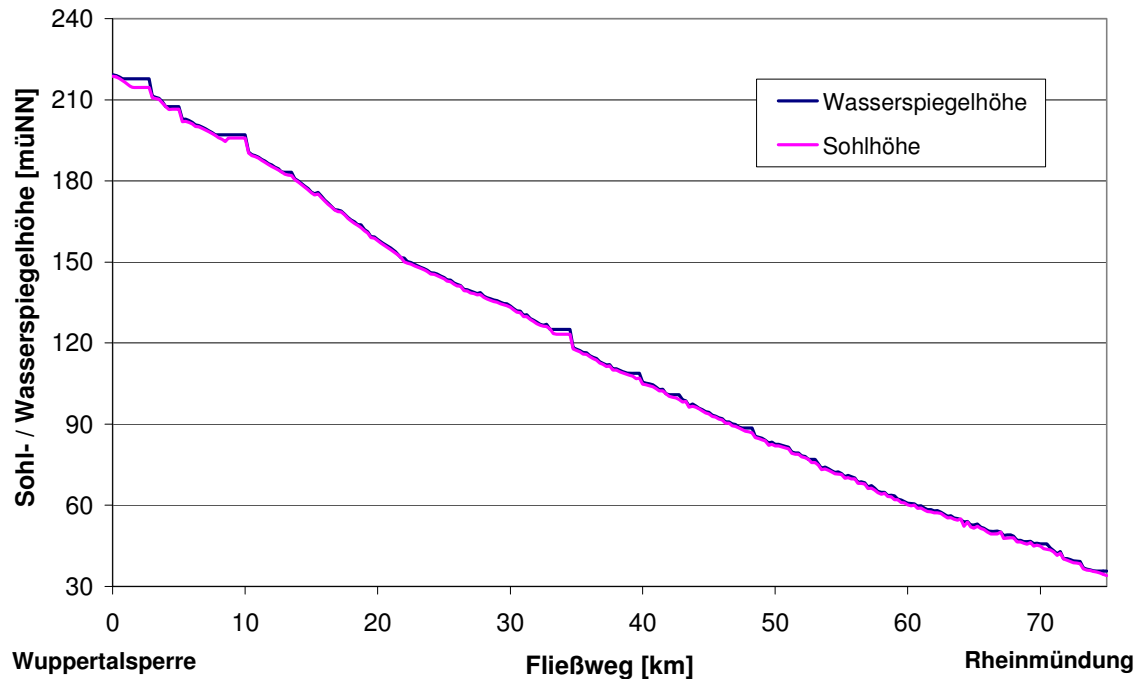


Bild 2.2.2-6.: Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper

2.2.3 Temperaturverlauf

Die Simulationsergebnisse werden als Zeitverlauf an den 6 Temperaturmessstellen in der Wupper (Krebsöge, HKW Barmen, HKW Elberfeld, Rutenbeck, Opladen) sowie als Längsverlauf entlang der Fließrichtung dargestellt. Die Messstellen HKW Barmen und HKW Elberfeld sind jeweils vor der Einleitung des Kühlwassers angeordnet. In Bild 2.2.3-1 ist beispielhaft der Temperaturverlauf in der Wupper am 28.8.2003 um 8:00 und um 16:00 Uhr den Messergebnissen gegenübergestellt. Die Übereinstimmung zwischen Messwert und Simulation ist sehr gut. Die gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Messwert zeigt sich insbesondere beim zeitlichen Verlauf an den verschiedenen Messstellen. Die täglichen Schwankungen der Wassertemperatur werden gut abgebildet. An der Messstelle Opladen ist um 16:00 Uhr ein Temperaturversatz von 2°C festzustellen. (Bild 2.2.3-2) Eine Ursache für die zu geringe Abkühlung in der Simulation konnte nicht festgestellt werden (Lufttemperaturunterschiede, Einfluss der Hangneigung).

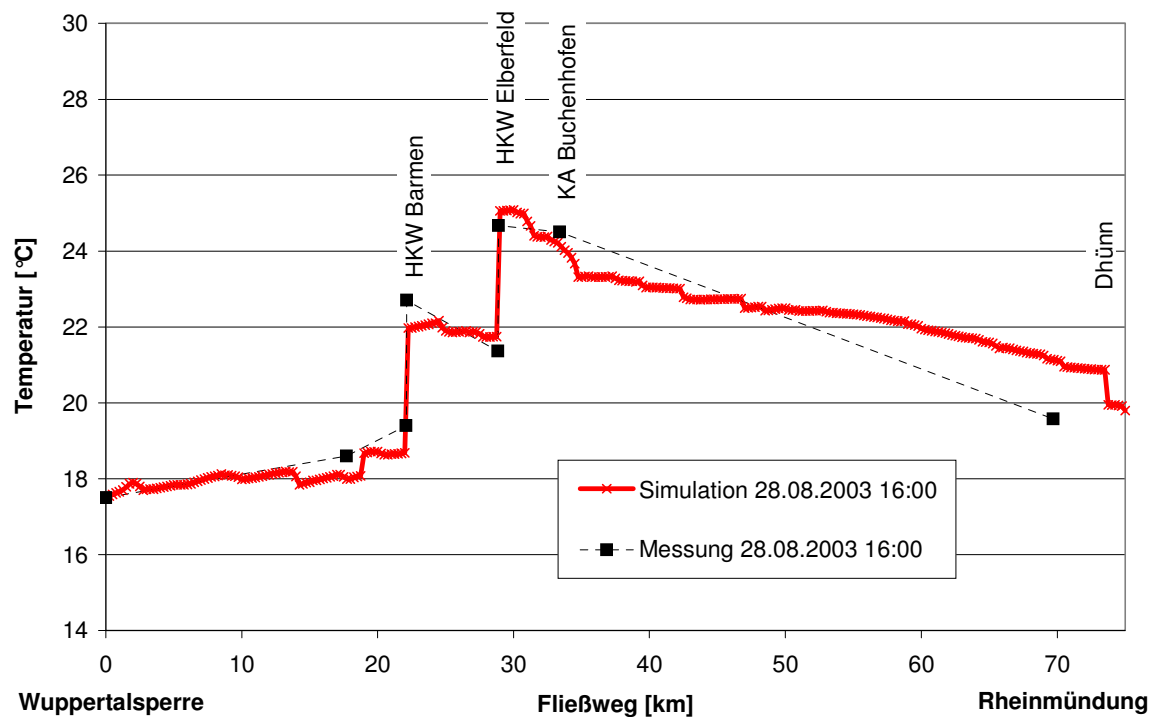
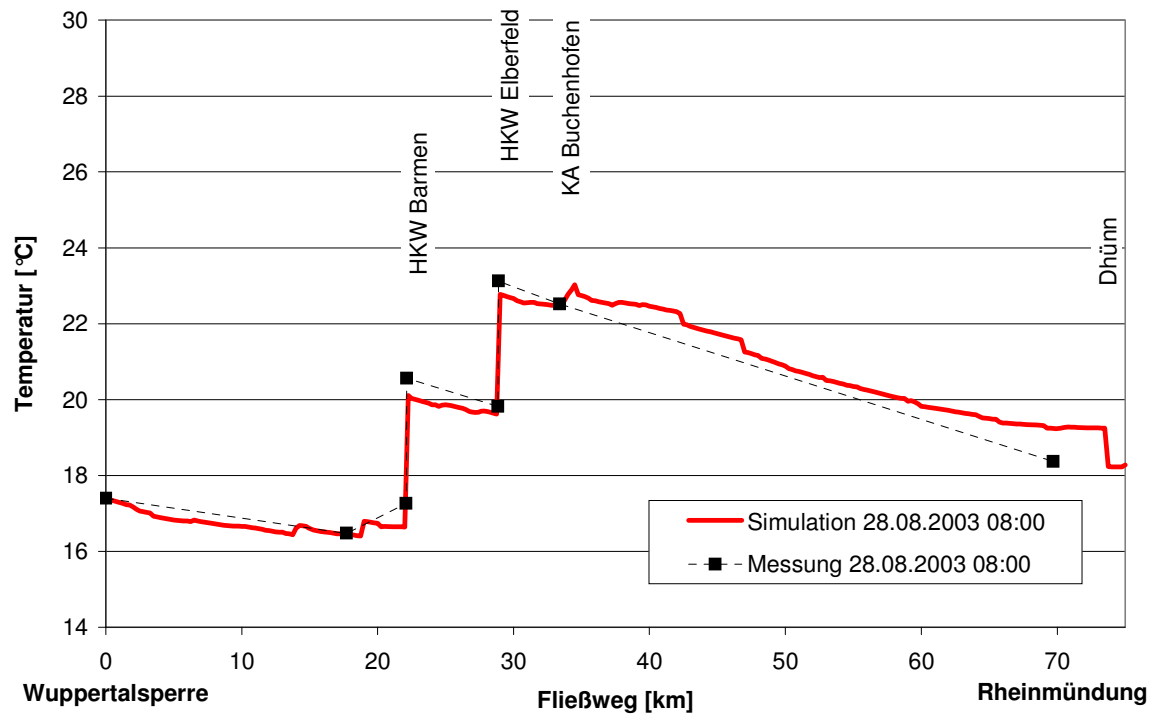


Bild 2.2.3-1: Vergleich der gemessenen Temperatur am 28.8.2004 um 8:00 und 16:00 Uhr mit der Simulation im Längsverlauf

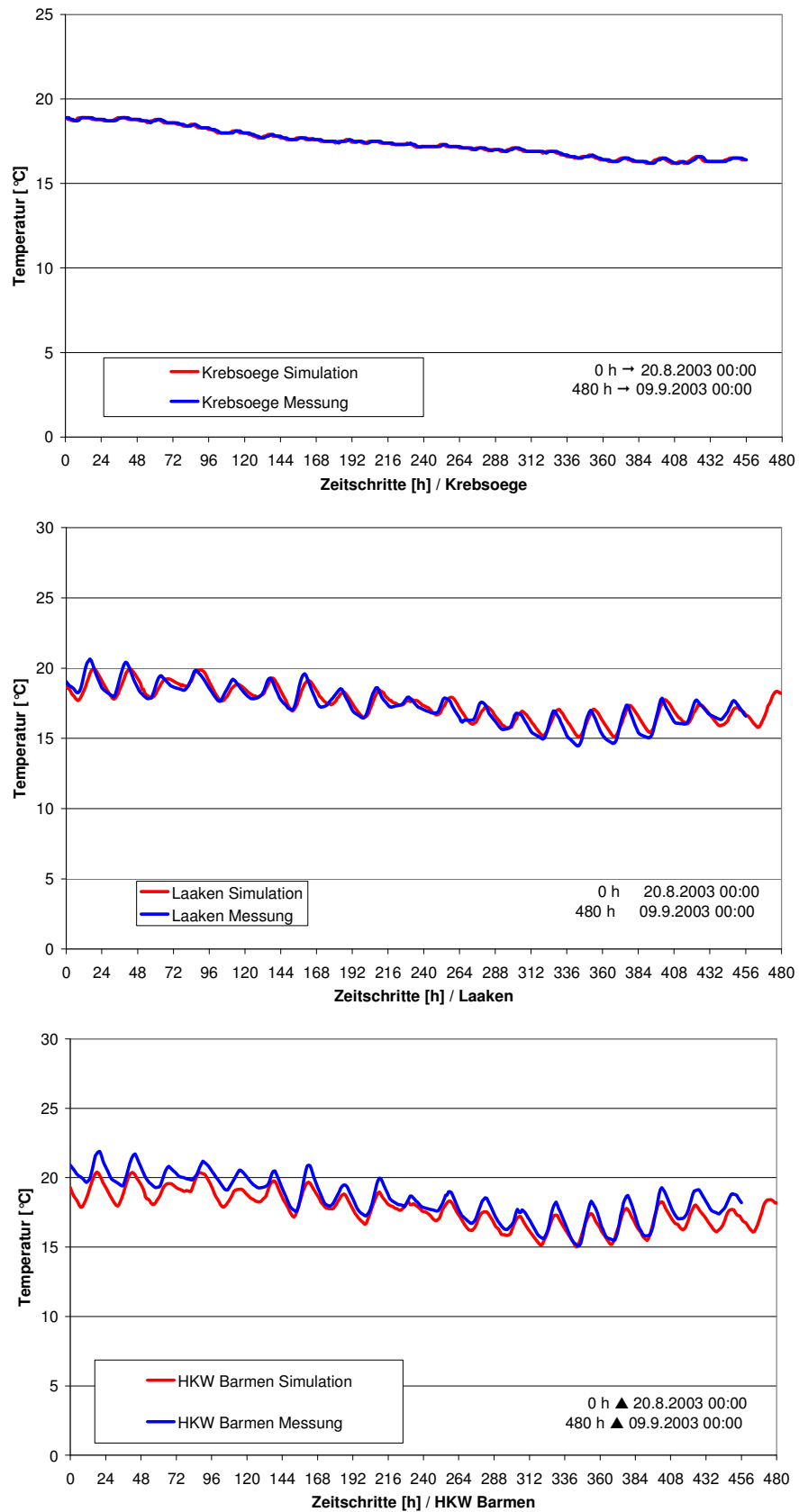


Bild 2.2.3-2: Vergleich der gemessenen Temperatur mit der Simulation an den Temperaturmessstellen Krebsöge, Laaken, vor dem HKW Barmen und Elberfeld, Rutenbeck und Opladen

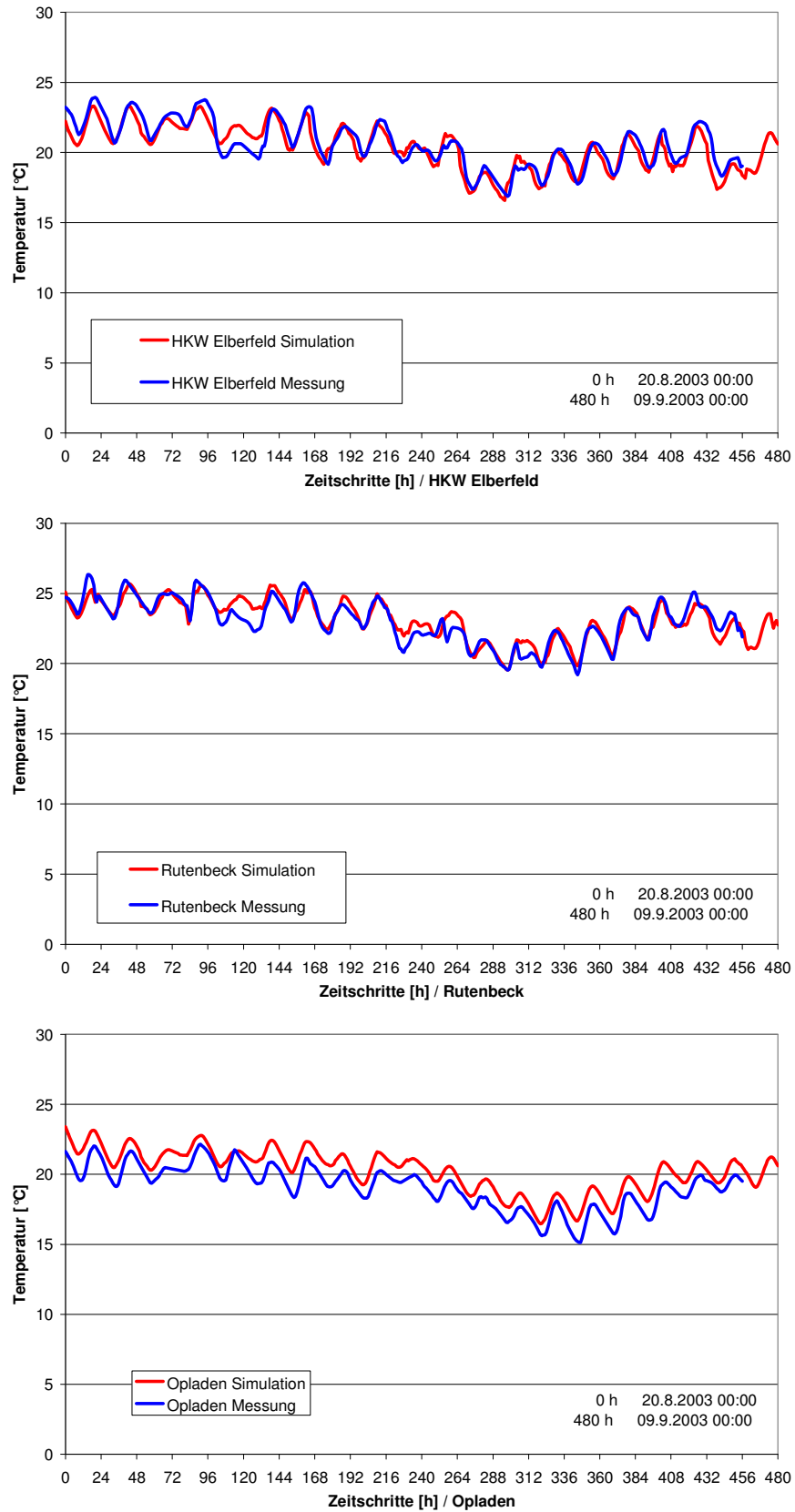


Bild 2.2.3-2 (Fortsetzung): Vergleich der gemessenen Temperatur mit der Simulation an den Temperaturmessstellen Krebsöge, Laaken, vor dem HKW Barmen und Elberfeld, Rutenbeck und Opladen

2.2.4 Vergleich Simulationsmodell mit 8 und 120 Abschnitten

Der Vergleich der Simulationsergebnisse für das Modell mit 8 Abschnitten und 120 Abschnitten wies nur geringe Unterschiede auf, daher wurde für die weiteren Berechnungen das Simulationsmodell mit 8 Abschnitten verwendet (Bild 2.2.4-1).

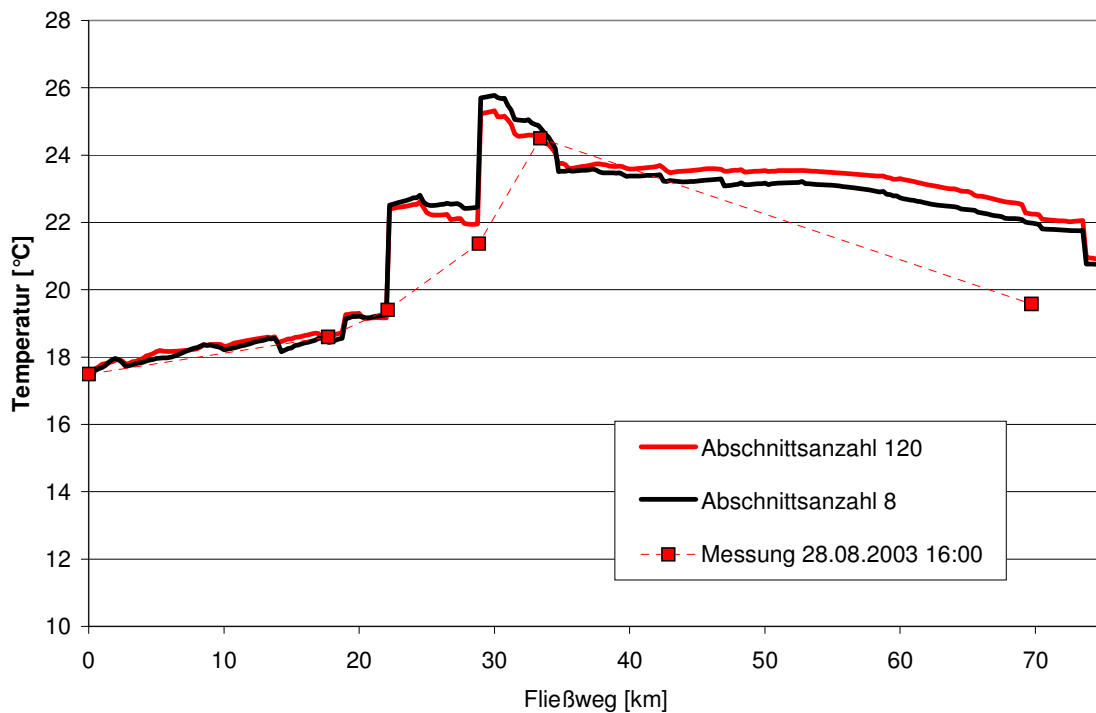
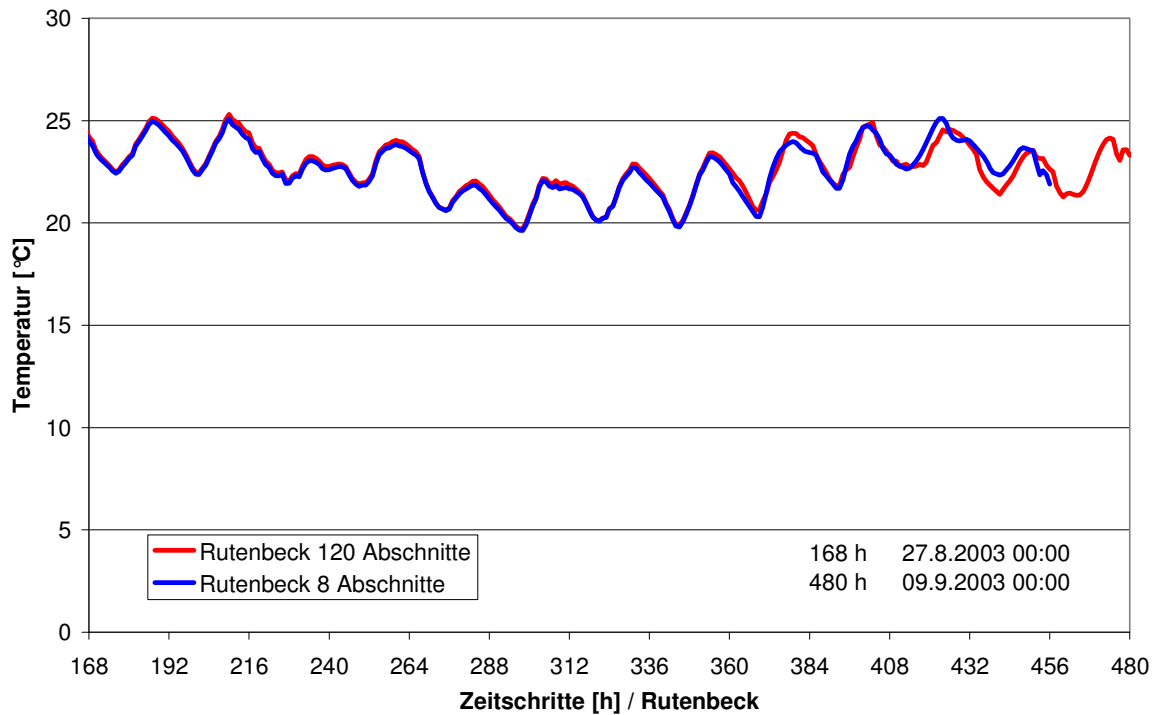


Bild 2.2.4-1: Simulierter Temperaturverlauf für das Modell mit 8 und 120 Abschnitten

2.3 Verifizierung des Temperaturmodells im IST-Zustand

Für die Verifizierung des Temperaturmodells mit den gewählten Parametern wurde ein weiterer Simulationszeitraum betrachtet (22.6.2003 – 11.8. 2003). Auch für diesen Zeitraum wurde eine gute Übereinstimmung zwischen Modell und Messwerten erreicht. Im Folgenden werden die Ergebnisse analog zum Kalibrierungszeitraum dargestellt.

2.3.1 Solarstrahlung und Beschattung

Im Simulationsmodell wird die Solarstrahlung über die Bewölkungsart und den Bewölkungsgrad berechnet. Der Vergleich der simulierten Solarstrahlung mit den Messwerten an der Wettermessstation Buchenhofen zeigt eine gute Übereinstimmung (Bild 2.2.1-1). In Bild 2.2.1-2 ist die Strahlung auf der Wasseroberfläche angegeben. Durch die unterschiedliche Beschattungssituation und die geringere Hangneigung ergibt sich im Stadtgebiet eine höhere Einstrahlung als im Abschnitt Rutenbeck bis Kläranlage Kohlfurth.

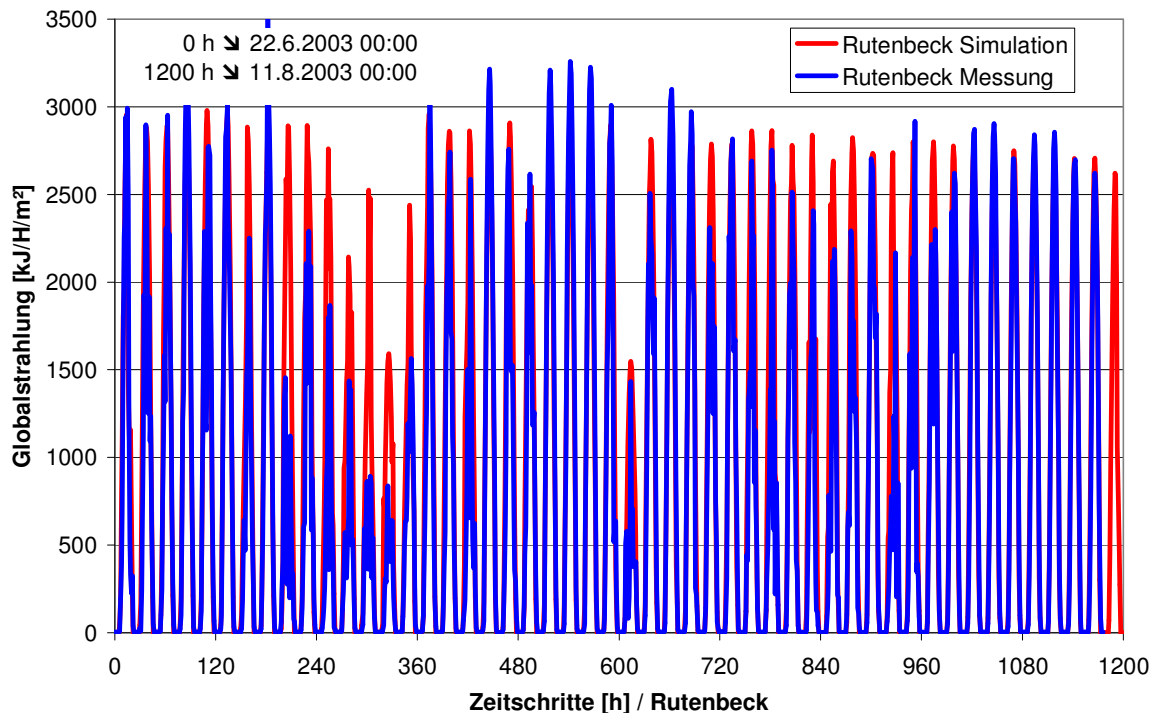


Bild 2.3.1-1: Vergleich der gemessenen Globalstrahlung in Rutenbeck mit der Simulation

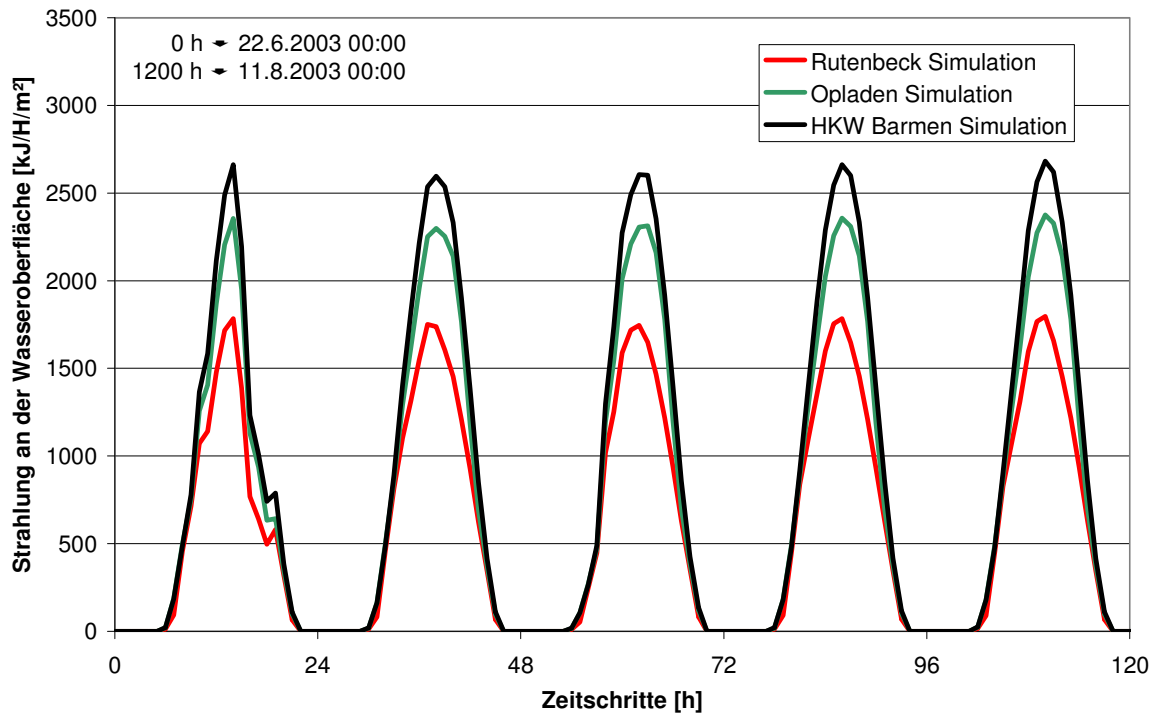


Bild 2.3.1-2: Berechnete Strahlung an der Wasseroberfläche unter Berücksichtigung der Hangneigung und der Beschattung

2.3.2 Abflusssimulation

Für den Abgleich der Hydraulik wurden Stundenmittelwerte für den Abfluss der Nebenflüsse und der Kläranlage Buchenhofen angesetzt. Für die weiteren Berechnungen wurden konstante Abflüsse angesetzt. Die Summe der Abflüsse aus den Kläranlagen und den Nebenflüssen im Abschnitt zwischen Kluserbrücke und Opladen sind größer als die Differenz zwischen den Pegelmessungen Kluserbrücke und Opladen ($1,65 \text{ m}^3/\text{s}$). Der Ablauf der Kläranlagen beträgt im Mittel $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ und die Abflussmessungen nur an den Pegeln der Nebenflüsse Murbach, Wiembach, Eschbach und Morsbach ergaben schon einen Abfluss von $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Differenz zwischen Pegel Kluserbrücke und Pegel Opladen ist im Sommer bei niedrigen Abflüssen geringer als die Summe der Einleitungen der Klärwerke und der Nebenbäche. Da die Abflussbilanz Sommer im Modell so nicht aufgeht, wurde für die Berechnungen vereinfacht der Abfluss der Kläranlagen auf $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert. In Bild 2.2.2-1 ist der gemessene Abfluss am Pegel Kluserbrücke und Opladen dem simulierten Abfluss gegenübergestellt. Die Dynamik des Abflusses kann gut abgebildet werden. In Bild 2.2.2-2 und Bild 2.2.2-3 ist die Wasserspiegelhöhe an den Pegeln Kluserbrücke und Opladen dargestellt. Am Pegel Kluserbrücke liegt die Wasserspiegelhöhe etwas zu hoch in Opladen etwas zu niedrig. Insgesamt wird das Fließverhalten der Wupper bei Niedrigwasser jedoch gut abgebildet.

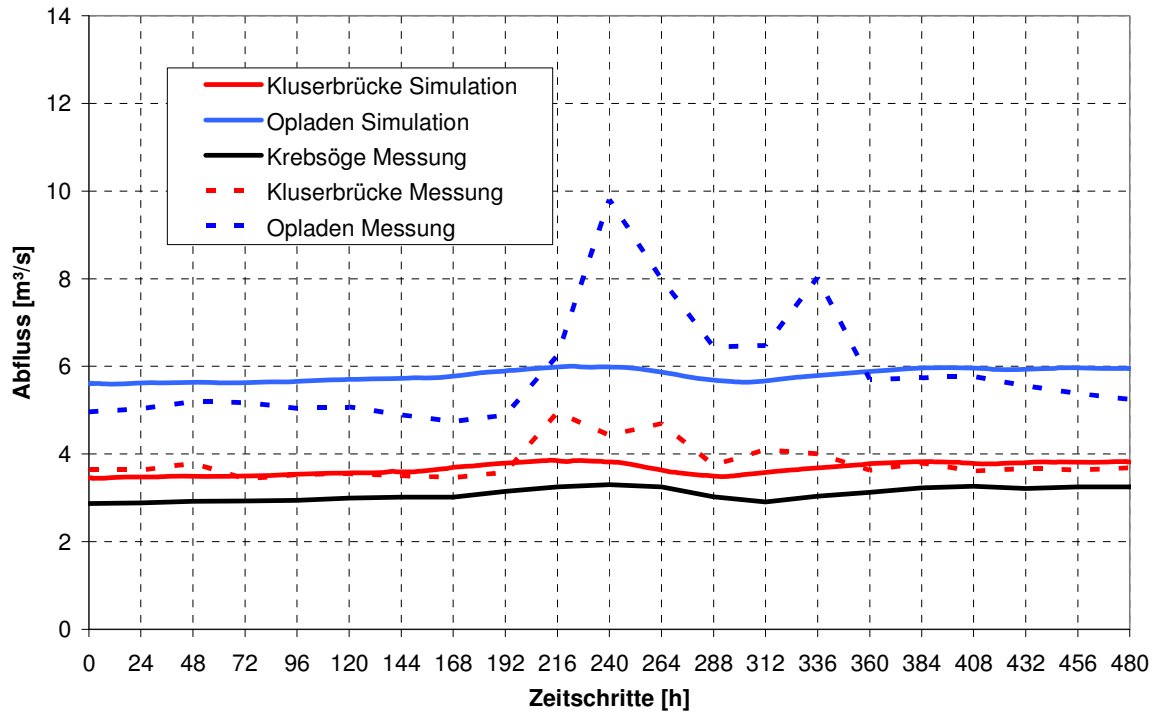


Bild 2.3.2-1: Vergleich des gemessenen Abflusses mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke und Opladen

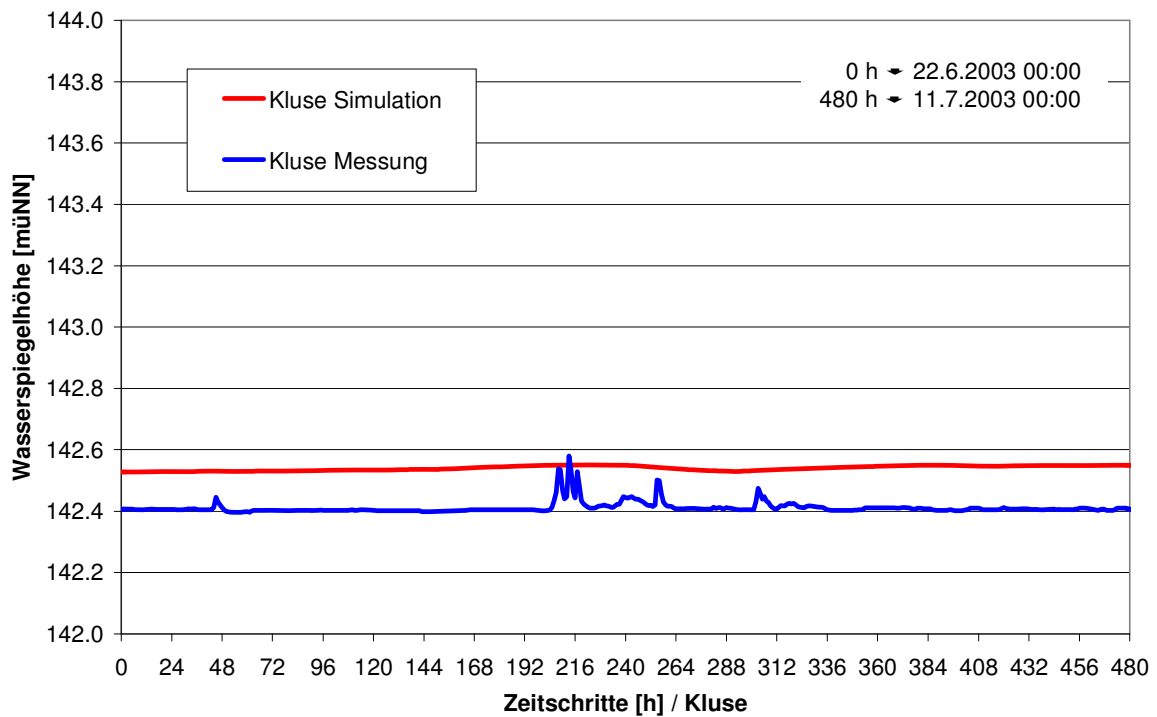


Bild 2.3.2-2: Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Kluserbrücke

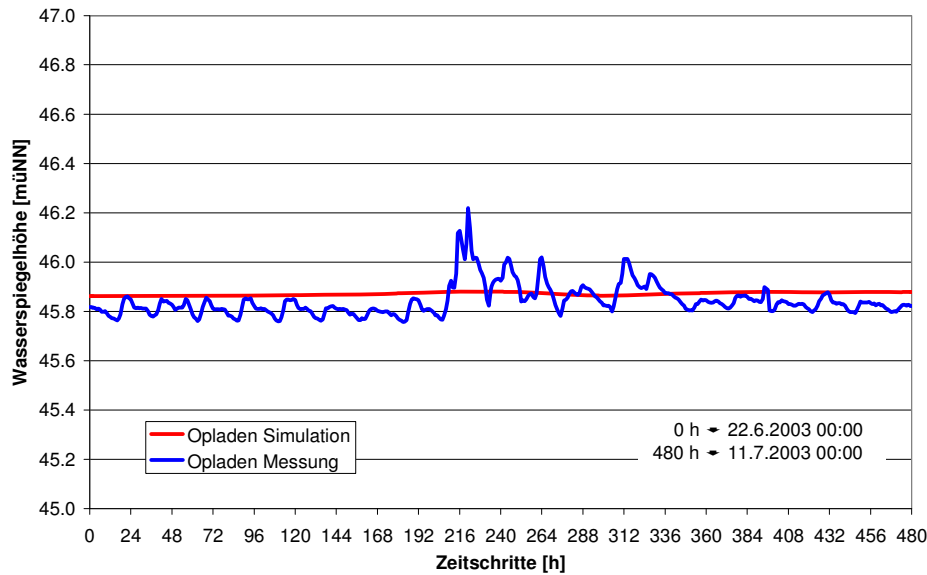


Bild 2.3.2-3: Vergleich der gemessenen Wasserspiegelhöhe mit der Simulation am Pegel Opladen

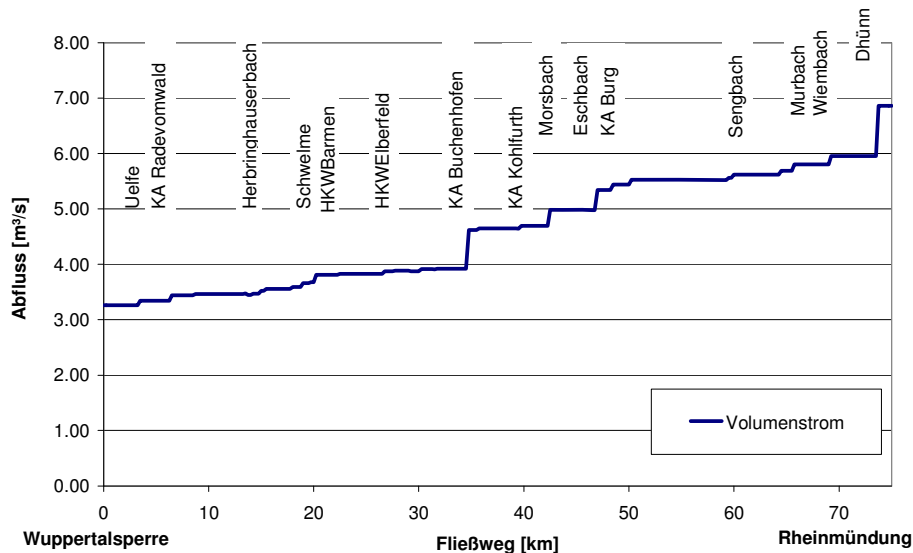


Bild 2.3.2-4: Abfluss in der Wupper am 11.6.2003 um 16:00 Uhr

2.3.3 Temperaturverlauf

Die Simulationsergebnisse werden als Zeitverlauf an den 6 Temperaturmessstellen in der Wupper (Krebsöge, HKW Barmen, HKW Elberfeld, Rutenbeck, Opladen) sowie als Längsverlauf entlang der Fließrichtung dargestellt. In Bild 2.2.3-1 ist beispielhaft der Temperaturverlauf in der Wupper am 28.8.2003 um 8:00 und um 16:00 Uhr den Messergebnissen gegenübergestellt. Die Übereinstimmung zwischen Messwert und Simulation ist sehr gut. Die gute Korrelation zwischen Simulation und Messwert zeigt sich insbesondere beim zeitlichen Verlauf an den verschiedenen Messstellen. Die täglichen Schwankungen der Wassertemperatur werden gut abgebildet. An der Messstelle Opladen ist um 16:00 Uhr ein Temperaturversatz von 2°C festzustellen. (Bild 2.2.3-2) Eine Ursache für die zu geringe Abkühlung in der Simulation konnte nicht festgestellt werden (Lufttemperaturunterschiede, Einfluss der Hangneigung).

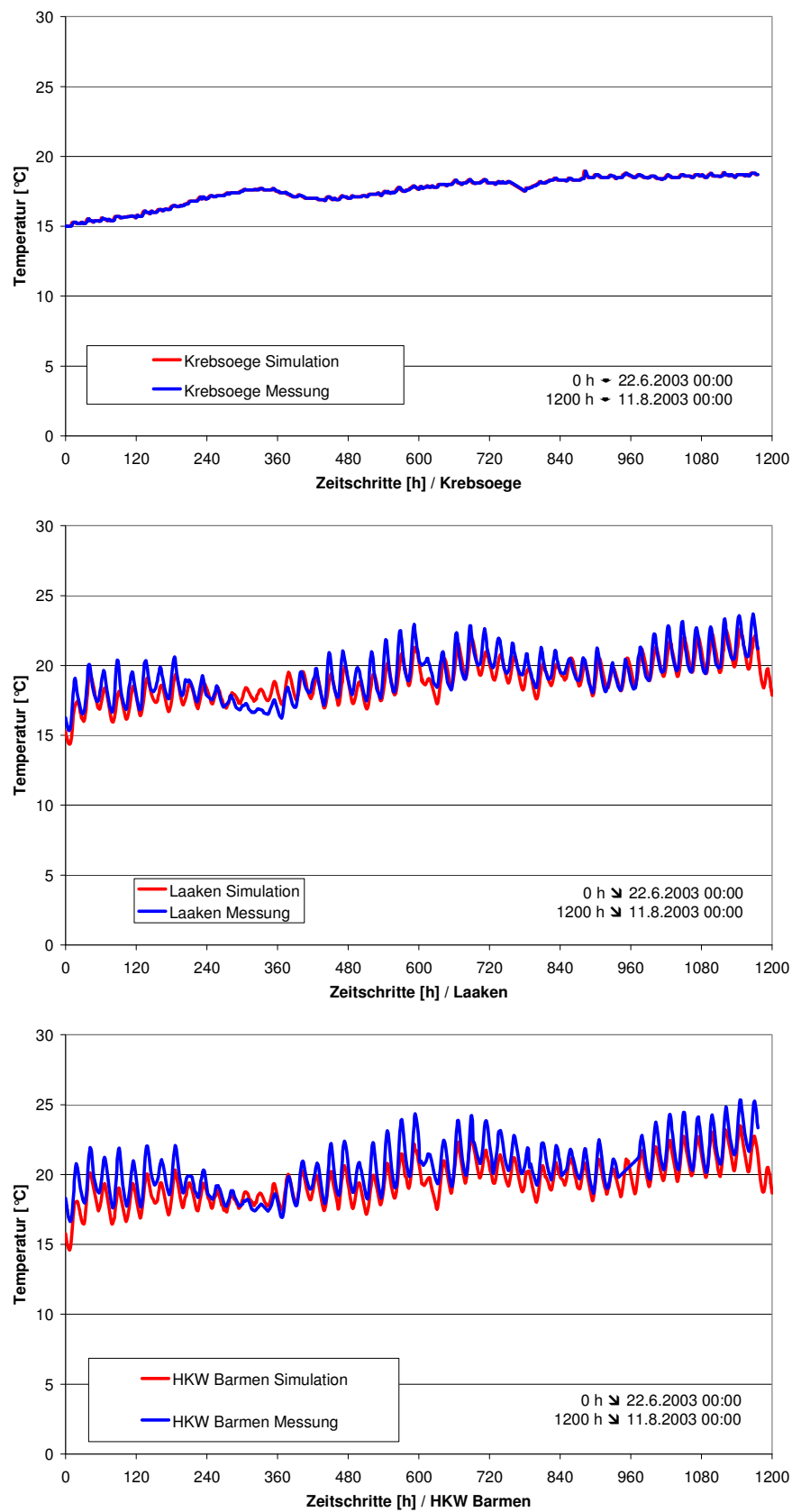


Bild 2.3.3-1: Vergleich der gemessenen Temperatur mit der Simulation am 28.8.2003 um 8:00 und um 16:00 Uhr

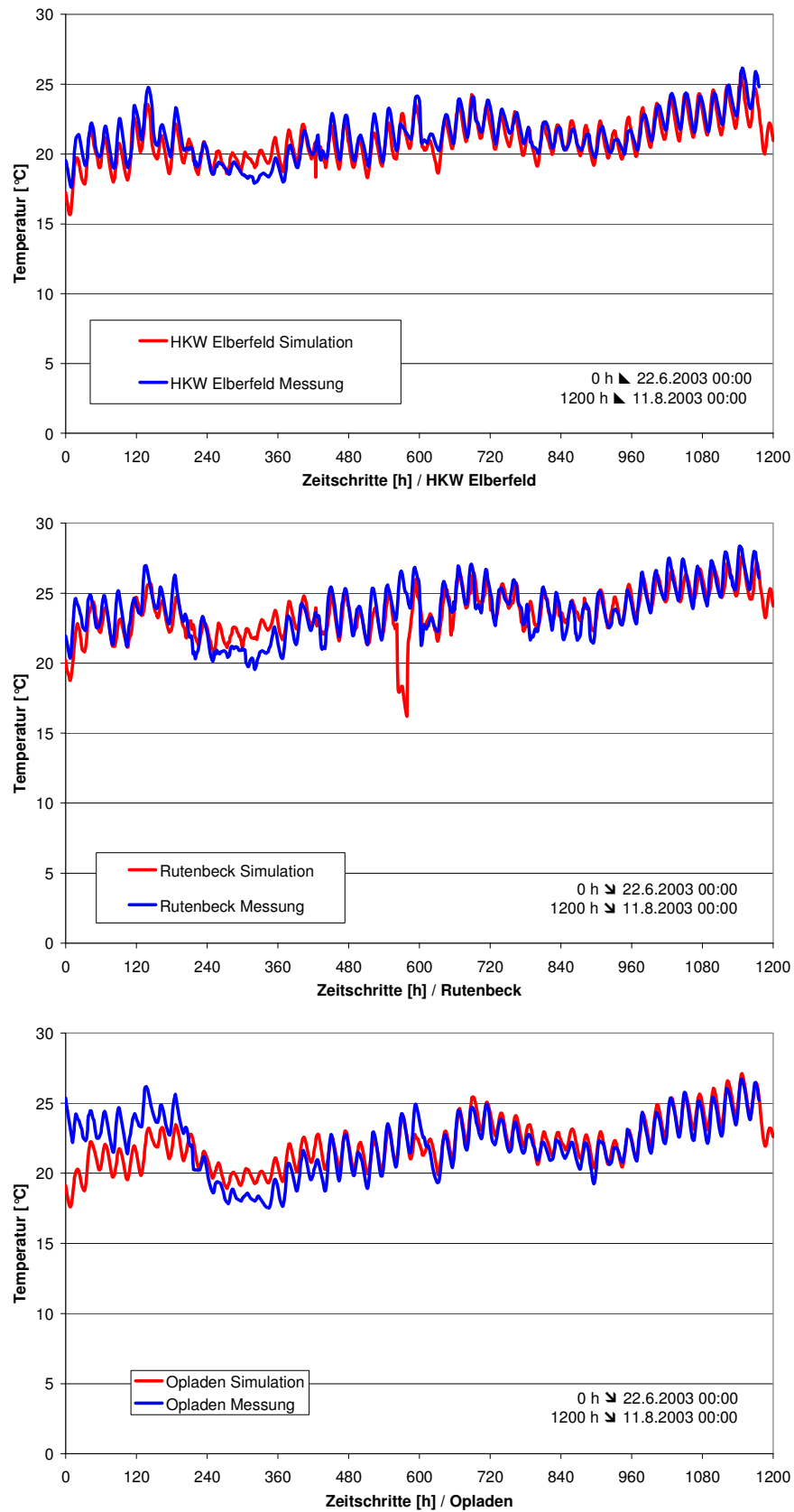


Bild 2.3.3-1 (Fortsetzung): Vergleich der gemessenen Temperatur mit der Simulation am 28.8.2003 um 8:00 und um 16:00 Uhr

2.4 Zusammenfassung Modellaufbau im IST-Zustand

Für die Simulation der Wassertemperatur der Unteren Wupper wurde das ATV-Gewässergütemodell verwendet. Ein detailliertes Modell der Unteren Wupper wurde aufgebaut.

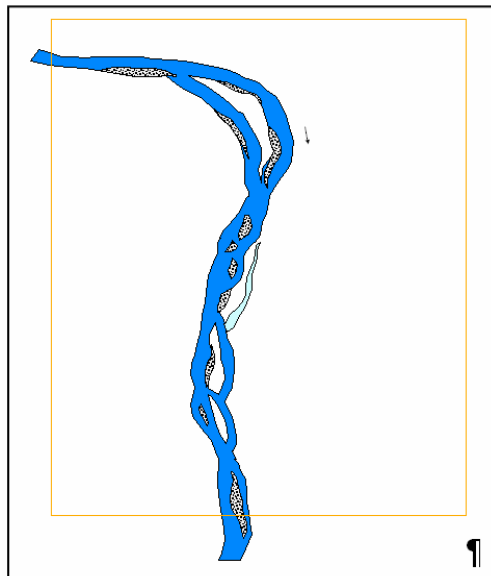
Für die Untere Wupper konnte für den Zeitraum Juni 2003 und August 2003 ein Modellabgleich durchgeführt werden, der mit ausreichend guter Genauigkeit die Prozesse in der Unteren Wupper abbildet. Das Modell ist somit geeignet, die der unterschiedlichen anthropogenen Einflüsse zu beurteilen.

2.5 Modellaufbau des potentiell natürlichen Zustands

Das natürliche Gewässer unterscheidet sich vom heutigen Ausbauzustand durch eine andere (weitere) Gewässermorphologie ohne künstliche Stauwehre, eine geänderte Beschattungssituation und einen längeren Fließweg. Hierzu ist - parallel zum IST-Zustand - ein zweites Modell aufzubauen. Es kommt darüber hinaus weder zu Ableitungen von Wasser zur Trinkwassernutzung noch zu Überleitungen von Wasser aus anderen Fluseinzugsgebieten. Der Abfluss wird dem potentiell natürlichen Abfluss angepaßt. Alle Nutzungen werden aus dem Gewässer entfernt.

Die Wetter- und Klimadaten werden beibehalten.

2.5.1 Typologie und Leitbild der Wupper im Untersuchungsraum



Als Mittelgebirgs Gewässer gehört die Wupper nach der Fließgewässertypologie des Merkblatts 34 [LUA NRW 2001] im Untersuchungsraum zwischen Wuppertal-Laaken und Opladen zum Typ des ‚schottergeprägten Flusses im Grundgebirge‘. Die genaue Bezeichnung des Typ 9 lautet nach LAWA: "silikatischer, fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsfluss". In Abhängigkeit des Gefälles und der Talbodenbreite ist die Laufentwicklung gestreckt bis schwach gewunden. Wie in den Bildern 2.5.1-1 und 2.5.1-2 dargestellt sind im Leitbild Nebengerinne in unterschiedlicher Anzahl und Ausdehnung ausgebildet. Inseln in der Gerinnemitte oder entlang des Ufers strukturieren die Sohle (vergl. Anhang A10: Typ 9).

Bild 2.5.1-1 (links) Schematische Darstellung eines nebengerinnereichen, gestreckten, schottergeprägten Flusses des Grundgebirges

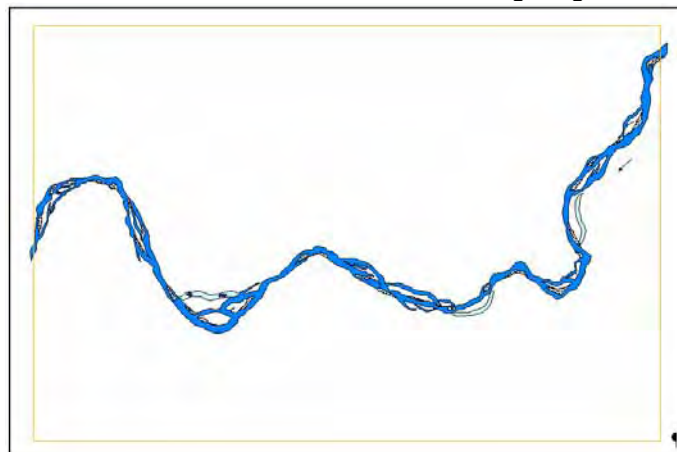


Bild 2.5.1-2 Schematische Darstellungen eines nebengerinnereichen, schwach gewundenen, schottergeprägten Flusses des Grundgebirges

Das Korngrößenspektrum der schottergeprägten Flüsse umfasst lehmige bis blockige Substrate. Die vorherrschenden Steine und Schotter sind zumeist plattig bis kantengerundet.

Insgesamt lässt sich der Untersuchungsraum in sechs verschiedene Leitbildabschnitte unterteilen. Hierbei wechseln in Abhängigkeit der Talbodenbreite Abschnitte mit gestrecktem und schwach gewundenem Verlauf. Die räumliche Zuordnung ist in Bild 2.5.1-3 dargestellt.

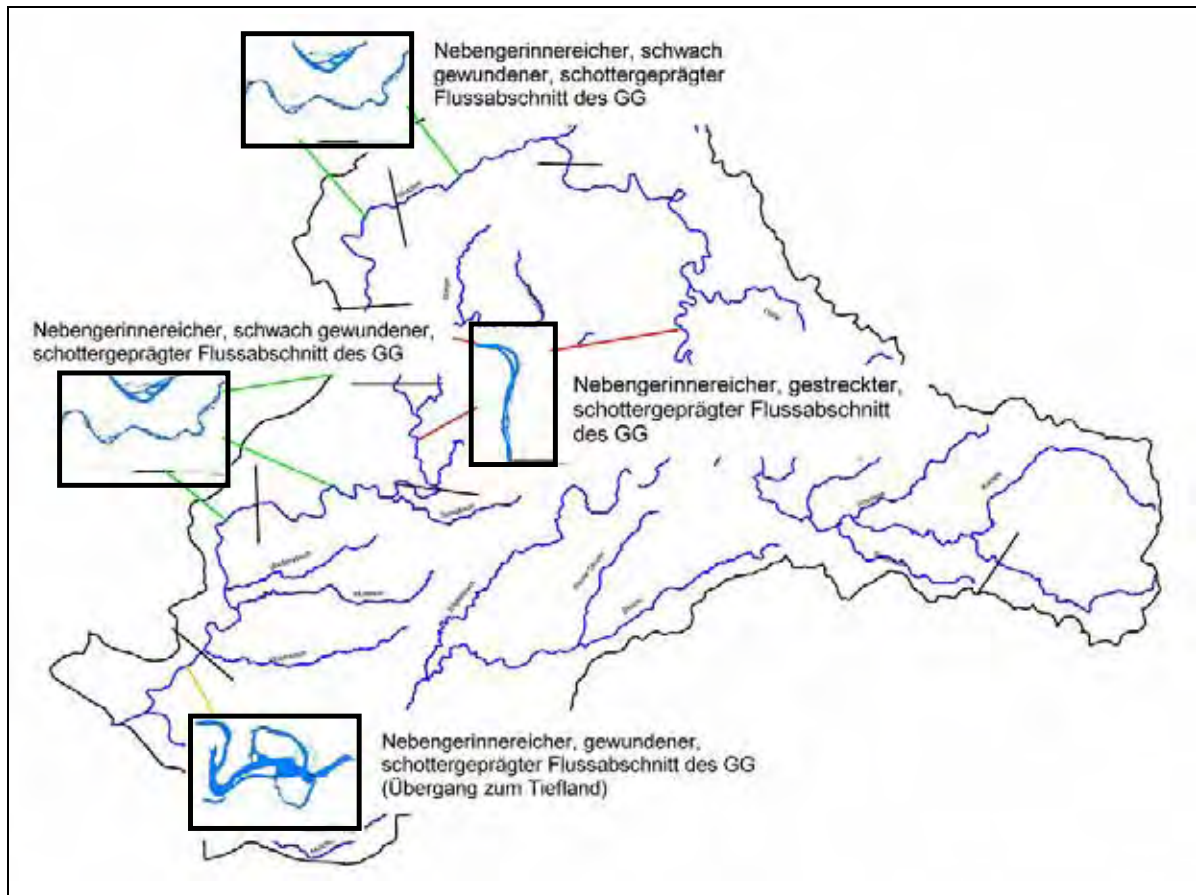


Bild 2.5.1-3 Fließgewässertypenabschnitte der Wupper im Untersuchungsraum

Die weitergehende Beschreibung der Sohlstrukturen sowie der Strömungs- und Substratdiversität ist dem entsprechenden Einzelkapitel 8 des Berichtes zu entnehmen.

2.5.2 Gewässergeometrie und -morphologie im Modell "potentiell natürlicher Zustand"

Der geomorphologisch potenziell natürliche Zustand der Wupper als eine der Grundlagen bei der Simulation des potenziell natürlichen Temperaturverlaufs wurde vom Planungsbüro Koenzen (PBK) bereitgestellt (siehe 2.5.1). Die Wupper gehört im Betrachtungsraum zum Typ "Schottergeprägter Fluss des Grundgebirges". Die kleinräumig wechselnden Talbodenbreiten und Gefälleverhältnisse führen zu verschiedenartigen Ausprägungen der Gerinnebettmuster.

Nebengerinnereiche und gestreckte bis schwach gewundene Abschnitte entsprechen dem Leitbild im Stadtgebiet von Wuppertal bis zum Austritt aus dem Grundgebirge bei Leichlingen. Die Ausbildung der Nebengerinne bedingen zahlreiche Insellagen, die das Querprofil im potenziell natürlichen Zustand prägen (Bilder 2.5.2-1 u. 2.5.2-2). Hier stocken

Weichholzgewächse mit einer Höhe von etwa 10 m, die zusammen mit dem etwa 20 m hohen gewässerbegleitenden Auenwald die Wupper beschatten. In Anlehnung an das LUA-Merkblatt 34 wurden für die einzelnen Abschnitte im Bearbeitungsgebiet Querprofile erstellt (PBK, vergl. Bild 2.5.2-1). Auf Grund der großen natürlichen Breitenvarianz von Gewässern dieses Typs stellen die Profile eine Annäherung an potenziell natürliche Verhältnisse dar. Die potenziell natürliche Gerinnebreite wurde dazu aus dem Produkt Gerinnebreite im IST-Zustand und einem typbezogenen Faktor generiert (s. Tab. 2.5.2-1). Eine Laufverlängerung der Wupper konnte im Modell (vorwiegend aus zeitlichen Gründen) nicht angesetzt werden.

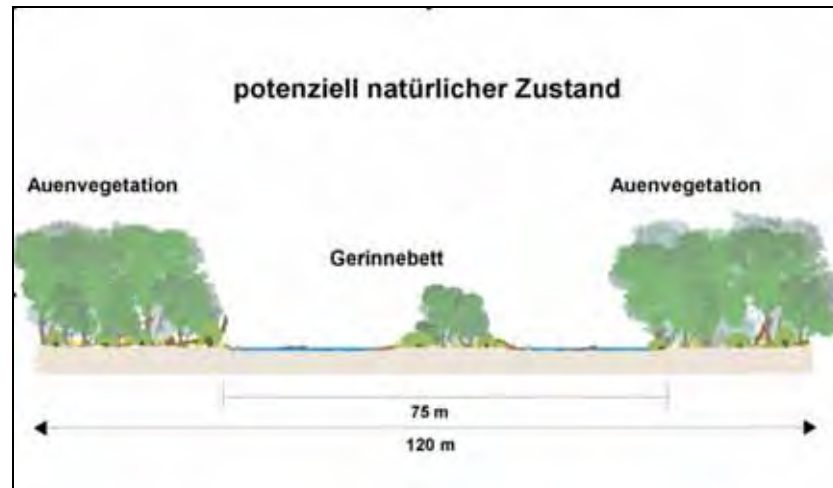


Bild 2.5.2-1: Potenziell natürliches Gerinne im Bereich von Wuppertal-Laaken

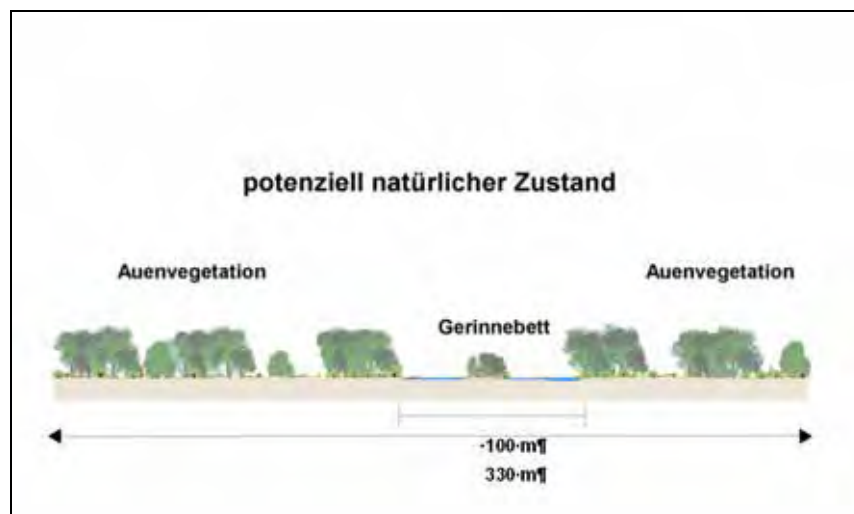


Bild 2.5.2-2: Potenziell natürliches Gerinne in Wuppertal-Elberfeld

Bild 2.5.2-1 zeigt die Gestalt und Bewuchsverhältnisse im Bereich des schmalen Talbodens im Bereich von Laaken. Bild 2.5.2-2 macht deutlich, dass die größere Talbodenbreite bei Wuppertal-Elberfeld die wesentliche Steuergröße für die Breitenentwicklung der potenziell natürlichen Gerinnebetten ist.

Im Simulationsmodell kann aus modelltechnischen Gründen nur ein Fließgerinne ohne Nebengerinne berücksichtigt werden. Da das Modell nur mit mittleren Fließtiefen rechnet, kann diese Vereinfachung getroffen werden. Hinsichtlich der dadurch bedingten veränderten Beschattungsverhältnisse wurden zunächst weitergehende vereinfachende Annahmen getroffen. Diese führten zu besseren Ergebnissen als unveränderte Profile des IST-Zustands. Das Querprofil, das im Modell nur noch ein Einbettgerinne darstellte, wurde um

die Breite der Insel verschmälert. Das entspricht einem Viertel der Gerinnebreite mit Insellage. Gleichzeitig wurden die Gehölze an der Uferlinie und in der Aue auf 25 m erhöht. Somit entspricht die Beschattung insgesamt dem potenziell natürlichen Zustand mit Insellage.

In Anlehnung an die Talbodenbreiten wurden Proportionalitätsfaktoren entwickelt, die in Abhängigkeit der abschnittstypischen Talbodenbreite die entsprechenden Gerinnebettbreiten ableiten. Eine Übersicht der verwendeten Faktoren sowie der Ergebnisse zeigt Tab. 2.5.2-1.

Tabelle 2.5.2-1: Proportionalitätsfaktor für die potenziell natürlichen Gerinnebreiten zu den vorhandenen Gerinnebreiten

		Krebsöge - Laaken	Laaken - Rutenbeck	Rutenbeck- Müngsten	Müngsten - Rhein
Gerinnebreite im IST-Zustand	[m]	25	20	36	24
Gerinnebreite pot.nat. (mit Insel)	[m]	75	100	54	120
Gerinnebreite pot.nat. (ohne Insel)	[m]	56	75	41	90
Faktor IST / pot.nat. (mit Insel)	[-]	3	5	2	5
Faktor IST / pot.nat. (ohne Insel)	[-]	2.3	3.8	1.1	3.8

2.5.3 Modellierung des potentiell natürlichen Abfluss am km 75,5 (Modelleingang)

Der potenziell natürliche Abfluss am Pegel Krebsöge wurde über die Abflussspende am Pegel Müllensiepen bestimmt, der nur geringe anthropogene Einflüsse aufweist. Der Pegel

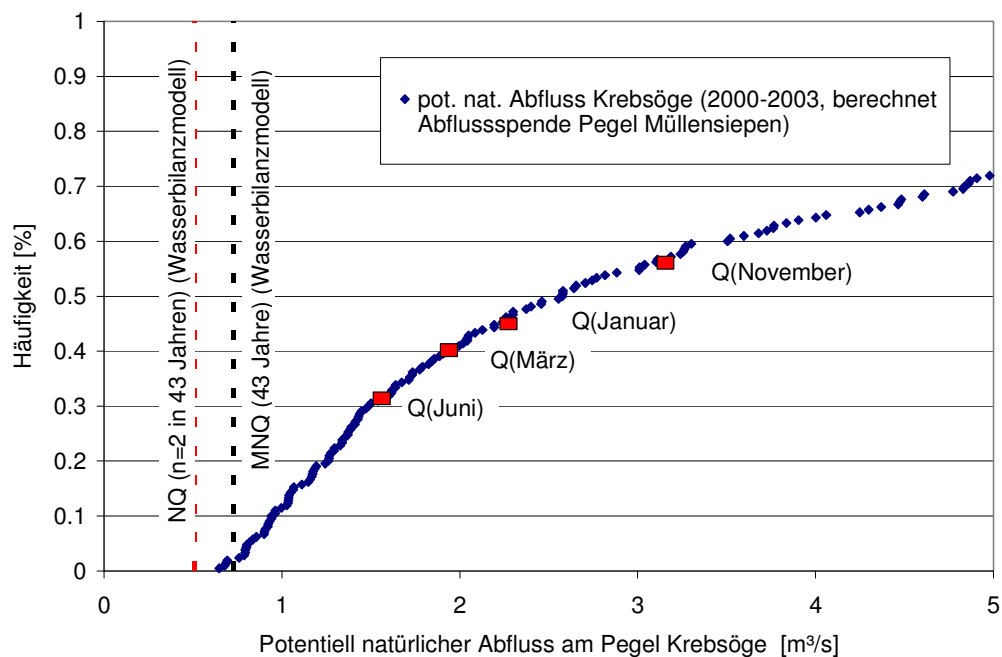


Bild 2.5.3-1: Summenhäufigkeit des potenziell natürlichen Abfluss am Pegel Krebsöge berechnet aus der Abflussspende am Pegel Müllensiepen sowie die Ergebnisse des Wasserbilanzmodells für die Obere Wupper [Hydrotec, 1999]

Müllensiepen liegt an der Bever oberhalb der Bevertalsperre. In Bild 2.5.3-1. ist der berechnete potenziell natürliche Abfluss für die Jahre 2000-2003 am Pegel Krebsöge dargestellt. Im Vergleich dazu sind die Ergebnisse des Wasserbilanzmodells für den Oberlauf der Wupper dargestellt. Der simulierte potenziell natürliche Niedrigabfluss (NQ) mit einer Häufigkeit von $n=2$ in 43 Jahren liegt bei $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$, der mittlere Niedrigabfluss (MNQ) liegt bei $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$. Der aus der Abflussspende Müllensiepen berechnete NQ für die Jahre 2000-2003 am Pegel Krebsöge beträgt $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$ und liegt etwas über den Ergebnissen des Wasserbilanzmodells [Hydrotec, 1999]. Die angesetzten potenziellen natürlichen Abflüsse (rot) für die einzelnen Monate sind etwas zu hoch angesetzt worden.

2.5.4 Modellierung der potentiell natürlichen Temperatur am km 75,5 (Modelleingang)

Autorin: I. Hobus, WiW GmbH

Zur Bestimmung der Temperatur und des Volumenstroms oberhalb der Wuppertalsperre für den potenziell natürlichen Zustand wäre eine aufwendige Modellierung des gesamten Einzugsgebietes der oberen Wupper notwendig. Daher wurde die potenziell natürliche Wassertemperatur an der Wuppertalsperre anhand eines Vergleichsgewässers abgeschätzt. Als Vergleichsgewässer wurde vom Planungsbüro Koenzen der Steinchesbach gewählt, ein weitgehend naturbelassenes Nebengewässer der Bröl mit einem Einzugsgebiet von $2,8 \text{ km}^2$ und einer Fließlänge einschließlich Nebengewässern von 9 km. In Bild 2. 2.5.4-1 ist der Jahrestemperaturverlauf des Steinchesbaches für den Zeitraum Juni 2001 bis Juni 2002

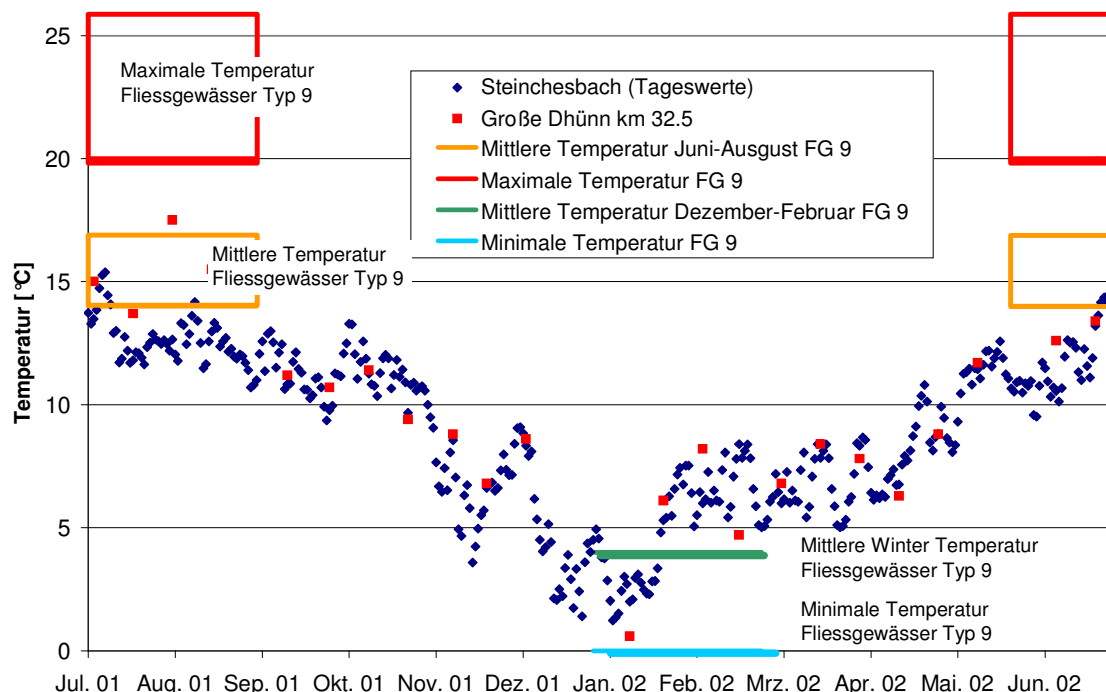


Bild 2.5.4-1: Jahrestemperaturverlauf des Steinchesbaches und Große Dhünn für den Zeitraum Juni 2001 bis Juni 2002 und die mittleren Temperaturen für ein Fließgewässer des Typs 9 nach [Haidekker, 2004]

dargestellt. Der Temperaturverlauf des Steinchesbach liegt im gleichen Temperaturbereich wie die Temperatur in der Großen Dhünn am Pegel Neumühle (Einzugsgebiet ca. 20 km², Länge 8 km) (Bild 2.5.4-1). Der Temperaturgang und -schwankungsbereich des Steinchesbach entspricht somit der Wassertemperatur im Einzugsgebiet der Wupper. Im Vergleich dazu sind die mittleren Temperaturen für ein Fließgewässer des Typs 9 (silikatische Mittelgebirgsflüsse gemäß LAWA) nach WRRL [Haidekker 2005] dargestellt. Die mittleren Temperaturen sind ermittelt worden aus 20 Bächen/Flüssen die möglichst naturnah sind und keine größeren anthropogenen Störungen aufweisen. Der Steinchesbach ist ein Fließgewässer der Typs 5, daher liegen die Temperaturen des Steinchesbach niedriger als die Temperaturbereiche für die Fließgewässer des Typs 9. Die Eingangstemperatur in das Simulationsmodell ist daher etwas zu niedrig angesetzt, da das Einzugsgebiet der Oberen Wupper mit 123 km² größer ist. Der Einfluss auf die Simulationsergebnisse ist relativ gering, da die Wassertemperatur stark von der Lufttemperatur geprägt wird. Bei Differenzen der Eingangstemperaturen von 1-2°C erfolgt eine rasche Anpassung der Temperaturen bis Laaken. In Opladen liegen die Wassertemperaturen dann im typischen Bereich für Fließgewässer des Typs 9 nach [Haidekker 2005] (Bild 2.6-5).

2.6 Ergebnis der Simulation des potentiell natürlichen Zustandes

Für die Beurteilung des potenziellen natürlichen Temperaturverlaufes wurde die gesamten Jahre 2002 und 2003 simuliert. Das Jahr 2002 war ein relativ kaltes Jahr, das Jahr 2003 war ein relativ warmes Jahr, so dass die Schwankungsbreite der potenziell natürlichen Temperatur der Wupper abgebildet wird. Die Berechnung erfolgte für einen Abfluss von $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (MNQ 43-jährige Wasserbilanz) und $1,55 \text{ m}^3/\text{s}$ (MNQ Juni 2002) am Pegel Krebsöge (Bild 2.6-1, vgl. auch Bild 2.5.3-1). Es zeigte sich, dass die Erhöhung des Abfluss von $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $1,55 \text{ m}^3/\text{s}$ nur einen geringen Einfluss auf die Wassertemperatur hat.

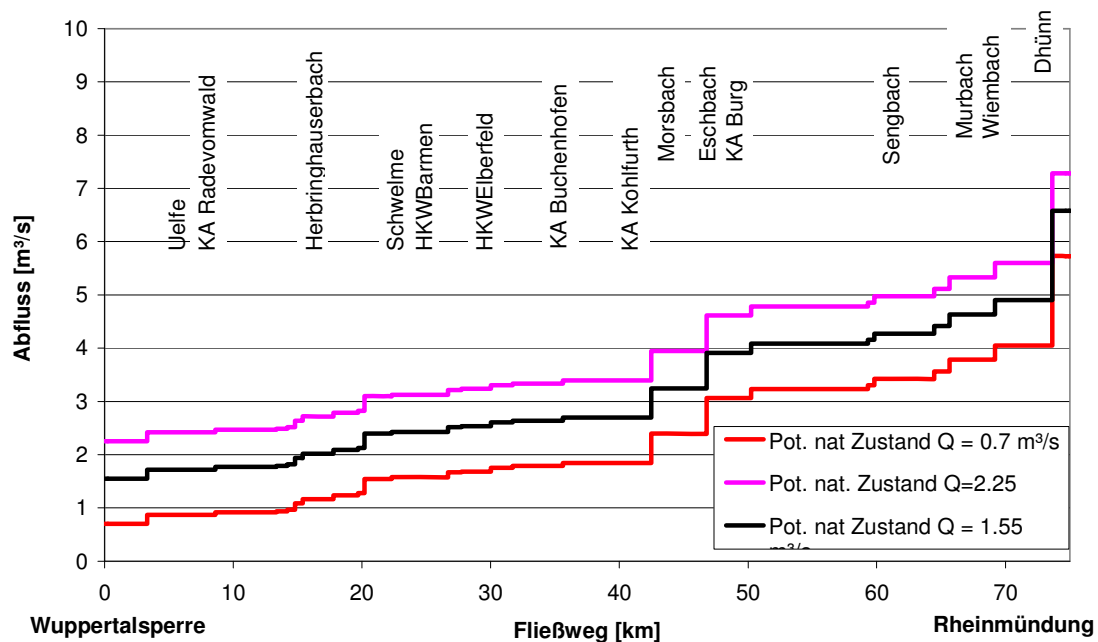


Bild 2. 6-1: Potential natürlicher Abfluss im Längsverlauf

In Bild 2.6-2 und 2.6-3 ist der Einfluss der Beschattung auf die Einstrahlung des Gewässers dargestellt für eine potenziell natürliche Gewässerbreite und der Gewässerbreite beim IST-Zustand in Rutenbeck. Ab dem Monat Mai bis zum Monat Oktober führt die Beschattung beim potenziell natürlichen Zustand zu einer Verminderung der Einstrahlung auf das Gewässer. Aufgrund der großen Gewässerbreite ist der Einfluss der Beschattung niedriger als beim IST-Zustand. Die Horizontabschirmung führt zu einer Strahlungsreduktion um $250\text{--}750 \text{ kJ/h/m}^2$.

Der Temperaturverlauf für den potenziell natürlichen Zustand am Pegel Krebsöge und am Pegel Opladen ist in Bild 2.6-4 dargestellt. Die Aufwärmung des Gewässers zwischen Krebsöge und Laken ist im Winter und Frühling gering. In den Sommermonaten findet eine deutliche Aufwärmung von bis zu 6°C statt. Hierbei ist zu beachten, dass die Eingangstemperatur in Krebsöge ab Juli 2002 auf Temperaturdaten aus dem Jahr 2001 zurückgreift und somit die Temperaturaufwärmspannen stärker variieren.

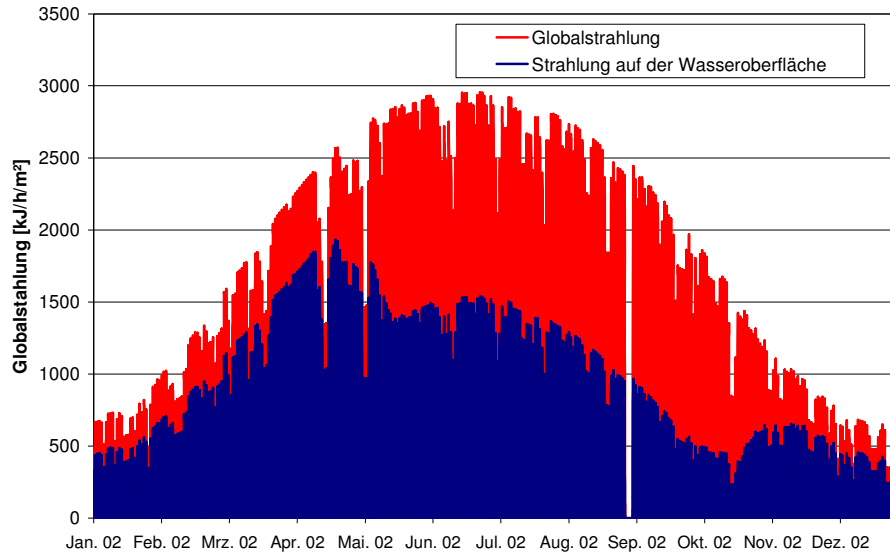


Bild 2.6-2 Simulierte Globalstrahlung und Strahlung auf der Wasseroberfläche in Rutenbeck für den potenziell natürlichen Zustand (Flussbreite 41 m).

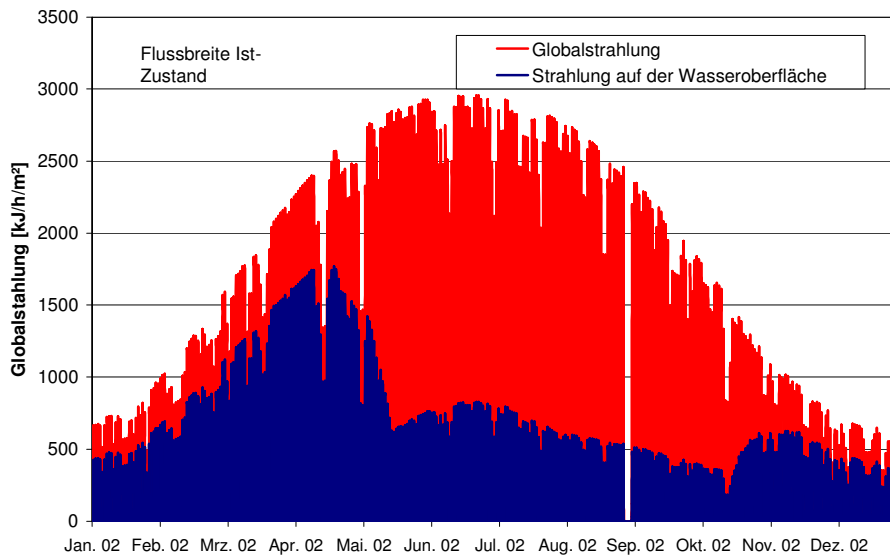


Bild 2.6-3 Simulierte Globalstrahlung und Strahlung auf der Wasseroberfläche in Rutenbeck für den IST-Zustand (Flussbreite 25 m).

Die Wassertemperatur der Wupper liegt sowohl für das Jahr 2002 und 2003 in den Sommermonaten im Mittel zwischen 14°C und 20°C . An heißen Sommertagen werden maximal Temperaturen von 23°C erreicht. In den Wintermonaten liegen die Temperaturen zwischen 0°C und 8°C . Die simulierten Temperaturen für die Wupper liegen in den von [Haiddekker, 2005] angegeben mittleren Wassertemperaturen für Fließgewässer des Typs 9. Die mittleren Wassertemperaturen sind aus Temperaturmessungen an 13 relativ natur belassenen Flüssen bestimmt worden. Die Simulation bestätigt, dass die Wupper natürlicherweise ein sommerkaltes Fließgewässer wäre.

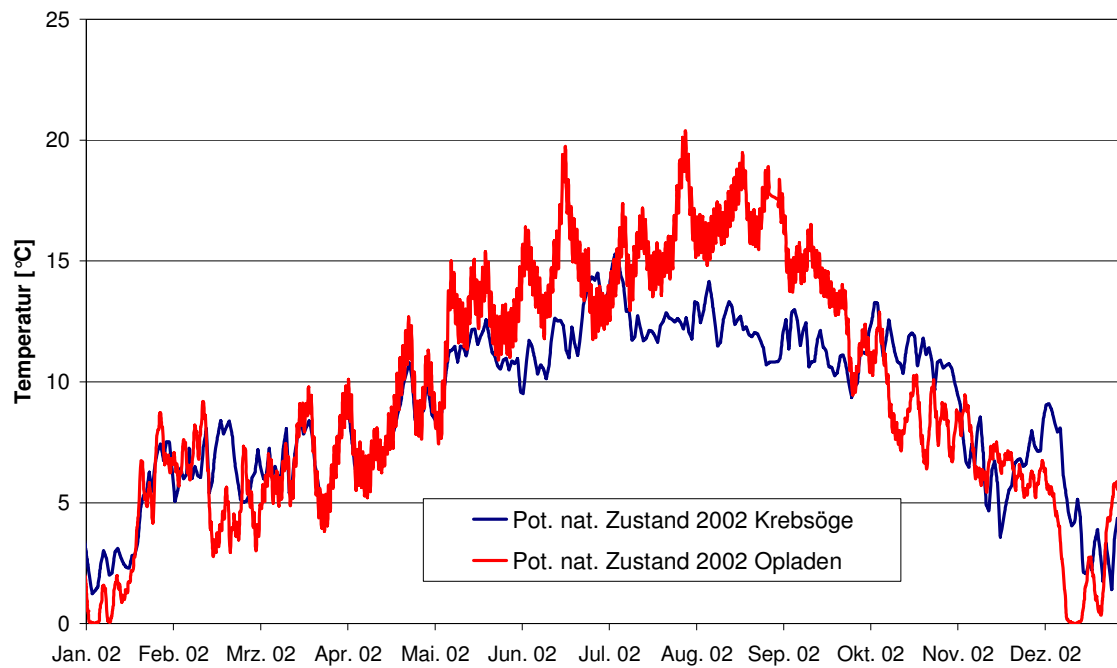


Bild 2.6-4: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper im Jahr 2002 am Pegel Krebsöge und Opladen für den potenziell natürlichen Zustand (Temperaturverlauf 2002 auf Basis von Tages-Werten, Abfluss am Pegel Krebsöge $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$)

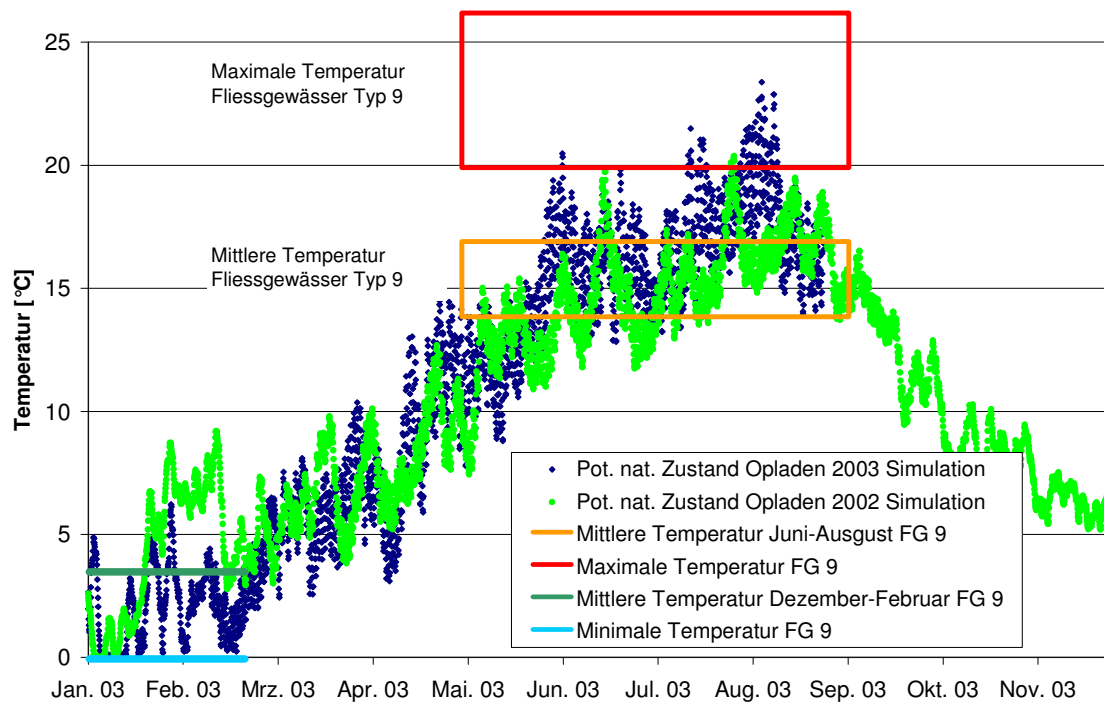


Bild 2.6-5: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper am Standort Opladen im Jahr 2002 und 2003 und die mittleren Temperaturen für ein Fließgewässer des Typs 9 nach [Haidekker] (Temperaturverlauf 2002 auf Basis von Tages-Werten, Abfluss am Pegel Krebsöge $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, Temperaturverlauf 2003 auf Basis von h-Werten für die Lufttemperatur, Abfluss am Pegel Krebsöge $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$)

In Bild 2.6-6 ist dem potenziell natürlichen Temperaturverlauf im Jahr 2003 die Wassertemperatur in der Wupper 2003 gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Wassertemperatur in der Wupper am Pegel Opladen in den Sommermonaten um ca. 5°C über dem potenziell natürlichen Zustand liegt.

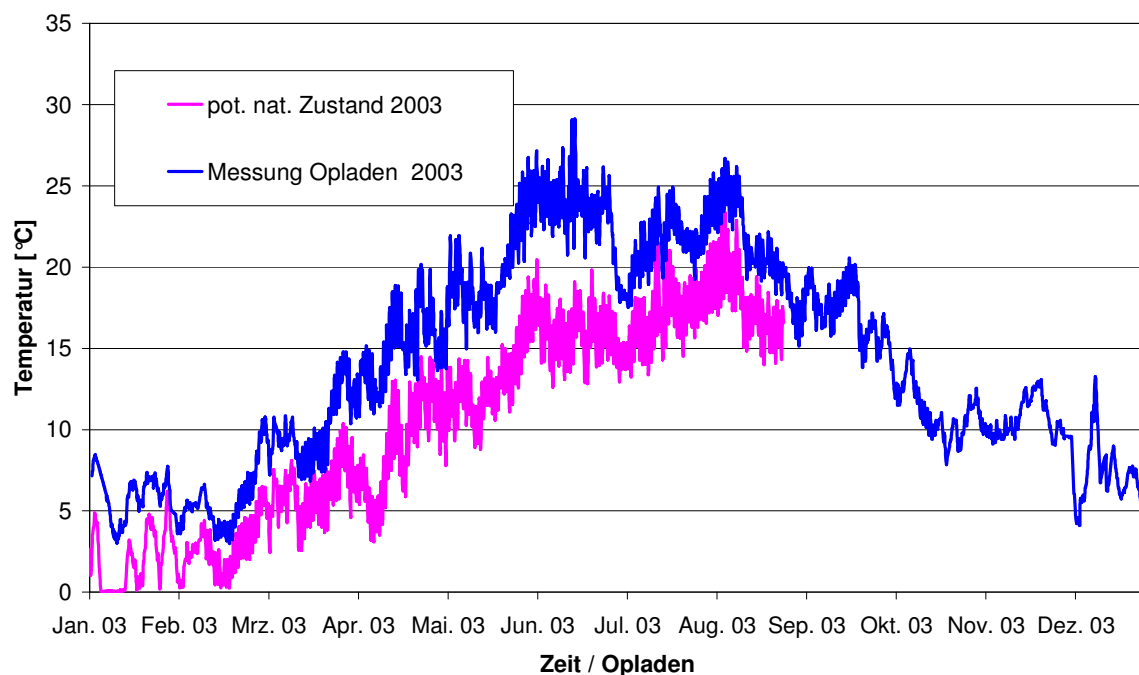
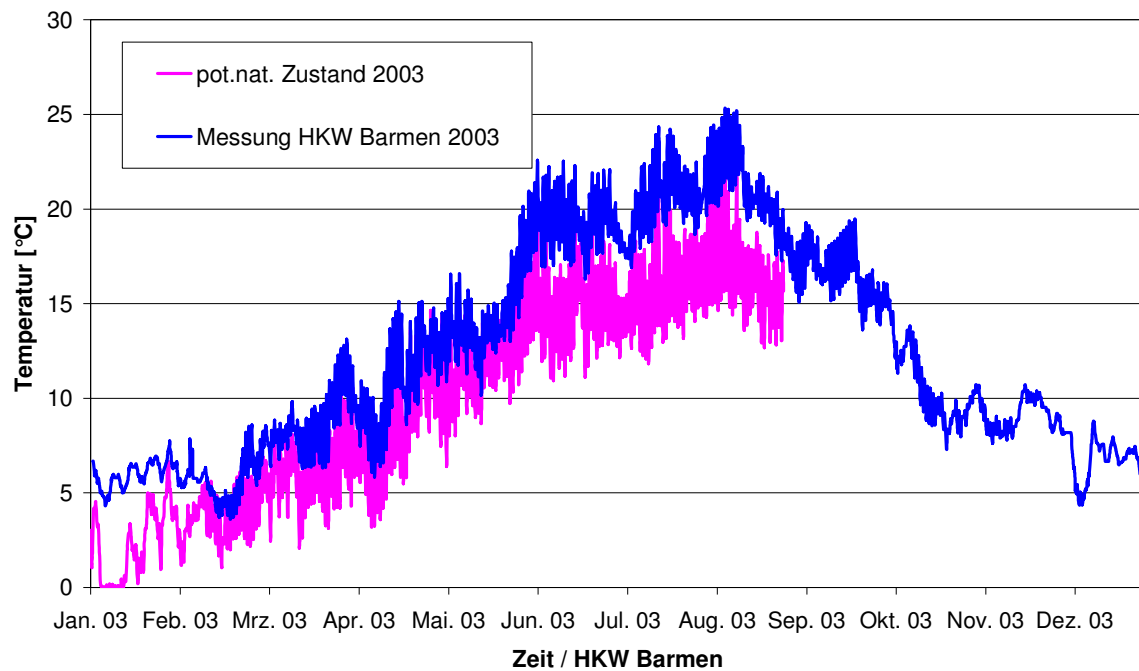


Bild 2.6-6: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei einem Abfluss von 0,7 m³/s für den potenziell natürlichen Zustand am Pegel Krebsöge

2.7 Zusammenfassung Temperaturmodell

Aufbauend auf das abgegliche Simulationsmodell für die Untere Wupper (IST-Zustand) wurde ein Temperaturmodell für den potenziell natürlichen Zustand entwickelt. Im Vergleich zum Modell für den IST-Zustand wurden die anthropogenen Belastungen der Wupper wie Wehre, Kläranlagen und industrielle Einleiter entfernt. Die potenziell natürliche Vegetation, Abfluss und Gewässermorphologie wurde berücksichtigt.

Der simulierte potenziell natürliche Temperaturverlauf der Wupper bestätigt, dass die Wupper im Referenz-/Leitbildzustand ein sommerkühles Gewässer wäre. Unter fischökologischen Gesichtspunkten entspräche dies einer Äschenregion. Die maximalen Temperaturen liegen im Sommer bei 23°C, die mittleren Sommertemperaturen liegen zwischen 14°C und 20°C.

Die potentiell natürliche Wassertemperatur der Wupper ist am Pegel Krebsöge im Vergleich zum IST-Zustand in den Monaten März und Juni um 1-2°C wärmer, im November und Januar liegt die Temperatur niedriger. Die Temperaturdifferenzen sind auf den Einfluss der Wuppertalsperre zurückzuführen. Bis zum Heizkraftwerk Barmen erfolgt in den Monaten Januar und November eine Aufwärmung der Wupper durch die anthropogenen Belastungen. Im Vergleich zum potenziell natürlichen Zustand beträgt die Aufwärmung ca. 0.5-1.3°C. Zum Teil erfolgt auch eine Abkühlung aufgrund der höheren Wassertemperatur in der Wuppertalsperre im Vergleich zur Lufttemperatur.

Tabelle 2.7-1: Temperaturdifferenzen für die Lastfälle ohne HKW und den potentiell natürlichen Zustand im Vergleich zum IST-Zustand

		Jan 02	Mrz 03	Jun 02	Nov 03
		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Krebsöge					
IST-Zustand	T in [°C]	4,18	4,65	9,74	8,45
IST-Zustand ohne HKW	ΔT in [°C]	0	0	0	0
pot. nat. Zustand	ΔT in [°C]	-0,42	2,03	1,38	-5,4
Laaken					
IST-Zustand	T in [°C]	3,85	4,35	12,13	7,58
IST-Zustand ohne HKW	ΔT in [°C]	0	0	0	0,03
pot. nat. Zustand	ΔT in [°C]	-0,54	0,83	0,87	-1,33
Barmen					
IST-Zustand	T in [°C]	3,91	4,53	13,24	7,53
IST-Zustand ohne HKW	ΔT in [°C]	0	0	0	-0,03
pot. nat. Zustand	ΔT in [°C]	-0,71	0,39	0,1	-1,34
Elberfeld					
IST-Zustand	T in [°C]	4,5	5,35	14,74	8,43
IST-Zustand ohne HKW	ΔT in [°C]	-0,64	-0,91	-0,83	-1,03
pot. nat. Zustand	ΔT in [°C]	-1,34	-0,77	-0,9	-2,22
Rutenbeck					
IST-Zustand	T in [°C]	6,66	8,08	17,59	11,34
IST-Zustand ohne HKW	ΔT in [°C]	-2,9	-3,95	-3,44	-4,05
pot. nat. Zustand	ΔT in [°C]	-3,52	-3,72	-3,56	-5,13
Opladen					
IST-Zustand	T in [°C]	4,92	7,34	17,68	9,36
IST-Zustand ohne HKW	ΔT in [°C]	-0,99	-1,85	-1,23	-1,62
pot. nat. Zustand	ΔT in [°C]	-2,33	-3,64	-2,92	-3,25

Der Einfluss der Heizkraftwerke ist am Pegel Rutenbeck zu erkennen. Das ATV-Modell zeigt, dass sich im Vergleich zum natürlichen Zustand im Mittel eine Temperaturerhöhung um **3.5°C bis 5.1°C** für den Standort Rutenbeck ergibt. Hiervon entfallen 2.9 bis 4°C auf die Heizkraftwerke und **0.1°C bis 1.1°C** auf die übrigen Nutzungen. Bis zum Standort Opladen erfolgt eine Abkühlung der Wupper mit Ausnahme des Monats Juni. Es ergibt sich eine mittlere Temperaturerhöhung von **2 bis 3.6°C**. Hiervon entfallen **1°C bis 1.9°C** auf die Heizkraftwerke und **1.3°C bis 1.8°C** auf die übrigen Nutzungen (u.a. Klärwerk Buchenhofen). Die größten Temperaturdifferenzen treten am Pegel Rutenbeck und Opladen in den Monaten März und November auf.

2.8 Literatur zu Kapitel 2

- [ATV, DVWK, 2002] ATV Gewässergütemodell, Version 1.2, Hennef.
- [Haidekker, 2005] Alexandra Haidekker (in press): The effect of water temperature regime on benthic macroinvertebrates - a contribution to the ecological assessment of rivers. Inaugural-Dissertation Universität Essen. p. 38.
- [Hydrotec, 1999] Niederschlag-Abfluß-Modell Obere Wupper, Hydrotec, Aachen.
- [LUA NRW, 2001]: Leitbilder für die mittelgroßen bis großen Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen - Flusstypen- Essen, 132 S., Band 34
- [OBERBORBECK, 2004]: schriftliche Mitteilung 12.10.2004
- [WSW, 2004] Die Wasserzahlen der Wuppertaler Stadtwerke
<http://www.wsw-online.de/wasser/wasserzahlen>, 12.11.04
- [WVV, 2004] Wasserversorgungsverband Rhein-Wupper
<http://www.wvv-rhein-wupper.de>, 12.11.04
-

3 Chemisch-physikalische Parameter und prioritäre Stoffe

Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf der Bestandsaufnahme des Staatlichen Umweltamtes Düsseldorf, die im Rahmen der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie erstellt wurde. Es wurden hierzu ausschließlich vorliegenden Daten verwandt und soweit möglich vorliegende Qualitätskriterien zur Beurteilung herangezogen.

3.1 Qualitätskriterien

3.1.1 Chemisch-physikalische Parameter

Chemisch-physikalische Parameter haben einen unmittelbaren Einfluss auf den ökologischen Zustand der Gewässer, da sie die Habitatqualität mitbestimmen. Neben dem direkten Einfluss der Temperatur auf die Fischfauna sowie auf chemische Prozesse bewirken beispielsweise Nährstoffüberschüsse Eutrophierungseffekte im Gewässer.

Deshalb werden innerhalb dieses Forschungsprojektes die folgenden allgemeinen chemisch-physikalischen Komponenten betrachtet:

- Temperatur (T)
- Stickstoff (N_{ges})
- Phosphor (P)
- Ammonium (NH₄-N)
- pH-Wert
- Sauerstoff (O₂)
- Chlorid (Cl)

Die Klassifizierung der Ausgangssituation erfolgte hierbei auf der Grundlage der LAWA-Zielvorgaben (QK= Qualitätskriterium), ein 7-stufiges Klassifizierungssystem in Analogie zur Biologischen Gewässergüte, wie sie in der Bestandsaufnahme in Nordrhein-Westfalen Anwendung gefunden hat [MUNLV/StUA Düsseldorf 2005]. Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden aus diesen Klassen drei Gruppen gebildet. Diese sind in Tabelle 3.1.1-1 dargestellt.

Tab. 3.1.1-1: Einteilung zur Beschreibung der Ausgangssituation für die chemisch-physikalischen Parameter

Güteklasse nach LAWA	Bewertung in Bestandserfassung
I, I - II, II	Halbes QK eingehalten
II - III	Halbes QK nicht eingehalten
III - IV, IV und schlechter	QK nicht eingehalten
Datenlage nicht ausreichend, Belastungen aufgrund emissionsseitiger Informationen zu vermuten, Auswirkungsbereich auch nicht grob lokalisierbar	Datenlage nicht ausreichend, Belastungen aufgrund emissionsseitiger Informationen zu vermuten, Auswirkungsbereich auch nicht grob lokalisierbar = nicht einstuftbar

Datenbasis für die Bewertung der allgemeinen chemisch-physikalischen Komponenten ist das Jahr 2002, oder – falls in 2002 nicht genügend Daten vorlagen – die Jahre 1999 – 2002.

Die Kriterien für die Ist-Zustandsbeschreibung der einzelnen chemisch-physikalischen Komponenten werden im Folgenden zusammengefasst (Tabellen 3.1.1-2 bis 3.1.1-6):

Tabelle 3.1.1-2: Kriterien für Stickstoff, Phosphor, Ammonium

Güteklassen	N _{ges} (mg/l)	Gesamt-P (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	Bewertung in Bestands- erfassung
≤ II	≤ 3	≤ 0,15	≤ 0,3	Qualitätskriterium eingehalten
II – III	>3 bis ≤ 6	> 0,15 bis ≤ 0,3	> 0,3 bis ≤ 0,6	Halbes Qualitätskriterium überschritten
≥ III	> 6	> 0,3	> 0,6	Qualitätskriterium überschritten

Tabelle 3.1.1-3: Kriterien für die Temperatur

Immissionsansatz		Emissionsansatz		Bewertung in Bestands- erfassung
Cypriniden- gewässer	Salmoniden- gewässer	Einleitung	Grenz- temperatur	
Max. Jahrestemperatur > 28° C	Max. Jahrestemperatur > 21,5° C	Q _{Einl.} > 10% MNQ	T _{Einl.} > 25° C	Qualitätskriteriu m überschritten
Max. Wintertemperatur > 10° C	Max. Wintertemperatur > 10° C	Q _{Einl.} ≤ 10% MNQ	T _{Einl.} > 27° C und Δ T > 1,5 K	Qualitätskriteriu m überschritten
Max. Aufwärmung durch Einleitung > 3 K	Max. Aufwärmung durch Einleitung > 1,5 K			Qualitätskriteriu m überschritten

Tabelle 3.1.1-4: Kriterien für den pH-Wert

Güteklassen	pH-Wert	Bewertung in Bestandserfassung
≤ II	MIN < 5	Qualitätskriterium überschritten
II – III	alle Werte: 5 - 9	Qualitätskriterium eingehalten
≥ III	MAX > 9	Qualitätskriterium überschritten

Tabelle 3.1.1-5: Kriterien für Sauerstoff

Güteklassen	Wert (O ₂ mg/l)	Bewertung in Bestandserfassung
≤ II	> 6	Qualitätskriterium eingehalten
II – III	≤ 6 bis > 5	Qualitätskriterium möglicherweise überschritten
≥ III	≤ 5	Qualitätskriterium überschritten

Tabelle 3.1.1-6: Kriterien für Chlorid

Güteklassen	Wert (Chlorid mg/l)	Bewertung in Bestandserfassung
≤ II - III	< 200	Qualitätskriterium eingehalten
III	200 - 400	Halbes Qualitätskriterium überschritten
≥ III - IV	> 400	Qualitätskriterium überschritten

3.1.2 Prioritäre Stoffe

Im Rahmen der Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-WRRL an der Wupper wurden folgende prioritären Stoffe näher betrachtet:

- Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber
- Diuron, Isoproturon, Simazin
- PAK

Die Kriterien für die Ausgangssituation werden im Folgenden dargestellt:

Tabelle 3.1.2-1: Kriterien für Metalle und Pflanzenschutzmittel

Prioritärer Stoff	Qualitätskriterium eingehalten	halbes Qualitätskriterium überschritten	Qualitätskriterium überschritten
Blei	$\leq 50 \text{ mg/kg}$	$> 50 \text{ bis } \leq 100 \text{ mg/kg}$	$> 100 \text{ mg/kg}$
Cadmium	$\leq 0,5 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,5 \text{ bis } \leq 1,0 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 1,0 \text{ } \mu\text{g/l}$
Nickel	$\leq 60 \text{ mg/kg}$	$> 60 \text{ bis } \leq 120 \text{ mg/kg}$	$> 120 \text{ mg/kg}$
Quecksilber	$\leq 0,5 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,5 \text{ bis } \leq 1,0 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 1,0 \text{ } \mu\text{g/l}$
Diuron	$\leq 0,05 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,05 \text{ bis } \leq 0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$
Isoproturon	$\leq 0,05 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,05 \text{ bis } \leq 0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$
Simazin	$\leq 0,05 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,05 \text{ bis } \leq 0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$	$> 0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$

Tabelle 3.1.2-2: Kriterien für PAK

PAK	Wert ($\mu\text{g/l}$)	Ausgangssituation
Anthracen, Benzo(a)pyren	$\leq 0,005$	Qualitätskriterium eingehalten
Benzo(a)fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(ghi)-perylene, Benzo(k)fluoranthen, Fluoranthen	$\leq 0,0125$	
Anthracen, Benzo(a)pyren	$> 0,005 \text{ bis } \leq 0,01$	halbes Qualitätskriterium überschritten
Benzo(a)fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(ghi)perylene, Benzo(k)fluoranthen, Fluoranthen	$> 0,0125 \text{ bis } \leq 0,025$	
Anthracen, Benzo(a)pyren	$> 0,01$	Qualitätskriterium überschritten
Benzo(a)fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(ghi)perylene, Benzo(k)fluoranthen, Fluoranthen	$> 0,025$	

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Chemisch-physikalische Parameter

Temperatur

Hinsichtlich der Wassertemperatur werden im Betrachtungsraum (Wasserkörper 2 und 3) einschließlich des Stadtgebietes von Wuppertal bis Opladen die Qualitätsziele der Salmonidenregion von 21,5°C und 10°C überschritten (Kapitel 1.1.5.2.6 der Bestandsaufnahme des Staatlichen Umweltamtes Düsseldorf). Das zu Grunde gelegte Qualitätsziel steht derzeit zusätzlich im Widerspruch zu den Festsetzungen der geltenden Fischgewässerverordnung NRW (FischGewV) für die Wupper. Verursacher sind zwei Heizkraftwerke in Wuppertal-Barmen und Wuppertal-Elberfeld, mehrere kleinere gewerbliche Kühlwassereinleitungen im Bereich der Stadt Wuppertal und die unterhalb von Wuppertal gelegenen Kläranlagen.

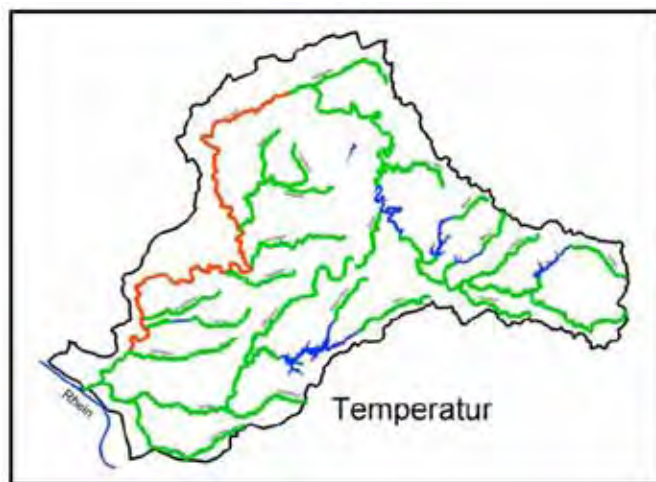


Bild 3.2.1-1: Temperaturkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]

Gesamtstickstoff

Im überwiegenden Einzugsgebiet der Wupper wird, wahrscheinlich infolge diffuser Quellen, das halbe Qualitätskriterium von > 3 mg/l überschritten. Die Einleitungen der Kläranlagen Buchenhofen, Kohlfurth und Burg bedingen einen Gesamtstickstoffgehalt bis knapp unterhalb des Qualitätskriteriums liegend. In einiger Entfernung flussabwärts ab dem Austritt aus dem Mittelgebirge nördlich von Leichlingen wird das Qualitätskriterium von 6 mg/l überschritten.



Bild 3.2.1-2: Gesamtstickstoffkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]

Relativ geringe Einträge führen hier aufgrund der bereits bestehenden hohen Vorbelastung zu einer Überschreitung des Qualitätskriteriums. Quellen sind hier vermutlich wiederum diffuse Einträge aus dem landwirtschaftlich genutzten Raum.

Phosphor

Eine Belastung mit Phosphor tritt im Stadtgebiet von Wuppertal nicht auf. Hier wird das Qualitätskriterium von $\leq 0,15$ mg/l eingehalten. Das Qualitätskriterium ist jedoch von dem Bereich, in dem in Fließgewässern Phosphatlimitierung für Pflanzen auftritt (ca. 0,01 mg/l) bereits weit entfernt. Flussabwärts bedingen die Kläranlagen Buchenhofen, Kohlfurth und Burg eine weitere Erhöhung des Phosphatgehaltes über das halbe Qualitätskriterium von 0,15 mg/l (Daten: 2002). Die Klärwerke sind in Bezug auf Phosphor alle nach dem Stand der Technik ausgebaut und halten die geforderten Ablaufwerte gemäß Phosphor gut ein.

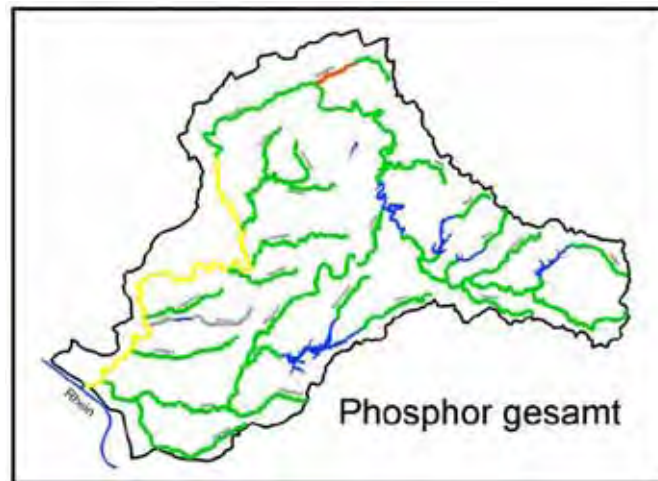


Bild 3.2.1-3: Gesamtphosphatkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]

Ammonium

Das Qualitätskriterium wird im Betrachtungsraum ab der Kläranlage Buchenhofen flussabwärts nicht eingehalten. Es kommt hier zu Überschreitungen von $> 0,6$ mg/l (Daten: 2002). Sanierungsmaßnahmen sind seitens des Wuppertalverbandes begonnen und führten in 2002 bereits zu einer vorübergehenden Besserung der Situation. Vor allem im Winterhalbjahr wurde das Qualitätskriterium jedoch weiterhin mehrfach überschritten. Mittelfristig ist mit einer Besserung der Situation zu rechnen.

Im Stadtgebiet von Wuppertal kommt es nicht zu Überschreitungen des Qualitätskriteriums hinsichtlich Ammonium.



Bild 3.2.1-4: Ammoniumkarte nach [StUA Düsseldorf, 2004]

pH-Wert

Die Wupper erreicht im Betrachtungsraum (WK 2, 3) an sommerlichen Nachmittagen pH-Werte über 9. Dies konnte durch Auswertung von pH-Tagesgängen an den Messstationen des Wupperverbandes (Laaken, Rutenbeck) und des LUA (Opladen) nachgewiesen werden. Die vermuteten Ursachen sind die pflanzliche Primärproduktion (Eutrophierung) in den Stauhaltungen und Talsperren des Einzugsgebietes und am Gewässergrund in Verbindung mit der natürlicherweise geringen Pufferfähigkeit des sehr weichen Wupperwassers.



Bild 3.2.1-5: pH-Karte nach [StUA Düsseldorf, 2004]

Sauerstoff

Im Bereich zwischen der Kläranlage Buchenhofen bis zur Einmündung des Morsbachs unterschreitet der Sauerstoffgehalt in der Wupper das halbe Qualitätskriterium von ≤ 6 mg/l bleibt jedoch oberhalb von 5 mg/l (Daten 2002). Im weiteren Verlauf der Wupper bis Opladen sowie im Stadtgebiet von Wuppertal treten nach der bislang verwendeten Datenbasis keine Qualitätskriteriumüberschreitungen auf. Aktuelle Messergebnisse des Wupperverbandes deuten jedoch auch in diesen Bereichen auf kritische Zustände des Sauerstoffhaushaltes im Tagesgang hin (siehe Kapitel 5).



Bild 3.2.1-6: Sauerstoff-Karte nach [StUA Düsseldorf, 2004]

Chlorid

Bei Chlorid wird das Qualitätskriterium von $< 200 \text{ mg/l}$ im gesamten Betrachtungsraum eingehalten.

3.2.2 Prioritäre Stoffe und prioritär gefährliche Stoffe gemäß 2455/2001/EC sowie Stoffe nach 76/464/EWG

Blei (Schadstoff gem. 76/464/EWG), Nickel (prioritär gem. 2455/2001/EC)

Vom Stadtgebiet Wuppertal bis Opladen wird das Qualitätskriterium hinsichtlich Blei ($> 100 \text{ mg/kg}$) überschritten. Nickel überschreitet im gesamten Betrachtungsraum das halbe Qualitätskriterium von $60 \text{ bis } \leq 120 \text{ mg/kg}$ im Schwebstoff bzw. Sediment (Daten: 2002).

Als Quellen für die gefundenen Metallbelastungen sind überwiegend Regen- und Mischwassereinleitungen aus dem besiedelten Raum Wuppertal, Solingen und Remscheid zu vermuten. Diffuse Belastungen der Wupper mit Metallen wie Blei sind vermutlich zusätzlich auf die ehemals weit verbreitete Metallverarbeitung im Raum Wuppertal/Solingen zurückzuführen.

Cadmium, Quecksilber (prioritär gefährlich gem. 2455/2001/EC)

Eine Überschreitung des halben oder ganzen Qualitätskriteriums in Schwebstoff oder Sediment konnte im Wuppereinzugsgebiet nicht nachgewiesen werden. Auch in der Wasserphase wurden keine Belastungen festgestellt. Cadmium und Quecksilber spielen bei der Belastung der Wupper keine Rolle.

Diuron, Simazin, Isoproturon (Schadstoffe gemäß 76/464/EWG)

Für Diuron und Simazin besteht nutzungsbedingt im Betrachtungsraum ein Anfangsverdacht, der in einigen Fällen bereits durch erste Messergebnisse bestätigt wurde.

Für Isoproturon konnte sich bisher weder ein Anfangsverdacht bestätigen noch liegen hierzu Überschreitungen vor. Insgesamt besteht hier noch erheblicher weiterer Erhebungsbedarf.

PAK (prioritär gefährlich gem. 2455/2001/EC)

Die PAK Acenaphten, Benzoanthracen, Chrysen und Phenanthren werden im Rahmen der Umsetzung der Gewässerqualitätsverordnung („464-Richtlinie“) in der Wupper überwacht. Im Betrachtungsraum vom Stadtgebiet Wuppertal bis Opladen ist die Datenlage unzureichend, es besteht jedoch ein begründeter Anfangsverdacht.

3.3 Bewertung nach EG-WRRL

Die Bewertung der Gewässer erfolgt innerhalb der Umsetzung der EG-WRRL auf der Basis von Wasserkörpern, die nach einheitlichen Regeln generiert wurden. Der innerhalb dieses Forschungsvorhabens betrachtete Abschnitt der Wupper zwischen Wuppertal-Laaken und Opladen umfasst zwei Wasserkörper (s. Bild 3.3-1):

DE_NRW_2736_40215	Stadtgebiet von Wuppertal zwischen Laaken und südlich von Vohwinkel
DE_NRW_2736_5925	Weiterer Flusslauf bis zur Einmündung des Wiembachs

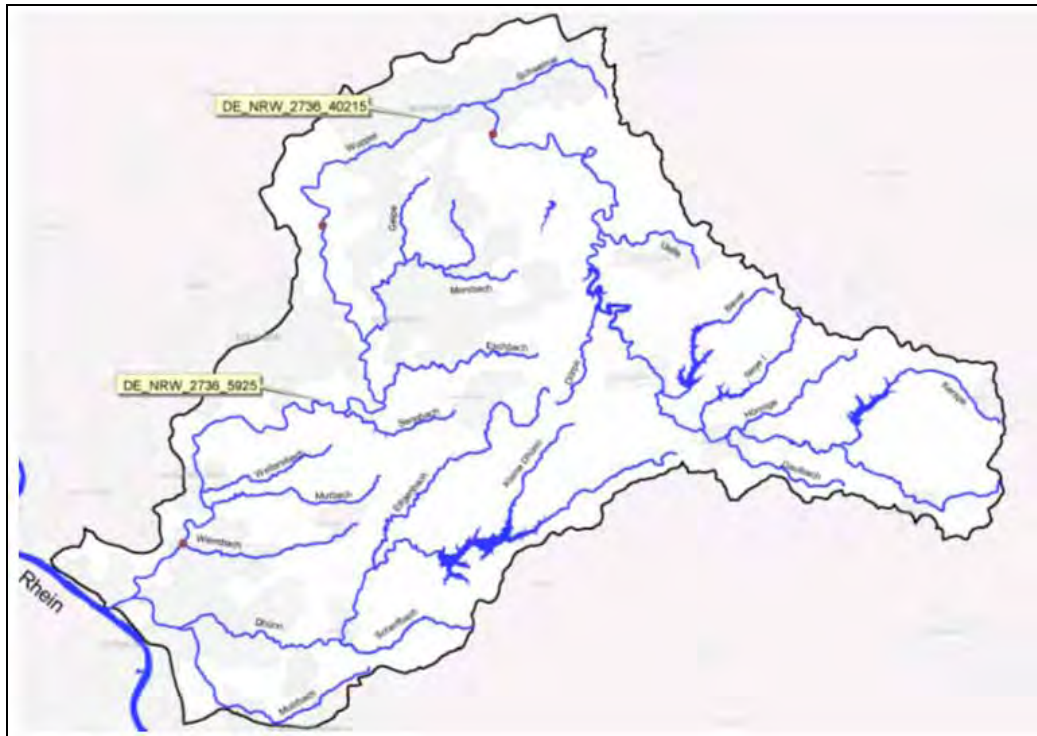


Bild 3.3-1: Übersicht über die Lage der betrachteten Wasserkörper

Für jeden Wasserkörper wird eine integrale Betrachtung hinsichtlich der einzelnen Komponenten durchgeführt. Im ersten Schritt werden die Ergebnisse im Hinblick auf eine Erreichung der Ziele nach EG-WRRL klassifiziert:

Wert < ½ Qualitätskriterium = Qualitätskriterium eingehalten	=	Zielerreichung für diese Komponente wahrscheinlich
½ Qualitätskriterium < Wert ≤ Qualitätskriterium = Qualitätskriterium möglicherweise eingehalten	=	Zielerreichung für diese Komponente unklar
Qualitätskriterium überschritten	=	Zielerreichung unwahrscheinlich

Die Gesamtbewertung eines Wasserkörpers erfolgt über den ‚worst-case‘-Ansatz. Hierbei kommt die 30/70-Regel zur Anwendung. Ist die Zielerreichung für eine Komponente auf > 30% der Gewässerstrecke unwahrscheinlich, gilt nach dieser Regel die Klassifizierung „Zielerreichung unwahrscheinlich“ für den gesamten Wasserkörper. Ist die Erreichung der Ziele jedoch auf > 70% der Gewässerstrecke wahrscheinlich, so wird der gesamte Wasserkörper mit „Zielerreichung wahrscheinlich“ klassifiziert. Bei sonstigen Fällen ist die Zielerreichung für den gesamten Wasserkörper unklar.

Die wasserkörperbezogene Bewertung der chemisch-physikalischen und prioritären Stoffe zeigt Tabelle 3.3-1.

4 Aquatische Makrophyten

Im Rahmen des Projektes wurde die Makrophytenvegetation an acht Probestellen in der Wupper untersucht. In Abstimmung mit der NZO GmbH und dem Wupperverband wurde die Auswahl der Stellen so getroffen, dass an den gleichen Abschnitten die Fischfauna sowie die Makrophyten kartiert wurden.

4.1 Das Untersuchungsgebiet

Probestellen (s.a. Bild 4.1-1)

	Rechts-/	Hochwerte
• 1: Laaken, Fußgängerbrücke	2587365	5680776
• 2: Wuppertal-Oberbarmen, U-Bahnhaltestelle	2585090	5682877
• 3: Wuppertal - Hühnefeldstraße/Brücke	2582282	5681845
• 4: Wuppertal-Haltestelle Zoo	2577093	5679048
• 5: Wuppertal-Buchenhofen	2577169	5677624
• 6: Parkplatz südlich Wuppertal auf Höhe Heidbusch	2577242	5676137
• 7: Müngstener Brücke	2579304	5670056
• 8: Wupperhof	2575951	5667488



Bild 4.1-1 Probestellen der Makrophytenuntersuchung

4.2 Methoden

Am 12.08.2004 wurden in der Wupper an acht Probestellen die aquatischen Makrophyten erfasst. Makrophyten umfassen nach WEBER-OLDECOP [1974] alle makrophytischen Phanerogamen und Kryptogamen (Bryophyta, Rhodophyta, Charophyta, Chlorophyta, Lichenes), die zumindest teilweise Submersformen ausbilden.

Die Erfassung der Makrophyten richtet sich nach der Kartieranleitung des LUA NRW [2003]. Das LUA NRW-Verfahren wurde innerhalb eines Praxistests in 2004 als das besser funktionierende Verfahren gegenüber dem bundesweiten PHYLIB-Verfahren der LAWA [Schaumburg et al. 2004] in seiner jetzigen Form erachtet. Für April wird die Überarbeitung des PHYLIB-Verfahrens erwartet. In der Wupper wurden jeweils 50 m lange Abschnitte untersucht, sie erfolgte durch Tauchuntersuchungen.

Die Häufigkeit der Makrophyten wurde anhand der von KOHLER [1978] beschriebenen Skala erfasst (s. Tab. 4.2-1).

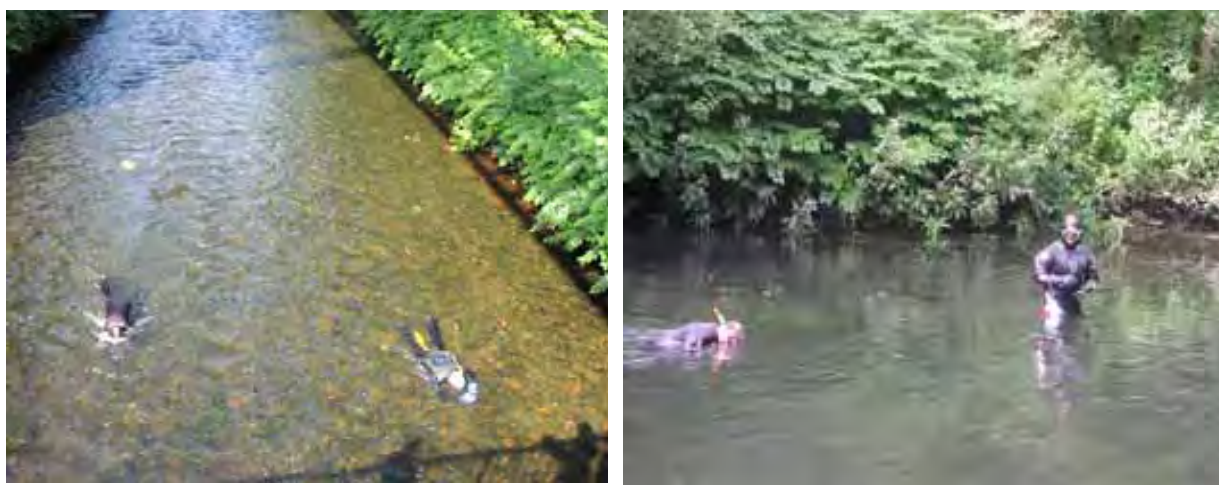


Bild 4.2-1: Makrophythenuntersuchung

Die Häufigkeit der Makrophyten wurde anhand der von KOHLER [1978] beschriebenen Skala erfasst (s. Tab. 4.2-1).

Tab. 4.2-1: Schätzskala der Häufigkeit nach KOHLER [1978]

	Skala
1	sehr selten
2	Selten
3	Verbreitet
4	Häufig
5	sehr häufig bis massenhaft

Die Bestimmung der Makrophyten erfolgte nach VAN DE WEYER [2002]. Die Nomenklatur der Phanerogamen folgt RAABE et al. [1996].

Makrophyten-Leitbilder für die Wupper

Dem Leitbild der Wupper aus Sicht der Makrophyten entsprechen nach LUA NRW [2001a, 2003] der *Fontinalis-Rhynchostegium*-Typ, der „*Ranunculus*-Typ der Mittelgebirge großer Flüsse“ und das „*Callitricho-Myriophylletum alterniflori*“. Entsprechende Vorkommen der beiden letzten Typen gab es in den 1980er Jahren in der Wupper [LUA NRW 2001a, WEBER 1988]. Sie befanden sich im Bereich der neuen Talsperre bzw. im Stadtgebiet und sind aktuell erloschen. Da es sich um historische Daten handelt, ist eine exakte Einstufung aus heutiger Sicht schwierig.

4.3 Ergebnisse gemäß EU-WRRL

Nachfolgend wird die Makrophytenvegetation der einzelnen Probestellen beschrieben. Gleichzeitig erfolgt eine Bewertung gemäß WRRL nach LUA NRW [2003] (s.a. Tab. 4.2-1).

4.3.1 Laaken (Probenahme 1)

Dieser Gewässerabschnitt lässt sich durch die Dominanz von *Ranunculus peltatus* (Bild 4.3.1-1) mit Übergangsformen zu *Ranunculus penicillatus* ssp. *penicillatus* dem *Ranunculus* Typ der Mittelgebirge großer Flüsse zuordnen, der dem Leitbild entspricht. Da allerdings Großlaichkräuter vollständig fehlen, wird der Bestand nach LUA NRW [2003] dem „mäßigen Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet.



Bild 4.3.1-1: Probenahmestelle Laaken



Bild 4.3.1-2 *Ranunculus peltatus* an der Probestelle in Wuppertal-Laaken

4.3.2 Wuppertal-Oberbarmen (Probenahme 2)

In Wuppertal-Oberbarmen konnten drei Makrophyten-Arten mit einer Gesamtdeckung von < 1 % (sehr selten) nachgewiesen werden (Bild 4.3.2-1 und 4.3.2-2). Es handelt sich hierbei um eine Verödungszone, entstanden durch erhöhten hydraulischen Stress aufgrund der Begradigung und einer geringen Tiefen- und Breitenvarianz. Die aktuelle Fließgeschwindigkeit ist höher als im Leitbild für schottergeprägte Flüsse des Grundgebirges [vgl. LUA NRW 2001b]. Ferner gab es einen hohen Anteil Kulturschutt (Glas, Plastik). Nach LUA NRW [2003] wird dieser Abschnitt dem „schlechten Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet.



Bild 4.3.2-1: *Rhynchosstegium ripariodes*



Bild 4.3.2-2: *Lemanea* spec.

4.3.3 Wuppertal Hühnefeldstraße (Probenahme 3)

Diese Probestelle stellt sich wie die Verödungszone in Wuppertal-Oberbarmen dar: Lediglich zwei sehr selten vorkommende Arten, hohe Fließgeschwindigkeit sowie abgelagerter Müll prägen das Erscheinungsbild (Bild 4.3.3-1 und 4.3.3-2). Nach LUA NRW [2003] wird dieser Abschnitt dem „schlechten Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet.



Bild 4.3.3-1: Fontinalis antipyretica



Bild 4.3.3-2: Verödungszone I

4.3.4 Wuppertal-Zoo (Probenahme 4)

Auch bei dieser Probestelle (Bild 4.3.4-1 und 4.3.4-2) handelt es sich um eine Verödungszone aufgrund zu hoher Fließgeschwindigkeit. Hier konnten keine Makrophyten nachgewiesen werden und es gab viel Müll. Dies entspricht nicht dem Leitbild für schottergeprägte Flüsse des silikatischen Grundgebirges [vergl. LUA NRW 2001b].



Bild 4.3.4-1: Probenahmestelle Zoo



Bild 4.3.4-2: Verödungszone II

4.3.5 Wuppertal-Rutenbeck (Probenahme 5)

In Wuppertal-Rutenbeck konnten keine Makrophyten nachgewiesen werden (Verödungszone). Kulturschutt, Müll und Toilettenpapier fanden sich in diesem Abschnitt. Nach LUA NRW [2003] wird dieser Abschnitt dem „schlechten Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet (Bilder 4.3.5-1 und 4.3.5-2).



Bild 4.3.5-1: Probenahmestelle Rutenbeck



Bild 4.3.5-2: Verödungszone III

4.3.6 Parkplatz südlich Wuppertal, Höhe Heidebusch (Probestelle 6)

In diesem Gewässerabschnitt wurde ein artenreiches *Callitricho-Myriophylletum* nachgewiesen mit *Callitriche hamulata*, *Ranunculus peltatus* (mit Übergangsformen zu *Ranunculus penicillatus* ssp. *penicillatus*), *Fontinalis antipyretica*, *Rhynchosstegium riparioides*, *Leptodictyum riparium*, *Nitella flexilis* sowie den zwei Störzeigern *Potamogeton berchtoldii* und *Elodea nuttallii* (Bilder 4.3.6-1 bis 4.3.6-4). Die Fließgeschwindigkeit ist in diesem Bereich geringer als an den vorherigen Probestellen, die Gesamtdeckung ist hoch (40 %). Nach LUA NRW [2003] wird die Makrophytenvegetation dem „guten Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet.

Bild 4.3.6-1: *Callitriche hamulata*Bild 4.3.6-2: *Potamogeton berchtoldii*Bild 4.3.6-3: *Nitella flexilis*Bild 4.3.6-4: *Elodea nuttallii*

4.3.7 Müngstener Brücke (Probenahmestelle 7)

Nahe der Müngstener Brücke wurde der *Fontinalis-Rhynchostegium*-Typ in der Wupper nachgewiesen. Es handelt sich um eine artenreiche Ausprägung mit *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*, *Ranunculus peltatus* (sowie Übergangsformen mit *Ranunculus penicillatus* ssp. *penicillatus*), *Callitriche hamulata*, *Fissidens* spec. sowie den beiden Störzeigern *Potamogeton berchtoldii* und *Potamogeton crispus*. Die Störzeiger sind lediglich in geringen Anteilen vorhanden, die hydraulische Belastung jedoch führt zu einer geringen Gesamtdeckung (3 %). Deshalb wird die Makrophytenvegetation nach LUA NRW [2003] dem „mäßigen Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet.



Bild 4.3.7-1: Probenahmestelle Müngstener Brücke



Bild 4.3.7-2: geringe Gesamtdeckung von 3 %

4.3.8 Wupperhof (Probenahmestelle 8)

Bei Wupperhof wurde ebenfalls der *Fontinalis-Rhynchostegium*-Typ nachgewiesen. Der Standort ähnelt der Probestelle 7, es handelt sich um eine artenreiche Ausprägung mit *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*, *Ranunculus peltatus* (sowie Übergangsformen mit *Ranunculus penicillatus* ssp. *penicillatus*), *Callitriche hamulata* und dem Störzeiger *Potamogeton trichoides* (Bilder 4.2.4-4, -1, -6). *Potamogeton* ist lediglich in geringen Anteilen vorhanden, die hydraulische Belastung jedoch führt zu einer geringen Gesamtdeckung (2%). Deshalb wird die Makrophytenvegetation nach LUA NRW [2003] dem „mäßigen Zustand“ gemäß EU-WRRL zugeordnet.



Bild 4.3.8-1: Probenahmestelle Wupperhof



Bild 4.3.8-2: geringe Gesamtdeckung von 2 %

4.4 Bewertung

Im Vergleich zu den 1980er Jahren hat sich die Makrophytenvegetation der Wupper verändert. So beschreibt WEBER [1988] noch gut ausgeprägte Bestände des „*Ranunculus*-Typ der Mittelgebirge großer Flüsse“ und des „*Callitricho-Myriophylletum alterniflori*“ aus der Wupper. In verschiedenen Bereichen im Stadtgebiet von Wuppertal fehlen die Makrophyten mittlerweile (fast) vollständig. Es handelt sich um Verödungszonen, die gemäß EU-WRRL dem „schlechten ökologischen“ Zustand entsprechen [LUA NRW 2003]. Ursache für die Verödungszonen sind die gleichmäßige Sohlstruktur, die hohe Fließgeschwindigkeit und die damit verbundene hohe hydraulische Belastung der Sohle. Hierdurch sind aktuell dauerhafte Ansiedlungen von Makrophyten an verschiedenen Probestellen (2 - 5) nicht möglich bzw. innerhalb abflussreicher Jahre (wie 2004) stark eingeschränkt. Die übrigen Abschnitte weisen hingegen Makrophyten-Bestände auf. Vertreten sind verschiedene Vegetationstypen, die jedoch mit Ausnahme von Probestelle 6 (Parkplatz südlich Wuppertal, Höhe Heidbusch) gestört sind und daher nur dem „mäßigen ökologischen“ Zustand gemäß EU-WRRL entsprechen [LUA NRW 2003].

Mögliche Auswirkungen von Kühlwassereinleitungen auf die Makrophyten in der Wupper sind in der hier vorliegenden Art und Umfang zu vernachlässigen. In rhithralen Fließgewässern wie der Wupper sind die bestimmenden Faktoren für die Makrophyten die Fließgeschwindigkeit, das Substrat, die Gewässerstruktur, der Kalkgehalt und die Trophie. Diese Faktoren differenzieren auch maßgeblich die Makrophytenvegetation der Wupper (s. o). Thermische Belastungen wirken sich nur deutlich in potamalen Fließgewässern aus, Beispiel hierfür ist der Unterlauf der Erft [LUA NRW 2001a, 2003].

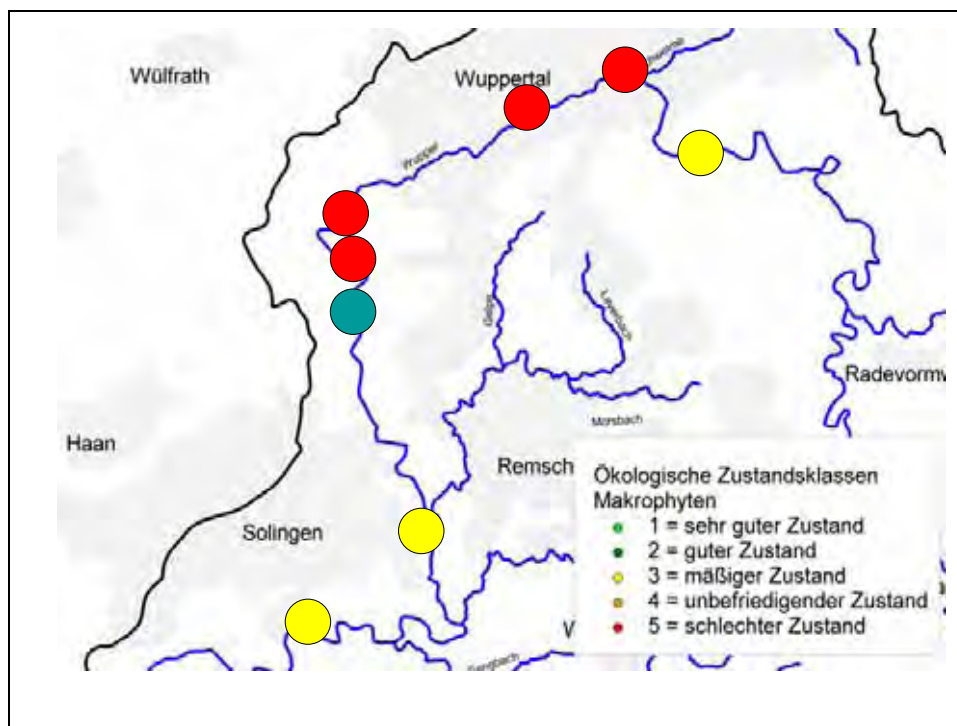


Bild 4.4-1: Ergebnisse der Makrophytenbewertung

Tab. 4.5-1: Makrophytenvegetation der Wupper, Probenahmestellen 1 bis 4

Gewässer	Wupper	Wupper	Wupper	Wupper
Einzugsgebiet	Wupper	Wupper	Wupper	Wupper
Lokalität	1	2	3	4
Fließgewässertyp (Typologie NRW)	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges
Fließgewässertyp nach PHYLIB	MRS	MRS	MRS	MRS
Datum	12.08.2004	12.08.2004	12.08.2004	12.08.2004
Wasserstand (MW, NW)	MW	MW	MW	MW
Breite (m)	13	13	25	16
Länge (m)	50	20	50	50
Tiefe (m)	0,3 - 0,5	0,2 - 0,4	0,2 - 0,4	0,2 - >1,0
Fließgeschwindigkeit (m/sec)	0,3 - 1,0	0,7 - 1,4	0,2 (kleinräumig) - 1,2	0,7 - > 1,0
Beschattung (%)	5	20	10	10
Sediment	vorwiegend plattige Schotter, strömungsgeschützt grober bis feiner Kies, ausgeprägte Riffle, keine Pools, Totholz selten	Plattige Schotter, Steine und Blöcke, lokal Feinkies und Sand (verwirbelnd), hoher Anteil Kulturschutt (Glas)	Vorherrschend plattige Schotter, Steine, Blöcke; strömungsberuhigt Sand. Müll. Kleinere Bankstrukturen im Bereich der Brückenpfeiler.	Vorherrschend plattige Schotter, Steine, Blöcke; viel Müll.
Gesamtdeckung (%)	40	< 1	< 1	0
Artenzahl	1	3	2	0
Anzahl Wuchsformen ohne Helophyten und Grünalgen	1	2	1	0
Anzahl sonstiger Wuchsformen (ohne dominante Wuchsform)	0	1	1	0
Vegetationstyp	Ranunculus Typ der Mittelgebirge großer Flüsse (ohne Großlaichkräuter)	Verödungszone	Verödungszone	Verödungszone
Bemerkung				
Ökologische Zustandsklasse	3	5	5	5
Myriophylliden:				
Ranunculus peltatus²	4*	2*	2*	
Pepliden:				
Callitriche hamulata				
Bryiden:				
Fontinalis antipyretica			1*	
Rhynchostegium ripariodes		1*		
Leptodictyum riparium				
Fissidens spec.				
Rhodiden:				
Lemanea spec.		1*		
Chariden:				
Nitella flexilis				
Parvopotamiden (Störzeiger):				
Potamogeton berchtoldii				
Potamogeton crispus				
Potamogeton trichoides				
Elodeiden (Störzeiger):				
Elodea nuttallii				

² incl. Übergangsformen mit
Ranunculus penicillatus ssp.
penicillatus

* = Häufigkeit

Tab. 4.5-2: Makrophytenvegetation der Wupper, Probenahmestellen 5 bis 8

Gewässer	Wupper	Wupper	Wupper	Wupper
Einzugsgebiet	Wupper	Wupper	Wupper	Wupper
Lokalität	5	6	7	8
Fließgewässertyp (Typologie NRW)	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges	Schottergeprägter Fluss des silikatischen Grundgebirges
Fließgewässertyp nach PHYLIB	MRS	MRS	MRS	MRS
Datum	12.08.2004	12.08.2004	12.08.2004	12.08.2004
Wasserstand (MW, NW)	MW	MW	MW	MW
Breite (m)	18	28	34	30
Länge (m)	50	50	50	50
Tiefe (m)	0,3 - 0,5	0,6 - 0,9	0,2 - 0,4	0,3 - 0,8
Fließgeschwindigkeit (m/sec)	0,4 - 0,8 (einheitlich)	0,2 - 0,6	0,3 - 0,8	0,3 - 0,6
Beschattung (%)	35	20	20	10
Sediment	Vorherrschend Schotter, Steine, vereinzelt Feinkies (verwirbelnd) und Blöcke; Klopapier	Vorherrschend plattige Schotter, Kies (festliegend), Sand und Schluff, schlickiger Überzug	Vorwiegend plattige Schotter mit Grobkies und Kies, weniger bewachsen als Pkt. 6 und viel weniger Feinsediment	Plattige Schotter und Steine, kleinräumig Kies. Rückstau von Brücken-schwelle
Gesamtdeckung (%)	0	40	3	2
Artenzahl	0	7	7	5
Anzahl Wuchsformen ohne Helophyten und Grünalgen	0	6	4	4
Anzahl sonstiger Wuchsformen (ohne dominante Wuchsform)	0	5	3	3
Vegetationstyp	Verödung**	Callitricho-Myriophylletum	Fontinalis-Rhyncho-stegium-Typ	Fontinalis-Rhyncho-stegium-Typ
Bemerkung				Störzeiger geringe Anteile, geringe Gesamt-deckung wegen hydraulischer Belastung
Ökologische Zustandsklasse	5	2	3	3
			Abwertung wegen geringer Gesamtdeckung	
Myriophylliden:				
Ranunculus peltatus²		3*	2*	2*
Pepliden:				
Callitriche hamulata		4*	2*	2*
Bryiden:				
Fontinalis antipyretica		3*	3*	3
Rhyncho-stegium ripariodes		2*		
Leptodictyum riparium		2*	2*	2*
Fissidens spec.			1*	
Rhodiden:				
Lemanea spec.				
Chariden:				
Nitella flexilis		2*		
Parvopotamiden (Störzeiger):				
Potamogeton berchtoldii		2*	1*	
Potamogeton crispus			1*	
Potamogeton trichoides				1*
Elodeiden (Störzeiger):				
Elodea nuttallii		2*		

² incl. Übergangsformen mit
Ranunculus penicillatus ssp.
penicillatus

* = Häufigkeit

4.5 Literatur zu Kapitel 4

- KOHLER, A. 1978: Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft und Stadt* 10: 73-85
- LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) 2001a: Klassifikation der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer von Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblätter 30: 106 S., Essen
- LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) 2001b: Referenzgewässer der Fließgewässertypen Nordrhein-Westfalens, LUA Merkblätter 29: 247 S., Essen
- LUA NRW (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen) 2003: Kartieranleitung zur Erfassung und Bewertung der aquatischen Makrophyten der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EU-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LUA NRW, Merkblätter 39: 60 S.
- RAABE, U., FOERSTER, E., SCHUMACHER, W., WOLFF-STRAUB, R. 1996: Florenliste von Nordrhein-Westfalen, 3. verbesserte und erweiterte Auflage. Schriftenreihe der LÖBF 10: 196 S.
- SCHAUMBURG, J., SCHMEDTJE, U., SCHRANZ, C., KÖPF, B., SCHNEIDER, S., MEILINGER, P., STELZER, D., HOFMANN, G., GUTOWSKI, A., FOERSTER, J. (2004): Erarbeitung eines ökologischen Bewertungsverfahrens für Fließgewässer und Seen im Teilbereich Makrophyten und Phytobenthos zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Schlussbericht (Januar 2004): 635 S., im Auftrag des Bundesministerium für Forschung und Bildung und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- WEBER, G. 1988: Die Makrophyten der Wupper, Teil I: Die Submersvegetation. *Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Wuppertal* 41: 53-63
- WEBER-OLDECOP, D. W. 1974: Makrophytische Kryptogamen in der oberen Salmonidenregion der Harzbäche. *Arch. Hydrobiol.* 74: 82-86.
- WEYER, K. VAN DE 2002: Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten in Nordrhein-Westfalen: 42 S. & Anhang, Polykopie, Nettetal
-

5 Phythobenthos

5.1 Untersuchung des Phythobenthos gemäß EG-WRRL

Die Untersuchung des Phythobenthos der Unteren Wupper war nicht Teil des Forschungsvorhabens. Im Jahr 2004 wurde durch das Landesumweltamt NRW jedoch eine Untersuchung des Phythobenthos der Unteren Wupper an drei Probenahmestellen veranlasst, deren Ergebnisse freundlicherweise für das Forschungsvorhaben zur Verfügung gestellt wurden [Guhl, 2004]. Die Untersuchung wurde von Frau Hofmann durchgeführt [Hofmann, 2004]. Es handelt sich um eine vorläufige Bewertung der ökologischen Qualität von drei Untersuchungsstellen der Wupper anhand der benthischen Diatomeen. Zur endgültigen Beurteilung wären zwei Probenahmezeiträume erforderlich gewesen. Tatsächlich wurden vom Staatlichen Umweltamt Düsseldorf zwei Probenahmen durchgeführt. Für die zweite Probenahme lagen jedoch zum Abschluss des Vorhabens noch keine Daten vor.

Die Probenahme erfolgte durch das Staatliche Umweltamt Düsseldorf am 22. Juni 2004 (siehe Tabelle 5.1-1, [Lacombe, 2004]).

Tabelle 5.1-1: Probenahmestellen

Probestellenname	Gewässer-Name	Station von	Station bis	Rechtswert des Probestellenabschnitts	Hochwert des Probestellenabschnitts	Fließgewässer Typ
oh. Schwelme	Wupper	54940	55240	2585582	5682806	9.0
in Leichlingen	Wupper	11442	11945	2571000	5663900	9.0
Kohlfurther Brücke	Wupper	36750	37760	2577630	5673580	9.0

5.1.1 Vorläufiges Ergebnis / gefundene Arten

In Tabelle 5.1.1-1 sind die gefundenen Diatomeen der ersten Probenahme angegeben. Bei den blau hinterlegten Arten handelt es sich um allgemeine Referenzarten, bei den gelb unterlegten Arten um spezifische Referenzarten des Gewässertyps 9.0 (siehe nächste Seite).

5.1.2 Vorläufige Beurteilung gemäß EG-WRRL

Auf der Basis der Probenahme vom Juni 2004 befinden sich die Stellen „oberhalb Schwelme“ und „Kohlfurther Brücke“ im Grenzbereich der guten zur mäßigen ökologischen Qualität. Während „oberhalb Schwelme“ der Grenzwert von 0,42 knapp überschritten wird und somit ein guter ökologischer Zustand erreicht wird, ergibt sich an der Stelle „Kohlfurther Brücke“ eine mäßige ökologische Qualität (siehe Tabelle 5.1.2-1). In Leichlingen wird eine deutliche Verschlechterung angezeigt: So sinkt der Anteil der Referenzarten auf 29 % ab, in der Gesamtbewertung besteht eine deutliche Tendenz zum unbefriedigenden Zustand. Versauerungszeiger wurden an keiner der untersuchten Stellen verzeichnet, auch der Halobienindex weist keine Auffälligkeiten auf. Eine endgültige Bewertung erfolgt nach Auswertung der Herbstproben [Hofmann, 2004].

Tab. 5.1.1-1: Artenliste der Diatomeen der Unteren Wupper und Artenhäufigkeit in%
[HOFMANN, 2004]

Art	Wupper 22.6.2004		
	oberhalb Schwelme	Kohlfurther Brücke	Leichlingen
	D7	D8	D9
Achnanthes biasolettiana	0,4	6,0	0,4
Achnanthes clevei		0,2	
Achnanthes lanceolata	3,0	3,0	1,6
Achnanthes lanceolata ssp. frequentissima	0,6	3,0	
Achnanthes minutissima	13,0	8,6	2,2
Achnanthes subatomoides		0,6	
Amphora pediculus	4,0	6,0	4,8
Caloneis bacillum	0,2	0,4	0,2
Cocconeis pediculus	1,0	0,8	3,4
Cocconeis placentula	26,0	27,0	20,0
Cymbella silesiaca	4,8	2,0	2,2
Cymbella sinuata	0,8	1,0	1,0
Diatoma hyemalis	1,0	0,6	0,6
Diatoma moniliformis	0,2		
Diatoma tenue	2,2	0,2	
Fragilaria capucina var. rumpens	2,2		0,4
Fragilaria capucina var. vaucheriae	0,2	0,6	0,4
Fragilaria ulna	0,2		
Gomphonema minutum	0,6		
Gomphonema parvulum	0,8	1,2	0,4
Melosira varians	2,2	0,6	0,8
Meridion circulare			0,2
Navicula atomus var. perinitis		1,6	0,2
Navicula cryptotenella	0,6	0,8	0,2
Navicula gregaria	8,0	3,0	1,0
Navicula lanceolata	2,2	1,0	0,4
Navicula lundii	0,2		
Navicula menisculus var. grunowii	0,4	0,6	
Navicula minima	0,2	0,8	
Navicula reichardtiana	0,2		
Navicula seminulum		0,8	
Navicula subminuscula	0,2		
Navicula tripunctata	1,0		
Nitzschia amphibia		3,8	2,4
Nitzschia dissipata	1,4	1,4	0,4
Nitzschia fonticola	9,0	5,8	11,0
Nitzschia inconspicua	4,2	14,0	42,4
Nitzschia levidensis var. salinarum	0,2		
Nitzschia linearis		0,2	
Nitzschia palea	0,4	0,4	
Nitzschia paleacea	6,4	3,4	0,8
Rhoicosphenia abbreviata	0,4	0,6	2,4
Surirella brebisonii	0,8		0,2
Tabellaria flocculosa	0,8		

in blau: allgemeine Referenzarten

in gelb: typspezifische Referenzarten

Tabelle 5.1.2-1: Bewertung der ökologischen Qualität nach SCHAUMBURG et al. [2004] Diatomeentyp 5
[HOFMANN, 2004]

	oberhalb Schwelme	Kohlfurther Brücke	Leichlingen
	D 7	D 8	D 9
Module	22.6.2004		
Summe Referenzarten	53,0%	50,0%	28,8%
Trophie-Index	2,70 (eu-polytroph)	2,79 (eu-polytroph)	2,88 (eu-polytroph)
Versauerungszeiger	0%	0%	0%
Halobienindex	6 (β -oligoalob)	3 (β -oligoalob)	9 (β -oligoalob)
Gesamtbewertung			
Diatomeenindex	0,428	0,401	0,284
Ökologische Qualität	Gut	Mäßig	Mäßig

Der gemessene hohe Trophie-Index (eu- bis polytroph) entspricht der Tatsache, dass die Phosphatwerte der Wupper in einem Bereich außerhalb einer Wachstumslimitierung (d. h. $>10 \mu\text{g/l}$) liegen. Dieser Bereich wird jedoch nach LAWA [2002] immer noch als "gut" bezeichnet.

Die hohe Trophie bewirkt neben dem hohen Biomassewachstum hohe Sauerstoffamplituden (Bilder 5.1.2-4 und 5.1.2-5) und hohe pH-Amplituden (Bild 5.1.2-2 und Bild 5.1.2-3). Dies wirkt sich negativ auf die Fischfauna und das Makrozoobenthos aus (vgl. auch Punkt 5.2).

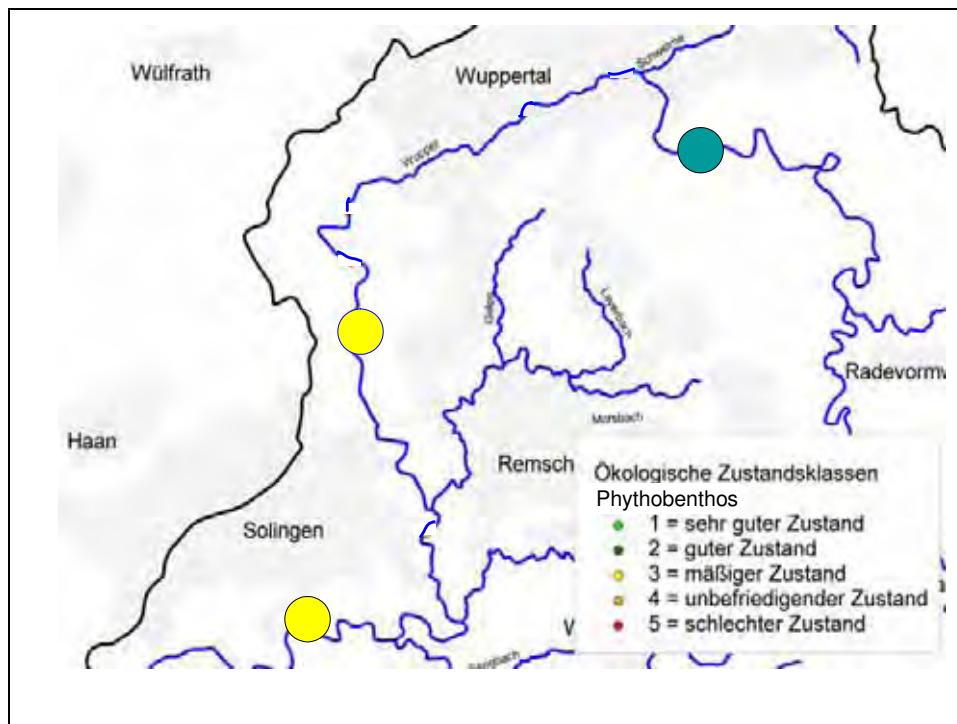


Bild 5.1.2-1: Güte des Qualitätsparameters Phythobenthos

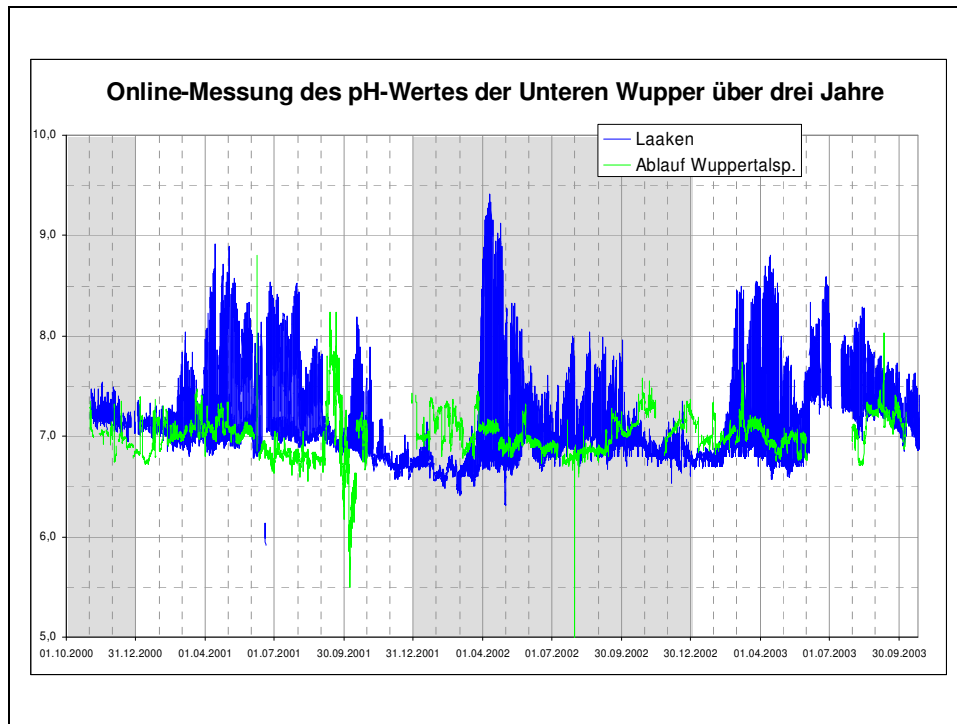


Bild 5.1.2-2: pH-Amplituden im April (Phytoplanktonblüte) der Jahre 2001 bis 2003 in Krebsöge und Laaken (Online-Messung des Wupperversandes oberhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an, [BÖCKER, 2003])

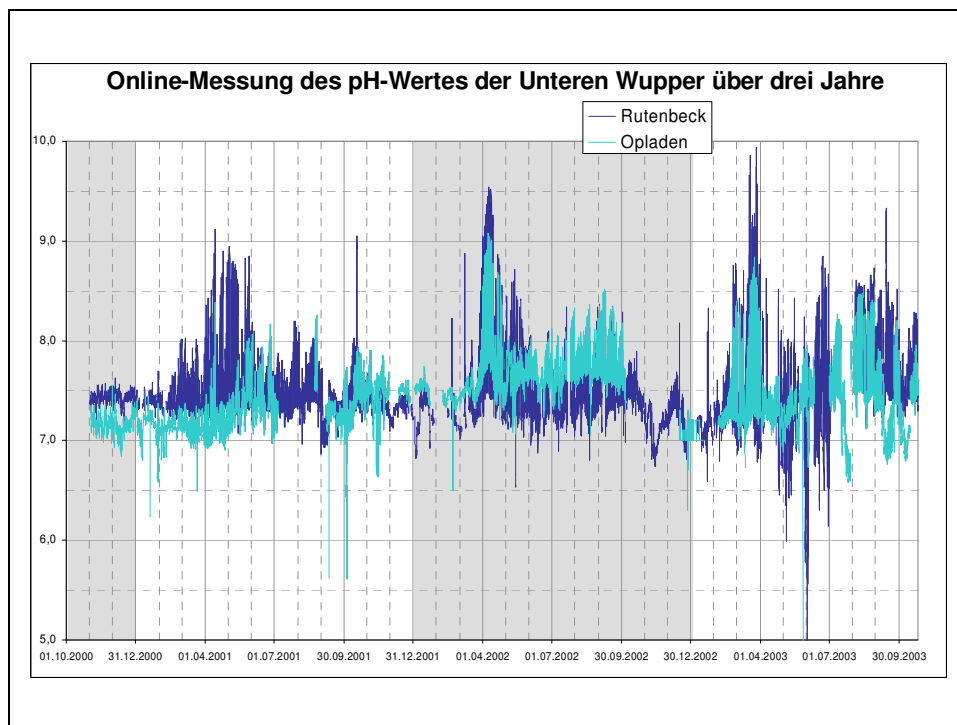


Bild 5.1.2-3: pH-Amplituden im April (Phytoplanktonblüte) der Jahre 2001 bis 2003 in Rutenbeck und Opladen (Online-Messung des Wupperversandes unterhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an [BÖCKER, 2003])

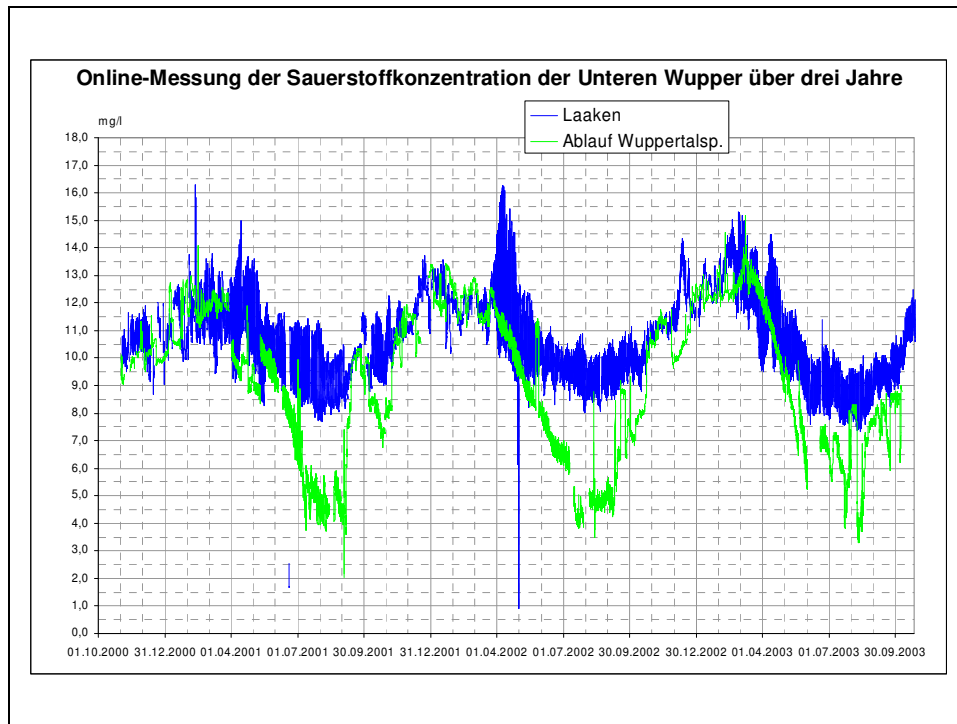


Bild 5.1.2-4: Sauerstoff-Amplituden der Jahre 2001 bis 2003 in Laaken und Krebsöge (Online-Messung des Wupperverbandes oberhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an [BÖCKER, 2003])

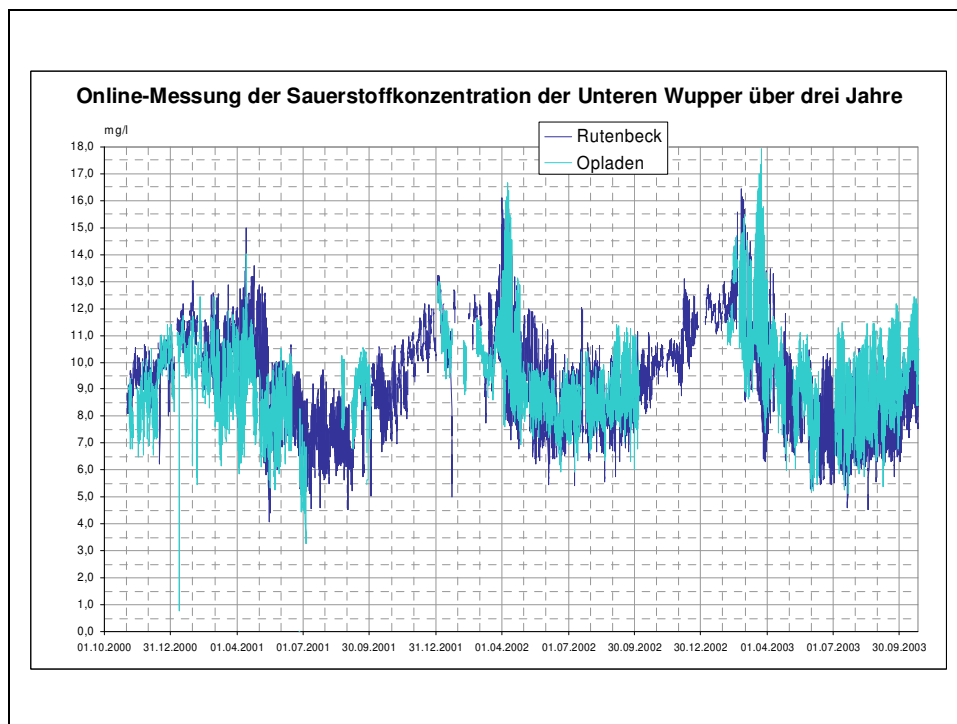


Bild 5.1.2-5: Sauerstoff-Amplituden der Jahre 2001 bis 2003 in Rutenbeck und Opladen (Online-Messung des Wupperverbandes unterhalb von Wuppertal) (einzelne "Ausreißer" zeigen Störungen der Messsonde an [BÖCKER, 2003])

5.2 Analyse und Bewertung der ökosystemaren Funktion "Trophie"

5.2.1 Methodik und Probenahme

Zur Bestimmung der Phytobenthosbiomasse wurden der Wupper während des Jahres 2004 Aufwuchssproben im Abstand von 3 - 4 Wochen bei

- km 57,6: Oberbarmen, Laaken
- km 41,8: Elberfeld, Rutenbeck
- km 32,0: Müngstener Brücke.

entnommen. Die Bestimmung der Algenbiomasse erfolgte als Chlorophyllkonzentration pro Flächeneinheit.

Zur Bewertung des funktionellen ökosystemaren Gewässerzustands der Wupper dienten Tagesganglinien der Sauerstoffkonzentrationen, aufgezeichnet bei

- km 57,6: Oberbarmen, Laaken
- km 41,8: Elberfeld, Rutenbeck
- km 5,5: Leverkusen-Opladen.

Ansonsten wurden die physikalisch-chemischen Messergebnisse zur Bewertung herangezogen:

Die Wasserkörper der Wupper wurden während des Wasserwirtschaftsjahres 2004 im 2-wöchigen Rhythmus (n=22) bei

- km 57,6: Oberbarmen, Laaken
- km 52,7: Barmen, Schafbrücke
- km 41,8: Elberfeld, Rutenbeck
- km 32,0: Müngstener Brücke.

beprob. Die Probennahmen erfolgten vormittags der fließenden Welle folgend. Sauerstoff und pH-Wert wurden vor Ort, die anderen Konzentrationswerte im Labor nach DIN-ISO gemessen.

5.2.2 Ergebnisse

5.2.2.1 Phosphor

Die P-Konzentrationen bewegen sich im Jahr 2004 mit gelöstem P < 0,100 mg/L und Gesamt-P < 0,150 mg/L (90-Perzentil) an allen Messstellen nach dem LAWA-Bewertungsansatz Ökochemie [LAWA, 1898] in einem unkritischen Bereich.

Der Gesamt-P-Gehalt (90-Perzentil) ist gemäß LAWA [1998] wie folgt zu beurteilen:

Tabelle 5.2.2.1-1: Gesamtphosphatkonzentrationen der 14-Tage-Messungen

Güteklasse	TP [mg/L]	km 57,6	km 52,7	km 41,8	km 32,0
I	< 0,05				
I-II	< 0,08	0,07	0,08		
II	< 0,15			0,10	0,14
II-III	< 0,3				
III	< 0,6				
III-IV	< 1,2				
IV	> 1,2				

Der o-Phosphorgehalt (90-Perzentil) ist gemäß LAWA [1998] wie folgt zu beurteilen

Tabelle 5.2.2.1-2: o-Phosphatkonzentrationen der 14-Tage-Messungen

Güteklasse	DIP [mg/L]	km 57,6	km 52,7	km 41,8	km 32,0
I	< 0,02				
I-II	< 0,04	0,04			
II	< 0,1		0,06	0,06	0,096
II-III	< 0,2				
III	< 0,4				
III-IV	< 0,8				
IV	> 0,8				

Fazit gemäß LAWA [1998]: nicht gefährdet!

5.2.2.2 Algenaufwuchsbiomasse

Braune, durch Diatomeen geprägte Algenaufwüchse, dominieren das Frühjahr. In den Sommermonaten finden sich eher fädige, in Flecken verteilt wachsende Grünalgen (*Cladophora*).

Grundsätzlich folgen die Algenaufwuchsbiomassen in der Wupper einer typischen saisonalen Entwicklung mit Frühjahrsmaxima und sommerlichen Minima. Wie die Messungen ergaben, durchlaufen die Algenaufwuchsbiomassen in Laaken (km 57,6) mit einem frühjährlichen Biomassemaximum von ca. 70 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ CHL Mitte April ein Maximum, gefolgt von einer deutlich niedrigeren sommerlichen Biomasse (Bild 5.2.2.2-1). Demgegenüber erreichen die Biomassemaxima des Phytobenthos in Müngsten (km 32,0) und Rutenbeck (km 41,8)

Saisonale Dynamik Biomasse Phytobenthos

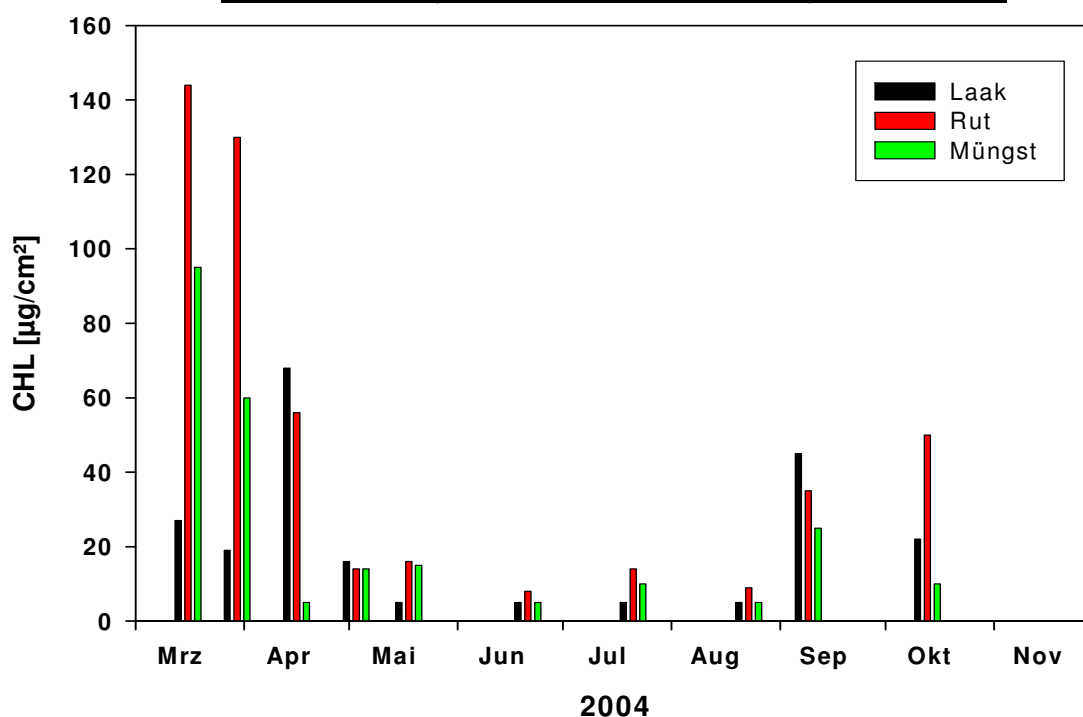


Bild 5.2.2.2-1: Saisonale Dynamik der Algenaufwuchsbiomassen in der Wupper

bereits im März mit ca. $150 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ CHL die höchsten in der Wupper gemessenen Konzentrationen vor Eintritt des sommerlichen Biomasseminimums. Bezeichnend ist nicht nur der Unterschied in der Höhe der frühjährlichen Biomassenmaxima zwischen den Messpunkten, sondern auch die zeitliche Entkopplung der saisonalen Dynamik zwischen diesen. So durchlaufen die Algenaufwuchsbiomassen in Müngsten (km 32,0) bereits ein „frühsommerliches“ Minimum während zeitgleich erst das „frühjährliche“ Maximum in Laaken (km 57,6) erreicht wird.

5.2.2.3 Tagesganglinien

Sauerstoff

Die Tagesamplituden der aus kontinuierlichen Aufzeichnungen ermittelten Sauerstoffkonzentrationen erreichen in den Frühjahrsmonaten zeitgleich zu den Biomassenmaxima der Algenaufwüchse Maxima von bis zu $8 \text{ mg}/\text{l}$ (Bild 5.2.2.3-1). Dabei liegen die Tagesamplituden während der Vegetationsperiode am Messpunkt Rutenbeck (km 32,0) über jenen am Messpunkt Laaken (km 57,6).

In Verbindung mit dieser diurnalen Dynamik der Sauerstoffkonzentrationen durchlaufen die Sauerstofftagesminima während der Vegetationsperiode (1.4.-30.9.) des Jahres 2003 in Rutenbeck (km 32,0) ein Minimum im Längsverlauf der Wupper (Bild 5.2.2.3-2). Dies gilt selbst für die Tagesminima der Sauerstoffsättigungswerte, welche die temperaturbedingte Abnahme der physikalischen Sauerstoffaufnahmekapazität des Wassers berücksichtigt. Bis Opladen (km 5,5) steigen die Sauerstofftagesminima trotz des Abwassereinflusses wieder an.

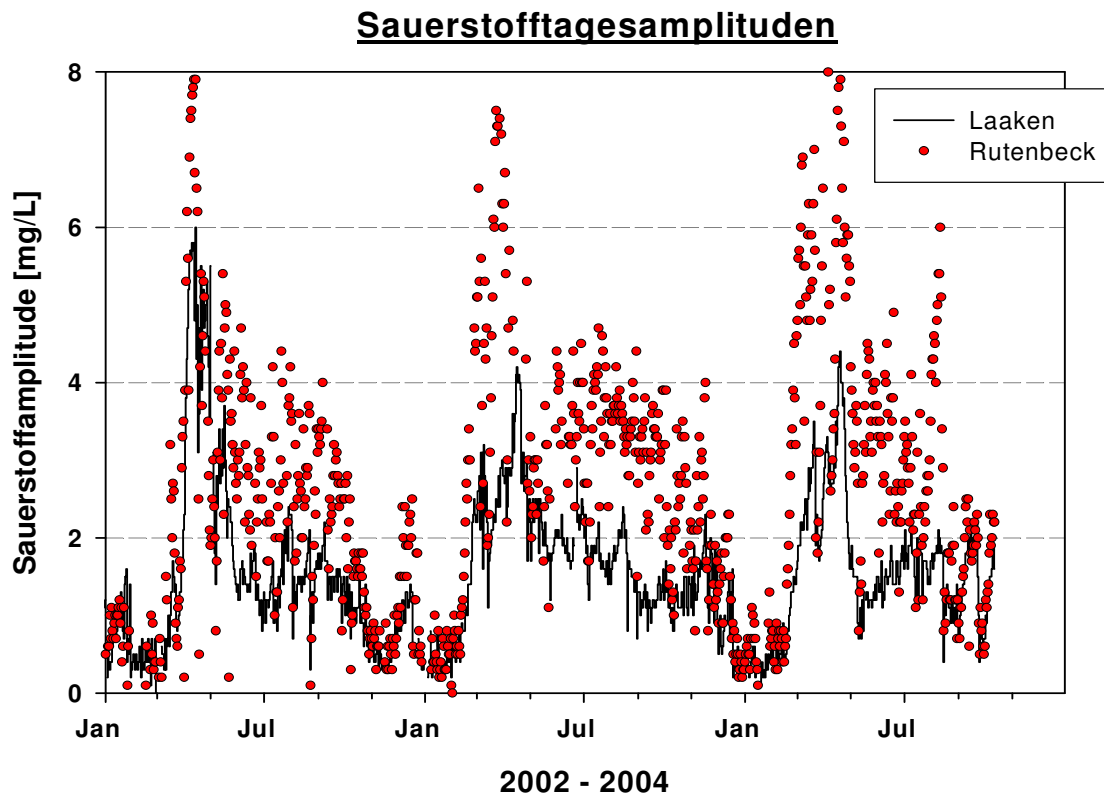


Bild 5.2.2.3-1: Sauerstofftagesamplituden in der Wupper bei Laaken und Rutenbeck

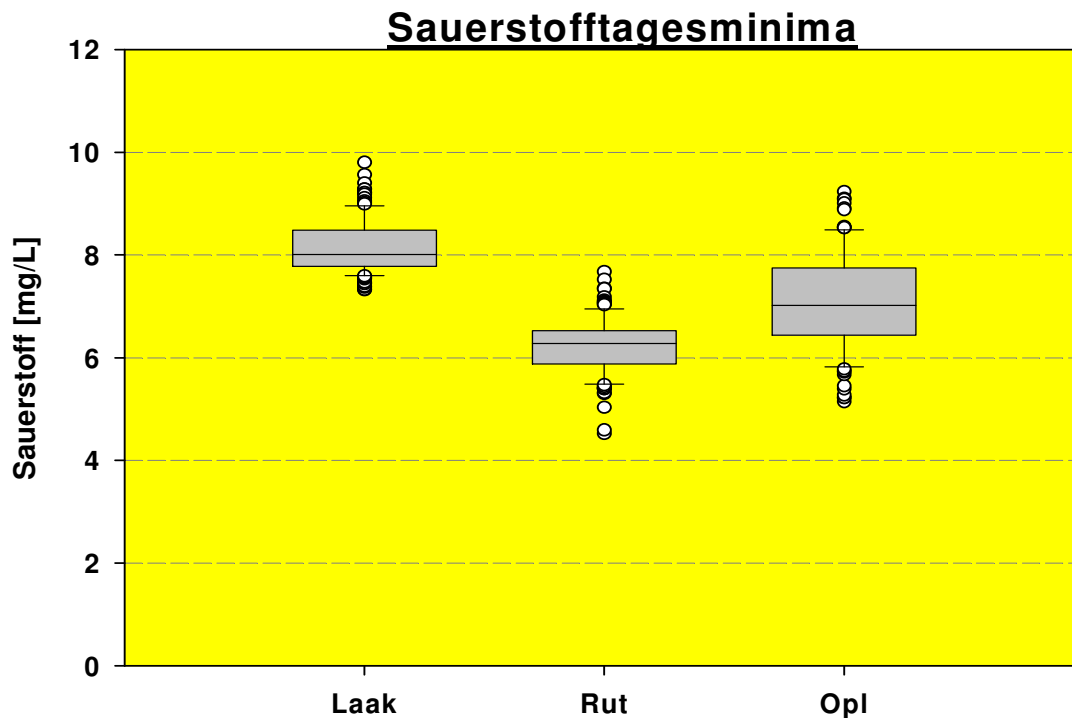


Bild 5.2.2.3-2: Box-Plots der täglichen Sauerstoffminima aus kontinuierlichen Aufzeichnungen während der Vegetationsperiode 2003
 Box-Plot: Die Mittellinie repräsentiert den Median (50-Perzentil). Die Box umfasst die mittleren 50-Prozent des Datenkollektivs, d.h. 25- bis 75-Perzentil. Die Whisker-Linien umfassen die 5- bis 95-Perzentile. Die Punkte sind „Ausreißer“.
 Es sind die sommerlichen Tagesminima – nicht die Tagesmittel! – kontinuierlich gemessener Sauerstoffkonzentrationen als Box-Plots bewertet. Dies ist die Zusammenstellung der „kritischsten“ Momente für die betrachtete Zeitspanne, welche oftmals nur über kurze Zeiträume am Tag wirksam sind. (worst case)

Wie die Auswertung langjähriger Messdaten aus Stichproben und Modellbetrachtungen nahe legen, erreichen die Sauerstoffdefizite in der Wupper allerdings nicht in Rutenbeck (km 42), sondern zwischen Kohlfurth und Müngsten (km 32) ein Minimum, welches derzeit ca. 1 mg/l niedriger anzusetzen ist als die in Rutenbeck (km 42) gemessenen Werte. Inwieweit hier eine temperatur- oder eutrophierungsbedingte höhere Respiration der Algenaufwüchse und der Biozönose oder aber Nitrifikationsvorgänge (Einleitungen der Kläranlage Buchenhofen) die Höhe der nächtlichen Sauerstoffminima prägen, wird in Kapitel 5.2.2.4 betrachtet (Bewertung und Diskussion).

pH-Wert

Parallel zur Sauerstoffkonzentration unterliegt auch der pH-Wert durch photosynthetisch bedingte Veränderungen des CO_2 / HCO_3^- Gleichgewichts einer täglichen Schwankung. Auch hier zeigt sich ein photosynthetisch bedingter Anstieg der pH-Werte von Laaken nach Rutenbeck, wo die Tagesmaxima in der Vegetationsperiode im Median ein Maximum im Wupperlängsschnitt durchlaufen. Die Tagesmaxima überschreiten bei den 14-Tage-Messungen einmal den Wert von pH=9 (Bild 5.2.3-3). In den Online-Messungen (Bild 5.1.2-2 und 5.1.2-3) zeigen sich allerdings stärkere Schwankungen bis über 9,5 (Messstandort Rutenbeck in 2003)

Der pH-Wert (Mittelwerte der 14-Tage-Messungen) ist gemäß LAWA wie folgt zu beurteilen:

Tabelle 5.2.2.3-1: pH-Werte der 14-Tage-Messungen

Güteklasse	pH	km 57,6	km 52,7	km 41,8	km 32,0
gefährdet	< 5				
nicht gefährdet	5 – 9	7,5	7,7	7,8	7,5
gefährdet	> 9				

Fazit gemäß LAWA [1998]: nicht gefährdet!

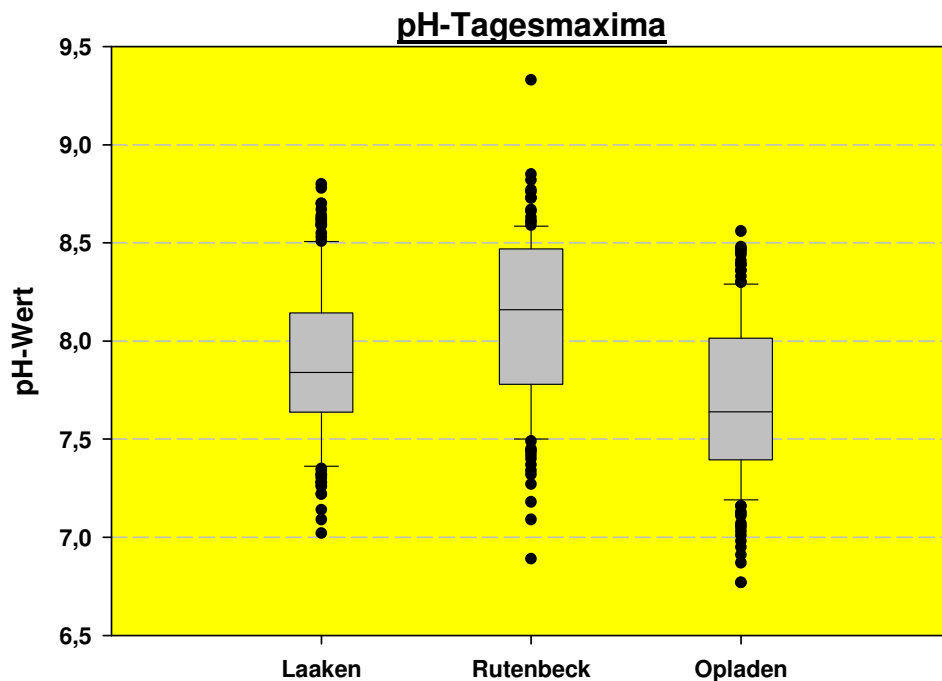


Bild 5.2.2.3-3: Box-Plots der täglichen pH-Maxima aus kontinuierlichen Aufzeichnungen während der Vegetationsperiode 2003

Box-Plot: Die Mittellinie repräsentiert den Median (50-Perzentil). Die Box umfasst die mittleren 50-Prozent des Datenkollektivs, d.h. 25- bis 75-Perzentil. Die Whisker-Linien umfassen die 5- bis 95-Perzentile. Die Punkte sind „Ausreißer“.

Es sind die sommerlichen Tagesmaxima – nicht die Tagesmitte! – kontinuierlich gemessener pH-Werte als Box-Plots bewertet. Dies ist die Zusammenstellung der „kritischsten“ Momente für die betrachtete Zeitspanne, welche oftmals nur über kurze Zeiträume am Tag wirksam sind. (worst case)

Temperatur

Wie die Auswertungen der kontinuierlichen Messungen zeigen, erreichen und überschreiten die Tagestemperaturmaxima in Rutenbeck (km 41,8) in den Sommermonaten die 25 °C Marke während jene in Laaken (km 57,6) gemessenen Werte kaum die 20 °C Marke überschreiten (Bild 5.2.2.3-4). Damit entspricht das Temperaturregime in Laaken den Verhältnissen eines rhithralen Fließgewässertyps während ab Rutenbeck das Temperaturregime eines potamalen Gewässertyps prägend ist. Mit Blick auf die hier dokumentierten Jahre 2002 -2004 sind die Randbedingungen (Abfluss, Witterung) des Sommerhalbjahres 2003 und 2004 als ungewöhnlich einzustufen. Während das Sommerhalbjahr 2003 als Jahrhundertssommer extrem warm und trocken ist, bestimmen im Sommerhalbjahr 2004 extrem hohe Durchflusswerte das Geschehen in der Wupper.

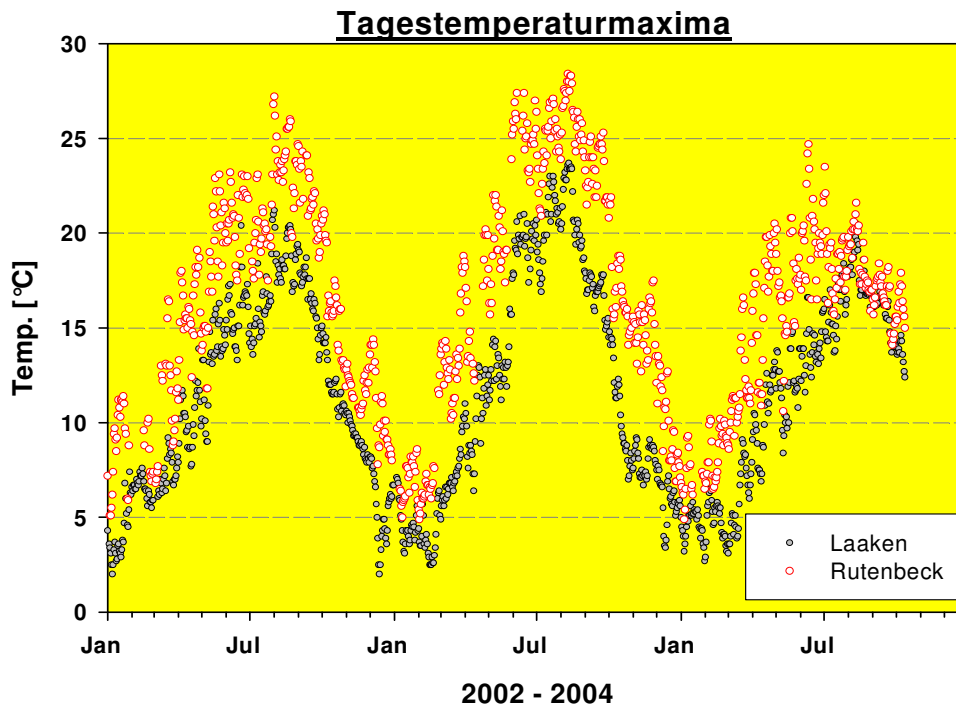


Bild 5.2.2.3-4: Maxima der Tagestemperaturen (worst case) basierend auf kontinuierlichen Messungen in Laaken (km 32,0) und Rutenbeck (km 41,8)

5.2.2.4 Bewertung und Diskussion der Ergebnisse

Im Gegensatz zur ökosystemaren Struktur charakterisiert die Trophie (Intensität der Primärproduktion) als stoffwechseldynamischer Prozess und Pendant der Saprobie (Intensität der sauerstoffzehrenden Abbauprozesse) die ökosystemare Funktion. Damit liegt die Betrachtung dieser Prozesse auf einer höheren Aggregationsebene als jene der biologischen Struktur (Fische, MZB). Wie alle biologisch-chemischen Prozesse, ist die Intensität der Photosynthese- und Respirationsprozesse temperaturgesteuert und in Fließgewässern aus der Sauerstofftagesganglinie erkennbar.

Algenwachstum und damit Primärproduktion finden in der rhithralen Wupper lediglich standortfixiert in Form von Aufwuchs („Phytobenthos“) statt. „Phytoplankton“ fehlt. Neben dem P-Angebot, bestimmen Temperatur- und Lichtangebot die Wachstumsgeschwindigkeit, welche im Gleichgewicht mit den Verlustraten, verursacht durch Makrozoobenthosgrazing und Abrieb, das realisierbare Algenwachstum bestimmen. Dabei scheint in der Wupper dem Makrozoobenthosgrazing für die Entwicklung der Algenaufwüchse eine Schlüsselrolle zuzukommen.

Obwohl es für Aufwuchsbiomassen keine allgemein anerkannten Klassenwerte zur Abgrenzung der Trophiebereiche gibt, zeigen die Ergebnisse deutlich, dass

- die realisierte Trophie in Rutenbeck (km 32,0) trotz des „guten ökologischen Potentials“ der P-Verfügbarkeit nach LAWA-Ökochemie [LAWA, 1998] sprunghaft gegenüber Laaken (km 57,6) ansteigt und es darüber hinaus zu einer
- zeitlichen Entkopplung der Saisonalität biogener Prozesse zwischen den betrachteten Wupperstreckenabschnitten kommt. Dabei kann man davon ausgehen, dass dies nicht nur die Algenentwicklung, sondern auch die Entwicklung des Makrozoobenthos und der Fische betrifft respektive auf diese rückkoppelt.

Da sich zwischen beiden Streckenabschnitten weder die wachstumsfördernde P- noch Lichtverfügbarkeit erkennbar unterscheiden, kann man davon ausgehen, dass dem unterschiedlichen Temperaturregime hier eine Schlüsselrolle zukommt. So ist das in Müngsten (km 32,0) bereits im April auftretende „frühsommerliche“ Aufwuchsbiomasse-minimum vermutlich Folge intensiver grazing-Prozesse durch das zeitlich früh auftretende Makrozoobenthos, während grazing-Verluste in Laaken temperaturbedingt zu dieser Zeit noch unbedeutend sind, so dass die Aufwuchsbiomassen dort zeitgleich ihr „frühjährlicher“ Maximum erreichen. Damit wäre auch die saisonale Makrozoobenthosdynamik und somit die Nahrungsverfügbarkeit für Fische in den Streckenabschnitten zeitlich entkoppelt.

Dem Licht kommt eine triggernde Funktion für die Entwicklung des Makrozoobenthos zu. Dieser Faktor (z.B. Tageslänge) unterscheidet sich jedoch an den Messstellen nicht wesentlich und ist damit ungeeignet, Unterschiede zu erklären.

Die aktuelle Phytobenthosbiomasse ist eine Funktion der Wachstums- und Verlustraten. Als Verlustraten kommen „grazing“ und „Abrieb“ in Betracht. Letzterer ist als Funktion der Wasserführung durch die Randbedingung „Probenahme bei Trockenwetter“ als annähernd gleich für alle Messstellen einzuordnen. Damit bleibt die „grazing“ Rate als wesentliche und mögliche Ursache zur Erklärung von Unterschieden in den resultierenden Biomassen.

Das Grazing wurde nicht direkt gemessen. Dennoch ist es eine Funktion sowohl der Individuendichte, welche im Stadtgebiet ein Minimum durchläuft, als auch der individuellen „grazing“ Rate, welche mit der Temperatur steigt.

Die Unterscheidung in „Weidegänger“ und „Sedimentfresser“ ist dabei schwimmend, werden doch viele dort vorkommende MZB, z.B. *Baetis* mit W(5) und S(5) gleich gewichtet, zeigen also ein opportunistisches Ernährungsverhalten.

Insgesamt zeigt sich bei allen stoffwechseldynamischen Prozessen auf ökosystemarer Ebene – Trophie, Saprobie – eine unübersehbare Intensivierung der Prozesse ab Rutenbeck (km 42). Die mit der Temperaturerhöhung einhergehende Steigerung der Wirkungsentfaltung der stofflichen Belastung ist nicht zuletzt mit Blick auf den Sauerstoffhaushalt unübersehbar. Die Sauerstoffverfügbarkeit ihrerseits setzt für viele Lebewesen Grenzen. Bei einer Verknüpfung der in den Bildern 5.2.3-2 bis 5.2.3-5 dargestellten Sauerstoff-Konzentrationswerte mit „Konzentrations-Grenzwerten“, wie sie etwa für das Vorkommen von Fischen angegeben werden, ist allerdings unbedingt zu beachten, dass diese absolute „worst case“-Szenarien darstellen, deren Einwirkdauer vielfach auf 1-2 h täglich an einzelnen Tagen in der Vegetationsperiode begrenzt ist. Darüber hinaus ist bei einem Vergleich mit anderen Gewässern zu beachten, dass dort meist nur physikalisch-chemische Stichprobenmessungen vorliegen, welche die Situation unzureichend abbilden – vgl. hier auch die Tabellen 5.2.1-1, 5.2.1-2 und 5.2.3-1, wo die Wupper als „nicht gefährdet“ eingestuft werden muss.

Die erhöhte stoffliche Belastung des Wasserkörpers der Unteren Wupper nach Einleitung der gereinigten Abwässer führt in Verbindung mit der Temperaturerhöhung zu einer Intensivierung der Umsetzungsprozesse, welche auf Höhe Müngsten (km 32) ein Maximum durchlaufen. Entsprechend erfährt der Sauerstoffhaushalt hier seine höchste Belastung und die Sauerstoffkonzentrationen erreichen Minima, von denen sich die Wupper allerdings im weiteren Verlauf bis Opladen erholt.

Messdaten und Modellbetrachtungen des Wupperverbandes zeigen, dass die NH_4N -Konzentrationen am „kritischsten“ Punkt (km 32) seit dem Jahr 2002 nur noch Werte von < 1 mg/l gegenüber den früheren ca. 3-4 mg/l aufweisen. Zeitgleich sind die mittleren Sauerstoffdefizite dort um ca. 2-3 mg/l gesunken. Diese Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit Modellberechnungen und unterstreichen den Rückgang der Bedeutung der vormals hohen Nitrifikationssauerstoffzehrungsraten. Die ungewöhnlich hohen Sauerstoffzehrungsraten sind Folge einer angeheizten Nitrifikation.

Dabei führt die durch Abwassereinleitungen erhöhte P-Verfügbarkeit zu keiner erkennbaren Steigerung der Algenaufwuchsbiomassen und Sauerstofftagesamplituden - Trophie. Im Gegenteil, die dichtesten Algenaufwüchse mit den ausgeprägtesten Sauerstofftages-

amplituden finden sich während der Frühjahrsmonate in Rutenbeck (km 41,8), nicht aber in der Unteren Wupper bei Müngsten (km 32) oder Opladen (km 5,5).

Auch dieses Ergebnis kann zumindest teilweise durchaus im Zusammenhang mit der Makrozoobenthosentwicklung gesehen werden, finden sich doch im Stadtgebiet die geringsten Individuendichten, was in einem geringen grazing-Druck resultiert, welcher zu geringen Verlustraten der Algenaufwüchse führt.

5.3 Literatur zu Kapitel 5

- BÖCKER, K. 2003: Vortrag am 10.12.2003 im Rahmen des Workshops "Handlungsbedarf und Abwägungskriterien bei der Umsetzung der EU-WRRL am Beispiel der Kühlwassernutzung der Unteren Wupper, Wupperverband, Wuppertal
- GUHL, B., 2004: schriftliche Mitteilung vom 12.10.2004, LUA NRW
- HOFMANN, G., 2004: schriftliche Mitteilung vom 12.10.2004
- LACOMBE, J., 2004: schriftliche Mitteilung vom 12.11.2004, Staatliches Umweltamt Düsseldorf
- LAWA, 1998: Chemische Güteklassifikation von Fließgewässern; LAWA-Veröffentlichungen, Kulturbuchverlag Berlin bzw. NRW-Leitfaden: Kap.1.1.5.2. Ökologischer Zustand von Fließgewässern, 7.Lieferung, August 2003, S.175, Tab.1.1.5.-19
- SCHAUMBURG, J., Schmedtje, U., Schranz, C., Köpf., B., Schneider, S., Meilinger, P., Stelzer, D., Hofmann, G., Gutowski, A., Förster, J. (2004): Erarbeitung eines ökologischen Bewertungsverfahrens für Fließgewässer und Seen im Teilbereich Makrophyten und Phytobenthos zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Schlussbericht: 635 S., im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Bildung und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
-

6 Makrozoobenthos

6.1 Methoden

6.1.1 Bestimmungsprogramm AQEM

Die Bestimmung erfolgt nach der AQEM-Methode, Stand 11/2004 [AQEM 2004].

Das AQEM-Programm Version 2.3 beinhaltet zwei Möglichkeiten: einerseits das offizielle deutsche Verfahren, welches ein Ergebnis für die Allgemeine Degradation herausgibt und das Original AQEM-Verfahren, welches ein Ergebnis für die Strukturelle Degradation liefert. Hier wurde das offizielle deutsche Verfahren angewandt. Die Strukturelle Degradation zielt vor allem auf lokale Effekte. Da in Deutschland die Beurteilung größerer Flussabschnitte erfolgen soll, wurde das Verfahren so angepasst, dass es stärker auf die Nutzungs-Situation im Einzugsgebiet reagiert. Das deutsche Verfahren weist darüber hinaus etwas weniger "strenge" Güteklassengrenzen auf.

Das AQEM-Programm wird nach dem Probelauf in den Bundesländern im Jahr 2004 noch angepasst werden. Für den Gewässertyp 9 werden jedoch keine oder nur sehr geringfügige Änderungen erwartet [HERING 2004].

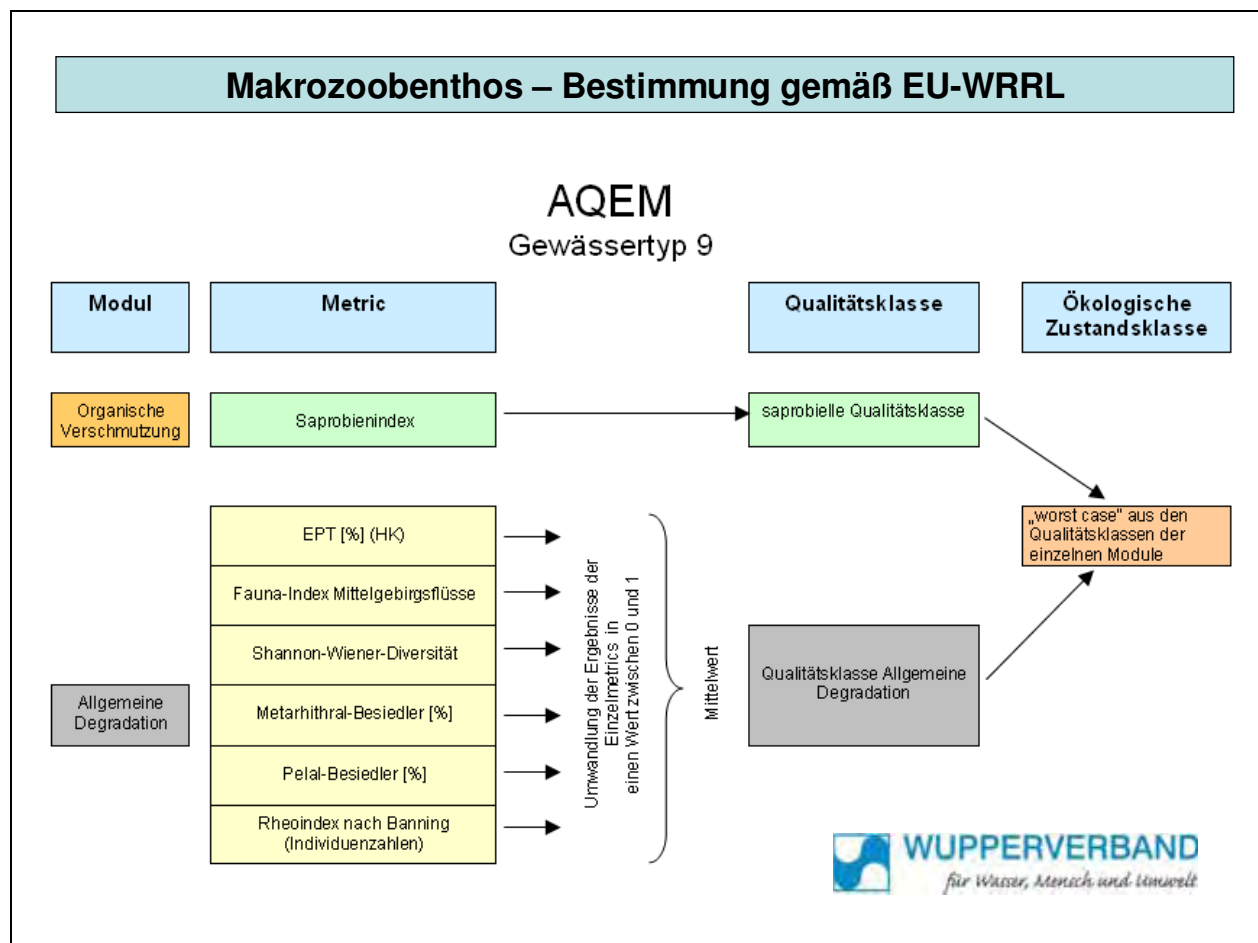


Bild 6.1.1-1: Prinzip der Gütebestimmung gemäß AQEM

6.1.2 Probenahme

Im April 2002 wurde an folgenden Probenahmestellen in der Unteren Wupper jeweils eine Makrozoobenthos-Probe entnommen.

Tabelle 6.1.2-1: Probenahmestellen Makrozoobenthos

Flusskilometer	Name der Probestelle	Probedatum
60,2*	Laaken, Tennishalle Kemna	16.04.2002
50,6*	unterhalb von Barmen / Arbeitsamt	18.04.2002
42,0*	oberhalb Rutenbecker Brücke	11.04.2002
37,0*	oberhalb Kohlfurthener Brücke	18.04.2002
31,6*	unterhalb Müngstener Brücke	25.04.2002
25,0*	Glüder	23.04.2002
15,5*	Nesselrath	23.04.2002
5,9*	Opladen	12.04.2002

offizielle Kilometrierung 2. Auflage

Die Probenahme erfolgte nach AQEM. Hierbei werden 20 Quadrate zu 625 cm² Grundfläche durch intensives Aufwühlen des Substrates besammelt. Die Tiere sammeln sich in dem Handnetz, das das Quadrat unterhalb begrenzt. Alle Mikrohabitat-Typen, die mindestens eine Bodendeckung von 5 % erreichen, werden relativ zu ihrer Repräsentanz beprobt. Die Quadrate werden über die gesamte Gewässerbreite verteilt. Festsitzende Tiere auf größeren Steinen werden sofort vor Ort abgesammelt. Ansonsten werden die Tiere im Labor nach einer Siebprozedur aus den Substrat aussortiert (Fraktion > 1mm). Die Bestimmung erfolgt mittels Einsatz einer Stereolupe. Die Auswertung konnte Ende 2004 beendet werden. Für zuverlässige Berechnungen ist nach AQEM gefordert, dass die Probe mindestens 500 Tiere enthält. Dies ist bei den Probestellen 50,6 (295 Tiere) und 42,0 (418 Tiere) nicht gewährleistet und man muss die Ergebnisse deswegen unter diesem Vorbehalt betrachten.

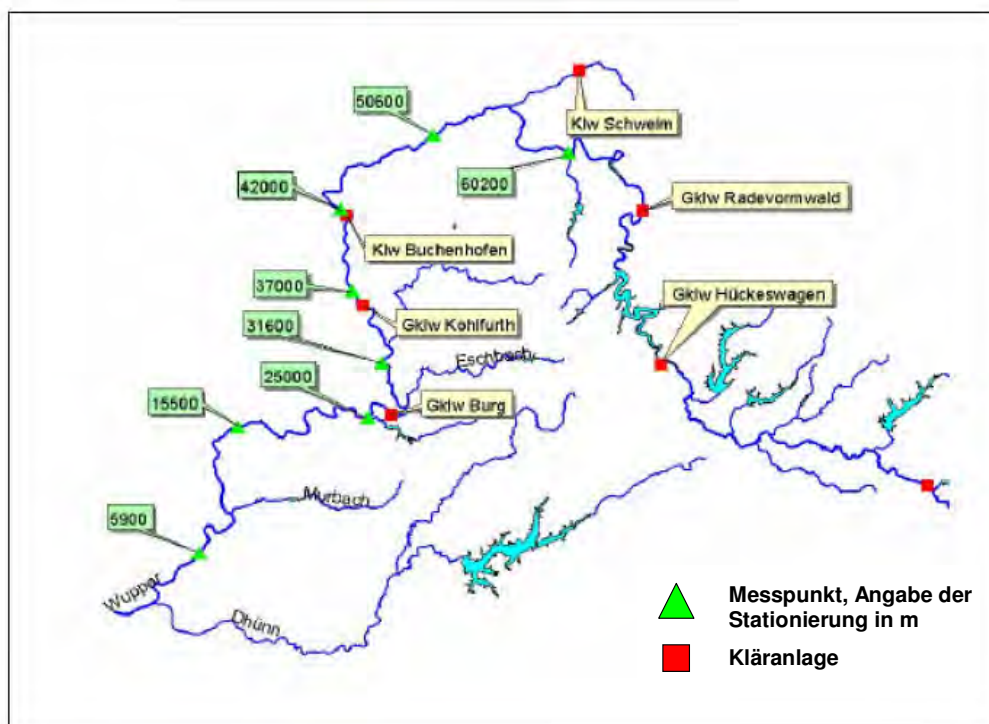


Bild 6.1.2-1: Probenahmestellen entlang der Unteren Wupper [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]

6.2 Ergebnisse

Das AQEM-Verfahren liefert sieben Indizes für zwei Module ("Saprobie" und "Allgemeine Degradation"). Im folgenden werden die sieben Indizes und ihre Ergebnisse aufgeführt sowie die zusammenfassende Bewertung der Module und das Gesamtergebnis.

6.2.1 Organische Verschmutzung

Die organische Verschmutzung wird über den Saprobienindex ermittelt. Die DIN 38410 [1991] war die bisher gültige Arbeitsanleitung zur Ermittlung des Saprobienindex. Von ROLAUFFS et al [2003] wurde eine gewässertypspezifische Anpassung des Saprobienindex auf der Basis der "neuen" DIN 38410 an die Erfordernisse der EG-Wasserrahmenrichtlinie durchgeführt.

In AQEM ist dieser neue gewässertypspezifische Saprobienindex integriert. Dieser liefert gleichzeitig das Ergebnis für das AQEM-Modul 1 (Saprobie). Die zahlenmäßigen Ergebnisse zwischen "altem" und "neuem" Saprobienindex unterscheiden sich nur geringfügig (Bild 6.2.2-1). Der neue Index fällt durchweg etwas besser aus. Da jedoch die Güteklassen von sieben auf fünf reduziert wurden und sich damit die Grenzen der Güteklassen erheblich verschoben haben, ist das Endergebnis eher schlechter als zuvor (Bild 6.2.2-2).

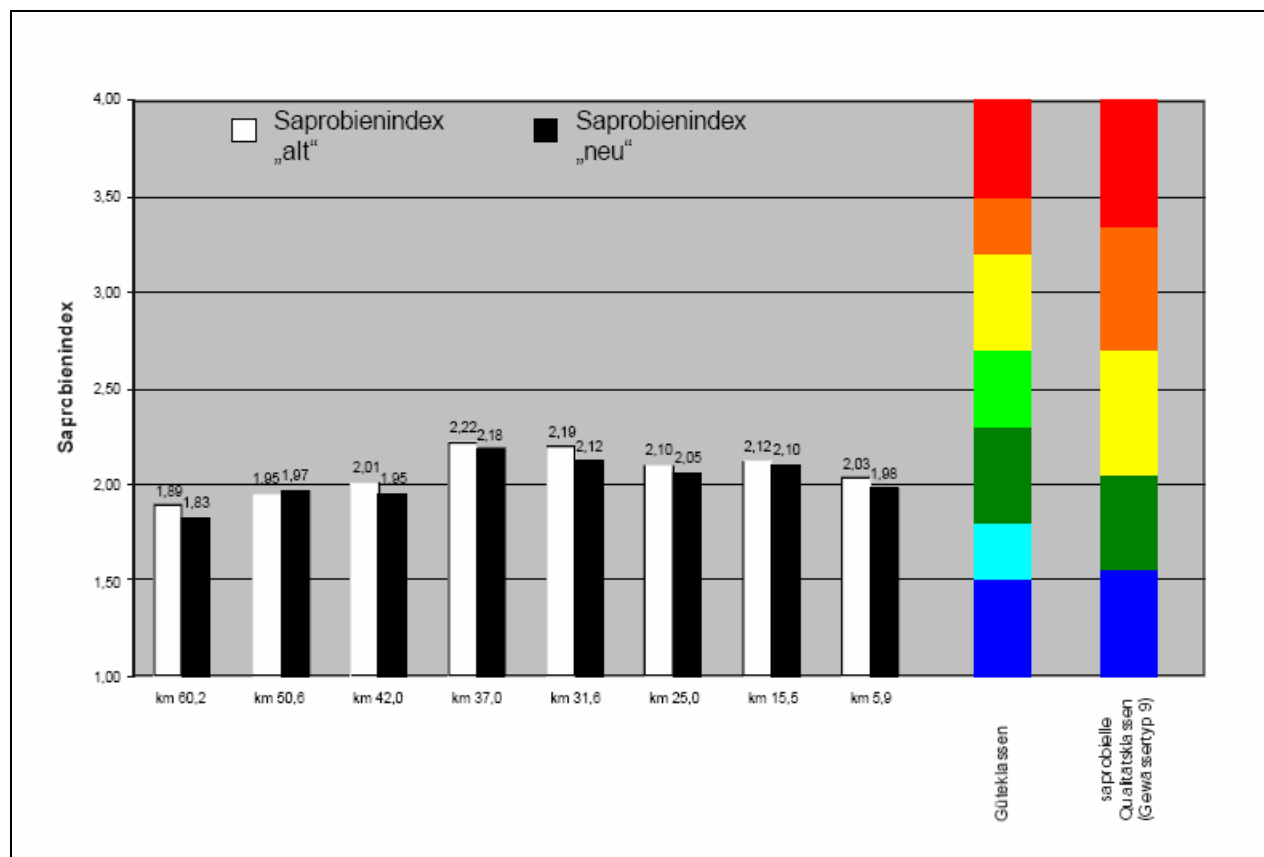


Bild 6.2.1-1: Gegenüberstellung von "altem" und "neuem" Saprobienindex der einzelnen Probestellen und Zuordnung der Saprobienindizes zu den Gewässergüteklassen nach herkömmlicher 7-stufiger Art und den neuen 5-stufigen saprobiellen Qualitätsklassen für den Gewässertyp 9 [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002] (Legende siehe nächste Seite)

Legende:

Farbe:	Güteklassen:	saprobielle Qualitätsklassen (Gewässertyp 9):
■	unbelastet bis sehr gering belastet (I) $S_i: 1 \text{ bis } < 1,50$	sehr gut $S_i: \leq 1,55$
■	gering belastet (I-II) $S_i: 1,50 \text{ bis } < 1,80$	
■	mäßig belastet (II) $S_i: 1,80 \text{ bis } < 2,30$	gut $S_i: > 1,55 \text{ bis } 2,05$
■	kritisch belastet (II-III) $S_i: 2,30 \text{ bis } < 2,70$	
■	stark verschmutzt (III) $S_i: 2,70 \text{ bis } < 3,20$	mäßig $S_i: > 2,05 \text{ bis } 2,70$
■	sehr stark verschmutzt (IV) $S_i: 3,20 \text{ bis } < 3,50$	unbefriedigend $S_i: > 2,70 \text{ bis } 3,35$
■	übermäßig verschmutzt (V) $S_i: 3,50 \text{ bis } 4,00$	schlecht $S_i: > 3,35 \text{ bis } 4,00$

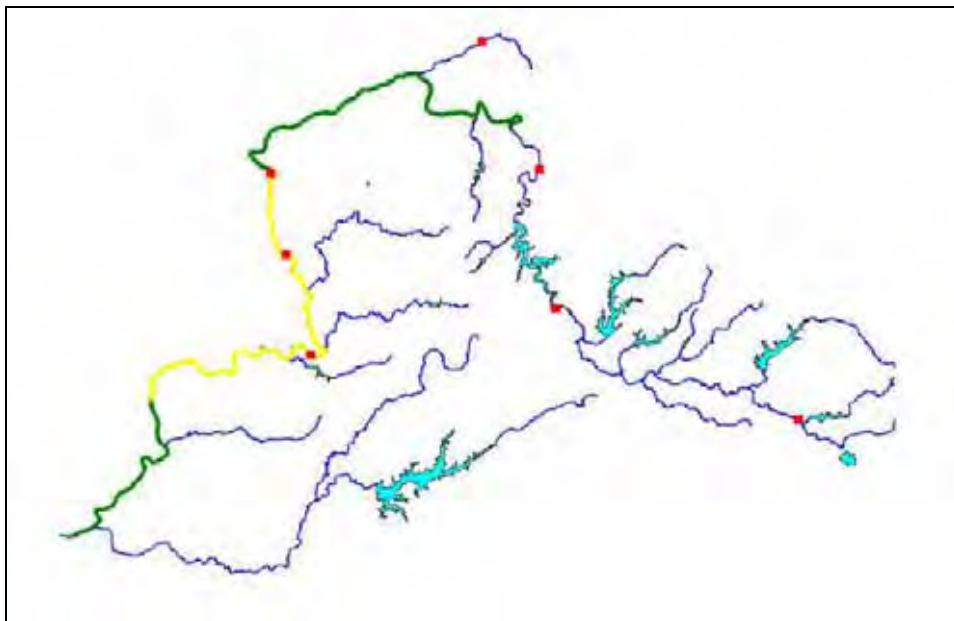


Bild 6.2.1-2: Gewässergütekarte der Unteren Wupper auf der Grundlage des Saprobien systems, gemäß AQEM Modul 1 [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]

6.2.2 Schlick- und Schlammbewohner

Bild 6.2.2-1 zeigt den prozentualen Anteil der Schlick- und Schlammbewohner an den acht Probenahmestellen. Die Probenahmestellen im Stadtgebiet sind schwarz markiert.

In Rutenbeck und unterhalb von Kohlfurth (Müngstener Brücke) findet sich ein hoher prozentualer Anteil an schlammbewohnenden Individuen in den Proben. Insgesamt liegen die Ergebnisse im mäßigen Bereich für den Gewässertyp 9.0. Es befinden sich demnach zu viele Schlickbewohner im System. Dies entspricht den Befunden des Planungsbüros

Koenzen und der NZO GmbH (vergleiche Kapitel 8), die zu hohe Feinanteile am Substrat feststellten. Der gute Index nach der Einleitung des Klärwerks Buchenhofen (km 37) ist nicht erklärbar.

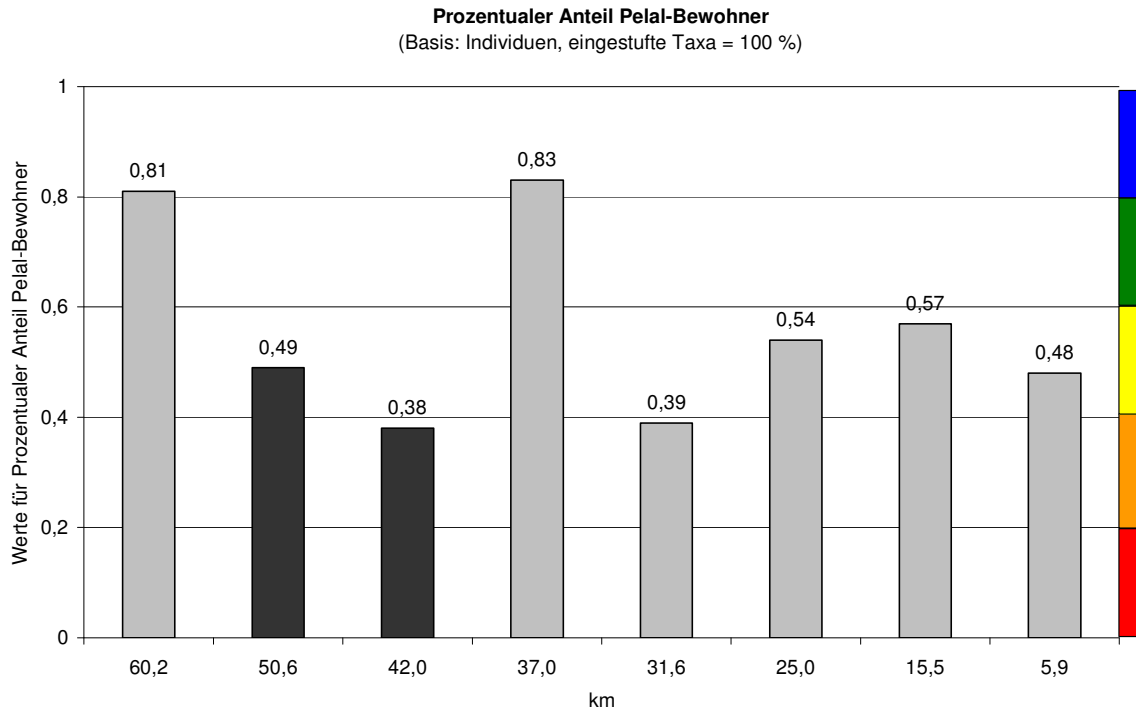


Bild 6.2.2-1: AQEM-Gütwerte für den prozentualen Anteil der Pelal-Bewohner (Basis: Individuen, eingestufte Taxa = 100 %) [VAN DEN BOOM, A.. 2004] (schwarz: Stadtgebiet, grau: außerhalb des Stadtgebietes)

6.2.3 Strömung

Bild 6.2-3-1 zeigt die Werte für den Rheoindex nach Banning. Auffällig ist der sehr niedrige Wert für die Probenahmestelle "Laaken", die in vielen anderen Betrachtungen als weitgehend ungestört erscheint. Die Art der Index-Berechnung (alle rheophilen und rheobionten Arten geteilt durch alle vorhandenen Arten) führt hier durch das Massenaufkommen der Köcherfliege *Lepidostoma hirtum*, die als Metarhithralanzeiger dennoch nicht als rheophil eingestuft wird, zu einem wahrscheinlich verzerrten Ergebnis. Hier sind möglicherweise noch Verbesserungen des AQEM notwendig. Ansonsten findet sich im Stadtgebiet nur eine unbefriedigend bis schlechte Anzahl von Rheophilen oder Rheobionten, während in den Abschnitten darunter die Werte nahe oder im guten Bereich liegen, was dem Augenschein entspräche.

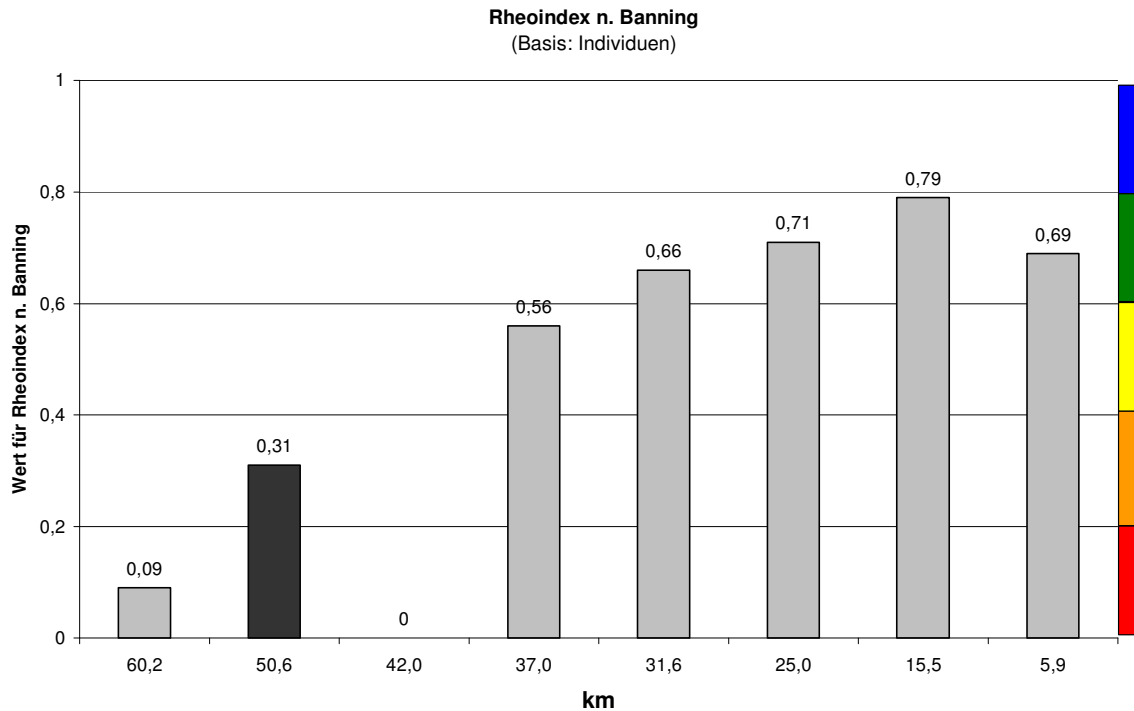


Bild 6.2.3-1: AQEM-Gütwerte für den Rheoindex nach Banning (Basis: Individuen) [VAN DEN BOOM, A. 2004] (schwarz: Stadtgebiet, grau: außerhalb des Stadtgebietes)

6.2.4 Metarhithral-Anzeiger

Bild 6.2.4-1 zeigt die Werte der Metarhithral-Anzeiger. Die Wasserkörper WK2 und WK3 der Unteren Wupper gehören in Gänze zum Rhithral, wobei das Metarhithral in das Hyporhithral übergeht. In Wasserkörper WK1 (nahe der Wupper-Mündung unterhalb der Wiembachmündung) geht das Hyporhithral ins Epipotamal über. - Die Metarhithralanzeiger finden sich dementsprechend in großer Anzahl in Laaken (Massenaufkommen von *Lepidostoma hirtum*), nicht mehr jedoch im Stadtgebiet unterhalb von Barmen. Weiter darunter (Rutenbeck) gehen sie sogar fast vollständig zurück. Hier zeigt sich eine deutliche Potamalisierung der Unteren Wupper, wie sie auch schon von VAN DEN BOOM und SCHARF [1999] festgestellt wurde. Wie allerdings das überwiegende Hyporithral des Gewässertyps 9 / Wupper hier eingeht und ob die Metric für den Übergangsbereich des Hyporithral ins Epipotamal geeignet ist (Leichlingen), erscheint fraglich. Die Theorie, dass diese Metric über Drift und Flug das "Einzugsgebiet widerspiegelt", darf zumindest bezweifelt werden, wenn das Metarhithral so viele Gewässerkilometer entfernt ist, wie an der Unteren Wupper. Hier wäre eine Metric wünschenswert, die die Güte nicht anhand oberhalb zurückliegender bzw. entfernter Gewässerabschnitte zu bewerten versucht sondern die anhand des tatsächlich vorliegenden Gewässerabschnittes (Hyporithral) bewertet. Noch stärker gilt das oben gesagte für den epipotamalen Abschnitt der Wupper. Wie hier eine Anzeige der Metarhithralbewohner die Güte bestimmen soll, erscheint fraglich, da sich die abiotischen Faktoren von Metarhithral und Epipotamal im Leitbild doch deutlich unterscheiden, auch wenn sie in der Typologie zu "Typ 9". zusammengefasst werden.

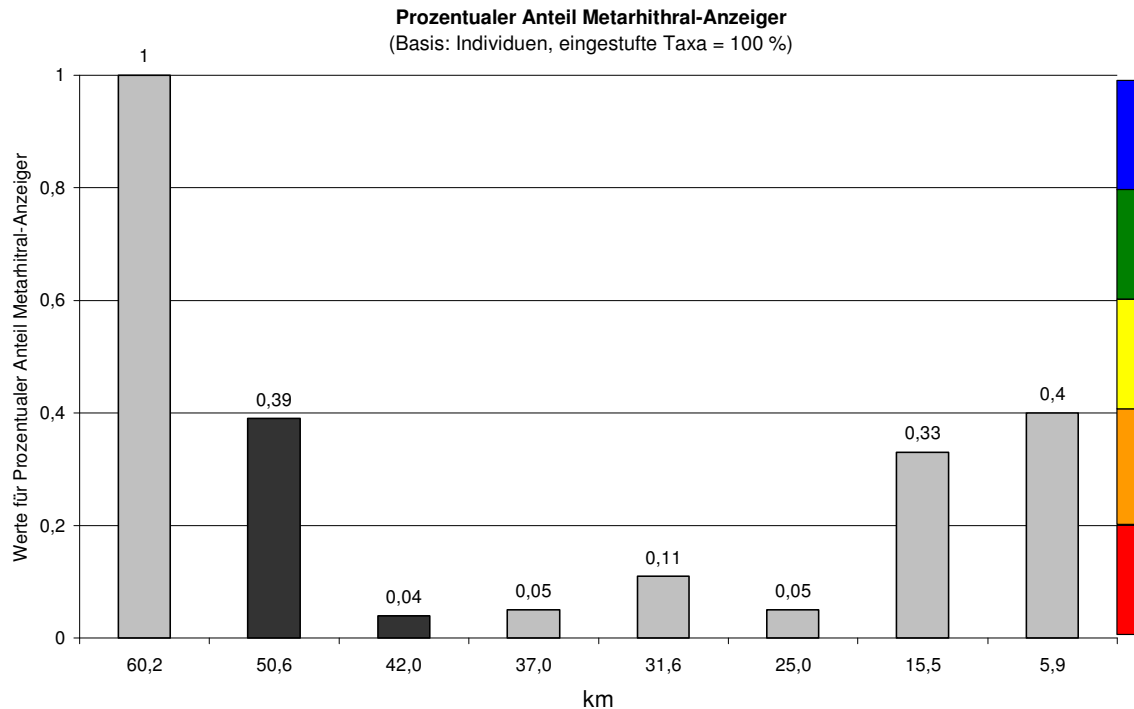


Bild 6.2.4-1: AQEM-Gütwerte für den prozentualen Anteil der Metarhithral-Anzeiger (Basis: Individuen, eingestufte Taxa = 100 %) [VAN DEN BOOM, 2004] (schwarz: Stadtgebiet, grau: außerhalb des Stadtgebietes)

Rhithron-Ernährungstypen-Index (RETI)

Der RETI ist ein aus der Ernährungstypenverteilung abgeleiteter Index, der als Bewertungskriterium die Naturnähe der Zusammensetzung der Ernährungstypengruppen nach dem River Continuum Concept (RCC) heranzieht. Der Index ist eine Zahl zwischen 0 und 1. Werte > 0,5 zeigen eine für naturnahe Rhithralabschnitte typische Ernährungstypenstruktur an.

Ernährungstypenanalyse

Die verschiedenen Makrozoobenthos-Arten unterscheiden sich auf Grund der Ausgestaltung ihrer Mundwerkzeuge und ihres Verhaltens hinsichtlich ihrer Ernährungsweise und der aufgenommenen Nahrung (s. Tab. 6.2.4-1). Eine Ernährungstypenanalyse der Makrozoobenthoslebensgemeinschaft ist ein Teilaspekt bei der Gewässerbewertung. Abweichungen vom Leitbild, das z. B. im River Continuum Concept [VANNOTE, 1980] beschrieben wird, können mit menschlichen Einflüssen in Beziehung gesetzt werden.

Die Probestelle Tennishalle/Laaken (km 60,2) stellt hinsichtlich des Einflusses aus dem bebauten Wuppertaler Stadtgebiet und der großen Klärwerke den „unbelasteten“ Referenzzustand dar. Die Ufer sind auf weiten Strecken von Gehölzen bestanden, so dass auch hinsichtlich dieses einen Strukturgüteparameters eine gewisse Naturnähe gemäß RCC gewährleistet ist. Dem RCC entsprechend sind Weidegänger in Laaken die Haupt-Ernährungstypen, gefolgt von Sammlern (Filterierer + Sedimentfresser). In dem gesamten weiteren Flussabschnitt bis zur Mündung in den Rhein treten die Weidegänger stark zurück trotz gleichbleibender bzw. sogar verstärkter Besonnung (durch auf weiten Abschnitten fehlende Ufergehölze). Sedimentfresser, die von sedimentiertem feinputikulären Material leben, stellen hier die Haupternährungstypen. Es liegt ein **Potamalisierungseffekt** (Auftreten von Lebensgemeinschaften, die erst für weiter unterhalb liegende Gewässerabschnitte typisch sind) vor.

Tab. 6.2.4-1: Die wichtigsten Ernährungstypen und ihre Nahrungsquelle

Ernährungstyp	Nahrungsquelle
Weidegänger	Algenaufwuchs und Biofilm auf Steinen und anderen Hartsubstraten
Zerkleinerer	Grobpartikuläres organisches Material (CPOM = coarse particulate organic matter), z. B. Falllaub
Sedimentfresser	Sedimentiertes feinpartikuläres organisches Material (FPOM = fine particulate organic matter)
Filtrierer	Suspendiertes feinpartikuläres organisches Material (FPOM)
Räuber	lebende Beutetiere
Sonstige + ohne Angabe	andere Nahrungsquellen wie Totholz, Zellen von Algen und höheren Wasserpflanzen, Körpersubstanzen des Wirts; in dieser Kategorie sind auch Arten, für die es keine Zuordnung gibt, enthalten.

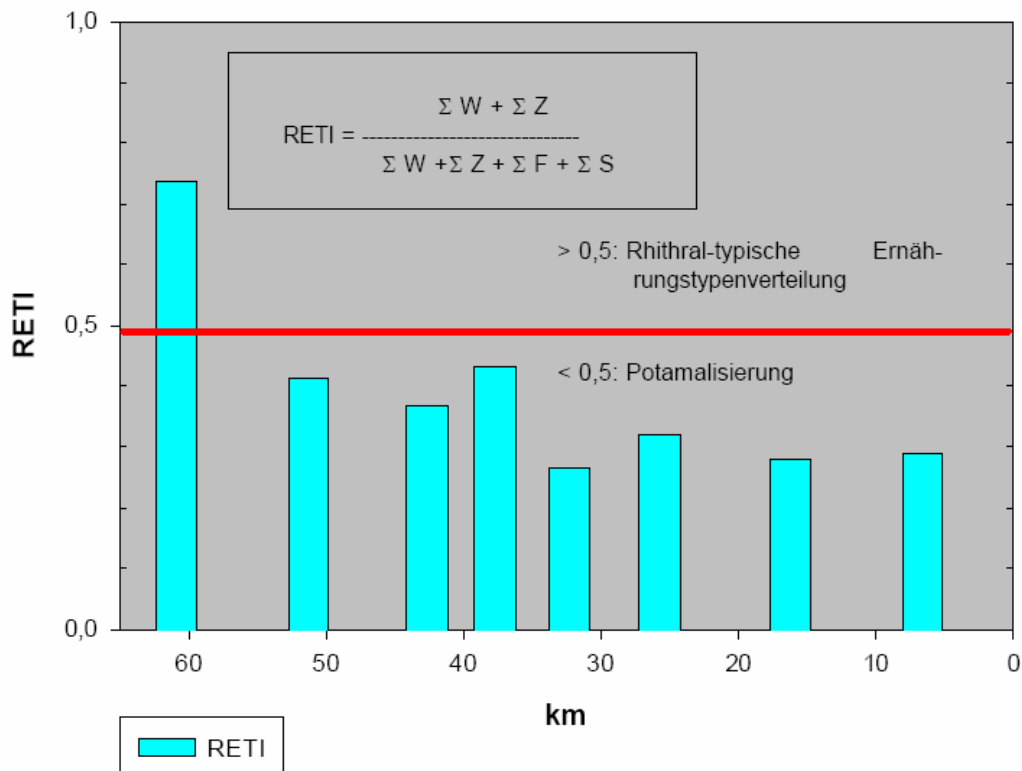


Bild 6.2.4-2: Aus der Ernährungstypenverteilung abgeleiteter Rhithron-Ernährungstypen-Index (RETI). Unterschreitet der RETI den Wert 0,5 liegt eine Abweichung von einer rhithraltypischen Ernährungstypenverteilung vor [SCHWEDER 1992]. W=Weidegänger, Z=Zerkleinerer, F=Filtrierer, S=Sedimentfresser Bild: [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]

Der Rhithron-Ernährungstypenindex RETI, welcher als Bewertungskriterium die Naturnähe der Zusammensetzung der Ernährungstypengruppen nach dem River Continuum Concept heranzieht, zeigt die Veränderungen an. Der Index ist eine Zahl zwischen 0 und 1. Werte >0,5 zeigen eine für naturnahe Rhithralabschnitte typische Ernährungstypenstruktur an. Im naturnahen Zustand sollten in der Unteren Wupper bis etwa Leichlingen Weidegänger und Zerkleinerer über die Filtrierer und Sedimentfresser dominieren. Die rhithraltypische Ernährungstypenstruktur ist nur an der Probenahmestelle Laaken gegeben. Im Wuppertaler Stadtgebiet sinkt der RETI knapp unter 0,5 und ab der Einleitung des Klärwerks Kohlfurth

deutlich unter 0,5. Der RETI zeigt somit ebenfalls den Potamalisierungseffekt an. Ab Leichlingen wird dieser Potamalisierungseffekt vom Übergang des Flusses ins Potamal überlagert.

6.2.5 Sauerstoffgehalt und Wasserqualität

Bild 6.2.5-1 zeigt die Werte für den prozentualen Anteil der Summe der Eintagsfliegen-, Steinfliegen- und Köcherfliegen-Taxa an den Gesamttaxa. Diese Arten zeigen vor allem die Sauerstoffverhältnisse im jeweiligen Gewässerabschnitt an. Insgesamt kann das Ergebnis für die Untere Wupper mit der Güteklasse "unbefriedigend" bezeichnet werden. Nur in Laaken und kurz unterhalb des Heizkraftwerks Barmen liegt die Güte noch im "mäßigen" Bereich. Sehr viel deutlicher wird der Qualitätsverlauf der Probenahmestellen allerdings abgebildet, wenn die EPT-Taxa auf die Gesamttaxa und nicht auf Häufigkeitsklassen bezogen werden (Bild 6.2.5-2).

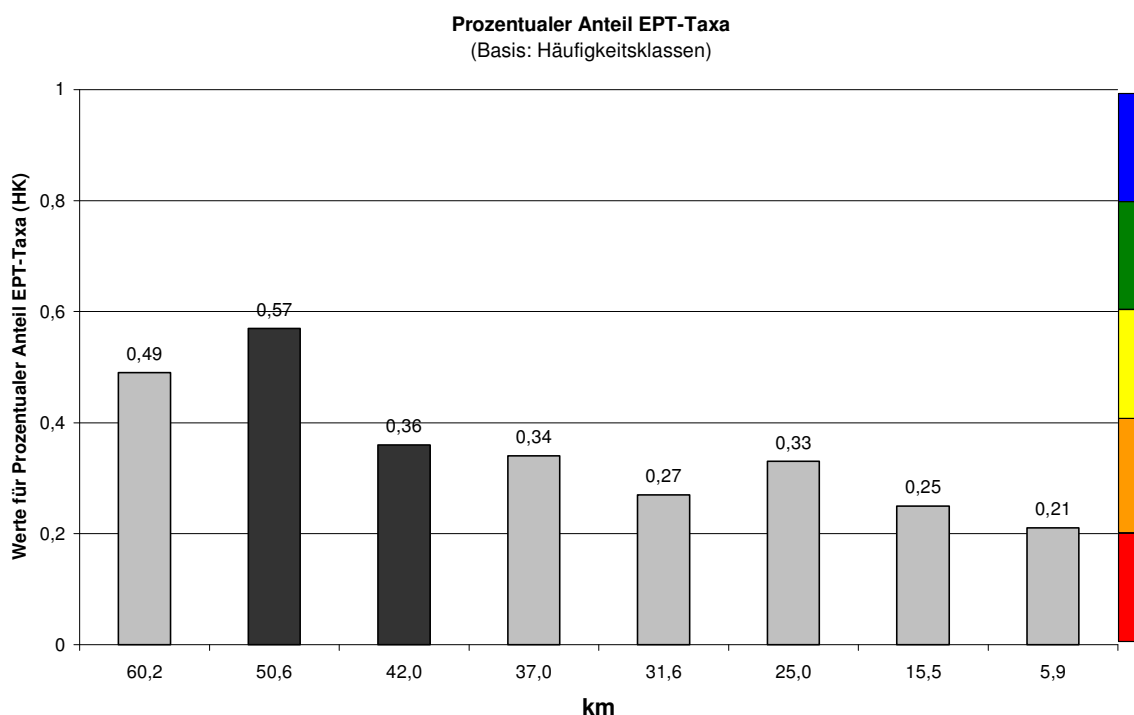


Bild 6.2.5-1: AQEM-Gütwerte für den prozentualen Anteil der EPT-Taxa
(Basis: Häufigkeitsklassen) [VAN DEN BOOM, 2004] (schwarz: Stadtgebiet, grau: außerhalb des Stadtgebietes)

Der EPT-Taxa-Reichtum wird als äußerst verlässlicher Index und als sehr sensitiv gegenüber Veränderungen in der Wasserqualität angesehen [Lenat & Barbour 1994]. Die Referenzprobestelle Beyenburg/Laaken weist insgesamt 33 EPT-Taxa auf. Diese Anzahl sinkt innerhalb des Wuppertaler Stadtgebietes auf ein Minimum von 15 Taxa ab (Rutenbecker Brücke). Als Ursachen sind stoßweise Belastungen aus Kanalentlastungen als auch das Temperaturregime möglich. In dem durch das Klärwerk Buchenhofen beeinträchtigten Abschnitt liegt die Zahl mit 18 Taxa ebenfalls sehr niedrig. Durch die prozentuale Darstellung gemäß AQEM ist der Anstieg in Bild 6.2.5-1 allerdings nicht erkennbar. Bis Glüder nimmt die Anzahl der EPT-Taxa wieder zu (Selbstreinigungsstrecke und Temperaturausgleich). In Nesselrath und Opladen sinkt die Zahl wieder leicht ab. Der Übergang zur epipotamalen Flussregion oder eine (zumindest stoßweise) Belastung der Wasserqualität kann hierfür ursächlich sein. Lediglich die Plecopteren erholen sich nicht. Mit

Eintritt in das Wuppertaler Stadtgebiet reduziert sich deren Taxa- und Individuenzahl und im weiteren Verlauf wurden höchstens noch Einzelexemplare gefunden.

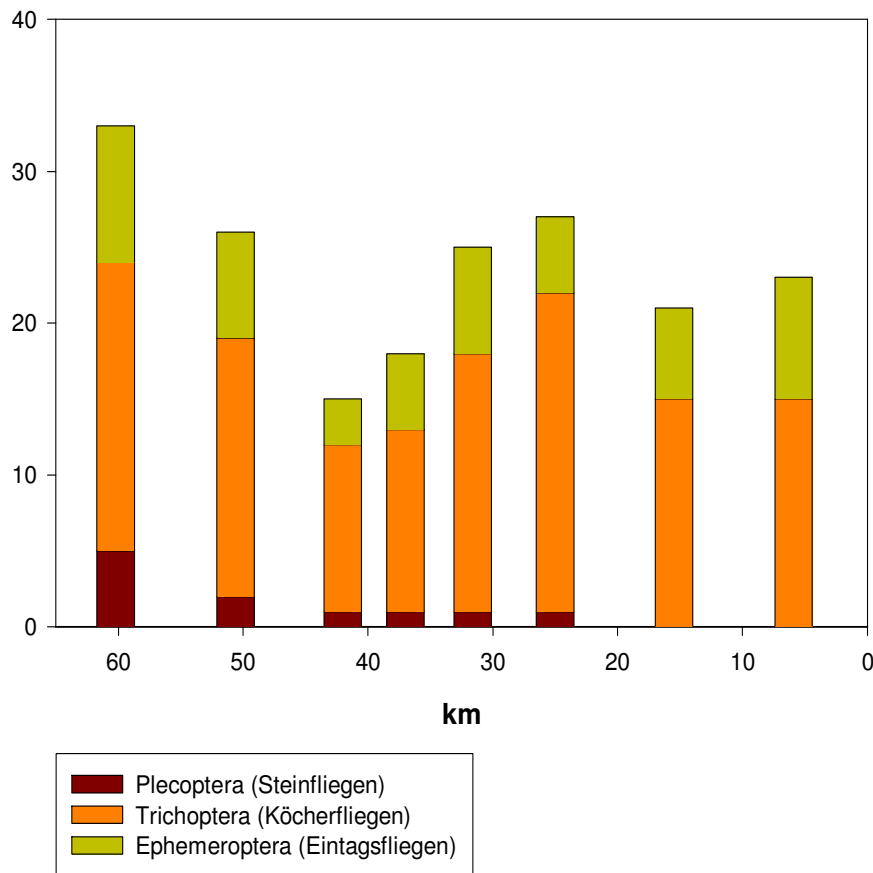


Bild 6.2.5-2: Prozentualer Anteil der EPT-Taxa (Basis: Gesamttaxa) [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W.;, 2002]

6.2.6 Biodiversität

Bild 6.2.6-1 zeigt die Werte für den Shannon-Wiener-Index. Der Shannon-Wiener-Index als Maß für die Biodiversität entstammt eigentlich der System- und Informationstheorie. Er beschreibt - in der Ökologie verwendet - die Zusammensetzung einer Gemeinschaft anhand der Seltenheit oder Häufigkeit ihrer Mitglieder, anhand der "Evenness". Er liegt für die Untere Wupper überwiegend im mäßigen Gütebereich. Allein kurz unterhalb des Heizkraftwerkes Barmen steigt er stark an und erreicht den "sehr guten" Bereich.

Dies läßt sich auf eine Verödung zurückführen, wo bei verringerter Artenzahl eine erheblich verringerte Individuenzahl auftritt, so dass die Probe eine "gleichmäßigere" Verteilung von Arten enthält als z.B. die Probe "Laaken" (Massenaufkommen von *Lepidostoma hirtum*). Dass eine Verödungszone als "besonders guter Bereich" abgebildet wird ist problematisch.

Die Anwendung von AQEM (und auch der anderen Verfahren) sollte immer durch Expertenwissen begleitet werden. Korrekturen sollten aus einwandfrei nachweisbarer fachlicher Sicht immer möglich bleiben (hier z.B. die Darstellung von Artenfehlbetrag), bis die Verfahren einen Reifegrad erreicht haben, der eine Normung erlaubt.

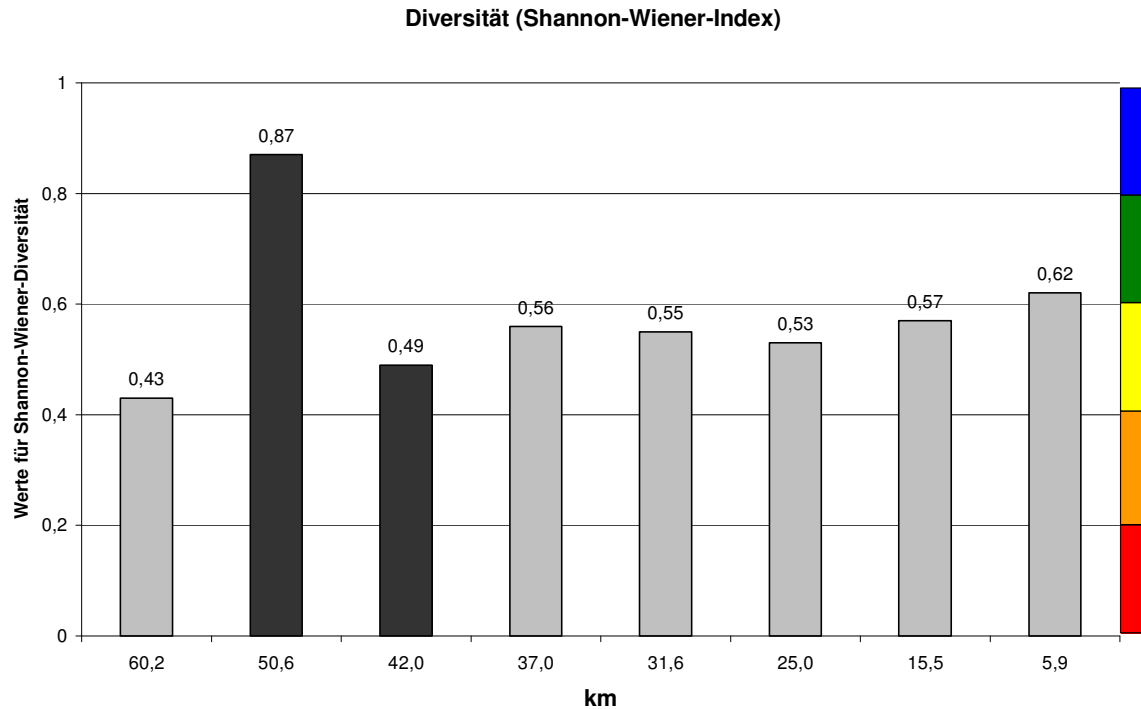


Bild 6.2.6-1: AQEM-Gütwerte für die Shannon-Wiener-Diversität [VAN DEN BOOM, 2004] (schwarz: Stadtgebiet, grau: außerhalb des Stadtgebietes)

An der Probenahmestelle Laaken wurde mit 74 Taxa die höchste und an der Probenahmestelle Rutenbeck mit 33 Taxa die niedrigste Taxazahl innerhalb dieser Probenahmeserie festgestellt.

Die Individuenzahlen sind insbesondere im Stadtgebiet drastisch verringert. Das deutliche Defizit im Bereich der Taxa lässt sich bis Kohlfurth feststellen (Bild 6.2.6-2).

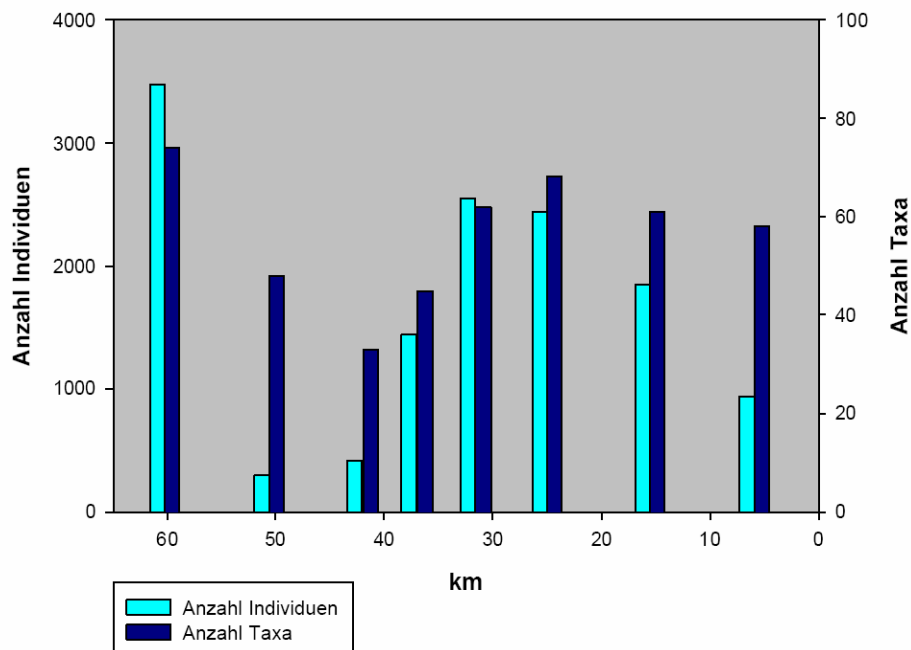


Bild 6.2.6-2: Taxazahlen und Individuenzahlen der Probenahmestellen [VAN DEN BOOM, A., SCHARF, W., 2002]

6.2.7 Degradation der Morphologie

Ein weiterer Index ist der Deutsche Fauna Index. Die Werte des Index schwanken von -2 (die Taxa treten bevorzugt in Fließgewässern mit degradiert Morphologie auf) bis +2 (die Taxa treten bevorzugt in Gewässern mit natürlicher Morphologie auf). Das Ergebnis wird dann in AQEM zwecks Vergleichbarkeit entsprechend normalisiert (siehe Bild 6.2.7-1). Das Ergebnis für die Degradation der Morphologie liegt für die Untere Wupper - wie auf Grund der Strukturgütekartierung zu erwarten - zwischen der Güteklasse "mäßig" und "ungenügend". Auch die "Referenzstrecke" Laaken (Tennishalle Kemna) liegt hier im oberen mäßigen Bereich, was durchaus mit der Strukturgütekartierung in den oben liegenden 1,5 Gewässerkilometern übereinstimmt (vor Ort: Sohlbewertung: grün; darüber: 1 km Sohlbewertung: gelb; darüber: 500 m Sohlbewertung und Ufer: orange, vergleiche Bild 6.2.7-2).

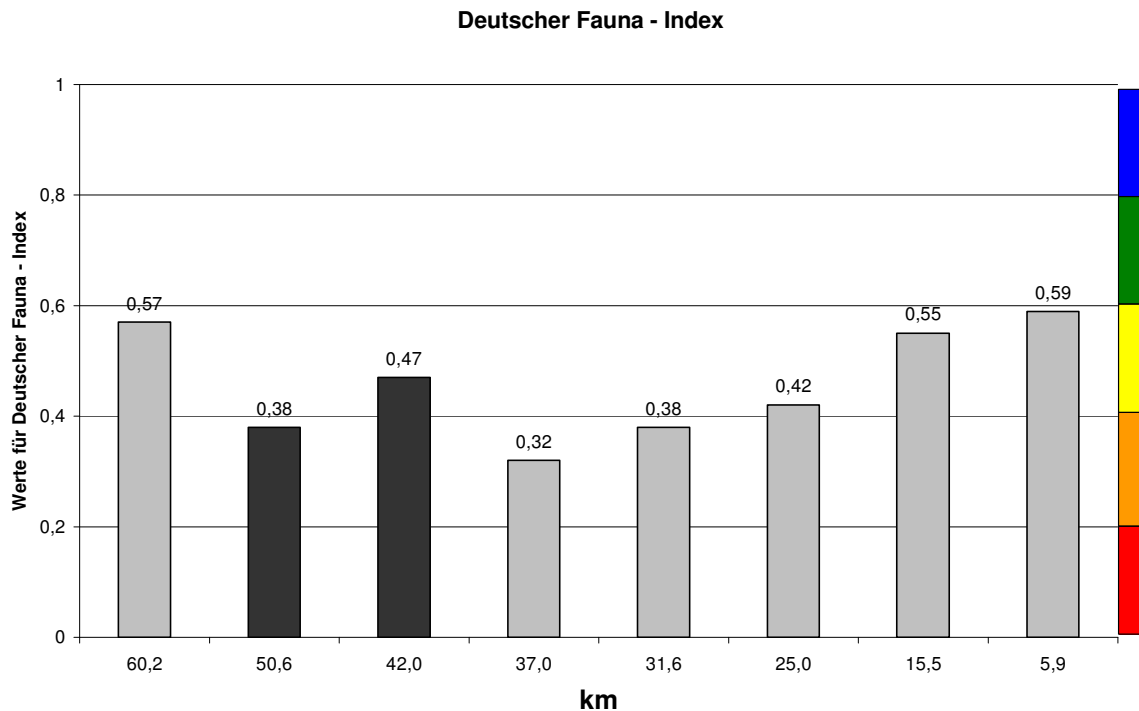


Bild 6.2.7-1: AQEM-Gütwerte für den Deutschen Fauna Index [VAN DEN BOOM, 2004] (schwarz: Stadtgebiet, grau: außerhalb des Stadtgebietes)

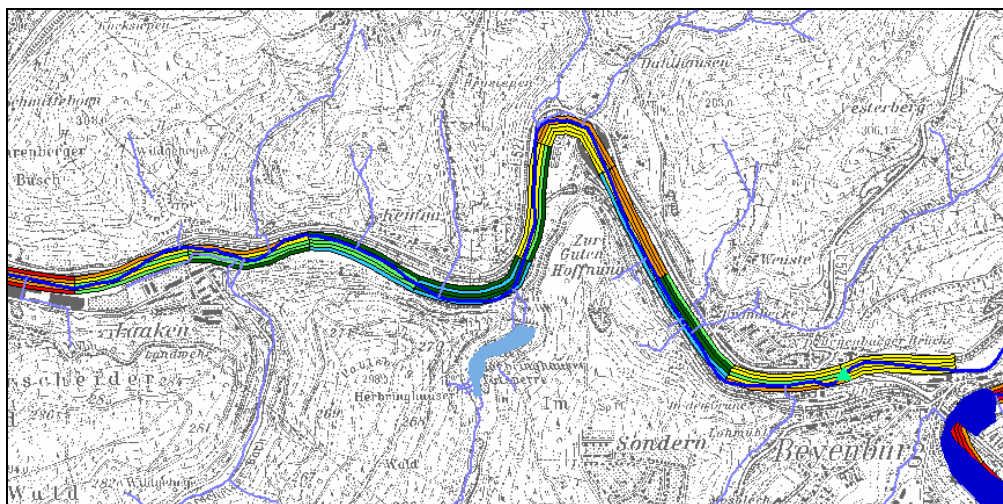


Bild 6.2.7-2: Gewässerstrukturgütekartierung der "Referenzmessstelle" Laaken (Tennishalle Kemna unterhalb der Herbringhauser Talsperre; Daten: StUA Düsseldorf; Darstellung: FLUGGS Wupper; GIS des WV im Internet)

6.3 Zusammenfassung

Insgesamt ergibt die Bewertung nach AQEM ein für einzelne Probenahmestellen und einzelne Indices nicht ganz schlüssiges Bild ab, welches sich über Mittelwertbildung zu einem insgesamt "mäßigen" Zustand nivelliert. Als beste Probenahmestellen erscheinen in der Summe "Laaken" sowie die letzten beiden Probenahmestellen vor der Mündung. Dies stimmt mit dem allgemeinen Eindruck der Probenahmestellen überein, wobei dem allgemeinen Eindruck nach in "Laaken" ein größerer Qualitätsabstand zu vermuten wäre. Die schlechteste Bewertung erhält "Rutenbeck" (km 42) und auch dies stimmt mit dem allgemeinen Eindruck der Probenahmestellen überein und passt mit anderen Befunden zusammen. Fasst man die Indizes des Modul "Allgemeine Degradation" zusammen, so ergibt sich Bild 6.3-1. Die Bewertung liegt im Bereich der mäßigen bis ungenügenden Güteklasse.

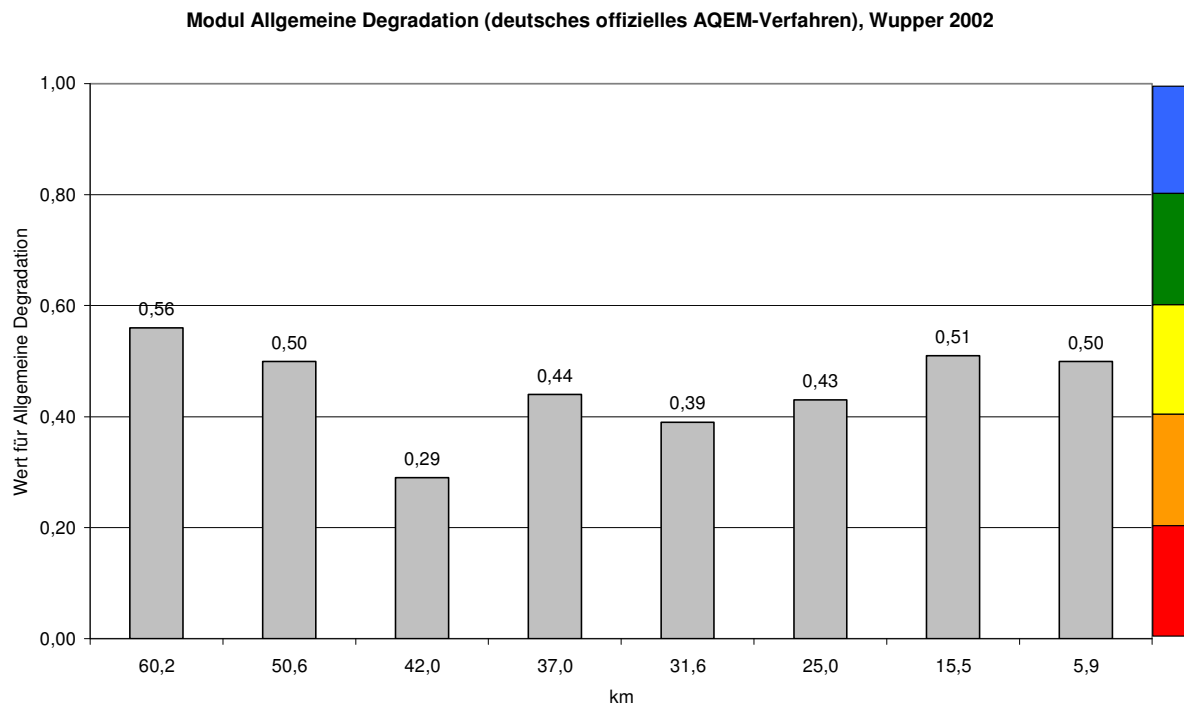


Bild 6.3-1: AQEM-Gütwerte für das Modul "Allgemeine Degradation" [VAN DEN BOOM, 2004]

Da die Bewertung im Modul Allgemeine Degradation an jeder Probenahmestelle unter der Bewertung des Moduls "Saprobie" liegt und gemäß AQEM der schlechtere der beiden Werte gilt, entspricht die Endbewertung der des Modul "Allgemeine Degradation". Betrachtet man das Makrozoobenthos, so liegt die Güte der Unteren Wupper im mäßigen bis ungenügenden Bereich.



Bild 6.3-2: Gewässergüte der Unteren Wupper in Bezug auf das Makrozoobenthos

Im Vergleich mit der Referenz-Probestelle Laaken zeigen sich im Längsverlauf der Unteren Wupper deutliche Makrozoobenthos-Defizite, die sowohl auf physikalisch-chemische als auch strukturelle Störungen zurückführbar sind wie auf Störungen der Nahrungsverfügbarkeit.

Der Eindruck der anthropogenen Verzerrung der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft, der aufgrund der aufgeführten Indizes gewonnen wird, wird noch gestützt durch die Betrachtung der aufgefundenen Tiergruppen. Zum Beispiel findet man die stark sauerstoffbedürftigen Steinfliegenlarven ab der Probestelle Rutenbecker Brücke bis zur Wuppermündung nur in Einzelexemplaren. Ursächlich für das Fehlen von Steinfliegen können Sauerstoffdefizite im Verbund mit durch Abwärmeeinleitungen erhöhten Wassertemperaturen sein. Unter den Köcherfliegenlarven zeigt das Auftreten der wärmeliebenden Art *Hydropsyche exocellata* Abwärmeeinleitungen an. Sie wurde lediglich in dem „wärmsten“ Gewässerabschnitt zwischen Arbeitsamt und Müngstener Brücke gefunden. Die Eintagsfliegenfauna erfährt durch anthropogene Einflüsse ab dem Stadtgebiet Einschnitte und durchläuft an der Probestelle Rutenbeck ein Minimum. Verglichen mit 1999 ist eine neue und erfreuliche Entwicklung das Auftreten der sauerstoffbedürftigen Art *Ecdyonurus torrentis* zwischen Kohlfurth und Nesselrath, ebenso das neue Auftreten von *Baetis vardarensis* in Opladen, eine Leitart für den Gewässertyp „Schottergeprägter Fluss des Grundgebirges“, zu dem die Wupper gehört.

Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus den drei Messstationen Laaken (km 57,5), Rutenbeck (km 41,8) und Opladen (km 5,5). Rutenbeck weist die niedrigsten absoluten Sauerstoff-Minima auf. Mögliche Ursache ist die Erwärmung der Wupper durch Abwärmeeinleitungen, die sowohl einen direkten physikalischen Effekt auf die Sauerstoffkonzentration als auch einen indirekten Effekt über die größere Aufwuchsbiomasse hat. Im weiteren Wupperverlauf kommt es abwasserbedingt zu einer Fortführung des reduzierten Sauerstoffangebotes, welches sich bis Opladen langsam erholt.

Der direkte Einfluss der erhöhten Temperatur auf die Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft ist nicht durch einen „Temperatur-Metrik“ nachweisbar (es gibt keinen „Temperatur-Metrik“). Bei wechselwarmen Tieren wie Makrozoobenthos und Fischen spielt die Temperatur jedoch eine wichtige, die Lebensprozesse steuernde Rolle. Jede Tierart und jedes ihrer Lebensstadien hat einen ihr eigenen **Temperatur-Toleranzbereich**, in dem sie überleben kann. Die für die Lebensprozesse der einzelnen Arten **optimalen Temperaturen** liegen in engeren Grenzen. Wenn auch bei Temperaturveränderungen im Gewässer die letalen

Grenzen meist nicht erreicht werden, so hat eine längere Temperaturerhöhung trotzdem eine Auswirkung auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft. Da sich die einzelnen Arten hinsichtlich ihrer Optimaltemperatur unterscheiden, führt eine dauerhafte Veränderung der Wassertemperatur zu einer Verschiebung in der Artenzusammensetzung, z. B. durch Beeinflussung der Wachstumsrate, des Schlüpftermins (von der Larve zum Insekt), der Schlüpfdauer, des Schlüpferfolgs und der Dauer der Embryonalentwicklung. Veränderungen dieser Lebensprozesse beeinflussen den Aufbau der Population der betreffenden Art, was Qualitäts- und Quantitätsänderungen in der gesamten Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft nach sich ziehen und Veränderung der Nahrungsqualität und -quantität für deren Konsumenten bedeuten kann [HUMPESCH et al. 1981]. Veränderungen in der Lebensgemeinschaft wirken sich auf die Metrics aus. Da auf die Lebensgemeinschaft immer ein ganzer Faktorenkomplex einwirkt und es keinen Metrik gibt, der einen Temperatureinfluss isoliert darstellen kann, können nur indirekte Hinweise gegeben werden: z. B. niedrige Taxa- und Individuenzahl im Stadtgebiet, niedrige Anzahl der EPT-Taxa.

Zusammenfassend lassen sich die Defizite der Makrozoobenthosbesiedlung folgenden Einflüssen zuordnen:

- Feinpartikeleintrag mit Abwassereinleitungen
 - Gewässerstrukturdefizite im Stadtgebiet
 - Sauerstoffdefizite durch hohe Nitrifikationsraten infolge der ammoniumhaltigen Klärwerkseinleitungen im Verbund mit durch Abwärme erhöhten Wassertemperaturen (durch hohe Temperaturen intensivierte Selbstreinigungsprozesse).
-

6.4 Literatur zu Kapitel 6

- AQEM CONSORTIUM 2004: Manual for the application of the AQEM System. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive, Version Nov. 2004; <http://www.aqem.de/>
- DIN 38410 T 2 1991: Bestimmung des Saprobienindex
- HERING, D. 2004: schriftliche Mitteilung, 28.10.2004
- HUMPESCH, U.H., M. DOKULIL, J.M. ELLIOTT & A. HERZIG (1981): Ökologische Auswirkungen der thermischen Gewässerbeeinflussung. Österreichische Wasserwirtschaft 34: Heft 5/6, 123-136
- LENAT, D.R. & M.T. BARBOUR (1994): zitiert aus STEINBERG, C., W. CALMANO, H. KLAPPER & R.-D. WILKEN (2000): Handbuch angewandte Limnologie. - Ecomed Verlagsgesellschaft.
- ROLAUFFS, P., HERING, D., SOMMERHÄUSER, S., JÄHNIG, S., RÖDIGER, S., 2003: Leitbildorientierte biologische Fließgewässerbewertung zur Charakterisierung des Sauerstoffhaushaltes, Umweltbundesamttexte 11/03
- vAN DEN BOOM, A., SCHARF, W. 2002: Ergebnisbericht Makrozoobenthos-Untersuchung Untere Wupper 2002, interner Bericht Wupperverband
- vAN DEN BOOM, A., SCHARF, W. 1999: Ergebnisbericht Makrozoobenthos-Untersuchung Untere Wupper 1999, interner Bericht Wupperverband
- vAN DEN BOOM, A., 2004: schriftliche Mitteilung vom 29.10.2004
- VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. M., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R., CUSHING, C. E., 1980: The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, pp. 130-137
-

Bei allen Angaben, die zur historischen Verbreitung von Fischarten existieren, ist zu berücksichtigen, dass sich die Nachweisangaben fast immer auf Fangorte beziehen. Das heißt, das Verbreitungskarten, die auf der Grundlage von historischen Daten erstellt werden, nur einen Ausschnitt des eigentlichen Verbreitungsgebietes darstellen. Dies ist auch bei Bild 7.1-1 zu berücksichtigen. Die Angaben zum Vorkommen des Lachses beziehen sich nur auf die Flussabschnitte der Gewässer Dhünn und Wupper. Dies sind mit großer Wahrscheinlichkeit auch die Gewässer, in denen die Art kommerziell gefangen wurde. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Lachs auch die Talauebäche als Fortpflanzungsgewässer genutzt hat. Da in diesen Bereichen die Fangausbeute jedoch zu gering war,

wurde hier nur sehr selten gefischt. Entsprechend sind auch nur sehr wenige Informationen zur Verbreitung der Lachse in diesen Abschnitten vorhanden. Nach ULLMANN [1971], der heimatkundliche Abhandlungen in Bezug auf die historische Verbreitung des Lachses in der Wupper sichtete, stieg die Art bis in den Oberlauf der Wupper auf, um sich dort fortzupflanzen.

Weitere Wanderfischarten, die nach ULLMANN [1971] die Wupper und ihre Nebengewässer besiedelt haben, sind Flunder, Meerforelle, Fluss- und Meerneunauge. Ihre Verbreitung dürfte, mit Ausnahme des Flussneunauges, jedoch nicht so groß gewesen sein wie die des Lachses. Das Vorkommen von Flunder und Meerneunauge dürfte sich vor allem auf die Unterläufe von Wupper und Dhünn beschränkt haben. Flussneunaugen haben mit großer Wahrscheinlichkeit die Gewässer bis in die Abschnitte der Großen Talauebäche besiedelt.

Für die weitgehend stationären Arten finden sich bei ULLMANN [1971] folgende Angaben:

- die Äsche im Mittel- und Unterlauf,
- die Nase oder „Makrele“ im Unterlauf,
- der Döbel bei Marienheide,
- die Barbe im Unterlauf,
- der Barsch im Unterlauf,
- der Hecht im Oberlauf sehr selten, im Unterlauf häufiger und
- die Schleie im Unterlauf.

Als häufigste Art für die Wupper und deren Mündungsgewässer nennt ULLMANN [1971] die Bachforelle. Als typische Begleitarten dieser Salmonidenart werden Schmerle, Elritze, und Koppe genannt. Speziell für den Unterlauf werden noch Arten wie Rotaugen, Rotfeder und Brachsen genannt.

Zusammenfassend sind die Angaben zur historischen Fischfauna in der Tab. 7.1-1 dargestellt. Die Einteilung in die Bereiche Ober-, Mittel- und Unterlauf richten sich nach den Angaben von ULLMANN [1971]. Er teilt die Wupper wie folgt ein:

- Oberlauf: Wipper bzw. Wupper bis Wipperfürth
- Mittellauf: Wipperfürth bis Leichlingen
- Unterlauf: Leichlingen bis Mündung

Die Einteilung in Ober-, Mittel- und Unterlauf entspricht nach ULLMANN [1971] auch der Einteilung der Wupper nach Fischregionen. Der Oberlauf entspricht demnach der Forellen-, der Mittellauf der Äschen- und der Unterlauf der Barbenregion.

Tabelle 7.1-1: Zusammenstellung der historischen Fischfauna der Wupper für den Zeitraum von ca. 1750 bis 1900

		Oberlauf	Mittellauf	Unterlauf	R.-L. NRW gesamt
Aal	- <i>Anguilla anguilla</i>			+	*
Äsche	- <i>Thymallus thymallus</i>		+		V
Bachforelle/Meerforelle	- <i>Salmo trutta</i>	+	+	+	3
Bachneunauge	- <i>Lampetra planeri</i>	+	+		3
Barbe	- <i>Barbus barbus</i>			+	3
Brassen	- <i>Abramis brama</i>			+	*
Döbel	- <i>Leuciscus cephalus</i>		+	+	*
Dreistachliger Stichling	- <i>Gasterosteus aculeatus</i>			+	*
Elritze	- <i>Phoxinus phoxinus</i>	+	+	+	3
Flunder	- <i>Platichthys flesus</i>			+	ohne
Flussbarsch (Barsch)	- <i>Perca fluviatilis</i>			+	*
Flußneunauge	- <i>Lampetra fluviatilis</i>		+	+	1
Groppe (Koppe)	- <i>Cottus gobio</i>	+	+	+	*
Gründling	- <i>Gobio gobio</i>		+	+	*
Hasel	- <i>Leuciscus leuciscus</i>			+	*
Hecht	- <i>Esox lucius</i>			+	3
Lachs	- <i>Salmo salar</i>	+	+	+	1
Meerneunauge	- <i>Petromyzon marinus</i>			+	1
Nase	- <i>Chondrostoma nasus</i>			+	2
Quappe	- <i>Lota lota</i>			+	1
Rotaue	- <i>Rutilus rutilus</i>			+	*
Rotfeder	- <i>Scardinius erythrophthalmus</i>			+	3
Schleie	- <i>Tinca tinca</i>			+	3
Schmerle	- <i>Barbatula barbatula</i>		+	+	*
Schneider	- <i>Alburnoides bipunctatus</i>		+		1
Steinbeißer	- <i>Cobitis taenia</i>			+	D

+ = Nachweis der entsprechenden Art; Angaben zum Rote-Liste Status aus: „Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Nordrhein-Westfalen (R.-L. NRW gesamt, LÖBF 1999)“; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; D = Daten nicht ausreichend; V = Vorwarnliste (zurückgehend); * = nicht gefährdet;

Die in Tabelle 7.1-1 dargestellten Spezies repräsentieren sicherlich nicht das gesamte Spektrum der in der Wupper vorgekommenen Fischarten. Mit großer Wahrscheinlichkeit dürften weitere Spezies, die vor allem Auengewässer besiedeln, zumindest zeitweilig in der Wupper vorhanden gewesen sein. Als Beispiel sei hier das Moderlieschen und der Bitterling genannt. Das Vorkommen dieser Arten dürfte sich jedoch ausschließlich auf den Unterlauf beschränkt haben, da der Fluss nur hier entsprechende Auenlebensräume wie z. B. Altarme aufwies (vgl. Bild 2.5.1-3).

Ebenfalls historisch belegt ist nach ULLMANN [1971] das Vorkommen von Regenbogenforelle und Bachsaibling. Beide Arten sind jedoch auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen.

Bei der Betrachtung des historischen Vorkommens von Fischarten darf nicht übersehen werden, dass die Entwicklung aquatischer Lebensgemeinschaften seit dem Mittelalter durch den Menschen beeinflusst wurde. Gravierende Einschnitte in Bezug auf die Überlebensfähigkeit gewässertypischer Spezies begannen sowohl mit dem Errichten von Wehren als auch mit der Nutzung der Wupper zur Abwasserentsorgung im Zuge der Industrialisierung vor ca. 200 Jahren. Durch Abwässer aus Färbereien, Bleichebetrieben und metallverarbeitenden Unternehmen wurde das Ökosystem Wupper seit Mitte des 17. Jahrhunderts mit zunehmender Intensität beeinträchtigt. Der im Laufe der Zeit immer stärker werdende Nutzungsdruck führte dazu, dass die Wupper von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur

Mitte der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts über weite Strecken hinweg biologisch tot war [vgl. SCHARF 1993, VIETORIS 2002].

Für die Fischfauna bedeutete diese Entwicklung, dass von den natürlicherweise anzutreffenden Arten nur noch wenige Restpopulationen in Abschnitten oberhalb von Wuppertal überleben konnten oder in Seitenbächen der Wupper Rückzugsgebiete fanden. Einige Arten verschwanden auch ganz aus dem Wuppersystem. Als Beispiele seien hier die Wanderfische Lachs, Fluss- und Meerneunauge genannt, die in Folge unüberwindlicher Barrieren nicht mehr in das Wuppersystem einschwimmen konnten, auf Grund der schlechten Gewässergütesituation jedoch auch keine Entwicklungsmöglichkeiten gehabt hätten. Aber auch solche Fischarten, die keine ausgedehnten Wanderungen unternehmen, verschwanden aus der Wupper. Beispiele hierfür sind Barbe und Nase.

Erst Anfang der 70er Jahre entspannte sich die Situation langsam. Durch den Bau neuer bzw. die Sanierung alter Kläranlagen sowie durch die Verschärfung von Gesetzen zur Wasserreinhaltung verbesserte sich die Gewässergüte der Wupper. Seit 1893 verbesserte sich die Situation soweit, dass eine Regeneration der aquatischen Lebensgemeinschaften zu beobachten war. Einen Überblick über die Entwicklung der Gewässergütesituation zeigt Bild 7.1-2.

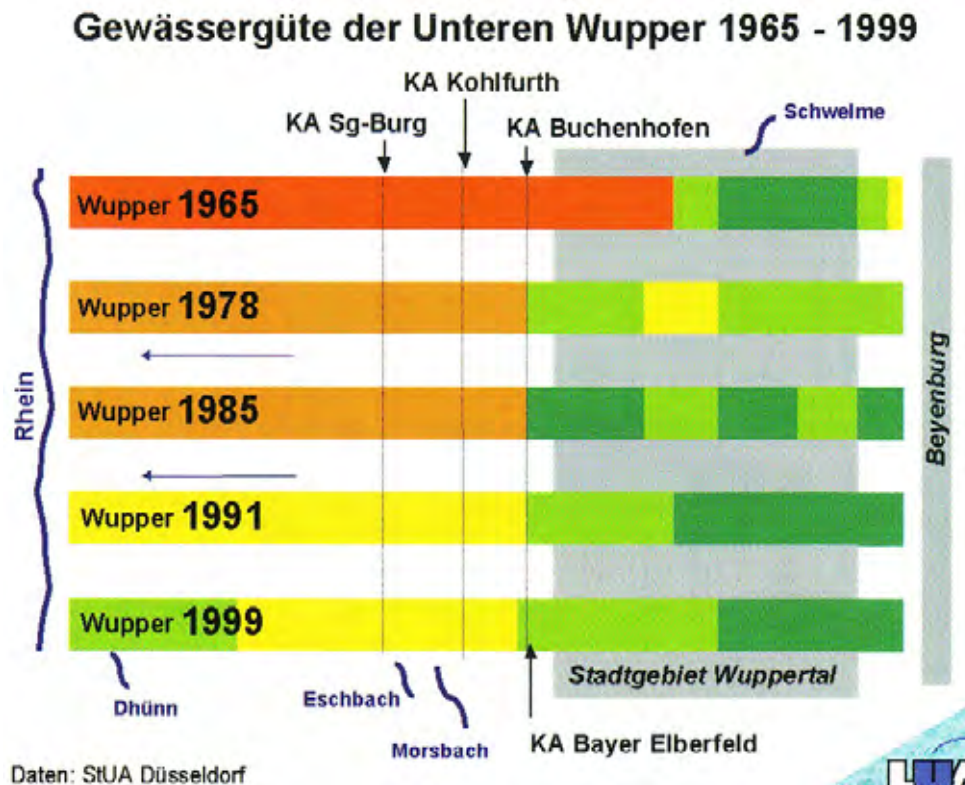


Bild: 7.1-2: Entwicklung der Gewässergüte in der Wupper, aus VIETORIS [2002]

Die Verbesserung der Gewässergütesituation hat allerdings nicht dazu geführt, dass sich alle ehemals in der Wupper vorhandenen Fischarten wieder ansiedeln konnten. Auch aktuell bestehen durch den Nutzungsdruck auf die Wupper erhebliche Beeinträchtigungen, die eine positive Entwicklung der aquatischen Lebensgemeinschaften negativ beeinflussen. Neben noch bestehenden Gewässergüteproblemen ist auch zu berücksichtigen, dass die Wupper im Zuge der Urbanisierung der Landschaft auch strukturell stark verändert wurde. Viele gewässertypische Lebensräume sind verschwunden und können sich aufgrund des zum Teil hohen Ausbaugrades auch nicht entwickeln. Für die Fischfauna bedeutet diese Entwicklung,

dass für sie wichtige Habitatstrukturen fehlen. Wie sich die Strukturdefizite auswirken können, sei an dieser Stelle nur an einem Beispiel dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Kap. 8.

Die Bachforelle ist die Leitart der nach ihr benannten Forellenregion. Dementsprechend besiedelt sie bevorzugt die schnell und turbulent fließenden, sauerstoffreichen Oberläufe der Fließgewässer. Bachforellen sind Revierbildner. Sie stehen häufig unter ins Wasser ragenden Baumwurzeln, in Kolken oder unter unterspülten Uferbereichen. Aus der Deckung heraus verteidigen sie ihre Reviere oder jagen Beute. Diese für Bachforellen wichtigen Gewässerstrukturen sind in unter technischen Gesichtspunkten ausgebauten Gewässern nicht oder nur sehr selten zu finden.

Wie sich die Entwicklung der Wupperfischfauna seit Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts entwickelt hat, kann auf Grund von verschiedenen Untersuchungen, die für das

Tab. 7.1-2: Zusammenstellung der Fischfauna der Wupper für den Zeitraum von 1989 bis 2004

	SPÄH (1989)	SPÄH (1996)	WUTTKE (1997)	WUTTKE (1998)	SPÄH (1998)	*NZO- GmbH	**mündl. Mittelteil.
Aal	+	+		+	+	+	+
Äsche	+	+			+	+	
Bachforelle	+	+	+	+	+	+	
Bachneunauge			(+)			+	
Bachsaibling			+				
Barbe		+	+	+	+	+	
Brassen	+		+				
Döbel	+	+	+	+	+	+	
Dreistachliger Stichling	+		+			+	
Elritze	+		+		+	+	
Flunder			+				+
Flussbarsch (Barsch)	+			+	+	+	
Flußneunauge			+				+
Giebel	+					+	
Gründling	+	+	+	+	+	+	
Hasel	+	+	+	+	+	+	
Hecht	+	+	+		+		
Kaulbarsch	+		+			+	
Karpfen			+		+		
Koppe (Groppe)	+		+		+	+	+
Lachs			+			+	+
Meerneunauge						+	+
Meerforelle		+	+	+			+
Moderlieschen			+				
Nase				+	+	+	
Quappe	+			+		+	
Rapfen			+				
Regenbogenforlle	+	+	+			+	
Rotauge	+	+	+	+		+	
Rotfeder			+				
Schleie		+	+	+			
Schmerle	+		+		+	+	
Ukelei	+						
Zander	+		+				

+ = Nachweis der betreffenden Art;

* = Artnachweise im Rahmen von Untersuchungen für das vorliegende Gutachten;

** = mündliche Mitteilungen der Bezirksregierung Düsseldorf und von Mitarbeitern des Wanderfischprogramms NRW zum Vorkommen von Wanderfischen

(+) = wird von WUTTKE (1998) nur für Mündungsbereiche kleinerer Bäche beschrieben

vorliegende Gutachten ausgewertet wurden, zumindest in Bezug auf die Artpräsenz nachvollzogen werden. Die Auswertung soll einen Überblick über das Fischartenspektrum, das in der Wupper in den letzten Jahren nachgewiesen wurde, geben. Im Zusammenhang mit den für die nordrhein-westfälischen Gewässertypen (LUA 2002) erarbeiteten fischfaunistischen Leitbilder (NZO-GMBH 2003 b, KLINGER u. HOFFMANN 2004), können unter Berücksichtigung der historischen Situation in gewissen Grenzen Rückschlüsse auf das natürlicherweise vorhandene Arteninventar der Wupper gezogen werden.

Obwohl die Zusammenstellungen der Artenspektren in der Tab. 7.1-2 keine Aussagen zur Verbreitung der Spezies und auch nicht zu den Dominanzverhältnissen zulässt, zeigt die Tabelle zum einen, dass in dem Zeitraum von 1989 bis 2004 insgesamt 34 Fischarten in der Wupper festgestellt werden konnten. Zum anderen sind viele Fischarten in der Tabelle verzeichnet, für die auch historische Nachweise bestehen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich einige Arten nicht selbstständig in der Wupper entwickeln. Ihre Präsenz ist u. a. auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen. Als Beispiel sei hier der Lachs genannt. Grundsätzlich zeigt die Artenzusammenstellung, dass neben solchen Fischarten, die keine sehr hohen Ansprüche an ihren Lebensraum stellen, auch solche Arten vorhanden sind, die einen hohen Zeigerwert für die Ausprägung bestimmter gewässertypischer Lebensräume haben. Hier seien als Beispiele Äsche, Barbe, Elritze und Nase sowie die Neunaugenarten genannt.

Zur Ableitung gewässertypischer Leitbilder soll im Folgenden geprüft werden, ob und in Bezug auf welche Fischarten das historische Fischartenspektrum von dem aktuell bekannten Artenspektrum abweicht (Tab. 7.1-3)

Anhand der Tab. 7.1-3 wird deutlich, dass das historische Fischartenspektrum (1750 - 1900) dem für den Zeitraum von 1989 bis 2004 ähnlich ist. Unterschiede bestehen in Bezug auf die 8 Arten Giebel, Kaulbarsch, Karpfen, Moderlieschen, Rapfen, Ukelei, Steinbeißer und Zander. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass einige der historisch fehlenden Spezies, die aktuell jedoch vorhanden sind, auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen sind. Die betrifft u. a. die Arten Giebel und Karpfen. Aber auch die beiden Arten Kaulbarsch und Moderlieschen sind nach WUTTKE [1997] mit großer Wahrscheinlichkeit auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen. Beide Arten wurden in für sie untypischen Abschnitten des Wuppersystems beschrieben. Der Kaulbarsch wurde unterhalb der Wuppertalsperre registriert, während das Moderlieschen oberhalb vom Beyenburger Stausee festgestellt wurde [WUTTKE 1997].

Rapfen und Zander sind zwei Arten, die sich vor allem in den letzten 10 Jahren im Rhein ausgebreitet haben. Ihre Präsenz in der Wupper ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Tiere vom Rhein aus in den Unterlauf der Wupper einwandern. Eine Art, die in der Vergangenheit registriert wurde, für die aktuell jedoch keine Nachweise vorliegen, ist der Steinbeißer. Diese eher für wärmere Fließgewässer mit Feinsedimentsohle typische Art wurde von BORNE 1882 für den Bereich der Wupper oberhalb von Wipperfürth beschrieben. Dieser Wupperabschnitt entspricht weder aktuell noch historisch gesehen den Habitatansprüchen des Steinbeißers. Es kann nicht endgültig geklärt werden, ob die Art tatsächlich im Wupperoberlauf vorhanden war, oder ob es sich um eine Fehlinformation handelt. Die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um eine Fehlbestimmung handelt ist jedoch groß.

Insgesamt zeigen die Auswertungen zur historischen Entwicklung der Wupperfischfauna, dass trotz der zahlreichen Beeinflussungen aktuell 26 der 28 Spezies (93%), die für den Zeitraum von 1750 bis 1900 beschrieben sind auch nach der abschnittswisen Vernichtung der aquatischen Biozönosen in der Wupper wieder nachgewiesen werden können. Diese Betrachtung auf Artniveau lässt natürlich keine Rückschlüsse hinsichtlich der mengenmäßigen Fischartenzusammensetzung in der Wupper zu, aber es wird deutlich, dass

gewässertypische Entwicklungspotentiale in Bezug auf die Fischfauna in der Wupper vorhanden sind.

Tab. 7.1-3: Vergleich der Fischfauna der Wupper für die Zeiträume 1750 bis 1900 und 1989 bis 2004

	1750 - 1900	1989 - 2004
Aal	+	+
Äsche	+	+
Bachforelle	+	+
Bachneunauge	+	+
Bachsaibling	+	+
Barbe	+	+
Brassen	+	+
Döbel	+	+
Dreistachliger Stichling	+	+
Elritze	+	+
Flunder	+	+
Flussbarsch (Barsch)	+	+
Flußneunauge	+	+
Giebel		+
Gründling	+	+
Hasel	+	+
Hecht	+	+
Kaulbarsch		+
Karpfen		+
Koppe (Groppe)	+	+
Lachs	+	+
Meerneunauge		+
Meerforelle	+	+
Moderlieschen		+
Nase	+	+
Quappe	+	+
Rapfen		+
Regenbogenforelle	+	+
Rotaugen	+	+
Rotfeder	+	+
Schleie	+	+
Schmerle	+	+
Ukelei		+
Schneider	+	
Steinbeißer	+	
Zander		+

+ = Nachweis der entsprechenden Art

7.2 Leitbilder nach Wasserrahmenrichtlinie

7.2.1 Definition Leitbild

Eine wesentliche Grundlage für die Beurteilung von aktuellen Gewässerzuständen ist der Abgleich mit einem natürlichen oder naturnahen Zustand. Aus diesem Grund werden sog. Leitbilder für die Gewässer beschrieben. Sie dienen zudem unter Beachtung der planerischen Rahmenbedingungen als Grundlage für die Ableitung von Entwicklungszielen.

Das Leitbild beschreibt den heutigen potenziell natürlichen Gewässerzustand anhand des Kenntnisstandes über die natürliche Funktion des Ökosystems Fließgewässer. Es ist das aus rein naturwissenschaftlicher Sicht maximal mögliche Sanierungsziel, das keine sozio-ökonomischen Einschränkungen berücksichtigt. Ebenso bleiben Kosten-Nutzenbetrachtungen unberücksichtigt. Eingeschlossen sind nur irreversible anthropogene Veränderungen des Gewässerökosystems.

Auf der Grundlage geographischer, geologischer und hydrologischer Gegebenheiten werden die Gewässer referenzbezogen typisiert. Neben der bundesweiten Typisierung, die z. Z. noch nicht endgültig abgeschlossen ist, wurden auch für NRW Gewässertypen beschrieben, die im Vergleich zur bundesweiten Typisierung eine deutlich kleinräumigere Abgrenzung von Gewässertypen beinhalten [LUA 2002]. Grundlage für die weiteren Betrachtungen im Rahmen des vorliegenden Gutachtens sind die für NRW beschriebenen Leitbilder des Landesumweltamtes NRW [LUA 2002].

Das Leitbild entspricht dem Referenzzustand im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie.

7.2.2 Fische in der Wasserrahmenrichtlinie

In der EG-WRRL werden in Anhang V Tabelle 1.2 explizit folgende Parameter für die Beurteilung der Fischfauna genannt:

- Zusammensetzung der Arten (Artenspektrum)
- Abundanz der Arten (Dominanz und Stetigkeit)
- Vorhandensein typspezifischer störungsempfindlicher Arten
- Altersstruktur der Fischgemeinschaft / Störungen bei der Fortpflanzung oder Entwicklung (Reproduktion)

Nach Anhang V ist der sehr gute ökologische Zustand von Fließgewässern in Bezug auf die Fischfauna dann gegeben, wenn

- keine Abweichungen von einer ungestörten Zusammensetzung und Abundanz der Fischarten erkennbar sind, d. h. insbesondere alle typspezifischen störungsempfindlichen Arten vorhanden sind, sowie
- die Altersstruktur auf eine ungestörte Fortpflanzung und Entwicklung der Fischarten schließen lässt.

Anhand der Definition des sehr guten ökologischen Zustandes wird deutlich, dass die WRRL für den Leitbildzustand eine weitgehend anthropogen unbeeinflusste Entwicklung der typspezifischen Fischfauna fordert. Dies bedeutet auch, dass sich gewässertypische Lebensräume entwickeln können. Unter natürlichen bzw. naturnahen Bedingungen sind Fließgewässer hoch dynamische Systeme. Die Lebensbedingungen sind - abgesehen von biotischen Wechselwirkungen - gekennzeichnet durch Faktoren wie Strömung, schwankende Wasserstände, dynamische Substratverlagerungen und bestimmte physikalisch-chemische Parameter. Die meisten bundesdeutschen Fließgewässer sind mehr oder weniger stark

anthropogen überformt. Durch Begradigungen, den Ausbau unter technischen Gesichtspunkten und Stauregulierungen sind dynamische Prozesse innerhalb der Gewässer weitgehend unterbunden.

7.2.3 Methode der fischfaunistischen Leitbilderstellung

Die Methode der fischfaunistischen Leitbildfindung wurde im Rahmen zweier Projekte entwickelt. Im Rahmen des BMBF-Projektes „Erforderliche Probenahme und Entwicklung eines Bewertungsschemas zur ökologischen Klassifizierung von Fließgewässern anhand der Fischfauna“ wurde eine bundesweit anwendbare Methode zur Erstellung von fischfaunistischen Leitbildern entwickelt [NZO-GMBH 2004, HOFFMANN u. KLINGER 2004]. Getestet wurde die Methode im Auftrag des MUNLV [NZO-GMBH 2003 b] für die in NRW abgegrenzten Gewässertypen [LUA 2002].

Einen Überblick zur Vorgehensweise zeigt Bild 7.2.3-1.

In Anlehnung an das Ablaufschema (Bild 7.2.3-1) gliederte sich das Vorgehen wie folgt:

Als Grundlage für die Ableitung von fischfaunistischen Leitbildern wurden soweit vorhanden aktuelle Daten typbezogen gesichtet und dem entsprechenden Gewässertyp zugeordnet. Die so gewonnene Datengrundlage für die Fischfauna wurde hinsichtlich des Artenspektrums, der Dominanzverhältnisse und der Stetigkeiten der einzelnen Arten ausgewertet. Auf dieser ersten Auswertungsebene wurde geprüft, ob grundsätzlich solche Fischarten den Gewässertyp besiedeln, die einen hohen Indikatorwert für naturnahe Verhältnisse darstellen. Um einen Einblick zu bekommen, welche Fischarten in den Gewässern natürlicherweise vorkommen, wurden, soweit vorhanden, vergleichend historische Daten berücksichtigt.

In einem zweiten Schritt wurde einerseits geprüft, ob es Gewässerabschnitte mit einer guten Gewässergüte gibt, andererseits ob es Gewässerabschnitte gibt, die in Bezug auf Ihre strukturelle Ausprägung unter fischökologischen Gesichtspunkten als hochwertig zu beurteilen sind, um typbezogen Referenzzustände zu erhalten.

Das Ergebnis für NRW sind 23 fischfaunistische Referenzsteckbriefe für die nach LUA [2002] abgegrenzten Fließgewässertypen. Jeder Steckbrief enthält Darstellungen zur fischfaunistischen Zusammensetzung, getrennt nach Leit-, Begleit- und Grundarten sowie den im Referenzzustand zu erwartenden Wanderfischen [NZO-GMBH 2003 b, KLINGER u. HOFFMANN 2004].

Im Leitbildzustand werden Leit-, Begleit- und Grundarten sowie Wanderfische unterschieden. Folgende Definitionen liegen den Begriffen Leit-, Begleit- und Grundart zu Grunde:

Leitart

ist eine Art, die für das Vorkommen einer Artengemeinschaft charakteristisch ist und deren Vorkommen intakte Verhältnisse eines bestimmten Lebensraumes anzeigt. Eine Leitart muss nicht die höchste Individuenzahl aller vorkommenden Arten aufweisen.

Begleitart

sind Arten, die vergesellschaftet mit einer Leitart in hohen Individuenzahlen vorhanden sind und ebenfalls intakte Lebensraumverhältnisse kennzeichnen. Begleitarten gehören zum typspezifischen Arteninventar.

Grundart

Bei den Grundarten handelt es sich um solche Arten, die auf Grund ihrer geringen Lebensraumansprüche eine Vielzahl unterschiedlicher Gewässertypen besiedeln können. Sie haben nur einen sehr geringen Indikatorwert in Bezug auf die Ausprägung bestimmter Gewässerlebensräume.



Bild 7.2.3-1: Arbeitsschritte zur Entwicklung von fischfaunistischen Leitbildern

Über das Fischartenspektrum, dass den Leitbildzustand eines Gewässertyps repräsentiert, wurden auch die Stetigkeiten für die Leit- und Begleitarten und die ökologischen Gilden im Leitbildzustand konstruiert.

Die Stetigkeit gibt das Verhältnis der Probestrecken mit Nachweisen einer Art zur Gesamtzahl aller befischten Probestrecken an und ist damit ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Verteilung einer Fischart in einem Gewässer bzw. in einem Gewässersystem.

7.2.4 Fischfaunistische Leitbilder für die Wupper

Entsprechend den Ergebnissen der Typisierung der nordrhein-westfälischen Fließgewässer wird die Wupper von der Quelle bis zur Mündung vier verschiedenen Gewässertypen zugeordnet. Im Einzelnen sind dies:

- Kerbtalbach
- Kleiner Talauebach im Grundgebirge
- Großer Talauebach im Grundgebirge
- Schottergeprägter Fluss im Grundgebirge

Für diese wurden nach der vorab dargestellten Methode fischfaunistische Leitbilder erarbeitet, die im Folgenden dargestellt werden sollen. In einem zweiten Schritt sollen die typbezogenen Leitbilder unter Berücksichtigung der Informationen zur historischen und zur aktuellen Fischfauna gewässerspezifisch angepasst werden.

Kerbtalbach

Der Kerbtalabschnitt umfasst nach LUA [2002] den Bereich von der Quelle bis zur Einmündung der Brucher.

Der *Kerbtalbach im Grundgebirge* ist für Fische ein extremer Lebensraum. Die Wassertemperatur ist ganzjährig kühl mit geringen Temperaturschwankungen. Der *Kerbtalbach im Grundgebirge* ist durch ein rasches und größtenteils turbulentes Fließverhalten gekennzeichnet. In Bezug auf die Sohlstruktur sind vor allem grobe Gesteinsfraktionen dominierend. Wesentlich im Hinblick auf die Besiedlung durch Fische ist eine vergleichsweise geringe Einschnittstiefe.

Die Leitart dieses Gewässertyps ist die Bachforelle. Sie ist sehr häufig als einzige Art im *Kerbtalbach des Grundgebirges* anzutreffen. Wobei es sich zum überwiegenden Teil um jüngere Tiere handelt, die diesen Lebensraum besiedeln. Größere Exemplare mit Körperlängen von über 20 cm sind eher selten. Eine Begleitart, die diesen Gewässertyp ebenfalls besiedelt, ist die Koppe. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass ihre Verbreitung in den Kerbtalbachschnitten nicht so hoch ist wie z. B. die der Bachforelle. Falls in Kerbtalbachabschnitten die Koppe nicht angetroffen wird, ist dies nicht unbedingt auf menschliche Beeinträchtigungen zurückzuführen, sondern kann auch natürliche Gründe haben.

Im Referenzzustand bilden jedoch die Bachforelle und in eingeschränktem Umfang die Koppe dominierende Bestände. Sie sind im Vergleich zu allen anderen Arten mit einer signifikant höheren Wahrscheinlichkeit anzutreffen.

Kerbtalbach im Grundgebirge			
Artenspektrum im Leitbild			
Leitarten	Begleitarten	Grundarten	Wanderfische
 Bachforelle	 Koppe	keine	keine

Bild 7.2.4-1 Fischartenspektrum im Leitbildzustand im „Kerbtalbach im Grundgebirge“

Kleiner Talauebach im Grundgebirge

Für die Wupper ist der Abschnitt des *Kleinen Talauebaches im Grundgebirge* von der Einmündung der Brucher bis zur Mündung der Lingese abgegrenzt.

Kleine Talauebäche im Grundgebirge zeichnen sich durch ihre geringe Gewässergröße, permanent niedrige Wassertemperaturen und eine durch Grobgestein geprägte Gewässersohle aus. Weitere Merkmale dieses Bachtyps sind kleinräumig wechselnde Gewässerbreiten und Wassertiefen. Die Sohlbeschaffenheit ist gekennzeichnet durch den Wechsel von Fels, Steinen sowie Geröll in den rasch fließenden Abschnitten und eingestreuten Grob- und Feinkiesflächen in strömungsberuhigten Bereichen. Darüber hinaus sind u. a. im Hinblick auf die Fischbesiedlung des Gewässertyps kleinere Auskolkungen unterhalb von ins Wasser ragenden Erlenwurzeln charakteristisch für den *Kleinen Talauebach im Grundgebirge*.

Leitart dieses Fließgewässertyps ist die Bachforelle. Als Begleitarten sind Koppe und Bachneunauge charakteristisch. Bachforelle und Koppe weisen in diesem Gewässertyp hohe Stetigkeiten auf. In solchen Gewässerabschnitten, die den sehr guten ökologischen Zustand repräsentieren, sind die beiden Arten weit verbreitet. Größere Bachforellen stehen sehr häufig in Kolken, von wo aus sie jagen. Die flach überströmten, turbulent fließenden Abschnitte werden von den jungen Bachforellen besiedelt. Ebenfalls in diesen Abschnitten ist auch die Koppe schwerpunktmäßig anzutreffen. Das Vorkommen des Bachneunauges ist auf die Gewässerbereiche mit Feinsedimentablagerungen beschränkt. Die Rundmaulart ist in den *Kleinen Talauebächen des Grundgebirges* jedoch deutlich seltener anzutreffen als die beiden erstgenannten Arten.

Andere Fischarten, wie z. B. Gründling und Dreistachliger Stichling, treten mit deutlich geringeren Individuendichten als die Leit- und Begleitarten und häufig auch zeitlich begrenzt auf.

In den *kleinen Talauebächen des Grundgebirges* sind sporadisch auch Wanderfische anzutreffen. So steigt der Aal bis in die kleinen Oberlaufabschnitte auf. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Art, wenn überhaupt, nur sehr selten in den *Kleinen Talauebächen des Grundgebirges* anzutreffen und die Besiedlungsdauer in der Regel nur kurz ist. Auch junge Lachse sind vereinzelt in diesem Fließgewässertyp anzutreffen.

Kleiner Talauebach im Grundgebirge			
Artenspektrum im Leitbild			
Leitart	Begleitarten	Grundarten	Wanderfische
 Bachforelle	 Koppe  Bachneunauge	• Dreistachliger Stichling • Gründling	Es sind sporadisch Besiedlungen durch Wanderfische zu beobachten. Der <i>Kleine Talauebach im Grundgebirge</i> stellt jedoch keinen Verbreitungsschwerpunkt für Wanderfische dar.

Bild 7.2.4-2 Fischartenspektrum im Leitbildzustand im „Kleinen Talauebach im Grundgebirge“

Großer Talauebach im Grundgebirge

Entsprechend den Abgrenzung durch das Landesumweltamt NRW [LUA 2002] erstreckt sich der Große Talauebach im Grundgebirge von der Einmündung der Lingese bis zur Mündung der Rönsahl.

Die sommerkühlen *Großen Talauebäche im Grundgebirge* haben ein geringeres Gefälle als die Kerbtalbüche oder die kleinen Talauebäche. Im Längsprofil weisen die *Großen Talauebäche im Grundgebirge* eine zum Teil große Tiefenvarianz auf, d. h. längere flach überströmte Abschnitte, sog. Riffel, mit kiesigen Grund und stellenweise Makrophytenaufkommen, wechseln mit tieferen Pools.

Die im *Großen Talauebach im Grundgebirge* zwar stetig, aber nur vergleichsweise kleinräumig vorhandenen Riffelabschnitte, werden vorzugsweise von Koppe, Schmerle und Schneider besiedelt.

Ebenfalls in diesen Abschnitten sind junge Bachforellen besonders häufig anzutreffen. Für die Bachforelle und teilweise auch für die Äsche sind die **Riffel** wichtige Laichhabitate und Jagdreviere.

In den **Pools**, vor allem in den Abschnitten, in denen im Uferbereich Erlenwurzeln ins Wasser ragen, stehen größere Bachforellen. In den **Kehrwasserbereichen** und den Übergängen zu den Riffeln sind häufig kleinere Äschentrupps anzutreffen.

Große Talauebäche im Grundgebirge weisen insgesamt einen leicht geschwungenen und teilweise mäandrierenden Verlauf auf. In diesen Abschnitten, in denen auf Grund natürlicher Seitenerosionen ein Wechsel von Prall- und Gleithängen vorhanden ist, sind vor allem im Gleithangbereich häufig schwach überströmte Feinkies- und Feinsandauflandungen vorhanden. Da die Gewässer im Bereich von Gleithängen aufgeweitet sind, ist die Besonnung vergleichsweise stark. Hier stehen vor allem Elritzenschwärme. Der weiche Untergrund bietet auch den Bachneunaugenquerdern die Möglichkeit, sich ins Substrat einzugraben.

Kleinere oder größere Auskolkungen bilden sich in den Bereichen, in denen Baumwurzeln ins Wasser ragen. Vor allem für Jungfische sind die strömungsberuhigten Bereiche hinter Sturzbäumen oder Totholzanlandungen wichtige Aufwuchsbereiche, da sie hier vor Verdriftung geschützt sind.

Wanderfische sind in den *Großen Talauebächen des Grundgebirges* regelmäßig anzutreffen. Obwohl die Riffel-Pool-Sequenzen nicht so großflächig ausgeprägt sind wie z. B. im *Schottergeprägten Fluss des Grundgebirges*, sind, wenn auch nicht in besonders hohen Stückzahlen, fortpflanzungsfähige Lachse anzutreffen. Ähnliches gilt für die Meerforelle und das Flussneunauge. Der Aal kommt ebenfalls regelmäßig in den *Großen Talauebächen des Grundgebirges* vor. Die Dominanzanteile des Aals sind jedoch vergleichsweise gering.

Großer Talauebach im Grundgebirge			
Artenspektrum im Leitbild			
Leitarten	Begleitarten	Grundarten	Wanderfische
 Bachforelle	 Bachneunauge	• Gründling • Dreistachliger Stichling • Döbel • Hasel	 Lachs 3
			 Aal 2
 Koppe	 Elritze		 Flussneunauge 3
 Schmerle	 Schneider		 Meerforelle
1= Wanderschiene 2= Teillebensraum 3= Laichbereich			

Bild 7.2.4-3 Fischartenspektrum im Leitbildzustand im „Großen Talauebach im Grundgebirge“

Schottergeprägter Fluss im Grundgebirge

Unter zoogeographischen Gesichtspunkten kann es notwendig sein, den *Schottergeprägten Fluss des Grundgebirges* in Bezug auf die Fischfauna in zwei Abschnitte zu unterteilen. Zum einen ist dies der hyporhithrale Bereich, der nach der klassischen Fischzonierung weitestgehend der Äschenregion entspricht. Zum anderen können *Schottergeprägte Flüsse des Grundgebirges* auch epipotamale Abschnitte aufweisen. Letztgenannte werden nach der klassischen Fischzonierung der Fließgewässer der Barbenregion zugeordnet.

Für die Wupper muss aufgrund der unterschiedlichen geomorphologischen Gewässerausprägungen und der sich im Längsverlauf ändernden Gefälleverhältnisse eine Unterteilung vorgenommen werden (vgl. Kap. 2). Auf Grund der strukturellen Ausprägung und der Gefälleverhältnisse wird der Abschnitt von der Einmündung der Rönsahl bis zur

Einmündung des Wiembaches als Hyporhithralbereich abgegrenzt. Der darauf folgende Abschnitt entspricht dem Epipotamalbereich.

Im Folgenden sollen die beiden Abschnitte getrennt beschrieben werden

Hyporhithraler Abschnitt

Kennzeichnend für diesen Gewässerabschnitt des *Schottergeprägten Flusses des Grundgebirges* ist die große Strömungsdiversität. Flache und über kiesigem Substrat turbulent fließende Abschnitte, sog. Riffelabschnitte, wechseln mit großen Pools. In den Abschnitten, in denen diese charakteristischen Strukturen großräumig ausgeprägt sind, pflanzen sich u. a. Lachse und Meerforellen fort. Die Fortpflanzung der Lachse findet vorzugsweise in den Pools statt, während die jungen Lachse in den Riffelstrecken heranwachsen.

Charakteristisch sind auch die wechselnden Gewässerbreiten. In Abschnitten, in denen der Gewässerverlauf vergleichsweise eng ist, fließt der *Schottergeprägte Fluss des Grundgebirges* rasch und turbulent über grobem Kies. In Gewässertiefen zwischen 0,5 und 1,5 m Tiefe pflanzen sich bevorzugt Flussneunaugen fort.

Ebenfalls in diesen Abschnitten ist auch die Leitfischart dieser Gewässerabschnitte, die Äsche, besonders häufig in großen Schwärmen anzutreffen. Während die adulten Äschen häufig in den strömungsexponierten Abschnitten stehen, bevorzugen die Jungfische strömungsarme Flachwasserbereiche. Hier sind auch Elritzenschwärme besonders oft anzutreffen.

Schottergeprägter Fluss des Grundgebirges (Hyporhithral)			
Artenspektrum im Leitbild			
Leitart	Begleitarten	Grundarten	Wanderfische
 Äsche	 Bachforelle  Barbe  Koppe  Bachneunauge  Elritze  Schneider  Schmerle	• Döbel • Gründling • Rotaugen • Hasel • Dreistachliger-Stichling	 Lachs  Aal  Flussneunauge  Meerneunauge  Meerforelle
		1= Wanderschiene 2= Teillebensraum 3= Laichbereich	1,3 2 3 3 3

Bild 7.2.4-4 Fischartenspektrum im Leitbildzustand im hyporhithralen Abschnitt im „Schottergeprägten Fluss im Grundgebirge“

Epipotamaler Abschnitt

Während die hyporhithralen Abschnitte häufig einen gestreckten Verlauf aufweisen, sind mäandrierende und von zahlreichen Nebengerinnen geprägte Abschnitte charakteristisch für den epipotamalen Bereich. Auch Altwässer sind in diesem Gewässerabschnitt vorhanden. Aus diesem Grund sind neben den Fischarten, die das Hauptgewässer in den epipotamalen Abschnitten dauerhaft besiedeln, auch solche Arten vorhanden, die auf Nebengerinne und Altwässer angewiesen sind.

Leitfischart des epipotamalen Abschnittes des *Schottergeprägten Flusses des Grundgebirges* ist die Barbe. Begleitarten, die vor allem im Hauptfließgewässer vorkommen, sind Äsche, Nase, Schneider, Ukelei und Quappe. Als Wanderfische kommen ebenfalls im Hauptfließgewässer Lachs, Aal, Meerforelle, Flunder, Fluss- und Meerneunauge vor.

Auf Grund der Vielfältigkeit der einzelnen Teillebensräume in den epipotamalen Abschnitten kann auf die unterschiedlichen Nutzungsansprüche der einzelnen Fischarten nicht eingegangen werden. Im Folgendem sollen nur einige Fischarten und die von ihnen besiedelten Habitatstrukturen beispielhaft dargestellt werden.

In Bezug auf die Wanderfische sei hier das Meerneunauge erwähnt. Diese Rundmaulart sucht zur Fortpflanzungszeit tiefere Gewässerabschnitte mit kiesigem Grund auf. Diese Abschnitte sind u. a. in Prallhangabschnitten der großen Mäander vorhanden. Eine weitere Wanderfischart ist die Flunder. Diese katadrome Art besiedelt vor allem flach überströmte Abschnitte mit fein kiesigem Untergrund. Besonders in Abschnitten mit ausgeprägter Inselbildung finden Flundern gute Siedlungsmöglichkeiten.

Von den Fischarten, die die epipotamalen Abschnitte weitgehend dauerhaft besiedeln, sei hier u. a. die Quappe erwähnt. Sie ist vor allem in tieferen ruhig fließenden Gewässerbereichen anzutreffen. Die Jungfische dieser zu den dorschartigen zählenden Fischart besiedelt schwerpunktmäßig flach überströmte Fließgewässerabschnitte mit kiesigem Untergrund.

Neben den Fischarten des Hauptfließgewässers gehören auch solche Spezies, die die Nebengerinne und die Altwässer besiedeln, zu den Fischartengesellschaften des epipotamalen *Schottergeprägten Flusses des Grundgebirges*. So ist der Brassen vor allem in der kalten Jahreszeit in Altwässern, die mit dem Hauptfließgewässer in Verbindung stehen, anzutreffen. Ganzjährig kommen hier auch der Hecht und, in Abhängigkeit vom Wasserpflanzenaufkommen, auch die Schleie vor. Dauerhaft wasserführende Nebengerinne und Altwässer werden auch vom Bitterling als Lebensraum genutzt, wenn Großmuscheln vorhanden sind. Speziell in Nebengerinnen mit einem hohen Wasserpflanzenaufkommen halten sich Moderlieschen-Schwärme auf. Die vorab genannten Fischarten sind, obwohl sie das Hauptfließgewässer nicht schwerpunktmäßig besiedeln, auf dieses z. B. als Ausbreitungsachse angewiesen.

Die vorab dargestellten Beispiele belegen, wie vielfältig die Fischlebensräume im *Schottergeprägten Fluss des Grundgebirges* sind. Darüber hinaus wird am Beispiel des epipotamalen Abschnittes deutlich, dass das Hauptfließgewässer, die Nebengerinne und die Altarme eine funktionelle Einheit darstellen.

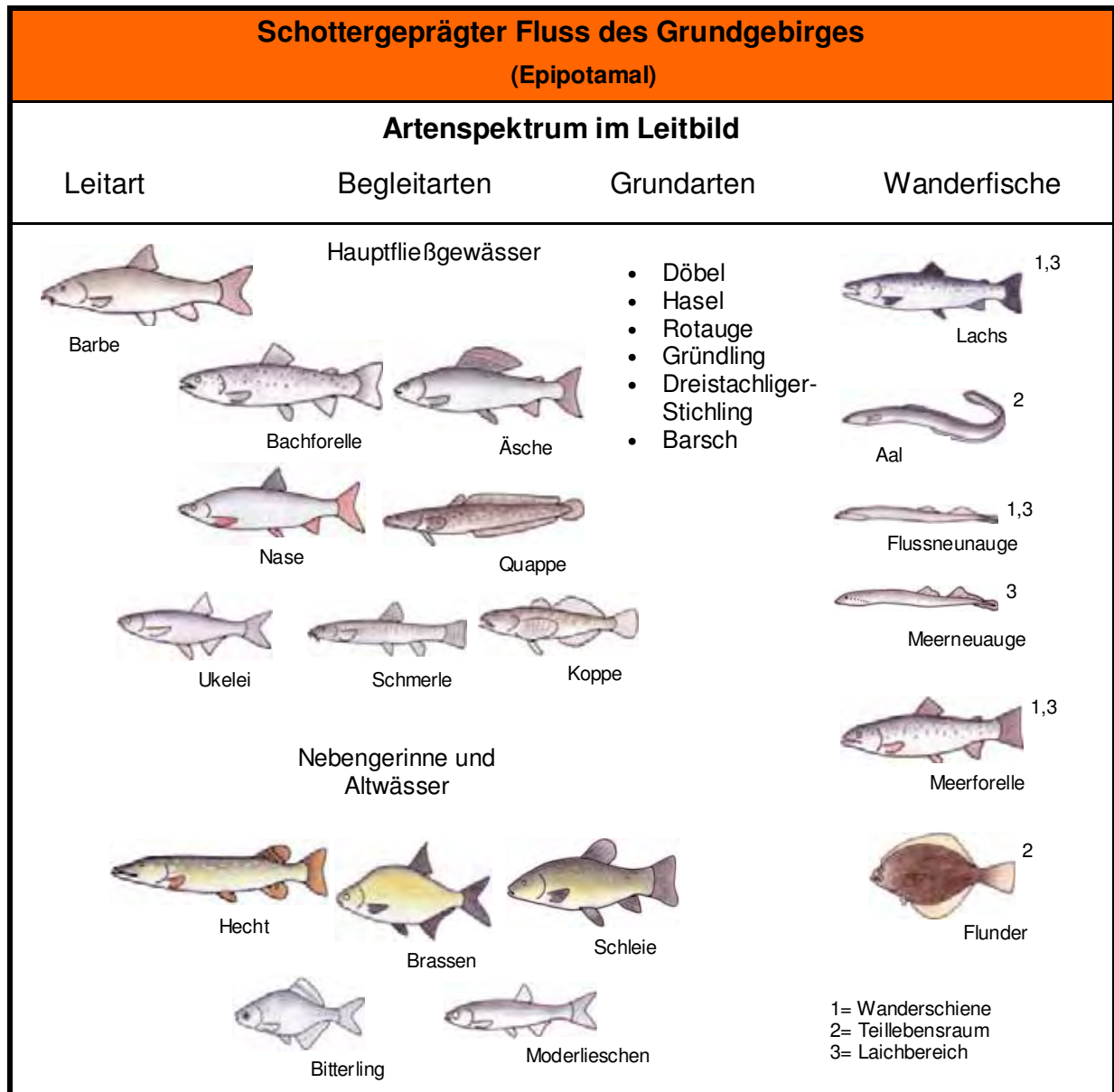


Bild 7.2.4-5: Fischartenspektrum im Leitbildzustand im epipotamalen Abschnitt im „Schottergeprägten Fluss im Grundgebirge“

Zusammenfassung

Insgesamt zeigen die Teilleitbilder für die Gewässertypen bzw. -abschnittstypen der Wupper das die Fischartengesellschaften mit Ausnahme des Unterlaufes durch Salmonidengesellschaften geprägt sind. Dies betrifft die Bereiche von der Quelle bis Einmündung des Wiembaches.

Bei den Leitbildern ist allerdings noch zu berücksichtigen, dass spezifische Besonderheiten der Wupper noch nicht berücksichtigt sind. Dies betrifft u. a. den Schneider. In Bezug auf diese Art kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob sie in der Wupper heimisch war. Im Rahmen des BMBF-Projektes [DUSLING et al. 2004] wurden wertvolle Hinweise dahingehend gefunden, dass es in NRW eine natürliche Verbreitungsgrenze für diese Art gibt.

Auch in Bezug auf die Kleinfischarten, die für den epipotamalen Abschnitt des schottergeprägten Flusses im Grundgebirge dargestellt sind, gibt es Unsicherheiten. Da Arten wie Bitterling, und Moderlieschen von geringem wirtschaftlichen Interesse sind, wurden sie im Rahmen von historischen Aufzeichnungen nicht erwähnt.

Eine weitere Art mit hohem Indikatorwert ist der Steinbeißer. Dass die Art, wie von BORNE [1882] beschrieben, in den Oberläufen des Wuppersystems vorgekommen ist, ist eher unwahrscheinlich.

Eine weitere Wanderfischart, die für den Wupperunterlauf von BORNE [1882] beschrieben ist, ist der Maifisch. Nach BORNE [1882] stieg der Maifisch bei Hochwasser in die Wupper auf. ADAM und SCHWEVERS [1998] gehen davon aus, dass auch die Finte in den Wupperunterlauf eingewandert ist. Hierfür gibt es jedoch keine historischen Belege. Ob die beiden Arten den Wupperunterlauf als Fortpflanzungshabitat genutzt haben bleibt ebenfalls fraglich.

Fasst man die vorhandenen Informationen zusammen, so ergibt sich das in der Tab. 7.2.4-1 dargestellte Leitbild für die Wupper.

Tab. 7.2.4-1 Gewässertypspezifische Leitbilder für die Fischfauna der Wupper

Art	Kerbt.	Kl.Tal.Gr.	Gr.Tal.Gr	Sch.Fl.Gr.	
				Hypo.	Epi.
Leit.- und Begleitarten (Hauptfließgewässer)					
Bachforelle	L	L	L	B	B
Koppe	B	B	B	B	B
Bachneunauge		B	B	B	
Äsche			B	L	B
Elritze			B	B	
Schmerle			B	B	B
Barbe				B	L
Nase				B	B
Quappe					B
Ukelei					B
Begleitarten (Nebengerinne u. Altarme)					
Hecht					B
Brassen					B
Bitterling					B
Schleie					B
Moderlieschen					B
Karausche					B
Grundarten					
Dreistachliger Stichling		+	+	+	+
Gründling		+	+	+	+
Döbel			+	+	+
Hasel			+	+	+
Rotaugen				+	+
Barsch					+
Kaulbarsch					+
Wanderfische					
Lachs			Laich.	Laich./Wa.	Laich./Wa.
Meerforelle			Laich.	Laich./Wa.	Laich./Wa.
Flussneunauge			Laich.	Laich./Wa.	Laich./Wa.
Aal			Teilleb.	Teilleb.	Teilleb.
Meerneunauge				Laich.	Laich./Wa.
Flunder					Teilleb.

Gewässer: Kerbt. = Kerbtalbach, Kl.Tal.Gr. = Kleiner Talauebach im Grundgebirge, Gr.Tal.Gr. = Großer Talauebach im Grundgebirge, Sch.Fl.Gr. = Schottergeprägter Fluss im Grundgebirge, Hypo. = Hyporhithral, Epi. = Epipotamal

Abkürzungen zur Fischfauna: L = Leitart, B = Begeleitart, + = Vorkommen der Art wahrscheinlich, Laich. = Laichbereich, Teilleb. = Teillebensraum, Wa. = Wanderschienne

Die vorab schon textlich beschriebenen Abgrenzungen der Gewässertypen sind in Bild 7.2.4-6 dargestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Gewässerabschnittstypen den unter zoogeografischen Gesichtspunkten abgegrenzten Fischregionen entsprechen.

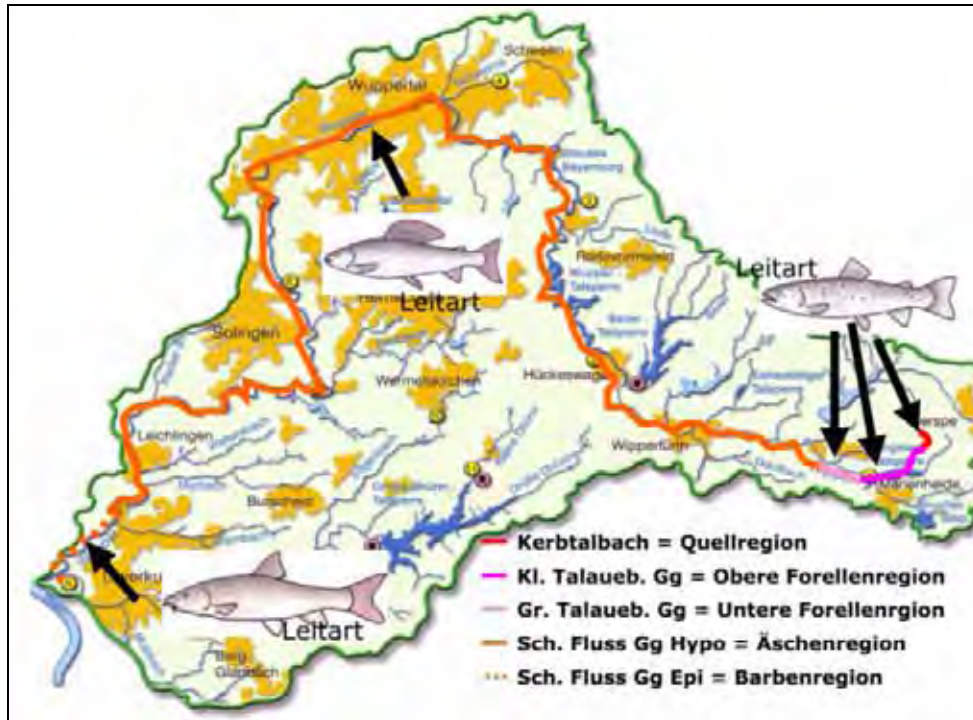


Bild 7.2.4-6 Abgrenzung der Gewässertypen in der Wupper und die dazugehörigen Leitarten

Zu ähnlichen Ergebnissen in Bezug auf die Abgrenzung von natürlichen Fischregionen kommen SCHARF et al. [2001], die eine Einteilung der Wupper und ihrer Nebengewässer nach einer Methode von HUET [1949] durchgeführt haben.

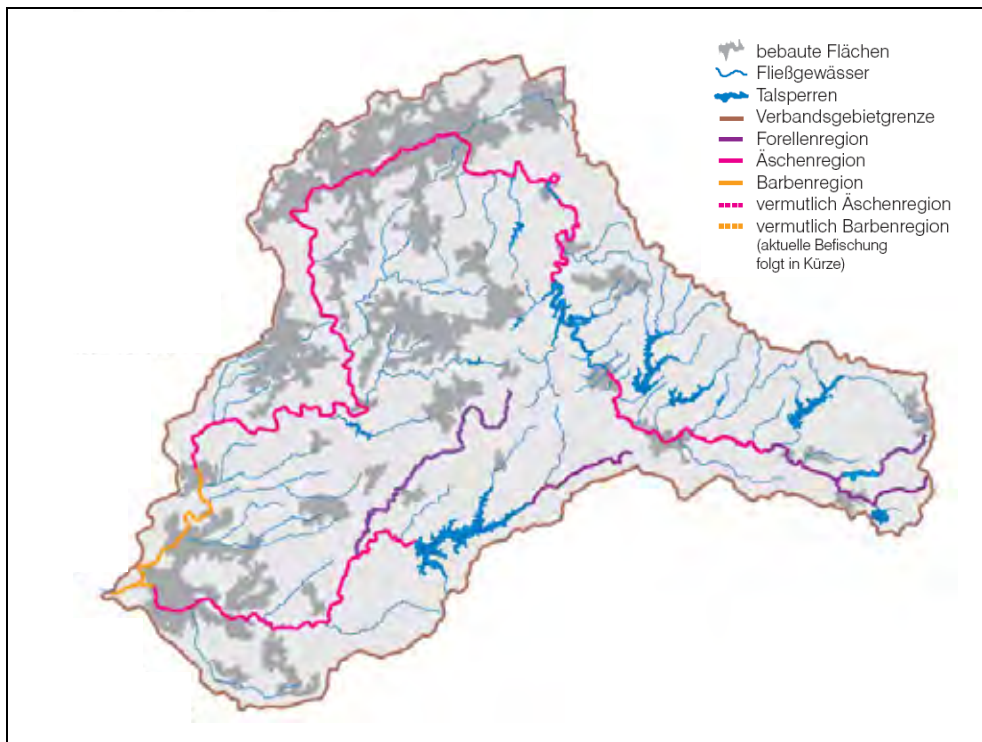


Bild 7.2.4-7 SOLL-Zustand der Fischregionen gemäß SCHARF et al. [2001]

In der Bestandsaufnahme des StUA Düsseldorf wurde im Arbeitskreis "Fische" aus dem versammelten Expertenwissen ein etwas anderes Bild der Fischregionen erstellt (Bild 7.2.4-8). Vor allem die obere Grenze der Äschenregion wurde im Vergleich zur Typologie (Bild 7.2.4-9) in der Wupper niedriger (Bever-Mündung) angesetzt.

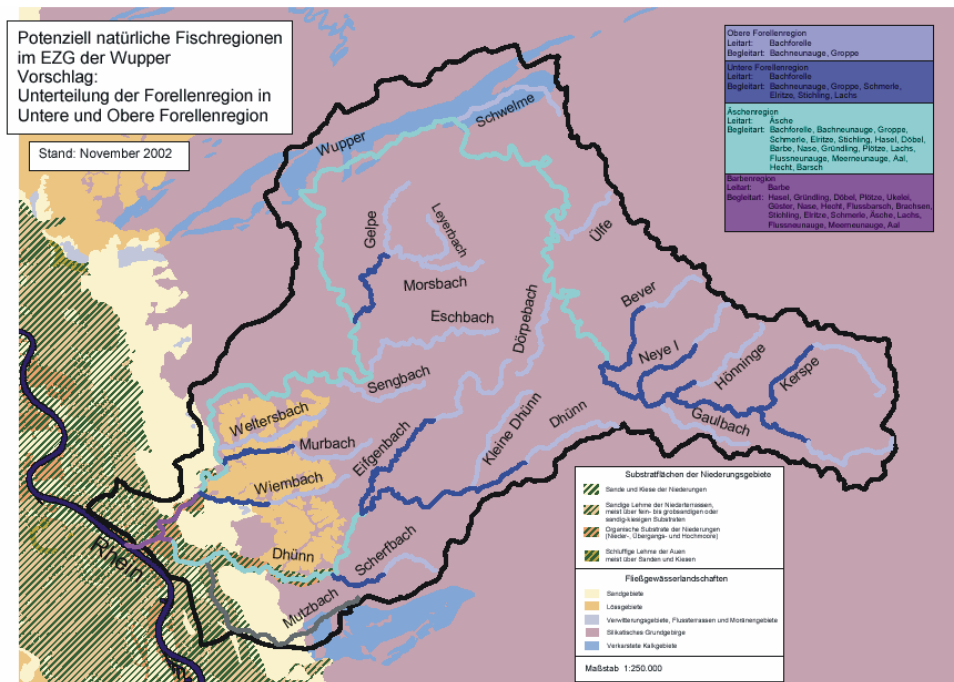


Bild 7.2.4-8 Fischregionen gemäß Bestandsaufnahme Wupper 2004 [POTTMANN, 2003]

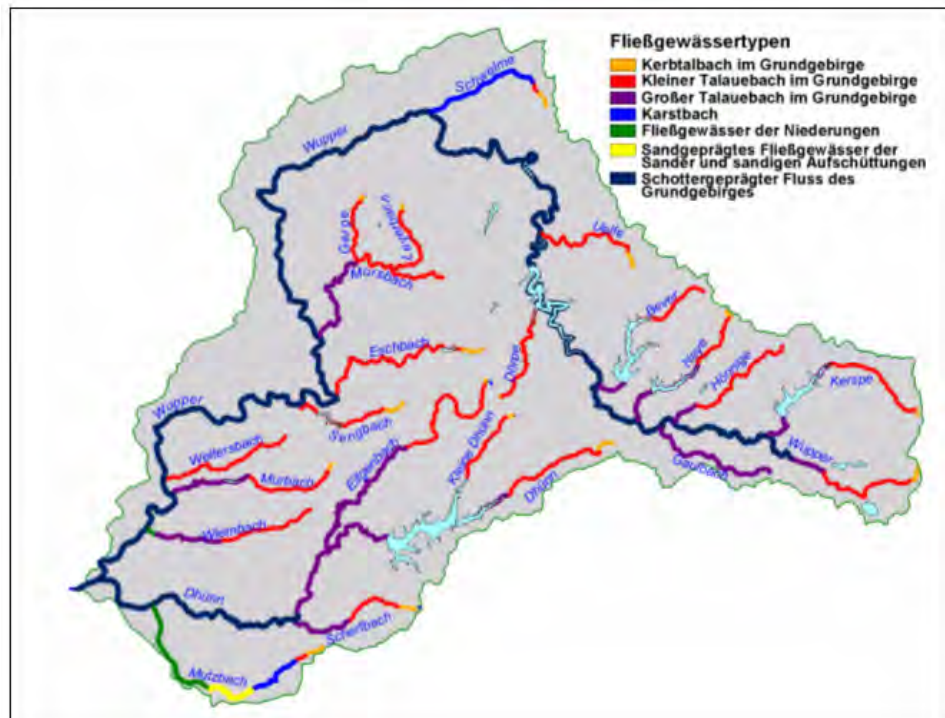


Bild 7.2.4-9 Fließgewässertypen der Wupper und Dhünn [STUA Düsseldorf, 2004]

Ein vierter Vorschlag der Fischregionen wurde vom Büro Floecksmühle [MUNLV 2001] erarbeitet (Bild 7.2.4-10), die ebenfalls den Ansatz nach HUET [1949] gewählt haben. Dieser ist jedoch für eine Leitbilderstellung nicht geeignet, da hier die heutige Gewässerbreite sowie

das heutige Gefälle in die Beurteilung eingegangen sind. Diese sind an der Wupper gegenüber dem Leitbild verändert, wie ein Vergleich von Bild 7.2.4-6 und Bild 7.2.4-10 zeigt.

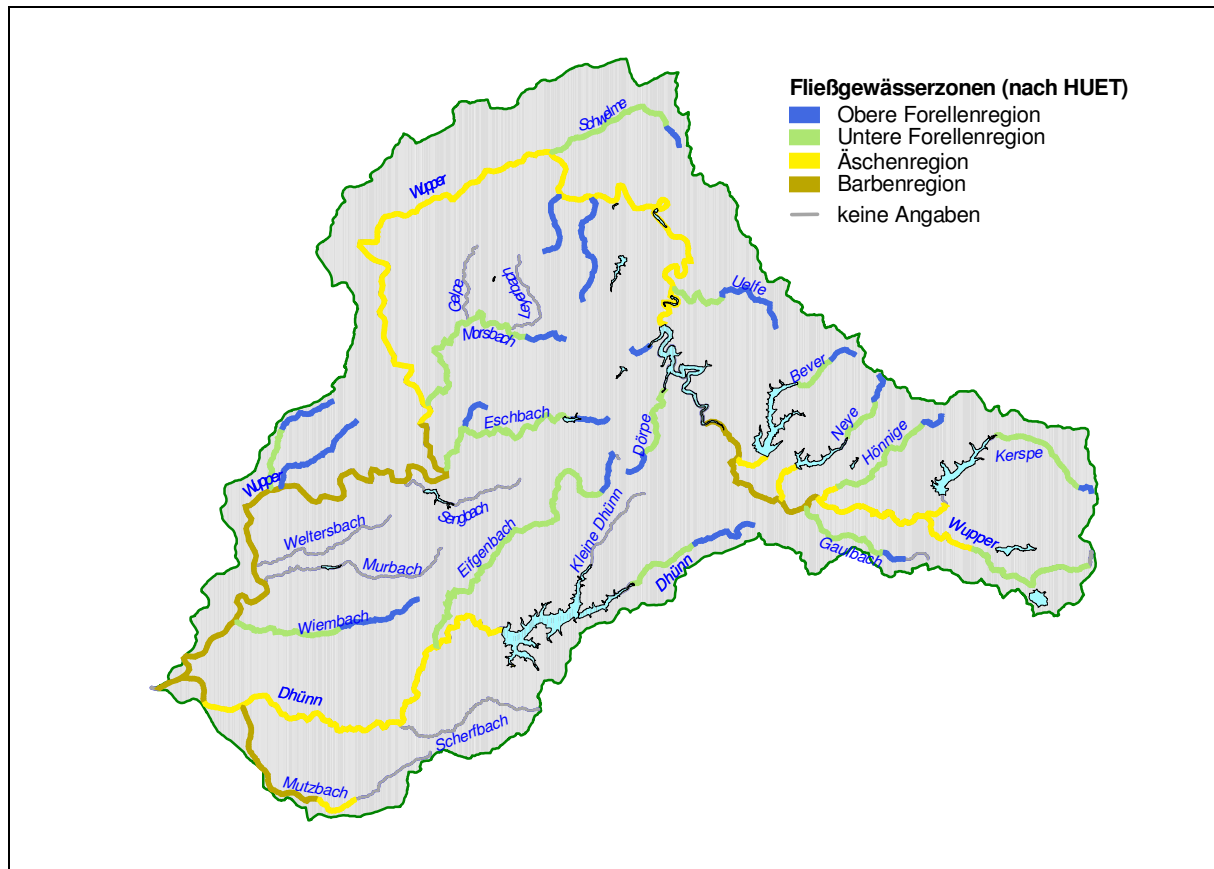


Bild 7.2.4-10 Fischregionen gemäß [MUNLV 2001]

Die z. Z. noch bestehenden Differenzen zwischen den Ergebnissen der Fischregionsabgrenzungen im Leitbildzustand sind methodisch begründet. Zur Zeit bestehen noch keine fest umrissenen methodischen Vorgaben zur Abgrenzung von fischfaunistischen Leitbildern. Von Seiten des Landes NRW ist vorgesehen die noch bestehenden Differenzen im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu harmonisieren.

das heutige Gefälle in die Beurteilung eingegangen sind. Diese sind an der Wupper gegenüber dem Leitbild verändert, wie ein Vergleich von Bild 7.2.4-6 und Bild 7.2.4-10 zeigt.

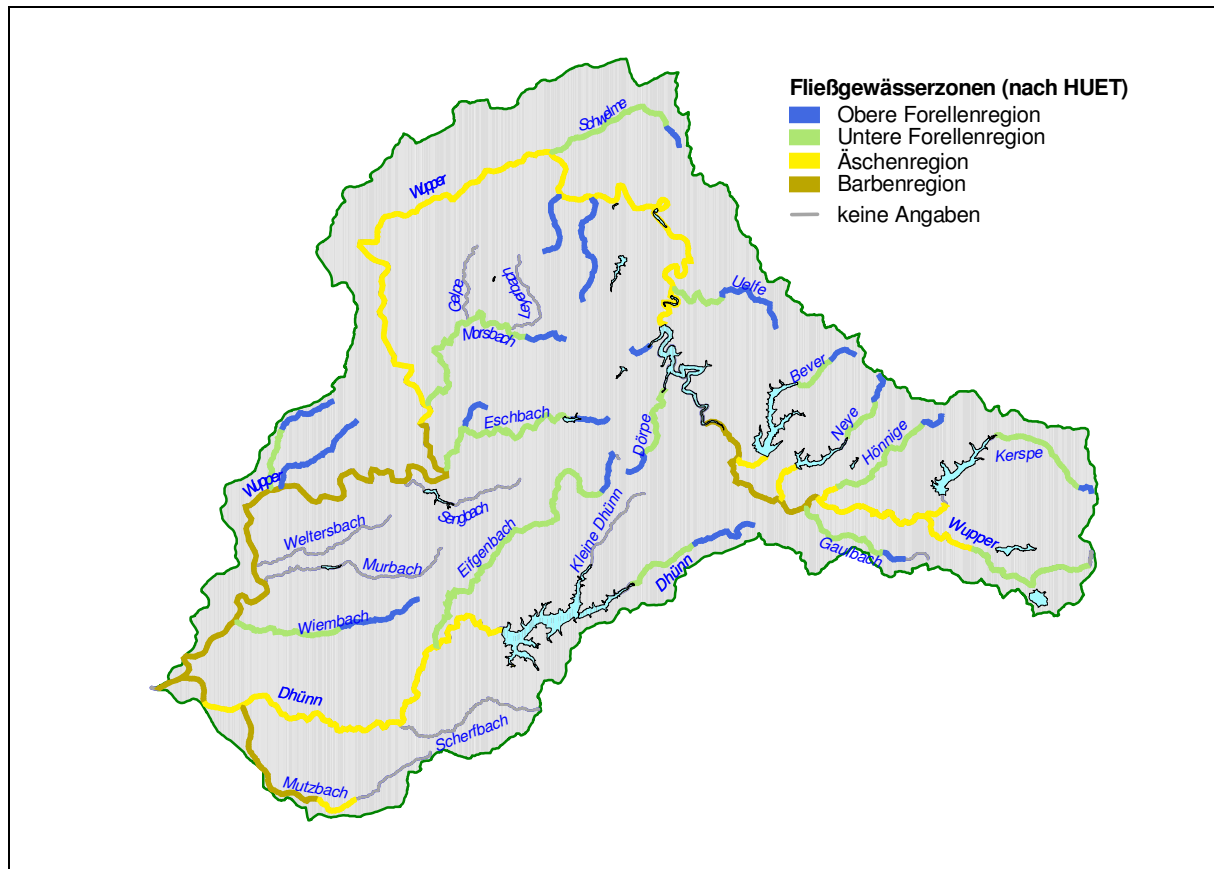


Bild 7.2.4-10 Fischregionen gemäß [MUNLV 2001]

Die z. Z. noch bestehenden Differenzen zwischen den Ergebnissen der Fischregionsabgrenzungen im Leitbildzustand sind methodisch begründet. Zur Zeit bestehen noch keine fest umrissenen methodischen Vorgaben zur Abgrenzung von fischfaunistischen Leitbildern. Von Seiten des Landes NRW ist vorgesehen die noch bestehenden Differenzen im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu harmonisieren.

7.3 Methode fischökologischer Untersuchungen

Alle nachfolgend dargestellten Ergebnisse wurden mittels Elektrofischung gewonnen. Bei dieser Fangmethode wird im Wasser über eine Spannungsquelle, in der Regel eine Batterie oder einen Generator, ein elektrisches Feld erzeugt. Fische, die sich innerhalb des Feldes befinden, greifen mit ihrem Körper einen Teil der Spannungsfeldlinien ab, wodurch aufgrund von induzierten Muskelkontraktionen bei ihnen eine gerichtete Schwimmbewegung auf den in der Regel als Anode eingerichteten Fangkescher hin ausgelöst wird (anodischer Effekt). Ein Teil der Fische fällt im näheren Umfeld des Keschers in eine kurzzeitige Elektronarkose. Der große Vorteil gegenüber anderen Erfassungsmethoden, wie beispielsweise Netzeusenfängen, besteht darin, dass die Tiere nicht geschädigt werden [MEYER-WARDEN et al. 1975, BANKSTAHL 1991].

Der Wirkungsgrad von Elektrofischfangeinrichtungen hängt von unterschiedlichen Parametern ab. Die einzelnen Fischarten reagieren verschieden empfindlich auf die Fangmethode. Hierfür sind neben den physiologischen Unterschieden wie Körpergröße und Körperform auch die bevorzugten Habitate der Arten verantwortlich. Fischarten, die sich in Substraten eingraben (z. B. Jungtiere der heimischen Neunaugenarten) oder in Lücken zwischen Steinen aufhalten (z. B. Koppen und Aale), entziehen sich teilweise der Erfassung, da sie von den Feldlinien nicht erreicht werden oder in ihren Verstecken in eine Elektronarkose verfallen und dann nicht aktiv auf den Fangkescher zuschwimmen.

Die chemisch-physikalische Zusammensetzung des Wassers beeinflusst den Wirkungsgrad beträchtlich. Hohe Leitfähigkeiten führen zu einem größeren Stromfluss und damit zu einer Abschwächung der Feldlinien. Das Ergebnis ist eine Verkleinerung des Fangradius der Fischfanganlage, die durch den Einsatz höherer Stromstärken nur teilweise kompensiert werden kann. Ähnlich wirken sich erhöhte Wassertemperaturen aus, die ebenfalls die Leitfähigkeit des Wassers erhöhen.



Bild. 7.3-1: Streckenbefischung watend gegen die Strömung mit einem tragbaren Elektrofischgerät

Bei den Untersuchungen, die in der Wupper durchgeführt wurden, kamen zwei verschiedene Methoden der Elektrofischung zum Einsatz. Zum einen wurden Streckenbefischungen durchgeführt. Die Untersuchung von Probestrecken einer definierten Länge und über die gesamte Gewässerbreite konzentriert sich insbesondere auf größere Fische, mit Körperlängen über 5 cm. Kleinere Fische werden bei dieser Methode häufig nicht erfasst. Um diese jedoch zu erfassen wurde die point-abundance Methode eingesetzt.



Bild 7.3-2 Streckenbefischung vom Boot aus gegen die Strömung mit einem stationären Elektrofischgerät

Streckenbefischung

Bei den hier durchgeführten Befischungen wurde ein stationäres Elektrofischgerät vom Typ DEKA 7000n eingesetzt. Die nachgewiesenen Fische wurden nach Art, Zahl, Körperlänge und Fangort protokolliert. Nach der Datenaufnahme wurden die Fische wieder in dem Gewässerabschnitt, in dem sie gefangen wurden, ausgesetzt.

Für die Untersuchung der Fischfauna wurden zwei Untersuchungstermine angesetzt. Insgesamt wurden jeweils 15 Probestrecken á 300 m Länge untersucht. Die Lage der Probestrecken ist anhand der Karte 7.1 ersichtlich. Die Ergebnisse finden sich im Anhang A 3.

Die Untersuchungen fanden an folgenden Terminen statt:

07.10., 08.10., 12.10. und 13.10.2004.

Ein Grundlagenuntersuchung zur Fischfauna fand im Frühjahr 2004 im Auftrag der Wuppertaler Stadtwerke statt. Diese Ergebnisse, die von den Wuppertalern Stadtwerken für die Erstellung des vorliegenden Gutachtens zur Verfügung gestellt wurden, finden sich ebenfalls in Anhang A 3.

Im Rahmen der Frühjahres- und der Spätsommeruntersuchung wurden jeweils identische Probestrecken untersucht (vgl. Karte 7.4.1)

Die Protokollbögen der Elektrofischungen finden sich als Anhang auf der beiliegenden CD-ROM „Ergebnisse der Elektrofischungen“.

Point-abundance Methode

Bei dieser Methode, zur Erfassung von Jung- und Kleinfischen (Bild 7.3.4), kam eine Ringanode zum Einsatz. Sie hat einen Durchmesser von 15 cm (Bild 7.3.3). Die eingesetzten tragbaren Elektrofischfanggeräte waren vom Typ 3000 der Firma DEKA Gerätebau (Marsberg).



Bild 7.3-3 Ringanode mit einem Durchmesser von 15 cm

Die Untersuchungen fanden an folgenden Terminen statt:

27.10. und 28.10.2004

Ein Grundlagenuntersuchung zum Kleinfischvorkommen und zum Jungfischauftreten fand im Frühjahr 2004 im Auftrag der Wuppertaler Stadtwerke statt. Diese Ergebnisse, die von den Wuppertalern Stadtwerken für die Erstellung des vorliegenden Gutachtens zur Verfügung gestellt wurden, finden sich ebenfalls in Anhang A 4.



Bild 7.3-4 Mittels der point-abundance Methode nachgewiesener Lachs

Bei jeder Befischung wurde eine definierte Fläche mit einer Kantenlänge von ca. 1x1 m beprobt.

In Fließrichtung unterhalb der Probefläche wurde ein Driftkescher mit einer Breite von 1 m und einer Höhe von 0,5 m eingestellt, in den die Fische nach der Narkotisierung von der Strömung eingetragen wurden.

Die Ringanode wurde innerhalb der Befischungsfläche jeweils dicht über dem Substrat geführt. Lachse und andere Fische, die in das elektrische Feld gerieten, wurden von der Strömung erfasst und auf den Kescher zugetrieben. Nachdem die gesamte Befischungsfläche mit der Ringanode erfasst worden war, wurde der Kescher aus dem Wasser genommen und die Fische nach Art, Menge und Körperlänge bestimmt.

Innerhalb eines potenziellen Klein- bzw. Jungfischhabitats wurden in Abhängigkeit von der Gesamtfläche des zu untersuchenden Bereiches mehrere Teilflächen befishcht. Die Anzahl der Teilflächenbeprobungen richtete sich nach der Breite des Gewässers und der zu berücksichtigenden Gesamtfläche. Bei Abschnitten, mit einer Gewässerbreite von weniger als 6 m, wurden so viele Einzelbeprobungen durchgeführt, dass 10% des potenziellen Junglachshabitates beprobt wurden. In Gewässerabschnitten mit mehr als 6 m Breite und weniger als 1000 m² Jungfischhabitat, wurden Beprobungen aus 5% der Gesamtfläche durchgeführt. Wenn die Jungfischhabitate in mehr als 6 m breiten Gewässerabschnitten lagen und eine Fläche von 1000 m² überschritten wurde, wurde jeweils 1% der Gesamtfläche, bzw. mindestens 30 Probepunkte untersucht.



Bild 7.3-4 Mittels der point-abundance Methode nachgewiesener Lachs

Bei jeder Befischung wurde eine definierte Fläche mit einer Kantenlänge von ca. 1x1 m beprobt.

In Fließrichtung unterhalb der Probefläche wurde ein Driftkescher mit einer Breite von 1 m und einer Höhe von 0,5 m eingestellt, in den die Fische nach der Narkotisierung von der Strömung eingetragen wurden.

Die Ringanode wurde innerhalb der Befischungsfläche jeweils dicht über dem Substrat geführt. Lachse und andere Fische, die in das elektrische Feld gerieten, wurden von der Strömung erfasst und auf den Kescher zugetrieben. Nachdem die gesamte Befischungsfläche mit der Ringanode erfasst worden war, wurde der Kescher aus dem Wasser genommen und die Fische nach Art, Menge und Körperlänge bestimmt.

Innerhalb eines potenziellen Klein- bzw. Jungfischhabitats wurden in Abhängigkeit von der Gesamtfläche des zu untersuchenden Bereiches mehrere Teilflächen befischt. Die Anzahl der Teilflächenbeprobungen richtete sich nach der Breite des Gewässers und der zu berücksichtigenden Gesamtfläche. Bei Abschnitten, mit einer Gewässerbreite von weniger als 6 m, wurden so viele Einzelbeprobungen durchgeführt, dass 10% des potenziellen Junglachshabitates beprobt wurden. In Gewässerabschnitten mit mehr als 6 m Breite und weniger als 1000 m² Jungfischhabitat, wurden Beprobungen aus 5% der Gesamtfläche durchgeführt. Wenn die Jungfischhabitate in mehr als 6 m breiten Gewässerabschnitten lagen und eine Fläche von 1000 m² überschritten wurde, wurde jeweils 1% der Gesamtfläche, bzw. mindestens 30 Probepunkte untersucht.

7.4 Ist-Zustand

7.4.1 Artenspektrum

Zur Beschreibung des Ist-Zustandes soll im Wesentlichen auf die Daten, die für das vorliegenden Gutachten gewonnen wurden zurückgegriffen werden. Bei den Untersuchungen, die im Jahr 2004 durchgeführt wurden, wurden insgesamt 20 Fischarten in der Wupper zwischen Beyenburg und Leichlingen nachgewiesen. Eine Zusammenstellung der Spezies zeigt die Tab. 7.4.1-1.

Tab. 7.4.1-1: Fischartenspektrum in der Wupper im Jahr 2004 in 13 Probestrecken zwischen Beyenburg und Leichlingen

			GL VI	gesamt
Aal	-	<i>Anguilla anguilla</i>	*	*
Äsche	-	<i>Thymallus thymallus</i>	3	V
Bachforelle/Meerforelle	-	<i>Salmo trutta</i>	*	3
Bachneunauge	-	<i>Lampetra planeri</i>	2	3
Barbe	-	<i>Barbus barbus</i>	V	3
Barsch	-	<i>Perca fluviatilis</i>	*	*
Döbel	-	<i>Leuciscus cephalus</i>	*	*
Dreistachliger Stichling	-	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	*	*
Elritze	-	<i>Phoxinus phoxinus</i>	3	3
Groppe (Koppe)	-	<i>Cottus gobio</i>	*	*
Gründling	-	<i>Gobio gobio</i>	*	*
Güster	-	<i>Blicca björkna</i>	*	*
Hasel	-	<i>Leuciscus leuciscus</i>	*	*
Hecht	-	<i>Esox lucius</i>	3	3
Karpfen	-	<i>Cyprinus carpio</i>	*	*
Lachs	-	<i>Salmo salar</i>	1	1
Nase	-	<i>Chondrostoma nasus</i>	2	2
Quappe	-	<i>Lota lota</i>	0	1
Rotaugen	-	<i>Rutilus rutilus</i>	*	*
Schmerle	-	<i>Noemacheilus barbatulus</i>	*	*

Angaben aus: „Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Nordrhein-Westfalen [LÖBF 1999]“; 0 = ausgestorben oder verschollen; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; * = nicht gefährdet; GL VI = Süderbergland

Wie sich die Verteilung von solchen Arten, die in der nordrhein-westfälischen Roten-Liste verzeichnet sind im Vergleich zu ungefährdeten Spezies darstellt zeigen die Bilder 7.4.1-1 und 7.4.1-2.

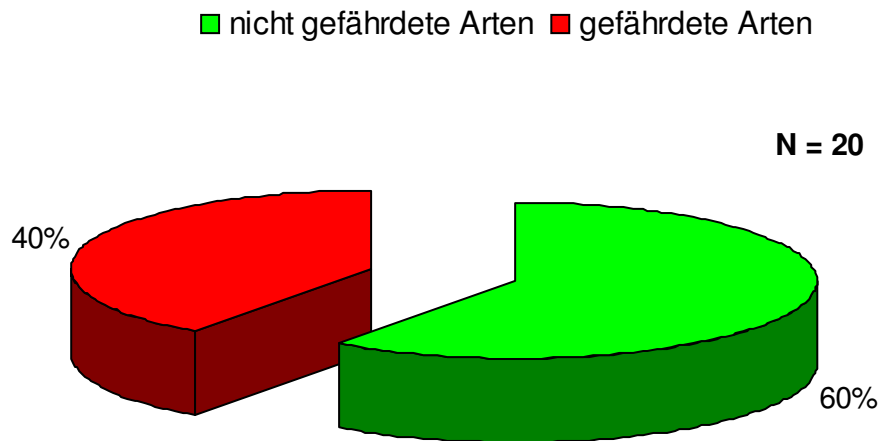


Bild 7.4.1-1: Anteil der gefährdeten Fischarten an den nachgewiesenen Fischarten in der Wupper im Jahr 2004 für den Naturraum VI (Süderbergland)

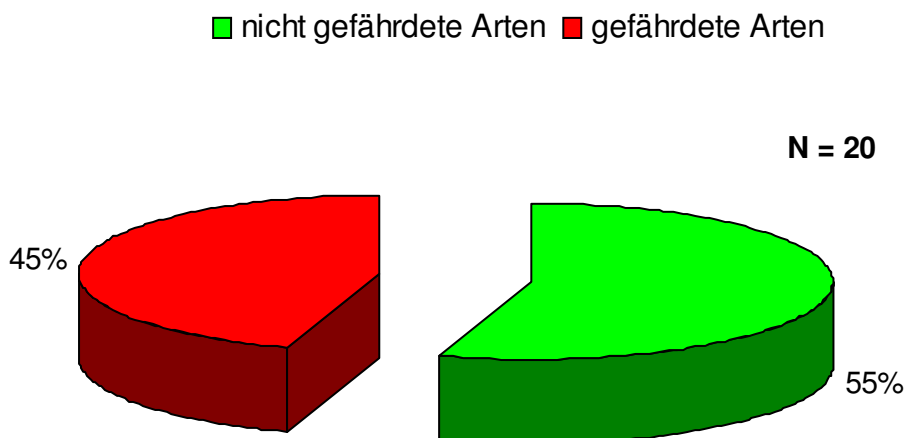


Bild 7.4.1-2: Anteil der gefährdeten Fischarten an den nachgewiesenen Fischarten in der Wupper im Jahr 2004 für gesamt NRW

Anhand der beiden Abbildungen wird deutlich, dass von den 20 nachgewiesenen Spezies für den Naturraum VI (Süderbergland) 40% (= 8 Arten) und für gesamt NRW 45% (= 9 Arten) in der Roten-Liste verzeichnet sind.

7.4.2 Fischartenzusammensetzung - Dominanz und Stetigkeit

Für die Beurteilung der Zusammensetzung der Fischartengesellschaft der Wupper wird die Dominanz als Bewertungskriterium herangezogen. Als Dominanz bezeichnet man den relativen Anteil der Individuen einer Art an der Summe aller nachgewiesenen Individuen aller Arten. Die Dominanzstruktur ist eine Abfolge von der häufigsten bis zur seltensten Art. In Bild 7.4.2-1 sind die Ergebnisse, die im Frühjahr und im Spätsommer in 12 Probestrecken gewonnen wurden dargestellt.

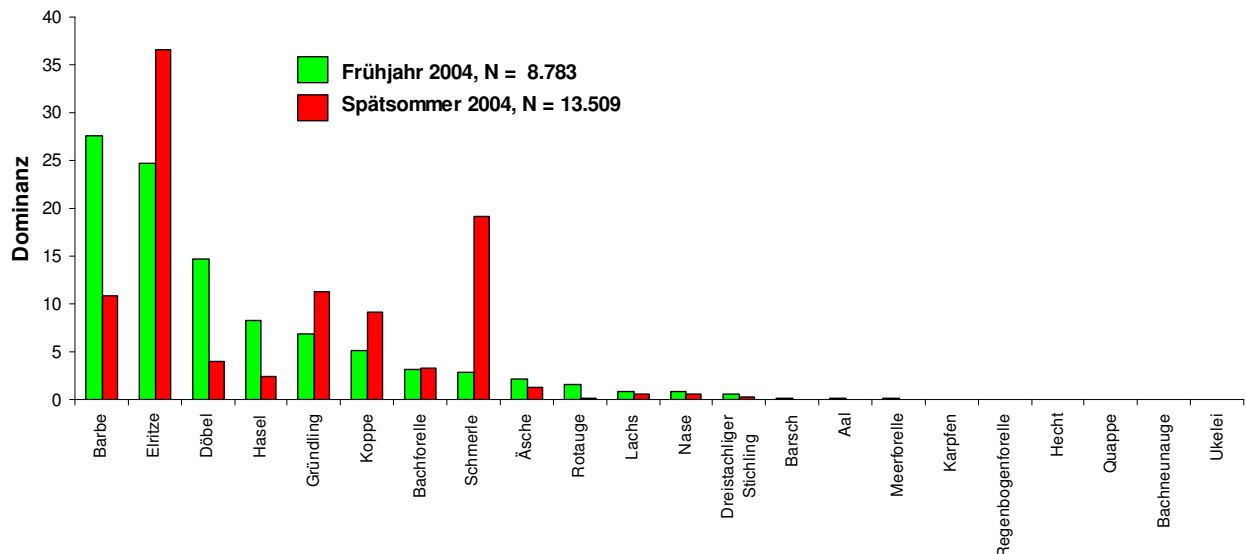


Bild 7.4.2-1: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in 12 Probestrecken a 300 m Länge nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)

Das Bild zeigt, dass im Rahmen der Frühjahrsbefischung die Barbe, die Art mit den häufigsten Individuennachweisen war. Weitere Arten mit hohen Individuenanteilen sind Elritze, Döbel, Hasel, Gründling und Koppe. Im Rahmen der Spätsommerbefischung war die Elritze die Art mit den höchsten Individuenanteilen. Weitere Arten mit hohen Individuenanteilen sind Schmerle, Koppe, Gründling und Barbe.

Um zu prüfen, ob die einzelnen Spezies über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt vorkommen, oder ob es Arten mit nur lokalem Vorkommen gibt wird die Stetigkeit berechnet.

Die Stetigkeit zeigt an, wie oft eine Art in Bezug auf die Probestrecken eines Gewässers nachgewiesen wurde. Sie ist somit ein Maß für die räumliche Verbreitung. Eine Art erreicht 100%, wenn sie in allen untersuchten Probestrecken nachgewiesen wurde.

In Bild 7.4.2-2 sind die Ergebnisse, die im Frühjahr und im Spätsommer in 12 Probestrecken gewonnen wurden dargestellt.

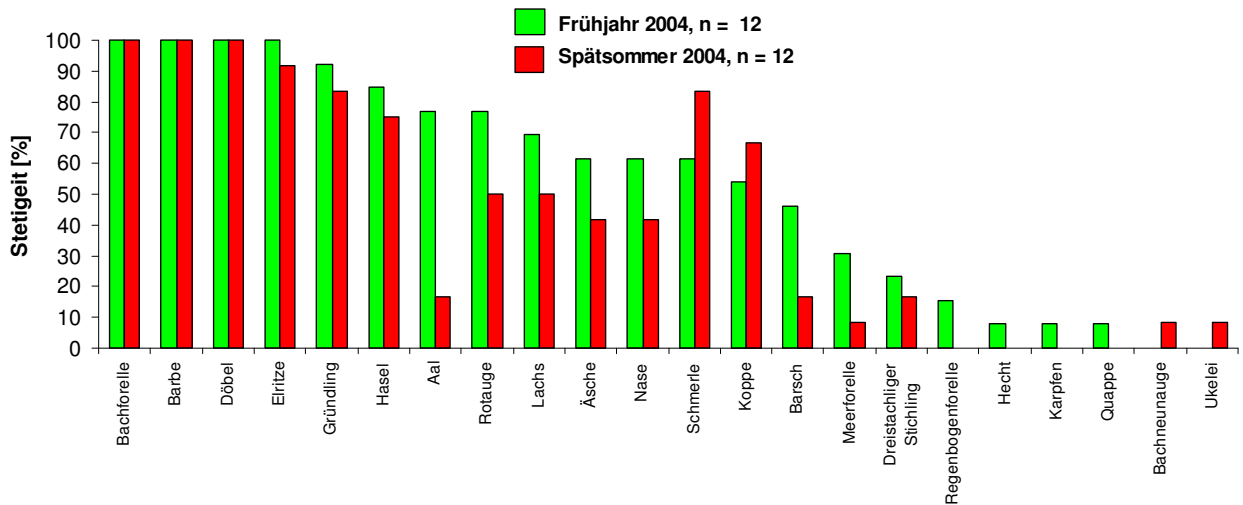


Bild 7.4.2-2: Stetigkeiten der in der Wupper im Jahr 2004 in 12 Probestrecken a 300 m Länge nachgewiesenen Fischarten (n = 12 Probestrecken)

Bild 7.4.2-2 macht deutlich, dass Bachforelle, Barbe und Döbel im Rahmen der beiden Untersuchungen in allen untersuchten Probestrecken nachgewiesen wurden. In Bezug auf die Bachforelle ist dieses Ergebnis von besonderem Interesse. Der Dominanzanteil der Art lag bei beiden Untersuchungen deutlich unter 5%. Das heißt, die Bachforelle ist mit vergleichsweise wenigen Individuen über den gesamten Untersuchungsabschnitt verbreitet. In welchem Umfang es sich hierbei um Besatztiere handelt, kann an dieser Stelle nicht festgestellt werden, da die Anzahl der nachgewiesenen Individuen insgesamt sehr gering war.

Die Barbe weist wie die Bachforelle eine maximale Stetigkeit auf. Im Gegensatz zur erstgenannten Art wurden für die Barbe mit die höchsten Dominanzanteile verzeichnet. Innerhalb des Untersuchungsbereiches weit verbreitet und mit hohen Dominanzanteilen vertreten sind die Elritze, der Döbel, der Hasel und die Schmerle.

Fasst man das Ergebnis in den Bildern 7.4.2-1 und 7.4.2-2 zusammen, so wird deutlich, dass vor allem zu Cyprinidengesellschaften zählende Spezies in der Wupper dominant vertreten sind und hohe Stetigkeiten aufweisen. Salmoniden, wie Äsche und Bachforelle wurden im Rahmen der Beprobungen zwar vergleichsweise häufig nachgewiesen, ihre Dominanzanteile sind jedoch sehr gering. Das Ergebnis zeigt insgesamt, dass die Wupper in dem hier untersuchten Abschnitt ein von Fischarten geprägt ist, die zu Cyprinidengesellschaften gezählt werden.

Um zu prüfen, ob sich die Dominanzverhältnisse in den hier untersuchten Probestrecken insgesamt ähnlich sind oder ob es Unterschiede zwischen den einzelnen Abschnitten gibt, wurde die Dominanzverteilungen für die Einzelbeprobungen berechnet und grafisch dargestellt. Die Lage der Probestrecken findet sich in der Karte 7.4.2.1. Im Folgenden sind drei Dominanzverteilungen dargestellt. Die übrigen Darstellungen finden sich im Anhang A5 (Dominanzen_Probestecken).

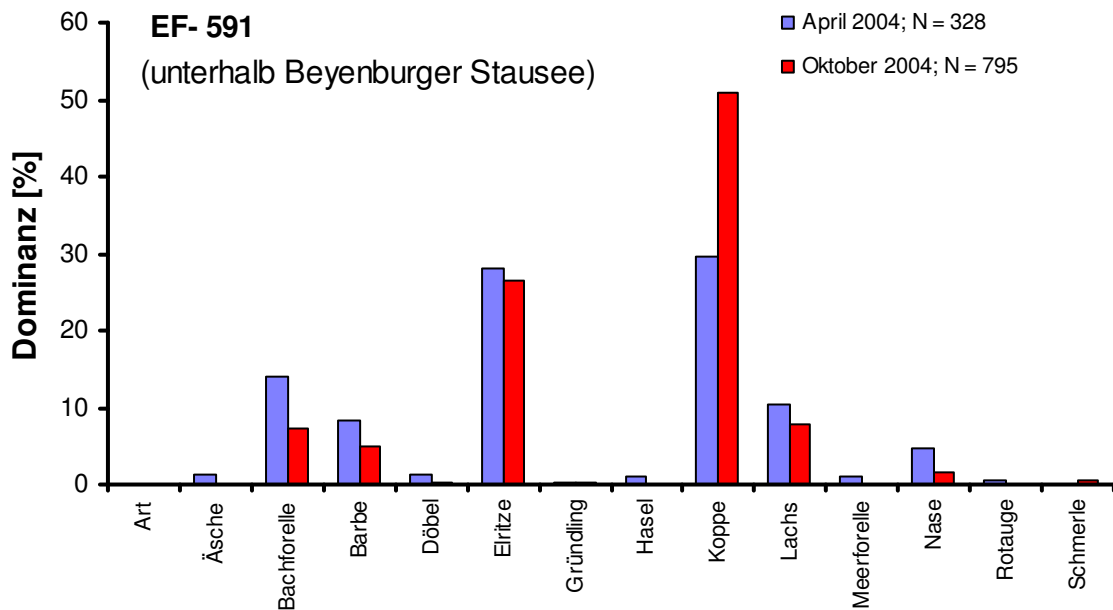


Bild 7.4.2-3: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-591 nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)

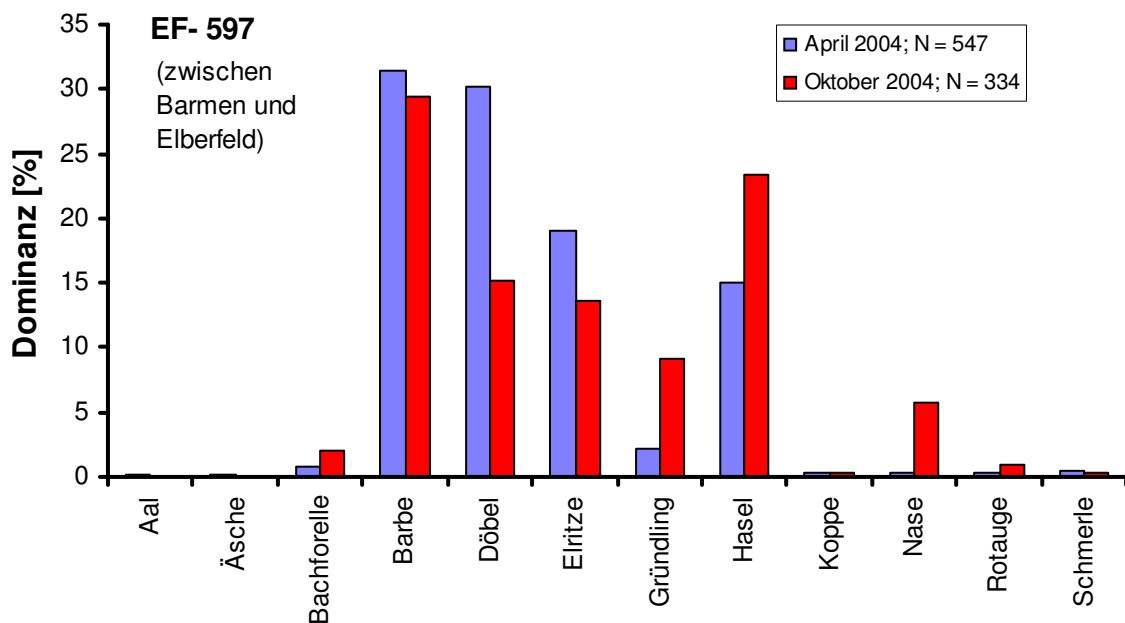


Bild 7.4.2-4: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-597 nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)

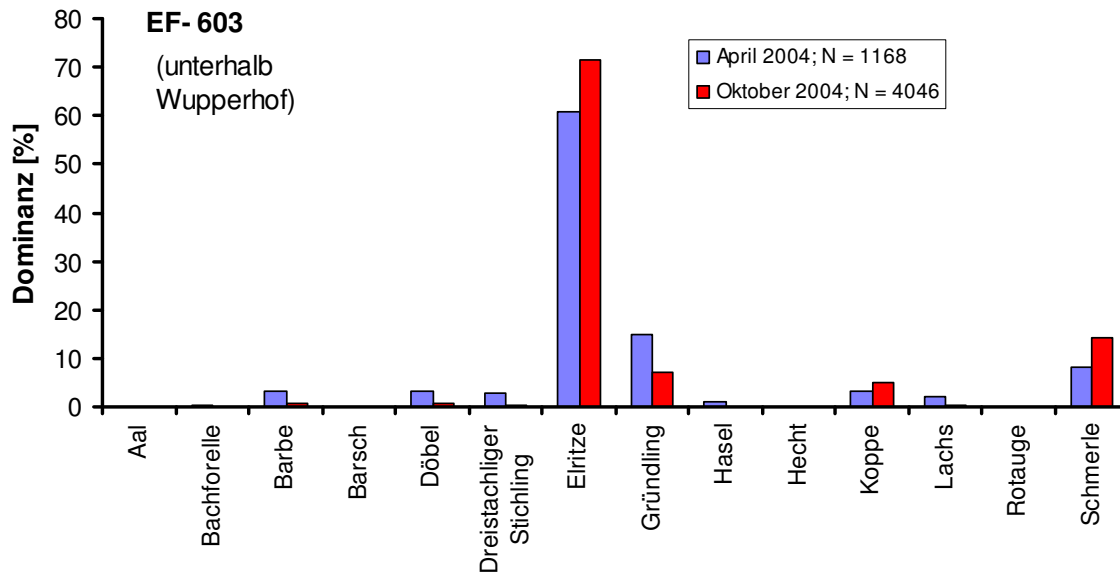


Bild 7.4.2-5: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-603 nachgewiesenen Fischarten (N = Individuenzahl)

Anhand der drei Grafiken wird deutlich, dass es zwischen den hier dargestellten Probestrecken deutliche Unterschiede in Bezug auf die Dominanzverhältnisse gibt. In der Probestrecke EF-591, unterhalb des Beyenburger Stausee, weist die Koppe die höchsten Dominanzanteile auf. Ebenfalls sehr viele Individuen wurden von der Elritze nachgewiesen. Bemerkenswert ist, dass die Dominanzanteile der Bachforelle über 10% liegen. In der Zusammenfassung aller Ergebnisse lag der Dominanzanteil dieser Art deutlich unter 5%. Die typischen Vertreter der von Cyprinidengesellschaften Barbe und Nase weisen in der Probestrecke EF-591 nur vergleichsweise geringe Dominanzanteile auf.

Die Dominanzverteilungen in der Probestrecke EF-597, die zwischen den Warmwasser-einleitungen von Elberfeld und Barmen liegt (vgl. Karte 7.4.2-1) unterscheiden sich von denen in der Probestrecke unterhalb des Beyenburger Stausee deutlich. Die beiden Arten Koppe und Äsche wurden nicht mehr, oder nur noch vereinzelt nachgewiesen. Auch die Dominanzanteile der Bachforelle sind deutlich geringer als in der Probestrecke EF-591. Im Gegensatz zum Rückgang der zu einer Salmonidengesellschaft zu zählenden Spezies zeigen die Cyprinidenarten sehr hohe Dominanzanteile. Dies sind Barbe, Döbel, Hasel, Elritze und Gründling.

Ein wiederum verändertes Bild zeigt die Probestrecke EF-603. Hier dominiert die Elritze mit 60%. Bemerkenswert ist insgesamt der geringe Dominanzanteil der Koppe für beide Wasserkörper. Während sie in der Probestrecke zwischen Barmen und Elberfeld nur noch als Einzelindividuen nachgewiesen wurde, konnten in der Probestrecke unterhalb des Wupperhofes im Mai 36 Individuen und im Oktober 240 Koppen registriert werden.

Vergleich man die Entwicklung der Dominanzverteilungen für die einzelnen Probestrecken insgesamt (Bilder 7.4.2-3 – 7.4.2-5, Grafiken im Anhang: Dominanzen Probestrecken) so wird deutlich, dass sich die Zusammensetzung der Fischartengesellschaft der Wupper von Beyenburg bis zum Wupperhof insgesamt deutlich verändert. Während oberhalb von Wuppertal die Anteile von Arten, die in Salmonidengewässern zu erwarten sind vergleichsweise hoch sind, verschwinden diese Arten mit dem Eintritt der Wupper nach Wuppertal fast vollständig. Innerhalb von Wuppertal dominieren typische Vertreter von Cyprinidengesell-

schaften wie Barbe, Döbel und Gründling. Diese Situation zeigt sich auch für den Abschnitt Buchenhofen bis Müngstener Brücke (Probestrecken EF-599 bis EF-602). Erst unterhalb von diesem Bereich ist die Koppe als wichtige Begleitart einer Salmonidengesellschaft wieder feststellbar.

Die Veränderungen der Fischfauna von Beyenburg bis zum Wupperhof spiegeln sich auch in der Auswertung für die Verteilung der relativen Anteile ausgewählter Arten im Wupperlängsverlauf wider. In der Karte 7.4.2-1 sind für die untersuchten Probestrecken die relativen Individuenhäufigkeiten für die Arten Döbel, Barbe, Koppe, Bachforelle und Äsche dargestellt. Die beiden Arten Döbel und Barbe sind typische Vertreter von Cyprinidengesellschaften, während Koppe, Bachforelle und Äsche zur Salmonidengesellschaft gehören.

Es wird deutlich, dass die Anteile der Arten, die zur Salmonidengesellschaft zu rechnen sind hinter der Einleitungsstelle Barmen fast gänzlich verschwunden sind. Diese Situation ist schließlich auch unterhalb von Wuppertal festzustellen. Während die Bachforelle in den Probestrecken in Wuppertal und unterhalb der Stadt noch vereinzelt nachgewiesen wurden verschwinden Äsche und Koppe fast vollständig. Die letztgenannte Art ist erst wieder im Bereich der Münstener Brücke und unterhalb des Wupperhofes in nennenswerten Beständen nachzuweisen.

Das vorab dargestellte Ergebnis ist in zusammenfassender Form in Bild 7.4.2-6 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Untere Wupper auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse mit Ausnahme der beiden Probestrecken EF-591 und EF-592 als ein von Cypriniden dominiertes Fließgewässer eingestuft werden muss.

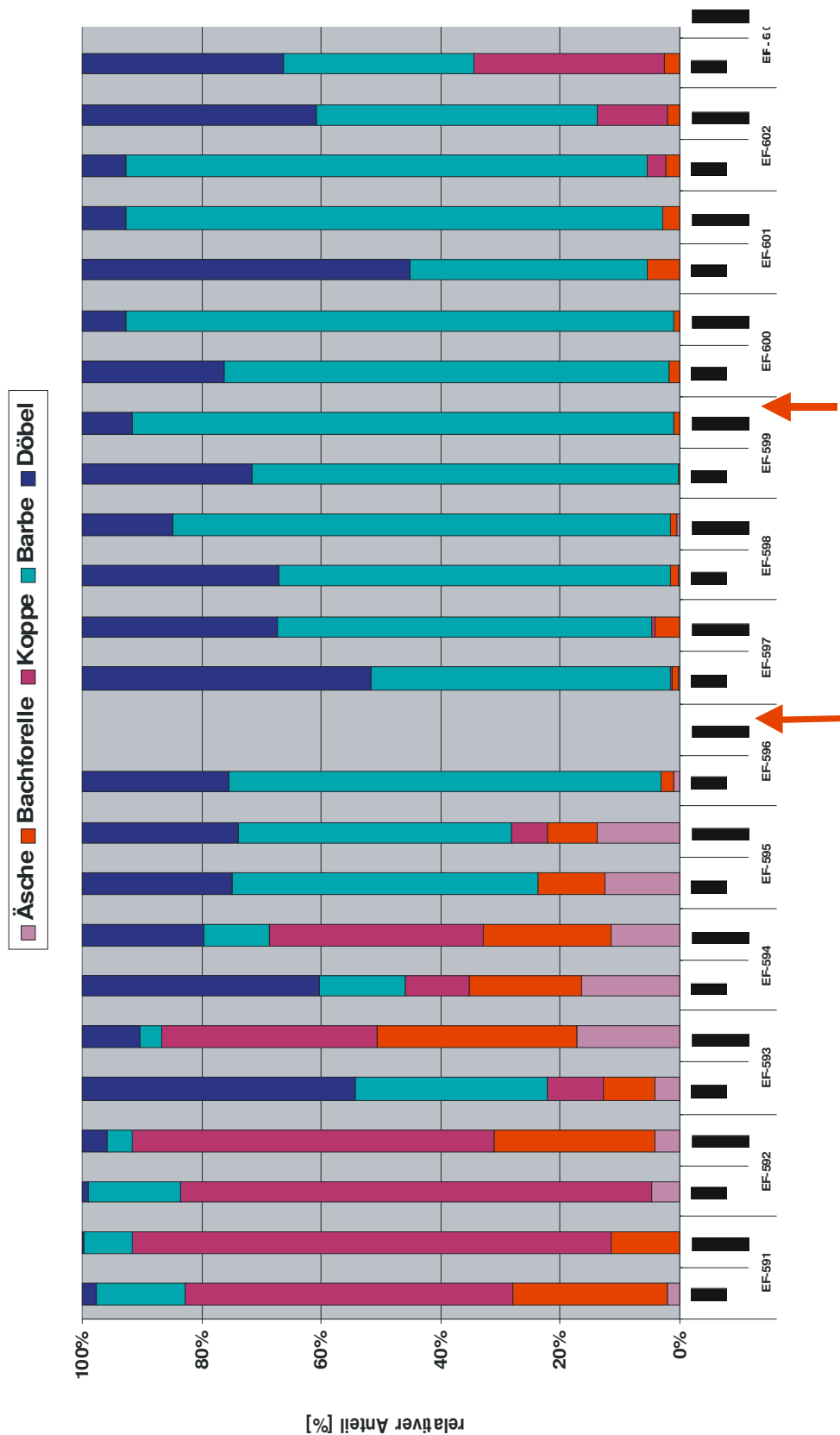


Bild 7.4.2-6: Verteilung der relativen Häufigkeiten ausgewählter Fischarten in der Wupper vom Auslauf des Beyenburger Satusses bis zum Wupperhof (zur Lage der Probestrecken siehe Karte 7.5.2-1; die roten Pfeile kennzeichnen die Lage der beiden Heizkraftwerke Elberfeld und Barmen)

7.4.3 Fortpflanzung

Im Folgenden soll geprüft werden, ob und welche Fischarten sich in der Wupper fortpflanzen. Um Aussagen zum Fortpflanzungsverhalten machen zu können, wird sowohl auf die Daten, die im Rahmen der Streckenbefischungen gewonnen wurden, als auch auf die Ergebnisse der point-abundance Untersuchungen zurückgegriffen. In der Tab. 7.4.3-1 ist dargestellt, in welchen Probestrecken Jungfische der insgesamt nachgewiesenen Arten festgestellt wurden.

Tab. 7.4.3-1: Nachweis von Jungfischen in 13 Probestrecken in der Wupper im Jahr 2004
(zur Lage der Probestrecken siehe Bild 7.5.2-1)

	EF-591	EF-592	EF-593	EF-594	EF-595	EF-596	EF-597	EF-598	EF-599	EF-600	EF-601	EF-602	EF-603	Rep..
Aal														-
Äsche	+	+	+	+	+			+				+	+	ja
Bachforelle	+	+	+	+	+	+				+		+	+	?
Bachneunauge												?		?
Barbe				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ja
Barsch												+	+	?
Döbel		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ja
Dreist. Sticl.		+									+	+	+	ja
Elritze	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ja
Koppe	+	+	+	+	+		+					+	+	ja
Gründling						+	+	+	+	+	+	+	+	ja
Güster														?
Hasel					+	+		+	+	+	+	+	+	ja
Hecht														?
Karpfen														-
Lachs	+	+										+	+	?
Nase						+								ja
Quappe														?
Rotaugen					+	+	+				+	+	+	ja
Schmerle			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ja

+ Jungfischnachweis der betreffenden Art; Dreist. Stichling = Dreistachliger Stichling;
Rep. = selbständige Reproduktion in der Wupper; gelb: Bereich unterhalb der
Warmwassereinleitung

Anhand der Tabelle wird deutlich, dass im Rahmen der Untersuchungen für insgesamt 14 von 20 Fischarten Jungfische nachgewiesen wurden. Für den Aal (der sich in der Sargassosee fortpflanzt) und den Karpfen sind Jungfische in der Wupper nicht zu erwarten. Im Rahmen der Bewertung in der rechten Spalte der Tabelle sind jedoch auch sieben Fragezeichen zu erkennen. Für einige Fischarten gibt es trotz des Nachweises von Jungfischen Zweifel, ob sich die jeweilige Art selbstständig in der Wupper erhält oder ob ihrer Präsenz auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen ist. Ferner ist für einige Arten nicht klar ob sich die Wupper nur als Teillebensraum nutzen und zur Fortpflanzung in andere Gewässer oder Gewässerabschnitte abwandern.

Im Folgenden sollen die Arten, für die Zweifel an der selbstständigen Erhaltung in der Wupper bestehen diskutiert werden.

Bachforelle

Nach WUTTKE (1997) wird der Bachforellenbestand in fast allen Gewässerabschnitte der Wupper durch Besatzmaßnahmen gestützt. Dass Besatzmaßnahmen durchgeführt werden, kann anhand der Ergebnisse der Streckenbefischungen nachvollzogen werden. Hier wurden häufig Jungfische mit einer Körperlänge von ca. 10 - 12 cm nachgewiesen. Diese Körperlänge ist ein beliebtes Maß für Besatzforellen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass im Rahmen der point-abundance Untersuchungen auch deutlich kleinere Individuen nachgewiesen wurden. Dies betraf vor allem den Fließabschnitt vom Auslauf aus dem Beyenburger Stausee bis zur Probestrecke EF-595 (oberhalb der Einleitung Barmen). Ob alle Jungfische aus Besatzmaßnahmen stammen ist nach den vorliegenden Befunden zu bezweifeln. Es ist eher wahrscheinlich, dass sich ein Großteil der in der Wupper vorhandenen Bachforellen aus eigener Reproduktion rekrutiert. Untersuchungen, die im Auftrag der LÖBF NRW durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass Besatzmaßnahmen speziell mit Bachforellen in der Regel nicht sehr effektiv sind. Die meisten Tiere sterben schon kurz nach dem Aussetzen.

Bachneunauge

Im Rahmen der Untersuchungen wurden insgesamt nur 2 Bachneunaugenquerder nachgewiesen. Die Tiere wurden am 13.10.04 in der Probestrecke EF-601 (Rutenbeck) festgestellt. Ob es sich um Tiere handelt, die in der Wupper geschlüpft sind, oder ob sie aus Seitenbächen in die Wupper eingewandert sind ist anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht nachvollziehbar.

Barsch

Der Barsch wurde in der Probestrecke EF-602 nachgewiesen. Es handelte sich um adulte Individuen. Ob die Tiere aus anderen Bereichen verdriftet sind oder ob sich die Art auf sehr niedrigem Niveau in der Wupper fortpflanzt und die Jungtiere hier nicht festgestellt wurden kann nicht geklärt werden.

Hecht

Der Hecht wurde im April 2004 in der Probestrecke EF-603 nachgewiesen. Es handelte sich zwei Exemplare mit einer Körperlänge von über 70 cm. Bei den Tieren handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um solche, die aus dem Rhein in die Wupper eingewandert sind.

Lachs

Bei allen nachgewiesenen Lachsen handelt es sich um solche, die durch Besatzmaßnahmen in die Wupper gelangt sind. Im Rahmen des Wanderfischprogramms NRW werden jährlich Jungfische dieser Art in der Wupper ausgesetzt (LÖBF).

Quappe

Die Präsenz der Quappe ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen.

Hasel

Bemerkenswert ist das vergleichsweise häufige Vorkommen des Hasel unterhalb der Warmwassereinleitung, da die Art in der Literatur häufig als kaltstenotherm beschrieben wird.

Im Folgenden soll geprüft werden in welchen Abschnitten der Wupper Jungfische von ausgewählten Arten besonders häufig nachgewiesen wurden. Die Auswertung wurde für die Arten Bachforelle, Äsche, Koppe, Döbel und Barbe durchgeführt. Bei den drei

erstgenannten handelt es sich um solche Arten, die einer Salmonidengesellschaft zugeordnet werden. Barbe und Döbel sind zwei typische Vertreter von Cyprinidengesellschaften. Bei dieser Auswertung ist zu berücksichtigen, dass bei der Darstellung für die Bachforelle die Erfassung von Besatztieren nicht ausgeschlossen werden kann. Die Auswertung soll in erster Linie Hinweise darauf geben in welchen Bereichen Jungfische von solchen Arten abwachsen können, die einer Salmonidengesellschaft zugeordnet werden können und solchen Spezies, die einer Cyprinidengesellschaft zugeordnet werden.

Das Ergebnis der Auswertung ist in Bild 7.4.3-1 dargestellt.

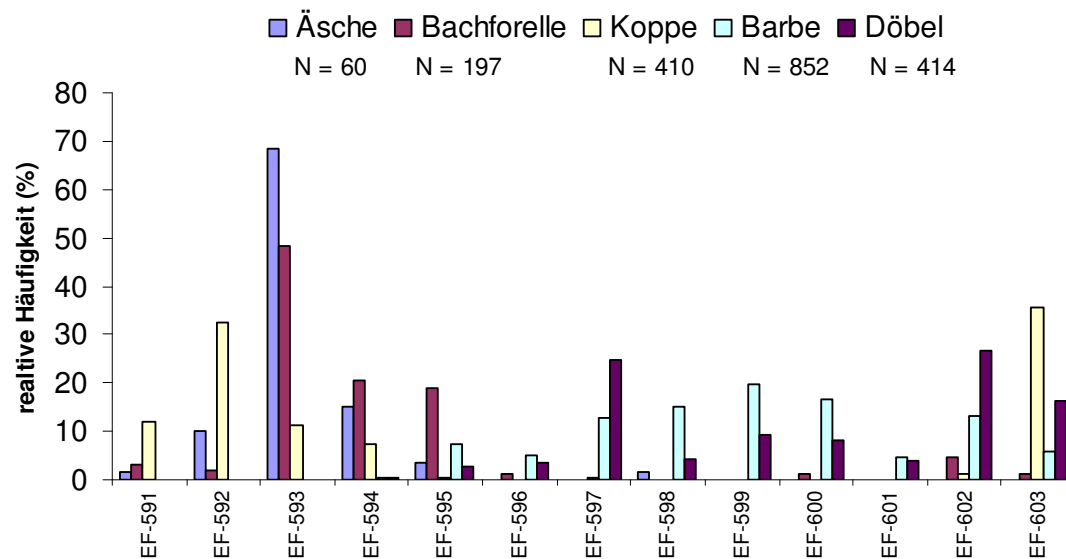


Bild 7.4.3-1: Verteilung der relativen Häufigkeiten ausgewählter Jungfischarten in der Wupper in 13 Probestrecken vom Auslauf des Beyenburger Stausee bis zum Wupperhof im Jahr 2004

Die Abbildung macht deutlich, dass die Jungfische der hier gewählten Arten nicht gleichmäßig über die Wupper verteilt sind. Für die Arten Äsche, Bachforelle und Koppe ist ein Peak in den Probestellen EF-592 bzw. EF-593 zu erkennen. Ab der Probestrecke EF-596 sind vermehrt Jungfische der beiden Cyprinidenarten Barbe und Döbel vorhanden, während die Arten, die einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen sind deutlich zurückgehen. Für die Äsche wird außer im Bereich der Probestrecke EF-598 unterhalb von Wuppertal kein Nachweis mehr erbracht. Jungfische der Koppe konnten erst wieder im Bereich der Müngstener Brücke und unterhalb des Wupperhofes festgestellt werden.

Die hohen Bestandszahlen der Äsche und Bachforelle im Bereich EF 593 deuten darauf hin, dass hier Laichbereiche vorhanden sein können.

Insgesamt zeigt Bild 7.4.3-1, dass Jungfischdichten von solchen Arten, die zu einer Salmonidengesellschaft zu rechnen sind, oberhalb von Wuppertal deutlich größer sind als in bzw. unterhalb von Wuppertal. Mit Eintritt der Wupper in das Stadtgebiet der Stadt Wuppertal werden die Arten, die einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen sind von typischen Cyprinidenarten abgelöst.

7.5 Ergebnisse und Bewertung der Mageninhaltsanalysen

Im Rahmen der verschiedenen Untersuchungen zur Fischfauna und bei der Kartierung der Sohlstruktur fiel auf, dass vor allem im Bereich der Wupperbrücke auf Höhe des Heizkraftwerkes Barmen häufig Brot und Kuchenreste in der Wupper flussabwärts trieben. Unterhalb des Einlaufes des Heizkraftwerkes konnte beobachtet werden, dass vor allem Barben und große Karpfen die Brot- und Kuchenreste fraßen.

Nachdem mehrfach beobachtet werden konnte, dass verschiedene Personen immer an derselben Stelle Fütterungen durchführten, wurde gezielt darauf geachtet, ob die Fütterungen regelmäßig durchgeführt wurden. Obwohl eine kontinuierliche Beobachtung nicht durchgeführt werden konnte, belegen die Beobachtungen der Mitarbeiter der NZO-GmbH und die Beobachtungen verschiedener Arbeitsgruppenmitglieder, dass eine gewisse Regelmäßigkeit in Bezug auf die Fütterungsaktivitäten zu verzeichnen ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass täglich Menschen in mehr oder weniger großen Umfang – ein paar Scheiben Brot bis zu mehreren Plastiktüten gefüllt mit Essenresten – Nahrungsmittel in der Wupper "verklappen".

Der Fütterungsplatz "Alter Markt" am Heizkraftwerk Barmen erfreut sich besonderer Beliebtheit, da in der Sohlvertiefung im Bereich des Kraftwerkaufauslaufes Fische beim Fressen beobachtet werden können.

Eine Auswertung der ersten Befischung im April 2004 ergab, dass im Bereich des Kraftwerkauslaufes vermehrt große Fische vorhanden waren. Eine vergleichende Auswertung der einzelnen Probestrecken hinsichtlich des Fischbestandes in Kg normiert auf 1.500m² ergab, dass der Fischbestand unterhalb des Kraftwerkes deutlich höher war als in den übrigen Probestrecken (Bild 7.5-1).

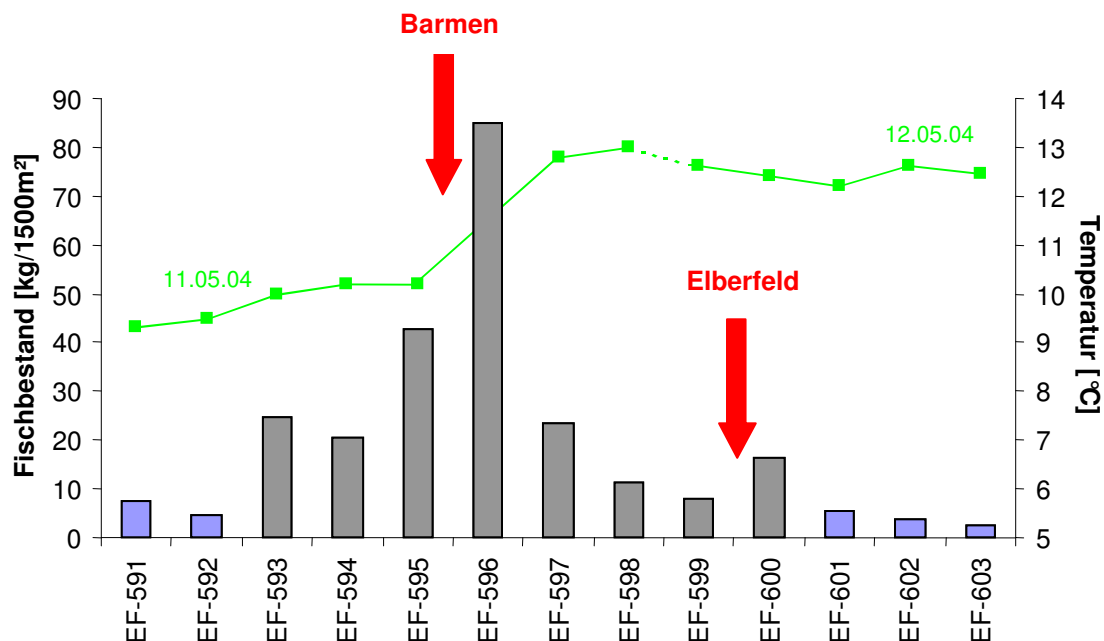


Bild 7.5-1: Verteilung des Fischbestandes in Kg/1500m² in der Wupper in 13 Probestrecken im Jahr 2004
 grüne Kurve: Wassertemperaturdaten, gemessen durch die NZO-GmbH;
 blaue Säulen: Probestrecken liegen außerhalb von Wuppertal,

graue Säule: Probestrecken liegen innerhalb von Wuppertal

Bei den Bestandsuntersuchungen wurden deutlich, dass im Bereich der Probestrecke EF-596 der Barbenbestand sehr hoch war. Vor allem große Individuen mit Körperlängen von mehr als 40 cm wurden vermehrt festgestellt (Bild 7.5-2).

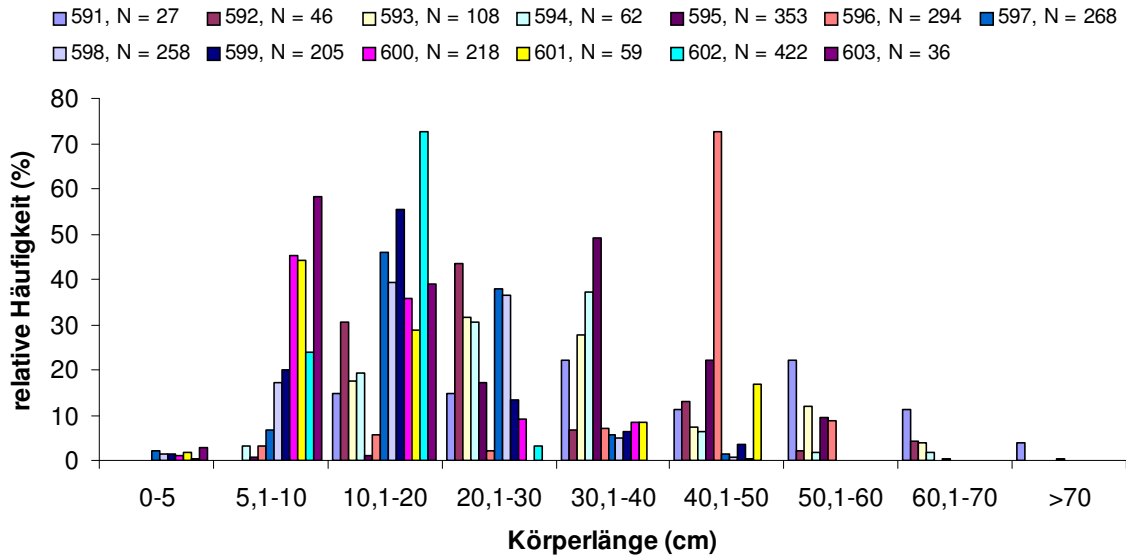


Bild 7.5-2: Körperlängenverteilungen der Barbe in der Wupper in 13 Probestrecken im April 2004
(Zahl hinter den Kästchen = Probestreckenummer, N = Anzahl nachgewiesener Individuen)

Das Bild zeigt deutlich, dass Individuen mit Körperlängen zwischen 40,1 – 50 cm am häufigsten in der Probestrecke 596 nachgewiesen wurden.

Aufgrund der Ergebnisse lag der Verdacht nahe, dass das Füttern der Tiere mit dazu beiträgt oder sogar ausschlaggebend dafür ist, dass sich in dem Bereich unterhalb des Kraftwerksauslaufes Barmen ein vergleichsweise hoher Fischbestand mit einer erhöhten Anzahl großer Individuen entwickeln kann. Aus diesem Grund wurden, mit Genehmigung der Bezirksregierung Düsseldorf Barben aus der Wupper entnommen und hinsichtlich der Mageninhalte untersucht.

Insgesamt wurden 44 Barben hinsichtlich ihrer Mageninhalte untersucht. Ein Tier stammte aus dem Bereich unterhalb des Beyenburger Stausees, 25 Barben wurden aus einem Abschnitt unterhalb des Kraftwerksauslaufes Barmen und 18 weitere Individuen aus einem Abschnitt im Bereich Müngstener Brücke entnommen.

Die Mageninhalte wurden nach Makrozoobenthos, Pflanzen, Steine, terrestrische Insekten und Brot- bzw. Kuchenresten unterschieden. Die eine unterhalb des Beyenburger Stausees entnommene Barbe war 48 cm lang. Der Mageninhalt bestand zu 90% aus Makrozoobenthosorganismen, 5% waren kleine Kieselsteine und weitere 5% bestanden aus Pflanzenresten.

Unterhalb des Kraftwerksauslaufes wurden 25 Barben mit unterschiedlich Körperlängen aus der Wupper entnommen. Die Verteilung der Mageninhalte für jedes Individuum ist in der Bild 7.5-3 dargestellt.

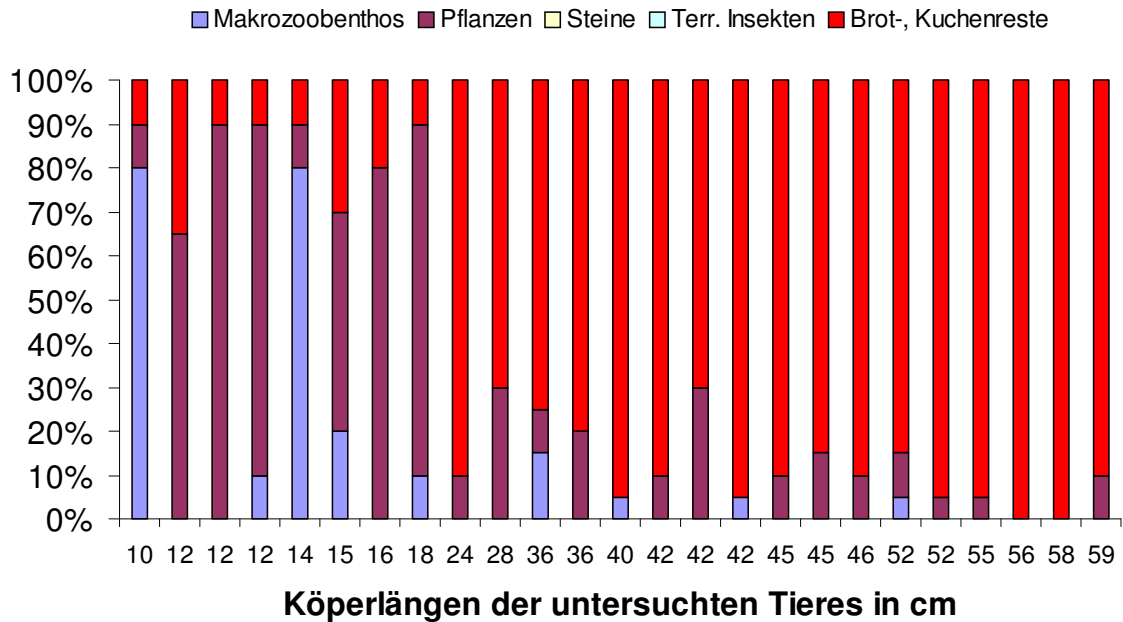


Bild 7.5-3: Verteilungen von Mageninhalten von Barben aus der Wupper im Bereich Auslauf Kraftwerk Barmen im Oktober 2004

Bild 7.5-3 macht deutlich, dass bei allen Individuen, die im Stadtgebiet gefangen wurden, Brot- und Kuchenreste im Magen gefunden wurden. Interessant ist jedoch, dass bei allen Tiere ab einer Körperlänge von 24 cm und größer die Mageninhalte zu 70% oder mehr Prozent aus Brot- und Kuchenresten bestanden. Bei zwei Tieren wurden ausschließlich Brot- und Kuchenreste gefunden.

Wie sich die Verteilung der Mageninhalte bei den Barben, die aus dem Bereich der Müngstener Brücke stammen darstellten ist in Bild 7.5-4 dargestellt.

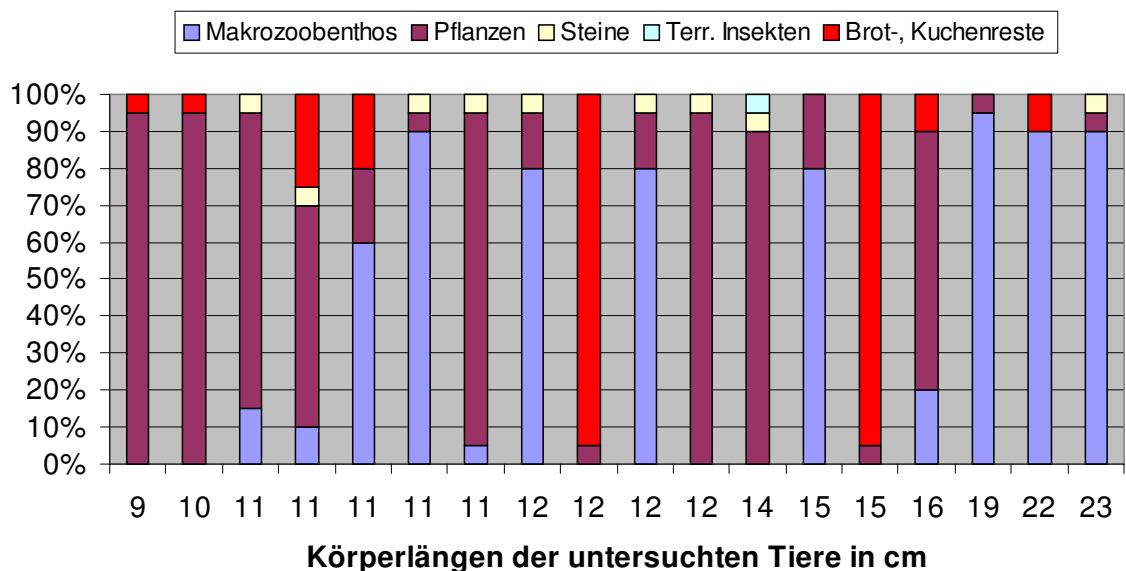


Bild 7.5-4: Verteilungen von Mageninhalten von Barben aus der Wupper im Bereich Müngstener Brücke im Oktober 2004

Insgesamt wurden bei den hier untersuchten Barben bei 8 von 18 Tieren Brot- und Kuchenreste gefunden. Bei zwei Individuen wurde ein "Füllungsgrad" mit Brot- und Kuchenresten von über 90% festgestellt. Bei dem meisten Barben wurden auch Makrozoobenthosorganismen und Pflanzenreste gefunden.

Bei dem Ergebnis ist zu berücksichtigen, dass größere Individuen im Bereich der Müngstener Brücke nicht gefangen werden konnten. Auch bei den Bestandsuntersuchungen im April und im Oktober 2004 konnten im Bereich Müngstener Brücke keine Individuen mit Körperlängen von 40 oder mehr cm gefangen werden.

Unter Berücksichtigung, dass sich vor allem große Fische und hier speziell Barben unterhalb des Heizkraftwerkes Barmen akkumulieren, ist das Ergebnis ein starker Hinweis darauf, dass eine Fütterung der Fische dazu beiträgt, die Anzahl von großen Barben im Vergleich zu anderen Probestrecken künstlich zu erhöhen.

Es ist zwar davon auszugehen, dass auch in anderen Bereichen der Wupper Fischfütterungen durchgeführt werden. Dies ist z. B. mit großer Wahrscheinlichkeit auch am Parkplatz an der Müngstener Brücke der Fall. Dass die Barben, bei denen Brot- und Kuchenreste gefunden wurden, von Barmen nach Müngsten geschwommen sind, ist ausgeschlossen, da beide Proben am 29.10.2004 innerhalb weniger Stunden gewonnen wurden. In Barmen scheint die Regelmäßigkeit der Fütterungen sowie die Mengen an Brot- und Kuchenresten, die entsorgt werden, ausschlaggebend dafür zu sein, dass sich vergleichsweise viele Tiere mit Körpergrößen entwickeln können, die in den übrigen Bereichen der Wupper nur selten angetroffen werden.

Die Fütterung als zusätzliche Nahrungsquelle beeinflusst die Dominanzverhältnisse der Fischartengesellschaft im Stadtgebiet. In Bezug auf Biomasse (große Fische) wirkt sich dies vor allem für die Barbe positiv aus. Da diese Art die Fütterungsbrocken scheinbar besonders effektiv erbeuten kann, besteht hier eine Konkurrenzüberlegenheit gegenüber anderen Arten, die sich dahingehend auswirkt, dass vor allem viele große Barben im Stadtgebiet vorhanden sind. Durch die Fütterung nimmt der Druck, Nahrung zu finden, für die Barben ab 20 cm Körperlänge im Stadtgebiet deutlich ab. Am Standort Barmen wurden zeitweilig Barben-Schwärme mit mehreren hundert großen Fischen beobachtet. Ob die hohe Fischdichte und die hohe Fischbiomasse unerwünschte Nebeneffekte auf das Makrozoobenthos hat (Beifang) kann noch nicht beantwortet werden.

7.6 Bewertung des IST-Zustandes

7.6.1 Bewertung der Ausgewogenheit des Fischbestandes nach Fischgewässerverordnung NRW

Ausgehend von der Definition der "Ausgewogenheit des Fischbestandes" in **Punkt 13.3** und in **Tabelle 13.3-2** lässt sich der IST-Zustand wie folgt bewerten:

- Die Leitart Barbe ist in dominierenden Beständen vorhanden.
- Die Erhaltung der Art basiert auf selbstständiger Reproduktion.
- Die Begleitarten, die den Cyprinidenanteil repräsentieren (Schmerle, Nase und Ukelei) bilden zusammen mit der Leitart Barbe gegenüber den Grundarten Döbel, Rotaugen, Barsch, Hasel, Gründling und Dreistacheliger Stichling nur abschnittsweise dominierende Bestände.
- Schmerle, Nase und Ukelei erhalten sich selbstständig.
- Der Anteil der Arten, die der Salmonidengesellschaft zugerechnet werden (Bachforelle, Äsche, Bachneunauge, Elritze, Koppe) ist subdominant.
- Die Wassertemperaturen tragen (auch unter Berücksichtigung aller anderen Vorbelastungen) dazu bei, dass aktuell die Arten, die die Salmonidenanteile ausmachen, auf Grund des Überschreitens von Letalgrenzen (vgl. Kap. 10.2.1) auch auf niedrigem Bestands-Niveau derzeit keine Reproduktions- und Entwicklungsmöglichkeiten haben.
- Die Warmwassereinleitungen sind auf dem Niveau der letzten Jahre ($2 \times 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) kein Temperaturhindernis für wandernde Fische. Diese Aussage basiert auf den Ergebnissen von Abstimmungen mit Vertretern des Wanderfischprogramms NRW. Die Aufwanderzeiten liegen natürlicherweise in den kälteren Jahreszeiten.

Derzeit ist daher kein "ausgewogener Fischbestand" wie unter Punkt 13.3 definiert festzustellen.

Die Arten, die in einer von Cypriniden dominierten Fischartengesellschaft den Salmonidenanteil repräsentieren, sind zu entwickeln. Die Einleitung von aufgeheiztem Wasser muss so gering gehalten werden, dass sich innerhalb einer Cyprinidengesellschaft der Anteil von Arten, der einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen ist, entsprechend der Gewässersituation etablieren und selbstständig erhalten kann. Insgesamt ist der Anteil der Spezialisten gegenüber den unspezialisierten Grundarten zu fördern.

Unter dem Teil C "Maßnahmen" wird festzustellen sein, ob sich Maßnahmen definieren lassen, die die *"Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestandes"* ermöglichen (§4 FischgewV).

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen (vergl. Kapitel 13), dass die Fischgewässerverordnung NRW in Bezug auf die Wupper die Beurteilung einer Cyprinidengesellschaft fordert, obwohl natürlicherweise eine Salmonidengesellschaft zu erwarten und damit auch Grundlage einer Bewertung wäre. Vor diesem Hintergrund muss klar gesagt werden, dass mit der formulierten Ausgewogenheit der gesetzlichen Vorgabe zwar Rechnung getragen wurde, eine leitbildorientierte Betrachtung entsprechend der Wasserrahmenrichtlinie hier jedoch nicht berücksichtigt ist. Die Formulierung der "Ausgewogenheit" stellt aber einen "Schritt in die richtige Richtung" dar, d. h. vom heutigen IST-Zustand ausgehend einen Schritt in Richtung des guten ökologischen Potentials bzw. guten ökologischen Zustandes.

7.6.2 Bewertung der Fischfauna gemäß EG-WRRL

Gemäß WRRL spielen die aquatischen Organismen als sogenannte Qualitätskomponenten künftig eine zentrale Rolle bei der Bewertung des ökologischen Zustandes von Fließgewässern. Diese bemisst sich an der Präsenz der einzelnen Arten, der Häufigkeit, mit der diese auftreten sowie ihrem Populationsaufbau bzw. der Altersstruktur der einzelnen Arten. Der anzustrebende „gute“ ökologische Zustand erlaubt bezüglich dieser Parameter nur geringfügige Abweichungen von einem anthropogen unbeeinflussten, gewässertypischen Referenzzustand.

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Fischbasierte Klassifizierung von Fließgewässern gemäß EG-WRRL“ wurde von den Verbundpartnern ein Entwurf eines Bewertungsverfahrens erarbeitet. Der z. Z. vorliegende Bewertungsvorschlag basiert auf der Beurteilung von 6 Qualitätskomponenten, die nochmals in 17 Teilkomponenten untergliedert sind. Die 6 Hauptbewertungsebenen sind:

- Arten und Gildeninventar
- Arten- und Gildenabundanz
- Altersstruktur
- Migration
- Fischregion
- dominante Arten

Erster Testläufe zeigen, dass die vorläufige Bewertungsmatrix teilweise Ergebnisse liefert, die nicht plausibel sind. Dies betrifft u. a. die Bewertung von Referenzgewässern und die Bewertung kleinerer Bäche und Flüsse, in denen natürlicherweise nur wenige Arten vorkommen.

Auf der Grundlage der ersten Tests ist ferner deutlich geworden, dass Gewässer, in denen auf Grund von Vorschädigungen nur vereinzelt gewässertypische Individuen nachgewiesen wurden, dennoch gute bis sehr gute Bewertungen bekommen können. Ein Grund hierfür ist, dass die Bewertung des Qualitätsparameters „Arten- und Gildendominanz“ (und hier speziell die Dominanzbewertungen) über prozentuale Anteile erfolgt. Die Menge der nachgewiesenen Individuen wird also nicht bewertet, sondern lediglich die relativen Anteile der artspezifischen Individuenhäufigkeiten.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen der Bewertung die Dominanzverteilungen, die im Referenzzustand zu erwarten sind, dem Bewertungssystem hinterlegt sind. Bewertet wird die Abweichung von der Referenzverteilung. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die einmalige Festlegung einer typspezifischen Referenzverteilung zu schlechten Bewertungen führen kann, obwohl die Abweichun-

gen natürlichen Ursprungs sind. Unter natürlichen bzw. naturnahen Bedingungen sind Fließgewässer hoch dynamische Systeme. Die Lebensbedingungen sind - abgesehen von biotischen Wechselwirkungen - gekennzeichnet durch Faktoren wie Strömung, schwankende Wasserstände, dynamische Substratverlagerungen und bestimmte physikalisch-chemische Parameter. Die Entwicklungen der Fischfauna innerhalb eines Gewässers werden durch die sich ständig verändernden Umweltbedingungen beeinflusst. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass in einem referenzbezogenen Bewertungssystem dem Zustand und der Entwicklungsdynamik der Fischfauna Rechnung getragen werden muss. Mit der statischen Festlegung der Dominanzverhältnisse ist in Fließgewässern, die natürlicherweise durch ein hohes Maß an Dynamik gekennzeichnet sind, die Wahrscheinlichkeit von Fehlbewertungen vergleichsweise groß.

Bei den ersten Plausibilitätsprüfungen ist ein weiterer bislang unberücksichtigter Aspekt, der bei der Bewertung von Fließgewässern anhand der Fischfauna relevant ist, deutlich geworden. Fischartengemeinschaften können durch Faktoren beeinflusst werden, die nicht auf Beeinträchtigungen der ökologischen Funktionsfähigkeit eines Gewässers zurückzuführen sind. Dies betrifft z. B. das Aussetzen von Fischen. Durch Besatzmaßnahmen kann das mittels des vorgeschlagenen Bewertungssystems erzielte Ergebnis stark beeinflusst werden. Zur Zeit bestehen jedoch keine Möglichkeiten, ein Bewertungsergebnis auf- oder abzuwerten, wenn Beeinflussungen (z. B. das Verändern der Artengemeinschaften durch Besatzmaßnahmen) vorhanden sind, die im Rahmen der vorhandenen Bewertung nicht erfasst sind.

Die vorab dargestellten Kritikpunkte werden durch Ergebnisse, die die LÖBF NRW im Rahmen eines Praxistest gewonnen hat, untermauert. Auf der Grundlage von Ergebnissen aus 121 Messstellen, in denen die Fischfauna untersucht wurde, wurde festgestellt, dass z. Z. noch erhebliche Unsicherheiten in Bezug auf die Nachprüfbarkeit und die Sicherheit der mit dem Bewertungssystem erzielten Ergebnisse bestehen. Ein wesentlicher Kritikpunkt ist, wie schon vorab dargestellt, die Hinterlegung von starren Dominanzverhältnissen als wesentlicher Referenzparameter (Vortrag Frau Dr. Schütz, Januar 2004 in Berlin).

Ein weiterer Punkt, der von Frau Dr. Schütz dargestellt wurde, ist die bislang fehlende Grundlage für ein nachvollziehbares Probenahmedesign. Ferner sind z. Z. noch keine Vorgaben in Bezug auf die Befischungstechnik vorhanden.

Zusammenfassend hat sich zum jetzigen Zeitpunkt gezeigt, dass Belastungssituationen in Gewässern mittels der von DUSSLING et al. [2004] ausgewählten Parameter nicht nachvollziehbar bewertet werden können.

7.6.2.1 Bewertung der Wupper mit dem Bewertungssystem nach DUSSLING et al. (2004)

Trotz der bestehenden Unsicherheiten sollen mittels des o. g. Bewertungssystems einige Beprobungsergebnisse, die in der Wupper gewonnen wurden, durchgerechnet werden. Für die Berechnungen wurden Dominanzverteilungen, die im Rahmen der fischfaunistischen Leitbilderstellungen für die nordrhein-westfälischen Fließgewässer erarbeitet wurden hinterlegt. Für den hyporhithralen Abschnitt des *schottergeprägten Flusses im Grundgebirge* ist der Leitbildzustand in Bezug auf die Dominanzverteilungen in Bild 7.6.2-1 dargestellt.

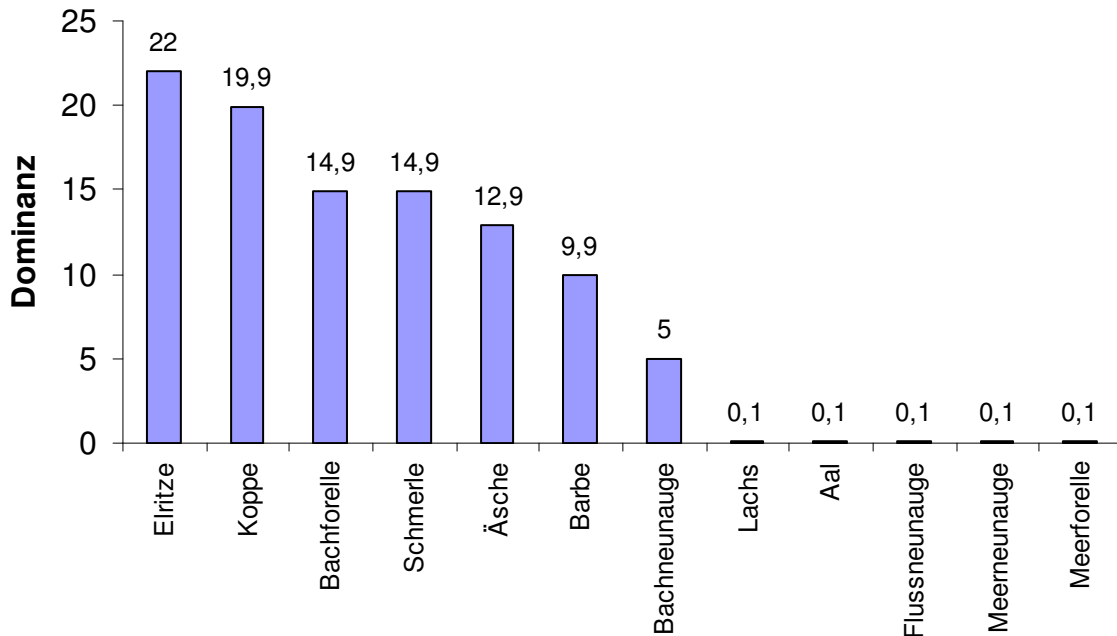


Bild 7.6.2.1-1: Dominanzverteilung im Leitbildzustand für den *schottergeprägten Fluss im Grundgebirge* (verändert nach: NZO-GmbH 2003)

Die mittels des Bewertungssystems von DUSSLING et al. [2004] gewonnenen Ergebnisse sind in der Tab. 7.6.2-1 dargestellt. Die Lage der Probestrecken ist anhand der Karte 7.6.2-1 ersichtlich.

Tab. 7.6.2.1-1: Bewertung der Wupper mit dem Bewertungssystem nach DUSSLING et al. [2004] (in grau: Stadtgebiet ohne HKW (oberhalb); in gelb: Stadtgebiet unterhalb HKW; weiss: ausserhalb Stadtgebiet)

Probestelle	Bewertungs- index	ökologischer Zustand	Bewertungs- Index	ökologischer Zustand
	April 2004		Oktober 2004	
EF-591	2,75	gut	2,44	mäßig
EF-592	2,36	mäßig	1,69	unbefriedigend
EF-593	2,10	mäßig	1,81	unbefriedigend
EF-594	2,74	gut	2,54	gut
EF-595	1,89	unbefriedigend	2,02	mäßig
EF-596	1,89	unbefriedigend		
EF-597	2,02	mäßig	1,93	unbefriedigend
EF-598	1,67	unbefriedigend	1,68	unbefriedigend
EF-599	1,64	unbefriedigend	1,77	unbefriedigend
EF-600	1,72	unbefriedigend	1,67	unbefriedigend
EF-601	2,06	mäßig	1,68	unbefriedigend
EF-602	1,93	unbefriedigend	2,23	mäßig
EF-603	1,98	unbefriedigend	2,02	mäßig

Die Tabelle zeigt, dass zwischen den verschiedenen Jahreszeiten Unterschiede in der Bewertung des Flusses bestehen. Es wird jedoch auch deutlich, dass zwischen den

einzelnen Probestrecken deutliche Unterschiede vorhanden sind. Die Bewertungen reichen von der Wertstufe gut bis unbefriedigend. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Artenspektrum, welches im Leitbildzustand für den hyporhithralen Abschnitt des *schottergeprägten Flusses im Grundgebirge* zu erwarten wäre, auch in den Probestrecken, die eine unbefriedigende Bewertung bekommen haben, häufig vorhanden ist. Betrachtet man die Bewertungen im Detail, so wird deutlich, dass vor allem die hohen Anteile der dominierenden Barbe und die Bewertung der Altersstruktur die schlechten Bewertungen verursachen.

Welche Auswirkung die referenzbezogene Hinterlegung einer starren Dominanzverteilung hat, soll am Beispiel der Probestelle EF-595 verdeutlicht werden. In der Probestelle wurden über 350 Döbel registriert. Allein die willkürliche Reduzierung der Individuenzahl um 100 Individuen bewirkt, dass die Bewertung im mäßigen Bereich liegt.

Die Probestelle EF-594 (hinter der Schwelme-Einmündung) zeigt besonders gute Werte. Die gute Bewertung resultiert aus 2 Bewertungsbereichen:

- Dominante Arten sind hier Äsche, Koppe und Elritze = Wert 4,00
- den Ausschlag geben aber die Wanderfische (Aal, Lachs und Meerforelle, zusammen 4 Individuen von 489) = Wert 5,00

Die gute Bewertung der Probestrecke EF-594 resultiert im Wesentlichen auf dem Vorhandensein von 4 Wanderfischen, von denen 3 Individuen (Lachs, Meerforelle) auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen sind. Nimmt man die vier Langdistanzwanderfische heraus, ergibt sich ein mäßiger Zustand mit Tendenz ins Unbefriedigende.

Auf Grund der teilweise nicht nachvollziehbaren Bewertungen, vor allem in Bezug auf die jahreszeitlichen Unterschiede, wird eine Übernahme des Bewertungssystems in seiner jetzigen Form für die Bewertung der Wupper anhand der Fischfauna abgelehnt.

7.6.2.2 Bewertungsabschätzung der Wupper anhand der Fischfauna gemäß NZO

Da z. Z. kein Bewertungssystem, dass nachvollziehbare und reproduzierbare Ergebnisse liefert, zur Verfügung steht, soll im Folgenden eine vorläufige Bewertungseinschätzung durchgeführt werden.

Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung der nordrhein-westfälischen Fließgewässer anhand der Fischfauna [NZO-GMBH 2003], wurde die Wupper als gefährdet eingestuft. Grundlage der damaligen Einstufung war folgende Bewertungsvorgabe:

Von der Gefährdung des guten ökologischen Zustandes ist auszugehen, wenn:

- Selbstreproduzierende typspezifische Wanderfischbestände (einschl. Rundmäuler) fehlen
oder
- keine selbstreproduzierenden Bestände einer typ- bzw. fischregionsspezifischen Leitart und einer wesentlichen Begleitart als mengenmäßig den Abschnitt prägend anzutreffen sind .

Bei der Durchführung der Gefährdungsabschätzungen wurden die Gewässerabschnitte, die über die Wanderfische als *gefährdet* eingestuft wurden, hinsichtlich der vorhandenen Leit- und Begleitarten nicht weiter bewertet. Dies ist nach der Gefährdungsdefinition im nordrhein-westfälischen Leitfaden zur Umsetzung der WRRL

nicht notwendig, da als Bewertungskriterium das Fehlen von Wanderfischen in solchen Gewässern, in denen sie im guten ökologischen Zustand zu erwarten sind, ausreicht, um ein Gewässer als *gefährdet* einzustufen.

Bei der Einstufung der Wupper war ebenfalls ausschlaggebend, dass die typspezifischen Wanderfische im Wuppersystem aktuell keine selbstreproduzierenden Bestände bilden. Dies betrifft in erster Linie den Lachs. Die Ausprägungen der Leit- und Begleitarten wurden nicht berücksichtigt. Im Rahmen zukünftiger Bewertungen sollen jedoch gerade diese Arten wesentliche Informationen zum Zustand der Fließgewässer erbringen.

Vor diesem Hintergrund können die Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung für das vorliegende Gutachten nicht übernommen werden.

Wie vorab dargestellt, sind die Ergebnisse, die mit dem Bewertungssystem nach BERG u. DUSSLING [2004] gewonnen werden, teilweise nicht nachvollziehbar. Um für die Wupper Anhaltspunkte zu bekommen, in welchem Zustand sich die Fischfauna aktuell befindet, soll im Folgenden eine Abschätzung des ökologischen Zustandes anhand der Definition der Gefährdungsabschätzung für die Leit- und Begleitarten erfolgen. Diese Abschätzung kann nur vorläufige Gültigkeit haben. Da das Land NRW eigene Bewertungswerkzeuge, die den landeseigenen Besonderheiten gerecht werden sollen, entwickeln will, muss die nachfolgende Abschätzung überarbeitet werden, sobald diese verfügbar sind.

Für eine Abschätzung des ökologischen Zustandes anhand der Fischfauna sollen hier in erster Linie die Kriterien Artenspektrum und Reproduktivität für die Bewertung herangezogen werden. In Bezug auf die mengenmäßige Abschätzung der Fischartenzusammensetzungen können hier nur grobe Qualitätseinstufungen durchgeführt werden, da gerade die Beurteilung der mengenmäßigen Zusammensetzung von Fischbeständen z. Z. nur ansatzweise geklärt ist. Vor allem Unsicherheiten bei der Datenaufnahme bedürfen noch der Bearbeitung.

In der Tab. 7.6.2.2-1 sind die im Rahmen der vorliegenden Elektrofischungen nachgewiesenen Arten sowie Bewertungen zum Reproduktionsverhalten und Informationen und Einschätzungen zur Besatzfähigkeit dargestellt.

Tab. 7.6.2.2-1: Artnachweise in der Wupper und Beurteilung des Reproduktionsverhaltens der Spezies in der Wupper im Jahr 2004
(zur Lage der Probestrecken siehe Karte 7.5.2.1)

Wasserkörper	Beyenburg bis Wuppertal		Stadtgebiet Wuppertal		Rutenbeck bis Wupperhof	
	Reproduktion	Besatz	Reproduktion	Besatz	Reproduktion	Besatz
Aal	-	nein	-	nein	-	nein
Äsche	ja	nein	Nein	nein	nein	nein
Bachforelle	ja	ja	Nein	ja	?	ja
Meerforelle	ja	ja	Nein	ja	?	ja
Bachneunauge	nein	nein	Nein	nein	?	nein
Barbe	?	nein	Ja	nein	ja	nein
Barsch	0	0	0	0	?	nein
Döbel	ja	nein	Ja	nein	ja	nein
Dreistachliger Stichling	ja	nein			0	0
Elritze	ja	nein	Ja	nein	ja	nein
Groppe (Koppe)	ja	nein	0	0	ja	nein
Gründling	0	0	Ja	nein	ja	nein
Güster	0	0	0	0	nein	nein
Hasel	ja	nein	Ja	nein	ja	nein
Hecht	0	0	0	0	nein	wahrscheinlich
Karpfen	nein	ja	Nein	ja	nein	ja
Lachs	nein	ja	Nein	ja	nein	ja
Nase	0	0	Ja	nein	ja	nein
Quappe	0	0	Nein	ja	0	0
Rotaugen	0	0	Ja	nein	ja	nein
Schmerle	ja	nein	Ja	nein	ja	nein

- = katadrome Art, Reproduktion im Meer

0 = Messtrecken ohne adulte Tiere

? = natürliche Reproduktion fraglich

Farbhinterlegung: blau = Wanderfische, gelb = Leitart und Begleitarten, grau = Grundarten

Die Tabelle macht deutlich, dass für den Bereich Wuppertal bis Beyenburg für 5 von 8 Leit- und Begleitarten Jungfische nachgewiesen wurden. Für diese Arten kann eine selbstständige Reproduktion angenommen werden. Für die Bachforelle ist zu berücksichtigen, dass der vorhandene Bestand sicherlich durch Besatzmaßnahmen überformt ist. In Bezug auf die Barbe ist nicht sicher, ob sich die Art in dem Abschnitt fortpflanzt.

Negativ zu bewerten ist das Fehlen von Bachneunauge und - in Bezug auf die Nase - das Fehlen von Jungfischen. Adulte Tiere der Nase wurden in dem Bereich festgestellt.

In Bezug auf die Dominanzverhältnisse zeigt sich, dass die zur Salmonidengesellschaft zu rechnenden Arten im Vergleich zu anderen Arten hohe Anteile aufweisen.

Von den insgesamt 5 Wanderfischarten, die im Leitbildzustand zu erwarten wären, konnten nur 3 Spezies nachgewiesen werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Lachs und wahrscheinlich auch die Meerforelle auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen sind. Das Fehlen des Flussneunauges ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die fehlende Durchgängigkeit der Wupper am Auer Kotten zurückzuführen.

Für den Abschnitt innerhalb des Stadtgebietes Wuppertal sieht das Bild anders aus. Hier fällt vor allem auf, dass Jungfische der zur Salmonidengesellschaft zählenden Arten Bachforelle und Äsche fehlen. Die Kleinfischart Koppe konnte nicht nachgewiesen werden. In diesem Abschnitt dominieren u. a. die Arten Barbe, Döbel, Elritze und Hasel. Alle anderen Arten weisen vergleichsweise geringe Dominanzanteile auf. Insgesamt gesehen besteht in diesem Abschnitt ein deutlicher Unterschied zur Leitausprägung.

Negativ sind ebenfalls die hohen Dominanzanteile von solchen Spezies die zur Cyprinidengesellschaft zu zählen sind zu bewerten.

In dem Fließabschnitt unterhalb von Wuppertal verbessert sich das Bild wieder. Die Koppe ist wieder vorhanden und in Bezug auf die Bachforelle wurden Jungfische nachgewiesen, die mit großer Wahrscheinlichkeit nicht auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen sind. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um sehr wenige Tiere handelte. Dominant sind in diesem Abschnitt wie auch schon im Stadtgebiet von Wuppertal die Arten, die zur Cyprinidengesellschaft gehören.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, so würde eine vorsichtige Einschätzung des ökologischen Zustandes der Wupper anhand der Fischfauna wie folgt aussehen (Tab 7.6.2.2-2):

Tabelle 7.6.2.2-2: Bewertung der Wasserkörper anhand der Fischfauna

Wasserkörper	Bewertung
Beyenburg bis Wuppertal	mäßiger Zustand
Stadtgebiet Wuppertal	unbefriedigender Zustand
Rutenbeck bis Wupperhof	mäßiger bis unbefriedigender Zustand

7.7 Literatur zu Kapitel 7

- Adam, B., Schwevers, U. und Gumpinger, C. (1998): Untersuchungen der ökologischen Situation am Auer Kotten“- unveröffentlichte Studie im Auftrag des Wupperverbandes, Kirtorf-Wahlen, 86 S.
- Bankstahl, M. (1991): Merkblatt für die praktische Anwendung der Elektrofischerei in Binnengewässern.- Kirchhundem-Albaum
- Borne, M. von dem (1882): Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Oestereichs, Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs.- 165 S., W. Moeser Hofbuchdruckerei Berlin
- Dussling, U., Berg, R., Klinger, H. und Wolter, C. (2004): Assessing the Ecological Status of River Systems Using Fish Assemblages.- Handbuch angewandte Limnologie, 20. Erg. Lfg. 12/04, S. 1 - 84
- Hoffmann, A. und Klinger, H. (2004): Biomonitoring Fische NRW.- LÖBF-Mitt. 4 / 04, S. 34 – 39
- Huet. M. (1949): Apercu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux corantes.- Schweiz. Zeitschrift für Hydrol., Nr. 46, S. 205 – 213
- Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW - LÖBF (1999): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Nordrhein-Westfalen. – 3. Fassung, Recklinghausen
- Landesumweltamt - LUA (2002): Fließgewässertypenatlas Nordrhein-Westfalen.- Merkblätter 36, Essen, 60 S. + CD-ROM
- Meyer-Warden, P.-F., Halsband, E. und Halsband, I. (1975): Einführung in die Elektrofischerei.- Schriftenreihe der Bundesforschungsanstalt für Fischerei in Hamburg 7, 265 S.
- MUNLV 2001: Wanderfischprogramm NRW, Statusbericht zur ersten Programmphase, MUNLV 2001, Karte p.75
- NZO-GmbH (2003): Gefährdungsabschätzung des ökologischen Zustandes der nordrhein-westfälischen Teileinzugsgebiete anhand der Fischfauna,– unveröffentlichte Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW)
- NZO-GmbH (2003 b): Biozönotische Leitbilder für die Fließgewässertypen in NRW , Teilbeitrag Fischfauna,– unveröffentlichte Studie im Auftrag der Landesanstalt für Bodenökologie und Forsten in Nordrhein-Westfalen (LÖBF NRW)
- NZO-GmbH (2004): Methode zur Erstellung fischfaunistischer Leitbilder für die Fließgewässertypen der BRD,– unveröffentlichte Studie im Auftrag der Landesanstalt für Bodenökologie und Forsten in Nordrhein-Westfalen (LÖBF NRW)
- POTTMANN, S (2003): schriftliche Mitteilung 02.03.2003, Planungsbüro Koenzen, Hilden
- Scharf, W. (1993): Die Gewässergütesituation an der Unteren Wupper.- GWF - Wasser / Abwasser 134, Heft 12, S. 699 - 707

- Scharf, W., Bechtel, A., van den Boom, A., Oberborbeck, A. und Wünsche, C. (2001) : Gewässerbewertung – Gewässerbewirtschaftung.- Bericht zum 4. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband
- Späh, H. (1989): Fischereibiologische Untersuchung der Wupper.- unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bayer AG (Leverkusen)
- Späh, H. (1996): Gutachten über Fischbestände in der Wupper im Bereich Beyenburg bis Solingen.- unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wupperverbandes
- Späh, H. (1998): Fischereibiologisches Gutachten zur Fischfauna der Wupper im Stadtgebiet Wuppertal.- unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal
- Ullmann, F.-P. (1971): Veränderungen der Fischfauna der Wupper unter Berücksichtigung industrieller Abwässer.- Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins in Wuppertal, Heft 24, S. 76 – 88
- Universität Essen (2000): Leitbilder der Fischfauna der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen. Teilaspekt: Historie – Ergebnisse einer Quellen- und Literaturrecherche. 48 S.
- Vietoris, F. (2002) : Entwicklung der Gewässergüte in NRW: Beispiel Untere Wupper.- Bericht zum 4. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband
- Wuttke, H. (1997): Die Wupper und ihr Fischbestand – gestern, heute und morgen.- Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins in Wuppertal, Heft 50, S. 149 – 160
- Wuttke, H. (1999): Fischaufstiegskontrollen an der Wasserkraftanlage Buchenhofen im Zeitraum 15.1.1999 bis 27.3.2000.- unveröffentlicher Bericht des Kreisfischereiberaters des Stadtkreises Wuppertal, H. Wuttke, 4 S.

8 Struktur

8.1 Strukturgütekartierung

Für die Untere Wupper liegt eine Strukturgütekartierung des Staatlichen Umweltamtes Düsseldorf vor. Einige Ergebnisse der Strukturgütekartierung finden sich in den Bildern 8.1.1-1 bis 8.1.3-1 (Auszug aus dem 5. FGM-Plan des Wupperverbandes [2003]). Die nachstehende Tabelle 8.1-1 zeigt die Einzelparameter, die in die Hauptparameter der Strukturgütekartierung eingehen.

Tabelle 8.1-1: Gewässerstrukturgüteparameter nach LAWA [1998]

Hauptparameter	Einzelparameter
Laufentwicklung	Laufkrümmung Krümmungserosion Längsbänke Besondere Laufstrukturen
Längsprofil	Querbauwerke* Verrohrungen* Rückstau Querbänke Strömungsdiversität Tiefenvarianz*
Sohlenstruktur*	Sohlensubstrat Sohlenverbau Substratdiversität Besondere Sohlenstrukturen
Querprofil	Profiltyp Profiltiefe Breitenerosion Breitenvarianz* Durchlässe
Uferstruktur*	Uferbewuchs Uferverbau Besondere Uferstrukturen
Gewässerumfeld	Flächennutzung Gewässerrandstreifen Schädliche Umfeldstrukturen

* geforderte Parameter zur Beschreibung der morphologischen Bedingungen
gem. Anhang V 1.1.1 der EU-WRR

8.1.1 Laufentwicklung

Im Wasserkörper 3 "Stadtgebiet" liegt die Güte der Laufentwicklung im Bereich der Klassen 6 bis 7. Im Wasserkörper 2 liegt sie überwiegend im Bereich der Klassen 5 bis 6.

Der Einzelparameter "Uferverbau" aus dem Hauptparameter "Laufentwicklung" zeigt den Umfang der Festlegung des Profils an bzw. die Möglichkeiten zur eigendynamischen Gewässerentwicklung an der Unteren Wupper.

Weder in Wasserkörper 3 "Stadtgebiet", noch in Wasserkörper WK2 finden sich Abschnitte der Gewässergüteklasse 1 (kein Uferverbau). Im Stadtgebiet sind vor allen die Klassen 6 und 7 vertreten, im Wasserkörper darunter vor allem die Klassen 3 und 4.

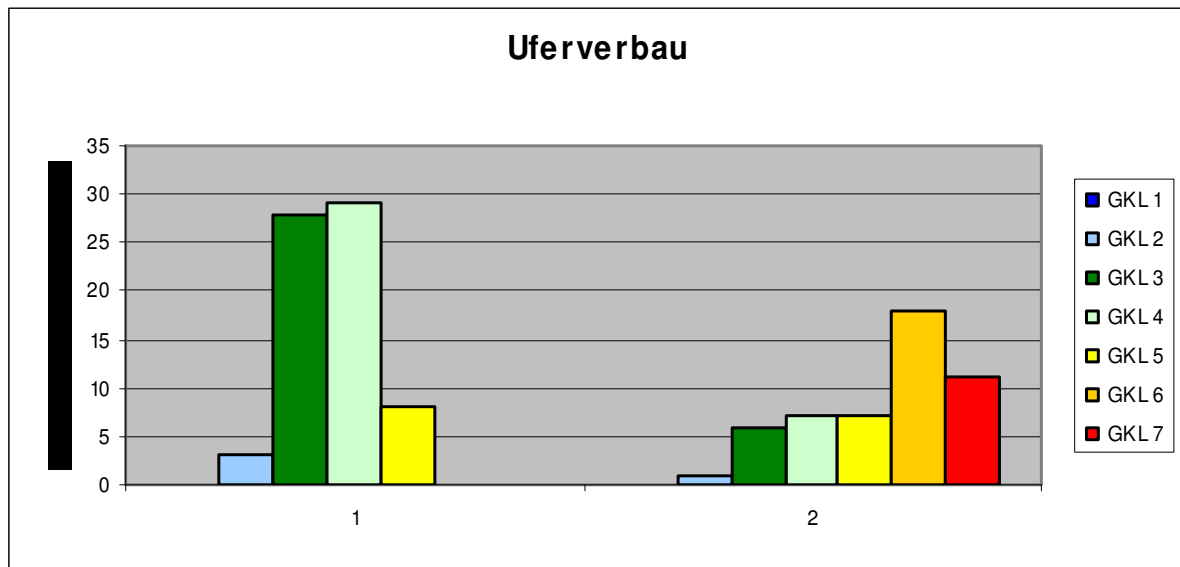


Bild 8.1.1-2: Einzelparameter Uferverbau (Nummer 1 = Wasserkörper WK2; Nummer 2 = Wasserkörper "Stadtgebiet") [OBERBORBECK, A. 2004]

8.1.2 Längsprofil

Aus der Bewertung des Hauptparameters Längsprofil lässt sich insbesondere der Grad der anthropogenen Beeinträchtigung der Längsdurchgängigkeit bzw. des Fließkontinuums durch bauliche Einrichtungen wie Querbauwerke und Verrohrungen ablesen. In die funktionale Bewertung fließen die Bewertungen der Einzelparameter Querbauwerke, Verrohrungen, Rückstau, Querbänke, Strömungsdiversität und Tiefenvarianz ein.

Im Wasserkörper 3 "Stadtgebiet" liegt die Güte des Längsprofils im Bereich der Klasse 6. Im Wasserkörper 2 wechselt sie kleinräumig, liegt jedoch überwiegend in Klasse 5.

Der Einzelparameter "Querbänke" aus dem Hauptparameter "Längsprofil" ist Ausdruck eines ausgeglichenen Geschiebehauts. Die leitbildgemäße Ausprägung (Riffle-Pool Sequenzen) spricht für Funktionsfähigkeit des Sohlsystems und ist auch ein sehr grobes Maß für das Vorhandensein von Laichhabitaten für Kieslaicher.

Im Wasserkörper 3 "Stadtgebiet" finden sich überwiegend keine oder nur vereinzelt ausgeprägte Querbänke. Ähnlich ist dies im Wasserkörper 2, wobei hier aber zusätzlich über ein Fünftel der Gewässerabschnitte mehrfach ausgeprägte Querbänke auftauchen.

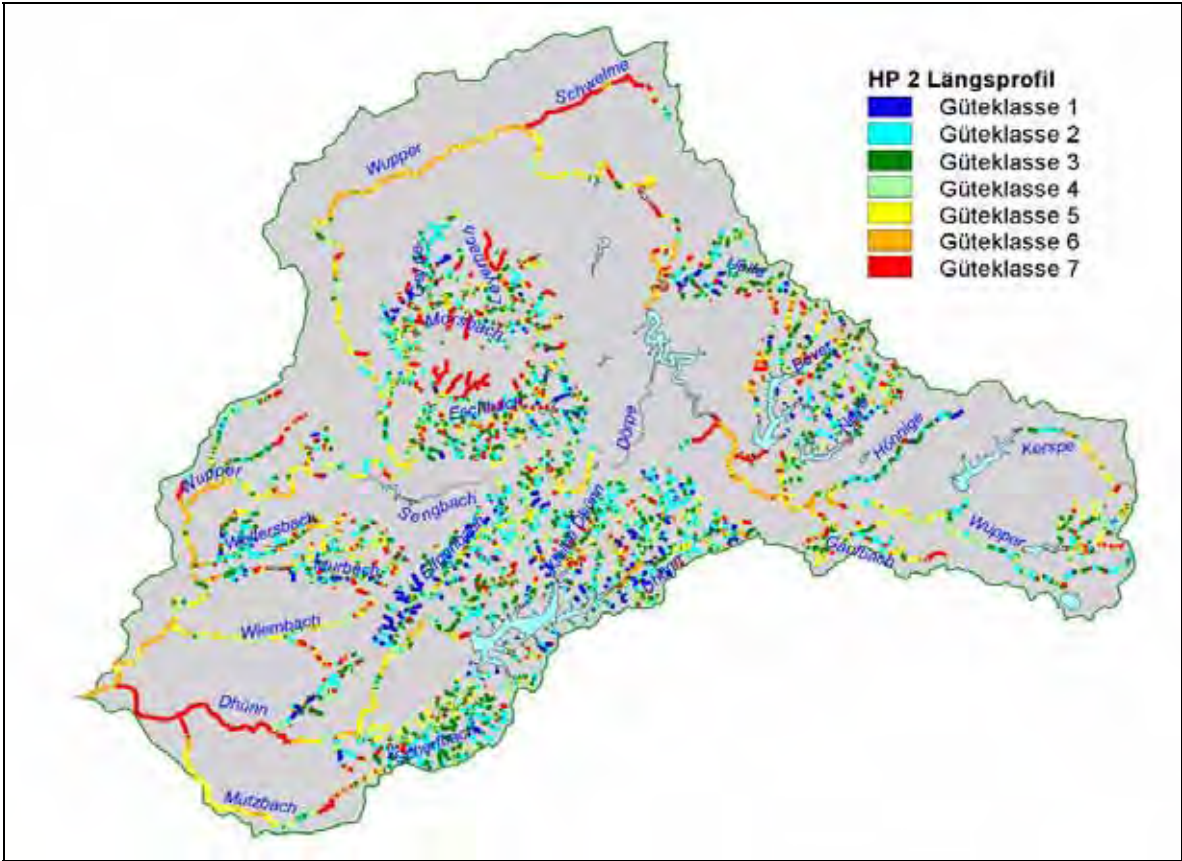


Bild 8.1.2-1: Hauptparameter 2 Längsprofil [FGM-PLAN 2003]

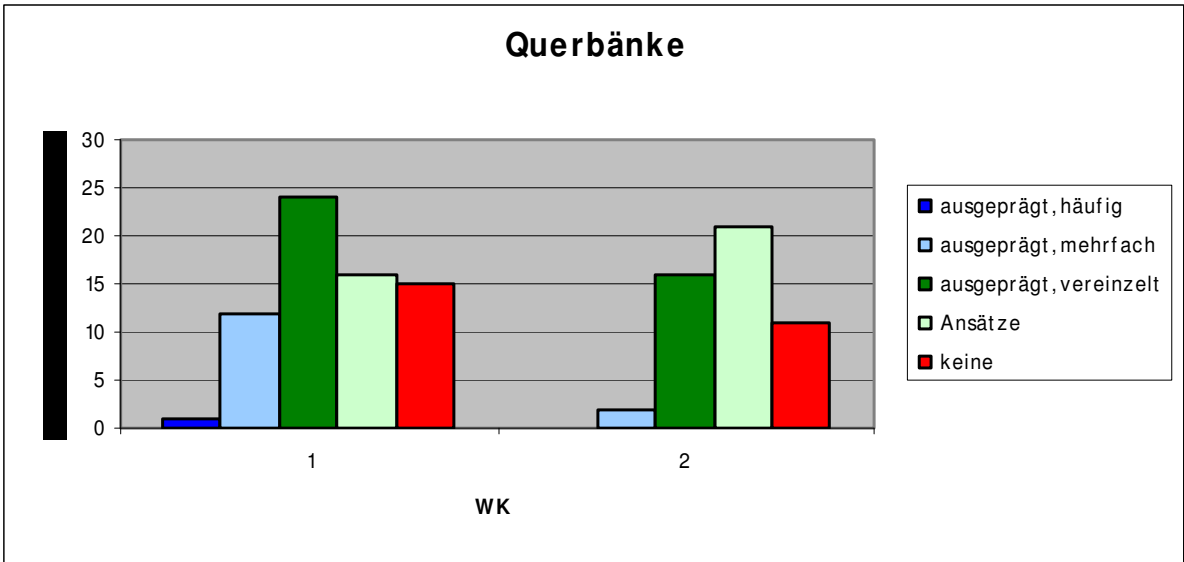


Bild 8.1.2-2: Einzelparameter Querbänke (Nummer 1 = Wasserkörper WK2; Nummer 2 = Wasserkörper "Stadtgebiet") [OBERBORBECK, A. 2004]

Auch der Einzelparameter "Strömungsdiversität", der gemäß Leitbild (siehe Punkt 8.2) im hohen Bereich liegen sollte, liegt in Wasserkörper WK3 überwiegend im Bereich "geringe Strömungsdiversität", im Wasserkörper WK2 überwiegend im Bereich "mäßige bis geringe Strömungsdiversität".

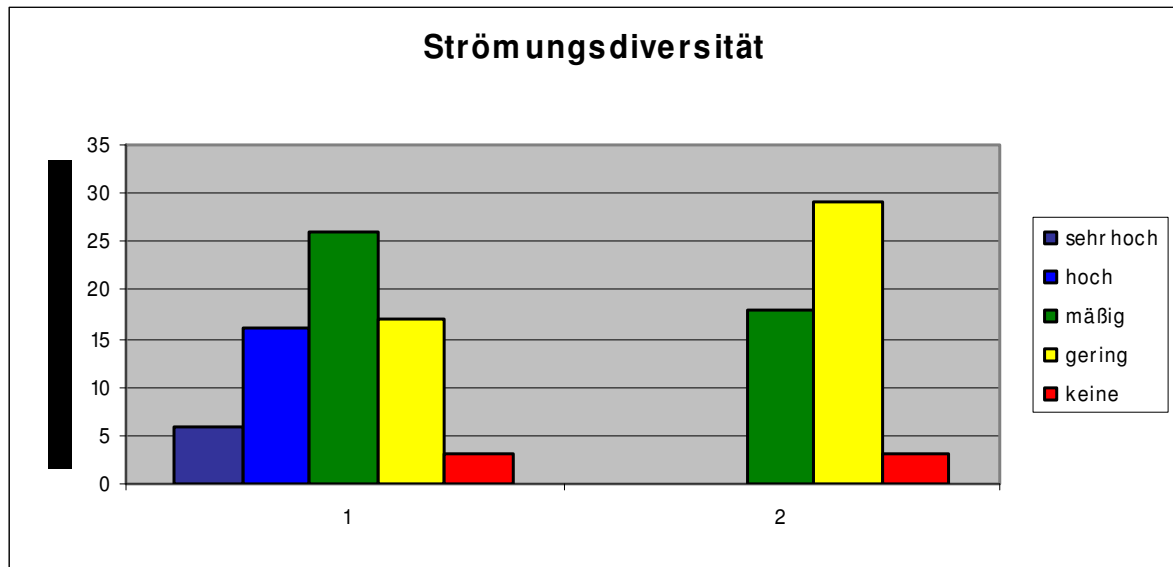


Bild 8.1.2-3: Einzelparameter Strömungsdiversität (Nummer 1 = Wasserkörper WK2; Nummer 2 = Wasserkörper "Stadtgebiet") [OBERBORBECK, A. 2004]

8.1.3 Sohlstruktur

Aus der Bewertung des Hauptparameters Sohlstruktur lassen sich insbesondere der Grad der Veränderung der Sohlensubstrat- und Sohlenstrukturverhältnisse gegenüber dem gewässertypischen natürlichen Zustand, z. B. durch Sohlbefestigungsmaßnahmen und anthropogene Veränderung der Sedimentationsbedingungen, ablesen. Für die funktionale Bewertung werden die Einzelparameter Sohlensubstrat, Sohlenverbau, Substratdiversität, und besondere Sohlenstrukturen betrachtet.

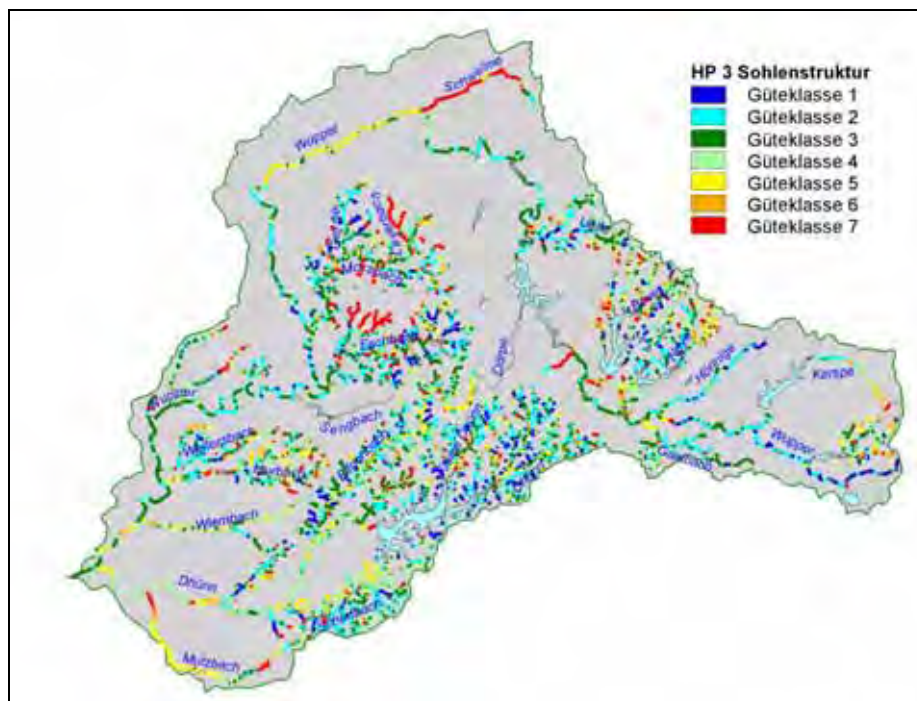


Bild 8.1.3-1: Hauptparameter 3, Sohlenstruktur [FGM-PLAN 2003]

Im Wasserkörper 3 "Stadtgebiet" liegt die Güte der Laufentwicklung im Bereich der Klasse 5. Im Wasserkörper 2 liegt sie überwiegend im Bereich der Klassen 2 bis 3. Letzteres ließe auf eine überwiegend gute Sohlstruktur schließen. Tatsächlich sind hier wenig "bauliche" Maßnahmen zu finden. Die Bewertung der Sohlstruktur als gut ist jedoch nach den neueren Untersuchungen von Koenzen (Punkt 8.2) und Hoffmann (Punkt 8.3) nicht zutreffend.

8.1.4 Gefälle und Gewässerbreite

Vom Büro Floecksmühle [MUNLV 2001] wurden in 2000 die heutige Gewässerbreite und das heutige Gefälle aufgenommen und nach dem Verfahren von HUET [1949] anhand der heute vorhandenen Strukturen die heutige Lage der Fischregionen erarbeitet (Bild 7.2.4-10). Diese sind an der Wupper gegenüber dem Leitbild verändert, wie ein Vergleich von Bild 7.2.4-6 und Bild 7.2.4-10 zeigt. Auffällig ist hierbei die strukturbedingte Verlagerung der Barbenregion nach oben bis zur Einmündung des Morsbaches sowie eine "zweite" Barbenregion oberhalb der Wuppertalsperre.

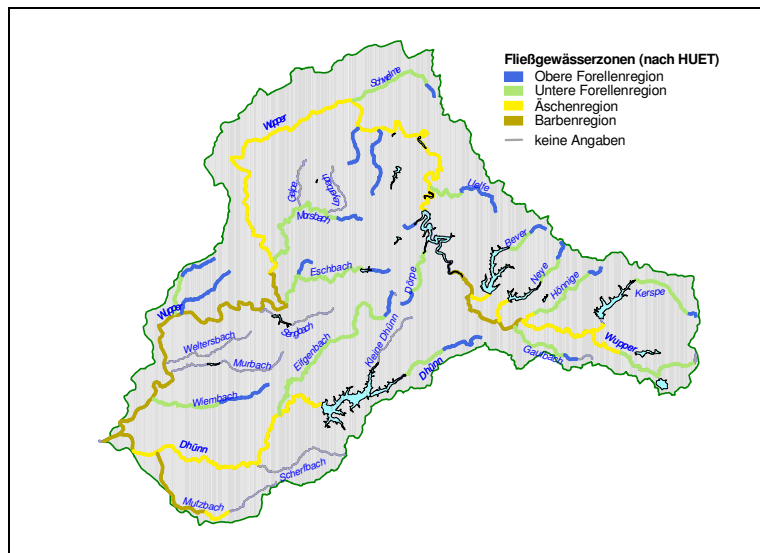


Bild 7.2.4-10 Fischregionen gemäß [MUNLV 2001]

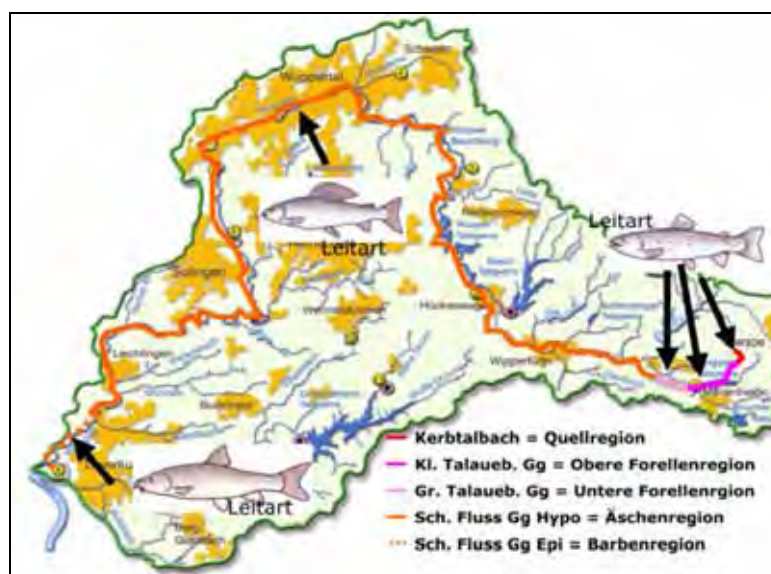


Bild 7.2.4-6 Leitarten in der Wupper gemäß Kapitel 7.2

8.2. Strömungs- und Substratdiversität der Wupper

8.2.1 Potentiell natürlicher Zustand

Die Wupper gehört im Untersuchungsraum zwischen Wuppertal und dem Austritt aus dem Mittelgebirge bei Leichlingen zum Typ Schottergeprägter Fluss des Grundgebirges [Merkblatt Nr. 34, LUA 2001]. Die räumliche Verortung der Abschnittstypen sowie die nachfolgende Beschreibungen fußen im Wesentlichen auf den Ausführungen im Merkblatt 34 des Landesumweltamtes NRW und konnten im Rahmen der stichprobenartigen Geländearbeiten (Tauchkartierungen) positiv verifiziert werden (s. Kapitel 2: Typologie und Leitbild).

Somit wird deutlich, dass sich in Abhängigkeit der Talbodenbreite und Gefälleverhältnisse verschiedene Gerinnebettmuster ausprägen. Der gestreckte bis schwach gewundene Verlauf wird im potentiell natürlichen Zustand von zahlreichen Nebengerinnen begleitet. Die Laufkrümmung sowie die hohe Breitenvarianz in Kombination mit Insel- und Bankstrukturen bedingen eine Aufspaltung in Haupt- und Nebengerinne. Sowohl im Quer- als auch im Längsprofil entsteht eine sehr hohe Strömungsdiversität. In Flussbiegungen nimmt die Strömungsgeschwindigkeit von außen nach innen stark ab. Im langsam durchflossenen Bereich des Gleitufers können sich Gleituferbänke ausbilden. Der schwach gewundene Verlauf bedingt ein unregelmäßiges Pendeln des Stromstrichs von der Mitte nach rechts und links. Dadurch entsteht ein reich gegliedertes Querprofil mit unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten, in deren Abhängigkeit Sedimente weitertransportiert oder akkumuliert werden. Dabei entstehen Tiefenrinnen und Kolke sowie Längsbänke und Inseln. Auch im Längsprofil ergibt sich ein Wechsel von Riffle- und Pool-Sequenzen mit variablen Fließtiefen und Strömungen.

Neben einer großen Strukturvielfalt ist auf Grund der sehr hohen Strömungsdiversitäten eine sehr große Substratdiversität gegeben. Dominierende Substrate sind Schotter und Kiese, teilweise wird das feste Gestein angeschnitten, aber auch Blocklagen sind im Gewässer zu finden. Sie charakterisieren das Gewässer im Grundgebirge. Wie auch das Totholz sind sie Impulsgeber bei der Entwicklung weiterer Strukturen. In Stillwasserbereichen mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten kommen auch Substrate kleinerer Korngröße zur Ablagerung. In Gleitufferrinnen und Nebengerinnen befinden sich Lehm- und Sandauflagen.

8.2.2 IST- Zustand

Der morphologische Zustand der Wupper im Betrachtungsraum stellt sich im IST-Zustand jedoch stark anthropogen überformt dar. Das Gewässer wurde stark eingeeengt. Im Bereich von Wuppertal entspricht die Gerinnebreite nur noch einem Fünftel der Breite im potentiell natürlichen Zustand. Zudem ist eine eigendynamische horizontale Entwicklung auf Grund durch Mauerwerk eingefasster oder durch Steinschüttung gesicherter Ufer und einer überhöhten Eintiefung in den meisten Abschnitten des Untersuchungsraums nicht mehr möglich. Nebengerinne sind außerhalb der Siedlungslagen vereinzelt in begrenzter Ausdehnung zu finden.

Durch das stark verschmälerte und vergleichmäßigte Querprofil ergibt sich eine insgesamt erhöhte Strömungsgeschwindigkeit. Gleichzeitig ist die Strömungsdiversität gering bis mittel ausgeprägt. Die Strömung wirkt folglich nahezu über das gesamte Querprofil einheitlich. Ein Wechsel von schnell und langsam durchströmten Bereichen ist teilweise schwach ausgebildet oder – wie im Stadtgebiet von Wuppertal - fehlend. Eine Differenzierung der Substrate wird somit stark eingeschränkt, die Akkumulation und Bildung von Bank- und Inselstrukturen vermindert. Folge ist eine Vergleichmäßigung der Sohle mit einer starken Durchmischung des Sohlsubstrates, da die differenzierende Wirkung der unterschiedlichen Sohlschubspannungen entfällt.

Bild 8.2.2-1 zeigt schematisch die unterschiedlichen Strömungsverhältnisse und die damit verbundene Verteilung der Substrate in Abhängigkeit der Gewässerstruktur vom ausgebauten (links) bis zum potentiell natürlichen Zustand (rechts).

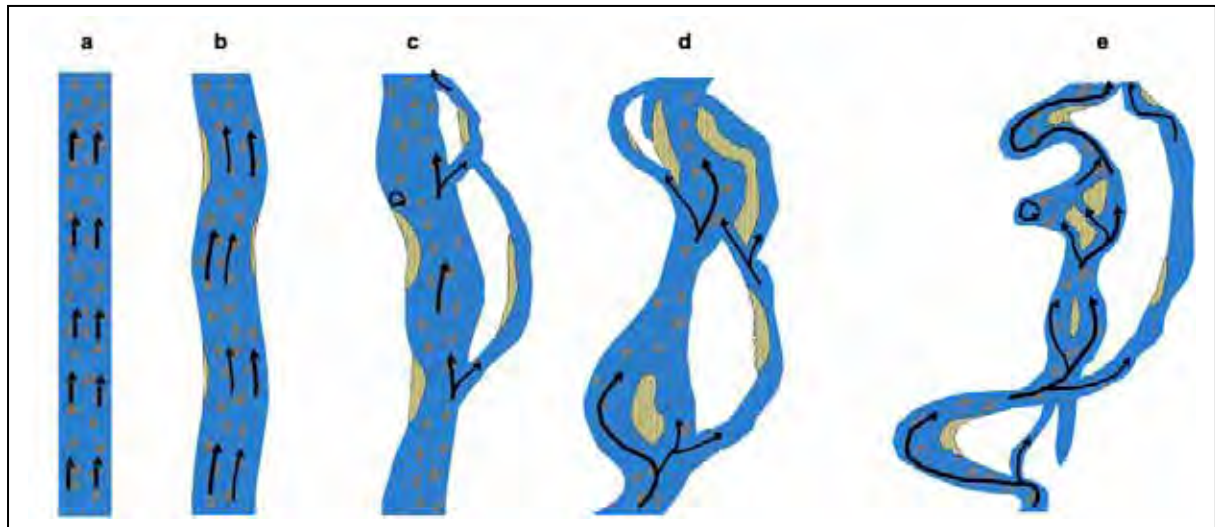


Bild 8.2.2-1: Strömungsdiversität und Sedimentverteilung in Abhängigkeit der Gewässerstruktur

In den ausgebauten Abschnitten stellen sich sogenannte Sohlpflasterungen ein, die zu einer vergleichsweise einheitlichen und hydraulisch stark belastbaren Sohle führen. Mit zunehmender Breitenvarianz und Windung treten verstärkt Strömungsdifferenzierungen und entsprechende Substratsortierungen auf. Auch in den Laufabschnitten außerhalb der Siedlungslage wird das im Schema unter c dargestellte Gerinnebettmuster nur vereinzelt erreicht. Naturnähere Abschnitte fehlen, vorherrschend sind die geradlinigen bzw. gestreckten Ausprägungen des Laufs.

8.2.3 Auswirkungen der Defizite

Fehlende Sohlstrukturen, Verschmälerung des Querprofils, Verringerung der Breitenvarianz und Strömungsdiversität sowie eine gleichzeitige Erhöhung der hydraulischen Last haben u. a. Auswirkungen auf die Fischfauna, die Makrophyten und die Qualität der Gewässerstruktur selbst.

Unter fischökologischen Gesichtspunkten fehlt weitgehend – auf Grund der vergleichsweise uniformen Sohlstruktur und der in Ausbauabschnitten überdurchschnittlichen hydraulischen Last - das für den Gewässertyp natürlicherweise auch vorkommende kiesig rollige Material, welches Kieslaicher bevorzugen. Zudem bestehen übermäßige Einspülungen von schluffig-sandigen Feinsedimenten in das Lückensystem.

In Ausbauabschnitten hat sich eine Sohlpflasterung durch Deckschichtbildung eingestellt. In Folge der gleichförmigen Strömungsverhältnisse kommt es nicht mehr zu einer gewässertypischen Sortierung von Sedimenten verschiedener Korngröße. Hier kommt das grob-plattige Geschiebe als dominantes Sohlsubstrat auf der gesamten Sohlbreite zur Ablage und wirkt so wie eine Sohlpflasterung. Zudem werden feinere Sedimente eingeschwemmt und führen zu Kolmatierungen des Kieslückensystems. Bei hohen Abflüssen können die grob-plattigen Geschiebe selbst in Bewegung geraten. Der Aufwuchs von Makrophyten ist dann beeinträchtigt.

In Rückstaubereichen lagern sich dagegen übermäßig hohe Feinsedimentanteile ab. Insgesamt zeigt das Wuppersediment den charakteristischen Zustand aller stark ausgebauten und feinsedimentbelasteten Flüsse dieses Typs:

- mäßige Substratdiversität
- sehr geringe räumliche Sortierung auf Grund geringer Strömungsdifferenzierung
- Ausbildung von Sohlpflasterungen durch mangelnde Morphodynamik
- fehlende oder mangelnde Substratzufuhr (Kies und Steine) durch Talsperrenrückhalt
- fehlende Lateralerosion
- zu einheitliche und temporär zu hohe hydraulische Belastung in den zu schmalen und gleichförmigen Ausbauprofilen.

8.3 Sohlstrukturen der Wupper im Untersuchungsgebiet

Unter leitbildorientierter Ausprägung wird die faunistische Besiedlung des *schotter-geprägten Flusses im Grundgebirge* deutlich durch Arten dominiert, die auf Hartsubstrate angewiesen sind. So sind auch die meisten leitbildtypischen Fischarten des Fließgewässertyps im Rahmen ihrer Reproduktion auf das Vorhandensein kiesiger Substrate angewiesen.

Die Fischarten weisen dabei eine deutliche Präferenz für bestimmte Korngrößen der Sohlsubstrate auf. So erfolgt die Eiablage des Lachses als typische Wanderfischart, bevorzugt im Bereich mittlerer Korngrößen von 30 – 50 mm. Für die Bachforelle liegt das ideale Körnungsmaß der Laichplätze bei 10 – 30 mm. Aber nicht allein die Korngröße ist ausschlaggebend für eine erfolgreiche Reproduktion der kiesellaichenden Fischarten. Umfangreiche Untersuchungen der Substratverhältnisse von potentiellen Laichgewässern des Lachses in NRW haben gezeigt, dass ein wesentlicher Grund für den derzeitigen geringen Reproduktionserfolg der Art in einer mangelnden Durchströmung des Kieslückensystems (Interstitials) besteht [MUNLV 2001]. Hierdurch kommt es zu defizitären Sauerstoffverhältnissen, die zu einem Absterben der Eier im Substrat führen können. Verursacht wird diese mangelnde Durchströmung unter anderem durch den Eintrag von Feinsedimenten. Andererseits verhindern die meist zahlreich vorhandenen Stauhaltungen und Wehre sowie ein unter technischen Gesichtspunkten ausgeführter Gewässerausbau eine dynamische Gewässerentwicklung, die zu regelmäßigen Umlagerungen der Sohlsubstrate und damit zu einer Fraktionierung derselben führen.

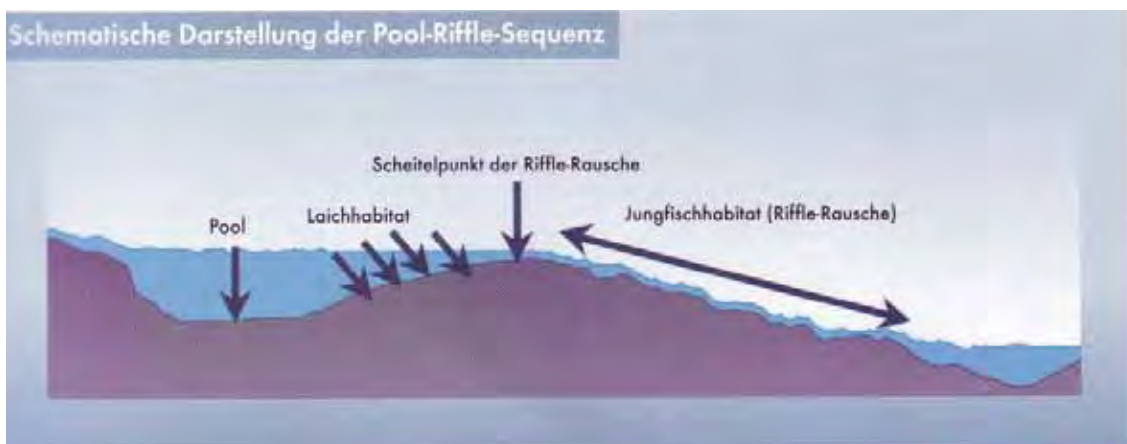


Bild 8.3-1: Schematische Darstellung des strukturellen Aufbaus eines Laichhabitates für Großsalmoniden wie den Atlantischen Lachs [aus: MUNLV 2001]

Neben der Substratbeschaffenheit spielt aber auch die Tiefenvarianz im Längsverlauf der Gewässer eine entscheidende Rolle bei der Wahl der Laichplätze (Bild 8.3-1). So erfolgt die Eiablage beim Lachs und bei anderen Salmoniden im Übergangsbereich von tiefen Gewässerstellen, sog. Pools, zu flachen Rifflestrukturen. Dieses ist wichtig, da das Kieslückensystem hier besonders gut mit sauerstoffreichem Wasser durchströmt wird und andererseits die schlüpfenden Jungfische direkt in die für sie geeigneten flachen Aufwuchshabitate gelangen.

Die erwachsenen Bachforelle benötigen Auskolkungen in Uferbereichen oder unterspülte Uferpartien, in denen sie sich unterstellen können und aus deren Schutz heraus sie auf Nahrungssuche gehen. Wie beim Lachs sind die Aufwuchshabitate junger Bachforellen flach überströmte Kiesbänke, Idealerweise mit einem ausreichenden Bewuchs von Makrophytenpolstern. Die Äsche wiederum hält sich in Schwärmen meist direkt unterhalb von Riffle-Rauschen auf. Insbesondere in ausgebauten Gewässern fehlen all diese für Salmoniden so wichtigen Gewässerstrukturen.

Um den Einfluss der oben erwähnten Faktoren auf die Fischfauna der Wupper in ihrer derzeitigen Form abschätzen zu können, wurden die Sohlsubstratverhältnisse im Bereich von 30 Transekten zwischen Beyenburg und Leichlingen untersucht. Diese Untersuchungen sollten Aufschluss darüber geben, ob im Untersuchungsgebiet ausreichend geeignete Laichhabitate für die gewässertypspezifischen Fischarten vorhanden sind oder ob die derzeit zu beobachtenden Defizite in Bezug auf die fischökologischen Verhältnisse der Wupper auch ursächlich auf defizitäre Substratverhältnisse zurückzuführen sind.

8.3.1 Methode der Transektanalyse

Die Untersuchungen zur Sohlstruktur im Bereich von 30 Transekten der Wupper zwischen Beyenburg und Leichlingen erfolgte im Zeitraum zwischen dem 09.09. und 17.10.2004. Die Lage und Nummerierung der Transekte ist der Karte 8.3.1-1 zu entnehmen.

Für jeden Transekt wurde die Wasserspiegelbreite und die Breite der Mittelwasserlinie mit einem Bandmaß aufgenommen. Die Lagebestimmung der einzelnen Transekte erfolgte mit Hilfe eines GPS. Jeder Transekt wurden in einzelne Quadrate mit einer Kantenlänge von einem Meter unterteilt. Die Substrate wurden dann bezogen auf einen Quadratmeter jeweils von der linken bis zur rechten Uferseite in prozentualen Anteilen abgeschätzt und protokolliert. Für die Substratanteile wurden folgende Korngrößen-klassen unterschieden (Tabelle 8.3.1-1):

Tabelle 8.3.1-1: Substrattypen und zugeordnete Korngrößendurchmesser

Substrattyp	Korngrößendurchmesser [mm]
Ton /Schluff	< 0,0002 bis 0,063
Sand	0,063 bis 2,0
Feinkies	2,0 bis 6,3
Mittel- / Grobkies	6,3 bis 63
Steine	> 63

In jedem Quadrat wurde die Wassertiefe gemessen und ein Foto mittels einer digitalen Kamera, die jeweils in einer definierten Höhe über dem Sohlniveau an einer Metallstange befestigt werden konnte, aufgenommen. Diese Fotos dienten neben der Dokumentation der Datenaufnahme auch dem Abgleich der geschätzten Substratanteile, insbesondere in den Transektbereichen, wo auf Grund von starken Turbulenzen und/oder mangelnder Sichttiefe

die Sohle nur schlecht direkt einsehbar war. In der Karte 8.3.1-2 sind drei charakteristische Transekte der Wupper mit ihren Querprofilen, den relativen Substratanteilen und ausgewählten Fotos dargestellt. Für den Transekt 14 ist erkennbar, dass linksseitig das Ufer flacher abfällt. Hier kommt es durch die etwas geringeren Strömungsgeschwindigkeiten in Ufernähe zur Ablagerungen von Schlamm- und Sandanteilen. Im rechten Uferbereich dominieren dagegen die Kiesanteile. Insgesamt weist das Querprofil nur eine geringe Tiefenvarianz auf. Im Querprofil kommt es daher nicht zu einer ausreichenden Trennung der Substratfraktionen. Vergleicht man die Fotos der Transekte 03 und 14, so lässt sich direkt die Zunahme der Sand- und Feinkiesanteile im Längsverlauf erkennen, die sich zwischen den Substraten mit größeren Durchmessern ansammeln.

Über die Aufnahme der Substratanteile hinaus wurde auch der Bedeckungsgrad der Sohle mit höheren Wasserpflanzen und Algen in relativen Anteilen abgeschätzt und protokolliert. Die detaillierten Ergebnisse der Datenaufnahme sind dem Bericht als separates Datenblatt für jeden Transekt im Anhang A 6 beigelegt.

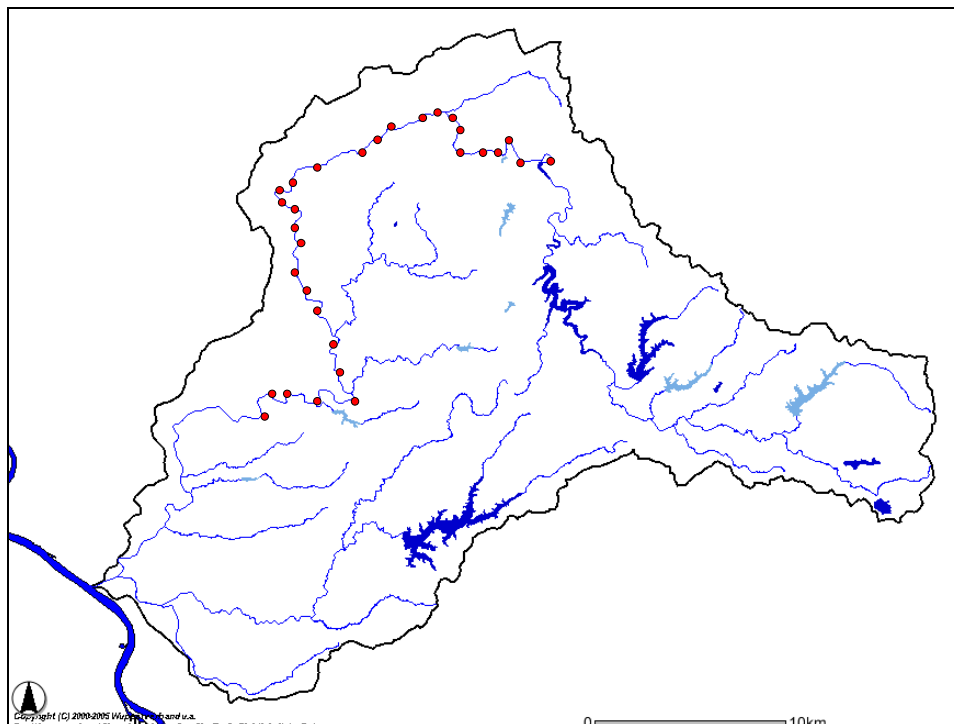


Bild 8.3.1-1: Lage der 30 Transekte (T1 = unterhalb des Stausee Beyenburg; T29 und T30 = unterhalb des Auer Kottens)

8.3.2 Ergebnisse der Transektanalyse

Auf der Basis der erhobenen Daten wurden für jeden Transekt grafische Darstellungen der Querprofile und der Substratanteile erstellt. Diese Einzelergebnisse sind in der Karte 8.3.2-1 zusammengeführt. Die Querprofile belegen für den gesamten Wupperabschnitt zwischen Beyenburg und Leichlingen ein weitgehend homogenes Querprofilmuster mit recht gleichmäßigen, engen Kastenprofilen (vgl. Kap. 8.2) und nur geringen Unterschieden in den Profiltiefen. Die für die Wupper unter Leitbild-gesichtspunkten typischen Abfolgen von Riffle-Pool-Sequenzen fehlen weitgehend. In keinem der Transekte konnten die für das typologische Leitbild charakteristischen Nebengerinne festgestellt werden. Zudem fehlen besondere Laufstrukturen wie Inseln und Totholzverklausungen. Uferbänke sind nur vereinzelt und in Ansätzen zu erkennen. Damit fehlen im Untersuchungsgebiet insgesamt die

wichtigsten Strukturen, die für den Aufbau stabiler, sich selbst reproduzierender Salmonidenfischbestände nötig sind.

Bild 8.3.2-1 zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Substratanalysen. Es wird deutlich, dass zwischen der Stauanlage Beyenburg und Wuppertal in allen untersuchten Transekten (T 01 bis T 06, vgl. auch Karte 8.3.1) die Anteile der Kiese und Steine klar dominieren. Mit Ausnahme des Transektes T 05 bilden die Mittel- und Grobkiesanteile (6,3 bis 63 mm Durchmesser) den größten Substratanteil. Gerade in diesem Korngrößenbereich liegen die von den Salmoniden Äsche, Bachforelle und Lachs als Laichsubstrate bevorzugten Sohlsubstratgrößen. Allerdings kommt es auch in diesem Wupperabschnitt zu den bereits weiter oben beschriebenen Effekten der Sohlpflasterung (Bild 8.3.2-2, vgl. Kap. 8.2.2). Lockere Kiessubstrate, die als Laichsubstrate geeignet wären, sind nur punktuell anzutreffen. So gelang es in den meisten Bereichen nicht, sich mit den Füßen in das Sohlsubstrat vorzuarbeiten.



Bild 8.3.2-2: „Sohlpflasterung“ im Bereich T 08 oberhalb des Bahnhofes Wuppertal-Oberbarmen

Mit dem Übergang in das Wuppertaler Stadtgebiet (Transekte T 07 bis T 30) sind in den Transekten zunehmende Sandanteile festgestellt worden. Gleichzeitig verschiebt sich das Verhältnis der Grob- / Mittelkies und Feinkiesanteile hin zu den kleineren Korngrößendurchmessern. Durch den steigenden Anteil feinerer Substrate ist von einer weniger guten Durchströmung der Interstitialräume auszugehen, was wiederum direkten Einfluss auf den Reproduktionserfolg kieslaichender Fischarten hat. Zumindest teilweise ist daher der geringe Anteil kieslaichender Fischarten als typische Teile der Salmonidengesellschaft in der Wupper in und unterhalb von Wuppertal auf diese strukturellen Defizite zurückzuführen. Allein kann die zu beobachtenden Verschiebung im Artenspektrum aber nicht durch die Sohlstrukturen begründet sein. So sind auch im Wuppertaler Stadtgebiet durchaus Sohlstrukturen mit ausreichenden Versteckmöglichkeiten vorhanden, die für die Koppe geeigneten Lebensraum und Reproduktionshabitate bieten (vergl. Transekt 14, Karte 8.3.2). Das nahezu vollständige Fehlen dieser gewässertypischen Fischart ab dem Wuppertaler Stadtgebiet muss daher andere Gründe haben. Mögliche Ursachen für das Fehlen der Koppe sind Gewässerverunreinigungen oder die Wassertemperatur.

Bild 8.3.2-3 zeigt ausgesuchte Querprofile von Wupper und Lippe im Vergleich. Die Darstellung ist etwas verzerrt, da die Tiefenmeter zur vergleichenden Darstellung des Querprofils größer dargestellt sind als die Breitenmeter. Während die Lippe wechselnde Prallhänge und Gleithänge aufweist, zeigt die Wupper eine einheitliche Gewässertiefe und ein immer gleichförmiges flaches Kastenprofil.

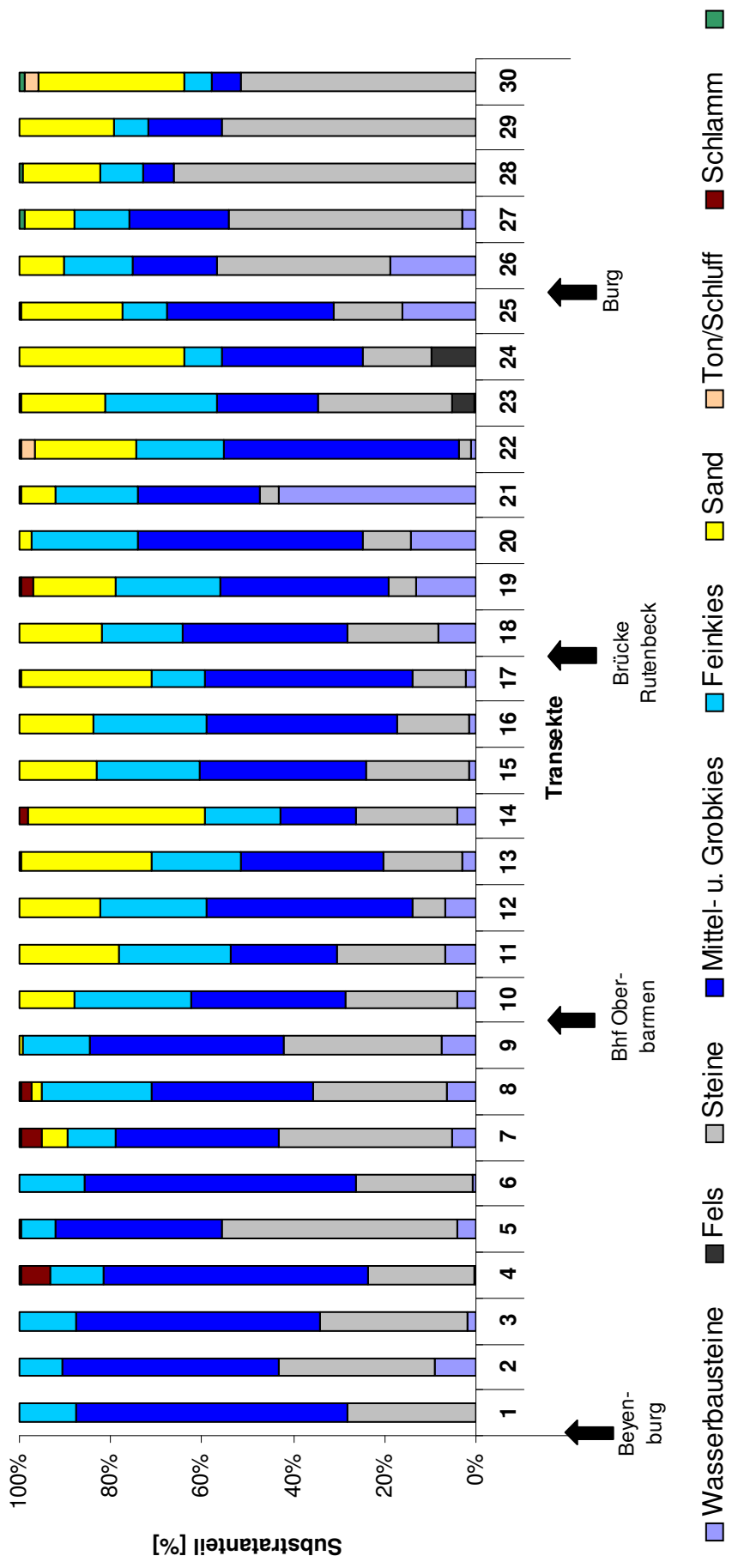


Bild 8.3.2-1: Darstellung der Substratanteile in 30 untersuchten Transekten in der Wupper zwischen Beyenburg und Leichlingen

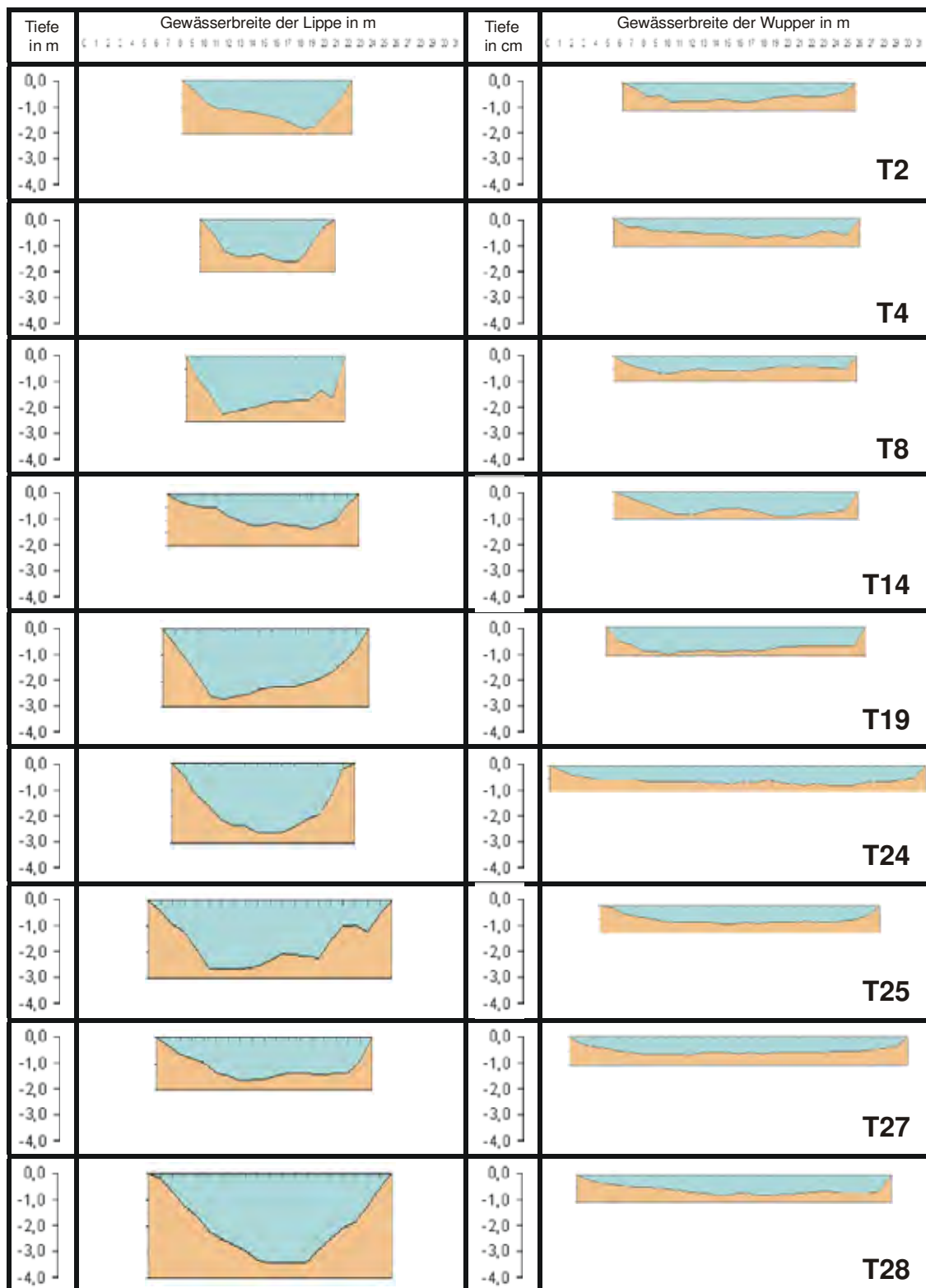


Bild 8.3.2-3: Überwiegend gleichförmige Querprofile der Wupper im Vergleich zu den Querprofilen der Lippe in Bereichen, in denen naturnahe Gestaltungsmaßnahmen durchgeführt wurden [NZO 2005, mit freundlicher Genehmigung des Staatlichen Umweltamtes Lippstadt]

Die Auswertungen der Substratanalysen belegen die starken strukturellen Defizite der Sohlbereiche im gesamten Untersuchungsgebiet der Wupper. Dabei sind zwischen Beyenburg und Wuppertal derzeit noch die für Salmoniden zur Reproduktion am besten geeigneten Sohlsubstrate vorhanden. Im Wuppertaler Stadtgebiet nimmt der Anteil der Feinsubstrate deutlich zu, was eine Kolmatierung der Sohlsubstrate begünstigt. Insgesamt betrachtet ist zur Verbesserung der Sohlstrukturen eine Steigerung der Abflussdynamik in Zusammenhang mit einer möglichst weiträumigen Entfesselung des Gewässers zu fordern.

8.4 Literatur zu Kapitel 8

- FGM-PLAN (2003): Flussgebietsplan des Wupperverbandes für das Einzugsgebiet der Wupper, 5. Fassung, August 2003
- LAWA (1998): Strukturgütekartierung
- LUA NRW (2001): Leitbilder für die mittelgroßen bis großen Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen - Flusstypen-Essen, 132 S., Band 34
- MUNLV, (2001): Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen – MUNLV (2001): Die Fische unserer Bäche und Flüsse – Aktuelle Verbreitung, Entwicklungstendenzen, Schutzkonzepte für Fischlebensräume in Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 200 S.
- MUNLV (2001): Wanderfischprogramm NRW, Statusbericht zur ersten Programmphase, MUNLV 2001, Karte p.75
- NZO-GMBH (2005): Entwicklungskonzept Lippe.- unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des StUA Lippstadt
- OBERBORBECK, A. (2004): schriftliche Mitteilung 22.11.2004, Wupperverband
-

9 Zusammenfassung der Gütesituation der Unteren Wupper

Die Untere Wupper ist vielfach anthropogen überformt, genutzt und belastet. Dies spiegelt sich in der derzeitigen Gütesituation der Unteren Wupper wieder.

Keiner der sechs Qualitätsparameter "chemische Güte", "gefährliche Stoffe", Makrophyten, Phythobenthos, Makrozoobenthos und Fische liegt derzeit im Bereich der "guten" Gewässerqualität.

Hier ist jedoch anzumerken, dass die angewandten WRRL-konformen Verfahren im Praxistest noch nicht umfassend befriedigende Ergebnisse erbrachten, so dass **auch Expertenwissen bei der Bewertung eine wichtige Rolle gespielt hat**. Insbesondere waren Schwierigkeiten und Unstimmigkeiten bei der Anwendung von AQEM und dem Verfahren nach Dussling (Fische) zu verzeichnen. Das van de Weyer-Verfahren (LUA NRW) zur Bestimmung der Makrophyten erbrachte nachvollziehbare Ergebnisse, entspricht aber nicht dem vorgeschlagenen PHYLIB-Verfahren, welches noch Probleme bereitet [GUHL, 2005]. Das Phythobenthos-Verfahren stützte sich auf nur eine anstatt die zwei notwendigen Probenahmen und ist daher aus diesem Grund nur eingeschränkt aussagefähig. Dennoch konnten mit Unterstützung von Expertenwissen und weiteren Daten (Phosphat, pH, O₂, Biomasse, Artenzahl etc.) Güteaussagen getroffen werden. Die biologischen Parameter liegen zumeist im "mäßigen" Gütebereich, viele auch im "ungenügenden" Gütebereich. Allein der Saprobienindex ist überwiegend "grün" (gute Gewässergüte).

Gewässergüte des Wasserkörpers Stadtgebiet

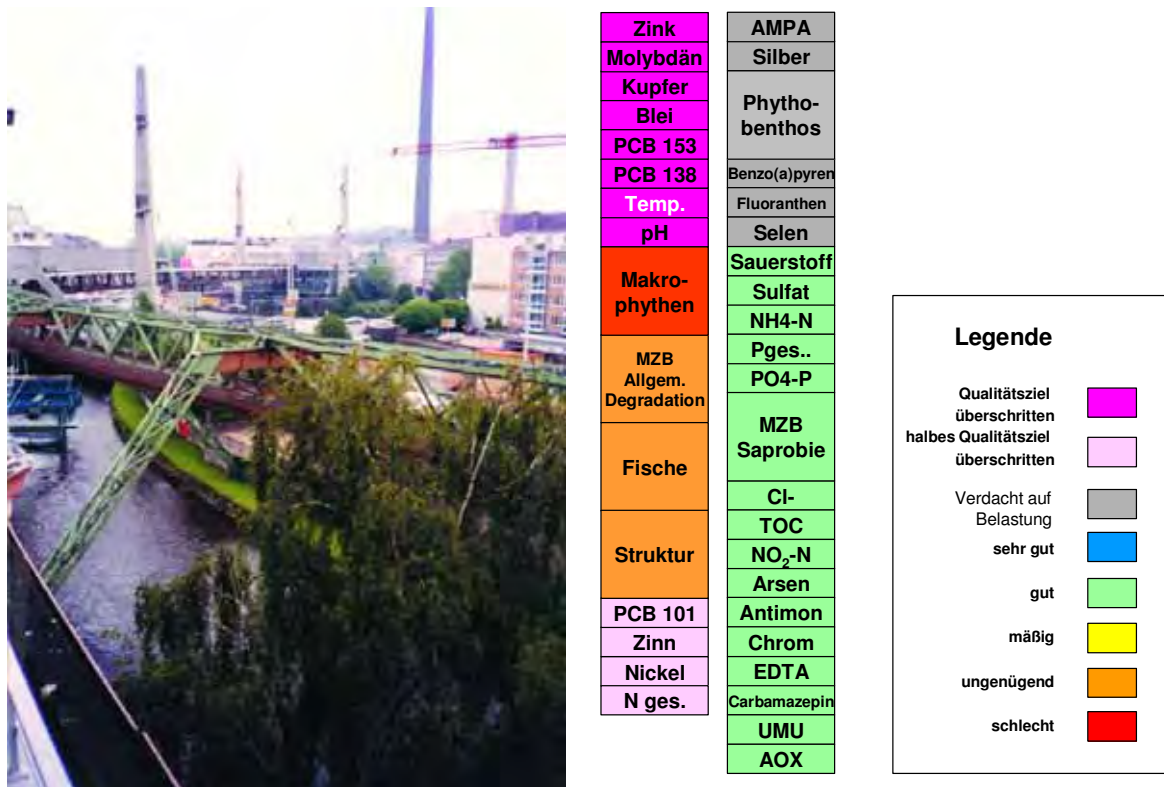


Bild 9-1: Gewässergüte des Wasserkörpers "Stadtgebiet" anhand der für die Beurteilung nach EG-WRRL wesentlichen Parameter und Qualitätselemente

Gewässergüte des Wasserkörpers WK 2 / Wupper

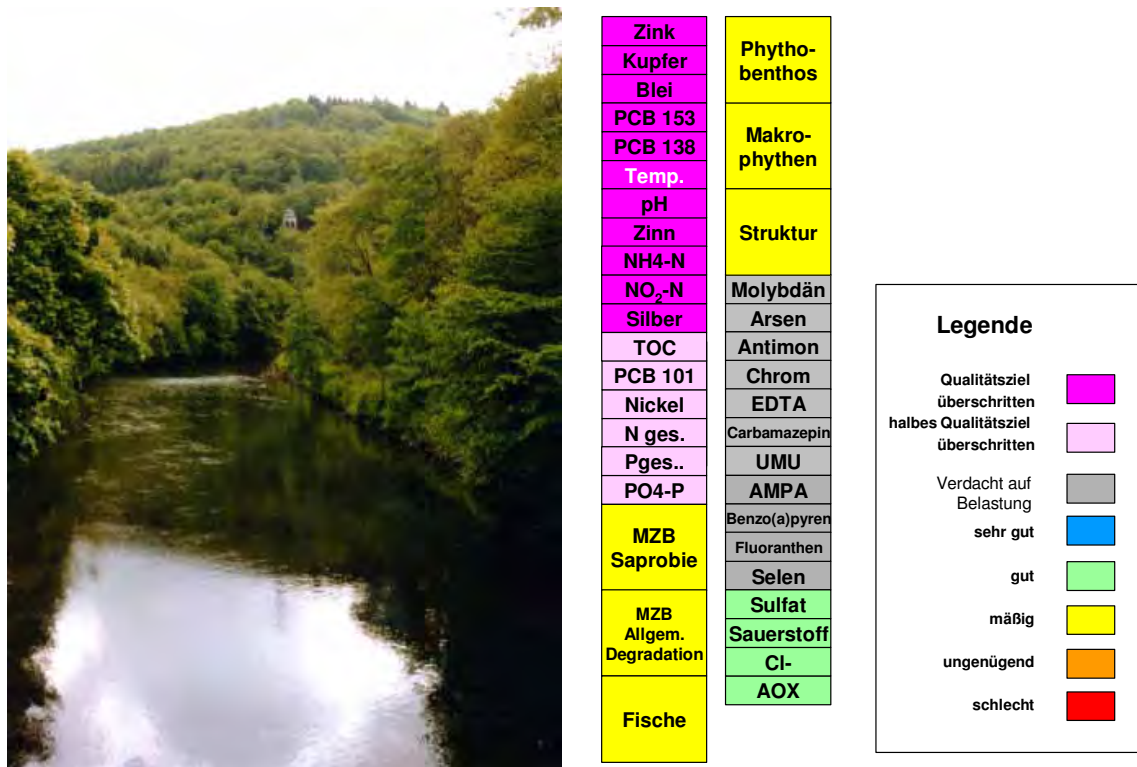


Bild 9-2: Gewässergüte des Wasserkörpers "WK 2 / Untere Wupper" anhand der für die Beurteilung nach EG-WRRL wesentlichen Parameter und Qualitätselemente

Wie in Bild 9-1 und auch Bild 9-2 zu erkennen ist, ist die Temperatur nur ein Gütedefizit unter vielen an der Unteren Wupper.

Während im potentiell erheblich veränderten Wasserkörper "Stadtgebiet" noch 16 Parameter als "gut" bezeichnet werden, sind im darunter liegenden Wasserkörper mit dem derzeitigen Ziel des "guten Zustandes" nur noch 4 Parameter als grün gekennzeichnet. Für 6 bzw. 11 Parameter fehlen Angaben und für 16 bzw. 23 Parameter werden Probleme aufgezeigt.

Betrachtet man jedoch anstelle der Anzahl der problematischen Parameter die summarische "Wirkung" von Belastungen im Wasserkörper (also die biologischen Qualitätselemente), so zeigt sich klar, dass der potentiell erheblich veränderte Wasserkörper "Stadtgebiet" deutlich schlechter abschneidet (ungenügend bis schlecht) gegenüber dem Wasserkörper WK 2 (mäßig).

9.1 Literatur zu Kapitel 9

GUHL, B., SCHÜTZ, C. (2005): "Monitoring Biologie", Vortrag im Rahmen der Veranstaltung "Umsetzung der WRRL in Europa und NRW - Status quo und Perspektiven, Berlin, 12. und 13. Januar 2005

10 Nutzungen und Belastungen an der Unteren Wupper und ihre Wirkung auf die biologischen Qualitätselemente

In Tabelle 10-1 und Tabelle 10-2 sind die biologischen Qualitätselemente den anthropogenen Nutzungen bzw. Belastungen gegenübergestellt und durch das Forschungsteam auf Grundlage der unter Teil A ermittelten Kenntnisse bewertet.

Tabelle 10-1: Erkennbare Beeinträchtigungen der biologischen Qualitätselemente im Wasserkörper WK3 "Stadtgebiet" durch erkennbare Nutzungen im Einzugsgebiet

	Morphologie	Schleppkraft	Durchgängig	Pges	Sauerstoff	Temp.	pH	NH ₃	gefährliche Stoffe	Brot
Makrophyten	++ 1	++ 2	- 4	0 5	- 6	- 7	0 8	- 9	- 10	- 11
Phytobenthos	0 12	? 13	- 4	++ 14	- 6	+ 15	0 8	- 9	- 10	- 11
Makrozoö	++ 16	+ 17	0 19	- 20	+* 21	+ 23	0* 24	- 25	? 27	+* 28
Fische	++ 30	! 31	++ 33	- 20	++* 34	++ 35	!* 36	0 26	? 27	++ 37

Tabelle 10-2: Erkennbare Beeinträchtigungen der biologischen Qualitätselemente im Wasserkörper WK2 "Untere Wupper" durch erkennbare Nutzungen im Einzugsgebiet

	Morphologie	Schleppkraft	Durchgängig	Pges	Sauerstoff	Temp.	pH	NH ₃	gefährliche Stoffe	org. Feinpartikel
Makrophyten	++ 1	+ 3	- 4	0 5	- 6	- 7	0 8	- 9	- 10	- 11
Phytobenthos	0 12	? 13	- 4	++ 14	- 6	+ 15	0 8	- 9	- 10	- 11
Makrozoö	++ 16	0 18	0 19	- 20	++* 22	+ 23	0* 24	- 25	? 27	++ 29
Fische	++ 30	! 32	++ 33	- 20	++* 34	++ 35	!* 36	0 26	? 27	- 38

Zeichenerklärung:

- wahrscheinlich **keine** Beeinflussung durch Belastungsfaktor
- ? **unsicher**, ob Beeinträchtigung durch Belastungsfaktor
- 0 Beeinträchtigung durch Belastungsfaktor **möglich**, aber von Anwesenden nicht als dominant eingeschätzt
- ! Beeinträchtigung durch Belastungsfaktor **wahrscheinlich**, aber von Anwesenden weder qualitativ noch quantitativ zu benennen
- + **Beeinträchtigung** durch Belastungsfaktor
- ++ **starke bis sehr starke** Beeinträchtigung durch Belastungsfaktor
- * Beeinträchtigung über "Umwege" bzw. Wirkungen anderer Belastungsfaktoren (siehe jeweilige Erläuterung unten)

Begründung der Bewertung in der Tabelle

- 1 Der morphologisch bedingte Mangel an Strömungsdiversität und damit der Mangel an strömungsberuhigten Zonen und entsprechenden Substratanlandungen führt im Stadtgebiet zu einem völligen Ausfall der Makrophyten. Im Wasserkörper 2 liegt die Deckung in frei strömenden Bereichen bei 2% bis 3%.

Begründung der Bewertung in der Tabelle (Fortsetzung)

- 2 Die hohe Schleppkraft an der Sohle führt im Stadtgebiet zum völligen Ausfall der Makrophythen in 2004 (abflussreiches Jahr).
- 3 Die hohe Schleppkraft an der Sohle führt im WK2 in frei strömenden Bereichen zu geringen Deckungsgraden der Makrophythen in 2004 (abflussreiches Jahr)
- 4 Die Flora der Unteren Wupper wird von einem Mangel an Durchgängigkeit nicht beeinflusst.
- 5 Ein vermehrtes Wachstum der Makrophythen auf Grund unlimitierter Phosphat-Konzentrationen war in 2004 nicht zu erkennen. Eine Beeinflussung ist aber möglich.
- 6 Die Flora der Unteren Wupper wird durch Sauerstoffschwankungen wahrscheinlich nicht beeinträchtigt
- 7 Makrophythen im Rhithralen Bereich reagieren in dem betrachteten Temperaturbereich nicht auf erhöhte Temperaturen.
- 8 Die Flora der Unteren Wupper wird möglicherweise durch pH-Schwankungen oder hohe pH-Werte beeinflusst. Dies ist jedoch aus den vorliegenden Daten nicht erkennbar.
- 9 Die Flora der Unteren Wupper wird durch NH_3 nicht beeinträchtigt.
- 10 Die Flora der Unteren Wupper wird wahrscheinlich durch gefährliche Stoffe nicht beeinträchtigt. Über die Totalherbizide AMPA und Diuron liegen derzeit allerdings keine Messwerte vor.
- 11 Die Flora der Unteren Wupper wird weder durch hineingeworfenes Brot noch durch organische Feinpartikel beeinträchtigt.
- 12 Der morphologisch bedingte Mangel an Strömungsdiversität beeinflusst möglicherweise auch das Phythobenthos.
- 13 Ob die hohe Sohlschubspannung (mit häufigen Umlagerungen des Substrates) das Phythobenthos beeinträchtigt ist unsicher. Festgestellt wurde im Stadtgebiet vielmehr ein vermehrter Aufwuchs.
- 14 Die unlimitierenden Phosphat-Konzentrationen in Zusammenhang mit fehlender Beschattung führen zu hohen Biomassedichten. Diese wirken sich wiederum negativ auf die Sauerstoffamplitude und pH-Amplitude aus und beeinträchtigen damit die Fischfauna und das Makrozoobenthos (Eutrophierungseffekte; siehe Punkte 21, 22, 34 und 35 sowie 24 und 36)
- 15 Höhere Temperaturen beschleunigen biochemische Prozesse. Dies führt zu einem stärkeren Biomasseaufwuchs in den aufgewärmten Gewässerabschnitten. Gleichzeitig führt es zu erhöhter Respirationstätigkeit während der Nachtstunden und verstärkt somit den Effekt unter Punkt 14.
- 16 Das Modul "Allgemeine Degradation" und besonders der Deutsche Fauna Index weisen erhebliche strukturelle Defizite im Bereich des Makrozoobenthos für beide Wasserkörper aus.
- 17 Im Stadtgebiet wird das Makrozoobenthos durch hohe Sohlschubspannung beeinträchtigt (Annahme). Strömungsliebende Arten kommen allerdings praktisch nicht vor, denn die meisten strömungsliebenden Arten sind kaltstenotherm und an hohe Sauerstoffkonzentrationen gebunden. Erhöht ist auch die Anzahl der Schlick- und Schlammbewohner.
- 18 Im Wasserkörper 2 ist eine Beeinträchtigung des Makrozoobenthos durch hohe Sohlschubspannungen möglich, jedoch aus den Daten nicht erkennbar (s. o.). Die Anzahl der strömungsliebenden Arten liegt im "guten" Bereich (grün).
- 19 Das Makrozoobenthos der Unteren Wupper wird durch den Mangel an Durchgängigkeit im Bereich des Auer Kottens nicht beeinträchtigt. Andere kleinere Schwellen können Hindernisse darstellen, aber die Belastung wird nicht als wesentlich eingeschätzt.

Begründung der Bewertung in der Tabelle (Fortsetzung)

- 21 Im Stadtgebiet wird das Makrozoobenthos durch niedrige Sauerstoffwerte beeinträchtigt. Dies wird durch den EPT-Index angezeigt. Diese Beeinträchtigung ist jedoch schwächer als im Wasserkörper 2, wo stoffliche Belastungen zu zusätzlichen Sauerstoffverlusten führen. Die erhöhte Temperatur führt zusätzlich zu niedrigerer Sauerstofflöslichkeit.
- 22 Im Wasserkörper 2 wird das Makrozoobenthos stark durch Sauerstoffdefizite beeinträchtigt. Dies zeigt der EPT-Index in Verbindung mit dem Saprobienindex. Dies zeigen auch die limnologischen 14-Tage-Messungen der Sauerstoffkonzentration, die in Müngsten das Sauerstoffminimum anzeigen.
- 23 Das Makrozoobenthos wird durch erhöhte Temperaturen sicher beeinträchtigt (früherer Schlupf etc.). Es gibt jedoch noch keinen temperaturspezifischen Index für Makrozoobenthos, so dass sich dies mit den vorliegenden Daten nicht belegen lässt.
- 24 Eine Beeinträchtigung des Makrozoobenthos durch den schwankenden pH-Wert ist möglich, aber anhand der vorliegenden Daten nicht nachweisbar.
- 25 Von einer Ammoniak-Giftigkeit für Makrozoobenthos im Stadtgebiet ist nichts bekannt. Die vorhandenen Konzentrationen werden nicht als beeinträchtigend angesehen.
- 26 Ammoniak ist fischgiftig. Eine Beeinträchtigung der Fischfauna durch Ammoniak ist möglich, wird aber in der Unteren Wupper nicht als wesentlich erachtet.
- 27 Es ist unsicher, ob die Fauna durch die gefundenen gefährlichen Stoffe (PCB, Schwermetalle) messbar beeinträchtigt wird.
- 28 Im Stadtgebiet werden große Mengen an Brot verfüttert, was zu einer sehr hohen Bestandsdichte (ca. Verzehnfachung) an großen Barben führt. Gleichzeitig ist die Individuendichte des Makrozoobenthos im Stadtgebiet extrem niedrig. Hier kommt es eventuell zu einem "Overgrazing"-Effekt als Beifang der großen Barben zu dem aufgenommenen Brot. Gleichzeitig ist der Anteil der "Sedimentfresser"/Detritus-verwerter besonders in der Rutenbeck stark erhöht (vergl. Bild Anhang 13).
- 29 Im Wasserkörper 2 wird das Makrozoobenthos durch organische Feinpartikel stark beeinträchtigt, was sich zum einen am Saprobienindex, zum zweiten aber auch an der Ernährungstypenverteilung ablesen lässt (Sedimentfresser, Filtrierer). (vergl. Bild Anhang 13).
- 30 Die Fische werden durch die Defizite in der Morphologie stark beeinträchtigt. Es fehlen Kiesbänke, Schotterbänke, Feinsubstratanlandungen, Riffel-Pool-Sequenzen und strömungsberuhigte Zonen sowie Gumpen und Unterstände.
- 31 Elritzen sind in großer Zahl vorhanden, d. h. die Fließgeschwindigkeit liegt, wenn dann nur partiell im kritischen Bereich.
- 32 Elritzen sind in großer Zahl vorhanden, d. h. die Fließgeschwindigkeit liegt, wenn dann nur partiell im kritischen Bereich.
- 33 Auf Grund der fehlenden Durchgängigkeit am Auer Kotten können Wanderfische die Untere Wupper nicht erreichen bzw. durchschwimmen.
- 34 Die nächtlichen Sauerstoffminima (Eutrophierungseffekt, siehe Punkt 14) beeinträchtigen die Fischfauna stark. Dies gilt besonders für die Ei- und Jungfischentwicklung im Interstitial.
- 35 Die Temperatur erreicht derzeit Letalwerte für Adulte Salmoniden und Jungfische. Die Fischfauna wird von der erhöhten Temperatur derzeit stark beeinträchtigt.
- 36 Die starken pH-Wert-Schwankungen (siehe Punkt 14) belasten wahrscheinlich die Fische. Der Effekt ist aber anhand der vorhandenen Daten nicht quantifizierbar.
- 37 Innerhalb des Stadtgebietes erfolgt eine starke Beifütterung mit Brot. Für alle gefangenen Barben über 20 cm Länge stellt es das Hauptnahrungsmittel im Stadtgebiet dar. Die Fütterung führt zu einer Veränderung der Biomasse der Fischbiozönose im Stadtgebiet (ca. Verzehnfachung) sowie zu einer Verschiebung der Individuenzahl und Größen im Bereich des "Leitfisches" Barbe. Die Dominanz der Barbe in der Fischbiozönose wird im Stadtgebiet erheblich verstärkt.

Begründung der Bewertung in der Tabelle (Fortsetzung)

38 Die Fischfauna wird durch organische Feinpartikel wahrscheinlich nicht beeinflusst (außer Neunauge).

10.1 Auswirkung der Belastung "veränderte Temperaturen"

Anlass des Forschungsvorhabens war es, den Einfluss veränderter Temperaturen auf die Gütesituation in der Unteren Wupper zu betrachten. Obwohl die morphologische Belastung eindeutig den größten Einfluss auf die Gesamtgütesituation in der Unteren Wupper hat, wird im weiteren Verlauf dieses Berichtes der Blickwinkel vorwiegend auf den Parameter "Temperatur" eingeschränkt (Tabelle 10.1-1 und 10.1-2). Diese wirkt sich vor allem auf die Fischfauna aus (siehe unten).

Die Fischfauna wird allerdings auch durch andere Defizite stark beeinträchtigt, so dass nicht davon auszugehen ist, dass eine alleinige Verbesserung im Bereich der Temperatur zum Erreichen eines guten Zustandes der Fischbiozönose führen kann. Hier müssen also verschiedene Maßnahmen betrachtet und bewertet werden (siehe Punkt 10.2).

Tabelle 10.1-1: Wirkung der Temperatur auf die biologischen Qualitätselemente im Stadtgebiet

	Morpho- logie	Schlepp- kraft	Durch- gängig	Pges	Sauer- stoff	Temp.	pH	NH ₃	gefähr- liche Stoffe	Brot
Makro- phythen	++	++2	-	0	-	-	0	-	-	-
Phyto- benthos	0	?	-	++	-	+	0	-	-	-
Makrozoo	++	+	0	-	+	+	0*	-	?	+
Fische	++	++	++	-	++*	++	!*	0	?	++

Tabelle 10.1-2: Wirkung der Temperatur auf die biologischen Qualitätselemente im Wasserkörper WK2 "Untere Wupper"

	Morpho- logie	Schlepp- kraft	Durch- gängig	Pges	Sauer- stoff	Temp.	pH	NH ₃	gefähr- liche Stoffe	org. Fein- partikel
Makro- phythen	++	+	-	0	-	-	0	-	-	-
Phyto- benthos	0	?	-	++	-	+	0	-	-	-
Makrozoo	++	0	0	-	++ *	+	0*	-	?	++
Fische	++	+	++	-	++*	++	!*	0	?	-

10.2 Nutzungen an der Unteren Wupper und ihre Wirkung auf die Fischfauna

10.2.1 Wassertemperatur

Vorbemerkungen

Die Lebensvorgänge von Fischen werden in besonderem Maße von der Wassertemperatur bestimmt [SCHRECKENBACH 2002]. Dies betrifft zum einen die individuellen Lebensvorgänge, zum anderen aber auch die Wirkungen anderer Umweltfaktoren sowie die Widerstandsfähigkeit gegenüber Belastungen und Krankheitserregern. Zum Beispiel werden physiologische Prozesse wie Atmung, Wasserhaushalt und Ausscheidungen über Kiemen und Nieren durch die Wassertemperatur beeinflusst. Darüber hinaus ist die Wassertemperatur aber auch von Bedeutung für die Gonadenentwicklung, das Abbläichen und die Ei- und Jungfischentwicklung.

Fische sind poikilotherme Organismen, d. h. sie können keine konstante Körpertemperatur halten. Zwischen der Körpertemperatur von Fischen und dem sie umgebenden Wasser besteht eine direkte Abhängigkeit. Die Körpertemperatur von Fischen liegt nach KÜTTEL et al. [2002] in der Größenordnung von $0,1 - 1\text{ °C}$ über der Wassertemperatur.

Der Austausch von Wärme geschieht vorwiegend über die äußere Körperoberfläche. In geringerem Umfang erfolgt der Wärmeaustausch auch über die Kiemen [BEITINGER et al. 2000].

Fast alle chemischen Reaktionen in einem Fischkörper sind temperaturabhängig. In der Regel laufen die Reaktionen bei erhöhten Temperaturen schneller ab als bei niedrigen. Eine sehr grobe Faustregel besagt, dass bei einer Steigerung der Temperatur um 10 °C sich die Geschwindigkeit biochemischer Vorgänge verdoppelt.

Die meisten körperlichen Reaktionen von Fischen laufen enzymgesteuert ab. Enzyme sind nicht temperaturresistent. Sie denaturieren typischerweise ab Temperaturen von ca. 60 °C , typabhängig aber auch deutlich darunter. Andererseits ist die untere Grenze des Überlebens der Körperzellen der Fische durch die Bildung von Kristallen in den Körperflüssigkeiten gegeben [VARLEY 1967].

Neben den Wassertemperaturen, die zum Tode eines Fisches führen können, tragen Temperaturwerte, die unterhalb oder oberhalb eines Optimalbereiches liegen, dazu bei, dass die Entwicklung bzw. das Verhalten des Organismus Störungen zeigt.

Zu niedrige Temperaturen rufen sehr häufig bei Fischen lethargische Verhaltensweisen hervor [BEITINGER et al. 2000]. Weitere Reaktionen sind Verdauungsverzögerungen und langsame Reizaufnahme. Letzteres bewirkt u. a., dass die Tiere für Prädatoren vergleichsweise einfach zu erbeuten sind. Ferner sind die eigenen Jagderfolge eingeschränkt [VARLEY 1967].

Bei hohen Wassertemperaturen ist bei Fischen im Allgemeinen eine erhöhte Aktivität zu beobachten [BEITINGER et al. 2000]. Wenn eine für die Fischart bestimmte Toleranzgrenze überschritten wird, arbeitet der Stoffwechsel so schnell, dass die Tiere nicht genug Nahrung aufnehmen können, um den Energiebedarf zu decken. Innerhalb kürzester Zeit werden dann die Fettreserven aufgebraucht und das Tier verhungert.

Die Anpassung an steigende Temperaturen geschieht schneller als an fallende. Selbst solche Fischarten, die eine hohe Temperaturtoleranz zeigen, können sich nur bei einer langsamen Wasserabkühlung an die niedrige Temperatur anpassen. Plötzliche Temperaturabsenkungen um mehr als 10 °C führen z. B. bei warmadaptierten Fischarten (Karpfen, Aale) zu schweren körperlichen Schädigungen oder sogar zum Tod. Einen Einblick, in welchen zeitlichen Größenordnungen sich die Anpassungen an Temperaturabsenkungen abspielen, zeigt Bild 10.2.1-1.

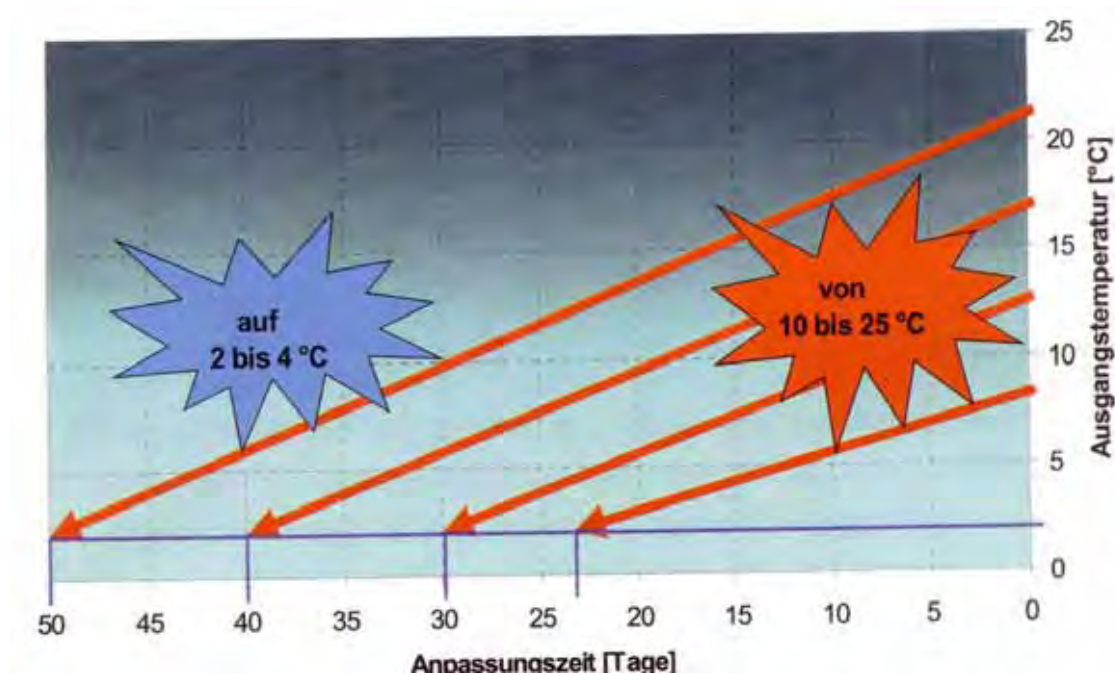


Bild 10.2.1-1: Anpassungszeiten bei der Abkühlung warmadaptierter Fische von 10 bis 25 °C auf 2 °C bis 4 °C, aus: SCHRECKENBACH [2002]

Im Gegensatz zu den großen Anpassungszeiträumen bei Temperaturabsenkungen können sich die meisten Fischarten - wenn auch unter hohem Energieverbrauch - innerhalb von wenigen Stunden oder Tagen an Temperaturerhöhungen anpassen.

Die Temperaturtoleranzgrenzen sind bei den verschiedenen Fischarten völlig unterschiedlich. Grob zusammengefasst zeigen viele Karpfenartige einen von der Jahreszeit abhängigen Toleranzbereich von 0,5 – 30 °C. Forellenartige zeigen demgegenüber eine deutlich geringere Temperaturtoleranz [SCHRECKENBACH 2002]. Innerhalb eines Jahresganges gibt es für bestimmte Ereignisse, wie z. B. die Fortpflanzungszeit, wiederum Temperaturbereiche, innerhalb derer bestimmte Prozesse wie Gonaden- und Ei-Entwicklung mehr oder weniger optimal funktionieren. Welchen artspezifischen Einfluss nicht zuletzt die Wassertemperatur in Bezug auf die Entwicklungszeit von Eiern hat zeigt die Tab. 10.2.1-1.

Tab. 10.2.1-1: Eientwicklungszeiten ausgesuchter Fischarten
(verändert nach MUNLV 2002 und unter Berücksichtigung von Mitteilungen der LÖBF NRW)

Fischart	Ei-Entwicklungszeit
Lachs	ca. 60 bis 90 Tage (500-530 Tagesgrade)
Bachforelle	60 bis 90 Tage
Meerforelle	60 bis 90 Tage (450 Tagesgrade)
Äsche	14 bis 28 Tage
Koppe	ca. 15 Tage
Hasel	ca. 10 Tage
Hecht	10 bis 30 Tage
Nase	8 bis 16 Tage
Schmerle	8 bis 10 Tage
Elritze	3 bis 10 Tage
Barbe	10 bis 15 Tage
Döbel	7 Tage

Farbcode:

blau: Entwicklung im Winter; gelb: Entwicklung im Frühjahr; orange: Entwicklung im Sommer

Generell ist anhand der Tabelle zu erkennen, dass die Ei-Entwicklungszeiten der Arten, die im Winter laichen, deutlich länger sind als der Frühjahreslaicher.

Temperatursituation an der Wupper

Das Wasser der Wupper wird durch die Kühlwassereinleitungen der beiden Heizkraftwerke Barmen und Elberfeld sowie das Klärwerk Buchenhofen aufgeheizt. Ebenfalls zur Aufwärmung des Flusses tragen in geringem Umfang kleinere gewerbliche Kühlwassereinleitungen bei [STUA DÜSSELDORF 2004]. Die Auswirkungen der Aufheizungen sind bis Opladen messbar. Nach SCHARF et al. [2002] ist auf Grund der Wärmeeinleitungen in Bezug auf die Fischfauna eine Potamalisierung in der Wupper von Wuppertal bis Leichlingen feststellbar. Die in dem genannten Bereich im Rahmen verschiedener Untersuchungen gefundene Fischfauna wäre unter natürlichen Bedingungen erst weiter flussabwärts zu erwarten.

Um zu prüfen, welchen Einfluss die Wassertemperatur der Wupper auf die Entwicklungsmöglichkeiten einzelner Fischarten hat, wurden jahreszeitliche Temperaturanspruchsprofile erstellt. Aus verschiedenen Veröffentlichungen und unter Berücksichtigung von Ergebnissen, die die LÖBF NRW zusammengestellt hat, wurden, so weit möglich, artbezogen folgende Grenzbereiche, bzw. optimale Entwicklungsbereiche festgelegt:

- obere und untere Letalgrenze für adulte Individuen
- obere und untere Letalgrenze für juvenile Individuen
- obere und untere Letalgrenze für die Eientwicklung
- optimaler Temperaturbereich innerhalb der Laichzeit
- optimaler Temperaturbereich für die Eientwicklung

Im Wesentlichen wurden für die Festlegung der Toleranz- bzw. Optimalbereiche folgende Veröffentlichungen und Unterlagen berücksichtigt:

- Auswertungen der LÖBF NRW in Bezug auf Temperaturansprüche von ausgewählten nordrhein-westfälischen Fischarten

- KÜTTEL et al. (2002) : Temperaturpräferenzen und –limiten von Fischarten schweizerischer Fließgewässer
- EIFAC (1969): Water quality criteria for European freshwater fish
- MUNLV (2001): Fische unserer Bäche und Flüsse
- BOHL (2001): Untersuchungen zum Temperaturklima ausgewählter Äschengewässer

Um die Auswirkungen der Einflüsse der Aufwärmung erfassen zu können, wurden Wassertemperaturjahresgänge aus den Jahren 2001 - 2004 ausgewertet. Über die Jahrestemperaturkurven wurden die Letalgrenzen sowie optimale Entwicklungstemperaturen für bestimmte Zeiträume gelegt. Damit die Möglichkeit des Vergleiches zum Temperatureinfluss gegeben ist wurden jeweils die beiden Standorte Laaken und Rutenbeck verglichen. Laaken ist derjenige Messstandort, der oberhalb von Wuppertal liegt und damit von den Wärmeeinleitungen nicht beeinflusst wird. Rutenbeck liegt unterhalb von Wuppertal. Für diesen Standort wird eine Durchmischung mit dem Wupperwasser mit den Warmwassereinleitungen der Heizkraftwerke angenommen.

(Die darunter liegenden Einleitungen des Klärwerkes wurden messtechnisch im Hinblick auf die Temperatur in der Wupper bisher nicht erfasst, so dass hier keine Messerwerte für das Wupperwasser zur Verfügung standen.)

Im folgenden werden die Temperaturansprüche ausgewählter Leit- und Begleitarten dargestellt und bewertet. Bild 10.2.1-2 und 10.2.1-3 zeigen die Ergebnisse für die Bachforelle aus dem Jahr 2001.

Bachforelle

Im Vergleich der beiden Abbildungen zeigt sich deutlich, dass im Bereich Rutenbeck im Jahr 2001 die Wassertemperaturen so hoch waren, dass die obere Letalgrenze der Bachforelle überschritten wurde. Das Ergebnis zeigt, dass ein Überleben dieser Art im Jahr 2001 nicht möglich war. Anhand von Bild 10.2.1-3 wird ferner deutlich, dass auch die Toleranzgrenzen für die Ei-Entwicklung in den Monaten Oktober bis Januar überschritten wurden. Eine selbstständige Bestandserhaltung der Art Bachforelle in dem Fließabschnitt Wuppertal bis Opladen wäre nicht möglich gewesen. Zum Einen ist ein Überleben der Tiere in den Sommermonaten nicht gewährleistet, zum Anderen ist eine Entwicklung der Eier nicht möglich.

In Bezug auf die Temperaturanspruchsprofile der Bachforelle zeigt Bild 10.2.1-2, dass die Art im Bereich des Standortes Laaken optimale Bedingungen vorgefunden hat. Letalgrenzen wurden nicht überschritten und die Wassertemperaturen bewegten sich im Herbst und im Frühjahr in den Bereichen, die sowohl für die Laichzeit als auch für die Fortpflanzung als optimal anzusehen sind. Ein wesentlicher Punkt, der für eine positive Entwicklung der Art ausschlaggebend ist, ist ein weitgehend kontinuierlicher Temperaturabfall im Herbst. Im Vergleich der beiden Grafiken wird deutlich, dass für den Standort Laaken die Temperaturkurve in den Monaten November und Dezember, mit Ausnahme eines Zeitraumes, in dem die Wassertemperatur leicht ansteigt, weitgehend kontinuierlich geringer wird. Für den Standort Rutenbeck wird deutlich, dass die Wassertemperatur in diesem Zeitraum deutlich größere Schwankungen aufweist. Die Bachforelle ist jedoch auf einen weitgehend kontinuierlichen Temperaturabfall im Herbst angewiesen, damit die Gonadenentwicklung und die Laichstimmung einsetzen.

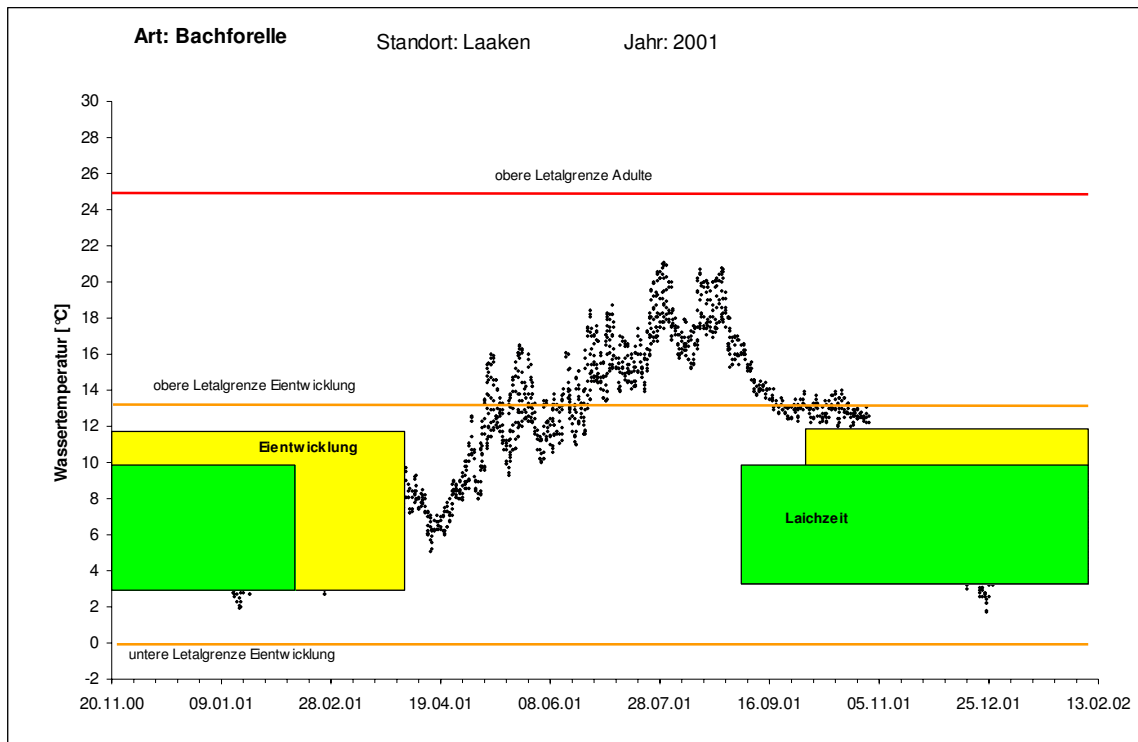


Bild 10.2.1-2: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Bachforelle

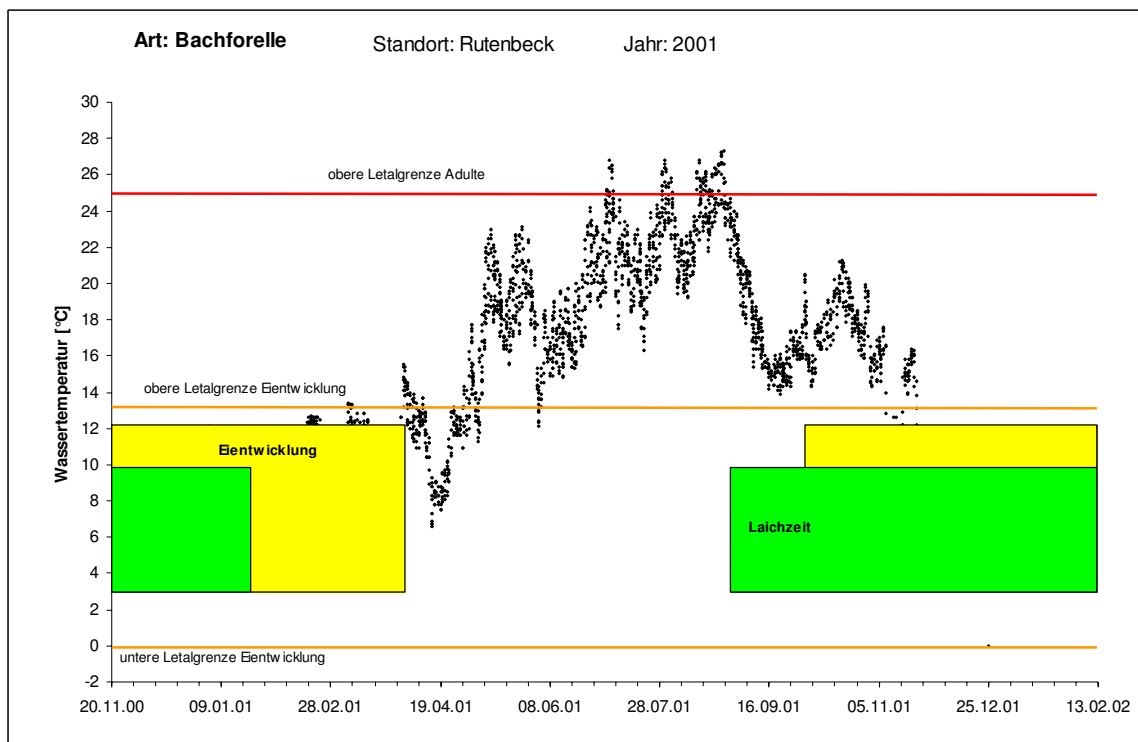


Bild 10.2.1-3: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Bachforelle

Ein ähnliches Bild wie für das Jahr 2001 zeigen die Auswertungen zu den Jahren 2002 und 2003. Die Ergebnisse finden sich im Anhang A7. Am Standort Rutenbeck wurden in beiden

Jahren die Letaltemperaturen für die adulten Tiere überschritten. Im Jahr 2003 ist am Standort Rutenbeck auch eine Überschreitung der für die Ei-Entwicklung tolerierbaren Temperaturen festzustellen. Im Jahr 2002 hätten sich die Eier der Bachforelle im Bereich Rutenbeck von den Wassertemperaturbedingungen her gesehen entwickeln können.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse für die Bachforelle, dass der Gewässerabschnitt des Wasserkörpers 2 von den Temperaturverhältnissen her gesehen keinen Lebensraum für diese Art darstellt. Durch die künstliche Aufwärmung der Wupper werden Wassertemperaturen erreicht, die eine Entwicklung bzw. ein Überleben der Art nicht gewährleisten. Bei den im Rahmen der Elektrofischungen festgestellten Bachforellen kann es sich nur um solche handeln, die aus Seitenbächen in die Wupper einschwimmen, aus dem Bereich Laaken flussabwärts gewandert sind oder durch Besatzmaßnahmen in die Wupper eingebracht wurden.

Äsche

Wie sich die Lebensbedingungen für die Äsche in Bezug auf die Wassertemperatur im Jahr 2001 dargestellt haben, zeigen die Bilder 10.2.1-4 und 10.2.1-5. Für die Jahre 2002 und 2003 finden sich die Ergebnisse im Anhang A7.

Die für die Äsche gewonnenen Ergebnisse in den Abb. 10.2.1-4 und 10.2.1-5 sind den Ergebnissen für die Bachforelle sehr ähnlich. Im Jahr 2001 wurden am Standort Rutenbeck Wassertemperaturen gemessen, die über der Letalgrenze der Art liegen. Dies betrifft im Wesentlichen die Monate Juli und August. Auch die obere Letalgrenze der Ei-Entwicklung wird deutlich überschritten. Die Überschreitung beträgt z. T. 8 °C. Am Standort Laaken werden in Bezug auf die adulten Tiere keine Letalgrenzen überschritten. Wesentlich an dem Ergebnis für Laaken ist jedoch, dass die Wassertemperaturen in den Monaten März, April und Mai so hoch sind, dass die Letalgrenze für die Eientwicklung erreicht wird. Im Jahr 2003 wird diese Grenze deutlich überschritten (vgl. Anhang A7 Bild 10.4.1.A7).

Im Jahr 2002 wird die Letalgrenze für adulte Tiere in Rutenbeck nur einmal im August überschritten. Eine Entwicklung der Eier ist jedoch weitgehend ausgeschlossen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass es auf Grund der hohen Temperaturen mit großer Wahrscheinlichkeit gar nicht zur Fortpflanzung gekommen ist.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse für die Äsche, dass in Bezug auf den Fließabschnitt innerhalb des Wasserkörpers 2 keine Möglichkeiten einer positiven Entwicklung der Population gegeben sind. Wesentlich ist aber auch, dass der Standort Laaken, der hier stellvertretend für den Abschnitt vom Beyenburger Stausee bis zum Eintritt in das Wuppertaler Stadtgebiet steht, die Entwicklungsmöglichkeiten nicht als optimal anzusehen sind. Dies betrifft in erster Linie die Laichzeit und den Zeitraum in dem sich die Eier entwickeln.

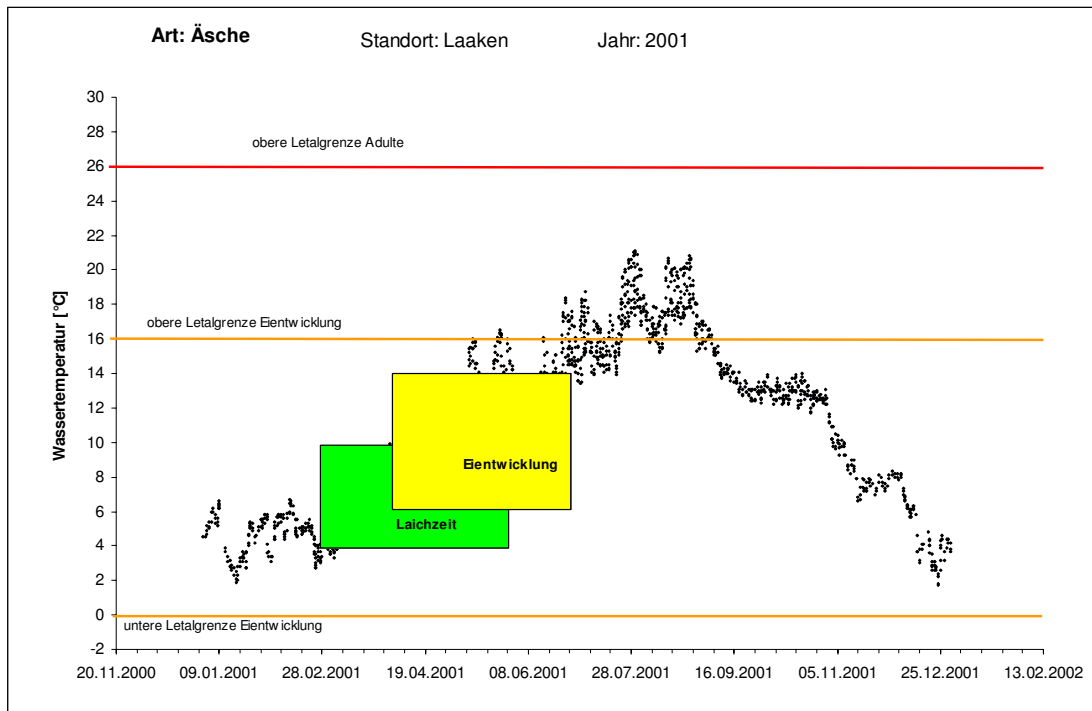


Bild 10.2.1-4: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Äsche

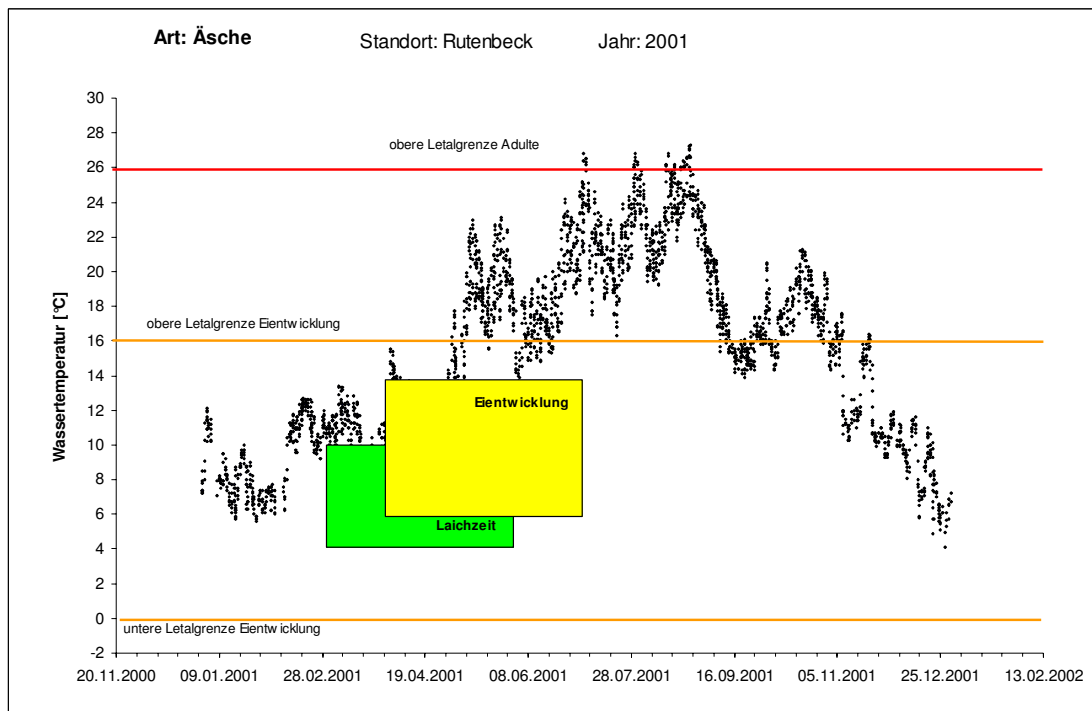


Bild 10.2.1-5: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Äsche

Barbe

Im Folgenden sollen die Entwicklungsmöglichkeiten für die Barbe dargestellt werden. Die Bilder 10.2.1-6 und 10.2.1-7 zeigen die Temperaturverhältnisse für die Standorte Laaken und Rutenbeck im Jahr 2001. Für die Jahre 2002 und 2003 finden sich die Ergebnisse im Anhang A7.

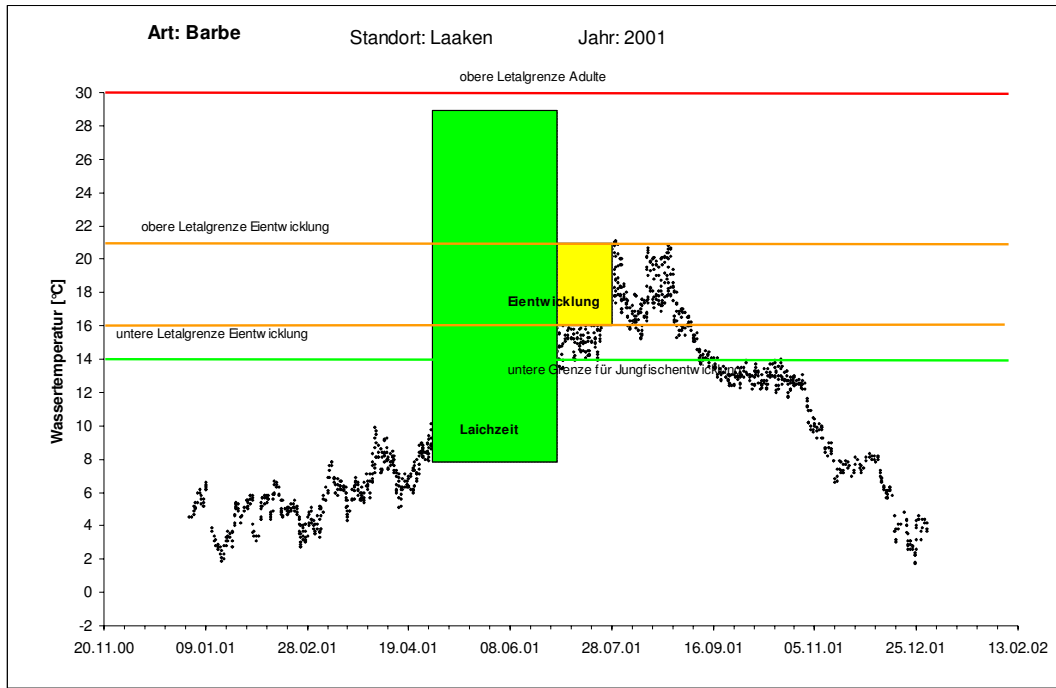


Bild 10.2.1-6: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Barbe

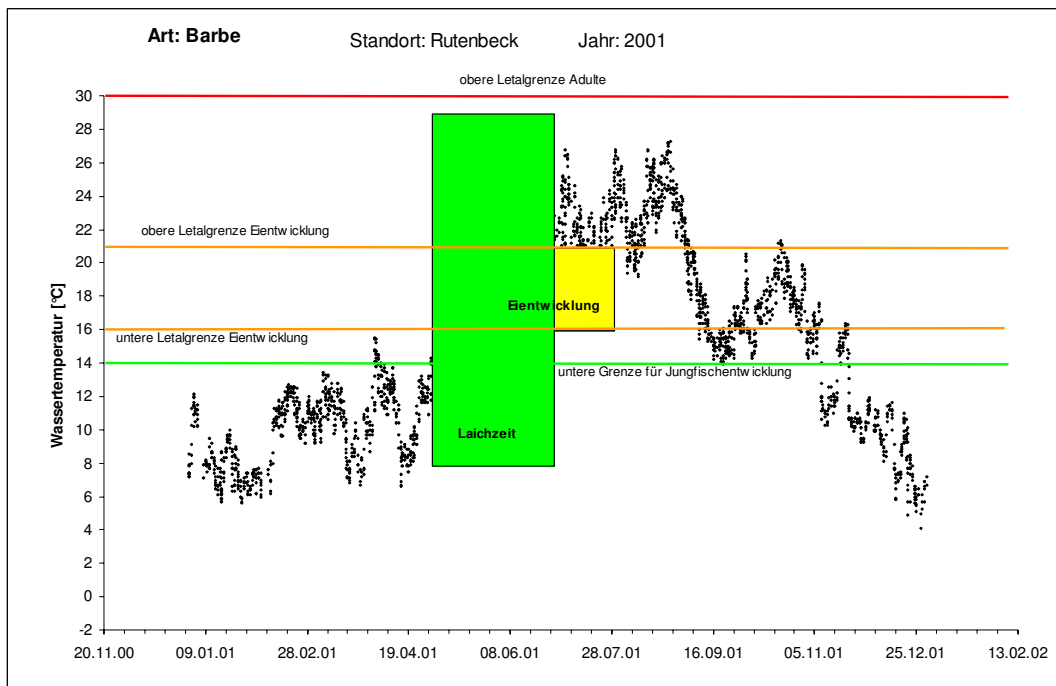


Bild 10.2.1-7: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Barbe

Anhand der beiden Abbildungen wird deutlich, dass für die Barbe keine Letalgrenzen in Bezug auf die Adulttiere überschritten werden. Im Gegensatz zu den beiden Salmonidenarten zeigt das Bild 10.2.1.6, dass es in Bezug auf die Ei-Entwicklung für die Barbe im Bereich Laaken zu kalt ist. Im Jahr 2000 sind die Wassertemperaturen auch zu niedrig um eine positive Entwicklung der Jungfische zu gewährleisten (Anhang A7, Bild 10.4.1.A9). Für den Standort Rutenbeck ist zu erkennen, dass die Temperaturen für die Ei-Entwicklung im Jahr 2001 eher zu hoch als zu niedrig sind. Ein sehr gutes Jahr für die Barbe in Bezug auf die Wassertemperatur war das Jahr 2002 am Standort Rutenbeck. Bild 10.4.1.A12 im Anhang A7 zeigt deutlich, dass bis auf geringe Abweichungen alle Temperaturbedingungen für die Barbe in optimalen Bereichen liegen.

Für die Barbe zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass der Fließabschnitt oberhalb von Wuppertal von der Art zwar besiedelbar ist, jedoch in Bezug auf die Temperaturverhältnisse als nicht optimal anzusehen ist, da die Temperaturen im Frühsommer vor allem für die Ei- und auch die Jungfischentwicklung nicht optimal sind.

In und unterhalb von Wuppertal sind die Verhältnisse eher entgegengesetzt. Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass die vergleichsweise wärmeren Wassertemperaturen den Ansprüchen der Barbe deutlich näher kommen als in dem Abschnitt von Beyenburg bis Wuppertal.

Nase

Eine weitere zu den Cypriniden gehörende Art, ist die Nase. Sie ist insgesamt nicht so wärmetolerant wie die Barbe. Dies betrifft vor allem die Letaltemperatur bei den Adulttieren. Nach den Informationen, die von der LÖBF NRW zur Verfügung gestellt wurden ist die obere Grenze der Temperaturverträglichkeit bei 27 °C erreicht.

Wie sich die Entwicklungsmöglichkeiten für die Nase darstellen zeigen die Bilder 10.2.1-8 und 10.2.1-9.

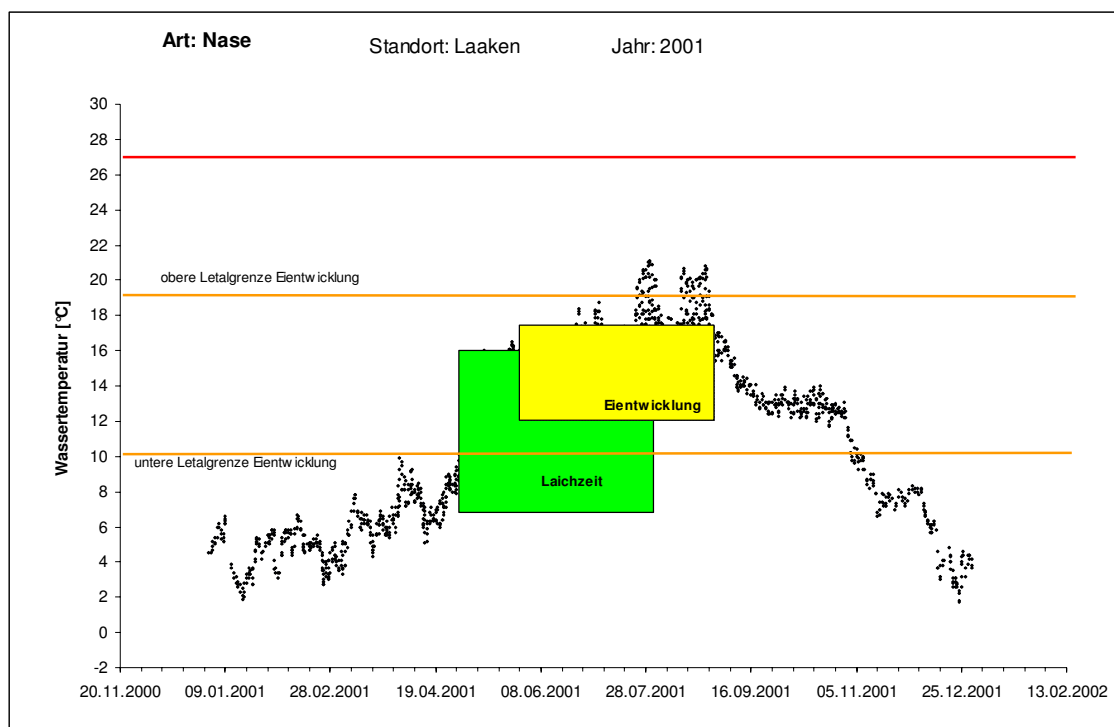


Bild 10.2.1-8: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Nase

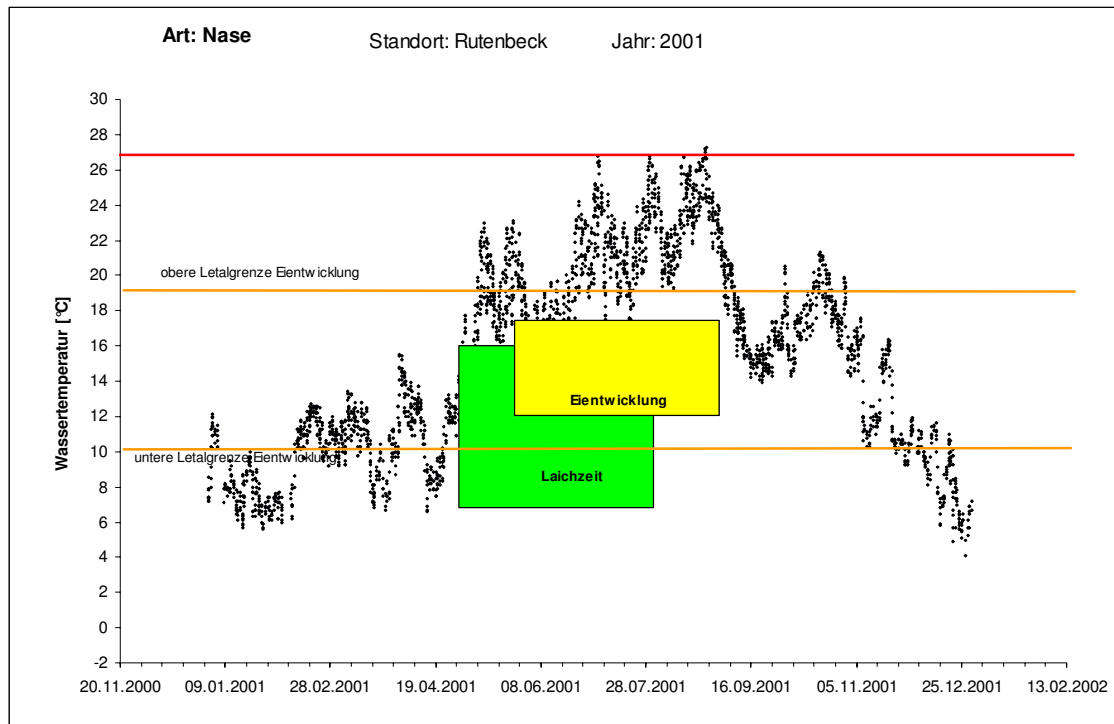


Bild 10.2.1-9: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Nase

Der Vergleich der beiden in den Abbildungen dargestellten Ergebnissen zeigt, dass die im Bereich von Laaken und Rutenbeck gemessenen Wassertemperaturen den Temperaturansprüchen der Nase (Eientwicklungsmaximum: 19 °C, Eie-Entwicklungsoptimum: 17 °C im Sommer) insgesamt nicht entsprechen. In Laaken wird zumindest die Laichtemperatur in dem Zeitfenster der Laichzeit erreicht und auch die Wassertemperaturen, die für die Ei-Entwicklung notwendig sind, werden zumindest zeitweise erreicht. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass in den Monaten Juli und August die Letaltemperaturen für die Eientwicklung überschritten werden. Dies ist auch in den Jahren 2000 und 2002 der Fall (vgl. Anhang 7).

Fasst man die Ergebnisse für die Nase zusammen, so zeigt sich speziell für diese Art, dass die Wuppertemperaturen weder oberhalb noch in und unterhalb von Wuppertal geeignet sind um eine positive Entwicklung dieser Art zu gewährleisten.

Koppe

Eine Kleinfischart, die sowohl in den rhithralen als auch in den potamalen Abschnitten unserer Fließgewässer vorkommt, ist die Koppe. Bei dieser Art reagieren vor allem die Jungfische sensibel in Bezug auf Temperaturerhöhungen. Allerdings resultiert diese Angabe im Wesentlichen aus Beobachtungen. Experimentell nachgewiesene Toleranzgrenzen konnten nicht gefunden werden. Aus diesem Grund fehlen entsprechende Angaben in den Grafiken 10.4.1.A17 bis 10.4.1.A23 im Anhang A7.

Im Rahmen der hier durchgeführten Bewertungen ist es jedoch interessant, dass die für die Art optimalen Laichtemperaturen sowohl ober- als auch in und unterhalb von Wuppertal zumindest manchmal (2001) vorhanden sind. Dieses Ergebnis ist um so bemerkenswerter, da die Koppe nach den Warmwassereinleitungen in Wuppertal - mit Ausnahme vereinzelter Individuen - fast gänzlich verschwunden ist und erst im Bereich Müngstener Brücke und Wupperhof wieder nachgewiesen werden konnte (vgl. Karte 7.5.2.1).

Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass Fischarten, die zu der Fischartengesellschaft der Salmoniden gezählt werden, in dem Abschnitt oberhalb von Wuppertal in Bezug auf die Wassertemperaturen gute Entwicklungsmöglichkeiten vorfinden. In und unterhalb von Wuppertal sind diese Arten auf Grund der hohen Temperaturbelastungen nicht oder nur sehr eingeschränkt überlebensfähig. Für die Barbe als typischen Vertreter der Cypriniden sind die Verhältnisse umgekehrt. Die Nase findet in Bezug auf die Wassertemperatur im Jahresgang in beiden Abschnitten schlechte Entwicklungsmöglichkeiten.

10.2.2 Weitere beeinflussende Faktoren für die Entwicklung der Fischfauna der Unteren Wupper

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist die Bewertung des Einflusses von Kühlwasser-einleitung auf die Entwicklung der Fließgewässerzönosen. Um diesen Einfluss quantifizieren zu können, ist es nötig, den Einfluss weiterer möglicher Beeinflussungsparameter zu erkennen und ggf. auch in ihrem Wirkungsumfang bewerten zu können. Im Folgenden sollen einige weitere wesentliche Faktoren für die Beeinflussung der Fischfauna dargestellt werden.

10.2.2.1 Strukturgüte

Fließgewässer beherbergen neben anspruchsloseren, euryöken Fischarten auch solche Spezies, die im Rahmen ihrer Entwicklung auf sehr spezifische Gewässerstrukturen angewiesen sind, die sich in ausreichender Anzahl nur in naturnahen Flüssen und Bächen finden. Eine fehlende strukturelle Vielfalt, die über die Gewässerstrukturgüte dargestellt werden kann, hat damit direkte Auswirkungen auf die Fischfauna. Damit eignet sich die Gewässerstrukturgüte als ein Bewertungsinstrument für die Entwicklungsmöglichkeiten der Fischfauna in Fließgewässern.

Dieses kann an folgendem Beispiel erläutert werden:

Unter fischökologischen Gesichtspunkten fehlt in der Wupper weitgehend – auf Grund der vergleichsweise uniformen Sohlstruktur und der in Ausbauabschnitten überdurchschnittlichen hydraulischen Last - das für den Gewässertyp natürlicherweise vorkommende kiesig rollige Material. Zudem bestehen übermäßige Einspülungen von schluffig-sandigen Feinsedimenten in das Lückensystem. In Folge der gleichförmigen Strömungsverhältnisse kommt es nicht mehr zu einer gewässertypischen Sortierung von Sedimenten verschiedener Korngrößen. Hier kommt das grob-plattige Geschiebe als dominantes Sohlsubstrat auf der gesamten Sohlbreite zur Ablage (vgl. Kap. 8). Dieses hat zur Folge, dass für kieslaichende Fischarten wie Äsche und Bachforelle Laichhabitate nicht in ausreichender Menge verfügbar sind und die Entwicklung der Eier im Substrat beeinträchtigt wird. Lockere Kiessubstrate, die als Laichsubstrate geeignet wären und in denen es diesen Arten gelingt, Laichgruben auszuschlagen, sind nur punktuell anzutreffen. Aber auch andere Arten wie die Koppe, die auf eine strukturreiche Sohle angewiesen ist, da sie als dämmerungsaktive Art unter Steinen Zuflucht sucht und hier ihre Eier ablegt, werden in Gewässerabschnitten mit uniformen Sohlstrukturen nur wenig geeigneten Lebensraum finden.

Demgegenüber sind Arten wie die Barbe hinsichtlich ihres Reproduktionserfolges bevorteilt, da sie ihre Eier über kiesigem Grund frei ins Wasser abgeben. Die abgelegten Eier verteilen sich dann in den verbliebenen Lücken am Gewässergrund, auch zwischen grob-plattigen Substratanteilen.

Die Monotonisierung der Gewässerstrukturen führt aber auch für adulte Fische zu Lebensraumverlusten. Typisches Strukturmerkmal für Gewässerabschnitte im Hyporhithral

des *schottergeprägten Flusses des Grundgebirges* sind die sogenannten Riffel-Pool-Sequenzen, also der regelmäßige Wechsel zwischen flach überströmten Abschnitten mit tieferen Gewässerstellen. Im Übergang der Riffel zu den Pools halten sich bevorzugt die adulten Äschen in Schwärmen auf. In Bild 10.2.2.1-1 sind die Ergebnisse der Strukturgüteerhebungen in Bezug auf die Querbänke als indirektes Maß für das Vorhandensein solcher wechselnder Strukturen für die Wasserkörper 2 (Wuppertal bis Wiembach) und 3 (Stadtgebiet Wuppertal) dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass insbesondere im Stadtgebiet von Wuppertal Querbänke nur vereinzelt und wenig ausgeprägt vorhanden sind. Auch unterhalb von Wuppertal dominieren diejenigen Abschnitte, in denen Querbänke fehlen oder nur vereinzelt oder in Ansätzen vorhanden sind.

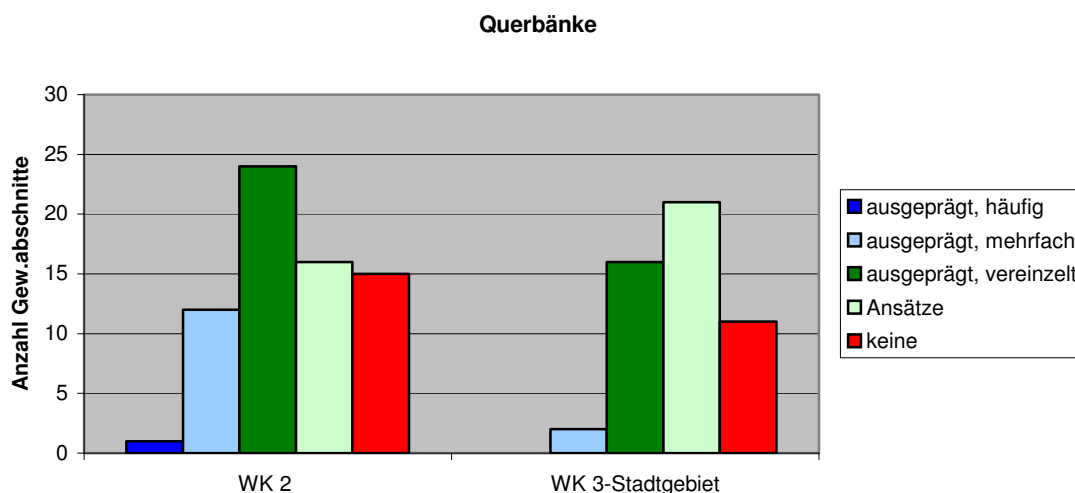


Bild 10.2.2.1-1: Anzahl von Gewässerabschnitten à 500 m Länge der Wupper mit Querbänken unterschiedlicher Ausprägung und Anzahl im Wuppertaler Stadtgebiet (WK 3) und zwischen Wuppertal und Wiembachmündung (WK 2)

Ein weiterer wichtiger Bewertungsparameter der Gewässerstrukturgüte, der wiederum auch direkten Einfluss auf die Fischfauna hat, ist die Menge besonderer Sohlstrukturen. Hierzu zählen beispielsweise Flachwasserbereiche oder auch Makrophytenpolster (LUA 1998), die als wichtige Jungfischhabitate dienen. Kolke sind als besondere Sohlstrukturen für adulte Bachforelle von besonderer Bedeutung, da sie diese bevorzugt als Standorte wählen.

In Bild 10.2.2.1-2 sind die Ergebnisse der Auswertungen der Gewässerstrukturgütekartierung bezüglich des Einzelparameters „besondere Sohlstrukturen“ für die beiden bereits oben beschriebenen Wasserkörper vergleichend dargestellt. Das Ergebnis entspricht weitgehend dem der Querbänke (vgl. Bild 10.2.2-1). Zwischen Beyenburger Stausee und der unteren Stadtgrenze von Wuppertal dominieren die Abschnitte, in denen keine besonderen Sohlstrukturen oder lediglich Ansätze dieser vorhanden sind. Zwischen Wuppertal und der Wiembachmündung nimmt die Anzahl der Gewässerabschnitte mit ausgeprägten Sohlstrukturen zu. Gleichzeitig steigt die Zahl der besonderen Sohlstrukturen innerhalb der einzelnen Abschnitte. Die leitbildkonforme Parameterausprägung der mehrfach vorhandenen und ausgeprägt auftretenden Sohlstrukturen innerhalb eines Gewässerabschnittes ist aber auch hier von untergeordneter Bedeutung.

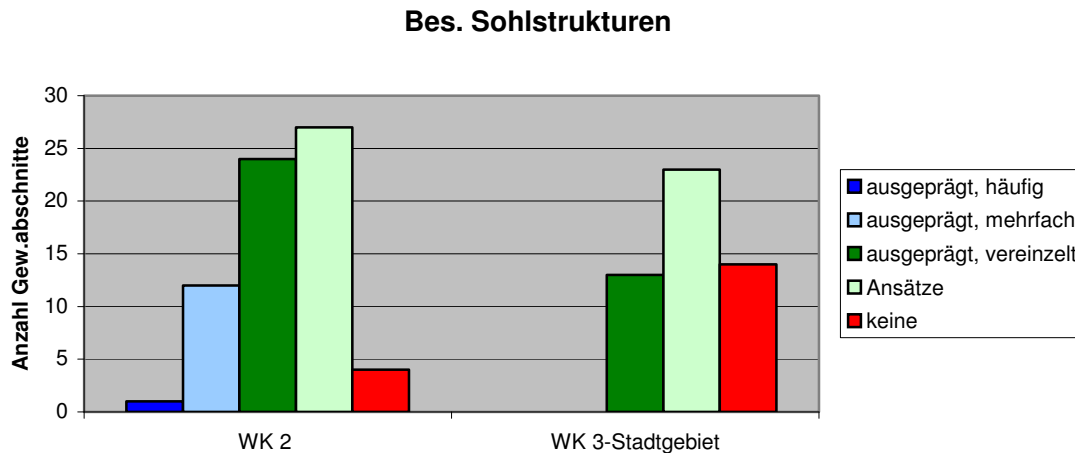


Bild 10.2.2.1-2: Anzahl von Gewässerabschnitten à 500 m Länge der Wupper mit besonderen Sohlstrukturen unterschiedlicher Ausprägung und Anzahl im Wuppertaler Stadtgebiet (WK 3) und zwischen Wuppertal und Wiembachmündung (WK 2)

Insgesamt belegen die dargestellten Analysen die strukturelle Armut der Wupper in ihrem derzeitigen Erscheinungsbild. Weitere Parameteranalysen wie Uferverbau oder Strömungsdiversität liefern ähnliche Ergebnisse. Dieses gibt deutliche Hinweise darauf, dass insbesondere in der mangelnden strukturellen Vielfalt ein Grund für die festgestellten defizitären Zustände der Fischfauna begründet liegt. Weiterführende Ausführungen zur strukturellen Situation der Wupper finden sich auch im Kap. 8.

10.2.2.2 Fischereiliche Bewirtschaftung

Nahezu der gesamte Wupperabschnitt zwischen Beyenburg und Leichlingen wird über die jeweilig zuständigen Fischereigenossenschaften an Angelvereine oder Einzelpersonen zum Zwecke der angelfischereilichen Bewirtschaftung verpachtet. Hiervon ausgenommen ist derzeit lediglich ein kürzerer Gewässerabschnitt innerhalb des Wuppertaler Stadtgebietes.

Im Stadtkreis Wuppertal beschränken sich die Besatzmaßnahmen zur fischereilichen Bewirtschaftung nach Auskunft der zuständigen Fischereigenossenschaft des Stadtkreises Wuppertal seit etwa 3 Jahren auf das Einbringen von Bachforellenbrütlingen (mündl. Mitteilung Herrn F. Hobza, Wuppertal). Die Zahl der Besatztiere beträgt dabei 200.000 Stück jährlich. Die Bachforellen werden jeweils im Frühjahr in ausgewählte Besatzstrecken der Wupper und in einmündende kleinere Bäche eingebracht. Die Besatzmaßnahmen werden entsprechend der methodischen Vorgehensweise, wie sie bei der Überprüfung des Besatzerfolges mit Lachsbrütlingen im Rahmen des Wanderfischprogramms NRW angewandt wird, wissenschaftlich begleitet. Im Vordergrund steht dabei die Etablierung eines sich eigenständig reproduzierenden Bachforellenbestandes. Fangfähige Bachforellen wurden letztmalig vor 4 bis 5 Jahren in diesen Wupperabschnitt ausgebracht. Da von diesen Bachforellen nur ein verschwindend geringer Teil durch die Angelfischerei gefangen werden konnte, wurden diese Besatzmaßnahmen eingestellt.

Im Geschäftsbereich der Fischereigenossenschaft Untere Wupper (Wuppermündung bis Stromkilometer 28, beim Kraftwerk Solingen) haben bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt keinerlei Besatzmaßnahmen mit Fischen im Rahmen der fischereilichen Bewirtschaftung stattgefunden. Nach persönlicher Mitteilung durch Herrn Dr. H. Neumaier, Vorsitzender der Fischereigenossenschaft Untere Wupper, ist für die nahe Zukunft die Einberufung eines Planungsausschusses vorgesehen, der den Rahmen und den Umfang zukünftige

Besatzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Interessen von Pächtern, Genossenschaft und Fischereiberatern festlegen soll.

Die Wupper zählt zu den Programmgewässern des Wanderfischprogramms NRW [vgl. MUNLV 2001]. Über die oben genannten Besitzmaßnahmen hinaus erfolgten in der Wupper zwischen Beyenburg und Leichlingen regelmäßig Besitzmaßnahmen im Rahmen der Wiederansiedlungsversuche mit den Langdistanzwanderfischen Lachs und Meerforelle. Hierzu wurde durch den Bergischen Fischerei-Verein 1889 e.V. Wuppertal ein Bruthaus errichtet, in dem seit 1996 importierte Lachs- und Meerforelleneier erbrütet werden. Seit einigen Jahren werden durch die Fischereidezernate der LÖBF NRW in der Wupper unterhalb des Wehres Auer Kotten Elektrofischungen zum Zweck des Laichfischfanges durchgeführt. Die so gewonnen befruchteten Eier werden ebenfalls im Bruthaus aufgezogen. Erste Besitzmaßnahmen mit Lachsen und Meerforellen erfolgten in der Wupper bereits ab 1993 [WUTTKE 1997]

In der folgenden Tab. 10.2.2.2-1 sind einige Zahlen zu den im Wuppersystem ausgebrachten Besetztiermengen dargestellt.

Tab. 10.2.2.2-1: Besetztierzahlen, Altersklassen und Herkunft von Besetztieren des Lachses und der Meerforellen im Einzugsgebiet der Wupper in den Jahren 1999 bis 2002

Gewässer	Jahr	Besetztierzahlen Wuppersystem		
		Art / Stadium	Herkunft	Zahl
Wupper und kleine Zuflüsse	1999	L b	139.200	Irland
		L p	500	Irland
Wupper und kleine Zuflüsse	2000	L b	222.532	Irland
		Mf b	16.200	(Dhünn)
Wupper und kleine Zuflüsse	2001	L b	212.920	Irland
		L p	2.500	Irland
Wupper und kleine Zuflüsse	2002	L b (L0)	263.600	Irland
		L b (La)	12.400	Irland

Mf b = Meerforellenbrut; L b = Lachsbrut; L0 = unangefütterte Brut; La = angefütterte Brut; L p = Lachsparrs;

Erfolgskontrollen zu den Besitzmaßnahmen mit Lachsen, die im Wuppersystem durchgeführt wurden, belegen, dass die Wupper im Vergleich zu Gewässern ähnlicher Gewässergröße recht hohe Überlebensraten für die Besetzttiere aufweist [NZO-GMBH 2002 a, 2002 c]. Im Jahr 2002 wurden in der Wupper unterhalb des Wehres Auer Kotten Kontrollen zu einem natürlichen Aufkommen von Lachsbrut durchgeführt [NZO-GMBH 2002 b]. Im Rahmen dieser Erhebungen konnte ein Lachsjungfisch nachgewiesen werden, der mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine natürliche Vermehrung zurückzuführen ist. Ob das Tier in der Wupper oder in einem Seitengewässer geschlüpft ist und dann in die Wupper eingewandert ist, konnte nicht festgestellt werden.

10.2.2.3 Belastungen durch Nutzungen der Flächen in der Aue

Wesentliche Konflikte für die Entwicklung der Fischfauna ergeben sich im Bereich der Wupperrau durch die Ballungszentren Wuppertal, Solingen, Remscheid und Leverkusen und auch durch die Stadt Hückeswagen. Flächenversiegelungen im Bereich der Siedlungsschwerpunkte, in deren Folge es zu schadstoffbelasteten Einleitungen von Oberflächenwasser kommt, sind hier zu nennen. Durch die Stauhaltungen und die Flächenversiegelung kommt es zu einer Veränderung des hydrologischen Regimes. Niederschläge werden schneller in die Gewässer abgeführt, die Folge sind verkürzte aber stärker ausgeprägte Hochwasserereignisse. Diese verursachen einerseits Sohlerosionen, andererseits können sie einen verstärkten hydraulischen Stress der Fließgewässerbiozönosen verursachen. Mögliche Folge regelmäßig wiederkehrender starker Stresserscheinungen können für die Fischfauna vermehrte Verdriftungen spezifischer Fischarten oder Altersstadien sein. Verstärkt wird diese Gefahr durch den einheitlich engen Ausbau auf nahezu der gesamten Fließstrecke der Wupper. Hierdurch fehlen den Arten geeignete Rückzugsgebiete in Form von Gewässeraufweitungen, Nebengerinnen oder Altwässern.

Als eine weitere Quelle für Belastungen, die durch die Flächennutzungen in der Aue verursacht werden, sind die Bewirtschaftungen landwirtschaftlicher Flächen zu werten. Eine intensive Bewirtschaftung von Grünland- und Ackerflächen verursacht stoffliche Einträge über Auswaschungen der auf die Flächen aufgetragenen natürlichen oder künstlichen Düngemittel (N,P) sowie Herbizide und Insektizide. Während über den Einfluss chemischer Bekämpfungsmittel auf die Entwicklung von Fischen kaum Kenntnisse bestehen, lassen sich die Auswirkungen des Eintrags von pflanzlich verwertbaren Nährstoffen auch direkt beobachten. Für die Wupper ist aus zahlreichen Begehungen bekannt, dass weite Teile der Sohle vom zeitigen Frühjahr bis zum Herbst von einem dichten Algenteppich überzogen sind (vgl. Kapitel 5).

Bei den Untersuchungen im Rahmen der Erfolgskontrollen des Lachsbesatz im Frühjahr 2002 wurden in der Wupper erhöhte pH-Werte um pH 8 gemessen, die sicherlich eine Folge des starken Kieselalgenwachstums waren [NZO-GMBH 2002 a].

Ähnliche Beobachtungen wurden im gleichen Jahr in der Dhünn gemacht. Dort ist es in Folge der tageszeitlichen pH-Wertschwankungen zu erhöhten Mortalitäten der im Bruthaus geschlüpften Lachse gekommen (pers. Mitteilung durch Herrn Pritschins, Betreuer des Bruthauses an der Dhünn). Man kann aus dieser Beobachtung auf einen klaren Einfluss der pH-Wertschwankungen (und damit letztendlich der Phosphateinträge) auf die Fischfauna schließen.

Speziell aus Ackerflächen aber auch über die Kanalisation (Regenüberläufe, Trennkanalisation, Regenüberlaufbecken) können Feinsedimente in größeren Mengen in die Gewässer gespült werden, die die Interstitialräume der Gewässersohle verstopfen. Dieses kann sich dann wiederum auf den Reproduktionserfolg kieslaichender Fischarten auswirken. Der hohe Feinsedimentanteil im Bereich der Sohle mit Eintritt in das Stadtgebiet von Wuppertal ist sicherlich auch eine Folge dieser Abschwemmungseffekte (vgl. Kapitel 8).

10.2.2.4 Querbauwerke, Wasserkraftnutzungen und Stauhaltungen

Im Einzugsgebiet der Wupper zwischen der Mündung in den Rhein und Holzzipper existieren nach den aktuellen Bestandsaufnahmen im Rahmen der Umsetzung der EU-

WRRRL etwa 40 Querbauwerke (Quelle: www.wupper.nrw.de). Das größte Querbauwerk ist hier die Wuppertalsperre (40 m). Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind von diesen Querbauwerken nur 17 (ca. 28%) für Fließgewässerorganismen passierbar. Für die große Mehrzahl der Querbauwerke wird die Durchgängigkeit, oder genauer gesagt die Aufwärtspassierbarkeit, als beeinträchtigt oder möglicherweise beeinträchtigt eingestuft. Neben den Querbauwerken in der Wupper sind für die einmündenden Nebengewässer zahlreiche weitere Querbauwerke im Wuppereinzugsgebiet dokumentiert. Die betroffenen Wasserkörper WK 2 und WK 3 werden allerdings im Bereich der Fischfauna (Querhindernisse > 30 cm) im Wesentlichen nur noch durch ein Querbauwerk von der Durchgängigkeit abgeschnitten (Auer Kotten). Sollte in 2005 die geplante Fischtreppe am Stausee Beyenburg zur Ausführung kommen, so wäre die Wupper für schwimmstarke Fische wie Salmoniden, aber auch Neunaugen und Aale als Wanderschneise über 72,6 km aufwärts durchgängig, wenn das Wehr am Auer Kotten mit einer funktionsfähigen Fischaufstiegshilfe versehen wäre.

Allgemein werden nicht passierbare Querbauwerke als eine der wichtigsten Beeinträchtigungen für die natürliche Entwicklung von Fischbeständen in Fließwässern angesehen. Sie verhindern einerseits ein Aufwandern von diadromen Langdistanzwanderfischen wie Lachs und Meerforelle [MUNLV 2001]. Andererseits unterbinden sie aber auch das Erreichen geeigneter Laichhabitats für permanent im Süßwasser lebende Fischarten wie Äsche und Bachforelle. Auch diese Arten führen im Rahmen ihres Reproduktionszyklus natürlicherweise mehr oder weniger ausgeprägte Laichwanderungen durch, die z. B. auch dem Ausgleich von Verdriftungen dienen. Aber nicht allein die mangelnde Längsdurchgängigkeit führt zu Beeinträchtigungen der Fischbiozöten.

Oberhalb von Querbauwerken bilden sich ausgeprägte Rückstaubereiche aus, in der Wupper beispielsweise im Bereich Auer Kotten, im Bereich der Kläranlage Buchenhofen oder in Form des Beyenburger Stausees. Für die Wupper sind etwa ein Viertel der Gesamtlängsstreckenlänge durch Rückstaubereiche geprägt (Quelle: www.wupper.nrw.de). Hierdurch kommt es zunächst direkt zu Verlusten verfügbarer Fließgewässerlebensräume. Ferner stellen sich in Rückstaubereichen und in Talsperren eigenständige Fischbiozöten ein, die sich meist deutlich von denen der Fließgewässer unterscheiden. Es dominieren meist wenig anspruchsvolle Fischarten wie Rotaugen und Barsch. Diese können dann in andere Gewässerabschnitte verdriften oder sie wandern aktiv in Richtung der Quellregionen aus, wodurch es zu Überformungen der ursprünglichen Fischbestände kommt. Hier spielt dann sicherlich auch die Konkurrenz um Lebensräume und Nahrungsressourcen eine große Rolle.

Alle bislang angestellten Betrachtungen beziehen sich auf die Durchgängigkeit der Querbauwerke entgegen der Fließrichtung. Aber auch in Fließrichtung kommt es bei allen Fischarten zu aktiven oder passiven Fischbewegungen, die durch Querbauwerke be- oder verhindert werden können. Im Zentrum der Betrachtungen stehen hier die Wasserkraftanlagen. Da ein Großteil des abfließenden Wassers zum Zweck der Energiegewinnung durch die Kraftwerksturbinen geleitet wird und sich abwandernde Fische in der Regel mit dem Hauptwasserstrom bewegen, kommt es je nach Größe und Konstruktion der Wasserkraftanlagen zu beträchtlichen Schädigungen der Fischfauna. Maßnahmen, die ein Eindringen von Fischen in die Turbinen verhindern sollen, können nie das gesamte Fischartenspektrum und alle Entwicklungsstufen berücksichtigen. Das häufigste Mittel der Wahl sind vorgeschaltete Rechenanlagen, die ein Eindringen von Fischen verhindern sollen. Hier hängt die Effizienz ganz entscheidend von der lichten Weite der Rechenabstände ab, die in der Regel so dimensioniert sind, dass größere Fische zurückgehalten werden, Klein- und Jungfische aber nicht. Entsprechend kommt es dann speziell bei diesen zu hohen Verlusten. Häufig reichen die vorgeschriebenen Rechenabstände auch nicht aus, erwachsene Aale am Eindringen in die Turbinen zu hindern. Zu Zeiten des Laichabstieges werden daher an Kraftwerksanlagen besonders bei dieser Fischart, die im Rahmen ihres Lebenszyklus auf die Abwanderung ins Meer angewiesen ist, zu

beträchtlichen Mortalitätsraten. So geben ADAM et al. [1998] für die Wasserkraftanlage Widdert am Auer Kotten in der Wupper die Schädigungsrate für den Aal durch die Turbine mit minimal 50% an. Von den absteigende Jungfischen des Lachses (Smolts) gehen die Autoren davon aus, dass es bei 10 - 20% der Tiere zu einer Schädigung bei der Turbinenpassage kommt. Treten im Längsverlauf eines Gewässers mehrere Kraftwerksanlagen in Folge auf, die von abwandernden Fischen passiert werden müssen, so kommt es zu einer Kumulation der Fischverluste (Bild 10.2.2.4-1). Gleiches gilt in entgegengesetzter Richtung, wenn es an einer Wehranlage immer nur einem Teil der Fische gelingt, diese zu überwinden. Die Folge ist in diesem Fall eine zunehmende Verringerung der Zahl aufsteigewilliger Tiere in Richtung der Quellregionen.



Bild 10.2.2.4-1: Summierung der Schädigungsraten abwandernder Fische durch Kraftwerksketten in Fließgewässern (aus: MUNLV [2001])

Nach Darstellungen der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (Quelle: Online-Informationen der IKSR, Bericht zur Plenarsitzung 8./9. Juli 2004) können Schäden bei der Abwärtswanderung von Fischen über Wasserkraftanlagen auf folgenden Wegen entstehen:

- bei der Durchwanderung von Entlastungsanlagen (mechanische Stöße, Aufprall beim Sturz über Wehre an Stauanlagen)
- am Entnahmebauwerk durch Andruck gegen feste Einrichtungen (Rechen oder Einfluss der Reinigungsmaschine)
- bei der Turbinenpassage:
 - a. direkte Verletzung durch die Turbine (Kontakt mit festen oder beweglichen Teilen, Schnittverletzungen durch hohe Geschwindigkeiten)
 - b. Schäden durch Druckschwankungen, insbesondere Kavitation (Entstehen von Gasblasen, die beim Implodieren Schäden der Schwimmblase und am Blutgefäßsystem verursachen können)
- Sekundäreffekte (indirekte Mortalität in Verbindung mit Desorientierung, erhöhte Prädation im Turbinenunterwasser)

Für die Wupper als natürlicher Lebensraum zahlreicher diadromer Wanderfischarten stellt die Zerschneidung des Längskontinuums durch Querbauwerke und Stauhaltungen einer

sehr starke Beeinträchtigung dar. Dieses wird auch daraus ersichtlich, dass sich die derzeitigen Bestrebungen der Wiederansiedlungsversuche des Lachses im Rahmen des Wanderfischprogramms NRW [MUNLV 2001] auf den Wupperabschnitt unterhalb der Wuppertalsperre beschränken, obgleich auch oberhalb der Wuppertalsperre unter natürlichen Bedingungen gute Laich- und Aufwuchshabitate für diese Art liegen. Für die übrige Fischfauna bedeuten die Querbauwerke und Stauhaltungen eine Separation in Teilpopulationen, zwischen denen es nur bedingt zu einem Austausch kommen kann. Hierdurch ergibt sich grundsätzlich die Gefahr des Verschwindens von Teilen der Fischbiozönose in bestimmten Gewässerabschnitten. Wird beispielsweise der Fischbestand einer Art durch Schadstoffeinleitung zwischen zwei unüberwindbaren Hindernissen vernichtet, so kann es nicht durch Einwanderungen aus weiter flussabwärts gelegenen Bereichen zu einer natürlichen Regeneration des Bestandes der Art durch Wiederbesiedlungen kommen. Dieses Beispiel zeigt, wie Querbauwerke auch die Anfälligkeit der Fischfauna für andere Beeinträchtigungen erhöhen.

Die Talsperren und Stauhaltungen im Wupperverlauf ermöglichen eine von den natürlichen Wasseraufkommen unabhängige Wasserabgabe. Die Wasserabgabe aus Talsperren kann bei "Schwallbetrieb" folgenden Auswirkungen auf die Fließgewässerbiozönosen haben (Quelle: Online-Informationen der IKS, Stellungnahme zum Schwallbetrieb, 13.01.2004):

- Verminderung des Fisch- und Makrozoobenthosartenbestandes
- Verminderung der Biomasse von Fischen und Makrozoobenthos
- Veränderung der Artenzusammensetzung von Makrozoobenthos und Fischen
- Zunahme des Abdriftens und Strandens von Gewässerorganismen (u.a. von Jungfischen)

10.2.2.5 Kormoran

In Nordrhein-Westfalen sind seit etwa 1993 deutlich rückläufige Bestandsdichten der Äsche zu verzeichnen. Dieser Rückgang der Äschenzahlen lässt sich sowohl auf der Grundlage von Fischbestandserfassungen, die mittels Elektrofischungen durchgeführt wurden, als auch auf der Basis rückläufiger Ertragszahlen der Angelfischerei für viele Gewässer belegen [CONRAD ET AL. 2002]. Da diese Entwicklung nicht auf eine allgemeine Verschlechterung der Gewässermorphologie und der Wasserqualität oder aber einen gesteigerten Befischungsdruck durch die Angelfischerei zurückzuführen ist, wird hierfür maßgeblich der Prädationsdruck des Kormorans verantwortlich gemacht. Als Folge wurde im Jahr 2001 der sog. „Kormoranerlass“ des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz veröffentlicht [MUNLV vom 2. Mai 2001, Az.: III.5 – 765.21/III-6-614.10.00.01]. Die Wupper wird hierin in Teilabschnitten, die im Bereich der Unteren Wupper und damit im hier betrachteten Untersuchungsgebiet liegen, als Gewässer eingestuft, in dem die Äschenbestände besonders gefährdet sind (Bild 10.2.2.5-1). In solchen Gewässerabschnitten ist unter bestimmten Vorraussetzungen der Abschuss von Kormoranen zum Schutz der heimischen Äschenbestände möglich, nachdem sogenannte "Vergrämuungsmaßnahmen den Kormoran nicht dauerhaft vertrieben haben."

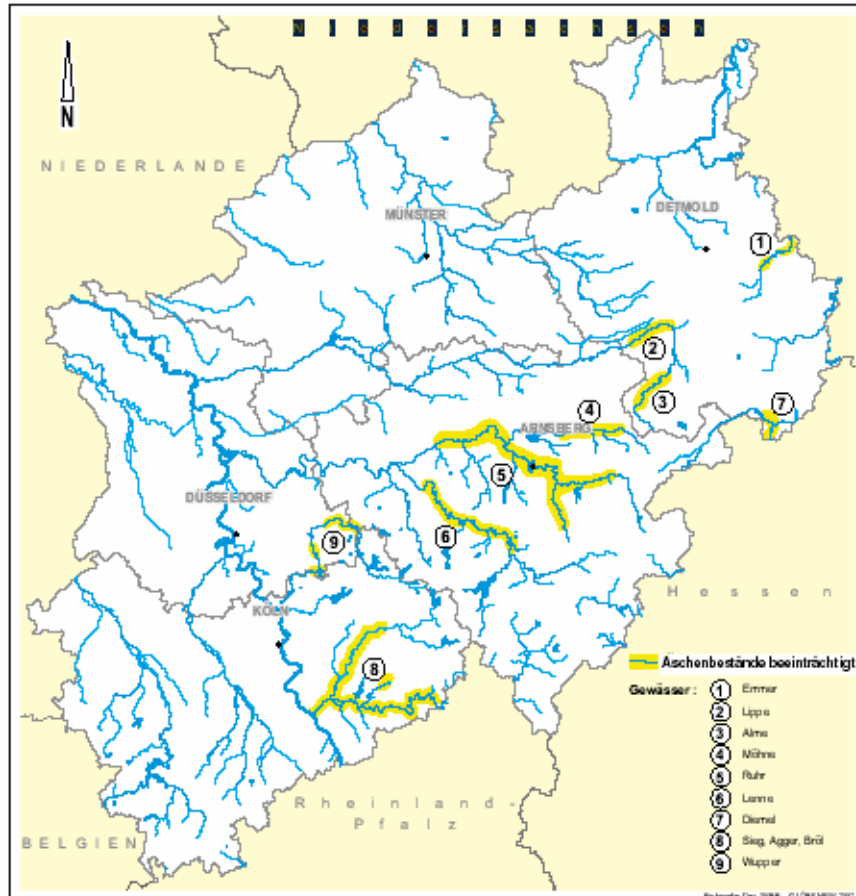


Bild 10.2.2.5-1: Fließgewässer mit beeinträchtigten Äschenbeständen in NRW (aus: LÖBF 2001)

Die Ergebnisse der im Rahmen dieses Berichtes durchgeführten Fischbestandsaufnahmen belegen die geringen Bestandsdichten der Äsche zwischen der Stauanlage Beyenburg und Wupperhof (vgl. Kap. 7.5). Durch Mitglieder des Bergischen Fischereivereins Wuppertal 1889 e.V. sind an der Vorsperre der Wuppertalsperre im Frühjahr 2003 insgesamt 53 Kormorane an einem Schlafplatz gezählt worden (Quelle: Online-Informationen des BFV 1889 e.V.). Weitere Angaben zum Vorkommen von Kormoranen im Bereich der Unteren Wupper finden sich bei Biologische Station Mittlere Wupper (2004) für zwei Schlafplätze in den Bereichen Bielsteiner Kotten und Kohlfurth.

Ökologisch gesehen steuert der Beutebestand die Räuber. Einem Räuber wird es nicht gelingen, seine Beute auszurotten. D.h. ein „zu niedriger“ Äschenbestand kann noch dem Kormoran angelastet werden, das Fehlen von Äschen aber nicht.

Auf Grundlage der dargestellten Informationen ist für die Äsche und andere Fischarten, wie Aal, Barbe und Nase, im Bereich der mittleren Wupper durchaus von einer bestandsbeeinträchtigenden Wirkung durch Kormorane auszugehen. Hierbei wird das Problem dadurch verstärkt, dass in ausgebauten, naturfernen und strukturell verarmten Gewässerabschnitten, wie sie in der Wupper dominieren, der Kormoran durch den menschlichen Eingriff ideale Jagdbedingungen vorfindet. Dass die Äsche im Vordergrund der allgemeinen Betrachtungen des Einflusses des Kormorans auf Fischbestände steht, liegt in der Tatsache begründet, dass diese Fischart ein schwarmbildende Spezies ist, die sich vornehmlich in den mittleren Gewässerbereichen aufhält. Dadurch ist sie als Beutefisch für den Kormoran sehr leicht zu Fangen. Andere Fischarten, wie die Bachforelle, suchen dagegen in der Regel Unterstände im Uferbereich auf, aus denen heraus sie nach Nahrung jagen. Insgesamt reichen die zur Verfügung stehenden Informationen bislang aber nicht aus, den Einfluss des Kormorans auf den Fischbestand zu quantifizieren.

10.3 Literatur zu Kapitel 10

- Adam, B., Schwevers, U. und Gumpinger, C. (1998): Untersuchungen der ökologischen Situation am Auer Kotten“- unveröffentlichte Studie im Auftrag des Wupperverbandes, Kirtorf-Wahlen, 86 S.
- Beitinger, T. L., Bennett, W. A., und McCauley, R. W. (2000): Temperature tolerance of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature.- *Environmental Biology of Fishes* 58, S. 237 - 275
- Biologische Station Mittlere Wupper (2004): Jahresbericht 2003. Solingen, 152 S.
- Bohl, E. (2001): Artenhilfsprogramm Äsche – Untersuchungen zum Temperaturklima ausgewählter Äschengewässer.- Kurzbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Referat Fischökologie, 8 S.
- Conrad, B., Klinger, H., Schulze-Wiehenbrauck, H., und Stang, Ch. (2000): Kormoran und Äsche – ein Artenschutzproblem.- *LÖBF-Mitt.* 1 / 02, S. 48 – 54
- EIFAC (1969): Water quality criteria for European freshwater fish – water temperature and inland fisheries.- *Water Research* 3, S. 645 - 662
- Küttel, S., Peter, A. und Wüest, A.(2002): Temperaturpräferenzen und –limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhone-Thur-Projekt Publikation Nr. 1: 36 S.
- Landesumweltamt - LUA (1998): Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen – Kartieranleitung .- Merkblätter 14, Essen, 160 S.
- Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen – MUNLV (1999): Richtlinie für naturnahe Unterhaltung und naturnahen Ausbau der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 86 S.
- MUNLV (2001) - Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Die Fische unserer Bäche und Flüsse – Aktuelle Verbreitung, Entwicklungstendenzen, Schutzkonzepte für Fischlebensräume in Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 200 S.
- MUNLV (2002) - Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: ???
- Nolting, C., Hoffmann, A. (2005): schriftliche Mitteilung vom 27.01.2005 und mündliche Mitteilung vom 27.01.2005, NZO GmbH
- NZO-GmbH (2002 b): Überprüfung ausgewählter Fließgewässer im Einzugsgebiet der Sieg und der Wupper hinsichtlich des Vorkommens von Lachswildlingen.- Untersuchung im Auftrag des Landesfischereiverbandes Westfalen u. Lippe e.V. als Beitrag zum Wanderfischprogramm NRW
- NZO-GmbH (2002 b): Betreuung der Besatzmaßnahmen mit Lachsbrütlingen in ausgewählten Gewässerstrecken der Systeme von Dhünn und Wupper 2002. - Untersuchung im Auftrag des Landesfischereiverbandes Westfalen u. Lippe e.V. als Beitrag zum Wanderfischprogramm NRW
-

- NZO-GmbH (2002 c):Erfolgskontrolle zum Lachsbesatz 2001 in ausgewählten Gewässern der Einzugsgebiete von Sieg und Wupper.- Untersuchung im Auftrag der Landesanstalt für Bodenökologie und Forsten in Nordrhein-Westfalen (LÖBF NRW) als Beitrag zum Wanderfischprogramm NRW
- Scharf, W., Bechtel, A., van den Boom, A., Oberborbeck, A. und Wünsche, C. (2001) : Gewässerbewertung – Gewässerbewirtschaftung.- Bericht zum 4. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband
- Schreckenbach, K. (2002) : Einfluss von Umwelt und Ernährung bei der Aufzucht und beim Besatz von Fischen.- Fischerei & Naturschutz, VDSF Schriftenreihe, Heft 04/2002
- Varley, M. E. (1967) : British Freshwater Fishes – Factors Affecting their Distribution.- Fishing News (Books) Limited, London
- Wuttke, H. (1997): Die Wupper und ihr Fischbestand – gestern, heute und morgen.- Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins in Wuppertal, Heft 50, S. 149 – 160
-

11 Beitrag verschiedener Nutzungen zur Temperaturproblematik

Mit Hilfe des kalibrierten und verifizierten ATV-Gütemodells (Kapitel 2) wurde ermittelt, welchen Beitrag die verschiedenen temperaturrelevanten Nutzungsarten (Wasserumleitungen, Heizkraftwerke, Talsperren, Urbanisierung, anthropogen beeinträchtigter Uferbewuchs, Gewässerausbau) auf das derzeitige Temperaturregime der Wupper haben.

11.1 Auswirkung der Urbanisierung

Im Stadtgebiet Wuppertal fließt die Wupper in einem Kastenprofil unter der Schwebebahn und wird beidseitig von Bermen und Ufermauern begrenzt. Aufgrund des technischen Ausbaus und der Nutzung als Verkehrsweg ist hier kein beschattungsrelevanter Uferbewuchs vorhanden. Im Jahr 2004 ergab sich durch den Umbau und die damit verbundene zeitweise Abschaltung der Heizkraftwerke die Möglichkeit, die Aufheizung der Wupper im Stadtgebiet zu ermitteln.



Bild 11.1-1: Besonnte Wupper in Oberbarmen

In dem Zeitraum Juli bis September 2004 waren die Heizkraftwerke außer Betrieb, so dass die Aufwärmspanne in der Stadt bestimmt werden kann. Die Messstellen an den HKW Elberfeld und Barmen waren überwiegend außer Betrieb. Die Daten an der Messstelle Kluserbrücke wurden nicht verwendet, da der Temperaturverlauf um ca. 1°C über der Temperatur in Rutenbeck liegt. In Bild 11.1-2 und Bild 11.1-3 ist der Temperaturverlauf in Laaken, Rutenbeck und Opladen und die Lufttemperatur dargestellt. Die Temperatur nimmt von Laaken kontinuierlich zu und die Temperaturamplitude steigt an. Die Aufwärmspanne ist neben der Lufttemperatur stark abhängig vom Wasservolumenstrom.

Bei höheren Abflüssen (Zeitraum 15.8.04 -14.9.04) liegt die mittlere Aufwärmspanne zwischen Laaken und Rutenbeck nur bei 0.2°C (Bild 11.1-3).

Die Auswertung der zusätzlichen Temperaturdaten zeigt seit September 04 an der Messstelle in Oberbarmen eine Aufwärmspanne zwischen Laaken und Oberbarmen von ca. 0,2°C. Die Aufwärmung ist hauptsächlich auf die Kühlwassereinleitung der Firma Membrana ($\Delta T = 0,15^\circ\text{C}$ im Sept. 04 an der Einleitungsstelle) zurückzuführen (Bild 11.1-4).

Die Aufwärmspanne in der Stadt Wuppertal liegt im September zwischen 0 und 0,3°C. Die geringe Aufwärmspanne ist auf den hohen Abfluss und die niedrige Lufttemperatur von im Mittel 14°C zurückzuführen.

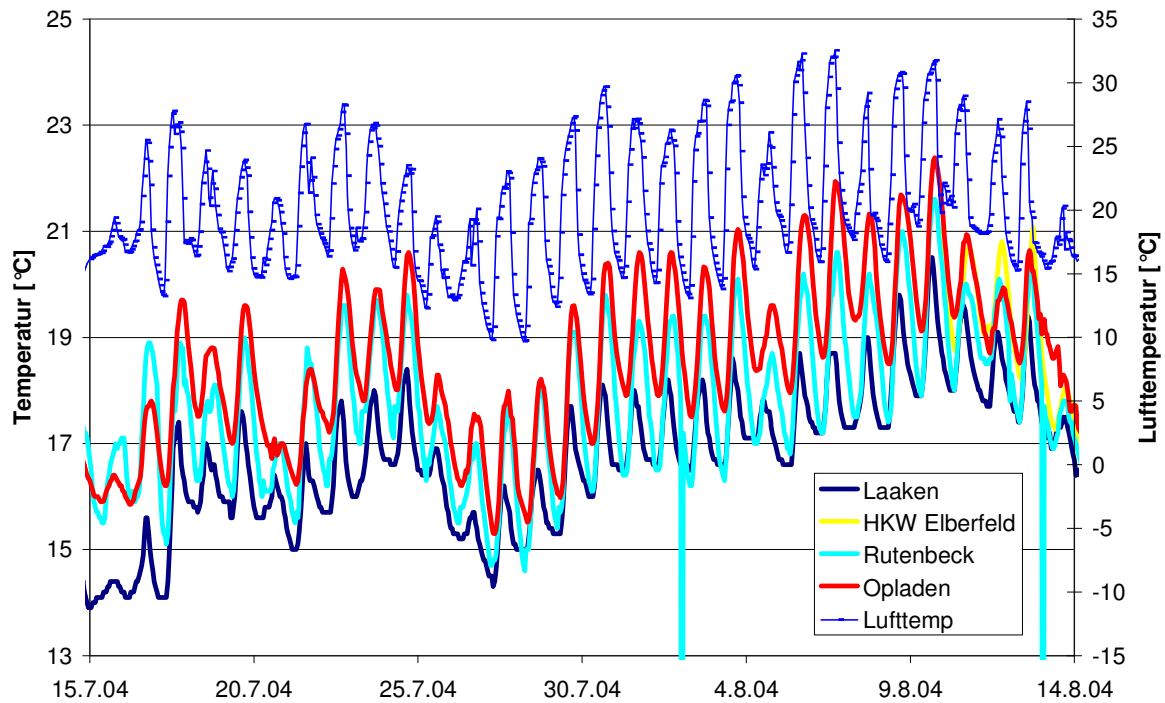


Bild 11.1-2: Temperaturverlauf an den Messstellen Laaken, Rutenbeck und Opladen bei einem mittleren Abfluss von 5,9 m³/s am Pegel Kluserbrücke

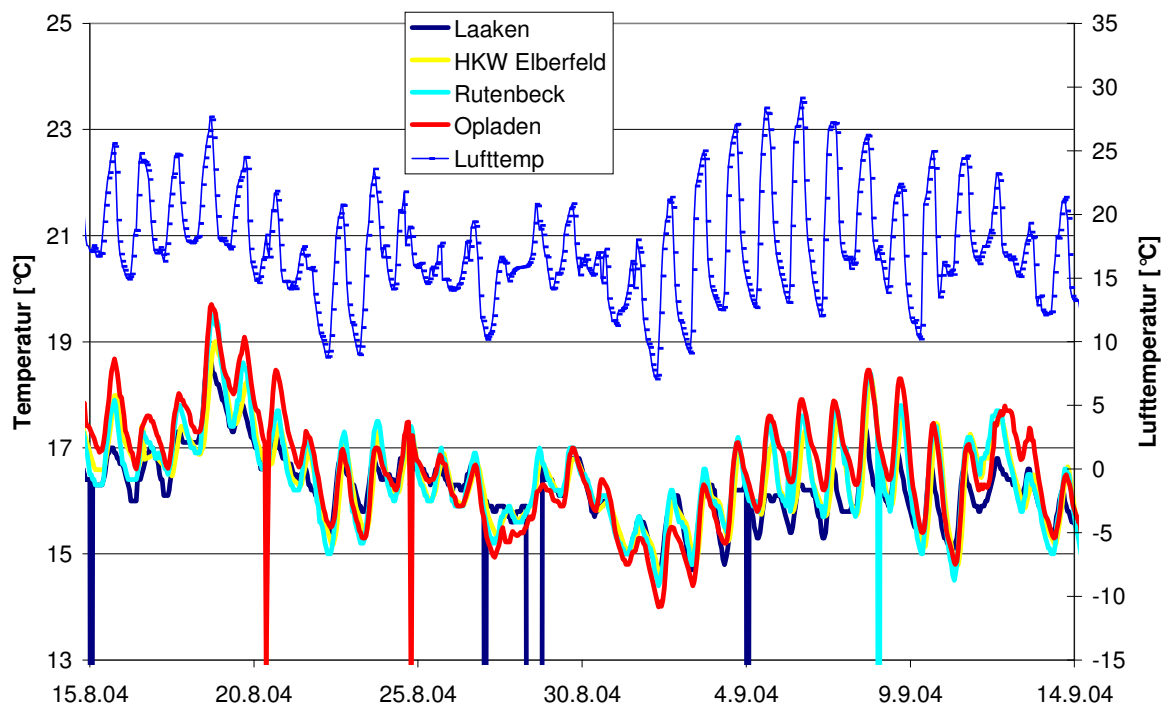


Bild 11.1-3: Temperaturverlauf an den Messstellen Laaken, Rutenbeck, HKW Elberfeld und Opladen bei einem mittleren Abfluss von 9,0 m³/s am Pegel Kluserbrücke

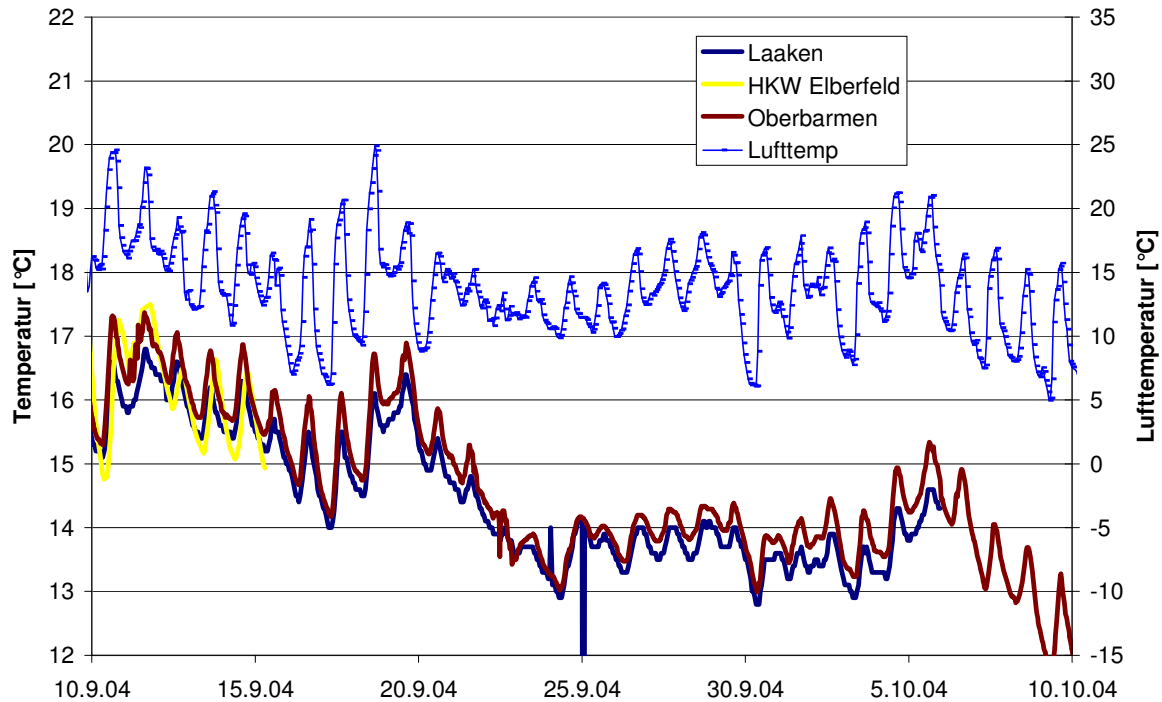


Bild 11.1-4: Temperaturverlauf an den Messstellen Laaken, Oberbarmen bei einem mittleren Abfluss von $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Kluserbrücke

In Bild 11.1-5 sind die mittleren Wassertemperaturen im Längsverlauf dargestellt. Aufgrund der kühlen Wassertemperatur der Wuppertalsperre erfolgt bei niedrigen mittleren Abflüssen eine starke Aufwärmung bis Laaken. Der Gradient schwächt sich dann bis nach Opladen ab. Die Temperaturaufwärmung zwischen Laaken und Rutenbeck (ca. 15 km Stadtgebiet) beträgt im Juli bei einem mittleren Abfluss am Pegel Kluserbrücke von $5,9 \text{ m}^3/\text{s}$ 1°C . Bis zum Pegel Opladen (ca. 40 km, vorwiegend Wald und Wiesen) steigt die Temperatur noch einmal um 1°C an, wobei die Aufwärmspanne durch die zufließenden Nebenflüsse reduziert wird.

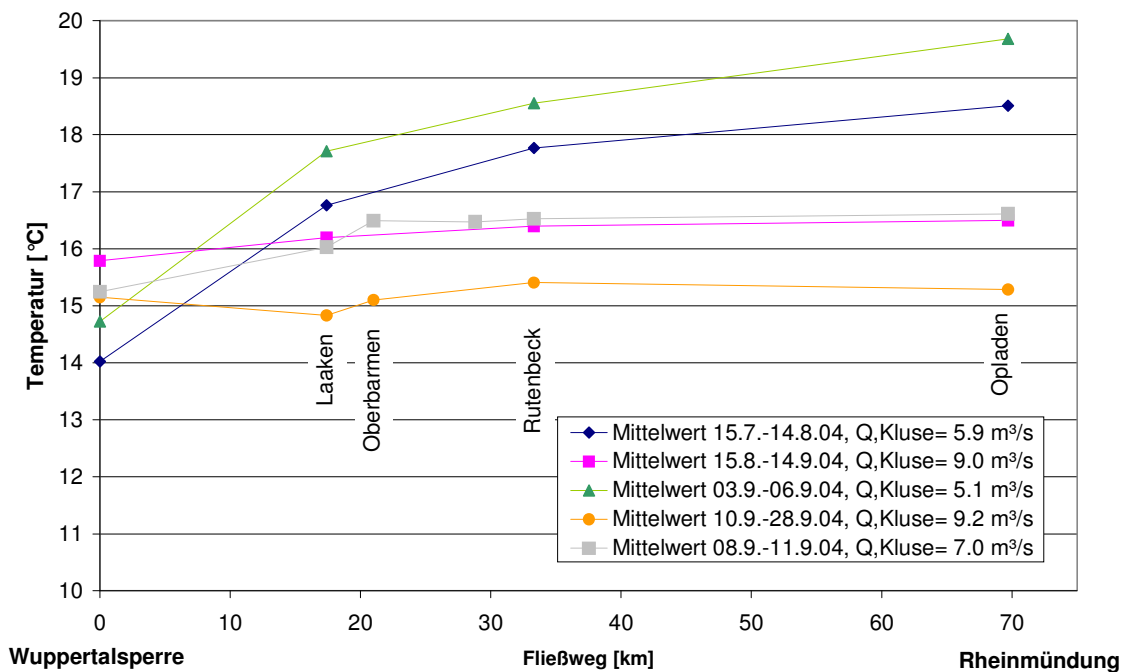


Bild 11.1-5: Temperaturverlauf entlang dem Fließweg (Mittelwerte)

Die Auswertung der Temperaturmessungen zeigt, dass auch ohne die HKWs im Stadtgebiet zwischen Laaken und Rutenbeck eine leichte Aufwärmung erfolgt. Im weiteren Verlauf bis Opladen schwächt sich der Gradient der Aufwärmung ab. Aufgrund des sehr hohen Abflusses und der niedrigen Lufttemperaturen während der Außerbetriebnahme der Heizkraftwerke konnten jedoch keine maximalen Aufwärmspannen ohne den Einfluss der HKWs im Stadtgebiet ermittelt werden.

11.2 Einfluss verschiedener anderer Nutzungen auf die Temperatur (Gütemodellierung)

Durch die anthropogenen Einflüsse wird der Wärmehaushalt der Wupper im Vergleich zu ihrem potenziell natürlichen Temperaturverlauf verändert. Mit dem kalibrierten Temperaturmodell soll der spezifische Einfluss eines Nutzers auf die Aufwärmung der Wupper beurteilt werden. Für die Beurteilung der Temperaturbelastung der Wupper wurden die Monate Januar, März, Juni und November betrachtet, die für die Entwicklung der Fischpopulation von Bedeutung sind. Für die folgenden Lastvarianten (Tabelle 11.2-1) wird der Temperaturverlauf in der Wupper entlang der Fließrichtung simuliert und mit dem IST-Zustand verglichen:

Tabelle 11.2-1: Lastfallvarianten

Lastfallbezeichnung → Anthropogene Belastung ↓	IST	HKW 5K	HKW 3K	ohne HKW	ohne KA	ohne Industrie/ TW	mit pot. nat. Vegetation	pot nat Zustand
HKW Barmen + HKW Elberfeld	IST-Zustand	≤5 K	≤3 K	ohne	IST	IST	IST	ohne
Wuppertalsperre		IST	IST	IST	IST	IST	IST	ohne
pot. nat. Vegetation		IST	IST	IST	IST	IST	mit	mit
Kläranlagen		IST	IST	IST	ohne	ohne	IST	ohne
Einleitungen (große) (Kühlwasser, Wasser)		IST	IST	IST	IST	ohne	IST	ohne
Gewässermorphologie / Querschnitte		IST	IST	IST	IST	IST	IST	pot nat

11.2.1 Grundlagen der Lastfallbetrachtung

Gewählte Jahre

Für die Jahre 2002 (relativ kühl) und 2003 (relativ warm) lagen alle für das Temperaturmodell erforderliche Klimadaten vor, daher wurden die Niedrigwasserabflüsse für die Lastfälle aus diesem Zeitraum gewählt. Es wurden keine mittleren klimatischen Verhältnisse gewählt, um eine Vergleichmäßigung der Klimadaten zu vermeiden. Im Anhang in Bild A1-2 sind die Lufttemperaturen für das Jahr 2002 und 2003 dargestellt, die Lufttemperaturen im Jahr 2003 weisen eine größere Tagesamplitude auf, die Schwankungsbreite der Temperaturen ist vergleichbar.

Gewählte Monate

Für den Abfluss wurden aus den Jahren 2002 und 2003 für die einzelnen Monate Abschnitte mit niedrigem Abfluss am Pegel Kluserbrücke ausgewählt. Es wurden der Abfluss und die Wetterdaten der Monate Januar 2002, März 2003, Juni 2002 und November 2003 gewählt. Die Abflüsse liegen in der Größenordnung des Monats-MNQ am Pegel Kluserbrücke für den Zeitraum 1988-2003 (Tabelle 11.2.1-1). Die Zuflüsse der Nebenflüsse wurden analog zum Modellabgleich aus der Differenz der Abflüsse zwischen den Pegeln Krebsöge, Kluserbrücke und Opladen berechnet und proportional zu den Einzugsgebietsgrößen der Nebenflüsse aufgeteilt.

Tabelle 11.2.1-1: Monats-MNQ am staatlichen Pegel Kluserbrücke im Vergleich zum gewählten Abfluss für die Lastvarianten

Pegel Kluserbrücke	Jan	Mrz	Jun	Nov
MNQ (1988/2003)	5.04	4.79	3.67	4.56
Q(Lastfall)	5.1	4.8	3.6	4.8

Abschnittsbildung

Für die Berechnung der Lastfallvarianten wird das kalibrierte Modell mit 8 Abschnitten verwendet. Aufgrund der geringen Abweichung zwischen dem Modell mit 8 bzw. mit 120 Abschnitten wurde auf das Modell mit der geringeren Auflösung zurückgegriffen, um den Zeitbedarf der einzelnen Simulationsläufe in einem beherrschbaren Rahmen zu halten.

Eingangstemperaturen

Für die Eingangstemperatur in das Simulationsmodell wird die in dem gewählten Monat gemessene Wassertemperatur an der Messstation Krebsöge angesetzt. Für die Nebenflüsse der Wupper liegen keine Wassertemperaturmessungen vor. Für den Temperaturverlauf der Nebengewässer wurde daher wie zuvor die Temperaturmessung an der Messstelle Laaken gewählt und um 1°C reduziert. Diese Reduzierung ergibt sich aus dem Vergleich der Temperatur in Laaken und der Temperatur am Eifgenbach als Vergleichsgewässer (Bild 2.1.9-1).

Für das Kühlwasser der Firma Membrana wurde abweichend von der Kalibrierung eine konstante Entnahme- und Einleitungsmenge angesetzt. Die berechneten Aufwärmspannen schwanken zwischen 0,1 und 0,5 C. Es wurde eine konstante Temperaturaufwärmspanne von 0,5 C (maximale Aufwärmspanne im Sommer) gewählt, um den ungünstigsten Lastfall zu berücksichtigen.

Die Temperaturaufwärmspannen der Heizkraftwerke Barmen und Elberfeld werden aus der möglichen abzugebenden Wärmelast der Heizkraftwerke in Abhängigkeit vom Abfluss am Pegel Kluserbrücke berechnet (Bild 11.2.1-1). In Bild 11.2.1-1 sind die berechneten Temperaturaufwärmspannen für die einzelnen Lastfälle dargestellt. In Barmen liegen die Aufwärmspannen unter 2°C, in Elberfeld im Mittel bei 3,5°C. Für die Wassertemperatur der Kläranlagenabläufe werden Monatsmittelwerte angesetzt (Bild 11.2.1-2).

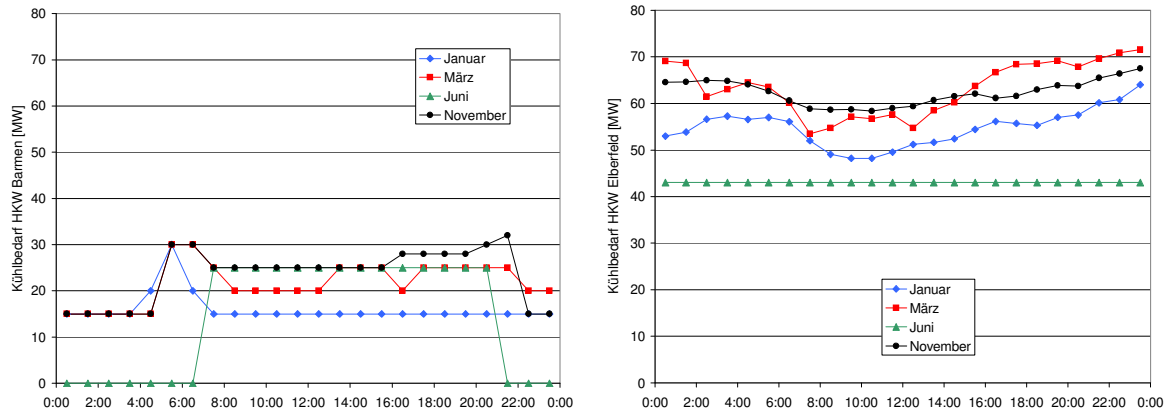


Bild 11.2.1-1: Tagesgang des Kühlbedarfs der HKW Barmen und Elberfeld

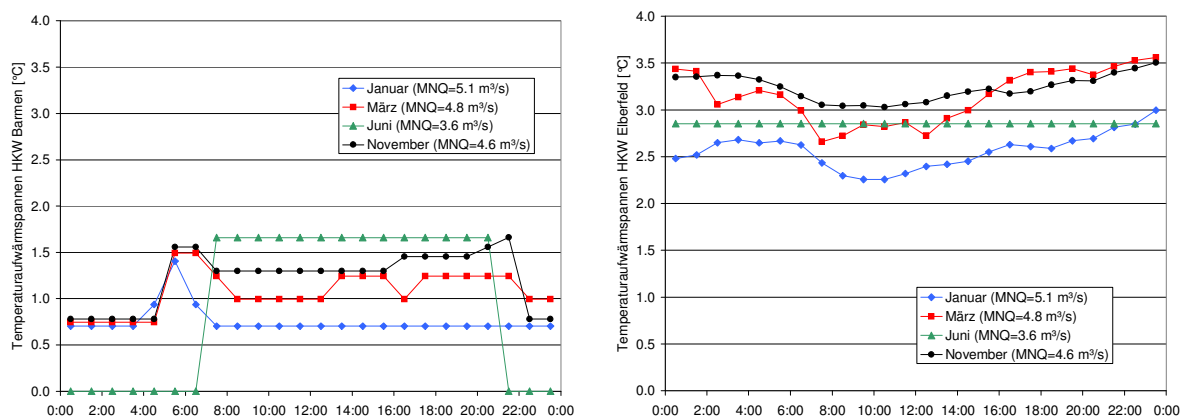


Bild 11.2.1-2: Tagesgang der berechneten Aufwärmspannen am HKW Barmen und Elberfeld

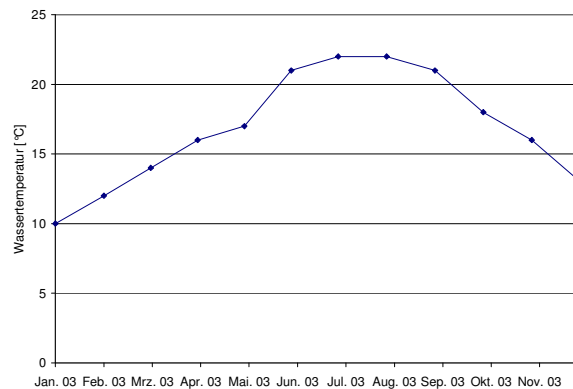


Bild 11.2.1-3: Gewählter Jahresgang der Wassertemperatur der Kläranlagenabläufe (Ablauf Buchenhofen)

Lastfallvarianten

Im Vergleich zum IST-Zustand wird bei den Lastfalluntersuchungen jeweils eine Belastung verändert. Für den Lastfall HKW 3K wird die Temperatur am Heizkraftwerk Barmen und Elberfeld um jeweils 3 C erhöht und für den Lastfall HKW 5K um 5°C. Dies ist eine Maximalfallbetrachtung und kommt aus verschiedenen Gründen in der Realität selten vor. Für die Berechnung der Variante ohne HKW werden die Kühlwassereinleitungen ausgeschaltet. Für den Lastfall ohne KA wird die Wassertemperatur ohne Kläranlagen berechnet.

Für den Lastfall ohne Industrie/TW werden alle industriellen Einleiter bis auf die Heizkraftwerke sowie auch alle Kläranlagen aus dem Modell entfernt. Weiterhin werden Überleitungen aus fremden Trinkwassereinzugsgebieten nicht berücksichtigt (Trinkwasser aus Benrath, vom Aggerverband und für Schwelm). Das bereitgestellte Trinkwasser aus der Dhünn-, Kerpse-; und Herbringhauser Talsperre wird in diesem Lastfall dem zugehörigen Einzugsgebiet zugeteilt (Zuflusserhöhung Dhünn +0.6 m³/s, Wuppertalsperre +0.34 m³/s Abzug Schwelme 0,1 m³/s) (Tabelle 11.2.1-2).

Tabelle 11.2.1-2: Jahrestrinkwasserverbrauch im Einzugsgebiet der Wupper

	WSW [2.1] Mio. m³/Jahr	WVV [2.2] Mio. m³/Jahr	Sonstige Mio. m³/Jahr	Gesamt Mio. m³/Jahr
Wasserwerk Benrath	7.8			7.8
Dhünnstalsperre	11.9	7.0		18.9
Kerpse / Herbringhauser Talsperre	10.6			10.6
Aggerverband		1.8		1.8
KA Schwelm			3.0	3.0
Gesamtwasserverbrauch	30.3	8.8	3.0	42.1
TW aus dem Einzugsgebiet der Wupper	22.5	7.0		29.5

Für den Lastfall mit potenziell natürlicher Vegetation wird angenommen, dass die Vegetation an der Wupper zu 90% aus Laubwald und zu 10% aus Niedervegetation besteht. Aufgrund des breiten Profils der Wupper gibt es an der Unteren Wupper keinen Kronenschluss.

11.2.2 Ergebnisse

Die Simulationsrechnung wurde vom 1. bis zum 20. des jeweiligen Monats durchgeführt. Zur Beurteilung der Ergebnisse wird der Temperaturverlauf an 4 Temperaturmessstellen in der Wupper (Krebsöge, HKW Barmen, Rutenbeck, Opladen) sowie der Temperaturverlauf in der Wupper entlang der Fließrichtung für den 19. Tag um 16:00 Uhr dargestellt. Eine zusammenfassende Darstellung der Werte ist im Anhang in Tabelle A1-3 und in den Bildern A1-3–A1-8- dargestellt.

11.2.2.1 Ergebnisse für den Monat Januar 2002

In Bild 11.2.2.1-1 ist der Abfluss im Längsverlauf für die einzelnen Lastfälle dargestellt. Im Vergleich zum IST-Zustand fällt der Abfluss im Vergleich zum Lastfall ohne die Einleitungen aus den Kläranlagen im Fließverlauf um bis zu 1,6 m³/s geringer aus. Für den Lastfall ohne Industrie/TW erhöht sich der Abfluss an der Wuppertalsperre und der Dhünn durch den Wegfall der Trinkwassernutzung, verläuft aber insgesamt parallel zu dem Lastfall ohne KA. Der potenziell natürliche Abfluss ohne die Einleitungen aus den Talsperren im Oberlauf ist dem gegenüber deutlich niedriger. Die Wassertiefe für den potenziell natürlichen Zustand liegt im Mittel bei 28 cm und somit 30 cm unter dem IST-Zustand (Bild 11.2.2.1-2 und -3).

Der Temperaturverlauf der Wupper ist in Bild 11.2.2.1-4 und 11.2.2.1-5 dargestellt. Die mittleren Temperaturen und die min und max Werte für die verschiedenen Lastfälle sind in Tabelle A1-3 angegeben. Die Eingangstemperatur liegt im Monat Januar konstant bei 4°C, da die Temperatur der Wupper durch die Wuppertalsperre vergleichmäßig wird. Die mittlere Wassertemperatur wird stark von der Lufttemperatur geprägt, aufgrund der geringen Strahlungsenergie im Winter sind nur geringe Tag-Nachtschwankungen vorhanden.

Bis zum HKW Barmen passt sich die Temperaturganglinie dem potenziell natürlichen Temperaturverlauf an, die sehr niedrigen Temperaturen werden aufgrund der Eingangstemperatur von 4°C nicht erreicht. Die industriellen Einleiter und die Kläranlage Radevornwald führen zu einer geringen Aufwärmung.

Eine signifikante Erhöhung erfolgt am HKW Barmen und am HKW Elberfeld. Bei einem MNQ am Pegel Kluserbrücke von $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt die Aufwärmspanne in HKW Barmen im Mittel bei $0,75^\circ\text{C}$ und am HKW Elberfeld bei $2,56^\circ\text{C}$. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 3°C je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $8,8^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $13,2^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $5,25^\circ\text{C}$. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 5°C je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $12,7^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $16,4^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $8,7^\circ\text{C}$.

Aufgrund des hohen Temperaturgradienten im Winter erfolgt eine relativ schnelle Abkühlung, in Opladen liegt die mittlere Temperaturdifferenz zwischen dem Lastfall HKW 5K und dem IST-Zustand nur bei 1°C .

In den Wintermonaten führen die Kläranlagen zu einer deutlichen Aufwärmung der Wupper. An der Messstelle Opladen liegt die Temperatur ohne Kläranlagen im Vergleich zum Ist-Zustand im Mittel um $0,7^\circ\text{C}$ niedriger. Beim Lastfall ohne HKW liegt die Temperatur im Vergleich zum IST-Zustand im Mittel um 1°C niedriger. In Opladen ist der Einfluss der Heizkraftwerke und der Kläranlagen in der gleichen Größenordnung.

In der vegetationslosen Zeit ist der Einfluss der Beschattung nicht vorhanden, daher ist der Lastfall potenziell natürliche Vegetation mit dem Lastfall IST-Zustand identisch.

Die Temperatur beim Lastfall potenziell natürlicher Zustand schwankt zwischen 0 und $8,6^\circ\text{C}$. Die Temperatur liegt an der Messstelle Rutenbeck um $3,5^\circ\text{C}$ und in Opladen um 2°C unter der mittleren Temperatur des Lastfalls IST-Zustand.

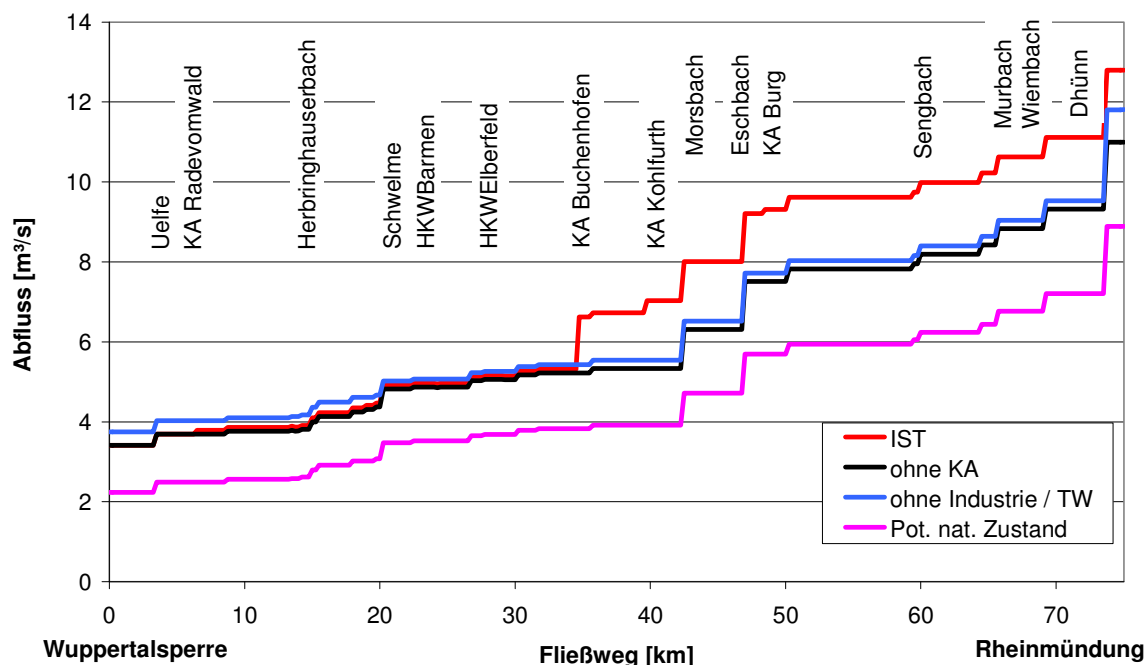


Bild 11.2.2.1-1: Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat Januar

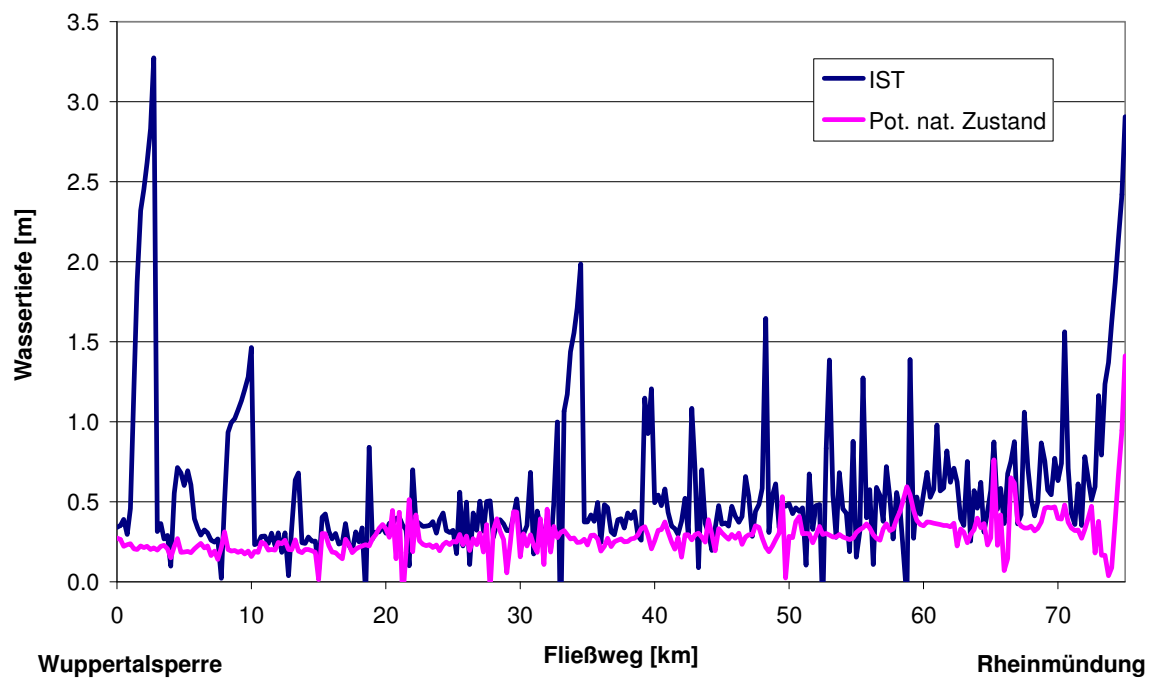


Bild 11.2.2.1-2: Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat Januar

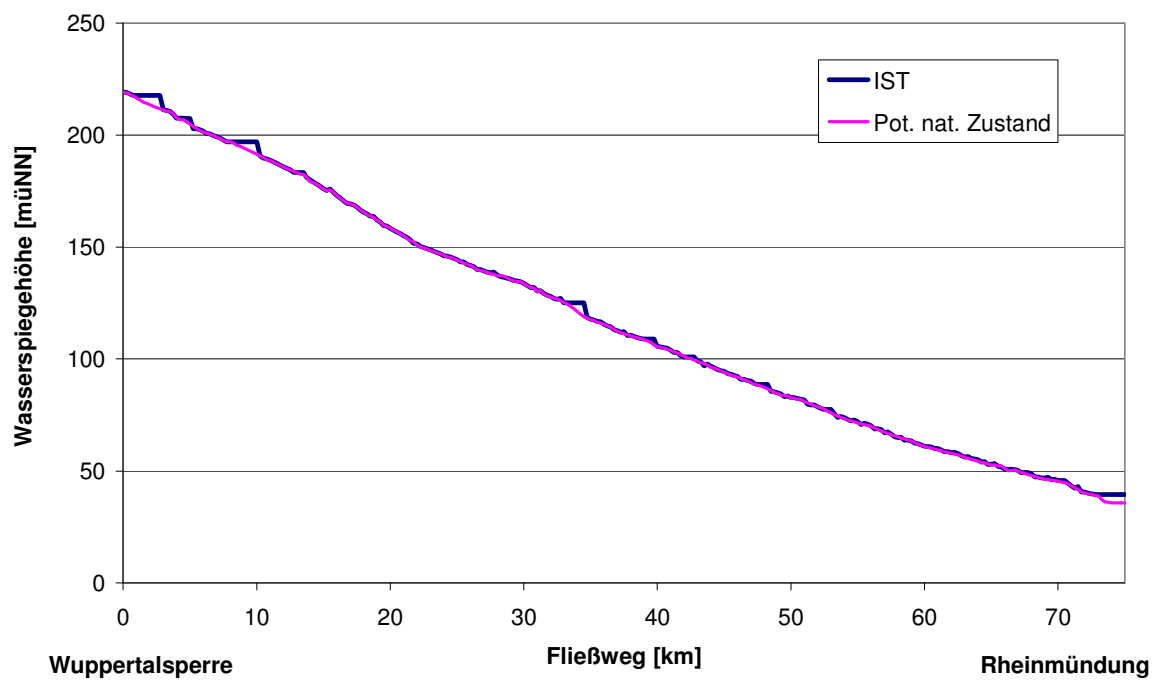


Bild 11.2.2.1-3: Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat Januar

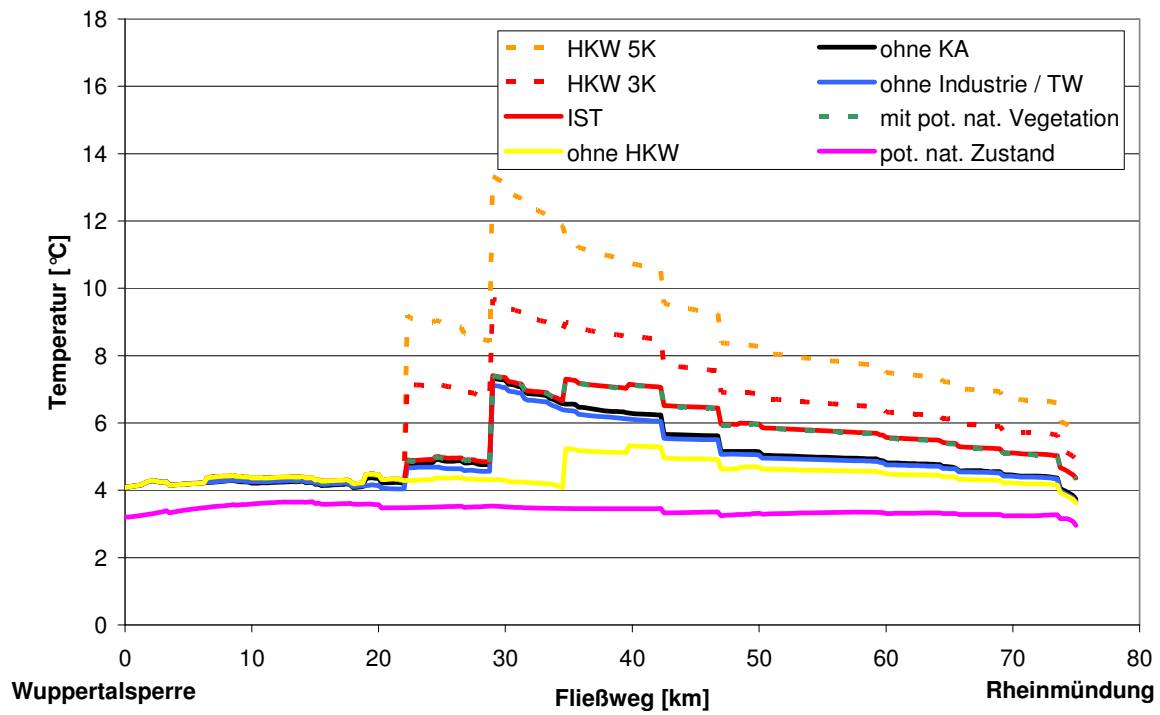


Bild 11.2.2.1-4: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Januar über den Fließweg

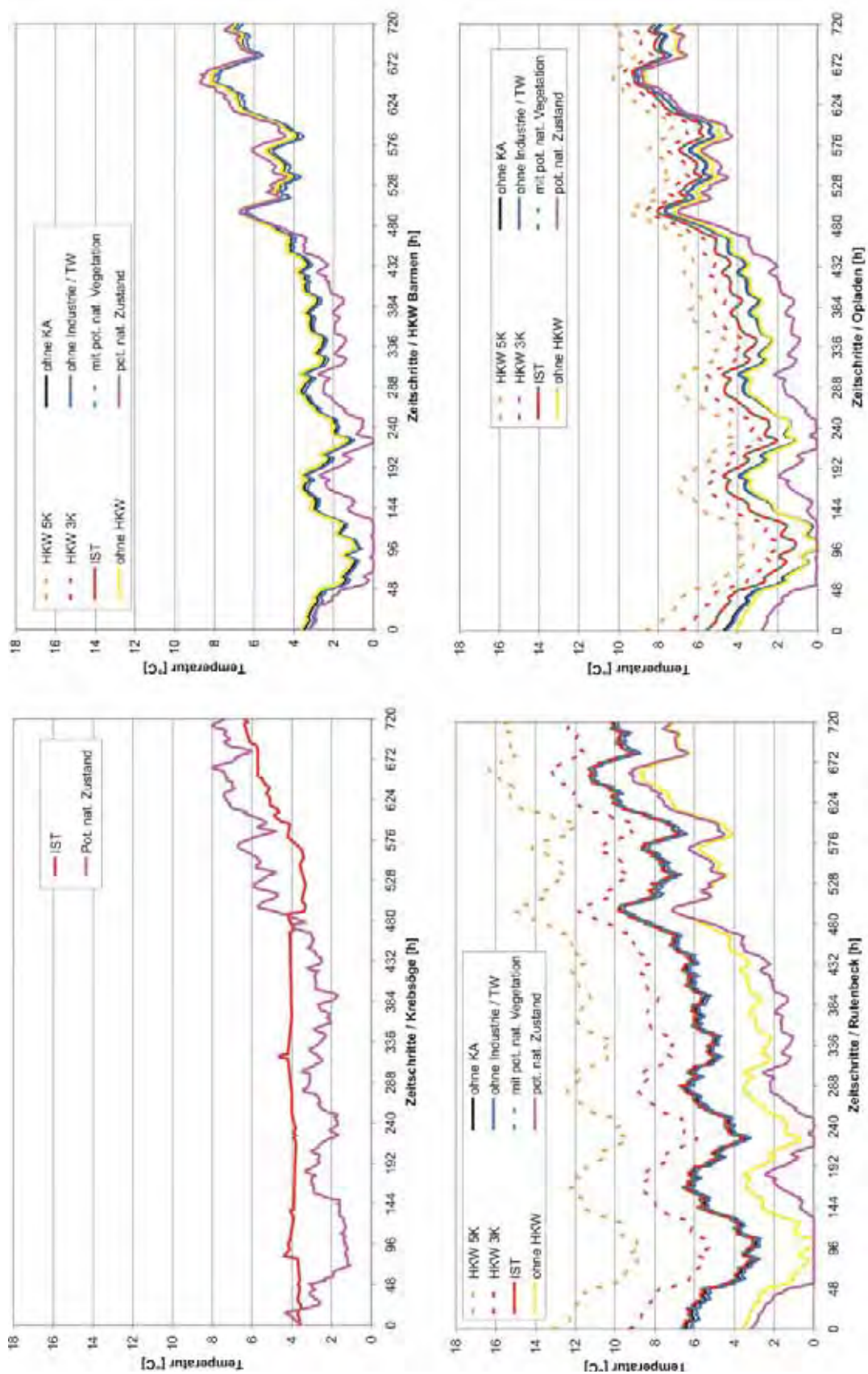


Bild 11.2.2.1-5: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Januar über 20 Tage

11.2.2.2 Ergebnisse für den Monat März 2003

In Bild 11.2.2.2-1 ist der Abfluss im Längsverlauf für die einzelnen Lastfälle dargestellt. Analog zu den Lastvarianten für den Monat Januar verringert sich der Abfluss um $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Lastfall ohne KA im Vergleich zum IST-Zustand. Für den Lastfall ohne Industrie/TW erhöht sich im Vergleich zum Lastfall ohne KA der Abfluss an der Wuppertalsperre und der Dhünn durch den Wegfall der Trinkwassernutzung. Der potenziell natürliche Abfluss liegt am Pegel Opladen nur um $1 \text{ m}^3/\text{s}$ niedriger im Vergleich zum IST-Zustand (Bilder 11.2.2.2-2 und -3).

Der Temperaturverlauf der Wupper ist in Bild 11.2.2.2-4 und Bild 11.2.2.2-5 dargestellt. Die Eingangstemperatur liegt im Monat März bei 4°C und steigt zum Ende des Monats auf 5°C an. Im Vergleich zum IST-Zustand liegt die Eingangstemperatur für den potenziell natürlichen Zustand im Mittel um 2°C höher und weist starke diurnale Schwankungen auf. Die Eingangstemperatur für den potenziell natürlichen Zustand entspricht den Temperaturdaten des Steinchesbach aus dem Jahr 2002.

Die Temperaturamplitude wird bis zur Messstelle HKW Barmen gedämpft. Dies ist auf die niedrigere Lufttemperatur im März 2003 im Vergleich zum März 2002 zurückzuführen (Bild A1-2 im Anhang). Die Temperaturverläufe der verschiedenen Lastfälle weisen vor dem HKW Barmen keine großen Unterschiede auf. Die Schwankungsbreite im Tagesverlauf beträgt vor dem HKW Barmen ca. 2°C .

Eine Temperaturerhöhung erfolgt am HKW Barmen und am HKW Elberfeld. Bei einem MNQ am Pegel Kluserbrücke von $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt die Aufwärmspanne am HKW Barmen im Mittel bei $1,08^\circ\text{C}$ und am HKW Elberfeld bei $3,15^\circ\text{C}$. Die Wärmelast der Heizkraftwerke ist nicht konstant, das HKW Barmen deckt die Stromspitzen morgens, mittags und abends ab, das HKW Elberfeld hat eine höhere Wärmelast in den Nachtstunden als im Tagesverlauf. Die Spitzenlast beträgt $1,5^\circ\text{C}$ für das HKW Barmen und $3,6^\circ\text{C}$ für das HKW Elberfeld. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 3°C je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $9,6^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $11,9^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $7,0^\circ\text{C}$. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 5°C je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $13,1^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $15,2^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $10,5^\circ\text{C}$.

Im Vergleich zum Monat Januar ist die Abkühlung bis nach Opladen geringer, die Differenz zwischen der Messung vor dem HKW Barmen (HKB Barmen) und der Messung Opladen beträgt $2,8^\circ\text{C}$ im IST-Zustand. Die Temperaturdifferenz zwischen den einzelnen Lastfällen ist größer als im Januar.

Die Abwassertemperatur der Kläranlagen ist deutlich höher als die Wassertemperatur der Wupper und führt im Mittel zu einer Erwärmung der Wupper von $1,6^\circ\text{C}$ in Opladen.

Der Einfluss der Beschattung ist auch im Monat März sehr gering und liegt bei $0,1^\circ\text{C}$.

Die Temperatur des "potenziell natürlichen Zustands" schwankt zwischen $0,3$ und $6,7^\circ\text{C}$. Die Temperatur liegt an der Messstelle Rutenbeck und Opladen um ca. $3,6^\circ\text{C}$ unter der mittleren Temperatur des IST-Zustand. Die Temperaturaufwärmung der Wupper hat im Monat März einen größeren Einfluss an der Messstelle Opladen als im Januar, da die Wärmelast der Heizkraftwerke (IST-Zustand) im März größer ist als im Januar.

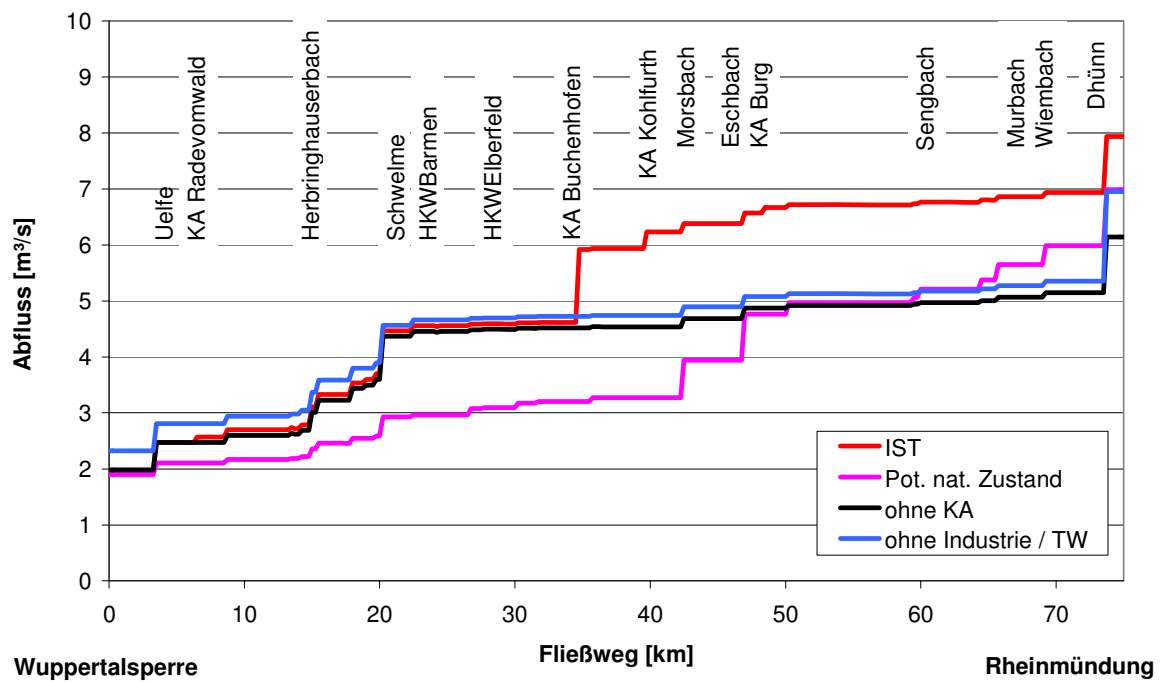


Bild 11.2.2.2-1: Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat März

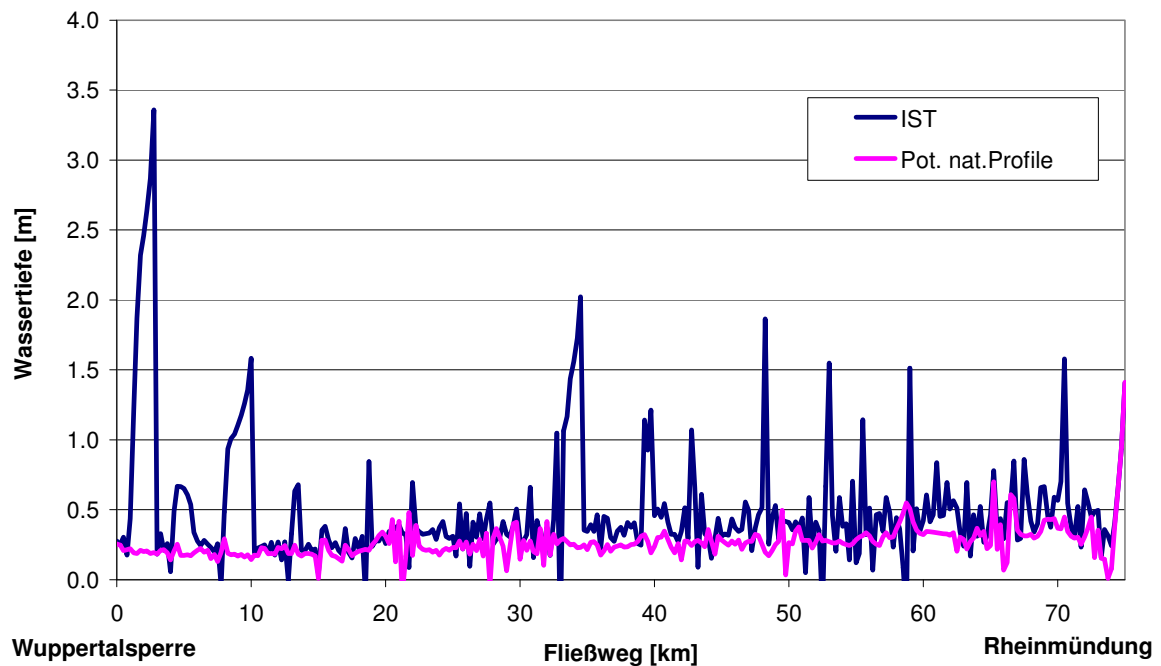


Bild 11.2.2.2-2: Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat März

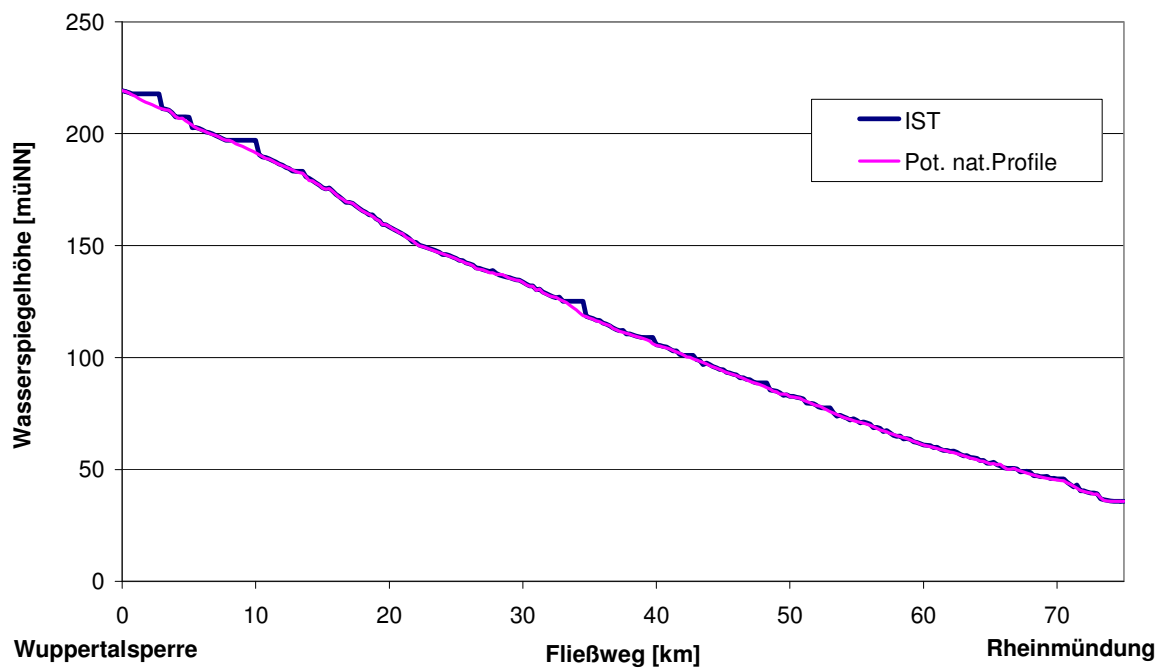


Bild 11.2.2.2-3: Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat März

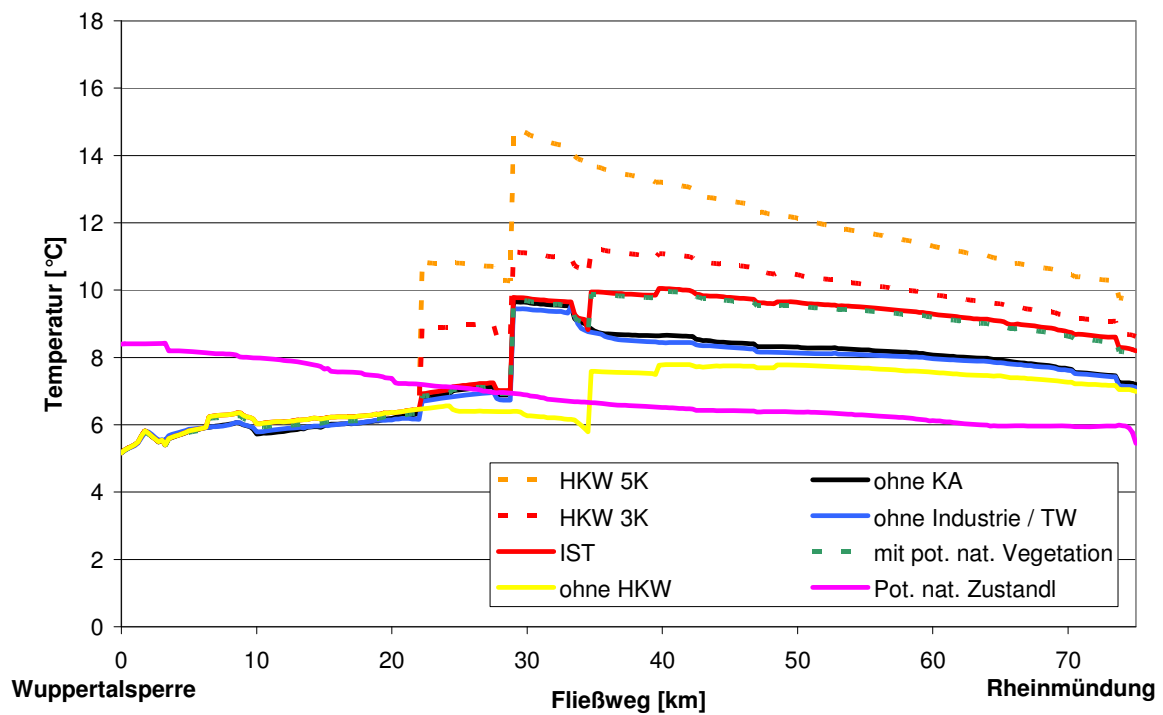


Bild 11.2.2.2-4: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat März über den Fließweg

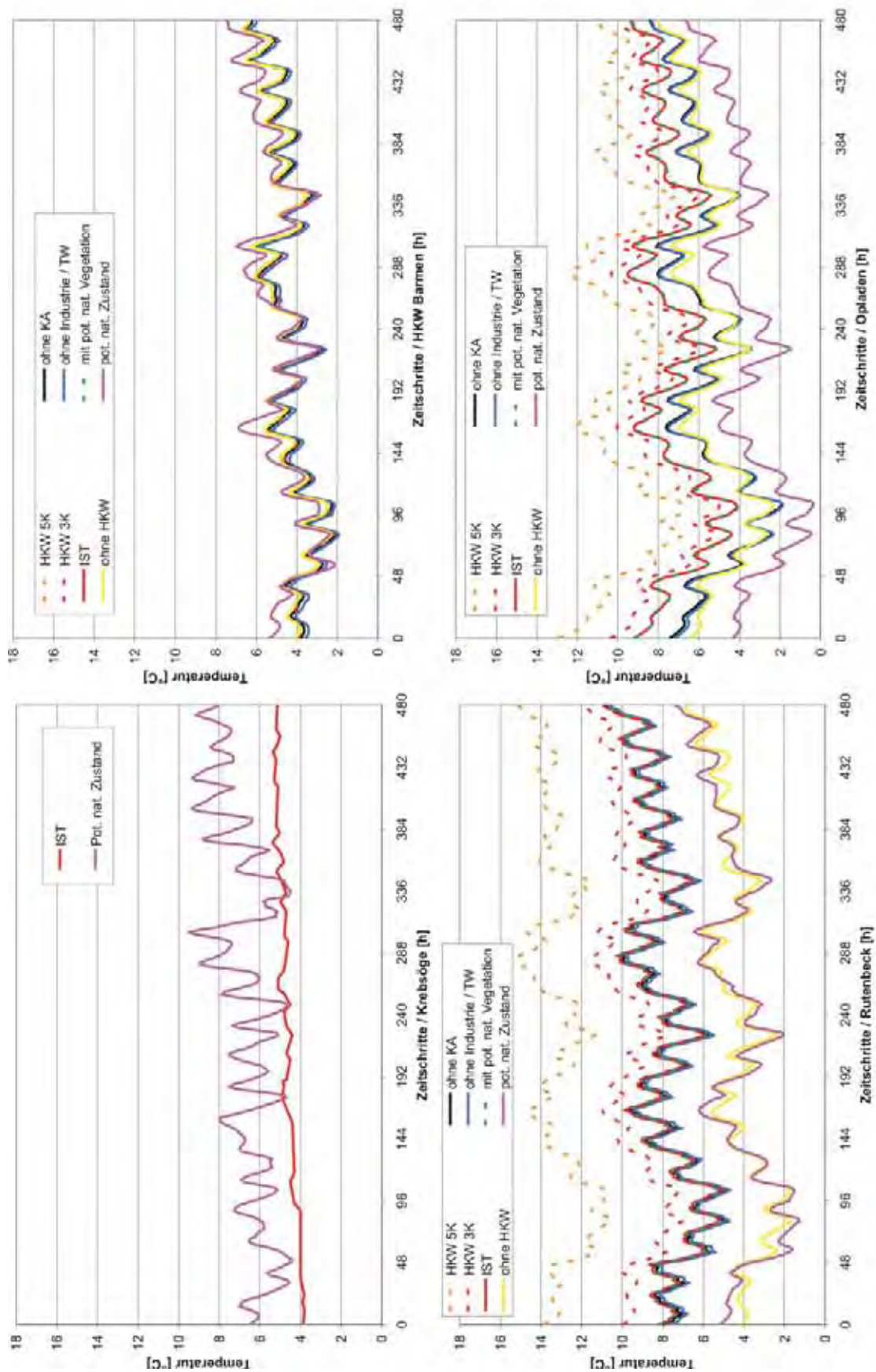


Bild 11.2.2.2-5: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat März über 20 Tage

11.2.2.3 Ergebnisse für den Monat Juni 2002

In Bild 11.2.2.3-1 ist der Abfluss im Längsverlauf für die einzelnen Lastfälle dargestellt. Analog zu den Lastvarianten für den Monat Januar verringert sich der Abfluss um $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Lastfall ohne KA im Vergleich zum IST-Zustand. Für den Lastfall ohne Industrie / TW erhöht sich im Vergleich zum Lastfall ohne KA der Abfluss an der Wuppertalsperre und der Dhünn durch den Wegfall der Trinkwassernutzung. Der potenziell natürliche Abfluss liegt am Pegel Opladen um $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ niedriger im Vergleich zum IST-Zustand (Bilder 11.2.2.3-2 und -3).

Der Temperaturverlauf der Wupper ist in Bild 11.2.2.3-4 und Bild 11.2.2.3-5 dargestellt. Die Eingangstemperatur liegt im Monat Juni bei 10°C . Im Vergleich zum IST-Zustand liegt die Eingangstemperatur für den potenziell natürlichen Zustand im Mittel um $1,4^\circ\text{C}$ höher und weist diurnale Schwankungen auf.

Die Temperatur steigt bis zum HKW Barmen durch die Einstrahlung und die industriellen Einleiter um $3,5^\circ\text{C}$ an. Die Temperaturverläufe der verschiedenen Lastfälle weisen vor dem HKW Barmen keine großen Unterschiede auf. Die Schwankungsbreite im Tagesverlauf liegt vor dem HKW Barmen an einem heißen Sommertag zwischen 2°C und 4°C .

Bei einem MNQ am Pegel Kluserbrücke von $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt die Aufwärmspanne am HKW Barmen bei $1,7^\circ\text{C}$ zwischen 7:00 und 21:00 Uhr und am HKW Elberfeld bei $2,85^\circ\text{C}$. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 3 K je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $19,5^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $24,5^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $14,8^\circ\text{C}$. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 5 K je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $22,3^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $28,0^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $18,4^\circ\text{C}$. Der Maximalwert von 28°C wird an einem heißen Sommertag kurz hinter dem HKW Elberfeld nur für den Lastfall HKW 5°C erreicht.

Aufgrund der hohen Lufttemperatur ist die Abkühlung zwischen dem HKW Elberfeld und Opladen gering. Die Abflüsse der Nebenflüsse führen zu einer geringen Temperaturabsenkung.

Der Einfluss der Kläranlagen ist gering. Die Aufwärmspanne in Wuppertal (Laaken bis Rutenbeck) ohne Berücksichtigung der HKWs beträgt $1,8^\circ\text{C}$. Im Vergleich zu den Temperaturmessungen im Juni/August 2004, wo die Heizkraftwerke außer Betrieb waren, liegt die Aufwärmspanne um $0,8^\circ\text{C}$ höher. Dies ist auf den doppelt so hohen Abfluss am Pegel Kluserbrücke im Jahr 2004 zurückzuführen.

Die potenziell natürliche Beschattung der Wupper führt zu einer Abkühlung der Wupper um $1,4^\circ\text{C}$. Hierbei ist zu beachten, dass aufgrund der geringen Flussbreite beim IST-Zustand der Einfluss der Beschattung stärker ist, als bei der Kombination mit den breiten potenziell natürlichen Profilen.

Beim Lastfall "potenziell natürlicher Zustand" steigt die Temperatur von im Mittel 11°C in Krebsöge auf $14,8^\circ\text{C}$ in Opladen kontinuierlich an. Im Vergleich zum IST-Zustand liegt die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck um $3,6^\circ\text{C}$ an der Messstelle Opladen um $2,8^\circ\text{C}$ über dem potenziell natürlichen Zustand. Die maximalen Wassertemperaturen werden in Opladen erreicht und liegen bei $21,1^\circ\text{C}$.

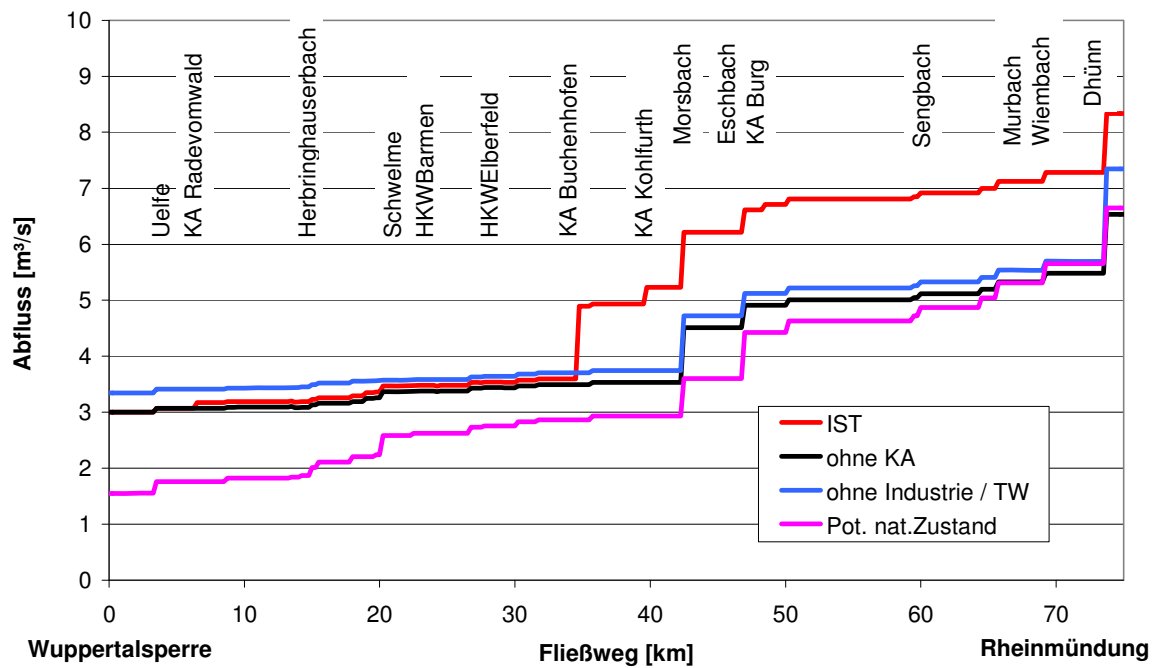


Bild 11.2.2.3-1: Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat Juni

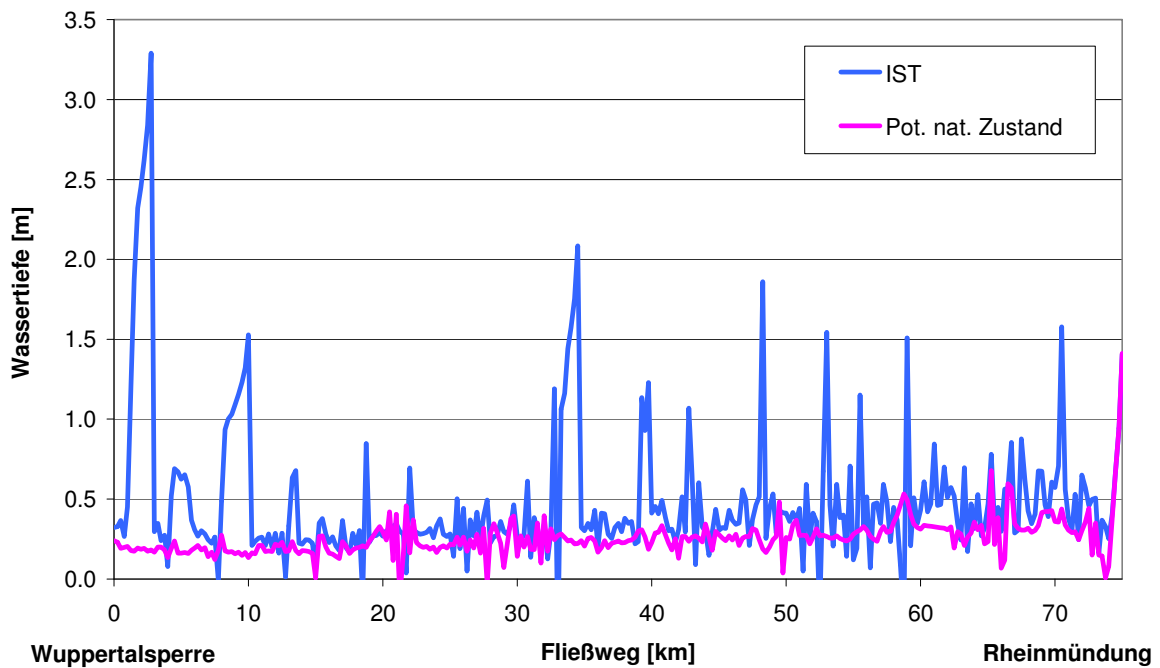


Bild 11.2.2.3-2: Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat Juni

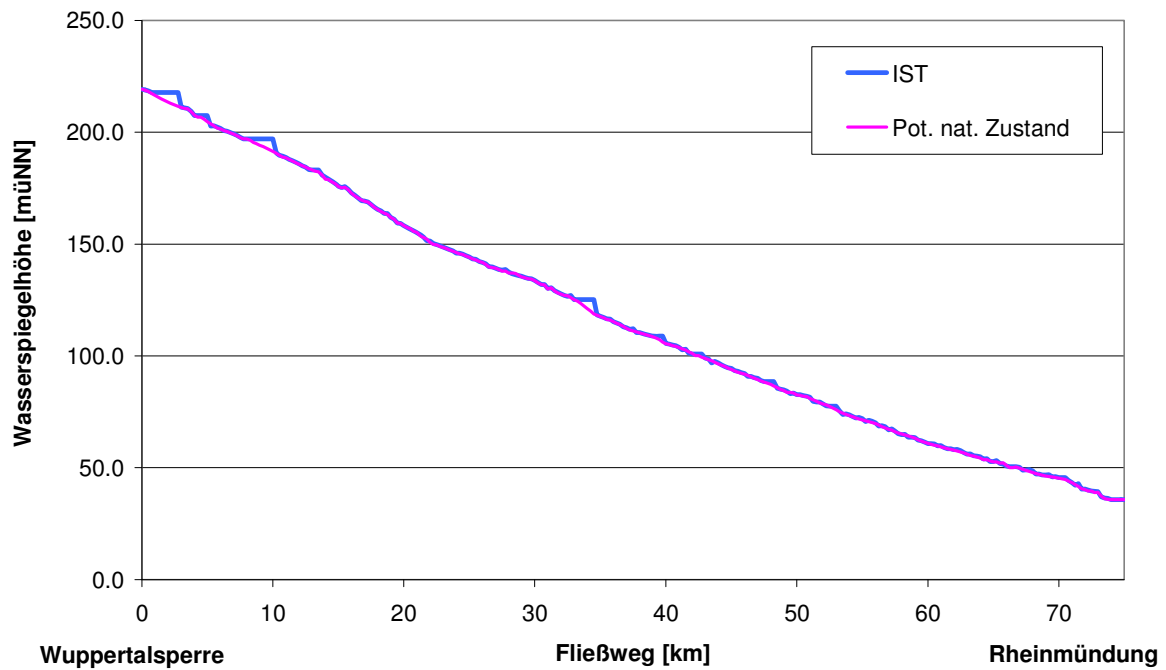


Bild 11.2.2.3-3: Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat Juni

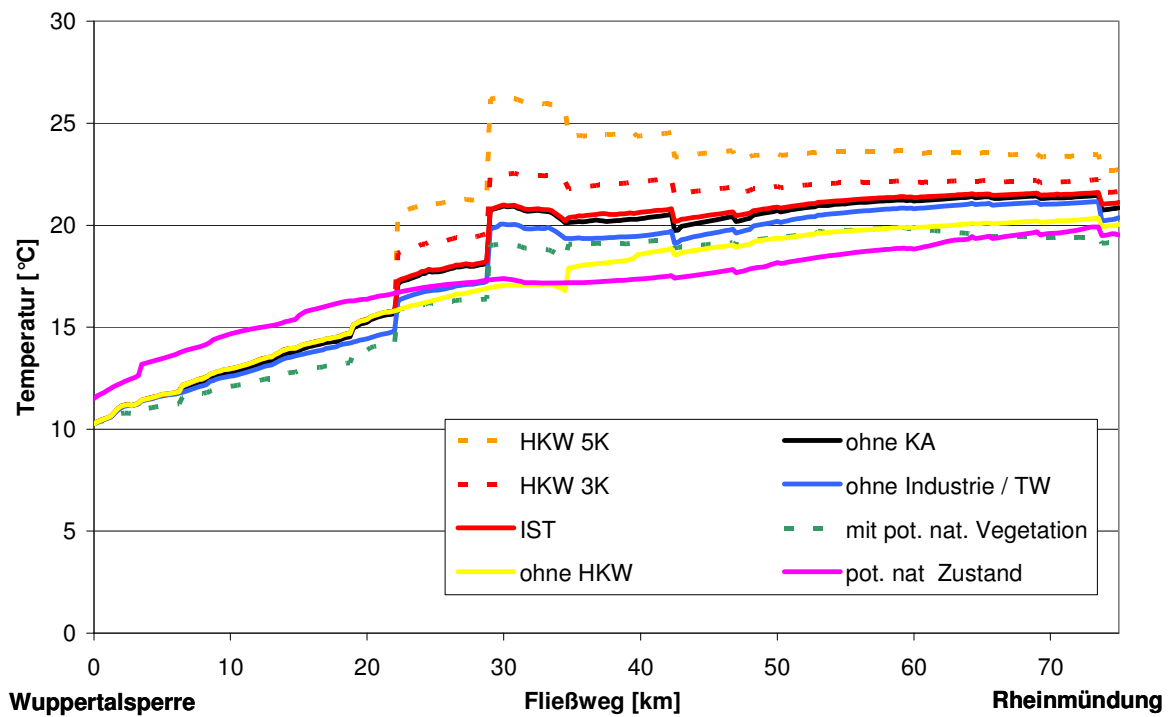


Bild 11.2.2.3-4: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni über den Fließweg

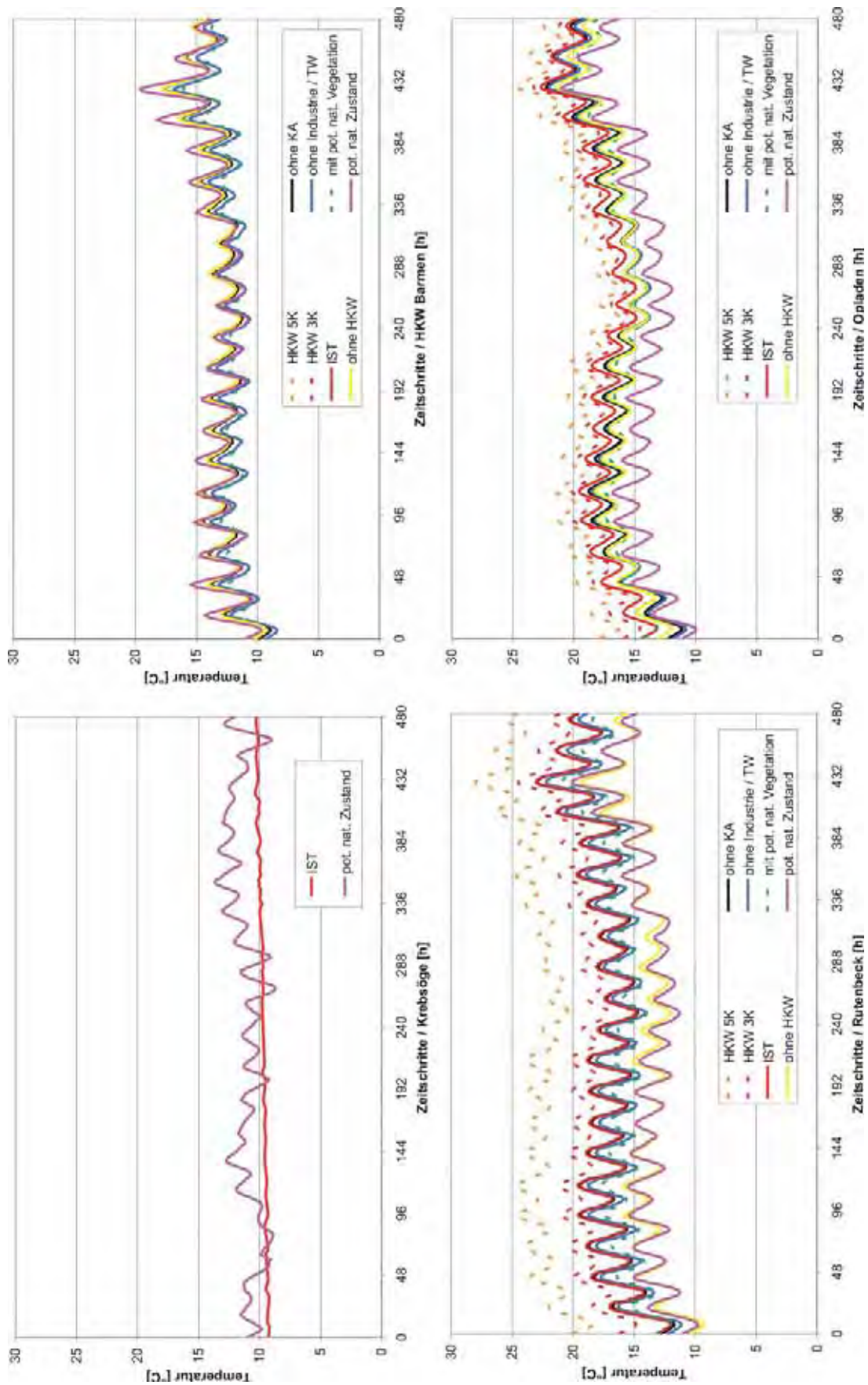


Bild 11.2.2.3-5: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni über 20 Tage

11.2.2.4 Ergebnisse für den Monat November 2003

In Bild 11.2.2.4-1 ist der Abfluss im Längsverlauf für die einzelnen Lastfälle dargestellt. Analog zu den Lastvarianten für den Monat Januar verringert sich der Abfluss um $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Lastfall ohne KA im Vergleich zum IST-Zustand. Für den Lastfall ohne Industrie / TW erhöht sich im Vergleich zum Lastfall ohne KA der Abfluss an der Wuppertalsperre und der Dhünn durch den Wegfall der Trinkwassernutzung. Der potenziell natürliche Abfluss liegt am Pegel Opladen höher im Vergleich zum IST-Zustand. Durch die Begrenzung des Abflusses an der Wuppertalsperre war der Abfluss im IST-Zustand relativ niedrig (Bilder 11.2.2.4-2 und 11.2.2.4-3).

Der Temperaturverlauf der Wupper ist in Bild 11.2.2.4-4 und Bild 11.2.2.4-5 dargestellt. Die Eingangstemperatur liegt im Monat November zwischen $8-9^\circ\text{C}$. Im Vergleich zum IST-Zustand liegt die Eingangstemperatur für den potenziell natürlichen Zustand im Mittel um 2°C niedriger und die Temperatur schwankt zwischen 9 und $3,5^\circ\text{C}$.

Die Temperaturverläufe der verschiedenen Lastfälle weisen vor dem HKW Barmen keine großen Unterschiede auf. Die Temperatur schwankt zwischen 9 und 6°C , die Tagesamplitude ist gering. Der potenziell natürliche Zustand weist stärkere Temperaturschwankungen auf und liegt deutlich niedriger, dies ist höchstwahrscheinlich auf die Eingangstemperatur für den potenziell natürlichen Zustand zurückzuführen, die aus dem November 2001 angesetzt wurde, der deutlich kälter war.

Bei einem MNQ am Pegel Kluserbrücke von $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ liegt die Aufwärmspanne am HKW Barmen im Mittel bei $1,22^\circ\text{C}$ und am HKW Elberfeld bei $3,24^\circ\text{C}$. Die Wärmelast der Heizkraftwerke ist nicht konstant, das HKW Barmen deckt die Stromspitzen morgens, mittags und abends ab, das HKW Elberfeld hat eine höhere Wärmelast in den Nachtstunden als im Tagesverlauf. Die Spitzenlast beträgt $1,56^\circ\text{C}$ für das HKW Barmen und $3,5^\circ\text{C}$ für das HKW Elberfeld. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 3 K je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $12,6^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $14,3^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $10,8^\circ\text{C}$. Bei Ausnutzung einer Aufwärmspanne von 5°C je HKW würde die Temperatur an der Messstelle Rutenbeck im Mittel auf $16,1^\circ\text{C}$ ansteigen mit Maximalwerten von $17,8^\circ\text{C}$ und Minimalwerten von $14,1^\circ\text{C}$.

Die Abkühlung zwischen dem HKW Elberfeld und Opladen ist vergleichbar mit den Lastfallrechnungen im März.

Die Kläranlagen führen zu einer Temperaturerhöhung von $1,2^\circ\text{C}$.

Die Beschattung der Wupper hat im November keinen Einfluss.

Beim potenziell natürlichen Zustand liegt die Temperatur im Mittel bei 6°C in Krebsöge und verändert sich bis nach Opladen kaum ($T=6,1^\circ\text{C}$). Die Temperatur liegt an der Messstelle Rutenbeck um $5,1^\circ\text{C}$ und in Opladen um $3,2^\circ\text{C}$ unter der mittleren Temperatur des Lastfalls IST-Zustand.

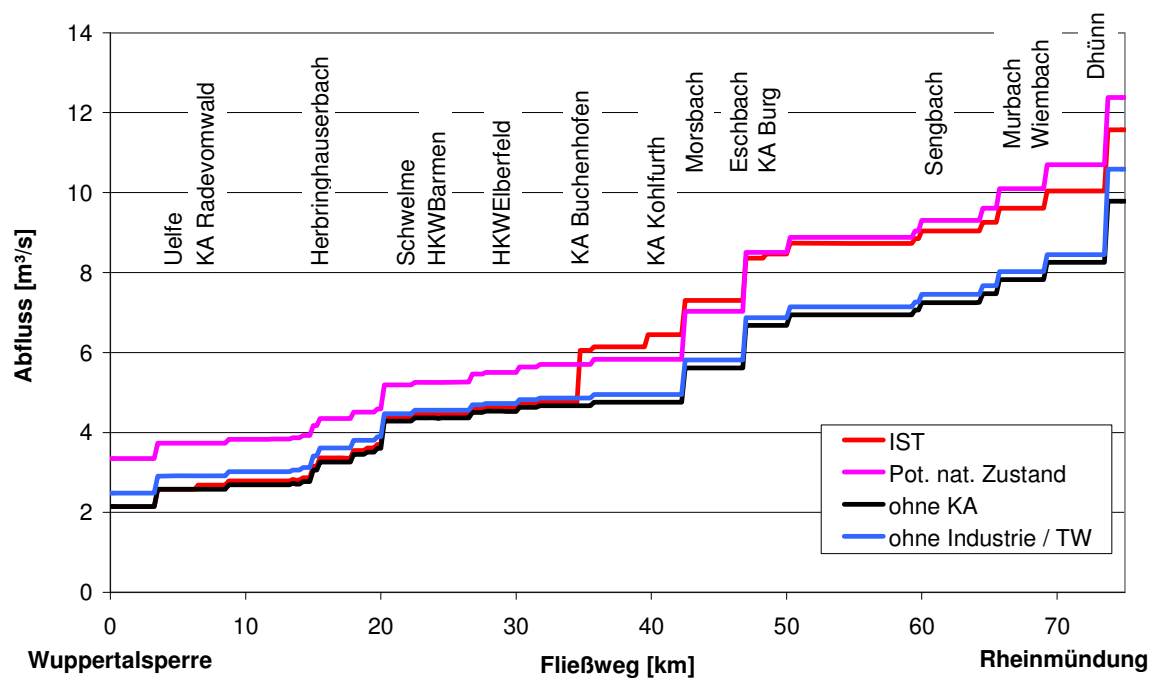


Bild 11.2.2.4-1: Abfluss (MNQ) der Wupper von der Wuppertalsperre bis zur Mündung im Monat November

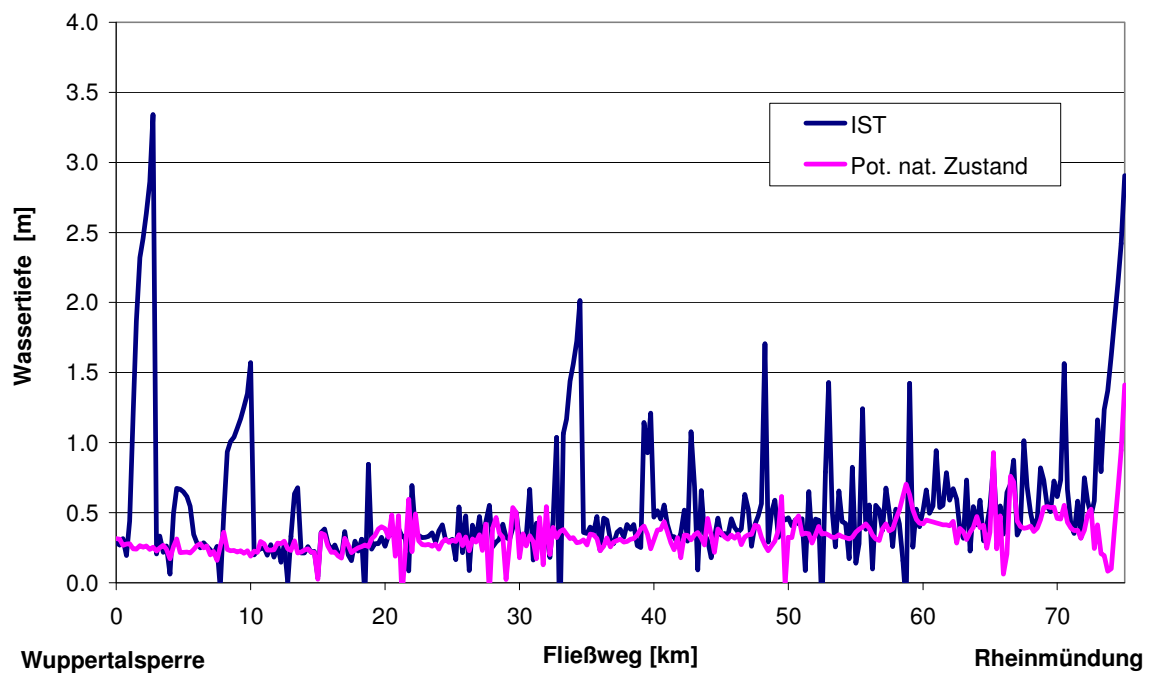


Bild 11.2.2.4-2: Simulierte Wassertiefe der Wupper bei MNQ im Monat November

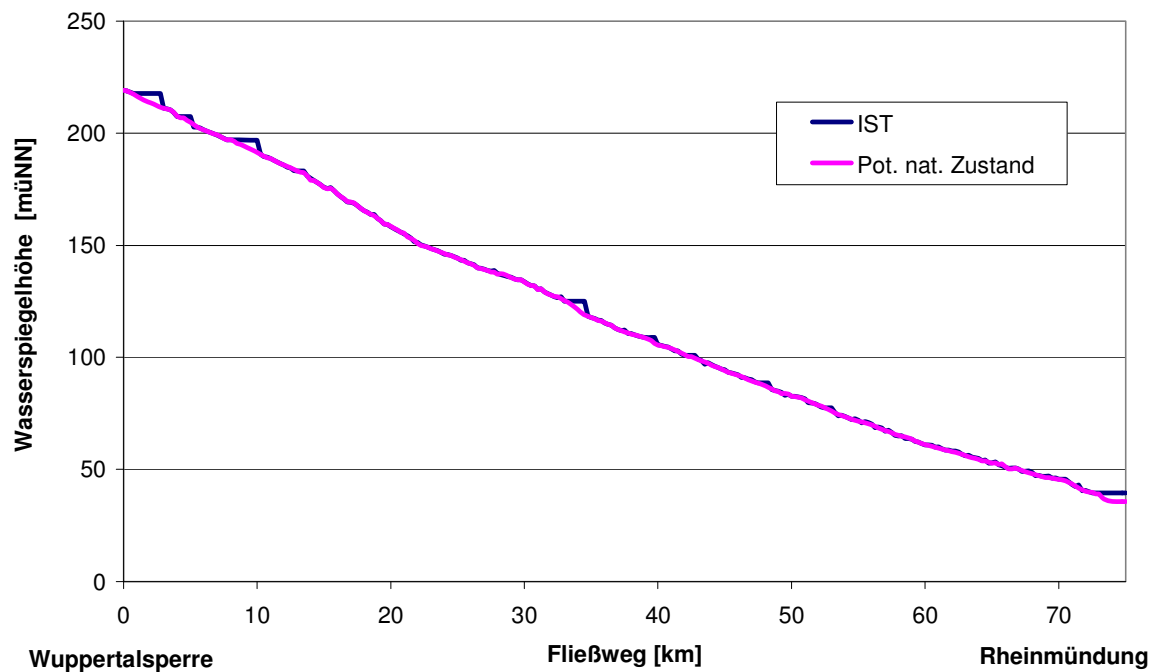


Bild 11.2.2.4-3: Simulierte Wasserspiegelhöhe der Wupper bei MNQ im Monat November

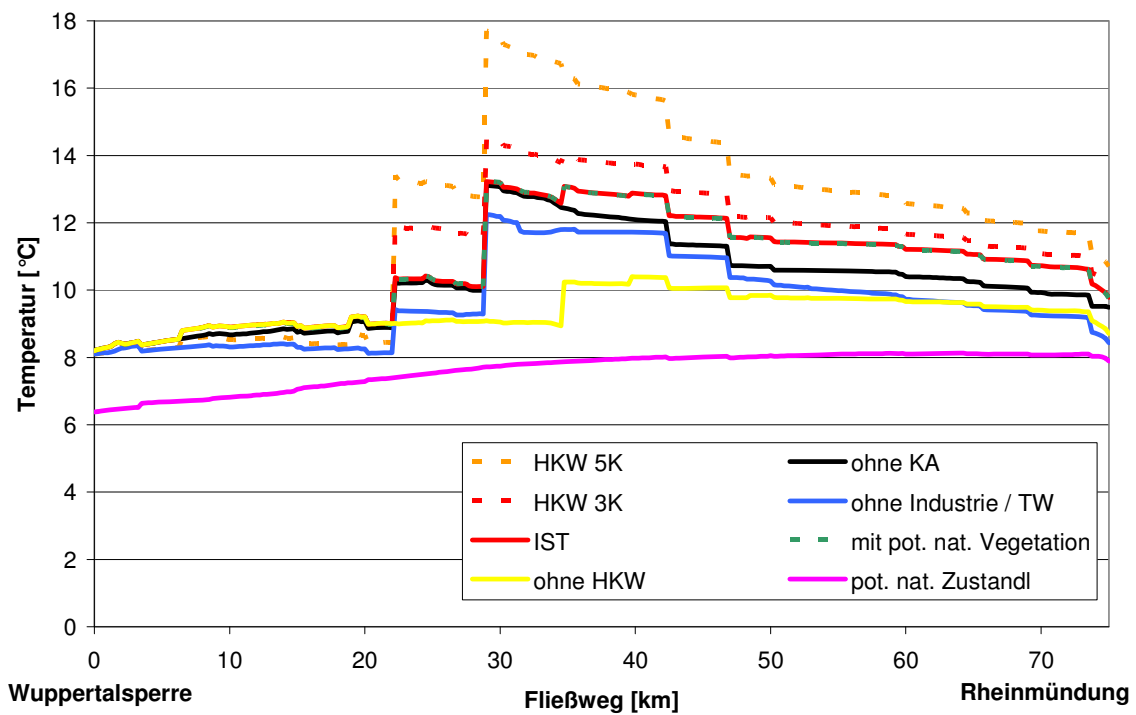


Bild 11.2.2.4-4: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat November über den Fließweg

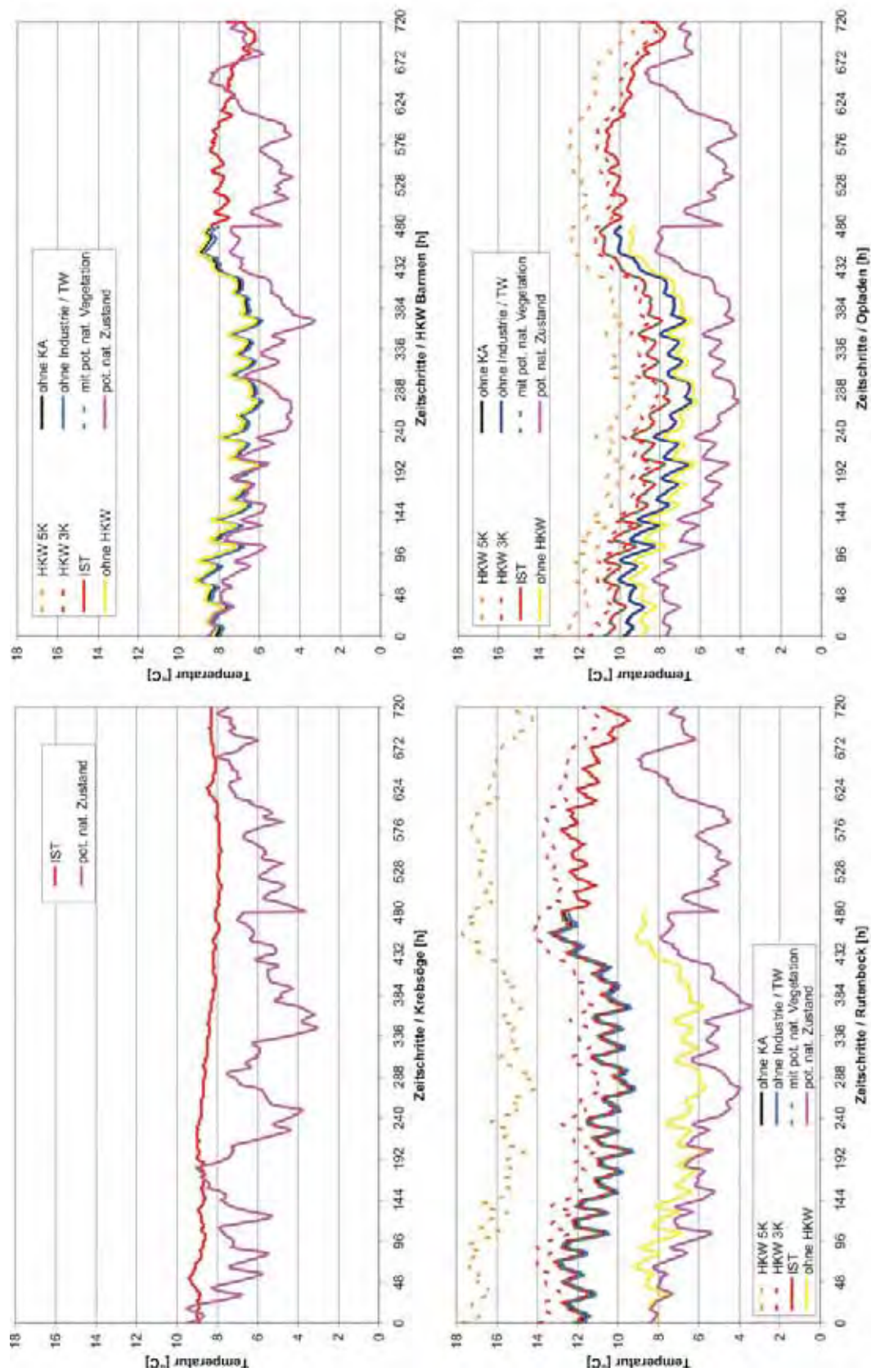


Bild 11.2.2.4-5: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat November über 20 Tage

11.3 Zusammenfassung Temperaturmodell

Für die Untere Wupper konnte für den Zeitraum Juni 2003 und August 2003 ein Modellabgleich durchgeführt werden, der mit ausreichend guter Genauigkeit die Prozesse in der Unteren Wupper abbildet. Das Modell ist somit geeignet, die der unterschiedlichen anthropogenen Einflüsse zu beurteilen.

Weiterhin wurde ein Temperaturmodell für den potenziell natürlichen Zustand für die Untere Wupper aufgebaut. Der simulierte potenziell natürliche Temperaturverlauf der Wupper bestätigt, dass die Wupper ein sommerkalttes Fischgewässer ist. Die maximalen Temperaturen liegen im Sommer bei 23°C, die mittleren Sommertemperaturen liegen zwischen 14 und 20°C.

In Bild 11.3-1 ist der Einfluss der Gewässermorphologie, der potenziell natürlichen Vegetation und des potenziell natürlichen Abflusses für den Monat Juni dargestellt.

Die Berücksichtigung der potenziell natürlichen Vegetation führt im Vergleich zum Lastfall ohne Heizkraftwerke, Kläranlagen und Industrie zu einer deutlichen Abkühlung des Gewässers.

Die zusätzliche Berücksichtigung des niedrigen potenziell natürlichen Abflusses führt insbesondere in den Sommermonaten zu einer Erwärmung der Wupper.

Der Ansatz der potenziell natürlichen Gewässermorphologie führt zu einer weiteren Erwärmung der Gewässer, da der Einfluss der Beschattung bei Gerinnebreiten von 50 - 120 m gering ist.

Ingesamt zeigt sich, dass durch die anthropogene Nutzung die Temperatur der Wupper im IST-Zustand im Mittel um 3,5 C in Rutenbeck und 3 C in Opladen wärmer ist als im potenziell natürlichen Zustand. Die Aufwärmspanne ist insbesondere in den Übergangsmonaten November und März durch den dann dominierenden Einfluss der Heizkraftwerke hoch. Im relativ warmen Monat November 2003 lagen die Aufwärmspannen bei 5,1 C in Rutenbeck und 3,2 C in Opladen.

Mit dem Simulationsmodell konnte der spezifische Einfluss einzelner Einleiter abgeschätzt werden. Die Heizkraftwerke führen zu einer deutlichen Aufwärmung der Wupper. Die Abläufe der Kläranlagen führen in den Winter- und Übergangsmonaten ebenfalls zu einer deutlichen Erwärmung der Wupper. Der Einfluss der restlichen Industrieinleiter ist gering und liegt bei max. 0,5 C.

Der Ansatz einer potenziell natürlichen Vegetation in den Sommermonaten führt zu einer Abkühlung um 1,4 C. Eine Abkühlung der Wupper in den Sommermonaten könnte durch eine verbesserte Beschattung der Wupper erreicht werden. Diese Maßnahme ist jedoch nicht sofort verfügbar.

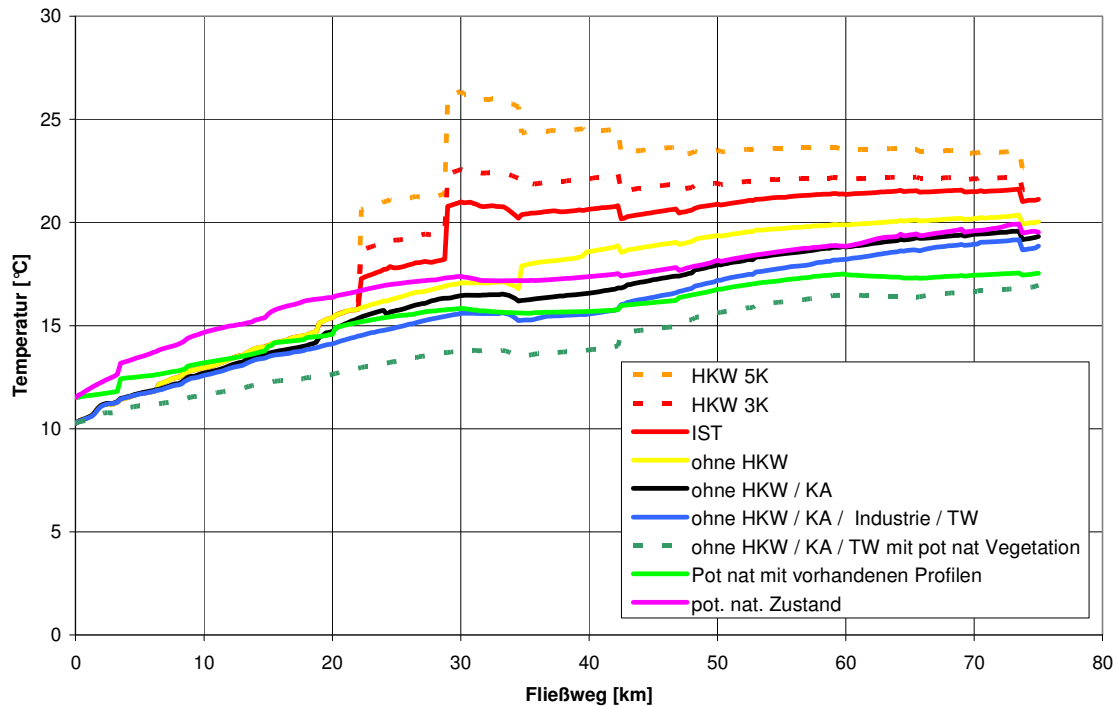


Bild 11.3-1: Simulierter Temperaturverlauf in der Wupper bei MNQ im Monat Juni

11.4 Literatur zu Kapitel 11

[ATV, DVWK, 2002] ATV Gewässergütemodell, Version 1.2, Hennef.

[Haidekker, 2005] Alexandra Haidekker (in press): The effect of water temperature regime on benthic macroinvertebrates - a contribution to the ecological assessment of rivers. Inaugural-Dissertation Universität Essen. p. 38.

[WSW, 2004] Die Wasserzahlen der Wuppertaler Stadtwerke
<http://www.wsw-online.de/wasser/wasserzahlen>, 12.11.04

[WVV, 2004] Wasserversorgungsverband Rhein-Wupper
<http://www.wvv-rhein-wupper.de>, 12.11.04

[Hydrotec, 1999] Niederschlag-Abfluß-Modell Obere Wupper, Hydrotec, Aachen.

12 Beschreibung der drei Hauptnutzer

Aus Kapitel 11 geht hervor, dass die drei hauptsächlichen punktförmigen Wärmeeintragsquellen die beiden Heizkraftwerke der WSW AG sowie die Kläranlage Buchenhofen des Wupperverbandes sind. Diese werden nachstehend vorgestellt und beschrieben.

12.1 Heizkraftwerke

Die WSW AG betreiben an zwei Standorten in Wuppertal Heizkraftwerke, die zur Kühlung Kühlwasser aus der Wupper nutzen. Beide Anlagen arbeiten nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, bei dem Strom und Wärme gleichzeitig erzeugt wird. Dadurch arbeiten die Heizkraftwerke umweltfreundlich, ressourcen- und klimaschonend mit einem hohen energetischen Nutzungsgrad.

Mit der dezentralen Stromerzeugung leisten die WSW positive Beiträge zur Wertschöpfung in der Region und dämpfen die eigenen Risiken von Preissteigerungen auf dem Strommarkt. Allerdings ist ohne einen Stromerzeugungsanteil über die Kraft-Wärme-Kopplung hinaus eine Wirtschaftlichkeit der Heizkraftwerke und damit auch einer Strom- und Wärmeerzeugung in gekoppelter Erzeugung, nicht gegeben. Für diesen Kondensationsanteil, der erheblich von der jeweils abgegebenen Fernwärmeauskopplung abhängt, ist Kühlwasser erforderlich.

Der Einsatz der Heizkraftwerke erfolgt zunächst entsprechend den Anforderungen der Fernwärme, darüber hinaus nach den Bedingungen des Strommarktes. Die Stromerzeugung der Heizkraftwerke konkurriert mit den Bezugskosten auf dem Strommarkt, die jahreszeitlich, wochentäglich und über den Tagesverlauf sehr unterschiedlich sind.

Der Betrieb erfolgt nach einem, nach den oben genannten Kriterien im Voraus festzulegenden Fahrplan, der zur Abdeckung der Lieferverpflichtungen dann zwingend eingehalten werden muss.

Die Einspeisung der Fernwärme erfolgt in das Dampfnetz der Wuppertaler Stadtwerke. Die Gesamtstruktur des Wärmebedarfes der Fernwärme- und Prozessdampfkunden ist eher Heizwärme orientiert, d.h. dass die Wärmeeinspeisung stark von der Außentemperatur abhängt. Entsprechend geht in der Übergangszeit und im Sommer die Wärmeanforderung stark zurück, wodurch bei vergleichbarer Kraftwerksleistung der Kühlbedarf ansteigt.

12.1.1 Heizkraftwerk Barmen

12.1.1.1 Historie und letzter Ausbau

Der Standort HKW Barmen existiert seit 1894. Er wurde im Laufe der Zeit häufig modernisiert und an die Bedarfe des Strom- und Wärmebedarfes in Wuppertal angepasst.

Derzeit ist nur noch der 1981 errichtete Gas- und Dampfturbinenblock (GuD) Block 2 in Betrieb. Der bis 2003 betriebene Kohleblock (Block 1) wurde rückgebaut und wird derzeit durch den Bau eines modernen Gas- und Dampfturbinenblocks ersetzt. Dieser Block wird in 2005 in Betrieb genommen, danach wird Block 2 außer Betrieb genommen.

12.1.1.1 Verfahren und Leistungsdaten

Barmen Block 2

Baujahr:	1981
Bauart:	Gas- und Dampfturbinenanlage
Brennstoff:	Erdgas, ersatzweise Heizöl
Komponenten:	2 Gasturbinen mit je 34 MW
	2 ungefeuerte Abhitzeessel
	1 Dampfturbosatz, 38 MW

elektrische Leistung	108 MW
Wärmeauskopplung:	80 MW
Kühlsystem:	Kondensation mittels Durchlaufkühlung mit Wupperwasser. Nebenkühlsysteme über Brunnenwasser Abzuführende Wärme über das Kühlwasser bei voller Kondensation: ca. 90 MW

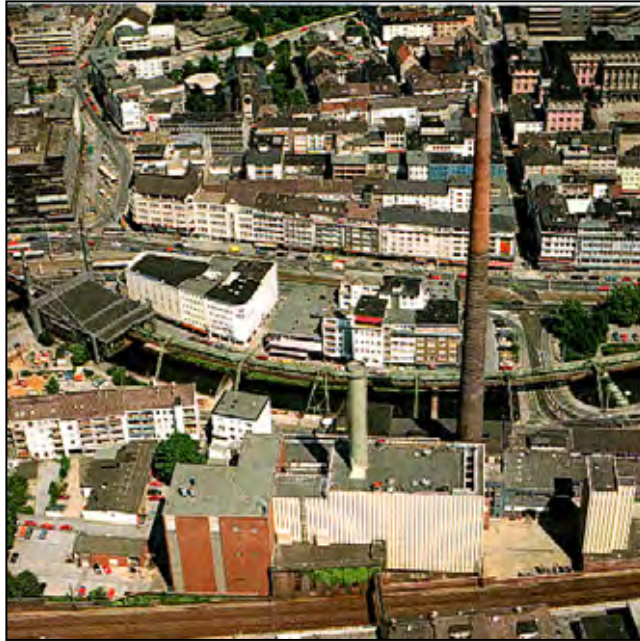


Bild 12.1.1.1-1: Luftbild des HKW Barmen [STAAB, 2005]

Barmen Block 1 (neu)

Baujahr:	2005
Bauart:	Gas- und Dampfturbinenanlage
Brennstoff:	Erdgas
Komponenten:	2 Gasturbinen mit je 28 MW 2 ungefeuerte Abhitzeessel 1 Dampfturbosatz, 29 MW (Turbosatz Block 2, ertüchtigt) 1 Spitzenlastdampferezeuger 50 t / h
elektrische Leistung	84 MW
Wärmeauskopplung	80 MW (nur GuD, ohne Spitzenlastdampferezeuger)
Kühlsystem:	Kondensation mittels Durchlaufkühlung mit Wupperwasser. Nebenkühlsysteme über Brunnenwasser Abzuführende Wärme über das Kühlwasser bei voller Kondensation: ca. 67 MW

12.1.2 Heizkraftwerk Elberfeld

12.1.2.1 Historie und letzter Ausbau

Der Standort HKW Elberfeld existiert seit dem Jahr 1900. Er wurde im Laufe der Zeit ebenso wie das HKW Barmen häufig modernisiert und an die Bedarfe des Strom- und Wärmebedarfes in Wuppertal angepasst.

Der derzeitige Ausbauzustand (Block 3) besteht aus zwei Steinkohle gefeuerten Kesseln und einem Dampfturbosatz.



Bild 12.1.1.1-2: Luftbild des HKW Elberfeld [STAAB, 2005]

12.1.2.2 Verfahren und Leistungsdaten

Elberfeld Block 3

Baujahr:	1989
Bauart:	Wirbelschicht-Anlage
Brennstoff:	Steinkohle, Erdgas als Zünd- und Stützfeuerung
Komponenten:	2 Kessel mit Zwischenüberhitzung, zirkulierende atmosphärische Wirbelschicht, Dampfleistung 170 t / h, 1 Dampfturbosatz, 102 MW
elektrische Leistung	102 MW
Wärmeauskopplung:	201 MW
Kühlsystem:	Kondensation und Nebenkühlsystem mittels Durchlaufkühlung mit Wupperwasser. max. Wärmeabgabe an das Kühlwasser: ca. 87 MW Zusätzlich Luftkondensator, Kühlleistung ca. 46 MW

Die Kessel arbeiten nach dem Prinzip der zirkulierenden atmosphärischen Wirbelschicht. Die eingeblasene Kohle verbrennt in einen in der Schwebel und Umlauf gehaltenen Aschebett. Die Vorteile sind niedrige Schwefeldioxid-Emissionen durch eine direkte Zudosierung von Kalk in die Feuerung und niedrige Stickoxid-Emissionen durch moderate Feuerungstemperaturen. Nachgeschaltete Tuchfilter sichern zudem niedrige Staubemissionen.

12.1.3 Öffentliche Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Mit der gekoppelten Erzeugung von Strom und Fernwärme wird ein erheblich besserer Ausnutzungsgrad der eingesetzten Brennstoffe als bei reiner Stromerzeugung und parallel dazu dezentral erzeugter Wärme erreicht. Die KWK leistet aufgrund dessen u.a. einen Beitrag zur Verringerung der Treibhausgasemissionen. Damit ist der ökologische Wert der KWK ist unbestritten.

Der hohe Nutzungsgrad wird dadurch erreicht, dass Wärme aus dem Prozess, auf einen nutzbaren Temperaturniveau, ausgekoppelt und den Nutzern zur Verfügung gestellt wird. Andernfalls müsste diese Wärme, wenn auch auf niedrigeren Niveau, über Kühlwasser, und damit ungenutzt, abgeführt werden.

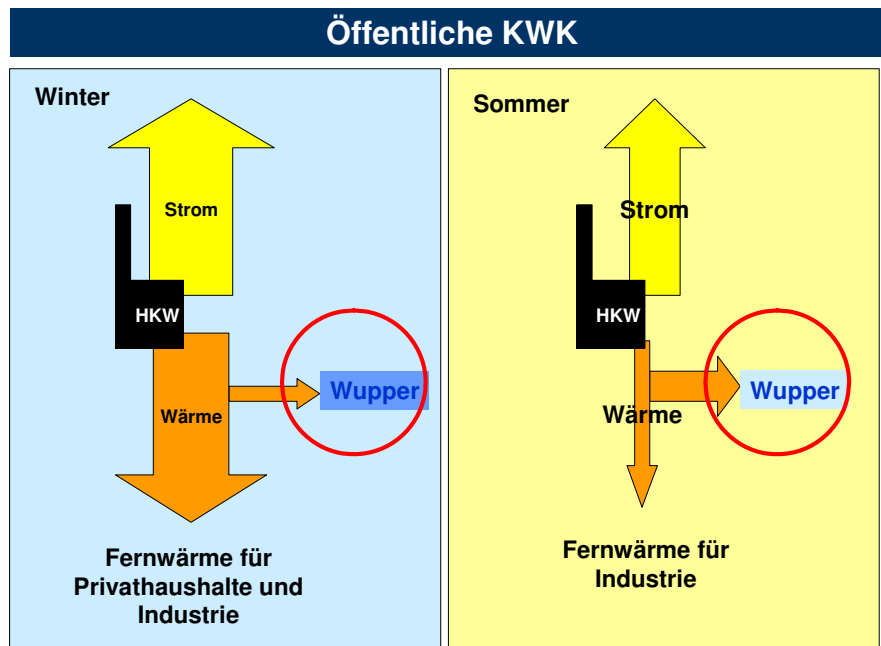


Bild 12.1.3-1: Wärmeströme im Winter und Sommer

Der Betrieb reiner KWK-Anlagen ist allerdings absolut von der Wärmeaufnahme der Nutzer abhängig. Damit haben diese Anlagen, wenn sie ein öffentliches Wärmenetz mit hauptsächlich Heizungswärmenutzern versorgen, außerhalb der kalten Jahreszeit ein Auslastungsdefizit, das bis zur Unwirtschaftlichkeit führen kann. Die Politik hat hier zumindest für befristete Zeit mit der KWK-Bonusregelung für die in KWK erzeugte Strommengen gegen-gesteuert.

Mit der Möglichkeit, unter Nutzung von Kühlwasser, über die KWK hinaus die Anlagen zu betreiben, steigen die wirtschaftlichen Chancen erheblich.

Aufgrund des Größendefizit der Heizkraftwerke gegenüber großen Kondensationskraftwerken (Großkraftwerke) ergeben sich trotzdem deutlich ungünstigere Kostenstrukturen und damit zwangsläufig höhere Stromerzeugungskosten.

12.1.4 Strommarkt und Strombeschaffung bei der WSW AG

Vor der Liberalisierung des Strommarktes wurde die Beschaffung von Strom bei den Wuppertaler Stadtwerken neben der Eigenerzeugung über langfristige Verträge mit einem Vorlieferanten abgewickelt. Der Vorlieferant hatte im Rahmen der bestellten Leistung jederzeit den Strom zur Verfügung zu stellen. Dies war von jeher eine anspruchsvolle Aufgabe, da Strom nicht speicherbar ist und entsprechend immer genau zu dem Bedarfszeitpunkt produziert werden muss.

Der Wettbewerbsdruck auf die WSW führte dazu, dass seit dem 01.01.2004 die langfristigen Verträge durch ein neues Beschaffungsmanagement abgelöst wurde. Energiehändler bei der WSW AG sorgen dafür, dass die Stromverfügbarkeit stets im Einklang mit dem herrschenden Energiebedarf ist. Dabei ist Strom zu einem Handelsprodukt geworden, dessen An- und Verkauf mit aus dem Börsenhandel bekannten Mechanismen ablaufen (Bild 12.1.4-1).

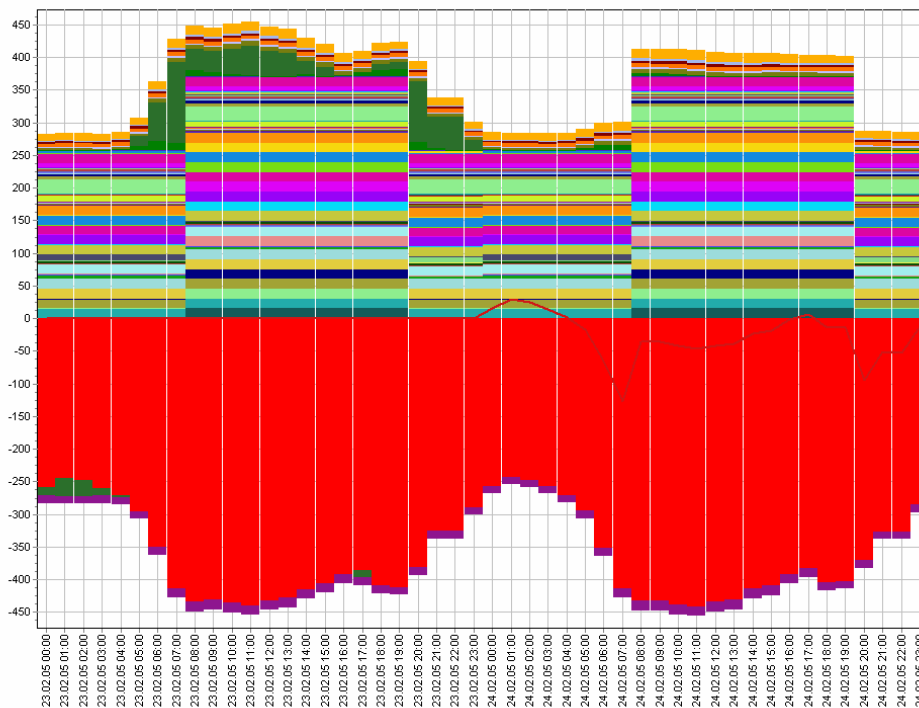


Bild 12.1.4-1 Strommarkt und Stromhandel: nach unten (in rot) Bedarf an Strom in einem definierten Gebiet; nach oben (bunte Lamellen) = von Energiehändlern zur Abdeckung des Bedarfes gekaufter Strom zerlegt in Einzelprodukte; rote Linie: Zukauf ab diesem Zeitpunkt noch nicht komplett [LEONHARD, 2005a]

Die Wertigkeit der Produkte und damit der Strompreis unterliegen dem Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage, die für die betreffenden Zeiträume sehr unterschiedlich sein können. So gibt es eine erhebliche Streuung über den Tagesverlauf mit einer Preisspitze um die Mittagszeit, Unterschiede von Wochentagen zu Wochenenden oder Feiertagen sowie jahreszeitliche Unterschiede (Bild 12.1.4-2). In den Zeiten mit mangelnder Nachfrage (z.B. nachts, Wochenende) kommt es zu einer Überproduktion mit sinkenden Strompreisen. Im Gegenzug können extreme Situationen, wie z.B. niedrige, aber auch extrem hohe Temperaturen zu nicht vorhergesehener Nachfrage mit der Folge von Hochpreisphasen führen. Die Preisspanne für den Strom liegt bei minimal <20 Euro pro MWh bis zu mehreren hundert Euro pro MWh. Im Sommer 2003 wurden Maximalwerte um 1000 Euro pro MWh erreicht.

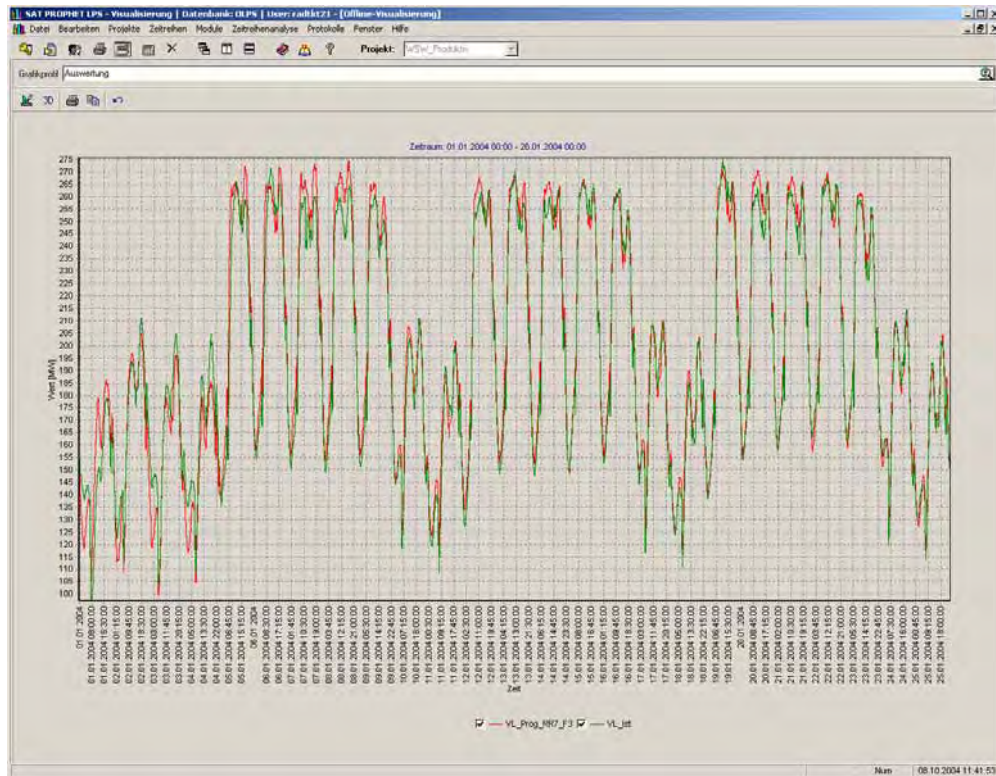


Bild 12.1.4-2 Lastprognose (rot) und tatsächlicher Lastgang (grün) am Beispiel Januar 2005 in Megawatt [LEONHARD, 2005a]; zu erkennen: Tageszyklus und Wochenenden

Durch eine gemeinsame Energiebeschaffung der Unternehmen Energie und Wasser für Remscheid GmbH, Stadtwerke Velbert und Wuppertaler Stadtwerke AG werden Synergien genutzt. Das Handelsvolumen beträgt jährlich rund 2,6 Milliarden Kilowattstunden.

Hinzu kommt die Vermarktung der Eigenerzeugung aus den Heizkraftwerken Barmen und Elberfeld mit rund 1 Milliarde Kilowattstunden. Die Heizkraftwerke als Strom- und Fernwärmeerzeuger sind gleichermaßen dem Marktdruck ausgesetzt und bieten die elektrische Erzeugung zu (Strom-) Marktkonditionen an, deren Vermarktung den gleichen Gesetzmäßigkeiten wie die Strombeschaffung selbst unterliegt. Ziel dieser Trennung von Erzeugung und Energiebeschaffung ist es, möglichst kostengünstig zu kaufen und möglichst lukrativ zu verkaufen. Ein verkauftes Produkt stellt gleichzeitig eine Lieferverpflichtung dar. Bei nicht Verfügbarkeit von geplanter Kraftwerkskapazität müssen diese Verpflichtungen durch Fremdbeschaffung, dann ohne Rücksicht auf den Preis, erfüllt werden.

Die Abwicklung des Handels erfolgt in Form einer "strukturierten Beschaffung", bei der zunächst die erforderlichen Strommengen in marktgängige Produkte zerlegt werden müssen. Dabei werden unterschiedlichen Zeithorizonte betrachtet. In einer Langfristprognose, wird der Strombedarf jedes einzelnen Tages im Stundenraster, auf Basis der Erkenntnisse der Vergangenheit unter Berücksichtigung von Feiertagen, Ferien und Brückentage vorhergeplant. Für die Beschaffung setzt man mit einer Vorlaufzeit bis zu 1,5 Jahren auf den Terminmarkt (Bild 12.1.4-4). Hier wird aus Gründen der Risikostreuung sukzessiv der zukünftige Bedarf laufend in Einzelscheiben zugekauft (Bild 12.1.4-1). Handelspartner sind dabei sowohl andere Händler als auch Energieversorgungsunternehmen.

Besondere Wettereinflüsse oder Produktionsänderungen großer Betriebe können in dieser Phase allerdings noch nicht berechnet werden. Das geschieht erst in der Kurzfristprognose. Hier geht es um die präzise Bedarfsabschätzung für den kommenden Tag. Der Restbedarf wird auf dem so genannten Spotmarkt gekauft bzw. Überschuss verkauft. Der Handel läuft dabei **im Stundenraster** an der Strombörse EEX in Leipzig.

Zum Ausgleich der unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Lastprognose zum aktuellen Bedarf (Bild 12.1.4-2) wird zum Zeitpunkt des Verbrauchs Ausgleichsenergie verrechnet, sowohl bei Über- als auch bei Unterdeckung. Dies erfolgt grundsätzlich durch den Betreiber des Hochspannungs-Übertragungsnetz.

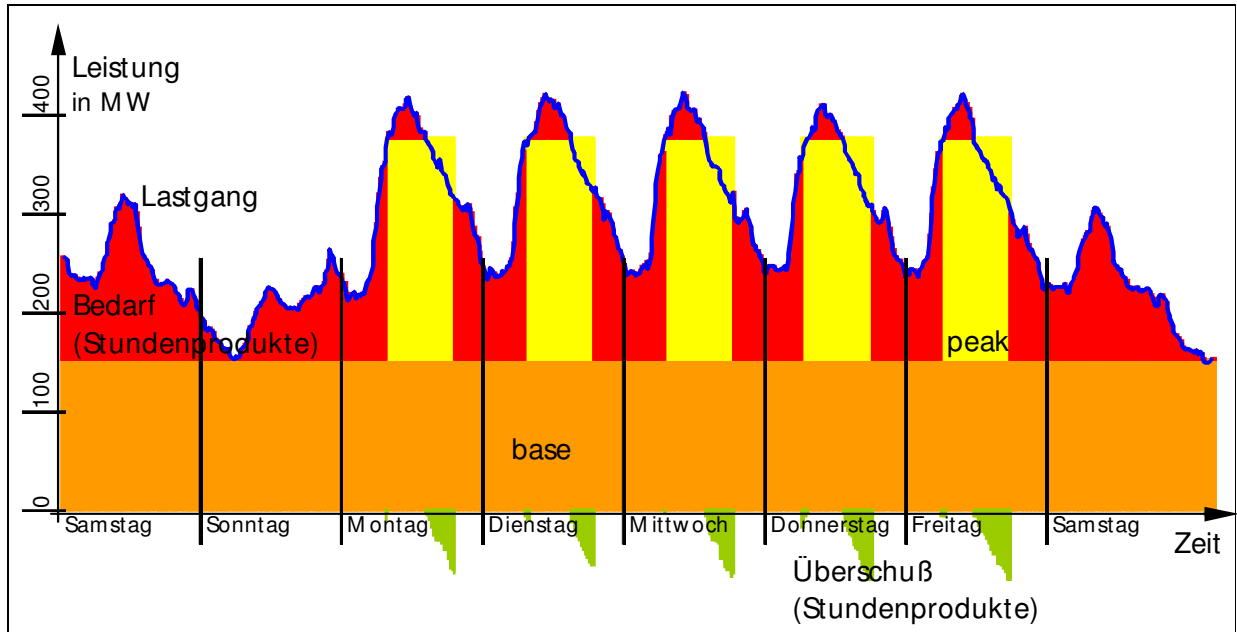


Bild 12.1.4-3: Stückelung des Stromproduktes in "Base" (gleichbleibend) und Stundenprodukte (schwankend) [LEONHARD, 2005a]

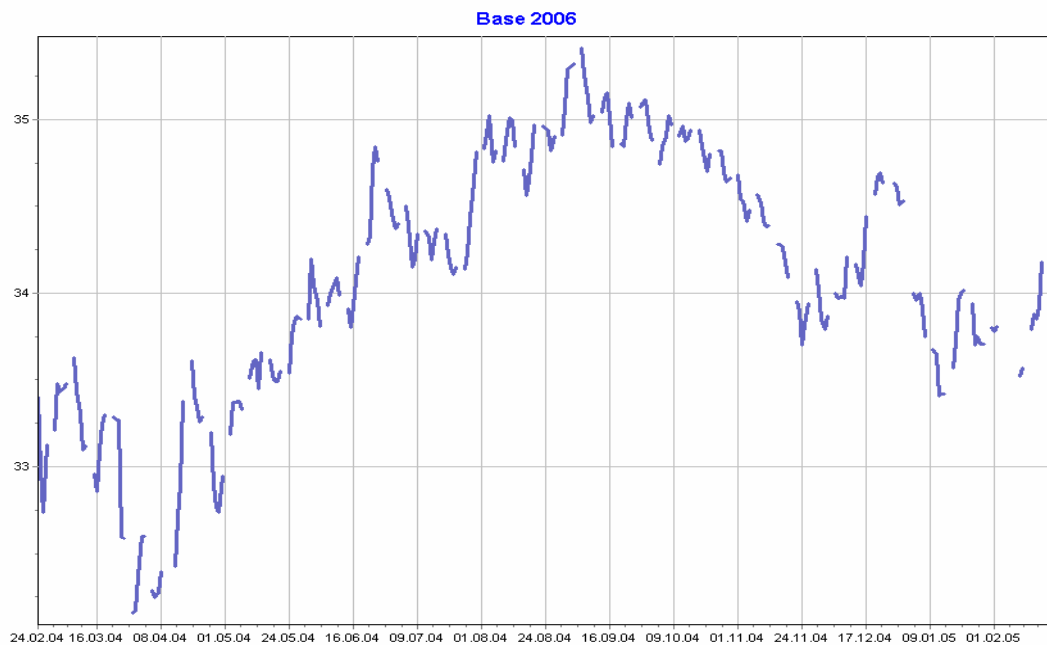


Bild 12.1.4-4: Strompreis "Base" für das Jahr 2006 zu Verkaufszeitpunkten in 2004 (Strompreis bei Vorseinkauf bzw. -verkauf) [LEONHARD, 2005a]

12.1.5 Wärmemarkt

Die WSW unterscheiden beim Wärmemarkt in

- Fernwärmekunden mit Anschluss an das Dampfnetz (Ost- und West), Einspeisung durch die HKW
- Fernwärmekunden, Anschluss an das Heißwassernetz (Süd), Einspeisung durch das Müll-Heizkraftwerk der Abfall-Wirtschaftsgesellschaft
- Nahwärmekunden, kleine Wärmeinseln, eingespeist durch dezentrale Erzeugungsanlagen (Blockheizkraftwerke oder Kessel)
- Wärmeservice, Wärmeerzeugung in konventionellen Heizungsanlagen, Wärmelieferung als Komplettservice

Mit Bezug auf die Situation der Heizkraftwerke wird im Folgenden auf den Wärmemarkt, der durch das Hauptnetz versorgt wird, eingegangen.

Die Fernwärmeversorgung konzentriert sich entlang der Talachse an der Wupper sowie in den Zentren Barmen und Elberfeld. In der Umgebung der bestehenden Trassen wird die Fernwärme bevorzugt angeboten, d. h. Kunden wird generell zuerst ein Fernwärmeangebot unterbreitet, auch wenn sich eine Gasleitung in der Nähe befindet.

Der Umsatzanteil der Fernwärme in der Energiesparte der WSW AG liegt bei rund 6 %, in Wärmemenge sind dies ca. 644 GWh / Jahr.

Der Ziel der Vermarktung und Akquisition von Fernwärme ist es, über einen Erhalt hinaus auch Zuwachs beim Fernwärmeabsatz zu erreichen. Damit soll die Auslastung der Kraftwerke und somit die umweltschonende KWK-Stromerzeugung gesichert werden. Dabei ist die ideale Benutzerstruktur diejenige mit einer hohen Benutzungsstundenzahl, d.h. durch gewerbliche Abnehmer, die die Wärme witterungsunabhängig für Produktionszwecke (Prozesswärme) benötigen. Bedauerlicherweise ist die Zahl dieser Prozesswärmekunden durch Produktionseinstellungen, -Umstellungen und -verlagerungen in Wuppertal immer weiter rückläufig.

Die Absatztendenz geht daher stärker zu einer Heizwärmeorientierung, mit einem Auslastungsdefizit in den Sommermonaten. An Stelle des produzierenden Gewerbes tritt mit einer ungünstigeren Benutzungsstruktur das Dienstleistungsgewerbe (Handel, Verwaltung) als Wärmekunde.

Aus den Gründen des Klima- und Umweltschutzes hat die Nutzung der Fernwärme und deren ökonomisch sinnvoller Ausbau für WSW einen hohen Stellenwert. Die Verpflichtung der Stadt Wuppertal zum Klimaschutz mit dem Ziel, bis 2010 38% der CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 einzusparen, ist u. a. nur durch den verstärkten Einsatz von Fernwärme (FW) möglich. Mit der langfristigen Kundenbindung hat Fernwärme ein Alleinstellungsmerkmal, während Erdgas im Rahmen der Marktliberalisierung auch durch andere EVU geliefert werden kann.

Marktpotenzial besteht dort, wo FW verfügbar (und Dampfzustand geeignet) ist und bisher Konkurrenzenergien zum Einsatz kommen. In Gebieten, die erdgas- und fernwärmeseitig schon erschlossen sind, ist im Rahmen der Kundenbindung, des Klimaschutzes und der tatsächlichen Nutzungsmöglichkeiten (Kälteerzeugung, Großabnehmer mit Sommerlast) zu entscheiden, welche Energieart angeboten wird. Aufgrund einer hohen Penetrationsquote mit Erdgasversorgung ist dies in Wuppertal in vielen Gebieten der Fall.

Sowohl hinsichtlich Geschäfts- wie Privatkunden bestehen Marktchancen in erster Linie dann, wenn heizölgefeuerte Anlagen substituiert bzw. bei neuen Objekten die Wärmeversorgung komplett neu dargestellt wird. Entscheidend ist die netzseitige Anschlussmöglichkeit, die wirtschaftlich sinnvoll realisierbar sein muss.

Die Preisgestaltung für die Fernwärme in Wuppertal baut auf verschiedenen Modellen auf, je nach Wärmemenge und Verbrauchsstruktur. Die Preise sind, wie die konkurrierenden Energien auch, mit den Primärenergiepreisen gleitend. Im Falle der Fernwärme orientiert sich die Preisgleitung an den in den Heizkraftwerken eingesetzten Brennstoffen. Dies sind Kohle und Gas, wobei auch der Preis für das Kraftwerksgas von Kohle- und Ölpreisen abhängig ist.

Im bundesweiten Vergleich mit anderen Fernwärmeanbietern liegen die Preise in Wuppertal etwas günstiger als der Durchschnitt. Im direkten Vergleich mit den Wettbewerbsenergien Erdgas und Heizöl liegen die Fernwärmepreise bei Dampflieferungen in etwa auf gleichen Preisniveau, weichen jedoch je nach Abnahmemenge in die eine oder andere Richtung ab. Der Heizölpreis gilt als Maßstab für die Preisentwicklungen im Wärmemarkt. Der Ölpreisentwicklung folgen letztendlich die anderen Energiepreise, wenn auch zeitverzögert, was zeitweilig zu erheblichen Preisunterschieden führt [SCHWARZ, 2005].

12.1.6 Wirtschaftliche Situation der Heizkraftwerke

Wie in den vorangegangenen Beschreibungen dargelegt, bestehen durch die Wärmelieferungen in das öffentliche Wärmenetz mit hauptsächlich Heizungswärmenutzern im Vergleich zu einem reinen kraft-wärme-gekoppelten Betrieb der Heizkraftwerke Auslastungsdefizite. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist ein zusätzlicher Stromerzeugungsanteil von Kondensationsstrom unumgänglich, wobei die Gesamtstromerzeugung, wie ebenfalls dargelegt, zu echten Marktpreisen vergütet wird.

Mit der Liberalisierung des Strommarktes kam es ab 1999 zu einem erheblichen Verfall der Strompreise auf der Hochspannungsebene. Derzeit steigen die durchschnittlichen Stromvergütungen kontinuierlich an. Es wird ein weiterer Anstieg erwartet, da das bisherige Preisniveau nicht zu einer Vollkostendeckung zur Stromerzeugung und insbesondere nicht zur Abdeckung der Finanzierung der in Zukunft erforderlichen Neuinvestitionen in Kraftwerksleistung ausreicht. Hierbei wird das Preisniveau von den Kostenstrukturen großer Kondensationsblöcke bestimmt werden.

Aufgrund des Größendefizits der Heizkraftwerke der WSW AG gegenüber großen Kondensationskraftwerken (Großkraftwerken) ergeben sich deutlich ungünstigere Kostenstrukturen und damit zwangsläufig höhere Stromerzeugungskosten.

Die Politik hat hier zumindest für befristete Zeit mit der KWK-Bonusregelung für die in KWK erzeugte Strommengen gegengesteuert. So lässt sich die Neuinvestition am Standort Barmen nur durch die Bonusregelungen auf die KWK-Strommenge wirtschaftlich günstig darstellen. Die Bonusregelung verläuft degressiv abnehmend und endet im Jahr 2010. Für das HKW Elberfeld als vorhandene Anlage schmilzt der KWK-Bonus stärker ab und läuft in 2009 aus.

In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für die Neuinvestition HKW Barmen konnte über die Laufzeit von 20 Jahren ein relativ knapper positiver Barwert ermittelt werden, der je nach der tatsächlichen Erwicklung der prognostizierten Haupteinflussgrößen - Brennstoffeinsatz und Stromerlös - variieren wird.

In den vergangenen Jahren ist es nicht gelungen, ein positives Ergebnis mit den Heizkraftwerken zu erwirtschaften. Das Ergebnis lag zunächst im niedrigen zweistelligen negativen, dann im einstelligen negativen Millionenbereich. Die Unternehmensplanung der WSW AG für die kommenden Jahre geht von einer allmählichen Verbesserung der wirtschaftlichen Situation der Eigenerzeugung, insbesondere auch durch die Neuinvestition am Standort Barmen, aus.

Im mittelfristigen Ausblick, derzeit bis auf das Jahr 2009, bleibt das Ergebnis für beide Standorte gemeinsam allerdings noch defizitär. [LEONHARD, 2005b]

12.2 Klärwerk Buchenhofen

Im Klärwerk Buchenhofen, dem größten Klärwerk des Wupperverbandes, wird das Abwasser aus dem größten Teil Wuppertals gereinigt. Auf dem Gelände des Klärwerks Buchenhofen befindet sich auch die Schlammverbrennungsanlage (SVA) des Wupperverbandes. Hier werden neben Klärschlämmen verbandseigener Klärwerke auch Fremdschlämme mit verbrannt.

12.2.1 Historie und letzter Ausbau

Bereits in 1900 erfolgte ein Beschluss der Städte Elberfeld und Barmen, nach Fertigstellung des Hauptsammlers eine Kläranlage in Buchenhofen zu bauen. Bis 1906 wurden Absetzbecken der nach dem Vorbild des Engländers Lindlay errichteten Anlage in Frankfurt errichtet. Nach der Gründung des Wupperverbandes 1930 wurde 1932 der erste Ausbau-beschluss gefasst [RUECK, A. 2004]. Hinzu kamen in den nächsten Jahren sukzessive

- 2 Erdfaulbecken 1933
- 4 Absetzbecken mit Handräumung 1936
- ein weiteres Absetzbecken 1939
- ein erster Faulbehälter 1950
- ein erstes Belebungsbecken mit Nachklärbecken 1953
- ein zweiter Faulbehälter 1953
- zwei weitere Nachklärbecken 1956
- ein dritter Faulbehälter 1957
- ein zweites Belebungsbecken mit Nachklärbecken 1968
- ein drittes Belebungsbecken und zwei Nachklärbecken 1972
- ein Neubau der mechanischen Abwasserreinigung 1973
- Erweiterung um drei Belebungsbecken und drei Nachklärbecken 1976
- Bau der Schlammverbrennungsanlage 1976
- Bau von 2 Voreindickern 1982
- Bau der Flockungsfiltration 1995
- Bau von 6 Denitrifikationsbecken und eines Nachklärbeckens 2005 [RUECK,A.]

Der letzte Ausbau des Klärwerkes Buchenhofen hat 1997 begonnen und wird im Sommer 2005 abgeschlossen sein. Die Kosten des Ausbaus werden von allen Verbandsmitgliedern des Wupperverbandes genossenschaftlich getragen.

Seit dem Jahr 1997 baut der Wupperverband das Klärwerk bei laufendem Betrieb aus. Insbesondere die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor, die in Gewässern zu Überdüngung führen können, werden nach dem Ausbau in wesentlich größerem Umfang aus dem Abwasser entfernt. Dies wird zu einer weiteren Verbesserung der Gewässergüte der Wupper beitragen. Durch den Ausbau gewährleistet der Wupperverband die Abwasserreinigung in Buchenhofen gemäß den verschärften gesetzlichen Vorgaben der EG.

In der ersten Bauphase wurden die vorhandenen sechs Belebungs- und neun Nachklärbecken saniert. Diese Bauphase wurde zum Jahreswechsel 2001 / 2002 abgeschlossen. In 2002 wurde insbesondere der Betrieb der sanierten Becken optimiert.

Am 01.09.2003 hat der Wupperverband mit der 2. Ausbaustufe des Klärwerks Buchenhofen begonnen. Zum Ausbau der Stickstoffentfernung werden sechs Denitrifikationsbecken in zwei getrennten Beckengruppen und ein Nachklärbecken gebaut. Insgesamt werden die zu erstellenden Denitrifikationsbecken ein Volumen von 49.000 m³ und das zusätzliche Nachklärbecken ein Volumen von 9.000 m³ haben. Die Becken haben eine Tiefe von 7,80 m bzw. 8,90 m.

Eine bereits abgeschlossene Maßnahme war die Energieoptimierung des Klärwerks. 1999 wurde in Buchenhofen ein neues Blockheizkraftwerk in Betrieb genommen, das das bei der Schlammfäulung anfallende Biogas effektiver zur Stromerzeugung nutzt, als die früher vorhandenen Gasmotoren.

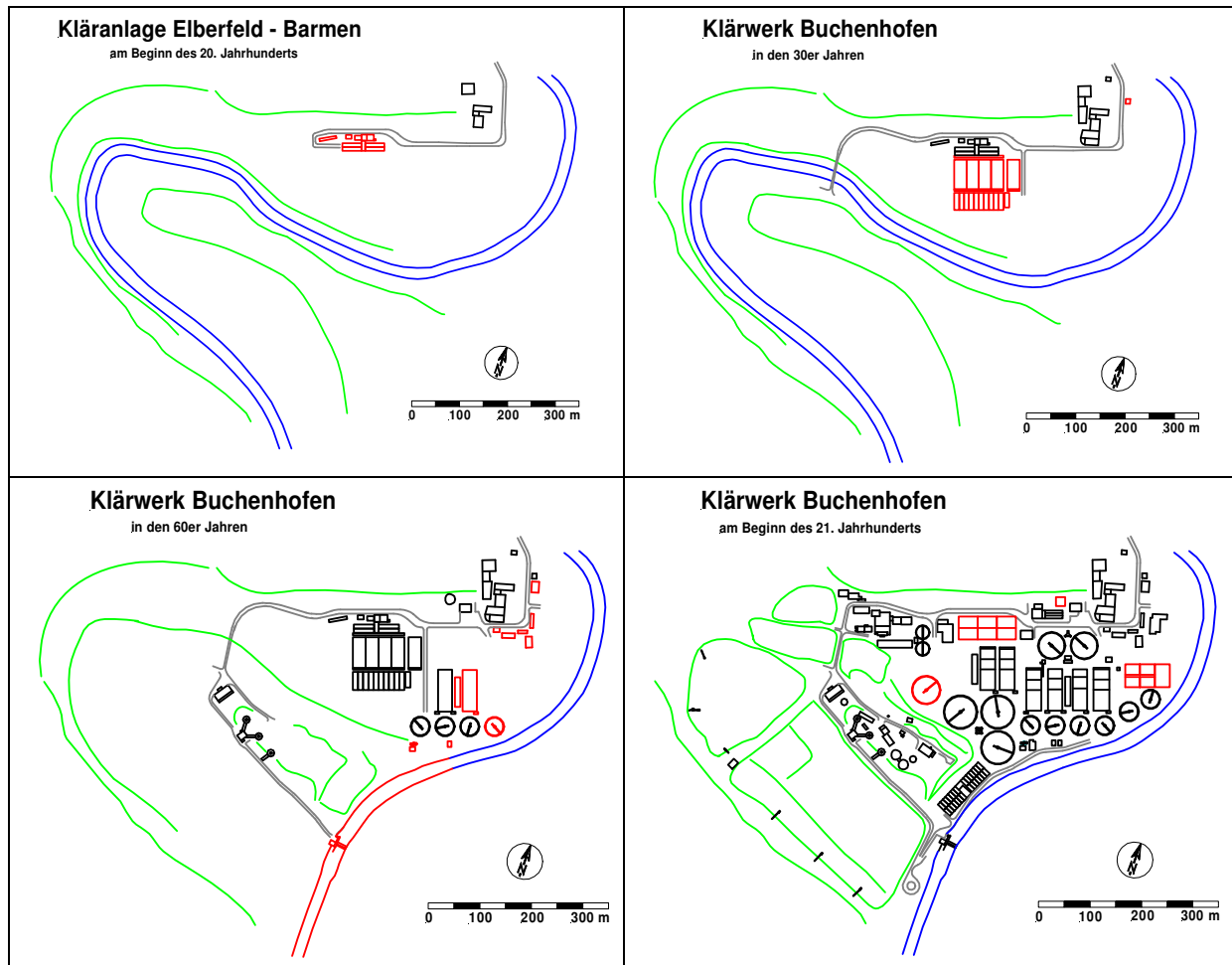


Bild 12.2.1-4: Entwicklung des Klärwerks Buchenhofen von 1900 bis 2005 [RUECK, 2004]

12.2.2 Verfahren und Leistungsdaten

Das Abwasser wird in Buchenhofen im Belebungsverfahren mit Nitrifikation und Denitrifikation sowie mit Hilfe einer Simultanfällung und nachgeschalteten Flockungsfiltration gereinigt. In nachstehender Tabelle sind die technischen Daten des Klärwerks Buchenhofen zusammengefasst (Tabelle 12.2.2-1).

Tabelle 12.2.2-1: Technische Daten des Klärwerks Buchenhofen [BÖCKER, 2005]

Größe:		
Ausbaugröße 2005	700.000	EW
angeschlossene Einwohnerwerte 2003 (gem. 60 g BSB/EW*d, 85-Quantil)	488.015	EW
angeschlossene Einwohner 2004	311.139	E
Wassermengen:		
Jahresschmutzwassermenge 2004	44.112.276	m ³ /a
Jahresabwassermenge 2004	50.768.889	m ³ /a
mittlerer Trockenwetterzufluss	1,4	m ³ /s
maximaler Zufluss	4,5	m ³ /s
Bauwerke ab 2005:		
Sand- und Fettfang	1.500	m ³ Vol.
Vorklärbecken	13.000	m ³ Vol.
Nitrifikations/Denitrifikationsbecken	53.300	m ³ Vol.
Denitrifikationsbecken	46.500	m ³ Vol.
Nachklärbecken	62.700	m ³ Vol.
Flockungsfiltration	1.680	m ² Oberfl.

12.2.3 Temperaturen des gereinigten Abwassers

In Niedrigwasserzeiten ist der Trockenwetterabfluss des Klärwerkes Buchenhofen (1,4 m³/s) sehr hoch im Vergleich zur Niedrigwasserführung der Wupper (3,5 m³/s am Pegel Kluserbrücke). Die Temperaturen dieses Abflusses spielen daher für die Wupper eine erhebliche Rolle.

Direkte Einleitungstemperaturen werden auf dem Klärwerk nicht gemessen. Hilfsweise wird die Temperatur eines Belebungsbeckens herangezogen (vergleiche Bild 12.2.3-1). Beim nachfolgenden Aufenthalt im Nachklärbecken kann es zu weiteren geringfügigen Anpassungen der Temperatur an die Umgebungstemperatur (Lufttemperatur) kommen. Die Einleitungstemperatur des Klärwerkes Buchenhofen liegt sowohl im Sommer als auch im Winter häufig über der Flusswassertemperatur der Wupper vor den Heizkraftwerken.

Dennoch führt die Einleitung im Sommer in der Regel zu einer Abkühlung, da die Temperatur des eingeleiteten Wassers in kritischen Zeiten immer unter der Temperatur der Wärmefahne der Heizkraftwerke liegt. 24 °C wird in den vorliegenden Daten (2 Jahre) nicht überschritten.

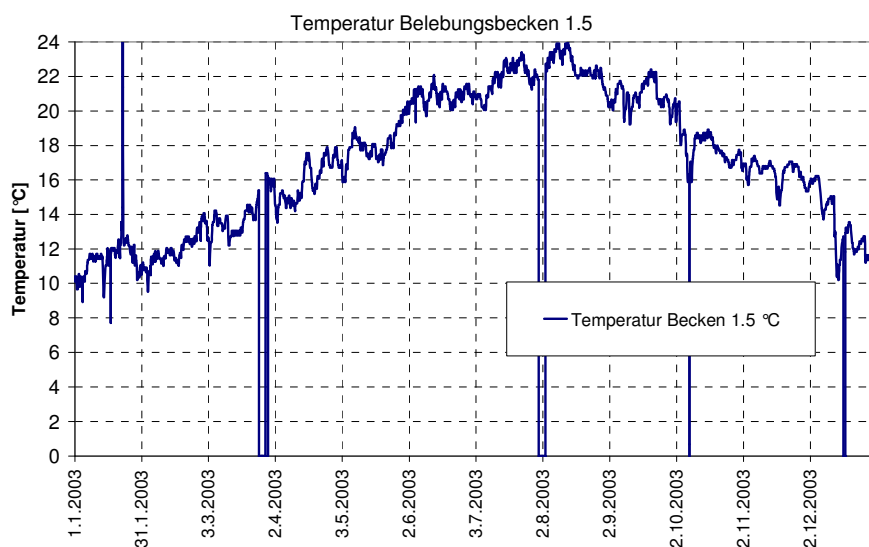


Bild 12.2.3-1: Temperaturganglinie im Belebungsbecken 1.2 im Jahr 2003 [HOBUS, 2005]
(Basis: Stunden-Werte; die senkrechten Linien markieren Ausfälle der Messsonde)

12.3 Literatur zu Kapitel 12

BÖCKER, K: (2005): schriftliche Mitteilung 17.03.2005, Wupperverband

LEONHARD, V. (2005)a: schriftliche Mitteilung 22.03.2005, WSW AG

LEONHARD, V. (2005)b: schriftliche Mitteilung 5.4.2005, WSW AG

RUECK, A. (2004) schriftliche Mitteilung 12.02.2004, Wupperverband

SCHWARZ, F. (2005): schriftliche Mitteilung 24.03.2005, WSW AG

STAAB, V. (2005): schriftliche Mitteilung 11.03.2005, WSW AG

13 Temperatur-Zielfunktion aus Sicht der Fischgewässerverordnung und Bewertung

13.1 Anforderungen der FischgewV NRW

Die EG-Fischgewässerrichtlinie (EG-FischGewRL 78/659/EWG) und die Fischgewässerverordnung NRW (FischgewV) nennen keine fest definierten Zielgrößen für die Fischfauna (Artenzusammensetzung, Dominanzstrukturen, Reproduktion o.ä.). Das zu erreichende Ziel bleibt damit weitgehend undefiniert, sieht man von dem in Paragraph §4 unter Ausnahmetatbeständen genannten Begriff des „ausgewogenen Fischbestandes“ ab.

Die FischgewV nennt hingegen zu erfüllende Anforderungen bzw. Aufgaben in Bezug auf die einzuhaltenden Temperaturen „für die Fische“. Diese sind in Tabelle 13-1 genannt:

Tabelle 13-1: Anforderungen der FischgewV in Bezug auf die Temperatur

Cyprinidenregion	Salmonidenregion
sommerliche Maximaltemperatur von 28 °C	sommerliche Maximaltemperatur von 21,5 °C
Aufwärmspanne von 3 °C	Aufwärmspanne von 1,5 °C
winterliche Maximaltemperatur von 10 °C bei Vorkommen von Kaltwasserlaichern	winterliche Maximaltemperatur von 10 °C bei Vorkommen von Kaltwasserlaichern

Die Untere Wupper ist als Cyprinidengewässer ausgewiesen, die obere Wupper als Salmonidengewässer.

13.2 Beziehung von FischgewV und EG-WRRL

Durch unterschiedliche rechtliche Festsetzungen kommt es an der Unteren Wupper zu einem zeitlich bis 2013 begrenzten Zielkonflikt zwischen EG-WRRL (Leitbild = Äschenregion) und EG-FischGewRL bzw. FischgewV NRW (Cyprinidenregion).

Die alte EG-FischGewRL von 1978 ist als Baustein in die EG-WRRL aufgenommen worden und behält ihre Gültigkeit bis 2013. Gleichzeitig gelten die neuen Prämissen des Leitbildes und des „guten Zustands“ sowie die Abwägungsinhalte von Artikel 4 EG-WRRL.

Wie auch schon in der Bestandsaufnahme vom Staatlichen Umweltamt Düsseldorf festgestellt und vom ATV-Gütemodell unter Kapitel 2 bestätigt, handelt es sich bei der Wupper im Leitbild (ohne anthropogene Nutzungen) um ein eher sommerkühles Gewässer, das in der Fischregion der Äschenregion zuzuschreiben wäre. Die Wupper ist jedoch in den 90er Jahren, ausgehend von den faktisch vorhandenen Nutzungen, d. h. aus sozioökonomischen Gründen, als Cyprinidenregion geschützt, ausgewiesen und gemeldet worden.

Da beide Rechtswerke gleichzeitig gültig sind, ist hier eine Harmonisierung anzustreben.

Eine Harmonisierung der Ziele der Verordnung und der Richtlinie ließe sich über den Begriff des "ausgewogenen Fischbestandes" (§4) herbeiführen. Das Ziel der FischgewV ließe sich über den „ausgewogenen Fischbestand“ so definieren, dass die Umsetzung einen ersten Schritt in Richtung der Umsetzung der EG-WRRL darstellt. In Kapitel 13.3 wird eine entsprechende Definition angestrebt.

Eine alleinige Umsetzung der FischgewV NRW, wie bereits bei der Erlaubnis für das HKW Barmen in 2004 geschehen, läßt eine ökologische Zielsetzung in Form einer Verbesserung

der Fischfauna **nicht erkennen**. Bei 28 °C maximaler Sommertemperatur kommt es in jedem Jahr zu einem nahezu vollständigen Ausfall potentiell ansiedlungswilliger Salmoniden. Wird ausschließlich eine Erfüllung der Anforderungen gemäß FischgewV angestrebt, so ergibt sich hieraus keinerlei Entwicklung der Fischfauna im Hinblick auf die EG-WRRL.

An mancher Stelle wurde vorgeschlagen, die FischgewV NRW anzupassen und die Untere Wupper neu (und fachlich richtig) als "Salmonidenregion" nach Brüssel zu melden. Dies wurde in der Erwartung vorgeschlagen, dass hiermit Leitbild und FischgewV zur Deckung gebracht würden und dennoch der Artikel 4 der EG-WRRL für gewisse Abwägungen zur Verfügung stünde.

Dies ist jedoch nicht der Fall. Ausnahmen im Rahmen der FischgewV bzw. EG-FischGewRL sind nur nach den in dieser Verordnung bzw. Richtlinie genannten Abwägungskriterien möglich. Artikel 4 der EG-WRRL kann daher - auch nach Umsetzung ins LWG NRW - für die nach EU-FischGewRL gemeldeten Gewässer bis 2013 nicht zur Anwendung kommen.

Eine Ausweisung als Salmonidenregion gemäß FischgewV bedeutet daher, die Anforderung von 21,5 °C maximaler Sommertemperatur und 1,5 K Aufwärmspanne einzuhalten oder die Entwicklung eines ausgewogenen Salmonidenbestandes sicherzustellen. Weitere Abwägungsmöglichkeiten sind in der Verordnung/Richtlinie nicht angegeben.

(Temperaturen der Unteren Wupper vor den Heizkraftwerken: vergleiche Anhang A11).)

Die FischgewV NRW ließe sich aus dem Blickwinkel der EG-WRRL bis 2013 als faktisch bereits beschriebenes und rechtsgültiges „ökologisches Potential“ (WK 3) bzw. als „abgemindertes Umweltziel“ (WK 2) beschreiben.

13.3 Definition des ausgewogenen Fischbestandes nach FischGewässerverordnung NRW

Die EU-Richtlinie 78/659/EWG vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten, dient dem Schutz und der Verbesserung von Fischlebensräumen in oberirdischen Gewässern. Schwerpunktmäßig sollen die Vorgaben der Richtlinie dazu beitragen die Schadstofffrachten in Gewässern so zu verringern, dass die Erhaltung des Fischlebens gewährleistet ist.

Im Artikel 1 der Richtlinie werden Salmoniden- und Cyprinidengewässer unterschieden. Folgende Definitionen liegen den beiden Gewässerarten zu Grunde:

Salmonidengewässer

sind Gewässer, in denen das Leben von Fischen solcher Art wie Lachs *Salmo salar*, Forellen *Salmo trutta*, Äschen *Thymallus thymallus* und Renken *Coregonus* erhalten wird oder erhalten werden könnte.

Cyprinidengewässer

sind Gewässer, in denen das Leben von Fischarten wie Cypriniden (Cyprinidae) oder anderen Arten wie Hechten *Esox lucius*, Barschen *Perca fluviatilis* und Aalen *Anguilla anguilla* erhalten wird oder erhalten werden könnte.

In Bezug auf gewässerbeeinflussende Parameter wird für die Wassertemperatur im Anhang I der Richtlinie, getrennt nach Salmoniden- und Cyprinidengewässer, folgende Vorgaben gemacht:

Salmonidengewässer

Unterhalb einer Abwärmeeinleitungsstelle darf die Wassertemperatur an der Stelle der gesamten Durchmischung gegenüber dem nicht durch die Einleitung beeinflussten Wasser nicht mehr als um 1,5 °C erhöht werden.

Insgesamt darf eine Aufwärmung des Wassers über 21,5 °C nicht erfolgen.

Im Winter dürfen 10 °C nicht überschritten werden. Der Winter bezieht sich auf solche Zeiträume, in denen die Laichzeit solcher Arten liegen, die für die Fortpflanzung kaltes Wasser benötigen. Die Temperaturgrenze gilt auch nur dann, wenn sich die Gewässer für solche Arten eignen.

Cyprinidengewässer:

Unterhalb einer Abwärmeeinleitungsstelle darf die Wassertemperatur an der Stelle der gesamten Durchmischung gegenüber dem nicht durch die Einleitung beeinflussten Wassers nicht mehr als um 3 °C erhöht werden.

Insgesamt darf eine Aufwärmung des Wassers über 28 °C nicht erfolgen.

Im Winter dürfen wie in einem Salmonidengewässer 10 °C nicht überschritten werden, wenn solche Arten vorkommen, die in der Laichzeit kaltes Wasser benötigen.

Die Umsetzung der Richtlinie 78/659/EWG wird in NRW durch die Fischgewässer Verordnung vom 27.08.1997 geregelt.

Im Paragraph 4 der Fischgewässer Verordnung wird dargestellt, dass es unter bestimmten Bedingungen auch Ausnahmeregelungen, die ein Abweichen von den Vorgaben der Richtlinie ermöglichen, gibt. So können z. B. Abweichungen von den Anforderungen des §3 Abs.1 zugelassen werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass sich daraus keine schädlichen Folgen für die "ausgewogene Entwicklung des Fischbestandes" ergeben. Allerdings ist in der Fischgewässerverordnung nicht definiert, was ein "ausgewogener Fischbestand" ist. Da im Rahmen des vorliegenden Gutachtens u. a. geprüft werden soll, in welchem Rahmen Wärmeeinleitungen für die Entwicklung der Fischfauna tolerabel sind, soll im Folgenden auch die Fischartengesellschaft dargestellt werden für die bei Abweichungen von der Fischgewässerverordnung die Ausgewogenheit geprüft werden müsste.

Im Rahmen der Fischgewässer Verordnung NRW werden Fließgewässer benannt und ganz oder Abschnittsweise als Salmoniden- bzw. als Cyprinidengewässer festgelegt.

Für die Wupper ist in der Fischgewässer Verordnung folgende Einteilung festgelegt:

Salmonidengewässer: von der Quelle bis Beyenburger Stau (km 65,4)

Cyprinidengewässer: vom Beyenburger Stau bis zur Mündung in den Rhein

Sowohl die Fischgewässerrichtlinie als auch die Fischgewässerverordnung treffen die Unterscheidung zwischen Salmoniden- und Cyprinidengewässern. Welche Arten, außer den beispielhaft in der Richtlinie aufgeführten Spezies den definierten Gewässertypen zuzuordnen sind, bleibt offen. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass ähnlich einem Leitbild der Sollzustand für einen Salmoniden- bzw. einen Cyprinidenabschnitt gewässer-spezifisch festgelegt werden muss.

Geht man von einem weitgehend unbelasteten und naturnahen Zustand eines Fließgewässers im Naturraum Bergisches Land aus, so müsste die Salmonidenregion unterteilt werden, in einen Oberlaufabschnitt in der die Bachforelle die Leitart und einen Abschnitt in dem die Äsche die Leitart ist. In dem Cyprinidenabschnitt wäre die Barbe die Leitart.

Im Unterschied zur WRRL orientiert sich die Fischgewässerrichtlinie nicht so stark an den Möglichkeiten einer naturnahen Gewässerentwicklung, sondern grundlegender Gedanke der Richtlinie ist der Schutz des Vorhandenen. Aus diesem Grund orientiert sich die Umsetzung der Fischgewässerrichtlinie auch weitgehend an den vorhandenen Gegebenheiten, wobei es natürlich ein wesentliches Ziel ist, dass Situationen, die ein Überleben von Fischpopulationen in Frage stellen ausgeschlossen werden.

In Anlehnung an die Leitbildentwicklung würde der Sollzustand für die Wupper in erster Näherung dem in der Tab. 13.3-1 dargestellten Zustand entsprechen.

Tab. 13.3-1: Sollzustand für die Fischfauna in Mittelgebirgsfließgewässern entsprechend der Fischgewässerverordnung NRW

Art	Salmonidengewässer		Cyprinidengewässer
	Bachforellen- abschnitt	Äschen- abschnitt	Barben- Brassenabschnitt
Leit.- und Begleitarten (Hauptfließgewässer)			
Bachforelle	L	B	B
Koppe	B	B	B
Bachneunauge	B	B	B
Äsche		L	B
Elritze		B	B
Schmerle		B	B
Barbe		B	L
Nase			B
Quappe			B
Ukelei			B
			B
Begleitarten (Nebengerinne u. Altarme)			
Hecht			B
Brassen			B
Bitterling			B
Schleie			B
Moderlieschen			B
Karausche			B
Grundarten			
Dreistachliger Stichling			+
Gründling			+
Döbel			+
Hasel			+
Rotaugen			+
Barsch			+
Kaulbarsch			+
			+
Wanderfische			
Lachs		Laich.	Laich./Wa.
Meerforelle		Laich.	Laich./Wa.
Flussneunauge		Laich.	Laich./Wa.
Aal		Teilleb.	Teilleb.
Meerneunauge			Laich./Wa.
Flunder			Teilleb.

Abkürzungen zur Fischfauna: L = Leitart, B = Begeleitart, + = Vorkommen der Art wahrscheinlich, Laich.= Laichbereich, Teilleb. = Teillebensraum, Wa. = Wanderschaft

Die Darstellung des Sollzustandes basiert in erster Linie darauf, dass die Wupper als Mittelgebirgsfließgewässer natürlicherweise im Oberlauf von Fischarten, die einer Salmonidengesellschaft angehören besiedelt wird. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die quellnahen Abschnitte von Forellengemeinschaften und die sich anschließenden Abschnitte von Äschengemeinschaften besiedelt werden. Im Unterlauf sind vor allen Barben- und Brassengemeinschaften vorhanden.

Unter natürlichen oder naturnahen Bedingungen würde die Ausgewogenheit bedeuten, dass die typischen Leit- und Begleitarten einer Cyprinidengesellschaft in der Wupper dominierende Bestände ausbilden würden und sich selbstständig erhalten würden. Für die anadromen Spezies ist im natürlichen bzw. naturnahen Zustand des Gewässer zu fordern, dass die betreffenden Arten entsprechend ihres Lebenszyklus die Wupper erreichen können und für sie adäquate Laichstrukturen und Jungfischhabitat vorfinden. Für den katadromen Aal muss gewährleistet sein, dass verschiedenen Altersstadien für sie günstige Teillebensräume erreichen können.

Im Falle der Wupper ist zu berücksichtigen, dass der Cyprinidenabschnitt für einen sehr langen Fließabschnitt abgegrenzt ist, in dem natürlicherweise keine Auengewässer vorhanden sind. Dies betrifft den Gewässerabschnitt von Beyenburg bis zur Mündung des Wiembaches. Dieser Abschnitt entspricht weitgehend den Wasserkörpern 2 und 3 in der Wupper und ist damit direkt Gegenstand der hier durchzuführenden Beurteilung. Für den Sollzustand bedeutet die Gewässerabgrenzung nach Fischgewässerverordnung, dass alle Fischarten, die auf Auengewässer in der einen oder anderen Lebensphase angewiesen sind, sich in dem hier ausgewiesenen Cyprinidenabschnitt nicht entwickeln können.

Die Tab. 13.3-1 basiert zusätzlich auf der Voraussetzung, dass sich das zu beurteilenden Fließgewässer in einem weitgehend naturnahen Zustand befindet. Im Falle der Wupper ist dies jedoch nicht der Fall. Neben den Wämeleinleitungen, die die aquatischen Biozönosen beeinflussen, sind Defizite in Bezug auf die Gewässergüte, die Gewässerstrukturgüte sowie die Durchgängigkeit vorhanden. Im Falle der Ausgewogenheitsprüfung müssten solche Defizite, deren Entwicklungsbeeinflussung unabhängig von der Wassertemperatur sind in Bezug auf die Entwicklungsgrenzen der Fischfauna des Sollzustandes geprüft werden.

Wie die "Ausgewogenheit" der Fischartengesellschaft, die in der Tab. 13.3-2 dargestellt ist unter dem Gesichtspunkt von Beeinflussungen der Wassertemperatur durch die Heizkraftwerke festzulegen ist, kann sich also nicht an naturnahen Bedingungen orientieren, sondern muss bestehende Gewässerbelastungen mit berücksichtigen. Dies soll an folgendem Beispiel verdeutlicht werden. Wenn sich die Äsche aktuell in der Wupper nicht reproduziert und der Grund hierfür die Kolmatierung der Gewässersohle durch Feinsedimenteinträge ist, ist dies bei der Beurteilung von Beeinflussungen der Ausgewogenheit durch die Wassertemperatur als vorhandene Beeinträchtigung zu berücksichtigen.

Eine wesentliche Einschränkung, die die Entwicklung der Fischfauna und hier speziell der Wanderfische nachhaltig beeinträchtigt, ist das Vorhandensein von für Fische unüberwindlichen Barrieren. Zur Zeit verhindert das Wehr am Auer Kotten, dass Wanderfische ungehindert in das Wuppersystem einschwimmen können. Bei einer Bewertung des "ausgewogenen Fischbestandes" für die Wupper unter dem speziellen Gesichtspunkt der Beeinflussung der Wassertemperatur durch Warmwassereinleitungen können die Wanderfische hier im Rahmen einer Ausgewogenheitsbetrachtung nicht berücksichtigt werden, da der Barriereeffekt am Auer Kotten in keiner Weise abhängig von der Wärmebelastung in der Wupper ist.

Vor diesem Hintergrund ist der Sollzustand des Fischartenspektrums für den Wupperabschnitt „Wasserkörper 2“ und "Wasserkörper 3" in der Tab. 13.3-2 dargestellt. Die in der Tabelle dargestellte Fischartengesellschaft müsste mit Bezug auf die Wassertemperatur im Hinblick ihre Ausgewogenheit überprüft werden.

Tab. 13.3-2: Sollzustand für die Fischfauna im Wasserkörper 2 und 3 der Wupper

Leit- und Begleiartern	Cyprinidengewässer
Bachforelle	B
Koppe	B
Bachneunauge	B
Äsche	B
Elritze	B
Schmerle	B
Barbe	L
Nase	B
Ukelei	B
Grundarten	
Dreistachliger Stichling	+
Gründling	+
Döbel	+
Hasel	+
Rotaugen	+
Barsch	+

L = Leitart, B = Begeleitart, + = Vorkommen der Art wahrscheinlich

Auf der Grundlage der vorhandenen Informationen zur Gewässersituation und zum Fischbestand der Wupper kann die Ausgewogenheit einer Cyprinidengesellschaft wie folgt definiert werden:

Definition "Ausgewogenheit einer Cyprinidengesellschaft in der Unteren Wupper"

Die Leitart Barbe bildet dominierende Bestände, wobei sie nicht die individuenstärkste Art repräsentieren muss. Die Erhaltung der Art basiert auf selbstständiger Reproduktion. Die Begleitarten, die den Cyprinidenanteil repräsentieren, bilden zusammen mit der Leitart gegenüber den Grundarten dominierende Bestände und erhalten sich selbstständig. Der Salmonidenartenanteil stellt einen sich selbst erhaltenden Anteil, der in Bezug auf die Gesamtfischartengesellschaft nicht dominant ist dar.

Temperaturbarrieren, die auf Warmwassereinleitungen zurückzuführen sind, dürfen das Erreichen von günstigen Reproduktionshabitaten und günstigen Teillebensräumen für wandernde Fische nicht versperren.

Bei dieser Definition ist zum einen berücksichtigt, dass der aktuelle Fischbestand durch die anthropogenen Veränderungen der Wupper stark verändert ist. Zum anderen sind vorhandene Festsetzungen berücksichtigt. Dies bedeutet, dass die aktuelle Ausprägung und die Belastungssituation in der Wupper die Entwicklung von Cypriniden gegenüber Salmoniden bevorteilt und dies auch in der Fischgewässerverordnung NRW festgesetzt und ausgewiesen ist.

14 Temperatur-Zielfunktion für die Fischfauna und Bewertung

Entsprechend der Tab. 7.3.1 ist im ausgewogenen Zustand für die Wupper ein Fischartenspektrum zu erwarten, das durch dominante Cyprinidenanteile gekennzeichnet ist. Zu dieser Fischartengesellschaft gehören ebenfalls Spezies, die zu einer Salmonidengesellschaft gehören. In erster Linie sind dies Bachforelle, Äsche, Koppe und Bachneunauge. Zu den Wanderfischen, die zu einer Cyprinidengesellschaft im *schottergeprägten Fluss im Grundgebirge* gehören, zählen Lachs, Meerforelle, Fluss- und Meerneunauge.

Im Falle von Abweichungen von den geltenden Anforderungen der Fischgewässerverordnung (Paragraf 4) ist die Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestandes zu gewährleisten, d. h. speziell für die Arten, die einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen sind, müssen Temperaturgrenzen eingehalten werden, die die Entwicklung eines sich selbst erhaltenden Bestandes gewährleistet. Für die Wanderfische dürfen im Falle von Abweichungen keine Temperaturbarrieren, die die Aufwanderung und die Bewegung innerhalb der Wupper verhindern, entstehen.

Ein Ziel des Forschungsvorhabens ist es, zu prüfen, welche Randbedingungen im Falle künstlicher Temperaturerhöhungen eingehalten werden müssen, um eine Entwicklung der Artengemeinschaft des ausgewogenen Fischbestandes entsprechend der Fischgewässerverordnung NRW zu gewährleisten. Dies stellt gleichzeitig einen ersten Schritt in Richtung der Umsetzung der EG-WRRL dar (vgl. Kap. 12). Die Zielerreichung muss als Prozess verstanden werden, der in zwei Teilschritten abläuft:

In einem ersten Schritt muss gewährleistet sein, dass die Arten, die einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen sind aber auch Bestandteil eines Cyprinidengewässers sind, geschützt werden. Sie stellen auch das Potenzial dar, dass unter dem Gesichtspunkt einer Bewertung der Wupper unter Wasserrahmenrichtliniengesichtspunkten entscheidend die Bewertung des Flusses beeinflusst. Der Schutz und die Entwicklung der vorhandenen Salmonidengesellschaftspotenziale ist damit auch die Voraussetzung für die weitere Entwicklung der Wupper unter Wasserrahmenrichtliniengesichtspunkten.

Über die zeitnahe Gewährleistung eines ausgewogenen Fischbestandes im Sinne der Fischgewässerverordnung und damit der Grundsteinlegung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie hinaus, sollten in einem zweiten Schritt begleitend entsprechende Maßnahmen einer leitbildorientierten Entwicklung der Wupper erfolgen. Wichtig ist hier vor allem eine deutliche Verbesserung der Gewässerstrukturen mit Blick auf das fließgewässertypologische Leitbild. Leitbildkonforme, vielgestaltige Gewässerstrukturen sowie eine ungehinderte Durchwanderbarkeit des Gewässers bieten den anspruchsvolleren Salmoniden gegenüber den euryöken Cyprinidenanteilen bessere Entwicklungsmöglichkeiten. Sicherlich spielen auch die teilweise noch defizitären Zustände der Gewässergüte eine tragende Rolle für den derzeitigen Zustand der Fischfauna in der Wupper und es müssen weitere Anstrengungen unternommen werden, die Wasserqualität zu verbessern. Ferner ist es möglich, dass im Laufe der kommenden Jahre neue Techniken zur Wärmeelimination zur Verfügung stehen. Im Falle einer Neubewertung des HKW Elberfeld im Jahr 2015 können diese ggf. dazu beitragen, einen weiteren Schritt in Richtung leitbildorientierter Entwicklung der Wupper zu vollziehen.

Zur Erreichung des ersten Zieles, also dem Schutz und der Entwicklung der Salmonidenanteile, ist es notwendig, bestimmte Randbedingungen, die die Temperaturansprüche dieser Arten betreffen, zu erfüllen. Dies beinhaltet zum einen, dass Letalgrenzen von adulten Tieren sowie von bestimmten Entwicklungsstadien einzelner Spezies nicht überschritten werden. Zum anderen muss gewährleistet sein, dass jahreszeitabhängige Temperaturgradienten, die den natürlichen Bedingungen ähnlich sind, eingehalten werden müssen. Dies ist notwendig, damit z. B. Gonadenentwicklungen induziert werden bzw. die Tiere in Laichstimmung kommen.

Dies soll im folgenden am Beispiel der Bachforelle beispielhaft dargestellt werden.

Damit bei der Bachforelle zum Jahresende die Gonadenentwicklung einsetzt und die fortpflanzungsfähigen Tiere in Laichstimmung kommen, müssen in den Monaten Oktober und November die Wassertemperaturen abfallen. Ab Dezember bis Ende Januar müssen die Wassertemperaturen schließlich kontinuierlich unter 10 °C liegen. Wenn die Fortpflanzung stattgefunden hat, ist es für die Eientwicklung optimal, wenn die Wassertemperatur in einem Zeitraum von 60 – 90 Tagen 12 °C nicht übersteigt.

In den Sommermonaten dürfen 25 °C nicht überschritten werden. Bei dieser Wassertemperatur wird die Letalgrenze für die Art Bachforelle überschritten.

Dieses Beispiel zeigt, dass eine positive Entwicklung der Art Bachforelle von einer spezifischen Jahrestemperaturganglinie abhängt. Für andere Vertreter, die auch zu der sog. Salmonidengesellschaft zu rechnen sind, gibt es ebenfalls artspezifische Jahresganglinien, die sich von der der Bachforelle unterscheiden. Gemeinsam ist jedoch allen Arten, dass sich die Fortplanungszeit auf die kalte Jahreszeit bzw. das Frühjahr beschränkt und dass sich die Letalgrenzen in Bezug auf hohe Wassertemperaturen nicht wesentlich unterscheiden.

Vor diesem Hintergrund wurden für den Jahresverlauf Temperaturgrenzen erarbeitet, die die Entwicklung sich selbsterhaltender Bestände von solchen Arten, die zur Salmonidengesellschaft zu zählen sind, gewährleisten sollen. Die Temperaturgrenzen berücksichtigen zum einen, die jahreszeitabhängigen Zwänge der Heizkraftwerke warmes Wasser an die Wupper abzugeben, zum anderen wurden artspezifische Flexibilitätten berücksichtigt. Diese betrifft z. B. den Laichzeitpunkt. Es ist also zu berücksichtigen, dass es sich bei den Temperaturgrenzen um die Zusammenfassung aller verfügbaren Informationen zu den Ansprüchen der betreffenden Arten handelt.

In der Abb. 14.1 sind die Temperaturgrenzen eingetragen, die das Überleben und die Entwicklung von solchen Arten gewährleisten sollen, die zum Kreis einer Salmonidengesellschaft gezählt werden.

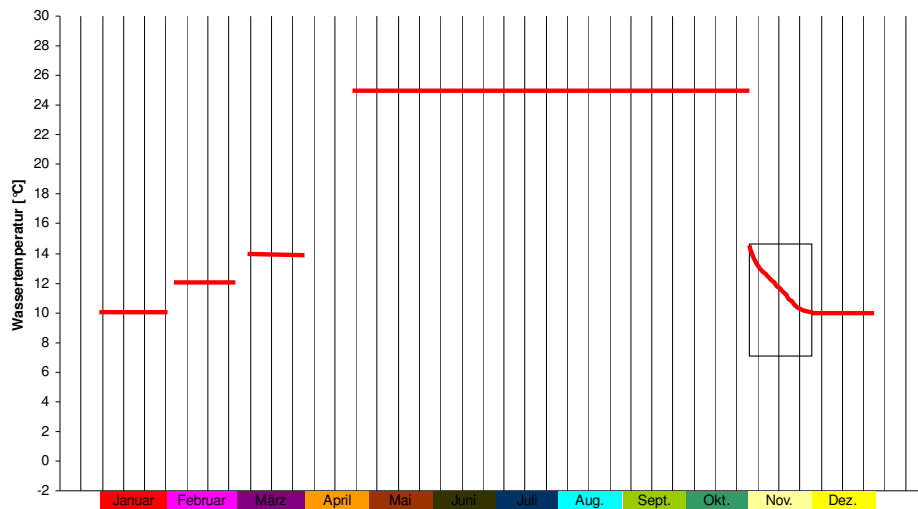


Abb. 14-1: Obere Wassertemperaturgrenzen für die Wupper im Abschnitt des schottergeprägten Flusses im Grundgebirges

Die Hintergründe, die zur Erstellung der Temperaturgrenzen ausschlaggebend waren werden im folgenden erläutert.

Es wird deutlich, dass von Ende Oktober bis Ende November ein kontinuierlicher Abfall der Wassertemperatur auf minimal 10 °C erfolgen soll. Dieser Abfall induziert bei der Bachforelle die Gonadenreifung und die Laichstimmung. Bei dieser Vorgabe ist zu berücksichtigen, dass ein kontinuierlicher Abfall der Wassertemperatur nicht bedeutet, dass kurzzeitige Anstiege im Rahmen einer natürlichen Schwankungsbreite ausgeschlossen werden müssen. Von ausschlaggebender Bedeutung ist, dass innerhalb der insgesamt abfallenden Temperaturphase kein Anstieg zu verzeichnen ist, der sich über einen Zeitraum von mehr als 8- 10 Tagen auf einem deutlich höheren Niveau hält. Im Vergleich der beiden nachfolgenden Wassertemperaturgrafiken wird dies deutlich.

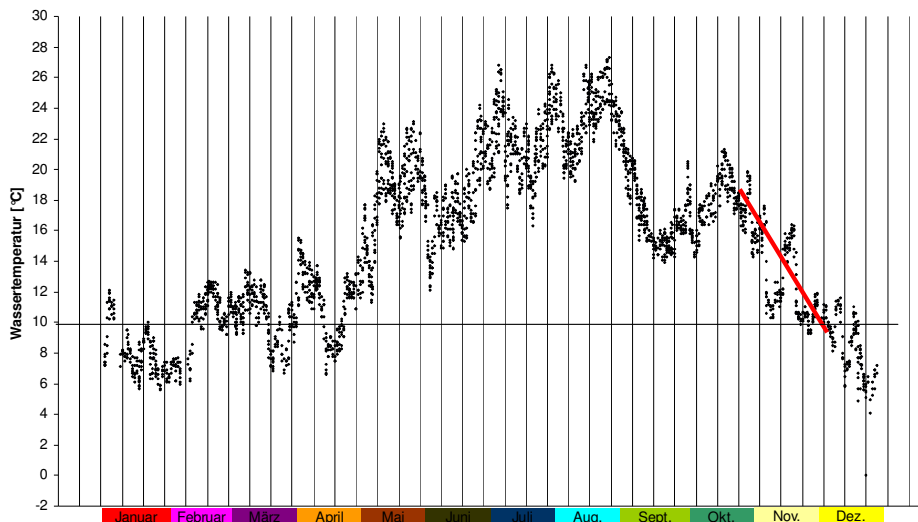


Abb. 14-2: Wassertemperaturen in der Wupper in Rutenbeck im Jahr 2001

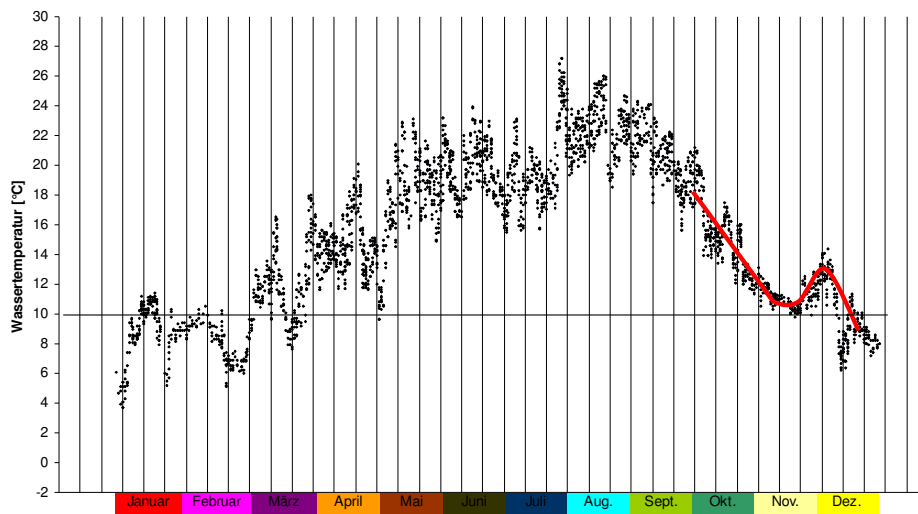


Abb. 14-3: Wassertemperaturen in der Wupper in Rutenbeck im Jahr 2002

Im Jahr 2001 ist für die Messungen in Rutenbeck ein, mit Ausnahme von kleineren Schwankungen, weitgehend gleichmäßiger Abfall der Wassertemperatur von Ende Oktober bis Ende November auf unter 10 °C verzeichnet. Im Jahr 2002 ist im Anschluss an den Temperaturabfall von Anfang Oktober bis Mitte November ein Temperaturanstieg von 10 °C auf 14 °C zu beobachten. Die An- und Abstiegsphase bis auf die 10 °C umfasst ca. 3 Wochen. Diese Unterbrechung des Kontinuums hätte mit großer Wahrscheinlichkeit dazu geführt, dass, wenn eine sich selbst erhaltende Population von Bachforellen in der Wupper vorhanden wäre, ein Großteil der Tiere sich nicht fortgepflanzt hätte.

Von Mitte November bis Ende Januar soll die Wassertemperatur 10 °C nicht überschreiten. Dies ist die Zeit der Fortpflanzung bei der Bachforelle. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass durch die Unterschreitung der 10 °C der Beginn der Gonadenreifung und der Fortpflanzung bei der Äsche induziert wird. Auch hier gilt, dass zu Beginn eine kurzzeitige Überschreitung der Temperaturgrenzen von 1 – 3 Tagen um 1 – 2 °C sicherlich keine gravierenden Auswirkungen auf das Verhalten der beiden Arten hat. Ab Mitte Dezember sollte jedoch keine Überschreitung der Temperaturgrenze von 10 °C mehr erfolgen.

Im Februar soll die Temperatur 12 °C und im März 14 °C nicht überschreiten. Die Festlegung dieser Grenzen soll sowohl die Ei- als auch die Jungfischentwicklung gewährleisten. Dies betrifft vor allem die beiden Arten Bachforelle und Äsche. Hierfür sollen als Beispiel die Temperaturansprüche der Äsche herangezogen werden. Ihre Laichzeit liegt in den deutschen Mittelgebirgslagen in den Monaten März bis Mai, also deutlich später als die der Bachforelle. Nach Erfahrungen von Herrn Dr. Mellin (Bezirksregierung Düsseldorf) ist jedoch speziell diese Art sehr variabel in Bezug auf die Laichzeit. In Abhängigkeit von den Frühjahreswassertemperaturen kann der Laichzeitpunkt um mehrere Monate variieren. Wesentlich für die Äsche ist jedoch, dass die Wassertemperatur nach der Laichzeit innerhalb eines Zeitraumes von 14 bis max. 28 Tagen im Bereich von 6 – 14 °C liegt und nicht über 16 °C ansteigt. Ein Anstieg der Wassertemperaturen ist auch für den Beginn der Fortpflanzungszeit der Koppe notwendig.

Die Höchsttemperatur im Jahr beträgt 25 °C. Diese Grenze ist unbedingt einzuhalten, da Überschreitungen dazu führen, dass die Arten, die zu einer Salmonidengesellschaft zu rechnen sind, oberhalb dieser Grenze keine Überlebenschancen haben.

Die Wassertemperaturgrenzen und –ganglinien der Abb. 13-1 stellen den Versuch dar, die Wassertemperaturen der Wupper in einem Rahmen zu halten, der Fischarten die zu einer Salmonidengesellschaft zu rechnen sind, ein dauerhaftes Überleben ermöglichen und stabile, sich selbst reproduzierende Bestände sichert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei der Erarbeitung der Temperaturgrenzen unter Einbeziehung von Erfahrungen in Bezug auf die Flexibilität der einzelnen Spezies Zeiträume so zusammengefasst sind, dass sie von den Literaturangaben zu den artspezifischen Ansprüchen teilweise abweichen. Es darf nicht übersehen werden, dass die Einhaltung der dargestellten Grenzen und die Einengung sensibler Zeiträume den Versuch einer Manipulation der Wupperfischfauna darstellt. Aufgrund der Berücksichtigung artspezifischer Anspruchsprofile ist jedoch so mit einer hohen Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, dass sich ein Erfolg in Bezug auf die Entwicklung von solchen Arten, die einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen sind, einstellen wird. Messbare Entwicklungen, die auf ein der Abb. 14.1 entsprechendes Temperaturmanagement zurückzuführen wären, dürften sich innerhalb kurzer Zeit (ca. 1 Jahr) einstellen.

Spätere Untersuchungen zu den Maßnahmen in Kapitel 17 haben gezeigt, dass es im Übergang vom November zum Dezember fast in jedem Jahr in der ersten Woche zu erheblichen Schwierigkeiten bei der Einhaltung der oben entwickelten Kurve kommt. Diese Kurve kann jedoch schadlos auch um eine Woche nach hinten verschoben werden, wenn die Gesamtzeiträume mit ihren entsprechenden Maximaltemperaturen vollständig erhalten bleiben, d. h. die "fehlende Woche" im Frühjahr entsprechend angehängt wird.

15 Abweichung des IST-Zustands von dem Zielzustand der Temperatur

Für die Jahre 2000 bis 2003 sind Online-Messdaten der Temperatur für den Standort Rutenbeck (4,6 km unterhalb des HKW Elberfeld, Ende des Wasserkörpers "Stadtgebiet") vorhanden. Das Jahr 2004 wurde nicht betrachtet, da hier die Heizkraftwerke auf Grund des Umbaus über weite Zeiträume abgeschaltet waren, so dass sich die Messtemperaturen nicht für einen Vergleich zwischen IST-Zustand und Ziel-Zustand eignen.

In allen Jahren kommt es im IST-Zustand durch einzelne Temperaturpeaks von wenigen Stunden bis zu mehreren Wochen Dauer zu Überschreitungen der Zielwerte sowohl im Sommer, als auch im Herbst, Winter und Frühjahr. In welchem Rahmen und in welchen Jahreszeiten Überschreitungen der Zielwerte in den Jahren 2000 bis 2003 am Standort Rutenbeck zu verzeichnen sind, zeigen die Bilder 15-1 – 15-4.

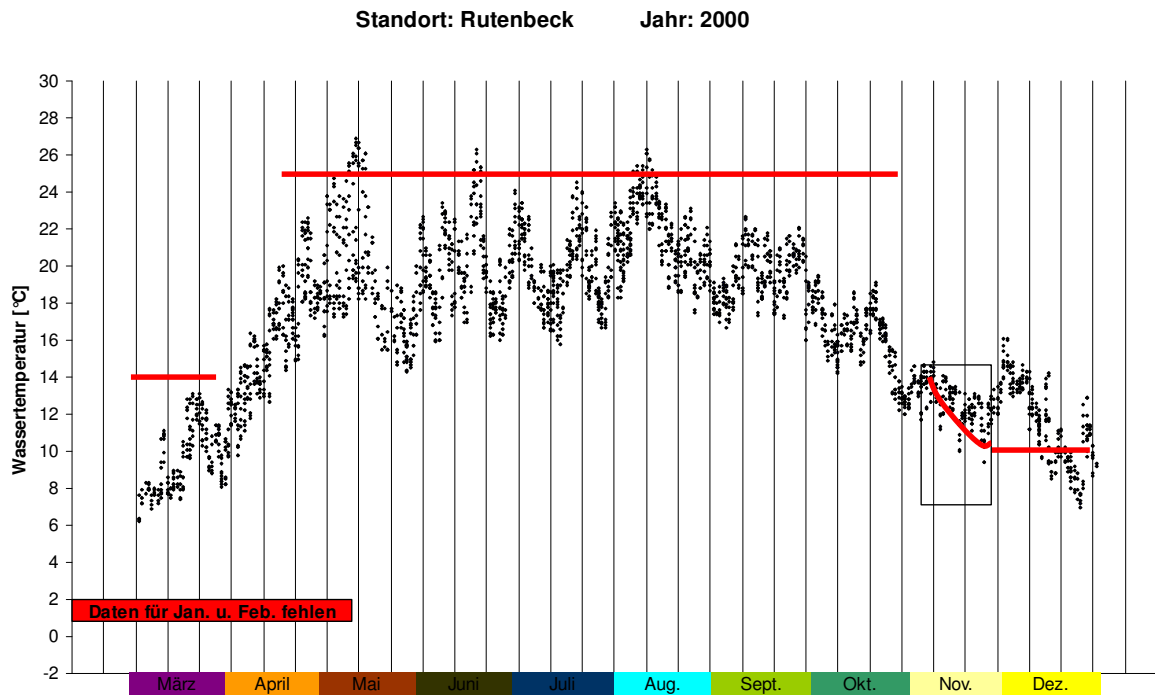


Bild 15-1: Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2000

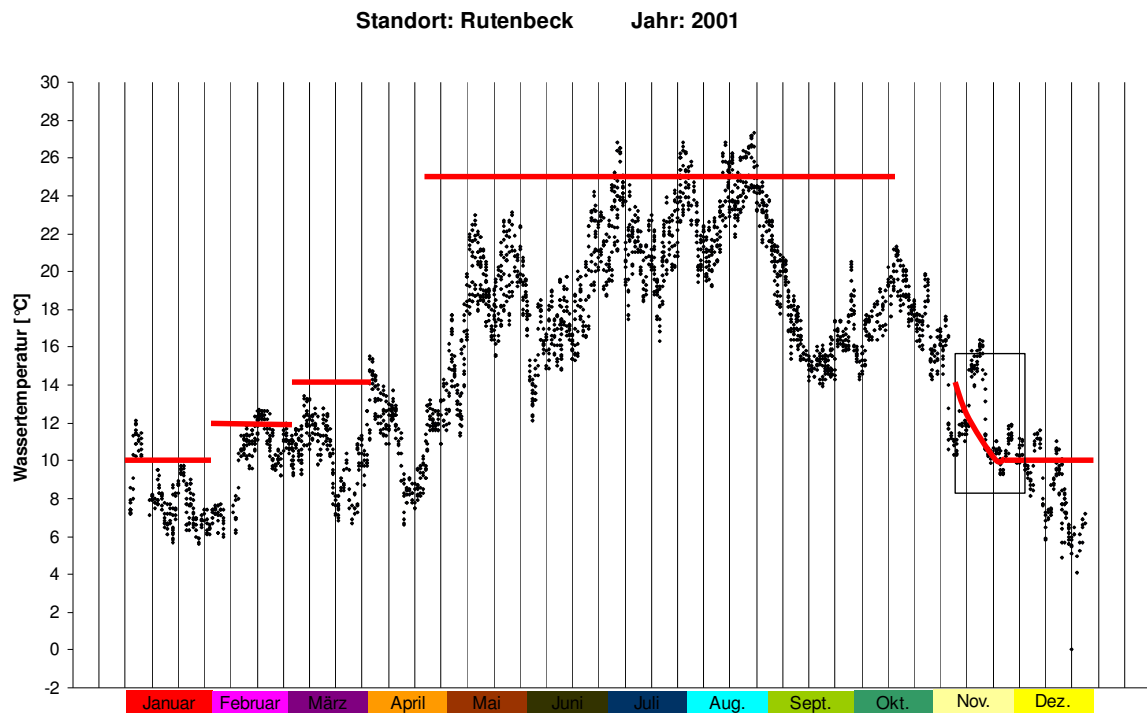


Bild 15-2: Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2001

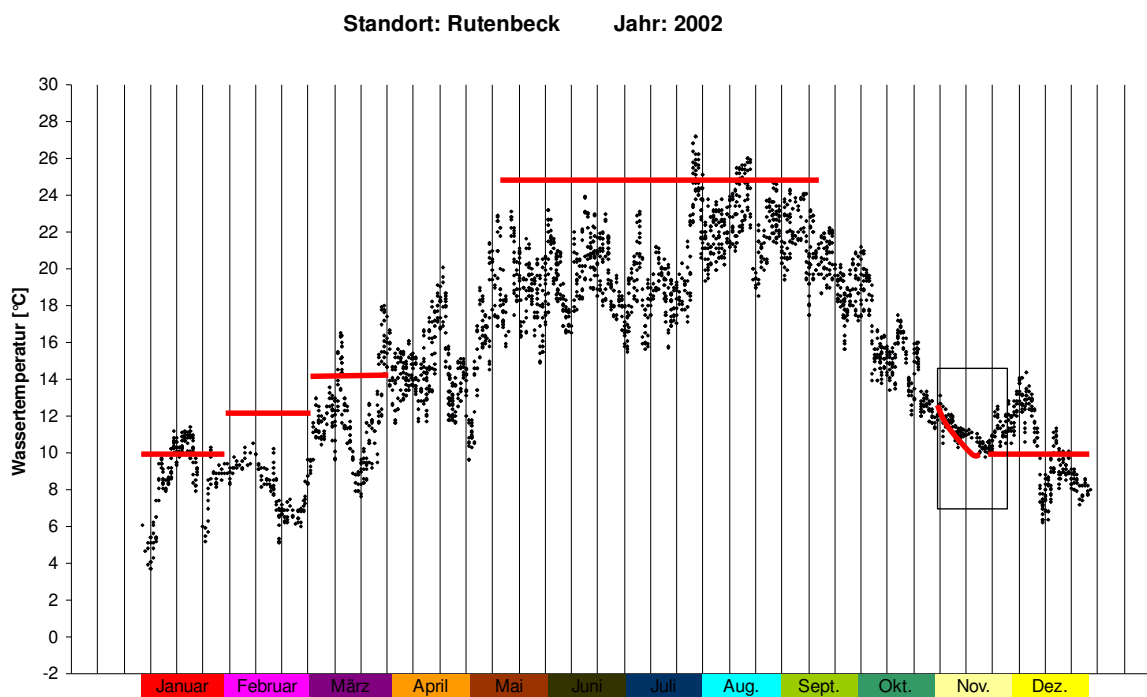


Bild 15-3: Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2002

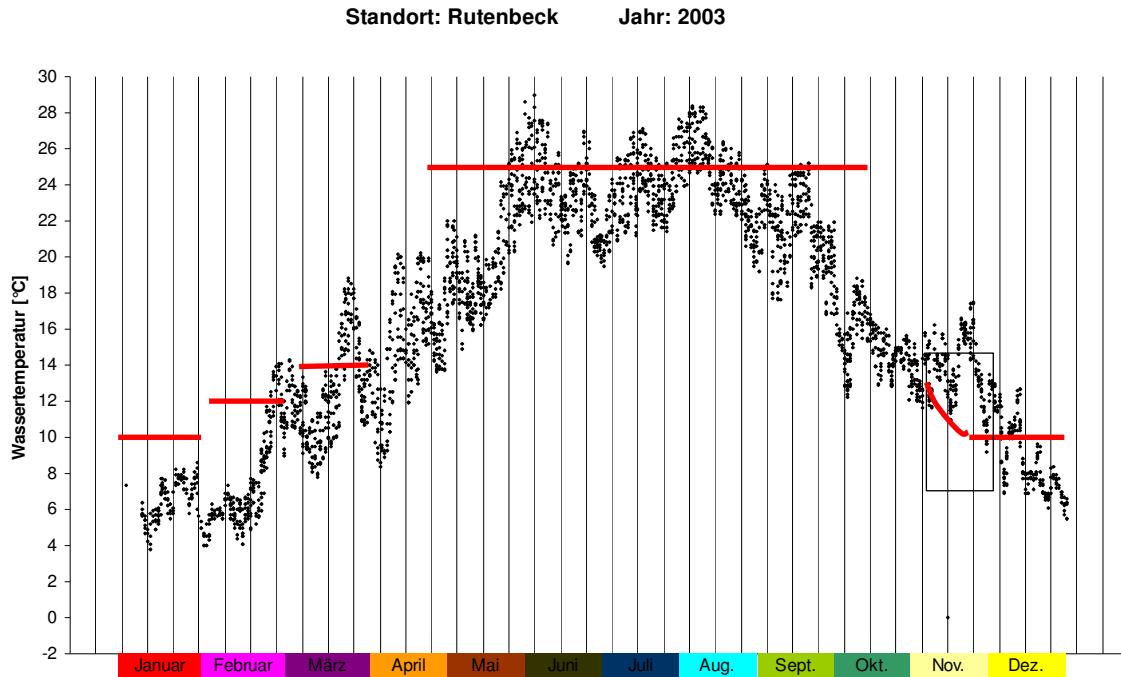


Bild 15-4: Messwerte der Wassertemperatur am Standort Rutenbeck und Zielfunktion der Fischfauna im Jahr 2003

Das Bild 15-1 zeigt, dass im Jahr 2000 vor allem Überschreitungen in Bezug auf die Letaltemperatur für adulte Fische zu verzeichnen gewesen sind. Auffällig ist, dass schon im Mai, also sehr früh im Jahr, Wassertemperaturen oberhalb der 25 °C gemessen wurden. Ferner wurden im Juni und im August Wassertemperaturen über 25 °C gemessen. Für die Fischfauna bedeuten diese Temperaturüberschreitungen, dass ein Überleben solcher Arten, die zu einer Salmonidengesellschaft gerechnet werden, unwahrscheinlich ist. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die gemessenen Temperaturüberschreitungen zumeist im Bereich von 1- 2 °C bewegen. Bei dieser geringfügigen Überschreitung besteht immer die Möglichkeit, dass einige Tiere diese Temperaturüberschreitung überleben.

Im Jahr 2001 ist ein Überleben der zu einer Salmonidengesellschaft gehörenden Spezies deutlich unwahrscheinlicher. Die Letalgrenze von 25°C wird in den Monaten Juli und August 3 mal überschritten. Hier bewegen sich die Überschreitungen in dem Bereich 1 – 2 °C. Darüber hinaus ist für das Jahr 2001 zu berücksichtigen, dass die Grenzen für die Ei- und Jungfischentwicklung überschritten wurden.

Im Jahr 2002 sind die Verhältnisse mit denen im Jahr 2001 vergleichbar. Sowohl die Letaltemperaturen als auch die Wassertemperaturen die eine Entwicklung von Eiern und Jungfischen gewährleisteten, werden überschritten. Darüber hinaus ist im November ein deutlicher Anstieg der Wassertemperatur von über 10 °C zu verzeichnen (vgl. Kap.13).

Ein Extremjahr stellt das Jahr 2003 dar. Im Sommer wurden Wassertemperaturen von bis zu 29 °C in Opladen gemessen. In solchen Wassertemperaturen ist ein Überleben von solchen Spezies, die zu einer Salmonidengesellschaft gezählt werden, nicht mehr möglich. Ferner zeigen die Wassertemperaturen von bis zu 18 °C im März, dass sowohl die Jungfische der Bachforelle als auch die Eier der Äsche sich nicht entwickelt hätten.

Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass sich unter den Wassertemperaturbedingungen in der Wupper in den Jahren 2000 bis 2003 keine Spezies, die zur Gesellschaft der Salmoniden zu zählen sind, hätten entwickeln können. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in

den Ergebnissen, die Rahmen der Elektrobefischungen für dieses Gutachten gewonnen wurden, wider. In und unterhalb von Wuppertal wurden in der Wupper Individuen der Arten Bachforelle, Äsche und Bachneunauge nicht oder nur vereinzelt nachgewiesen (vgl. Bild 7.5.2-2). Die Koppe konnte in nennenswerten Beständen erst wieder im Bereich Müngstener Brücke und Wupperhof registriert werden. Im Bereich von Wuppertal und unterhalb der Stadt fehlt sie ganz (vgl. Karte 7.5.2.1). Bei den erstgenannten Individuen handelt es sich mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit um solche, die auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen sind und um Individuen, die aus Seitenbächen in die Wupper eingewandert sind. Denkbar ist auch, dass die Tiere aus Bereichen oberhalb von Wuppertal stammen.

16 Priorisierung und Kategorien

16.1 Maßnahmenpriorisierung aus Sicht der Fischfauna

Höchste Priorität aller nötigen Maßnahmen zur Verbesserung der gewässerökologischen Verhältnisse für die Entwicklung der Fischfauna in der Unteren Wupper haben die in den vorangehenden Kap. 13 – 14 dargestellten Erfordernisse zur Einrichtung eines Temperaturmanagements der Wassertemperaturen. Dabei sollte die Entwicklung und Erhaltung eines Reproduktionspotenzials für solche Arten, die zu einer Salmonidengesellschaft zu rechnen sind, höchste Priorität haben. Das heißt, dass der **Schutz des Überlebens von adulten Individuen dieser Spezies die wichtigste Maßnahme** darstellt. Um diesen Schutz zu gewährleisten ist es notwendig, eine sommerliche Höchsttemperatur von 25 °C einzuhalten.

Für den Fall, dass diese Maßnahme umgesetzt wird, ist mit einem schnellen Anstieg der Bestandsanteile der Arten Bachforelle, Äsche und Koppe zu rechnen. Die Rekrutierung der Tiere wird in erster Linie aus Mündungsbächen der Wupper sowie aus Gewässerabschnitten oberhalb von Wuppertal erfolgen. Dass die zur Besiedlung des Wupperabschnittes zu überwindenden Distanzen für die meisten Fischarten kein Problem darstellen zeigt, die Tab. 16-1. Auch für solche Fischarten, die in der einschlägigen Literatur als weitgehend stationär beschrieben sind, sind Ortsbewegungen von Hundert und mehr Kilometern möglich.

Tab. 16-1: Wanderdistanzen ausgewählter einheimischer Fischarten (aus: ADAM u. HOFFMANN im Druck)

Gilde / Art	Distanz	
	stromaufwärts	stromabwärts
anadrom: Meer- und Flußneunauge, Stör, Lachs, Meerforelle, Finte, Maifisch etc. katadrom: Aal, Flunder	z.T. mehr als 1.000 km zwischen dem Meer und den Binnengewässern	
Barbe	300 km	300 km
Nase	140 km	100 - 140 km
Döbel	105 km	170 km
Aland	105 km	170 km
Karpfen	mehrere 100 km	
Zährte	> 800 km	
Quappe	> 200 km	

Wenn das Überleben der Spezies, die zu einer Salmonidengesellschaft zu rechnen sind, gewährleistet ist, sollte durch **weitere Maßnahmen** sichergestellt werden, dass diese Arten sich selbst erhaltende Bestände bilden können. Das bedeutet, dass den Arten eine erfolgreiche Reproduktion ermöglicht werden muss. In Bezug auf die Wassertemperaturen bedeutet dies, dass die **Wassertemperaturvorgaben für die Winter- und Frühjahresmonate eingehalten** werden müssen.

Für die langfristige Etablierung von sich selbsterhaltenden Beständen von Arten die zur Gesellschaft von Salmoniden zu rechnen sind hat die Einhaltung der sommerlichen Wasser-

temperaturen eine deutlich höhere Priorität, als die Einhaltung der Wintertemperaturen. Wenn für die adulten Tiere, die sich mehrfach in ihrem Leben fortpflanzen können, das langfristige Überleben gesichert ist, ist der Ausfall des Fortpflanzungserfolges in einzelnen Jahren kompensierbar.

Neben den Verbesserungen zu den Temperaturverhältnissen in der Wupper hat die Entwicklung eines **barrierefreien Fließgewässers eine hohe Priorität**. Diese Maßnahme ist notwendig, damit sich zum einen Rekrutierungspotenziale in der Wupper ansiedeln können. Als Beispiel sei hier das Bachneunauge genannt. Zum anderen müssen naturnahe Rückzugsbereiche in der Wupper selbst oder in Seitenbächen erreichbar sein. Darüber hinaus muss das Wuppersystem für Wanderfische besiedelbar sein.

Eine **weitere Maßnahme die zur positiven Entwicklung** der Fischfauna insgesamt beitragen wird, ist die leitbildorientierte Aufwertung der Wupper hinsichtlich ihrer **strukturellen Ausprägung**. Hier sollten Maßnahmen im Vordergrund stehen, die die Entwicklung gewässertypischer Strukturen, und hier speziell Laichstrukturen, zum Ziel haben.

16.2 Maßnahmenkategorien

Wie in Kapitel 14 dargestellt, ergeben sich aus dem Vergleich von IST-Zustand und Ziel-Zustand zwei Kategorien von Maßnahmentypen. Diese werden nachstehend als "Feuerwehrmaßnahmen" (F) und dauerhaft wirkende Maßnahmen (D) bezeichnet.

Feuerwehrmaßnahmen F

Mit Feuerwehrmaßnahmen können kurzfristige und geringfügige Probleme beherrscht werden. Sie sollten nicht zu teuer sein, da ihre Wirkung sehr begrenzt ist. Kurzfristige Maßnahmen erfordern jedoch einen erheblichen Mess-, Steuer- und Regelaufwand, da sie zielgenau eingesetzt werden müssen. Feuerwehrmaßnahmen lassen sich aufgrund der geringeren Kosten prinzipiell schneller installieren und sind daher prinzipiell kurzfristiger verfügbar als dauerhafte Maßnahmen. Der erhebliche Aufwand zur Steuerung und Regelung kann dennoch einen größeren Zeitbedarf verursachen, besonders wenn mehrere Institutionen hieran beteiligt sind.

Dauerhaft wirkende Maßnahmen D

Dauerhaft wirkende Maßnahmen bewirken eine grundsätzliche Verbesserung über einen längeren Zeitraum. Sie sind in der Anschaffung entweder teurer als Feuerwehrmaßnahmen oder aufgrund komplexer Beteiligungsverfahren erst mittelfristig bis langfristig verfügbar.

Für die Untere Wupper werden im Folgenden sowohl Feuerwehrmaßnahmen als auch dauerhaft wirkende Maßnahmen diskutiert.

Jede Maßnahme erhält folgenden Maßnahmenkopf:

Adressat der Maßnahme	Bezeichnung Organisation
Kategorie	s.o.
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen Priorität 3: Struktur
angesprochener Wasserkörper	WK2, WK3 oder beide

16.3 Literatur zu Kapitel 16

- Adam, B. u. Hoffmann, A. (2005): Erhebung der biologischen Qualität - Monitoring der Fischpopulationen.- Gewässerschutz – Wasser – Abwasser 93, Tagungsband, Essen Landesumweltamt - LUA (1998): Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen – Kartieranleitung .- Merkblätter 14, Essen, 160 S.
- Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen – MUNLV (1999): Richtlinie für naturnahe Unterhaltung und naturnahen Ausbau der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 86 S.
- Nolting, C., Hoffmann, A. (2005): schriftliche Mitteilung vom 27.01.2005 und mündliche Mitteilung vom 27.01.2005, NZO GmbH
-

17 Denkbare Maßnahmen

Zur Verbesserung der Fischfauna in der Unteren Wupper müssen Maßnahmen der Temperaturabsenkung und Maßnahmen der strukturellen Verbesserung betrachtet werden. Hierbei wurden zunächst sämtliche Möglichkeiten für kleine oder große Maßnahmen ohne Ansehen ihrer tatsächlichen Realisierbarkeit aufgelistet. Diese sind:

Maßnahmen am Markt

- Preispolitik
- Vertriebspolitik
- Großklimaanlagen
- private Heizwärmenutzer
- industrielle Wärmenutzer

Bauliche Maßnahmen

- Trockenkühlturm
- Nasskühlturm
- Hybridkühlturm
- Luftkondensatoren
- Kühlung des Kläranlagenablaufes
- Grundwassernutzung zu Kühlzwecken
- Initiierung der Substratsortierung durch Buhnen
- Schaffung von Durchgängigkeit
- Schaffung von Rückzugsräumen und Fluchwegen
- Entwicklung der Aue
- Aufstellung und Bearbeitung eines KNEF
- Errichtung einer "Temperatursperre" in der Wupper

Steuerungstechnische Maßnahmen (Steuerung von Volumen- und Energieströmen)

- Talsperrenmanagement / 3 °C (Kap. 12)
- Talsperrenmanagement / Temperaturganglinie Fische (Kap. 13)
- Trinkwassernutzung zu Kühlzwecken
- Ableitung in die Trennkanalisation
- Ableitung ins Klärwerk
- Produktionsdrosselung HKW

Maßnahmen der Interaktion

- Kooperation mit dem Wupperverband (Talsperrenmanagement)
- Kooperation mit den betroffenen Fischereigenossenschaften (Besatz, fischereiliche Nutzung)
- Kooperation mit der Stadt Wuppertal (Verbot der Fütterung, strukturelle Maßnahmen)
- Kooperation mit den Stadtwerken Remscheid zur zusätzlichen Wasserbereitstellung

Mit Ausnahme der Maßnahme "Temperatursperre in der Wupper", die sofort als undurchführbar verworfen wurde, werden die verschiedenen möglichen Maßnahmenarten nachstehend erläutert und grob hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit bewertet. (Die "Temperatursperre" müsste das warme vom kühlen Wupperwasser trennen, ohne ein Hindernis für Fische darzustellen. Dies ist nicht möglich. Außerdem mischt sich bereits das gesamte Wasser im Bereich der Wasserkraftanlage Buchenhofen, so dass eine strukturelle "Abtrennung der Wärmefahne" gar nicht möglich ist.). Die baulichen Maßnahmen sind in Maßnahmen zur Temperaturabsenkung und flankierende Maßnahmen zur Strukturverbesserung unterschieden.

Ziel dieser groben Erstbewertung ist es, unter allen prinzipiell denkbaren Lösungsansätzen diejenigen zu identifizieren, die angesichts der Problemstellung am ehesten als Maßnahmen zur Verfügung stehen. Die grobe Erstbewertung erfolgt hinsichtlich Realisierbarkeit und unter

Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte. Alle Maßnahmen, die dieser Erstbewertung Stand halten, werden in Kapitel 18 näher beschrieben und detaillierter hinsichtlich ihrer ökonomischen, ökologischen und sozialen Effekte betrachtet und bewertet.

17.1 Maßnahmen am Markt

17.1.1 Preis- und Vertriebspolitik

Adressat der Maßnahme	Vertriebsabteilung und Energieproduktionsabteilung WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Neben der Frage der unterschiedlichen Ansätze einer Vernichtung von Überschusswärme (Kühlkonzepte), der Rücknahme der Kraftwerksleistung oder der Minderung des Temperaturniveaus in der Wupper über die gezielte Zudosierung von kälterem Wasser, steht die Frage, inwieweit die Vermarktung der an den Standorten produzierten thermischen Energie verbessert werden kann, an hochrangiger Stelle. Beide Kraftwerksstandorte sind Heizkraftwerke, die neben elektrischer Energie Dampf in ein Fernwärmenetz einspeisen. Die vermarktete Energie muss nicht als Abwärme entsorgt werden. Die hohen Wärmeabgaben der Kraftwerksstandorte sind unmittelbar auf eine nicht optimale Vermarktung von Fernwärme zurückzuführen. Während in der jüngeren Vergangenheit industrielle Abnehmer durch Verlagerung oder Aufgabe der Produktionsstandorte weggefallen sind, ist dies nicht ausreichend durch eine Anpassung der Vermarktungsstrategie an die bestehenden verbleibenden Abnahmestrukturen kompensiert worden.

Eine Intensivierung der Bemühungen zur Steigerung des Absatzes sind wichtige Grundvoraussetzung für alle nachfolgend diskutierten Maßnahmen einer Ausdehnung der Wärmeabnahme durch industrielle Kunden oder für die Raumbeheizung nicht nur von Haushalten.

Wie eine Bestandsanalyse bereits zu Beginn der 90er Jahre zeigte [IFEU, 1994] war trotz vorhandenem Fernwärmenetz im Vergleich zu anderen Städten nur ein verschwindend geringer Anteil der Haushalte an das Netz angeschlossen. In Wuppertal betrug der Anteil etwa 1%, während in anderen Städten wie Heidelberg oder Pforzheim die Anteile bei 16% bzw. 14% lagen. Die Wohngebäude sowohl im Einfamilien- als auch im Mehrfamilienhausbereich wurden vor allem über Erdgas (51%) versorgt, was einen vergleichsweise hohen Anteil dieses Energieträgers darstellt. Nach einer Statistik des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft BGW wurden im Jahre 2003 46,6% der deutschen Haushalte mit Erdgas versorgt, mit Fernwärme 12,4% [BGW 2003].

Tablle 17.1.1-1 Anteil der ans Fernwärmenetz angeschlossenen Haushalte im Vergleich

Stadt	Anteil der ans Fernwärmenetz angeschlossenen Haushalte
Wuppertal	1%
Heidelberg	16%
Pforzheim	14%
Augsburg	8%

Diese sehr niedrigen Verbrauchsanteile der Haushalte an Fernwärme zeigen sich selbst für die Quartiere im Stadtbereich, die in der ferndampfversorgten Talachse liegen. Auch hier existierte kein einziges Quartier, das einen nennenswerten Verbrauchsanteil Fernwärme

aufwies. Die Energieversorgung erfolgte auch hier überwiegend durch Erdgas. Andererseits überwiegen die Mehrfamilienhäuser in diesen Quartieren sehr deutlich gegenüber den Ein- und Zweifamilienhäusern im Endenergieverbrauch, die Potenziale für eine ausgedehntere Fernwärmeversorgung wären daher prinzipiell vorhanden.

Im unmittelbaren Zugriff der Stadt liegen nur die stadteigenen (öffentlichen) Gebäude. Auch hier zeigte sich bereits in den 90er Jahren [IFEU, 1994], dass der Anteil der leitungsgebundenen Energieträger Fernwärme und Erdgas zwar in der Vergangenheit zu Lasten vor allem von Heizöl zugenommen hatte, Erdgas gegenüber Fernwärme jedoch einen höheren Anteil einnahm. Diese Situation dürfte sich heute nicht wesentlich geändert haben. Betrachtet man sich die Energieversorgung dieser Gebäude auf Quartiersebene, zeigt sich, dass entlang der Talachse ein Großteil dieser Gebäude an die Fernwärme angeschlossen ist. In den daran unmittelbar anschließenden Quartieren ist dieser Anteil jedoch sehr gering, hier überwiegt die Erdgasversorgung, aber auch Heizöl hat teilweise einen größeren Stellenwert. Dabei hatten in den 90er Jahren die Nutzungsgruppen Schulen und Wissenschaft/Forschung/Kultur einen relevanten Anteil von Heizöl am Energieverbrauch.

Die Fernwärmeversorgung zielte traditionell auf industrielle Abnehmer. Hier ist nicht nur in Wuppertal ein struktureller Wandel erfolgt, der die Absatzmöglichkeiten stark begrenzt. Wie eine grobe Übersicht der Stadtwerke zeigt, gibt es aber auch heute noch im Stadtgebiet Wuppertals industrielle Standorte mit (Prozess)Wärmebedarf, die die benötigte Wärme bis dato auf ihren Standorten selbst erzeugen, obwohl sie teilweise im Bereich der Fernwärmetrasse liegen oder an diese sogar angeschlossen sind.

Bewertung durch IFEU [KNAPPE, 2005]

Es wird deutlich, dass der besseren Vermarktung der an den beiden Kraftwerksstandorten erzeugten Wärme besonderes Augenmerk zu widmen ist, da dies unmittelbar ohne weitere Beeinflussung der Kraftwerksleistung die Abwärmemenge mindert, die entweder aufwändig vernichtet werden oder an die Wupper abgegeben werden muss. Da mit der „Abwärme“ der Einsatz fossiler Energieträger (vor allem Heizöl) substituiert werden könnte, ist diese Maßnahme nicht nur aus ökologischer Sicht vorteilhaft.

Wie groß die Potenziale zur Ausweitung des Fernwärmeabsatzes gegenüber städtischen und gewerblichen Liegenschaften, Haushalten und industriellen Produktionsstandorten sind, kann an dieser Stelle nicht genauer beziffert werden. Dazu wird eine umfassende Bestandsaufnahme des Endenergieverbrauchs und der eingesetzten Energieträger sowie der strukturellen Randbedingungen für das Stadtgebiet Wuppertal notwendig. Hierauf kann eine Marketingstrategie aufbauen, die den verstärkten Absatz von Fernwärme zum Ziel hat, was angesichts der Bedeutung für die beiden Kraftwerksstandorte bzw. den Lebensraum Wupper ggf. durchaus auch in Konkurrenz zur Ausweitung der Erdgasversorgung erfolgen sollte. Die Preispolitik sollte dabei die vermiedenen Kosten berücksichtigen, die durch eine Wärmevernichtung (Kühlung) oder durch ein Rückfahren der Kraftwerksleistungen entstehen würden bzw. die Abnahmepreise jahreszeitlich den Erfordernissen anpassen. Eine Ausdehnung des Fernwärmenetzes in direkter Konkurrenz zu bestehenden Erdgasversorgungen ist jedoch nicht sinnvoll.

Diese Maßnahme ist Grundvoraussetzung aller anderen nachfolgenden Maßnahmen am Markt (17.1.2 bis 17.1.4), die eher die technischen Möglichkeiten aufgreifen. Die Maßnahme „Preis- und Vertriebspolitik“ lässt sich in seinen Aufwänden und Erfolgen nicht separat quantifizieren und wird daher nicht weiter gesondert diskutiert und bewertet.

Bewertung durch Vertrieb WSW AG [SCHWARZ, 2005]

Unternehmenspolitischer Ansatz

Aus den Gründen des Klima- und Umweltschutzes hat die Nutzung der Fernwärme und deren ökonomisch sinnvoller Ausbau für WSW einen hohen Stellenwert. Die Verpflichtung der Stadt Wuppertal zum Klimaschutz mit dem Ziel, bis 2010 38% der CO₂-Emissionen im

Vergleich zu 1990 einzusparen, ist u. a. nur durch den verstärkten Einsatz von Fernwärme möglich. Mit der langfristigen Kundenbindung hat Fernwärme ein Alleinstellungsmerkmal, während Erdgas im Rahmen der Marktliberalisierung auch durch andere EVU geliefert werden kann.

Ein zusätzlicher Aspekt ist in der Optimierung der Kraftwerkleistung im Sommer zu betrachten, denn durch die verstärkte Dampfauskopplung wird die Kühllast reduziert.

Grundsätzliches zur Fernwärmeversorgung

Die Fernwärmeversorgung konzentriert sich entlang der Talachse an der Wupper sowie in den Zentren Barmen und Elberfeld. In der Umgebung der bestehenden Trassen wird die Fernwärme bevorzugt angeboten. D. h. Kunden wird generell zuerst ein Fernwärmeangebot unterbreitet, auch wenn sich eine Gasleitung in der Nähe befindet.

An einer Steigerung des Fernwärmeabsatz wird kontinuierlich gearbeitet um die Auslastung der Kraftwerke und damit die umweltschonende KWK-Stromerzeugung zu erhöhen. Energiedienstleistungsangebote wie der WSW-Wärmeservice haben sich als ein erfolgreiches Instrument zur Kundengewinnung erwiesen.

Allerdings gibt es auch strukturelle Veränderungen in der Stadtentwicklung wie z. B. den Leerstand von Gewerbe- und Wohnflächen sowie Produktionsumstellungen und -verlagerungen, die mit Absatzrückgängen verbunden sind.

Um dem entgegenzuwirken werden Potentialanalysen zur Umstellung von Öl auf Fernwärme durchgeführt und Kunden gezielt beworben.

Ist-Zustand und Rahmenbedingungen

Bestimmende Parameter sind:

a.) Anbieterseitig

- Fernwärme-Angebot (Menge/Leistung)
- Fernwärme -Beschaffenheit (Zustand, Druck/Temperatur)
- Fernwärme -Verfügbarkeit (Netz)
- Fernwärme -Anlegbarkeit (Preis)
- langfristige Kundenbindung

b.) Nachfragerseitig im Sinne Marktpotenzial

- Branchenschwerpunkte
- "Restanteil" nicht leitungsgebundener Energieversorgung

Marktpotenzial besteht dort, wo Fernwärme verfügbar (und Dampfzustand geeignet) und bisher Konkurrenzenergien zum Einsatz kommen. In Gebieten, die erdgas- und fernwärmeseitig schon erschlossen sind, ist im Rahmen der Kundenbindung, des Klimaschutzes und der tatsächlichen Nutzungsmöglichkeiten (Kälteerzeugung, Großabnehmer mit Sommerlast) zu entscheiden, welche Energieart angeboten wird. Aufgrund einer hohen Penetrationsquote mit Erdgasversorgung ist dies in Wuppertal in vielen Gebieten der Fall.

Bei Branchenschwerpunkten ist aus der Markteinschätzung und aufgrund von Erfahrungen besonders die Wohnungswirtschaft zu erwähnen.

Der Fernwärmeanteil ist in Wuppertal mit geprägt durch die weit auseinander liegende Stadtteile und den Boden, welcher hohe Tiefbaukosten bedingt. Von daher konzentriert sich die Fernwärmeversorgung auf die Talachsen und Stadtzentren von Elberfeld und Barmen. Es gibt aber auch eine Fernwärme Süd, gespeist von der Müllverbrennungsanlage am Küllenhahn und Nahwärmeversorgungen mit Blockheizkraftwerken (Schwimmbäder, Krankenhaus, Bereitschaftspolizei)

Im Kostenvergleich zu anderen Versorgern liegt die WSW AG mit ihrer Wärmeverrechnung im Mittelfeld. Wegen hoher Anschlusskosten ist jedoch manches Projekt nicht wirtschaftlich darstellbar, bzw. für die Kunden nicht interessant.

Vermarktungsstrategie

A) Geschäftkundensegment

- in erster Linie die Identifikation und Bearbeitung von Einzelkunden (Heizöl-Substitution bzw. bei neuen Objekten unmittelbare Fernwärme-Akquise)
- in zweiter Linie gemeinsam mit Netzmanagement Identifikation von Potenzialgebieten (Berücksichtigung von Investitionen für Netzerweiterungen)

B) Privatkunden

- im Rahmen einer Potenzialanalyse wurden für die Wohnungswirtschaft bereits Akquisemaßnahmen im Rahmen der Vermarktung Wärmeservice durchgeführt
- Prüfung, ob verstärkt Hausanschlüsse für Mehrfamilienhäuser gewonnen werden können, bei denen kein Bedarf für WS besteht

Vertriebsseitig stellt die Anlegbarkeit der Heizenergiepreise einen wesentlichen Parameter dar. Die Preisstellung muss konkurrieren können mit Preisen der Konkurrenzenergie, i. w. Heizöl EL (extra leicht = normales Heizöl). Hierzu sind i. d. R. Vergleichsberechnungen unter Berücksichtigung von Verwendungsnebenkosten erforderlich ("Vollkosten").

17.1.2 Großklimaanlagen

Adressat der Maßnahme	Bürogebäude von Firmen, Kaufhäuser in Wuppertal, Stadt Wuppertal WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	Beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Fernwärme wird über das Jahr in unterschiedlichem Maß zu unterschiedlichen Zwecken genutzt mit einem deutlichen Schwerpunkt auf den Winterzeitraum. Eine Möglichkeit der Optimierung der Wärmeabnahme auch im Sommer ist die Nutzung des Dampfs zum Betrieb von Klimaanlagen.

Statt der üblichen, meist strombetriebenen Kompressionskältemaschinen (KKM) werden dampfbetriebene Absorptionskältemaschinen (AKM) eingesetzt. Optimal ist der Zeitpunkt des Systemwechsels, wenn geplant ist, abgeschriebene bestehende zentrale Kompressionskälteanlagen zu ersetzen oder wenn neue zentrale Kälteanlagen in ein größeres Objekt eingebaut werden sollen. Voraussetzung ist immer die zentrale Kälteversorgung (keine raumweisen Kleinkälteanlagen). Eine AKM benötigt bei gleicher Kälteleistung das etwa fünf-fache an Wärmeenergie (hier Dampf) gegenüber einem KKN (Strom). Da dadurch bei einer AKM auch mehr Abwärme abgeführt werden muss, sind größere bzw. mehr Kühltürme als bei einer KKM nötig.

Obwohl die Anlagenkosten von AKM-Anlagen häufig die der KKM-Anlagen übersteigen, können diese wirtschaftlich betrieben werden (siehe [IFEU 1993]). Eine der ältesten AKM-Anlagen war übrigens im Kaufhaus Hertie in Wuppertal seit 1961 in Betrieb.

In Frage kommen hierfür größere Gebäude und Nutzungen wie Kaufhäuser oder Bürogebäude. Das bestehende Fernwärmenetz Wuppertals umfasst insbesondere die Innenstadtlagen von Barmen und Elberfeld und erstreckt sich über Seitenäste zu Klinikstandorten, Schulen und zu Universitätsgebäuden. Die strukturellen Voraussetzungen zum Ausbau einer derartigen Wärmenutzung sind demnach prinzipiell gegeben.

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Eine Ausweitung der Fernwärmevermarktung mindert rechnerisch unmittelbar die Wärmeabgabe an die Wupper bei unveränderter Kraftwerksleistung. Diese vermiedene Abwärmeabgabe ersetzt andere Energieträger, die in den genannten Einrichtungen zum Betrieb von Klimaanlage eingesetzt werden. Aus ökologischer Sicht handelt es sich daher um eine vorteilhafte Maßnahme, auch wenn das Potenzial bezogen auf die Gesamtabwärmemenge vergleichsweise gering ist und sich die Realisierbarkeit der Maßnahme nur schwierig benennen lässt.

Eine Ausdehnung der Fernwärmeabgabe im Zeitraum Sommer zum Betrieb von Klimaanlage wird als Maßnahme vertiefend untersucht und bewertet.

17.1.3 Private Heizwärmenutzung

Adressat der Maßnahme	Bürger, Gewerbe, Stadt Wuppertal WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	Beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Im Stadtgebiet Wuppertals erstreckt sich zwischen dem Kraftwerk Elberfeld im Westen und dem Firmenstandort Fa. Membrana im Osten ein streckenweise dichtes Fernwärmenetz, das nicht nur den unmittelbaren Bereich parallel zur Wupper einnimmt, sondern sich teilweise in Form von Seitenästen und kleinen Nebennetzen auch auf die Talflanken erstreckt. Nach den vorliegenden Unterlagen der Stadtwerke verfügen innerhalb dieser Netze nicht alle Gebäude über einen Anschluss an das Fernwärmenetz. Zudem lassen sich einige der Seitenäste auch als Ausgangspunkt einer räumlichen Ausdehnung des Fernwärmenetzes vorstellen.



Bild 17.1.3-1: Fernwärmenetz der WSW AG [LEONHARD, 2005]

Eine Ausdehnung der Fernwärmeversorgung für private Abnehmer zielt vor allem auf Großwohnanlagen bzw. Wohnblöcke, aber auch größere Verwaltungsgebäude, da hier die Anschlussleistungen in einem guten Verhältnis zu den Anschlusskosten stehen. Eine Ausdehnung oder Verdichtung des Netzes ist deshalb nur in Teilräumen Wuppertals denkbar, die über ein entsprechendes Potenzial verfügen. Die Gewinnung von Neukunden ist dabei vor allem dann realistisch, wenn die bestehende Wärmeversorgung der Gebäude erneuert werden muss bzw. die Gebäude selbst neu errichtet werden. Eine Ausdehnung der Fernwärmeabgabe über die Erweiterung des Kundenkreises der privaten Heizwärme-

anschlüsse ist daher realistisch nur begrenzt und über längere Zeiträume möglich. Es setzt zudem vor allem gezielte nachhaltige Informations- und Marketingkampagnen voraus, die mit entsprechender Intensität über längere Zeiträume angelegt werden müssen.

Die über das Fernwärmenetz vermarktete Wärme mindert unmittelbar die notwendige Abgabe von Abwärme an die Wupper. Durch private Anschlüsse lässt sich vor allem für den Winterzeitraum die Abnahmemenge erhöhen, da die abgenommene Wärme vor allem zum Zweck der als Raumbeheizung eingesetzt wird. Darüber hinaus erfolgt über Fernwärme auch die Warmwasserbereitstellung, was auch für den Zeitraum Sommer für eine wenn auch deutlich geminderte Fernwärmeabnahme sorgt.

Die in Frage kommenden Objekte sind in der Regel mit Warmwasserheizungsanlagen ausgestattet. Daher ist eine direkte Nutzung des Dampfes (wie in manchen Industriebetrieben) nicht möglich. Statt der bestehenden Heizzentralen werden daher konventionelle Dampfumformer mit Regelstrecke eingebaut.

Da bei der privaten Heizwärmenutzung eine Versorgung mit Heißwasser vom Energieniveau ausreichen würde, ist mittelfristig eine Teilnetzumstellung von Heißdampf auf Heißwasser zu erwägen. In diesem Fall können Hybridwärmetauscher in die Übergabestationen eingebaut werden (siehe [SWM 2003]).

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Ein Ausbau der Fernwärmevermarktung setzt unmittelbar an der Problemstellung an, da die zusätzlich vermarktete Wärme unmittelbar die Abwärmeabgabe an die Wupper substituiert. Wie auch eine ältere Studie des ifeu-Institutes zeigt, sind auch innerhalb der Quartiere, die über Fernwärmetrassen versorgt werden, noch Potenziale zur Ausweitung der Fernwärmeversorgung zu erkennen.

Die Maßnahme der Ausweitung des Fernwärmeabsatzes wird in die weitere vertiefende Analyse und Bewertung aufgenommen.

17.1.4 Industrielle Wärmenutzung für die Produktion

Adressat der Maßnahme	Firmen in Wuppertal, WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Die Fernwärmeversorgung in Wuppertal hat ihren Ursprung im Jahre 1921 und zählt damit zu den ältesten in Deutschland. Daraus sind mehrere bis heute bestehende technische Besonderheiten der Fernwärmeversorgung in Wuppertal zu erklären. Als Wärmeträger wird nicht Heizwasser sondern Dampf eingesetzt, da die Wärmeabnahme ursprünglich vor allem der Versorgung industrieller Großabnehmer diene mit einem Bedarf vor allem an Prozesswärme.

In den Vergangenheit befanden sich vor allem entlang der Hauptleitung in der Tallage zahlreiche Industriestandorte, die in großen Mengen Dampf in dem angebotenen Temperaturniveau benötigten. Die Brauereien oder die Textilindustrie als Hauptabnehmer sind jedoch nicht mehr oder stark rückläufig vorhanden. Auch das unmittelbar an das HKW Elberfeld angrenzende Chemieunternehmen übernimmt nur noch Bruchteile der ursprünglichen Dampfmengen, bedingt durch eine Verlagerung der Produktion und Ausbau des Standortes Wuppertal zu einem Forschungs- und Entwicklungszentrums.

Wie eine Aufstellung der Stadtwerke zeigt, sind noch einige wenige industrielle Standorte im Stadtgebiet Wuppertal verblieben, die einen Bedarf an Wärme oder Prozessdampf aufweisen und diesen bislang durch eigene Anlagen decken. Der benötigte Prozessdampf kann dabei in einigen Fällen von den Dampfparametern abweichen, wie über das Netz bereit gestellt. Dies bedeutet, dass im Einzelfall weitere Anlagen bzw. Übergabestationen an den Standorten notwendig werden, die ggf. auch das Temperatur- und Druckniveau erhöhen.

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Ein Ausbau der Fernwärmevermarktung setzt unmittelbar an der Problemstellung an, da die zusätzlich vermarktete Wärme unmittelbar die Abwärmeabgabe an die Wupper substituiert. Trotz strukturellem Wandel sind noch einige wenige Produktionsstandorte im Stadtgebiet Wuppertal verblieben, die ihren Wärme und Prozessdampfbedarf über das Fernwärmenetz decken könnten.

Die Maßnahme der Ausweitung des Fernwärmeabsatzes wird in die weitere vertiefende Analyse und Bewertung aufgenommen.

17.2 Bauliche Maßnahmen zur Temperaturbegrenzung

17.2.1 Nasskühlturm

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Die meisten Kühltürme sind als Nasskühlturm und zwar im Naturzug ausgeführt. Es handelt sich um eine in der Mitte verjüngende Betonschale, die auf einer gitterähnlichen Tragekonstruktion ruht. Durch die über das Kühlwasser bestehende Wärmezufuhr entsteht ein Auftrieb, der unterstützt durch die Form und Höhe der Kühltürme in einen von unten nach oben gerichteten natürlichen Luftzug übergeht. Durch die gitterähnliche Tragekonstruktion ist gewährleistet, dass von allen Seiten ausreichend Luft nachströmen kann.

Das erwärmte Kühlwasser wird in einer gewissen Höhe über Grund über Verteilrohre in den Kühlturm geführt und nach unten gegen den aufsteigenden Luftstrom verrieselt. Das abgekühlte Wasser sammelt sich am Fuße des Kühlturms in einem Becken und wird von dort entweder in den Vorfluter geleitet oder in den Kondensatorkreislauf rückgeführt (Rückkühlbetrieb). Über den Luftstrom wird ein Teil des Wassers mitgeführt und als Gemisch von Luft und Wasserdampf an die Umgebung abgegeben.



Bild 17.2.1-1: schematische Darstellung eines Nasskühlturms [www.Energiewelten.de]

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Diese Kühlalternative erweist sich nicht zuletzt aufgrund der spezifischen Randbedingungen in Wuppertal (dichte Wohnbebauung im direkten Umfeld, tiefe Tallage, vergleiche Bild 17.2.1-2) als problematisch. Das Kühlkonzept ist mit Dampfschwaden verbunden. Dazu kommt ein durch den Naturzug bedingter großer Baukörper sowie ein relevanter Luftstrom, der in Bodennähe im Standortumfeld des Kühlturms erzeugt wird. Die Größe des Baukörpers könnte dadurch positiv beeinflusst werden, dass man vom Naturzug abweicht und ein Ventilator-konzept (Zwangsbelüftung) wählt, was aber zu Lasten des Netto-Wirkungsgrades des Kraftwerkstandortes zu Buche schlägt. Die Größe des Baukörpers und die klimatischen Einflüsse sind angesichts des unmittelbaren städtischen Umfelds sowie der engen Tallage als äußerst problematisch anzusehen. Dazu kommen im Verhältnis zu anderen Kühlsystemen höhere Kosten.



Bild 17.2.1-2: HKW Elberfeld in räumlicher Lage zwischen Bahntrasse, Wupper und städtischen Verkehrswegen bzw. Wohnbebauung [STAAB, 2005]



Bild 17.2.1-3: HKW Barmen in räumlicher Lage zwischen Bahntrasse, Wupper und städtischen Verkehrswegen bzw. Wohnbebauung [STAAB, 2005]

17.2.2 Trockenkühlturm

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Im Unterschied zu den Nasskühltürmen wird in Trockenkühltürmen das Wasser nicht verrieselt, sondern zirkuliert durch Röhren, an denen die aufsteigende Luft vorbei streicht und so für Abkühlung sorgt. Es handelt sich um Wärmetauscherelemente wie man sie im Prinzip auch aus dem Autokühler kennt. Um eine entsprechende Kühlleistung zu erreichen, müssen große Oberflächen errichtet werden, was einen entsprechend großen Baukörper bedingt. Durch den Verzicht auf die Verrieselung bzw. bedingt durch die indirekte Kühlung unterbleiben die für Nasskühltürme typischen Schwadenbildungen. Auch beim Trockenkühlturm ruht der sich in der Mitte verjüngende Baukörper auf einer Gitterkonstruktion, die die ungehinderte Zufuhr von Luft sicher stellt.

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Trockenkühltürme müssen bei gleicher Kühlleistung wesentlich größer gebaut werden als Nasskühltürme. Im Vergleich zu dem Nasskühlturmkonzept ist der Trockenkühlturm mit einem sehr viel größeren Baukörper verbunden, wobei die Schwadenbildung unterbleibt. Die Größe des Baukörpers und die klimatischen Einflüsse (Erzeugung eines deutlichen Luftstroms, Schwadenbildung) sind angesichts des unmittelbaren städtischen Umfelds sowie der engen Tallage als problematisch anzusehen (vergleiche Bild 17.2.1-3). Dazu kommen im Verhältnis zu anderen Kühlsystemen höhere Kosten.

17.2.3 Hybridkühlturm

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Ein Hybridkühlturm stellt eine Kombination aus beiden oben angeführten Kühlkonzepten dar. Beim Betrieb eines Hybrid-Kühlturms wird die Abwärme über Nass- und Trockenkühlflächen an die Umgebung abgegeben. Ein Teilstrom des erwärmten Kühlwassers durchströmt den Trockenteil und gibt einen Teil der Wärme an die durch die Wärmetauscherelemente geleitete Luft ab. Das gesamte Kühlwasser gelangt anschließend in den Nassteil des Kühlturms und wird dort fein versprüht. Durch diese Kombination verringert sich die verdunstete Wassermenge gegenüber dem reinen Nasskühlturm deutlich. Durch die Mischung der wassergesättigten Luft aus dem Nassbereich mit der Luft aus dem Trockenbereich verringert sich die relative Feuchte des aus dem Kühlturm austretenden Gesamtluftstroms, so dass die Schwadenbildung deutlich gemindert werden kann.

Seitens STEAG [2002] wurde eine konzeptionelle Untersuchung zur Nachrüstung des Standortes HKW Elberfeld mit einem Hybrid-Kühlturm durchgeführt. Sie basiert auf vergleichenden Untersuchungen möglicher Kühlverfahren aus Mitte der 90er Jahre (ebenfalls von STEAG) und der Empfehlung des Einsatzes eines Hybridzellenkühlturms.

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Die Kombination als Hybridzellenkühlturm ist in verschiedenen Untersuchungen, die speziell zum Standort Wuppertal durchgeführt wurden, als vergleichsweise beste Alternative ermittelt worden. Sie lässt sich am besten in das bestehende Kühlsystem am Standort HKW Elberfeld einbinden, erweist sich als vergleichsweise kostengünstig und stellt zudem sicher, dass unter den meisten klimatischen Randbedingungen die Kühlung schwadenfrei erfolgen kann.

Die detaillierte Bewertung der Maßnahme zur Optimierung der Kühlung an den Kraftwerksstandorten am Beispiel des Hybridzellenkühlturms erfolgt in Kapitel 19.

17.2.4 Luftkondensatoren

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [SEBÖK, 2005; KNAPPE, 2005]

Luftkondensatoren sind Bausteine von Kühlungskonzepten nicht nur an Kraftwerksstandorten. In einem Luftkondensator wird über Wärmetauscherflächen die Wärme des Dampfes an die Luft abgegeben, während das anfallende Wasser (Kondensat) beispielsweise in den Speisewasserkreislauf rückgeführt werden kann. Die für die Kondensation benötigte Kühlung erfolgt durch große Ventilatoren, mit denen die Umgebungsluft an den Wärmetauscherflächen vorbei geführt wird, wobei sich die Umgebungsluft geringfügig erwärmt. Die Steuerung der Gebläse richtet sich nach den Außentemperaturen, der zu kondensierenden Dampfmenge sowie dem gewählten Unterdruck.

Mit einem luftgekühlten Kondensator (LUKO) kann Abwärme aus dem Dampfturbinenprozess daher ohne Nutzung des Mediums Kühlwasser abgeführt werden.

Solch eine Einrichtung ist im HKW Elberfeld bereits vorhanden. Sie ist in der Schaltung dem Hauptkondensator vorgelagert und entlastet dort bei Bedarf den wassergekühlten Hauptkondensator. Die Leistungsdaten hängen neben der Größe sehr stark von der Umgebungslufttemperatur und dem Dampfdruck ab und sind somit nicht ganzjährig gleich.

Die Auslegung des vorhandenen LUKO liegt bei einer Wärmeabfuhr von ca. 46 MW.

Bewertung [SEBÖK, 2005; KNAPPE, 2005]

Der Luftkondensator stellt eine sinnvolle Ergänzung zur Minderung der Wärmeeinleitung in das Kühlwasser dar. Schon derzeit wird im HKW Elberfeld ein Luftkondensator bei Bedarf genutzt. Der Bedarf ist derzeit und auch zukünftig nicht durchgängig. Die Ventilatoren können gestuft zugeschaltet werden, damit ist der Luftkondensator in seiner Leistung variabel einsetzbar. Der Luftkondensator ist zwar derzeit zeitweise schon voll ausgesteuert, hat aber über längere Zeiten hinweg auch noch Einsatzreserven und kann in Zukunft intensiver genutzt werden, je nach Anforderung.

Allerdings verschlechtert der Einsatz den Wirkungsgrad der Gesamtanlage, da der Abdampf auf einem vergleichsweise hohen energetischen Niveau kondensiert wird. Darüber hinaus steigt der elektrische Eigenbedarf durch den Stromverbrauch für die Lüfter. LUKOs benötigen zum Betrieb der großen Ventilatoren in erheblichem Umfang elektrische Energie. Die Abführung von 31,5 MW Wärme bedeutet einen Bedarf von elektrischer Energie von 0,3 MW als Hilfsstrom. Eine Nachrüstung oder Erweiterung ist nur mit sehr hohem Investitionsaufwand möglich, nicht nur baulich, sondern auch in Hinblick auf die Dampfturbinen, die nicht für die entsprechenden Dampfenahmen konstruiert sind.

Der Betrieb der Luftkondensatoren bzw. der Ventilatoren ist zudem mit erheblichen Geräuscentwicklungen verbunden, was angesichts der Lage des Standortes ebenfalls als problematisch angesehen werden muss.

Für die Diskussion von Maßnahmen wird daher angenommen, dass weitere Kühlungen über das bisherige Maß hinaus nicht über Luftkondensatoren durchgeführt werden sollten. Maßnahmen zur Vernichtung von weiterer Überschusswärme werden über das Hybrid-Kühlturmkonzept diskutiert.

17.2.5 Kühlung des Kläranlagenablaufes

Adressat der Maßnahme	Wupperverband
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	Beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Im Winter kann die Temperatur des Kläranlagenablaufs der Kläranlage Buchenhofen für das Temperaturniveau der Wupper problematisch sein. Eine Kühlung des Kläranlagenablaufs wäre prinzipiell über eine Wärmeabgabe an die Umgebungsluft denkbar. Wie man anhand der Temperaturgänge ersehen kann, die auf entsprechenden Daten des Wupperverbandes als Kläranlagenbetreiber beruhen, sind die Temperaturen des Kläranlagenablaufs vergleichsweise unabhängig von der Umgebungslufttemperatur, was darauf zurückzuführen ist, dass es sich im Einzugsgebiet um eine Trennkanalisation handelt, d. h. nur geringe Anteile Niederschlagswasser enthalten sind. Die Wassermenge ist vergleichsweise konstant, die Lufttemperaturen unterliegen auch als Tagesmittel größeren Schwankungen.

Eine Kühlung in Form einer Wärmeabgabe aus dem Wasser in die Umgebungsluft ist stark von dem Temperaturgradienten abhängig. Wie man an dem Verlauf für den Zeitraum Januar bis März 2003 ersehen kann, schwankt dieser stark und beträgt im Mittel etwa 10 K.

Eine grobe Abschätzung der Kosten für einen Kühlturm, der zur Aufgabe hat, eine Wassermenge von etwa $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ von etwa 14°C auf 10°C abzukühlen, dürfte ähnliche spezifische Kosten verursachen (ca. 10 Mio.), wie die für den Kraftwerksstandort diskutierte Kühlturlösung im Teilstrom, nach bisherigem Ansatz mit 43 MW. Rechnerisch könnte sich der Kühlturm für den Kläranlagenablauf auf 41,4 MW dimensionieren: $2,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,15 \text{ kWh/m}^3 \text{ K} \times 3,6 \text{ (}=(3600 \text{ s/h)/1000) x (14-10}^\circ\text{C)}$.

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Die Ablaufmenge der Kläranlage Buchenhofen kann etwa 1/3 des gesamten Wupperabflusses unterhalb der Einleitungsstelle betragen. Die sich daraus ergebende Mischtemperatur läge rechnerisch bei etwa $10,5^\circ\text{C}$ bis $11,5^\circ\text{C}$ bei einer Wassertemperatur des Kläranlagenabflusses von 12°C bis 15°C .

Angesichts der Unsicherheiten hinsichtlich des tatsächlichen Temperaturniveaus in der Wupper – keine Messstelle vorhanden – und der Frage, inwieweit und über welche Distanz es aufgrund der Beeinflussung durch die Lufttemperatur wieder zu einem Einspielen der Wassertemperatur auf das Zielniveau kommt sowie den zu erwartenden Kosten, wird diese Maßnahme nicht in Kapitel 19 in die vertiefte Bewertung genommen. Sinnvoller ist hier zunächst ein Monitoring zur exakten Problemaufnahme.

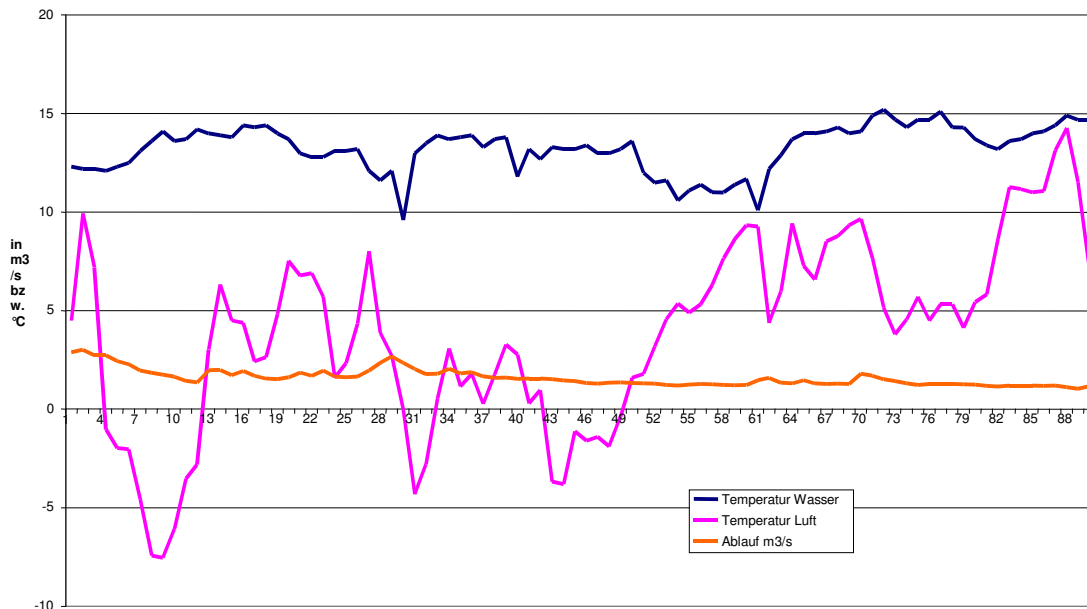


Bild 17.2.5-1: Temperaturgang an der Kläranlage Buchenhofen, Zeitraum 01.01.2003 bis 31.03.2003 [Angaben Wupperverband 2004]

17.2.6 Grundwassernutzung zu Kühlzwecken

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	F
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [SEBÖK, 2005]

Im **HKW Barmen** kann und wird auch schon derzeit über die vorhandenen Brunnen "Alter Markt" und "Reichsstraße" Grundwasser zu Kühlzwecken im offenen Kreislauf genutzt. Der

Ablauf des Brunnenwassers erfolgt in die Wupper. Die Temperatur des oberflächennahen Grundwassers beträgt im Jahresmittel etwa 12 °C.

Die Nutzung des Brunnenwassers als Kühlwasser in Ergänzung zum Wupperwasser, insbesondere für Nebenkühlkreisläufe, ist auch in der verfahrenstechnischen Auslegung der Neuanlage HKW Barmen berücksichtigt, zumal es mit dem ganzjährig niedrigen Temperaturniveau von 12 °C zur Verfügung steht.

Die erforderlichen und auch genehmigten Mengen liegen bei jährlich rund 7,5 Mio. m³.

Für das **HKW Elberfeld** stehen keine nennenswerte Grundwassermengen zur Verfügung. Die in der Vergangenheit für Nebenkühlzwecke genutzten Brunnen sind in der Ergiebigkeit so weit zurückgegangen, dass die Nutzung in Zukunft eingestellt wird.

Bewertung [SEBÖK, 2005]

Im Bereich Elberfeld steht kein Grundwasser zur Nutzung zur Verfügung.

Eine Erweiterung der Nutzung, bzw. Erhöhung der Wassermengen im Bereich Barmen wird als nicht praktikabel angesehen und von daher nicht weiter untersucht.

Entsprechend den Anforderungen an ein jahreszeitlich gestaffeltes Temperaturmanagement kann die Einleitung von Brunnenwasser im Winter aufgrund der Temperatur von 12 °C zu einer ungünstigeren Situation führen. Es ist daher sinnvoll, das erlaubte Grundwasserkontingent vor allem im Sommer zu nutzen. Hierzu sind jedoch Praxisversuche notwendig.

17.3 Bauliche Maßnahmen zur Strukturverbesserung (flankierende Maßnahmen)

In diesem Abschnitt sollen flankierende Maßnahmen dargestellt werden, die sich über das Temperaturmanagement hinaus positiv auf die Entwicklung einer gewässertypologisch leitbildkonformen Fischartenzusammensetzung auswirken.



Bild 17.3-1: Technisch ausgebauter Wupperabschnitt mit Ufermauern im innerstädtischen Bereich von Wuppertal

Grundlage für die Darstellung weiterer nötiger Maßnahmen in der Wupper sind die Erfahrungen aus der Erstellung zahlreicher Konzepte zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern. Diese orientieren sich an den gewässertypologischen Leitbildern der Wupper (vgl. Kap. 2 und LUA 2002) sowie den Angaben in der Blauen Richtlinie für naturnahe Unterhaltung und naturnahen Ausbau der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen (MUNLV 1999). Hier dargestellte Maßnahmen haben nur den Charakter allgemeingültiger Forderungen, da detaillierte, abschnittsbezogene Betrachtungen erst auf der Basis eines Konzeptes zur naturnahen Entwicklung (KNEF) des Fließgewässers ausgearbeitet werden können.

Der derzeitige strukturelle und chemisch-physikalische Zustand der Wupper wird maßgeblich durch den technischen Ausbauzustand, die Laufverkürzungen, die Nutzungen der Aue und die zahlreichen Querbauwerke und Stauhaltungen bestimmt. Für eine naturnahe Entwicklung des Fließgewässersystems Wupper ist es daher von großer Bedeutung, die existierenden Beeinträchtigungen auf ein Minimum zu begrenzen. Es ist verständlich, dass besonders in den innerstädtischen Bereichen (Bild 17.10-1), in denen durch die bis an die Gewässerkanten reichenden Nutzungen durch den Menschen kaum Handlungsspielraum existiert, andere Maßnahmen nötig sind, als in den außerstädtisch fließenden Wupperabschnitten.

Zur Verbesserung der Wasserqualität müssen im Stadtgebiet von Wuppertal die zahlreichen Einleitungsstellen überprüft werden. Mehrfach wurden bei den Begehungen Schmutzwasser-einleitungen, die in nicht unerheblichem Umfang auch Trübungen des Wupperwassers bewirkten, beobachtet.

17.3.1 Initiierung einer Substratsortierung durch Einbau von Buhnen

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, Stadt Wuppertal
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 3: Struktur
angesprochener Wasserkörper	beide, besonders aber Stadtgebiet WK3

Beschreibung [HOFFMANN, 2005]

Im Stadtgebiet von Wuppertal sowie im Umfeld weiterer Siedlungen bestehen auch mittel- bis langfristig nur geringe Möglichkeiten, den Gewässerverlauf zu entfesseln und eine weitgehend eigendynamische Gerinneverlagerung zuzulassen. Hier ist das vorrangige Ziel aus der Sicht der fischökologischen Verhältnisse, die mangelnde strukturelle Vielfalt im Bereich der Ufer und der Sohle zu erhöhen. Dieses ist möglich durch das Einbringen künstlicher Buhnenelemente, die bei einer wechselseitigen Anordnung zu einem pendelnden Stromstrich führen. Hierdurch ließe sich die Strömungsdiversität erhöhen. Kleinräumig ist auch mit einer Fraktionierung der Substratanteile zu rechnen. In Fließrichtung hinter den Buhnen würden strömungs-empfindlichere Fischarten und Jungfische Schutz bei Hochwasserereignissen finden. Im Bereich der Buhnenköpfe käme es durch die erhöhte Strömungsgeschwindigkeit zu einer Rinnenbildung, was die Tiefenvarianz im Querprofil erhöhen würde. Diese Bereiche könnten gerade der Äsche als geeignete Ersatzhabitate dienen und hätten dann den Charakter von Trittsteinen, die eine Überwindung der vergleichsweise monotonen und besiedlungsfeindlichen innerstädtischen Bereiche dienen könnten, was speziell zu Zeiten der Laichwanderungen wichtig ist und auch andere Arten wie Nase und Bachforelle begünstigen würde.

Bewertung [LÜTZENBERGER / WITTKOIWSKI, 2005; LIEBESKIND, 2005]

Zunächst muss die Hochwasserverträglichkeit einer solchen Maßnahme bzw. solcher Maßnahmen geprüft werden. An kritischen Querschnitten im Bereich von Brücken muß der Hochwasserschutz vor der Gewässerentwicklung Vorrang haben. Andererseits sind im

Stadtgebiet bereits mehrfach (Jahn, Attin) Buhnen in die Wupper eingebracht worden. Der Entwicklungsplan ist mit dem Bereich Hochwasserschutz abzustimmen.

Für den Wasserkörper WK 3 "Stadtgebiet" liegt noch kein KNEF vor. Insofern sind Maßnahmen zur ökologischen Gewässerentwicklung hier noch nicht förderfähig. Zunächst muss daher ein KNEF aufgestellt werden.

In kleinem Umfang sollte jedoch in eigener Initiative des Wupperverbandes in Zusammenarbeit mit der Stadt Wuppertal geprüft werden, ob der Einbau von alternierenden Buhnen tatsächlich zu einer Substratsortierung, Rinnenbildung und Kehrwasserausprägung führt ("learning by doing").

Als Beispielstrecken für den Einbau von Buhnen wären aus Sicht des Wupperverbandes [LÜTZENBERGER, WITTKOWSKI, 2005] zu nennen:

- Oberbarmen, Rosenau (Bild 17.3.1-3)
- Unterbarmen, Beer-Sheva-Ufer (Bild 17.3.1-1 und 17.3.1-2)
- Adlerbrücke - Unterdörnen - Gesamtschule (Bild 17.3.1-1 und 17.3.1-2)
- (Am Loh)

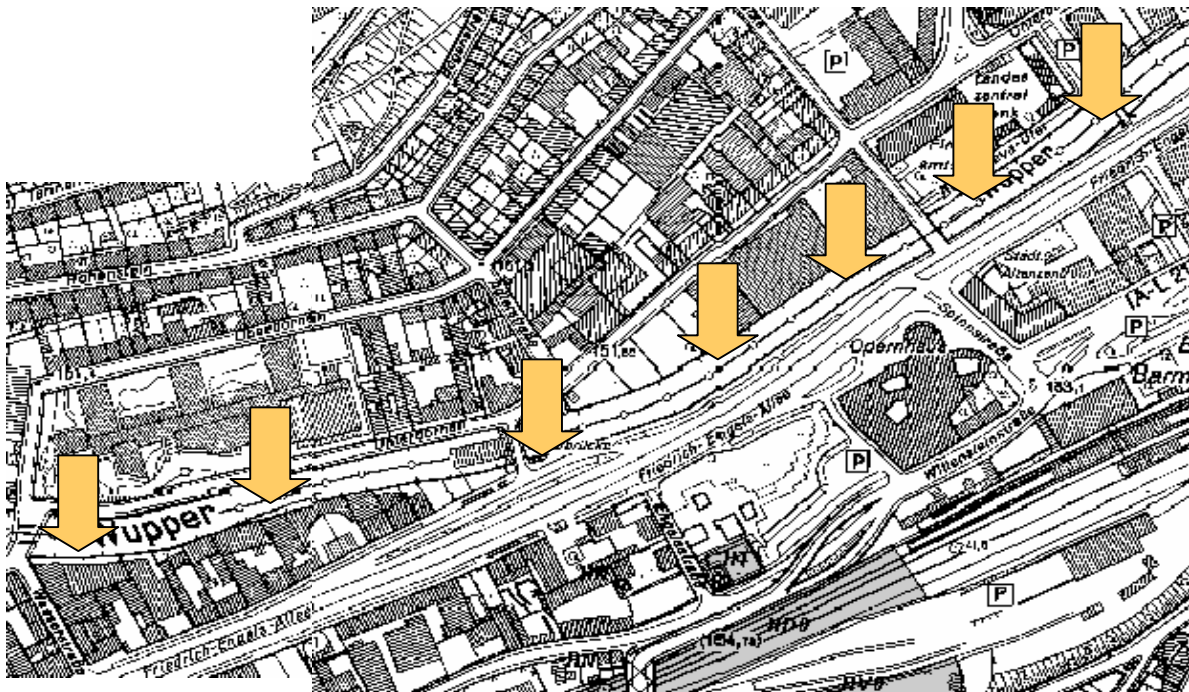


Bild 17.3.1-1: Beer-Sheva-Ufer und Adlerbrücke [Bild: KOHLHAS, 2004]



Bild 17.3.1-2: Unter der Adlerbrücke



Bild 17.3.1-3: Blick Richtung Rosenau

17.3.2 Schaffung von Durchgängigkeit

Adressat der Maßnahme	MUNLV, BR, Wupperverband, Auer Kotten
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 3: Struktur
angesprochener Wasserkörper	alle oben liegenden, besonders aber WK2

Beschreibung [HOFFMANN, 2005]

Die wesentlichste Forderung im Rahmen eines jeden Konzeptes zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern ist die Gewährleistung oder aber die Wiederherstellung der Längsdurchgängigkeit von Fließgewässern. Die zahlreichen Querbauwerke im Wuppereinzugsgebiet sind eine wesentliche Ursache für die defizitären Zustände der Wupper dar. Mittelfristige Planungen müssen zunächst beinhalten, dass die Wupper zwischen der Rheinmündung und Dahlhausen für alle Fischarten aller Alterstadien und in beide Richtungen durchgängig sein muss (vgl. Tabelle 16-1). Grundsätzlich muss bei den Planungen zur Verbesserung der Durchgängigkeit der Wupper berücksichtigt werden, dass ein natürlicher Geschiebehauhalt die Entwicklung eines Fließgewässers maßgeblich beeinflusst. Es kann also nicht ausreichen, an unüberwindbaren Querbauwerken Fischaufstiege zu errichten, sondern es sollten Maßnahmen getroffen werden, die gleichzeitig einen Geschiebetransport ermöglichen.

Tabelle 16-1: Wanderdistanzen einiger einheimischer Fischarten [ADAM et al. 2005]

Gilde / Art	Distanz	
	stromaufwärts	stromabwärts
anadrom: Meer- und Flußneunauge, Stör, Lachs, Meerforelle, Finte, Maifisch etc. katadrom: Aal, Flunder	z.T. mehr als 1.000 km zwischen dem Meer und den Binnengewässern	
Barbe	300 km	300 km
Nase	140 km	100 - 140 km
Döbel	105 km	170 km
Aland	105 km	170 km
Karpfen	mehrere 100 km	
Quappe	> 200 km	

Bewertung [LIEBESKIND, 2005]

Vor allem die mangelnde Durchgängigkeit am Auer Kotten, die mehr oder weniger das gesamte Einzugsgebiet der Wupper (ohne Dhünn-Einzugsgebiet) vom Rhein abschneidet, ist ein zentrales Problem. Derzeit ist eine Klage der Wasserkraftwerksbetreiber gegen die BR Düsseldorf zur Wiedererteilung des Wasserrechtes (möglichst ohne zusätzliche Auflagen) anhängig. Hier ist abzuwarten, ob sich die BR Düsseldorf mit ihren Forderungen durchsetzen kann.

Für die Herstellung der Durchgängigkeit am Stausee Beyenburg wird einer Genehmigung der Planung in 2005 gerechnet. Sollte das Staatliche Umweltamt keine zentralen Bedenken anmelden, wird der Fischaufstieg in 2006 zur Ausführung kommen.

Alle weiteren Querbauwerke zwischen Wuppermündung und dem Stauweiher Dahlhausen (km 72,6 von der Mündung aus) stellen für Wanderfische (Aal, Lachs, Meerforelle, Flussneunaugen) kein Problem mehr dar.

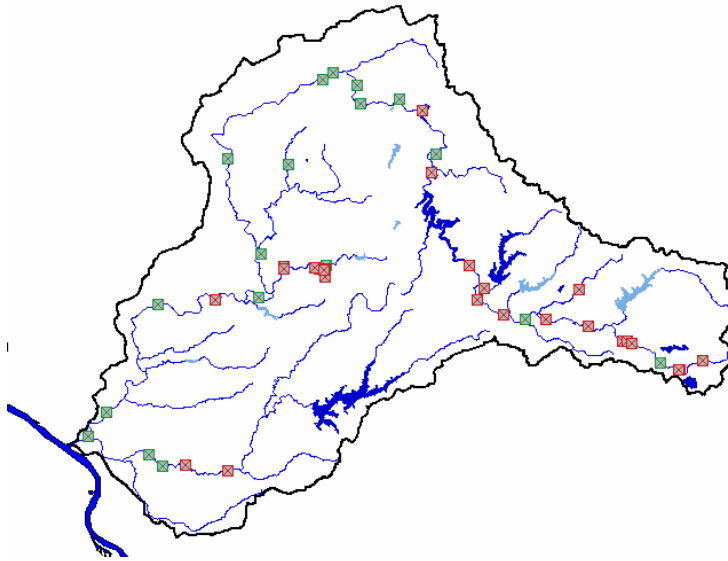


Bild 17.3.2-1: Durchgängigkeit der Wupper
(für Wanderfische durchgängige Wehre in grün;
letztes Hindernis: Auer Kotten (rot);
Fischtrappe Stausee Beyenburg:
Planung ist zur Genehmigung
eingereicht (Stand 02/2005))

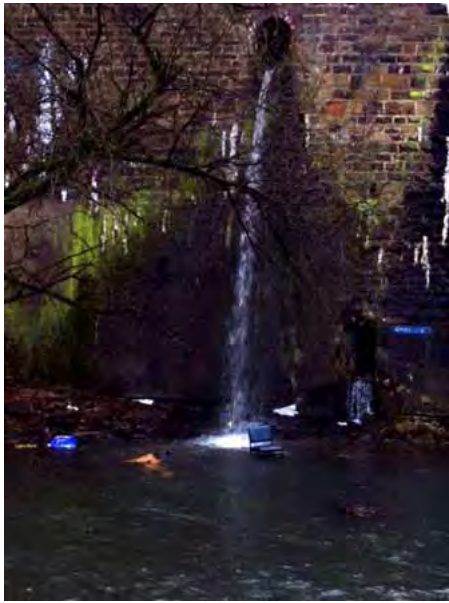
17.3.3 Schaffung von Rückzugsräumen und Fluchtwegen für Fische

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, Grundstückseigentümer, Städte und Gemeinden
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 3: Struktur
angesprochener Wasserkörper	beide, besonders aber WK2

Beschreibung [HOFFMANN, 2005]

In niederschlagsarmen und besonders warmen Jahren kann es dazu kommen, dass die Letalgrenzen der Eier und Jungfische einiger Arten überschritten werden. Dieses kann dann dazu führen, dass, mit Blick auf einen größeren Zeitraum, in einzelnen Jahren und unregelmäßigen Abständen die Reproduktion spezifischer Arten ausfällt. Durch die Gewährleistung des Überlebens der adulten Tiere bleibt aber der Fischbestand insgesamt gesichert, da diese sich im Folgejahr erneut fortpflanzen können. In diesem Zusammenhang kommt dem barrierefreien Anschluss der Nebengewässer der Wupper eine besondere Bedeutung als Rückzugsbereiche zu, da in deren kühleren Mündungsbereichen unter Umständen ein Teil der Jungfische oder auch dort abgelegte Teile der Eiproduktion die zu hohen Temperaturen der Wupper überleben können.

Den Nebengewässern kommt auch als Laichhabitat eine besondere Bedeutung zu. Speziell die Bachforelle sucht zur Laichzeit kleinere Nebengewässer im Einzugsgebiet der größeren Flüsse auf und steigt dann bis in die Quellregionen auf. Zumindest die Unterläufe der größeren Nebengewässer spielen als Laichhabitate für Äsche, Barbe und Nase eine Rolle. Hieraus ergibt sich, dass in die Betrachtungen einer naturnahen Entwicklung der Wupper auch die Nebengewässer einbezogen werden müssen. Insbesondere die bereits oben dargestellten Forderungen zur Längsdurchgängigkeit und dem Geschiebetransport der Wupper können direkt auf die Nebengewässer übertragen werden.

Bewertung [LÜTZENBERGER / WITTKOWSKI, 2005; LIEBESKIND, 2005]


Die mangelnde Durchgängigkeit der Seitengewässer ist ein Problem, das nur zum Teil (nur in Wasserkörper WK 2) gelöst werden kann. Im Stadtgebiet münden die meisten Nebenbäche bis zu mehreren Metern über Wupperniveau in der Ufermauer (vgl. Bild 17.3.3-1). Hier ist eine Durchgängigkeit auf lange Sicht nicht herzustellen. Viele kleine Nebenbäche sind zudem vorwiegend regenwassergespeist und fallen natürlicherweise in sommerlichen Trockenperioden, wenn Rückzugsräume benötigt werden, trocken. Sie wären also auch im Falle der Durchgängigkeit nicht von Nutzen für die Minderung des beschriebenen Wassertemperaturproblems.

Bild 17.3.3-1: Mündung des Klusensprung in die Wupper

Einige Nebengewässer, die aus Sicht des Wupperverbandes [LÜTZENBERGER, WITTKOWSKI, 2005] Fischrückzugsgebiete sein könnten sowie ihr Potential werden im folgenden (Tabelle 17.3.3-1) genannt:

Tabelle 17.3.3-1: Seitenbäche der Wupper als Rückzugsräume für Fische

Seitenbach der Wupper	Potential / Restriktionen	Bewertung
Morsbach	noch nicht durchgängig, sehr hohes strukturelles Potential, großer Seitenbach	
Eschbach	noch nicht durchgängig, großer Seitenbach	
Burgholzbach	noch nicht durchgängig, hohes Struktur-Potential, sehr teuer, L 74; Ausgleichsmaßnahmen SVA ?; im oberen Bereich sehr steil	
Steinbach	noch nicht durchgängig, Struktur gut; Rückbau ehemaliger Fischteiche im Hauptschluss (Widerstand Stadt Solingen)	
Marscheider Bach	noch nicht durchgängig, sehr hohes Struktur-Potential, aber oberhalb der Wärmefahne	
Nacker Bach	Durchgängigkeit unten gegeben; Struktur im unteren Bereich relativ gut. oben nicht mehr.	
Weinsberger Bach	nicht durchgängig; Struktur mäßig; KNEF vorhanden	
Weltersbach	Struktur unten schlecht, Verrohrung, im oberen Bereich gut	
Papiermühlenbach	keine Durchgängigkeit; technisch "hart" verbaut; Trapezprofil	

17.3.4 Entwicklung der Aue

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, Städte, Gemeinden, Grundstückseigentümer, Landwirte
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 3: Struktur
angesprochener Wasserkörper	WK2

Beschreibung [HOFFMANN, 2005]

In Anbetracht des stetig steigenden Flächenbedarfs der meisten Gemeinden muss für die Wupperrau außerhalb der innerstädtischen Bereiche im Vordergrund stehen, dass keine weiteren Siedlungsausdehnungen in die Aue der Wupper stattfinden. Nur so lassen sich die für eine dynamische Entwicklung des Fließgewässers notwendigen Flächen auch langfristig sichern.

Insbesondere in denjenigen Bereichen, in denen in der Aue bereits jetzt die land- oder forstwirtschaftliche Nutzung dominiert, muss über aktive Rückbaumaßnahmen der Ufersicherungen nachgedacht werden. Hierdurch lassen sich natürliche Gewässerstrukturen wie Gerinnenaufweitungen, leitbildorientierte Entwicklungen eines Mehrbettgerinnes und ähnliche Strukturen induzieren, die die Entwicklung gewässertypspezifischer Fischarten und anderer Organismen fördern. Durch eine freie Gerinneverlagerung im Bereich der natürlichen Gewässerrau würden stetig neue Substratanteile in das Gewässer transportiert und teilweise in anderen Gewässerabschnitten wieder abgelagert. Hierdurch könnte der Effekt des fehlenden Geschiebeaufkommens infolge der Stauanlagen Wuppertalsperre und Beyenburger Stausee in seinen negativen Auswirkungen gemindert werden. Die Entwicklung der Uferlinien sollte weitgehend der freien Sukzession überlassen werden. Initialbepflanzungen mit Weiden- oder Erlengehölzen, die oft zur natürlichen Beschattung eingesetzt werden, haben mit Blick auf die im Leitbild typischen großen Gewässerbreiten kaum Einfluss auf die Temperaturentwicklung in der Wupper. Durchgehende Bepflanzungen würden damit allein die natürliche Gerinneverlagerung erschweren.

Die Zulassung einer freien Gerinneverlagerung hätte ferner zur Folge, dass sich ein leitbildgemäßes Querprofil mit seinen zahlreichen Teillebensräumen einstellt. Durch die - in den Grenzen der anthropogen beeinflusste Abflussregulierung - natürlichen Strömungsverhältnisse würde es in diesen Gewässerabschnitten zu einer Sortierung der Substratanteile kommen. In Anlandungen sandiger Substrate würden beispielsweise die Querder der Neunaugenarten gute Siedlungsmöglichkeiten vorfinden. Größere kiesige Flächen, z. B. im Bereich von Inselbildungen, wären dagegen ideale Laichhabitate für Arten wie Äsche und Bachforelle und zukünftig sicherlich auch für den Lachs als anadromen Wanderfisch. Bedingt durch die regelmäßigen Umlagerungsprozesse wären die Interstitialräume der Sohle nicht kolmatiert und würden den Eiern kieslaichenden Fischarten bessere Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Weitere positive Effekte sind die natürliche Laufverlängerung sowie die Förderung der Überschwemmungsdynamik der Auen, was dem Hochwasserschutz insgesamt zu Gute käme.

Bewertung [LIEBESKIND, 2005]

Der Entwicklungsplan ist mit dem Bereich Hochwasserschutz abzustimmen.

Für die Wasserkörper liegt noch kein KNEF vor. Insofern sind Maßnahmen zur ökologischen Gewässerentwicklung hier noch nicht förderfähig. Zunächst muß daher ein KNEF aufgestellt werden.

Vorstellbar wäre eine punktuelle Ausweitung der Wupper an wenigen noch zu benennenden Stellen.

17.3.5 Aufstellung eines Konzeptes zur naturnahen Entwicklung der Unteren Wupper (KNEF)

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, BR, MUNLV
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 3: Struktur
angesprochener Wasserkörper	beide

Beschreibung [LIEBESKIND, 2005]

In einem Konzept zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern (KNEF) werden sämtliche Strukturgüte verbessernden Maßnahmen aufgezeigt und kostenmäßig bewertet. Ein KNEF ist die Voraussetzung für eine Förderung von Strukturgütemaßnahmen durch die Bezirksregierungen Düsseldorf und Köln (zuständige Bezirksregierungen für die Untere Wupper).

Bewertung [LÜTZENBERGER / WITTKOWSKI, 2005]

Der Wupperverband, Bereich T3 plant, bis zum Frühsommer einen Zuwendungsantrag zur Aufstellung eines KNEF für die Untere Wupper einzureichen. Als Grundlage für das KNEF kann unter anderem die Voruntersuchung zur Umsetzung der wasserbaulichen Maßnahmen für den Bewirtschaftungsplan "Untere Wupper" herangezogen werden.

17.4 Steuerungstechnische Maßnahmen (Steuerung von Volumen- und Energieströmen)

17.4.1 Talsperrenmanagement / 3°C

Adressat der Maßnahme	WSW AG, Wupperverband
Kategorie	F
Anwendung	Erfüllung der Vorgaben/Aufgaben der Fischgewässerverordnung
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [LIEBESKIND, 2005]

Im Oberlauf der Wupper finden sich eine Reihe von Talsperren zur Brauchwasserbewirtschaftung und Rohwasserbereitstellung für die Trinkwassernutzung. Ein Teil dieser Talsperren wird vom Wupperverband betrieben (Stausee Beyenburg, Wuppertalsperre), ein Teil von der WSW AG (Kerspe-Talsperre) und noch eine weitere von den Stadtwerken Remscheid (Neye-Talsperre). Derzeit wird mit Hilfe der Wuppertalsperre der Hochwasserschutz für Wuppertal sowie die Niedrigwasseraufhöhung der Wupper auf minimal 3,5 m³/s am Pegel Kluserbrücke sichergestellt. Letztere Anforderung nimmt hierbei den vorhandenen Speicherraum vollständig in Anspruch.

Um die Anforderung von 3°C-Aufwärmspanne auch für das Heizkraftwerk Elberfeld zu gewährleisten, wäre zu prüfen, ob eine zusätzliche dynamische Wasserabgabe aus der Kerspe-Talsperre (WSW AG) zu Bedarfszeiten des Heizkraftwerkes dies ermöglichen könnte. Geringfügige Überkapazitäten der Kerspe-Talsperre (7 bis 9 Mio m³) würden über die „Regelorgane“ Wuppertalsperre und Stausee Beyenburg den HKW zur Kühlung der Wupper zugeleitet.

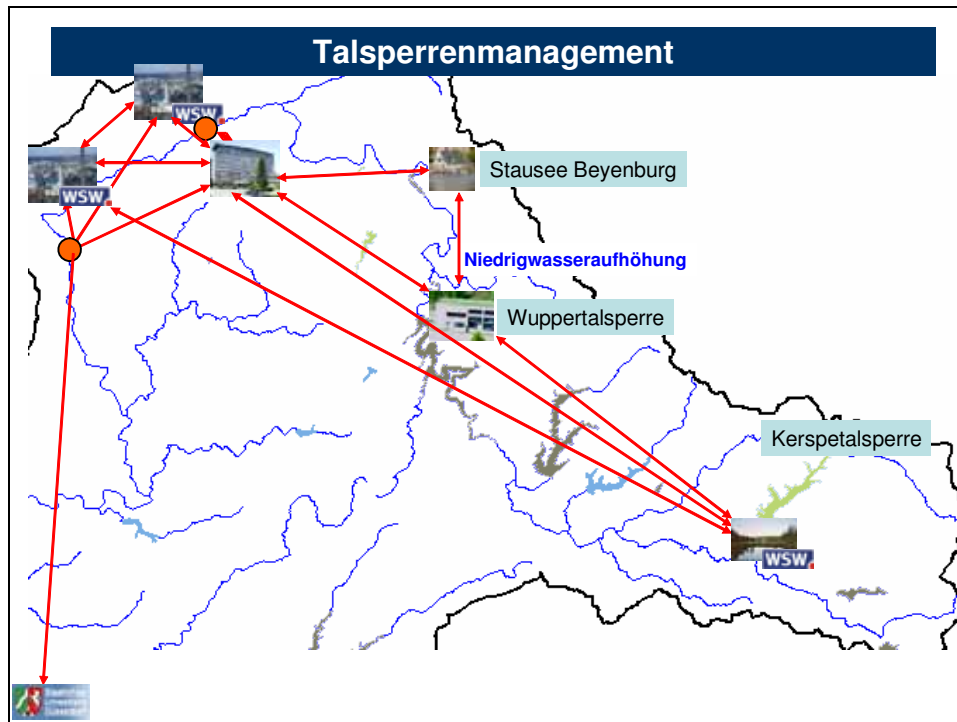


Bild 17.4.1-1: Steuer- und Regelnetz des Talsperrenmanagements.
(in orange: Messpunkte)

Bewertung [KISSELER, 2005, LIEBESKIND, 2005]

Die Simulationsergebnisse zum Talsperrenmanagement sind detailliert in Kapitel 18 beschrieben. Es wurde bisher keine Konfiguration gefunden, in der alle Kriterien der Anforderungen vollständig zu erfüllen waren. Es besteht darüber hinaus aber noch Optimierungspotential sowohl bezüglich des Einflusses von Kerspe- und Neye - Talsperre auf die Niedrigwasseraufhöhung und der damit verbundenen weiteren Reduzierung der Fehlmenge, als auch zur Einhaltung eines Mindestdurchflusses am Pegel Kluserbrücke von 3,5 m³/s. Dieses Potential kann durch weitere Simulationsrechnungen im Modell TALSIM ausgeschöpft und verifiziert werden.

Die Untersuchungen (Kapitel 18) lassen es dennoch als möglich erscheinen, mit Hilfe eines gemeinsamen abgestimmten Talsperrenmanagements (WSW AG / Wupperverband) und gezielter Niedrigwasseraufhöhung die Anforderung der Bezirksregierung von 3 K als maximaler Aufwärmspanne zu realisieren, wenn zusätzliche Produktionsrücknahmen in gerigem Umfang realisiert werden. Dies verlangt allerdings die Messung der Volumenströme und der Mischungstemperaturen an den Stellen, die für die Aufwärmspannen maßgebend sind:

- für die Mischungstemperatur vor dem HKW Elberfeld: Pegel Kabelbrücke,
- für die Mischungstemperatur nach dem HKW Elberfeld: Pegel Rutenbeck,

Ohne genaue Messung ist keine Regelung möglich. Die jetzige Installation mit der Übertragung des Wasserstandes vom Pegel Kluserbrücke etc. ist nicht geeignet, die anstehenden Aufgaben zu lösen.

17.4.2 Talsperrenmanagement / Temperaturganglinie Fische

Adressat der Maßnahme	WSW AG, Wupperverband
Kategorie	F
Anwendung	Erfüllung der Vorgaben der Zieltemperaturen für die Fische / ausgewogener Fischbestand
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [LIEBESKIND, 2005]

Alternativ zu Punkt 17.3.1 könnte das Talsperrenmanagement auch zu einer Einhaltung der Zieltemperaturen für die Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestandes dienen. Auch hier wäre zu prüfen, ob eine zusätzliche dynamische Wasserabgabe aus der Kerspe-Talsperre (WSW AG) zu Bedarfszeiten des Heizkraftwerkes (bei einem entsprechenden Management der benötigten Volumenströme über die Wuppertalsperre und den Beyenburger Stausee) dies ermöglichen könnte.

Bewertung [LIEBESKIND; 2005]

Die Möglichkeit des Talsperrenmanagements zu einer Einhaltung der Zieltemperaturen für die Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestandes ist ansatzweise unter Kapitel 18 untersucht. Da die anzustrebenden Zieltemperaturen erst gegen Ende des Forschungsvorhabens zur Verfügung standen, kann diese Möglichkeit erst in 2005 näher untersucht werden (d. h. außerhalb des Forschungsvorhabens). Die Untersuchungen lassen es - unter Auslassung der extremen Verhältnisse des Jahres 2003 - als möglich erscheinen, mit Hilfe eines gemeinsamen abgestimmten Talsperrenmanagements zwischen der WSW AG und dem Wupperverband die Anforderung der Zieltemperaturen für den Sommer (25°C) zu realisieren.

Im Winter kann das Talsperrenmanagement jedoch höchstens einen Teilbeitrag zur "Temperaturbewirtschaftung" leisten. Hier müssen weitere Maßnahmen greifen. Das Talsperrenmanagement wird als Maßnahme in die weitere Diskussion und vertiefende Bewertung (Kapitel 19 ff.) aufgenommen. Da Online-Temperaturdaten nur aus 3 bzw. 4 Jahren vorliegen, sind die Betrachtungen jedoch mit hoher statistischer Unsicherheit belegt. Hier ist ein Ansatz des "Learning by doing" gefordert.

Zur Umsetzung des beschriebenen Talsperrenmanagements macht eine sehr aufwändige Steuerung von Energie- und Volumenströmen erforderlich, bei denen auf weniger als ein halbes Grad genau reguliert werden muss. Dies macht im Vorfeld folgende Veränderungen notwendig:

Umstieg der Überwachung von der sehr ungenauen Berechnung der Wassertemperaturen auf Basis des - besonders im Bereich der Niedrigwasserführung recht ungenauen - Messpegels Kluserbrücke - auf eine genaue Messung der Temperatur (mittels Ultraschall oder ähnlich genauer Online-Verfahren) durch das StUA Düsseldorf am Punkt der vollständigen Durchmischung. Der Punkt vollständiger Durchmischung wird in der Rutenbeck angenommen (Flusskilometer 41,7). Die Übertragung der Online-Daten nach Düsseldorf und eine intensive Begleitung durch das Staatliche Umweltamt Düsseldorf wären hier wünschenswert.

Adressat der Maßnahme	Staatliches Umweltamt Düsseldorf
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Zusätzlich müssen die genauen Volumenströme vor dem Heizkraftwerk Elberfeld (WV, WSW AG) und die Volumenströme in der Rutenbeck (WV, WSW AG) genau erfasst werden (Ultraschall-Pegel).

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Das Staatliche Umweltamt muss als Voraussetzung der Nutzung von Überkapazitäten aus der Trinkwassertalsperre "Kerspe" zur zeitlich äußerst begrenzten Niedrigwasseraufhöhung (ca. 14 Tage/Jahr) zustimmen.

17.4.3 Trinkwassernutzung zu Kühlzwecken

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	F
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [SEBÖK, 2005; KNAPPE, 2005]

Eine Trinkwassernutzung zu Kühlzwecken wurde nur für kurze Zeiträume (Temperaturspitzen) mit eher geringerem Wasserbedarf in Erwägung gezogen. Trinkwasser stünde für diese geringen Zeiträume mit 0,5 m³/s und einem Temperaturniveau von 12°C zur Verfügung.

Um zu überprüfen, inwieweit prinzipiell im Sommer ausreichend Trinkwasser zur Zudosierung zur Verfügung stünde, ist beispielhaft das Jahr 2001 betrachtet. Im Zeitraum April bis November 2001 wären folgende Trinkwassermengen bei folgenden mittleren Volumenströmen notwendig gewesen (Tabelle 17.4.3-1):

Tabelle 17.4.3-1: Benötigte Trinkwasservolumina zur Verteilung der sommerlichen Wärmefracht in 2001

Datum der Überschreitung	benötigte Trinkwassermenge	Uhrzeit der Überschreitung	Dauer der Überschreitung	benötigter mittlerer Volumenstrom
04.07.01	572 m ³	15:00 bis 19:00	4 h	0,040 m ³ /s
05.07.01	8904 m ³	13:00 bis 19:00	6 h	0,41 m ³ /s
06.07.01	14274 m ³	10:00 bis 23:00	13 h	0,305 m ³ /s
29.07.01	7202 m ³	13:00 bis 22:00	9 h	0,222 m ³ /s
30.07.01	19085 m ³	11:00 bis 4:00	17 h	0,312 m ³ /s
31.07.01	8115 m ³	13:00 bis 22:00	9 h	0,250 m ³ /s
01.08.01	1406 m ³	15:00 bis 19:00	4 h	0,098 m ³ /s
02.08.01	5322 m ³	14:00 bis 0:00	10 h	0,148 m ³ /s
14.08.01	11596 m ³	12:00 bis 23:00	11 h	0,293 m ³ /s
15.08.01	21104 m ³	11:00 bis 2:00	15 h	0,390 m ³ /s
16.08.01	2867 m ³	11:00 bis 17:00	6 h	0,133 m ³ /s
17.08.01	3491 m ³	12:00 bis 19:00	7 h	0,139 m ³ /s
18.08.01	9639 m ³	12:00 bis 1:00	13 h	0,205 m ³ /s
20.08.01	600 m ³	15:00 bis 20:00	5 h	0,033 m ³ /s
21.08.01	6403 m ³	13:00 bis 22:00	9 h	0,198 m ³ /s
22.08.01	9572 m ³	11:00 bis 22:00	11 h	0,242 m ³ /s
23.08.01	13205 m ³	11:00 bis 1:00	14 h	0,262 m ³ /s
24.08.01	21033 m ³	9:00 bis 3:00	18 h	0,325 m ³ /s
25.08.01	27018 m ³	10:00 bis 2:00	16 h	0,469 m ³ /s max: 0,701 m ³ /s
26.08.01	29054 m ³	10:00 bis 5:00	19 h	0,425 m ³ /s
Gesamt:	220.462 m³			> 0,5 m³/s !

Bewertung [SEBÖK, 2005; KNAPPE, 2005]

Für das HKW Elberfeld wurden die Möglichkeiten zur Trinkwassereinspeisung zu Kühlzwecken untersucht und vorgeplant. Hier ist die Umsetzung ist mit vertretbarem Aufwand zu realisieren.

Für das HKW Barmen stehen keine ausreichenden Leitungskapazitäten auf der Trinkwasserseite zur Verfügung.

Eine Trinkwassernutzung zu Kühlzwecken wurde daher nur zur Einhaltung der maximalen Einleitungstemperatur bzw. der Aufheizspanne für das HKW Elberfeld in Erwägung gezogen. Trinkwasser stünde für kurzzeitige Ereignisse mit 0,5 m³/s und etwa 12 °C zur Verfügung.

Methodisch wird in erster Annäherung eine "Mischung" zwischen Wupperwasser und Trinkwasser betrachtet. Im Prinzip gleicht diese Maßnahme den aufgezeigten Maßnahmen der Talsperrensteuerung. In beiden Fällen wird für einen gewissen Zeitraum so viel Wasser zudosiert, dass das angestrebte Temperaturniveau in der Wupper nicht überschritten wird. Im Unterschied zum Talsperrenmanagement kann dies jedoch direkt vor Ort erfolgen und ist damit hinsichtlich Zeit und eingesetzter Wassermenge zielgenauer.

Dem steht entgegen, dass hierfür Wasser in Trinkwasserqualität eingesetzt wird, was einen entsprechenden Aufwand zur Rohwasseraufbereitung und Trinkwasserbereitstellung bedeutet, der hiermit verloren ginge. Rohwasser der Talsperren kann erst nach einigem Aufwand zu Trinkwasser beim Verbraucher bereit gestellt werden. Der Aufwand würde bei einer Nutzung rein zu Kühlzwecken verloren gehen was sich auch in den Kosten oder verlorenen Erlösen von etwa 400.000 € für den Beispielfall Sommer 2001 (Mengenpreis der WSW von 1,83 €/m³ Stand März 2004) niederschlagen würde. Die Maßnahme sollte nur bei Bedarf ausgetestet werden (learning by doing)

Die Nutzung von Trinkwasser in den oben ermittelten Größenordnungen (Tabelle 17.4.3-1) ist eher ein theoretischer Fall und sollte auf kurzzeitige Ausnahmen beschränkt sein.

17.4.4 Ableitung in den Entlastungssammler Wupper

Adressat der Maßnahme	WSW AG, Wupperverband
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [BÖCKER, 2005]

Der Hauptzweck des Entlastungssammlers Wupper ist die Abführung von klärflichtigem Regenwasser zum RÜB Rutenbecker Weg; zusätzlich erfolgt einige Mal im Jahr ein Abschlag aus dem Hauptschmutzwassersammler in das RÜB. Der Inhalt des RÜB Rutenbecker Weg wird, soweit freie Kapazitäten vorhanden sind, zum Klärwerk Buchenhofen gepumpt; ansonsten erfolgt ein Abschlag in die Wupper. Im Zuge der Projektbearbeitung wurde die Ableitung eines Teils des Kühlwassers aus den Heizkraftwerken Barmen und Elberfeld in den Entlastungssammler Wupper in die Diskussion gebracht. Eine solche Ableitung hätte zur Folge, dass in dem Wupperabschnitt bis Buchenhofen die thermische Belastung der Wupper gesenkt, allerdings auch die Wasserführung signifikant verringert würde. Die Auswirkung auf den Wasserkörper unterhalb Buchenhofen kann nur qualitativ abgeschätzt werden: Im Winter liegt die Lufttemperatur häufig unter der Wassertemperatur der Wupper, so dass bei direkter Einleitung des Kühlwassers in die Wupper über die Wasseroberfläche bereits zwischen HKW und Buchenhofen eine Wärmeabgabe an die Atmosphäre erfolgt. Im Kanal würde eine Wärmeabgabe an das umgebende Erdreich erfolgen. Ob diese höher oder niedriger ist, ist nicht ad hoc abzuschätzen, da zwar die Temperatur des Erdreichs höher als die der Luft ist, andererseits der Wärmeübergang Luft-

Wasser sich von dem Luft-Beton-Erdreich unterscheidet. Im Sommer ist die Abkühlung durch Wärmeabgabe vom Wupperwasser an die Luft wegen höherer Lufttemperaturen geringer als im Winter. Bei Einleitung von Kühlwasser in das Kanalnetz wäre die Wärmeabgabe über die Kanalwandung an das Erdreich möglicherweise höher als die des Wupperwassers.

Bewertung durch die WSW AG [LAUERSDORF, 2005]

Eine Ableitung von Kühlwasser aus den HKW-Prozessen durch o.g. Kanäle ist technisch und rechtlich nicht möglich und daher nicht weiter zu verfolgen.

Im einzelnen:

- Eine Ableitung durch den ESW hätte zur Folge, daß o.g. Mengen ständig zusätzlich vom Pumpwerk im RÜB Rutenbecker Weg gehoben werden müßten, um zur KA Buchenhofen zu gelangen. Im Starkregenfall wäre der Kühlwasserabfluß zu unterbinden.
- Das saubere Kühlwasser würde bei der Passage durch den ESW durch Vermischung um ein Maß verunreinigt, wie es das bei direkter Einleitung in die Wupper nicht wäre.
- Eine Einleitung aus dem RÜB Rutenbecker Weg direkt in die Wupper ist aus baulichen Gegebenheiten nicht möglich (außer im Überlastungsfall) zzgl. s. bitte Pkt. 3.
- Es stehen keine Leitungen zu Verfügung, um diese Mengen vom jeweiligen HKW zum jeweiligen Sammler zu leiten.

17.4.5 Ableitung ins Klärwerk

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, WSW AG
Kategorie	D
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [BÖCKER, 2004]

Über den Hauptschmutzwassersammler, der längs der Talachse von Oberbarmen bis Rutenbeck/Buchenhofen verläuft, fließen dem Klärwerk Buchenhofen bei Trockenwetter im Tagesmittel etwa 1.200 l/s und in der Tagesspitze etwa 1.800 l/s Abwasser zu. Dieser Sammler führt im wesentlichen Abwasser aus Schmutzwasserkanälen im Trennsystem. Allerdings sind auch einige kleine Mischgebiete angeschlossen, was zusammen mit Fehllanschlüssen/Fremdwasser dazu führt, dass die Leistungsfähigkeit des Klärwerks mit ca. 4,28 m³/s mehrmals pro Jahr voll in Anspruch genommen wird und am Rutenbecker Weg ein Abschlag aus dem Hauptschmutzwassersammler in das dortige Regenüberlaufbecken (RÜB) sowie ggf. bei Vollfüllung des RÜB in die Wupper erfolgt. Bei Sanierungsarbeiten im Hauptschmutzwassersammler wird das Abwasser aus diesem in den Entlastungssammler Wupper, dessen Hauptzweck die Abführung von klärfähigem Regenwasser zum RÜB Rutenbecker Weg ist, umgeleitet und aus dem RÜB zum Klärwerk Buchenhofen gepumpt.

Im Zuge der Projektbearbeitung wurde die Ableitung eines Teils des Kühlwassers aus den Heizkraftwerken Barmen und Elberfeld in den zum Klärwerk Buchenhofen führenden Hauptschmutzwasserkanal der WSW in die Diskussion gebracht. Eine solche Ableitung hätte zur Folge, dass in dem Wupperabschnitt bis Buchenhofen die thermische Belastung der Wupper gesenkt, allerdings auch die Wasserführung signifikant verringert würde. Die Auswirkung auf den Wasserkörper unterhalb Buchenhofen kann nur qualitativ abgeschätzt werden: Im Winter liegt die Lufttemperatur häufig unter der Wassertemperatur der Wupper, so dass bei direkter Einleitung des Kühlwassers in die Wupper über die Wasseroberfläche bereits zwischen HKW und Buchenhofen eine Wärmeabgabe an die Atmosphäre erfolgt. Im Kanal würde eine Wärmeabgabe an das umgebende Erdreich erfolgen. Ob diese höher oder niedriger ist, ist nicht ad hoc abzuschätzen, da zwar die Temperatur des Erdreichs höher als

die der Luft ist, andererseits der Wärmeübergang Luft-Wasser sich von dem Luft-Beton-Erdreich unterscheidet. Im Sommer ist die Abkühlung durch Wärmeabgabe vom Wupperwasser an die Luft wegen höherer Lufttemperaturen geringer als im Winter. Bei Einleitung von Kühlwasser in das Kanalnetz wäre die Wärmeabgabe über die Kanalwandung an das Erdreich möglicherweise höher als die des Wupperwassers,

Bewertung durch den Wupperverband [BÖCKER, 2004]

Eine Einleitung von Kühlwasser in den Hauptschmutzwassersammler hätte zur Folge, dass die Häufigkeit von Abschlügen aus dem Hauptschmutzwassersammler deutlich erhöht würde, es sei denn eine Einleitung bei Regen könnte durch eine geeignete Steuerung sicher ausgeschlossen werden. Bei der Behandlung im Klärwerk Buchenhofen würde sich das eingeleitete Kühlwasser wie Fremdwasser verhalten, d. h. es würde eine "Vermischung und Verdünnung" eintreten, die mit den heutigen Grundsätzen der Siedlungswasserwirtschaft bzw. des Wasserrechts nur schwer vereinbar wäre. Ablaufkonzentrationen des Klärwerks Buchenhofen würden sich verringern, allerdings nicht ganz im Verhältnis der Verdünnung. Gleichzeitig würden sich, u. a. durch Verkürzung der Abwasseraufenthaltszeit im Klärwerk, Abbauraten für Abwasserinhaltsstoffe verringern, was eine Erhöhung der in die Wupper eingeleiteten Schmutzfrachten zur Folge hätte. Vom MUNLV NRW wird Fremdwasser besonders kritisch betrachtet, weil hohe Fremdwasseranteile die Einhaltung der nach EG-Recht für Flusseinzugsgebiete geforderten Stickstoffeliminationsrate von 75% erschweren. Eine Verbesserung der Nitrifikation durch höhere Abwassertemperaturen wäre zwar im Winter prinzipiell denkbar, ist aber vermutlich wenig praxisrelevant, da das Klärwerk Buchenhofen auf Wintertemperaturen ausgelegt ist.

Ob eine Einleitung von Kühlwasser aus den Heizkraftwerken über das Kanalnetz in das Klärwerk Buchenhofen mit dem geltenden Wasserrecht vereinbar wäre, ist vor dem dargelegten Hintergrund sehr zweifelhaft, zumal dieses Kühlwasser im Prinzip kein behandlungspflichtiges Abwasser darstellt.

Bewertung durch die WSW AG [LAUERSDORF, 2005]

Eine Ableitung von Kühlwasser aus den HKW-Prozessen durch o.g. Kanäle ist technisch und rechtlich nicht möglich und daher nicht weiter zu verfolgen.

Im einzelnen:

- Der Hauptschmutzwassersammler hat nicht die freie Kapazität, um kontinuierlich 1,2 cbm/s aus Barmen + 1,2 cbm/s aus Elberfeld (Ihre heutigen tel. Angaben) an Kühlwasser aufzunehmen.
- Es stehen keine Leitungen zu Verfügung, um diese Mengen vom jeweiligen HKW zum jeweiligen Sammler zu leiten.
- Die Aufnahmefähigkeit der KA Buchenhofen kann von hier nicht verbindlich beurteilt werden, ist jedoch rein volumenmäßig mehr als zweifelhaft. Technologisch dürfte der dortige Anfall von sauberem Kühlwasser in dieser Menge völlig ungewünscht sein. Wasserrechtlich ist dieses nicht klärpflichtige Wasser auf der KA ebenfalls nicht akzeptabel.

17.4.6 Produktionsdrosselung der Heizkraftwerke

Adressat der Maßnahme	WSW AG
Kategorie	F
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [KNAPPE, 2005]

Wie die Bestandsaufnahme der Belastungssituation an der Wupper ergab, ist diese wesentlich auf die Temperatureinleitungen zurückzuführen und hier vor allem auf die beiden Kraftwerksstandorte Barmen und Elberfeld. Ein Anpassen der Kraftwerksleistung an die Möglichkeiten der Wärmeabgabe an die Wupper erfolgt bereits heute, indem über den Zeitraum Sommer über längere Zeit Kraftwerkskapazitäten still gelegt werden und/oder kurzfristig von Tag zu Tag durch Steigerung oder Rücknahme der Kraftwerksproduktion geregelt werden. Die Kraftwerksleistungen werden dementsprechend nicht nur an den Bedarf an Fernwärme und die Absatzmöglichkeiten von elektrischer Energie angepasst, sondern ebenso an das für den jeweiligen Zeitpunkt prognostizierte Temperaturniveau und die Abflussmenge der Wupper. Sicher gestellt wird hierdurch, dass die zulässige Temperaturerhöhung bzw. die zulässige Maximaltemperatur in der Wupper nicht überschritten wird.

Betroffen sind mit HKW Barmen und HKW Elberfeld zwei Kraftwerksstandorte im Stadtgebiet. Gegenüber den letzten Jahren wird sich die Situation der Wärmeeinleitungen allein schon dadurch ändern, dass am Standort Barmen Mitte dieses Jahres (2005) ein vollständig modernisiertes HKW wieder ans Netz gehen wird. Wie aus der ausführlichen Bilanzierung und Diskussion der Maßnahmen in Kapitel 18 zu erkennen sein wird, ist dies mit einer deutlich verminderten Abwärmemenge zu den diskutierten Lastfällen verbunden. Diese damit einhergehende Leistungsminderung bzw. –anpassung an den tatsächlichen Bedarf wird nicht als separate Maßnahme der Produktionsdrosselung diskutiert sondern als zukünftiger Status-Quo, auf den alle weiteren Maßnahmen aufbauen.

Bewertung [KNAPPE, 2005]

Die Maßnahme der Produktionsdrosselung setzt unmittelbar an den Ursachen des teilweise zu hohen Temperaturniveaus in der Wupper an. Ein Zurücknehmen der Kraftwerksleistung orientiert an den maximal zulässigen Wärmefrachten in die Wupper ist daher eine Maßnahme, die vertiefend in die Analyse und vergleichende Bewertung aufgenommen wird. Da die Nachfrage nach Energie damit nicht beeinflusst wird, muss in diese Bewertung mit einbezogen werden, dass die analoge Energiemenge andernorts bereit gestellt werden muss.

17.5 Maßnahmen der Interaktion

17.5.1 Kooperation mit dem Wupperverband

Adressat der Maßnahme	Wupperverband WSW AG
Kategorie	F
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen oder Erfüllung der Vorgaben/Aufgaben der Fischgewässerverordnung
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [LIEBESKIND, 2005]

Zur Durchführung des Talsperrenmanagements und auch in anbetracht der Tatsache, dass die Struktur des Gewässers für die Ausprägung der Fischfauna eine große Rolle spielt, wäre eine enge Kooperation zwischen der WSW AG und dem Wupperverband notwendig, um einen ausgewogenen Fischbestand zu entwickeln. Beim Talsperrenmanagement muß ein Steuer-, Regel- und Messnetz gemäß Bild 17.4.1-1 aufgebaut werden. Auch das "learning by

doing" erfordert einen Datenaustausch und enge Abstimmung zwischen den Kooperationspartnern und dem Staatlichen Umweltamt als begleitender Behörde.

Bewertung [LIEBESKIND, 2005]

Ausgehend von der Kooperation im Forschungsvorhaben steht einer engen Kooperation im Rahmen des Talsperrenmanagements, des Gewässermonitorings und der Gewässerentwicklung aus Sicht des Autors nichts im Wege. Dies wäre jedoch vertraglich zu vereinbaren.

17.5.2 Kooperation mit den Fischereiberechtigten und Fischereiausübungsberechtigten

Adressat der Maßnahme	Wupperverband Fischereigenossenschaften, Angelvereine
Kategorie	D
Anwendung	flankierende Massnahme
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [HOFFMANN, 2005]

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass in Bezug auf die Entwicklung des Salmonidenanteiles innerhalb der Wupperfischfauna aktuell noch zahlreiche Defizite zu verzeichnen sind. Ein Hauptgrund sind sicherlich die Wassertemperaturverhältnisse. Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens werden zahlreiche Maßnahmen, die zur Verbesserung der Situation beitragen sollen, dargestellt. Eine erste und auch erfolgversprechende Maßnahme ist die Einrichtung eines Temperaturmanagementsystems, dass zum Überleben der Salmoniden in der Wupper von Wuppertal bis zur Mündung des Flusses beiträgt (17.4.2).

Um eine entsprechende Erfolgskontrolle des Temperaturmanagements durchführen zu können, sind Monitoring-Untersuchungen angedacht. Damit die Ergebnisse ursachenorientiert bewertet werden können, ist es wünschenswert, die Fischerei in die geplanten Maßnahmen mit einzubeziehen.

In Zusammenarbeit mit den Fischereiberechtigten und den -ausübungsberechtigten sollten Vereinbarungen in Bezug auf Besatzmaßnahmen getroffen werden. Auf das Aussetzen von Salmonidenarten sollte ab sofort für 3 Jahre verzichtet werden. Zum einen könnten im Rahmen von Monitoringuntersuchungen Einwanderungen von Salmoniden in die Wupper und deren Ausbreitung dokumentiert werden. Zum anderen ist die eindeutige Beurteilung von erfolgreicher Reproduktion nur möglich, wenn keine Jungfische im Rahmen von Besatzmaßnahmen in das Gewässer eingebracht werden. Die Maßnahme bezieht sich nur auf die Wupper. Die Einstellung von Besatzmaßnahmen muss jedoch auch für den Abschnitt oberhalb von Wuppertal gültig sein. Nur so ist gewährleistet, dass Rückschlüsse auf vorhandene Rekrutierungspotentiale gezogen werden können.

Die Einstellung der Besatzmaßnahmen gilt auch für das Wanderfischprogramm. Mögliche temperaturbeeinflusste Entwicklungen in Bezug auf den Lachs können nur dokumentiert werden, wenn die Ergebnisse nicht durch Besatzmaßnahmen überdeckt werden.

Nach Ablauf der 3 Jahre kann auf der Grundlage der dann gewonnenen Erkenntnisse entschieden werden, ob und in welchen Umfang und in welchen Wupperabschnitten Besatzmaßnahmen zur Bestandsstützung sinnvoll sind. Die vorab dargestellte Vorgehensweise entspricht auch den in der Leitlinie für Fischbesatz in NRW dargestellten Vorschlägen in Bezug auf Fischbesatz nach Maßnahmen [MUNLV 2003].

Eine ergänzende Maßnahme sollte die Einrichtung einer Fangreuse am Auer Kotten sein, wenn dieses Wehr für Fische durchgängig gestaltet wird. Hier würde sich die Möglichkeit ergeben, wanderwillige Arten nachzuweisen. Es hat sich bewährt, entsprechende Kontrolleinrichtungen in Zusammenarbeit mit Fischereivertretern einzurichten und zu betreiben. Dies würde auch die Arbeiten im Wanderfischprogramm, z. B. den Laichfischfang, unterstützen.

Eine weitere Maßnahme, die die Angelfischer betrifft, ist die Offenlegung von Fangbüchern. Da die geplanten Monitoring-Untersuchungen nur in ausgewählten Zeitfenstern durchgeführt werden können, sind Informationen zum Fangort, zumindest in Bezug auf angelfischreichlich interessante Spezies, wichtig, um Hinweise z. B. zu Migrationgeschwindigkeiten einzelner Arten zu erhalten.

Bewertung [HOFFMANN; 2005]

Insgesamt gesehen ist die Zusammenarbeit mit Vertretern der Fischerei sinnvoll und erfolgversprechend in Bezug auf die im Rahmen des vorliegenden Gutachtens gesteckten Ziele, da vor allem die Förderung der Salmoniden in der Wupper auch eine Forderung der Fischerei ist.

17.5.3 Kooperation mit der Stadt Wuppertal

Adressat der Maßnahme	Wupperverband Stadt Wuppertal
Kategorie	D
Anwendung	flankierende Maßnahmen Struktur
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [LIEBESKIND, 2005]

In einem Besprechungstermin im Dezember 2004 in den Räumen der Stadt Wuppertal erläuterte Herr Kohlhas die Vorschläge der Stadt Wuppertal, die Untere Wupper im Bereich der Stadt Wuppertal mit Hilfe von Maßnahmen im Bereich der Stadtplanung und Ökologie aufzuwerten. Die Stadt Wuppertal möchte dies gerne in Abstimmung mit dem Wupperverband unternehmen. Aufgrund der Erkenntnisse des Forschungsvorhabens lassen sich ökologisch besonders wertvolle Vorschläge identifizieren.

Bewertung [LIEBESKIND, 2005]

Durch eine Zusammenarbeit mit der Stadt Wuppertal im Bereich der ökologischen Aufwertung der Unteren Wupper (insbesondere: Bau von Buhnen) könnten Synergieeffekte entstehen, die die Fischfauna zusätzlich stützen. Die Bündelung von Maßnahmen könnte zu höherer Wirkungseffizienz führen.

17.5.4 Kooperation mit den Stadtwerken Remscheid

Adressat der Maßnahme	Wupperverband WSW AG Stadtwerke Remscheid
Kategorie	F
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen oder Erfüllung der Vorgaben/Aufgaben der Fischgewässerverordnung
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [LIEBESKIND, 2005]

Die Stadtwerke Remscheid betreiben im Oberlauf der Wupper die Neye-Talsperre. Diese wurde bis zum Jahr 2004 als Rohwasserspeicher für die Trinkwasserversorgung genutzt. Diese Nutzung wurde inzwischen aufgegeben und das aufbereitende Wasserwerk still gelegt. Die Neye-Talsperre könnte daher, wie auch die Kerspe-Talsperre der WSW AG, dazu dienen, zusätzliches Wasser in das Talsperrenmanagement einzubringen (siehe Punkte 17.4.1 und 17.4.2). Eine detaillierte Betrachtung dieser Möglichkeit erfolgt unter Kapitel 18.

Bewertung [LIEBESKIND, 2005]

Da der Betrieb von Talsperren und das Bereitstellen von Wasser Aufwand erfordern, können die Stadtwerke Remscheid den Wuppertaler Stadtwerken Wasser nur gegen entsprechende Vergütung zur Verfügung stellen. Da es dem Wupperverband und der WSW AG im Rahmen des Talsperrenmanagements / 3°C möglicherweise gelingt, die Vorgaben der Bezirksregierung bezüglich der Aufwärmspanne zu erfüllen, wurden keine Verhandlungen mit den Remscheider Stadtwerken aufgenommen.

17.5.5 Kooperation mit der LÖBF /dem Wanderfischprogramm NRW

Adressat der Maßnahme	Wupperverband LÖBF NRW
Kategorie	-
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen Priorität 3: Strukturen
angesprochener Wasserkörper	beide

Erläuterung [HOFFMANN, 2005]

In Bezug auf die Wanderfische sollte ab dem Jahr 2005 im Rahmen des Monitorings eine engere Zusammenarbeit mit den Vertretern des Wanderfischprogrammes NRW angestrebt werden. Zum einen sollten die Ergebnisse zum Fang laichreifer Lachse in die Beurteilung der Monitoringuntersuchungen eingehen. Ferner sollten die Zahlen zu Besatzmaßnahmen mit Lachsen und Meerforellen für eine differenzierte Auswertung bereitgestellt werden.

Bewertung [HOFFMANN, 2005]

Eine Kooperation in diesem Bereich wird als sinnvoll erachtet.

17.6 Literatur zu Kapitel 17

ADAM, B., KIRTORF-WAHLEN, X., HOFFMANN, A.: Erhebung der biologischen Qualität - Monitoring der Fischpopulation, Bielefeld, Im Druck

BGW, 2003: Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft,
http://www.swe.de/wDeutsch/rechteseite/00_details.shtml

BÖCKER, K. (2004): schriftliche Mitteilung vom 17.12.2004, Wupperverband

HOFFMANN, A. (2005): schriftliche Mitteilung 28.01.2005, NZO GmbH

IFEU-Institut Heidelberg/ ebök Tübingen: (1994) CO₂-Minderungskonzept für die Stadt Wuppertal. Studie im Auftrag der Stadt Wuppertal

IFEU-Institut Heidelberg: (1993) Energiedienstleistungskonzepte für die Stadtwerke Heidelberg: Teilkonzept Wärme Kälte Kopplung. Im Auftrag der Stadt Heidelberg

KISSELER, H. (2005): schriftliche Mitteilung vom 01.02.2005, Wupperverband

- KNAPPE, F. (2005): schriftliche Mitteilung vom 16.02.2005, iFEU-Institut
- LUA (1998): Landesumweltamt: Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen – Kartieranleitung .- Merkblätter 14, Essen, 160 S.
- LUA (2002): Landesumweltamt: Fließgewässertypenatlas Nordrhein-Westfalen.- Merkblätter 36, Essen, 60 S. + CD-ROM
- LIEBESKIND, M. (2005): schriftliche Mitteilung vom 03.03.2005, Wupperverband
- LEONHARD, V. (2005): schriftliche Mitteilung vom 02.03.2005, WSW AG
- MUNLV (1999): Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Richtlinie für naturnahe Unterhaltung und naturnahen Ausbau der Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 86 S.
- LAUERSDORF, U. (2005): schriftliche Mitteilung über T. Sebök, 25.02.2005, WSW AG
- MUNLV (2003): Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2003): Leitlinie zum Fischbesatz in Nordrhein-Westfalen.- Info-Broschüre des MUNLV, 59 S., Düsseldorf
- SEBÖK, T. (2005): schriftliche Mitteilung 25.02.2005, WSW AG
- STAAB, V. (2005): schriftliche Mitteilung 11.03.2005, WSW AG
- STEAG Encotec (2002), Nachrüstung eines Kühlturms am Standort HKW Elberfeld des Wuppertaler Stadtwerke. Konzeptionelle Untersuchung, Essen, 15 S.
- SWM (2003): Die Stadtwerke Mainz stellen seit Jahren Teilnetze von Heißdampf auf Heißwasser um. Siehe:
http://www.swm.de/installateure/download/D_TAB_2002.pdf
-

18 Untersuchungen zu Möglichkeiten des Talsperrenmanagements

Adressat der Maßnahme	Wupperverband, WSW AG, evtl. Stadtwerke Remscheid
Kategorie	F
Anwendung	Priorität 1: Sommertemperaturen Priorität 2: Wintertemperaturen FischGewVO (3 °C)
angesprochener Wasserkörper	beide

18.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Flussgebiet der Wupper ist einer der am intensivsten genutzten Ballungsräume in Europa. Rund 1 Mio.m³ Einwohner sind auf das Trinkwasser aus dem Oberlauf der Wupper angewiesen. Von der Mündung bis einschließlich des Stadtgebietes Wuppertal benutzen fünf große Klärwerke mit über 1,4 Mio.m³ Einwohnergleichwerten die Wupper als Vorfluter. Darüber hinaus ist entlang der Wupper ein Schutz gegen Hochwasser sicherzustellen. Zusätzlich wird im Stadtgebiet Wuppertal Kühlwasser aus der Wupper entnommen und erwärmt wieder eingeleitet.

Ohne einen Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt können diese umfangreichen Nutzungen nicht befriedigt werden. Aus diesem Grund wurden im Zuge steigender Anforderungen mehrere große Talsperren im Einzugsgebiet der Wupper gebaut. Mit der Bewirtschaftung des Speicherraums war es bislang möglich, den gegenwärtigen Anforderungen gerecht zu werden. Da die Nutzungen konkurrierender Natur sind, ist der Betrieb der Talsperren aber kompliziert und bedarf eines vielschichtigen Wasserwirtschaftsplans, um die Bedürfnisse mit ausreichender Betriebssicherheit zu erfüllen.

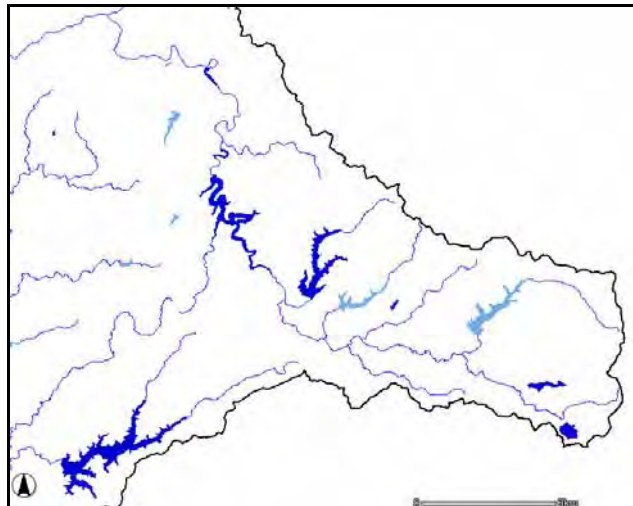


Bild 18.1-1: Zwölf der sechzehn Talsperren im Verbandsgebiet

Derzeit werden über den aktuellen Anforderungen hinausgehende Ansprüche hinsichtlich eines ökologischen Lastmanagements durch die Einleitung von Kühlwasser in die Wupper bei Wuppertal diskutiert. Erstes Ziel ist es dabei, die Erwärmung der Wupper durch Kühlwassereinleitungen eines Heizkraftwerkes der Wuppertaler Stadtwerke auf 3 °C einzuschränken (Ziel der FischGewVO NRW). Als Maßnahme für die Begrenzung des

Temperaturanstieges ist eine zeitlich begrenzte Steigerung der Abflussmenge in Form einer Anhebung der Niedrigwasseraufhöhung durch die Talsperren vorgesehen. Unter Berücksichtigung der bereits existierenden hohen Ansprüche an den wasserwirtschaftlichen Betrieb der Talsperren, ist nicht zu erwarten, dass eine Steigerung der Anforderungen problemlos zu bewältigen ist. Erste Untersuchungen vom Wupperverband ergaben Fehlmengen von ca. 9 Mio. m³ bei Übertragung der neuen Anforderung auf das Jahr 2001.

Um die Machbarkeit der erhöhten Nutzung beantworten und später gegebenenfalls durchführen zu können, sind wasserwirtschaftliche Untersuchungen erforderlich. Dabei müssen die bestehenden Anforderungen hinsichtlich Trinkwasserversorgung, Hochwasserschutz, Gewässergüte, technische und rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigt und die Wechselwirkungen in Bezug auf die Anhebung der Niedrigwasseraufhöhung ermittelt werden.

18.2 Vorgehensweise

Die wasserwirtschaftliche Untersuchung beginnt mit der Erfassung des Ist-Zustandes des Wupperegebietes mit einem Simulationsmodell. Dies ist bereits mit dem Programm TALSIM in ausreichender räumlicher Auflösung geschehen. Danach erfolgt die Kalibrierung, sowohl in Bezug auf den Gewässerabschnitt zwischen Wuppertalsperre und Kluserbrücke, als auch hinsichtlich der anzusetzenden Zuflussbelastung. Mit Simulationen des Ist-Zustandes und des Planzustandes erfolgt ein vergleichende Betrachtung. Der Planzustand definiert sich über die erhöhten Anforderungen der Niedrigwasseraufhöhung.

Der Vergleich Ist-/Planzustand zeigt auf, in welchem Umfang das bestehende Talsperrensystem aus Wupper- und Bevertalsperre in der Lage ist, die neuen Anforderungen zu erfüllen. Verschiedene Varianten werden anschließend untersucht, die für die Niedrigwasseraufhöhung die Neye oder die Kerspe oder beide Talsperren miteinbeziehen.

18.2.1 Modellrechnungen und Optimierung

Zuerst wurde mit dem Modell TALSIM der Ist-Zustand abgebildet, wobei an den einzelnen Talsperren Betriebsregeln angewandt wurden, die durch einzuhaltende bzw. rechtlich vorgeschriebene Grenzen und Vorschriften eine Einschränkung erfuhren. Diese Einschränkungen beziehen sich auf freizuhaltende Hochwasserschutzräume, Mindestabgaben – soweit definiert – und maximal tolerable Abgaben im Hochwasserfall. Innerhalb dieser Grenzen wurden die Betriebsregeln optimiert, wobei nur die Wasserversorgung und die Niedrigwasseraufhöhung als Nutzungen in die Betrachtung einfließen. Andere Nutzungen wie Energiegewinnung durch Turbinen an den einzelnen Talsperren bzw. Stauweihern blieben unberücksichtigt. Aus diesem Grund entspricht die Abbildung des Ist-Zustandes einem auf die Niedrigwasseraufhöhung abgestimmten Optimum, welches in der Realität aufgrund konkurrierender Anforderungen nur bedingt erreichbar ist. Da dieser optimale Betrieb auch auf den Planzustand angewandt wurde, ist direkt die Vergleichbarkeit mit dem Ist-Zustand gegeben und die grundsätzliche Machbarkeit sichtbar. Können die erhöhten Anforderungen mit diesem auf die Niedrigwasseraufhöhung ausgelegten Betrieb im Simulationsmodell nicht erfüllt werden, so wird dies im realen Betrieb bei Berücksichtigung weiterer Nutzungen sicherlich erst recht nicht möglich sein.

18.2.2 Wasserdargebot im Modell und in der Realität

An Hand der Simulationsrechnungen des Ist-Zustandes erfolgte eine Überprüfung der Wasserbilanzen mit Hinblick auf eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen dem tatsächlichen Wasserdargebot und dem im Modell aus dem Bezugspegel erzeugten Wasserdargebot. Um die innerhalb eines Jahres möglichen Schwankungen zwischen realem und simuliertem Wasserdargebot festzustellen, wurden Halbjahresbilanzen aufgestellt,

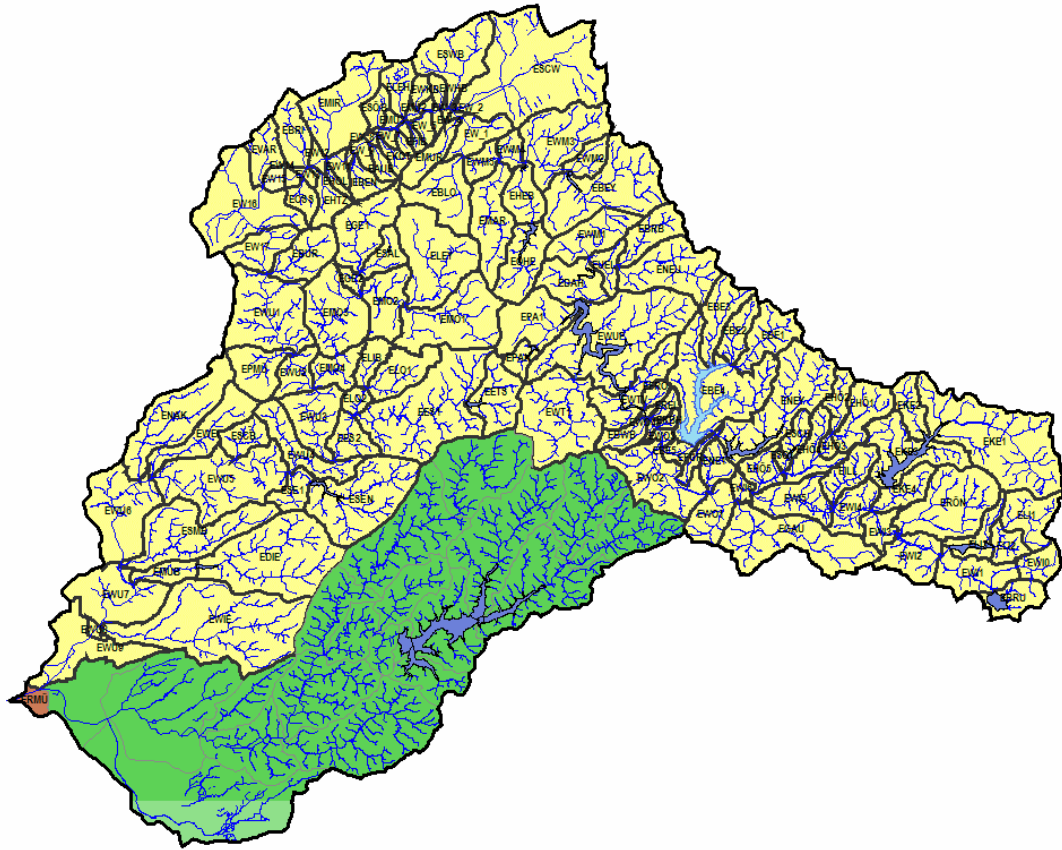


Bild 18.2.1-2: Teilgebietsunterteilung des Einzugsgebiet der Wupper im Modell TALSIM

Die Unterteilung im Stadtgebiet Wuppertal ist sehr detailliert aufgenommen, um die Lage der Zuflüsse aus der Stadt entsprechend genau zu erfassen.



Bild 18.2.1-3: Teilgebieteinteilung im Stadtgebiet Wuppertal

Hinsichtlich der Gewässer sind vorhandene Wasserspiegellagenberechnungen ausgewertet worden und als repräsentative Querprofile in TALSIM implementiert. Insgesamt sind 194 Gewässerabschnitte im Modell enthalten.

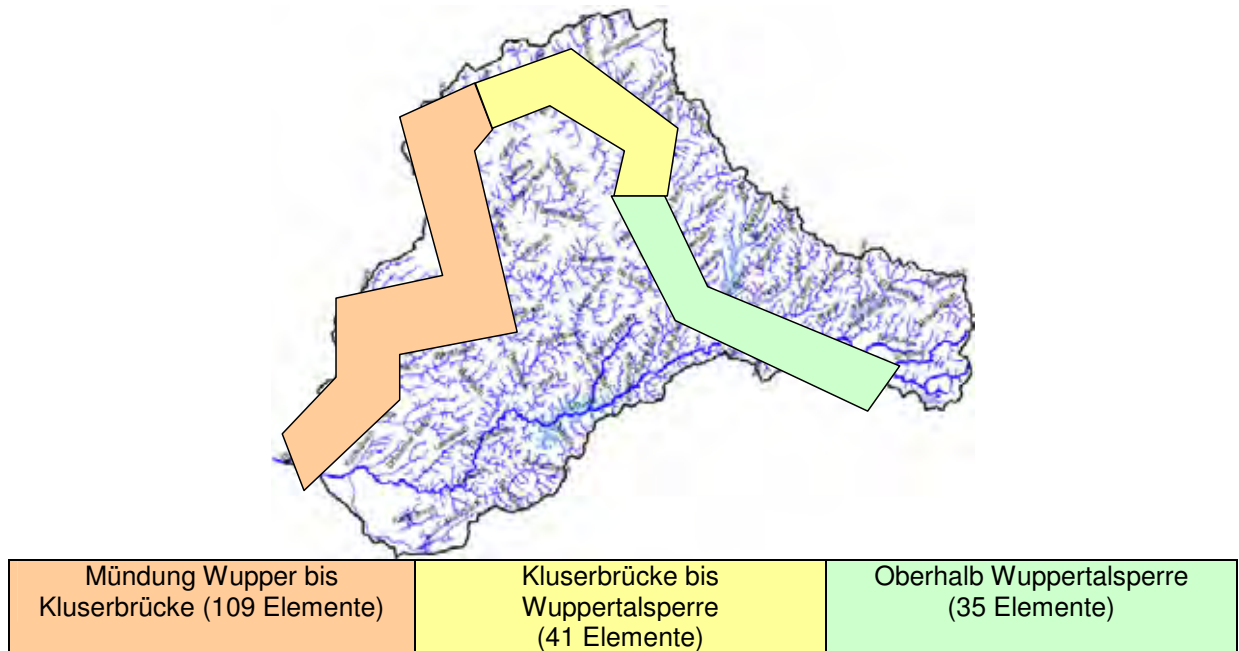


Bild 18.2.1-4: Übersicht über die Gewässer

Die Modellstruktur in der Übersicht zeigt alle Elemente und die wesentlichen Anlagen zur Niedrigwasseraufhöhung.

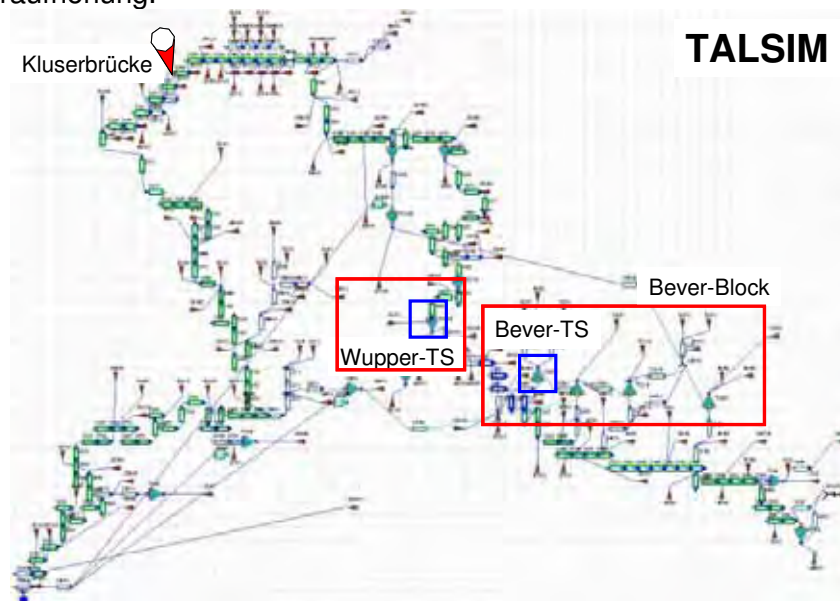
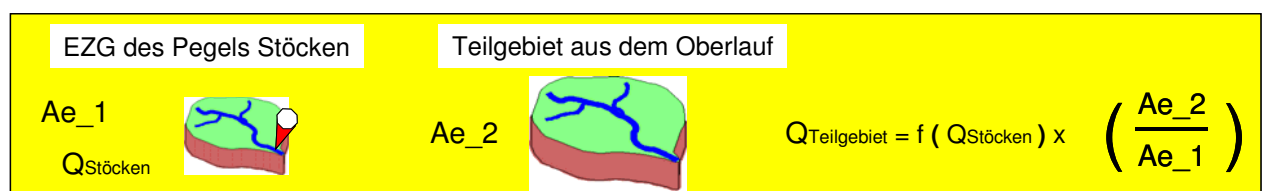


Bild 18.2.1-5: Übersicht der Modellstruktur

18.3.2 Zuflussbelastung

Die Zuflussbelastung im gesamten Gebiet ist als flächenproportionale Übertragung des Abflusses am Pegel Stöcken auf die jeweiligen Teilgebiete eingerichtet.



Die Ermittlung der Faktoren zur Übertragung der Pegeldaten Stöcken auf die einzelnen Teilgebiete war Bestandteil der Kalibrierung und Verifikation (siehe Kapitel 18.4).

18.3.3 Anforderungen Ist-Zustand

Die Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke ist mit $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt. Dieser Wert ist ganzjährig durch einen Zuschuss aus der Wuppertalsperre bzw. aus dem Stauweiher Beyenburg aufrechtzuerhalten. In Realität ebenso wie im Modell kann nicht exakt auf $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ gesteuert werden, da zwischen dem Ort der Abgabe (Beyenburg) und der Kluserbrücke eine Fließzeit von ca. 2-3 h besteht. Zusätzlich sind diverse Verluste durch Verdunstung, Versickerung und Entnahmen zu berücksichtigen, so dass bereits bei Unterschreiten höherer Werte reagiert werden muss, um die Anforderung zu halten. Im Modell TALSIM erbrachte eine Optimierung hinsichtlich der Zuschussmenge zur Niedrigwasseraufhöhung, dass eine Abgabe aus der Wuppertalsperre um ca. 20% über dem rein rechnerisch erforderlichen Zuschuss liegen muss, um eine Mangelsituation rechtzeitig abzufangen. Würde dieser Aufschlag nicht erfolgen, käme es am Pegel Kluserbrücke immer wieder zu Abflüssen deutlich unterhalb des Aufhöhungsziels von $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

18.3.4 Anforderung Plan-Zustand 1 (FischGewV)

Der Plan-Zustand ergibt sich aus den erhöhten Anforderungen der Heizkraftwerke zur Einhaltung von 3 K Aufwärmspanne. Die Wuppertaler Stadtwerke gaben aufgrund der ihnen bekannten historischen Betriebszustände der Heizkraftwerke, der ihnen bekannten Meßdaten und auf Grundlage realistischer Annahmen die notwendigen Jahres- und Tagesganglinien für einen notwendigen Abfluss Q im Bereich Kluser Brücke in Form einer Ganglinie über 3 Jahre vor. Aus dieser Ganglinie wurde sowohl ein Jahresgang als auch ein Tagesgang abgeleitet, wobei der Tagesgang in den Jahreszeiten Winter und Sommer unterschiedlich ist. Der Mittelwert der erhöhten Anforderung beträgt $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Als Vergleich ist die konstante Anforderung von $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ eingetragen.

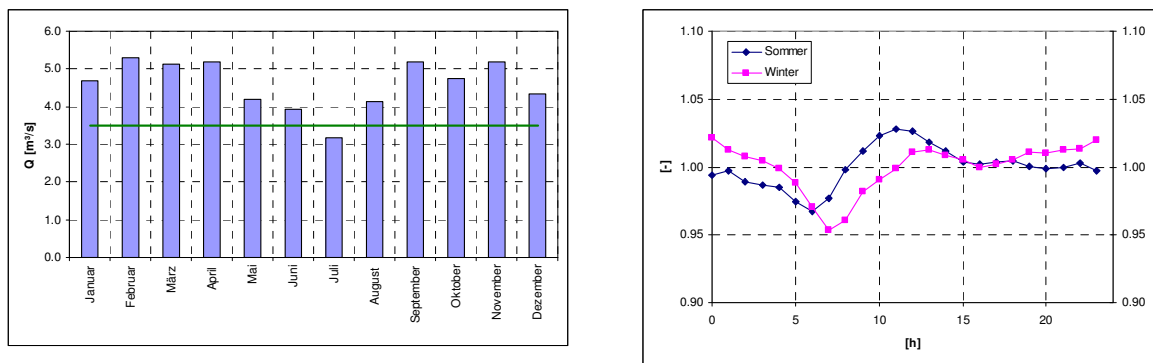


Bild 18.3.4-1: Jahresgang und normierter Tagesgang der erhöhten Anforderung

Der Jahresgang als auch die Tagesgänge stellen die Anforderung des Plan-Zustandes dar. Die erhöhten Anforderungen werden deutlich, wenn man diese dem monatlichen Mittelwert des natürlichen Wasserdargebots gegenüberstellt.

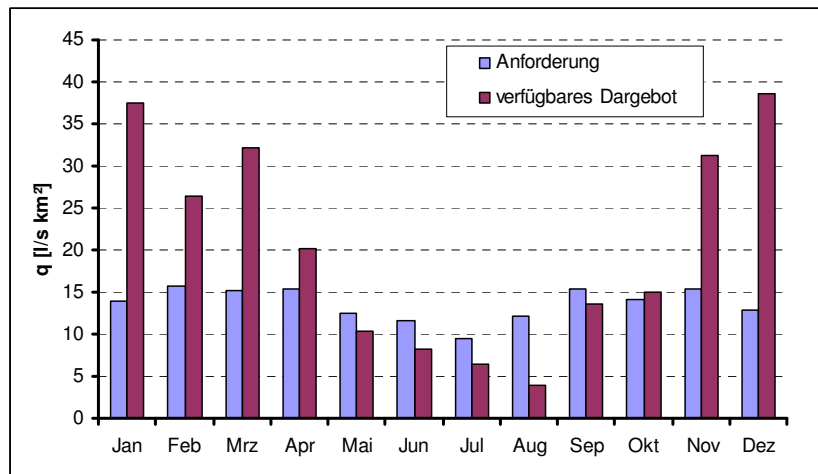


Bild 18.3.4-2: Anforderung und verfügbares Dargebot (aus Pgl. Stöcken gerechnet) im Vergleich

Insgesamt acht Monate bleibt die Anforderung aus dem natürlichen Wasserdargebot abzüglich der für die Wasserversorgung benötigten Mengen (ca. 38 Mio.m³/a) ungedeckt, d.h. müsste durch Zwischenspeicherung erbracht werden. Besonders deutlich ist die Situation in den ausgehenden Sommermonaten und im Herbst, wo bereits durch die Wasserversorgung ohne Speicherung eine Mangelsituation eintreten würde.

18.3.5 Anforderung Plan-Zustand 2 (Fischfauna)

Aus den Ergebnissen der Untersuchung der Fischfauna während des Forschungsvorhabens ergab sich eine zweite Anforderungs-Variante (Plan-Zustand 2), welche die Einhaltung bestimmter Temperaturwerte im Jahresgang zur Grundlage hat. Da diese Vorgaben zu Beginn des Forschungsvorhabens noch nicht vorlagen sondern Ergebnis des Vorhabens sind, kann die Machbarkeit dieser Variante derzeit nur äußerst grob abgeschätzt werden. Hierzu sind in Zukunft weitere detaillierte Berechnungen analog den Berechnungen zum Plan-Zustand 1 notwendig.

18.3.6 Untersuchte Varianten für den Plan-Zustand 1

Für die Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke sind derzeit die Wuppertalsperre und die Bevertalsperre allein verantwortlich. Dieser Ausgangszustand wird als Variante 0 bezeichnet.

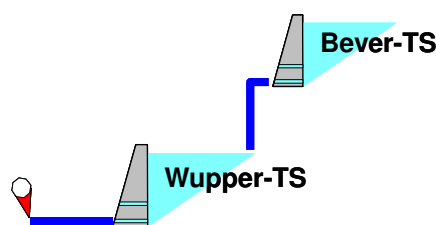


Bild 18.3.6-1: Ausgangssystem – Variante 0

Ob es gelingt, mit der Variante 0 die erhöhten Anforderungen abzudecken ist Gegenstand dieser Untersuchung. Aufgrund von Voruntersuchungen ist zu erwarten, dass dies nicht möglich sein wird. Aus diesem Grund werden weitere Varianten untersucht. Insgesamt kommen drei weitere Varianten hinzu.

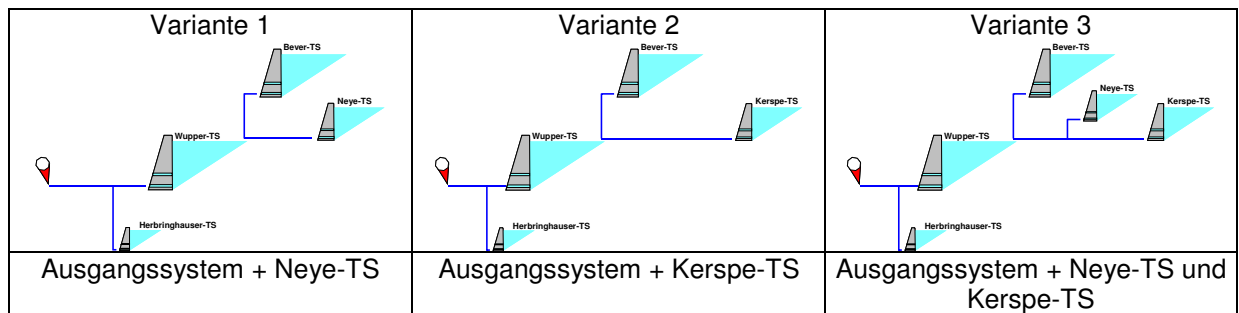


Bild 18.3.6-2: Untersuchte Talsperrenkonstellationen

18.4 Kalibrierung und Verifikation des Modells TALSIM

18.4.1 Zwischengebiet Kluserbrücke bis Wuppertalsperre

Für die Kalibrierung des Gewässerabschnittes zwischen Wuppertalsperre bis zur Kluserbrücke wurde der interessierende Teil aus dem Gesamtsystem herausgeschnitten.

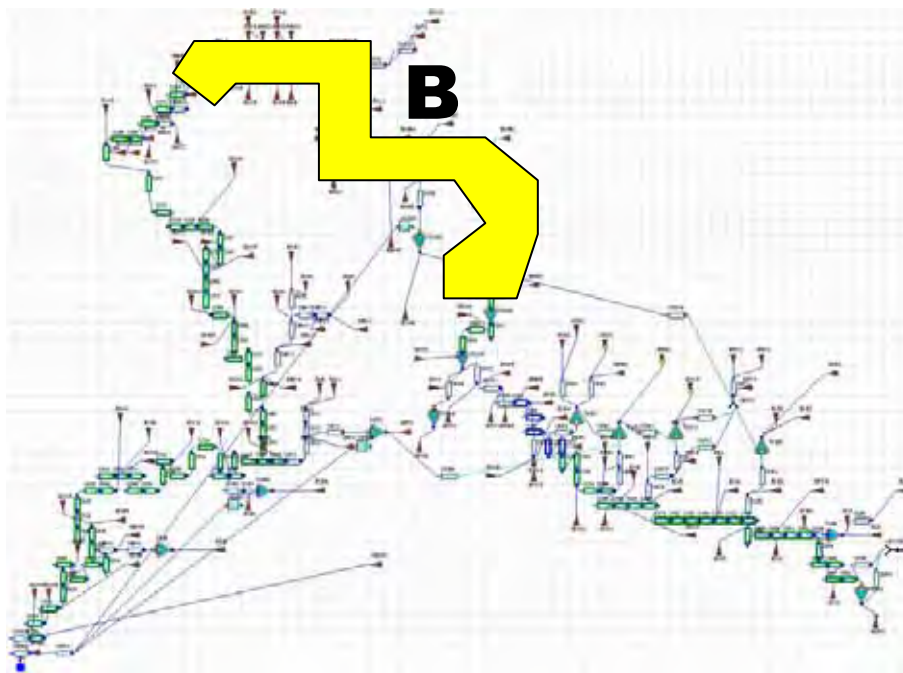


Bild 18.4.1-1: Zwischengebiet Kluserbrücke bis Wuppertalsperre

Als Parameter für die Kalibrierung sind die Rauheitswerte an den Querprofilen zu nennen. Das Ergebnis der Kalibrierung ist nachfolgend dargestellt.

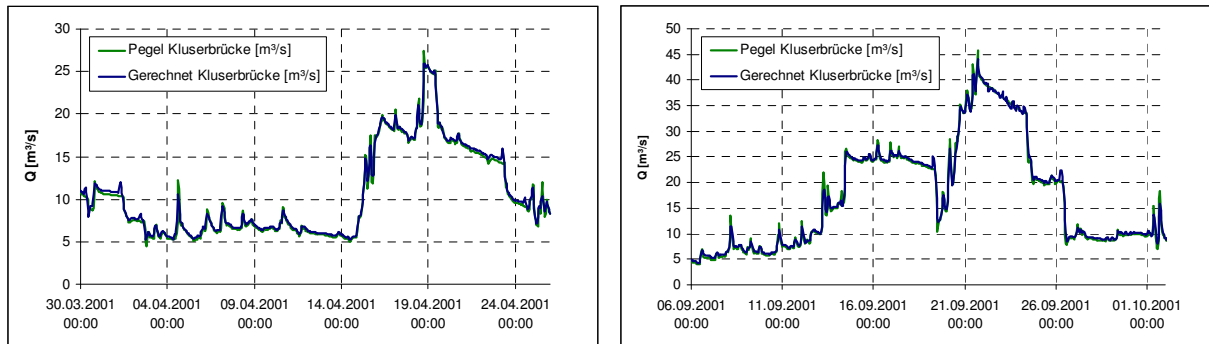


Bild 18.4.1-2: Vergleich gemessen / simuliert für das Zwischengebiet Kluserbrücke bis Wuppertalsperre

Die Kalibrierung kann als sehr zufriedenstellend betrachtet werden. Das Modell ist somit in der Lage, das Fließverhalten unterhalb der Wuppertalsperre bis zum Pegel Kluserbrücke mit ausreichender Genauigkeit abzubilden.

18.4.2 Oberlauf – Wahl des Bezugspegels

18.4.2.1 Randbedingungen

In ersten Testsimulationen wurde untersucht, welcher Pegel sich als Bezugspegel am besten eignet. Dabei ergab sich ein Vorteil in Bezug auf die Abbildung der Ganglinien für den Pegel Stöcken. Dieser bildet den tatsächlichen Zufluss zur Wuppertalsperre insbesondere im ablaufenden Ast etwas besser ab, als es beispielsweise mit einer Übertragung des Pegels Müllensiepen gelingt. Aus diesem Grund sind nachfolgend nur Ergebnisse aus Rechnungen mit dem Pegel Stöcken aufgeführt. Mit folgenden Randbedingungen wurden die Simulation durchgeführt (Tabelle 18.3.2-1).

Tabelle 18.4.2-1: Randbedingungen der Simulation

Simulation:	In der Simulation angesetzt:
Zufluss zur Wuppertalsperre	Aus flächenproportionaler Übertragung der Q-Werte von Stöcken in die einzelnen Teilgebiete
Abgabe aus der Wuppertalsperre	Daten des Pegels Krebsöge
Berechnung der Wuppertalsperre	$S_{neu} = S_{alt} + Q_{zu} - Q_{ab}$
Zuschuss aus Bevertalsperre	Messdaten der Abgabe aus der Bevertalsperre
Vergleichsgröße:	
Rückgerechneter Zufluss zur Wuppertalsperre	Die Daten wurden aus dem Inhaltsverlauf und der Abgabe rückgerechnet

18.4.2.2 Ergebnisse

Um die reale Zuflussbilanz zur Wuppertalsperre mit dem Ansatz der flächenproportionalen Übertragung möglichst genau zu erreichen, ist der Faktor der Übertragung auf die jeweiligen Teilgebiete zu kalibrieren. Hierzu erfolgte zuerst keine Abminderung der Werte, d.h. am Beispiel Stöcken: Der Faktor war auf 1,0 gesetzt.

$$Q_{\text{Teilgebiet}} = \text{Faktor} \cdot Q_{\text{Müllensiepen}} \cdot \left(\frac{A_{e\_2}}{A_{e\_1}} \right)$$

mit A_{e_2} = EZG Teilgebiet; A_{e_1} = EZG Stöcken

Ein Vergleich der Summenlinien (hydrologisches Jahr) zur Wuppertalsperre mit der rückgerechneten (richtigen) Zuflussreihe ergab folgende Faktoren, wobei

- $\text{Faktor\_ist} = (\text{Qzu\_sim } 100\% / \text{Qzu\_rückgerechnet})$

bedeutet und

- $\text{Faktor\_soll} = (\text{Qzu\_rückgerechnet} / \text{Qzu\_sim } 100\%).$
-

Ist der Faktor_ist > 1 wurde in der Simulation ein Wasserüberschuss produziert, ein Faktor_ist < 1 bedeutet ein Wasserdefizit aus der Simulation. Der Faktor_soll zeigt nur, um welchen Wert eine Abminderung hätte erfolgen müssen, um weder einen Wasserüberschuss noch ein Defizit zu erzeugen. Beispielsweise würde die Bilanz des hydrologischen Jahres 2001 mit Stöcken mit einer Abminderung von 0,823 perfekt getroffen. Die Faktoren geben aber keinen Aufschluss, wie gut die Ganglinien im Verlauf des Jahres passen, sondern sind nur Indikatoren für die Wasserbilanz eines vollständigen hydrologischen Jahres. Zum Vergleich sind die Werte mit einem Bezug zum Pegel Müllensiepen aufgetragen.

Q_Summen hydrologische Jahre (aus Welle) - Müllensiepen						Q_Summen hydrologische Jahre (aus Welle) - Stöcken					
Hyo.Jahr	Qzu rückger.	Qzu_sim 100%	Faktor_ist	Faktor_s		Hyo.Jahr	Qzu rückger.	Qzu_sim 100%	Faktor_ist	Faktor_s	
	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[-]	[-]			[Mio.m³]	[Mio.m³]	[-]	[-]	
1991	119.5	166.46	1.393	0.7		1991	119.5	144.65	1.210	0.8	
1992	140.8	200.29	1.423	0.7		1992	140.8	165.83	1.178	0.8	
1993	185.9	252.2	1.357	0.7		1993	185.9	170.32	0.916	1.1	
1994	199.4	253.41	1.271	0.7		1994	199.4	214.18	1.074	0.9	
1995	213.7	308.23	1.442	0.7		1995	213.7	244.23	1.143	0.8	
1996	64.8	113.84	1.757	0.5		1996	64.8	96.91	1.496	0.6	
1997	106.1	120.11	1.132	0.8		1997	106.1	153.45	1.446	0.6	
1998	192.7	204.65	1.062	0.9		1998	192.7	242.9	1.261	0.7	
1999	193.2	181.05	0.937	1.1		1999	193.2	197	1.020	0.9	
2000	181.5	194.59	1.072	0.9		2000	181.5	213.62	1.177	0.8	
2001	177.4	177.38	1.000	1.0		2001	177.4	209.7	1.182	0.8	
2002	201.9	220.18	1.091	0.9		2002	201.9	233.05	1.154	0.8	
Mittelwert:	164.742	199.366	1.245	0.8		2003	148.64	187.57	1.262	0.7	
Summen:	1976.9	2392.39		0.8		16.06.2004	108.2	132.08	1.221	0.8	
Bezug Müllensiepen						Mittelwert:	159.553	186.106	1.196	0.8	
						Summen:	2233.74	2605.49		0.8	
						Bezug Stöcken					

Bild 18.4.2.2-1: Wasserbilanzen der hydrologischen Jahre am Pegel Müllensiepen und Stöcken

Für Müllensiepen ergibt sich ein mittlerer Abminderungsfaktor von 0,83, für Stöcken von 0,85.

Nachfolgend sind die Summenlinien der simulierten Jahre 1987 bis 2002 aufgetragen, wobei BLAU der rückgerechnete (tatsächliche) Zufluss zur Wuppertalsperre ist und GRÜN die Variante mit dem Pegel Stöcken (simuliert).

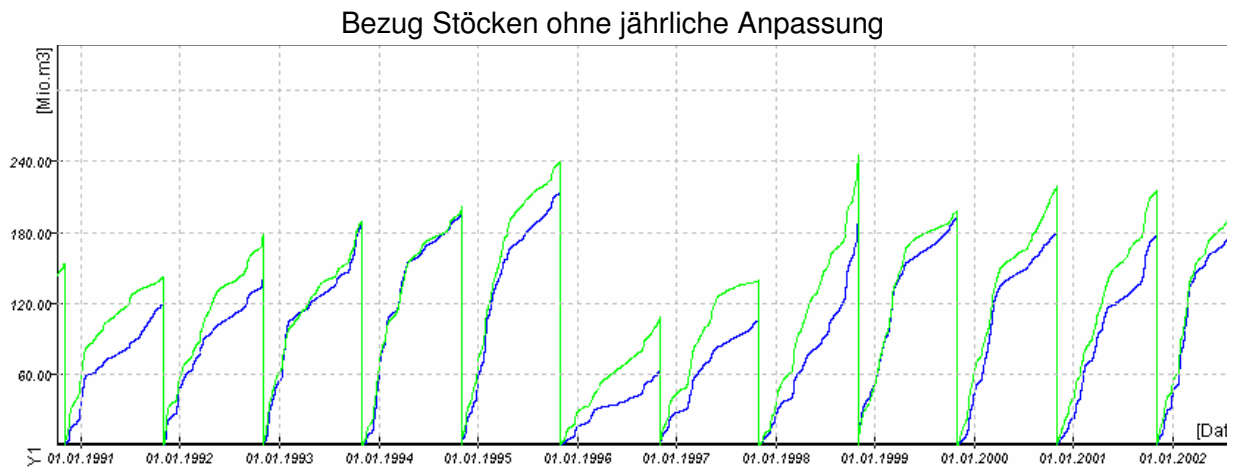


Bild 18.4.2.2-2: Jahressummen der Zuflusswerte zur Wuppertalsperre (gemessen/simuliert ohne Abminderung des Bezugspegels Stöcken)

Der Ansatz eines mittleren Abminderungsfaktors für den Bezugspegel birgt die Gefahr, dass insbesondere in Trockenjahren ein deutlicher Wasserüberschuss produziert wird (siehe 1996). Es wird deshalb der Ansatz verfolgt, anstatt eines mittleren Abminderungsfaktors für jedes hydrologische Jahr ein Abminderungsfaktor zu setzen. Die Ergebnisse der Simulationen sind nachfolgend aufgetragen.

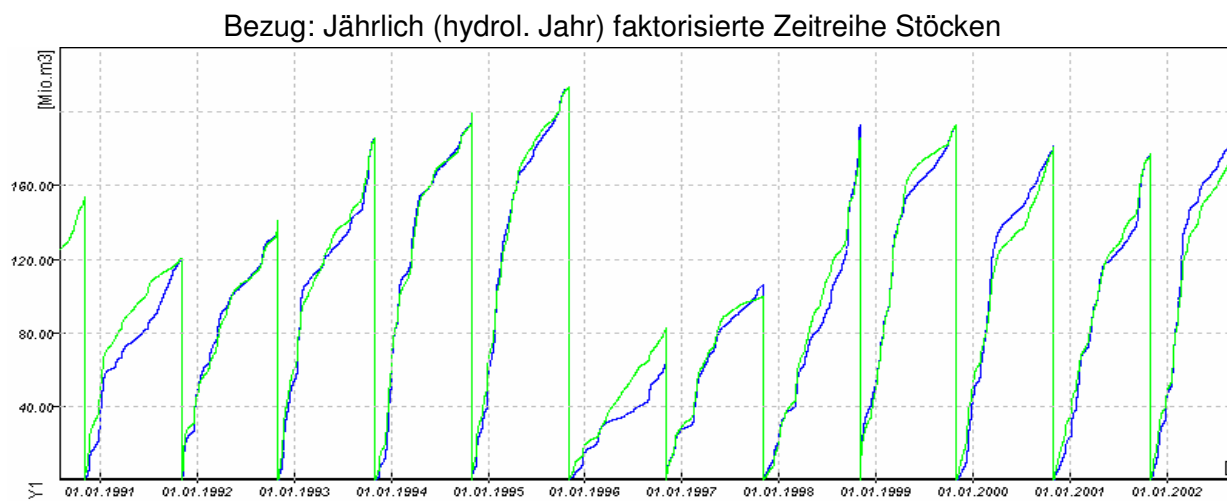
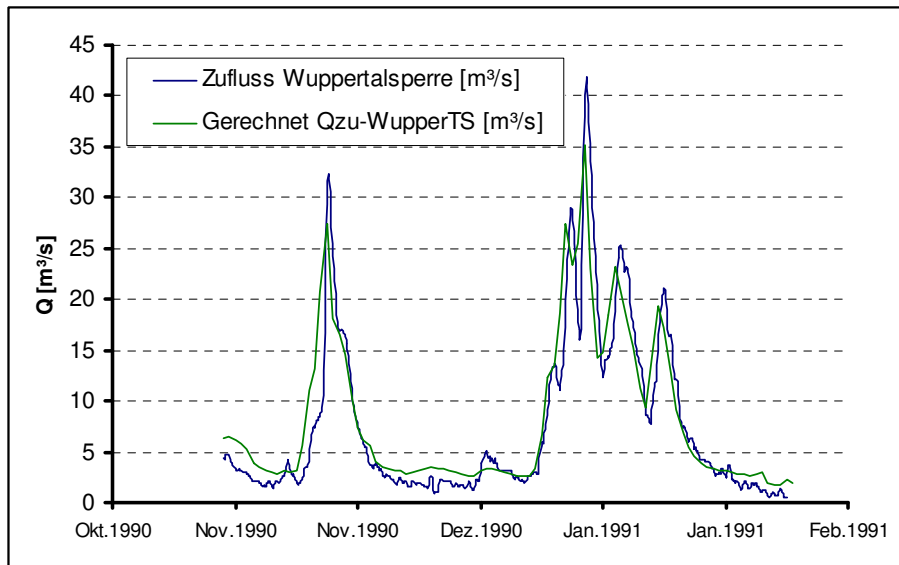
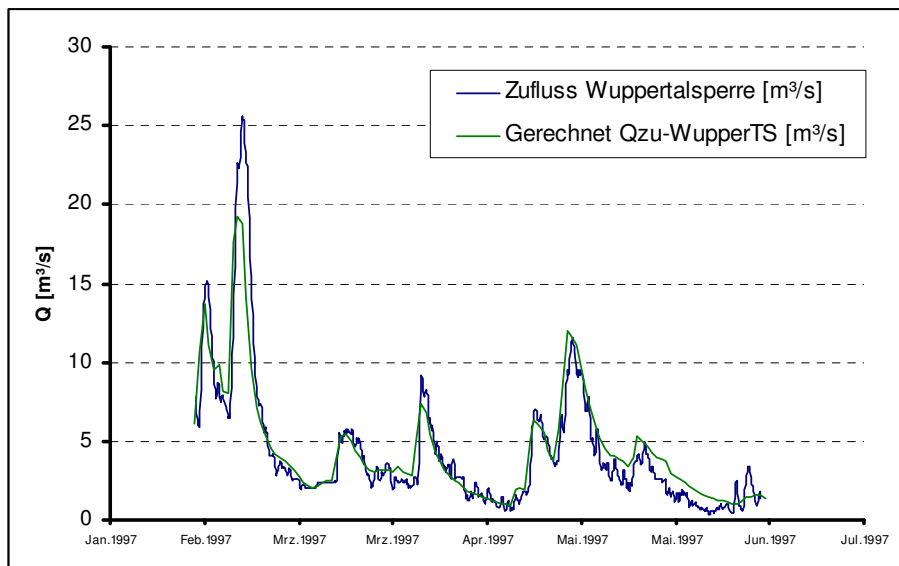


Bild 18.4.2.2-3: Jahressummen der Zuflusswerte zur Wuppertalsperre (gemessen/simuliert mit jährlichen Anpassungsfaktoren des Bezugspegels Stöcken)

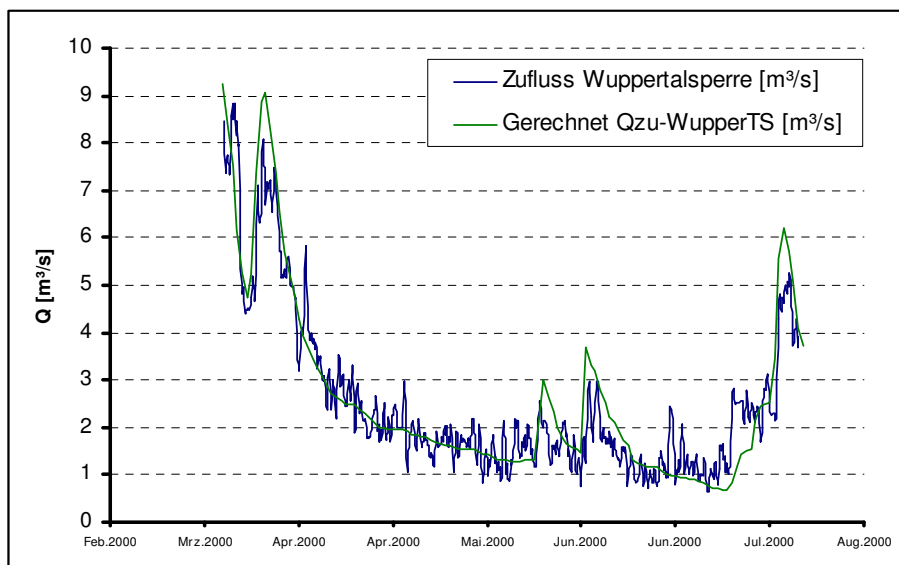
Anhand der Ganglinien des Zuflusses zur Wuppertalsperre ist die Übereinstimmung im zeitlichen Verlauf sichtbar (Bild 18.4.2.2-4).



Hochwassersituation
im Winter



Mittelwassersituation
– abklingender
Zufluss in den
Sommer



Niedrigwassersituatio
n im Sommer

Bild 18.4.2.2-4: Vergleich des Zuflusses zur Wuppertalsperre (gemessen/simuliert) an ausgewählten Zeitabschnitten

18.4.3.3 Fazit

Die Übertragung der unbeeinflussten Abflusswerte des Pegels Stöcken auf das Gesamtgebiet ist nach einer jährlichen Anpassung aufgrund des Vergleichs der Zuflussfracht zwischen gemessenen und simulierten Daten als gut zu bezeichnen. Die Bilanz vollständiger hydrologischer Jahre kann weitestgehend angeglichen werden. Inwiefern im Jahresverlauf der Zufluss übereinstimmt, ist aus den Ganglinien ersichtlich. Es kommt sowohl zu Phasen mit einem Überschuss aus der Simulation, wie auch umgekehrt. Eine weitere Analyse und gegebenenfalls eine zusätzliche Korrektur innerhalb eines hydrologischen Jahres wird im Kapitel 18.5 erläutert.

18.5 Ergebnisse der Simulation des IST-Zustand

Der Ausgangszustand beschreibt das bestehende Talsperrensystem zur Aufhöhung des Abflusses am Pegel Kluserbrücke.

Es wurden Simulation durchgeführt, die sowohl den Ist-Zustand als Referenz als auch den Soll-Zustand mit den erhöhten Anforderungen umfassen. Ein Vergleich zeigt die Veränderungen auf.

18.5.1 Randbedingungen für die Simulationen des IST-Zustand

18.5.1.1 Wuppertalsperre

Hochwasserschutzraum		
Datum	Inhalt	Schutzraum
	[Mio.m³]	[Mio.m³]
01. Nov	12.404	12.4
01. Jan	12.404	12.4
01. Feb	12.404	12.4
15. Feb	15.529	9.3
28. Feb	18.529	6.3
15. Mrz	20.029	4.8
31. Mrz	21.654	3.1
30. Apr	24.779	0.0
01. Okt	24.779	0.0
10. Okt	18.529	6.3
20. Okt	15.529	9.3
01. Nov	12.404	12.4

Jahresgang Talsperreninhalt

Month	Water Level (m)
Jan	9911.6
Feb	15529.0
Mar	20029.0
Apr	24779.0
May	29734.8
Jun	29734.8
Jul	29734.8
Aug	29734.8
Sep	29734.8
Oct	18529.0
Nov	9911.6
Dez	9911.6

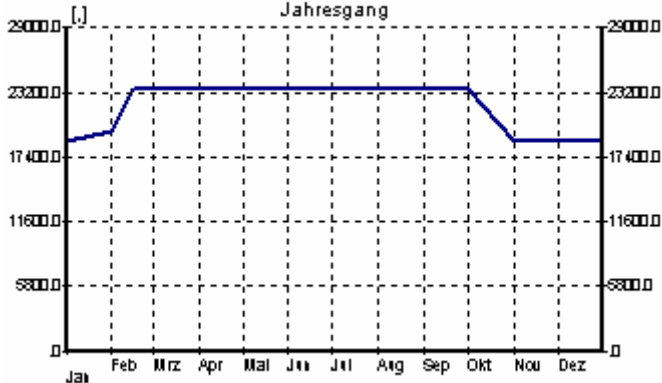
Maximal erlaubte Durchflüsse am Pegel Kluserbrücke		
Qmax1	80	[m³/s]
Qmax2	150	[m³/s]
Qmax3	190	[m³/s]

Mindestabgabe		
Qmin	1,5	[m³/s]

ganzjährig	
Lineare Abnahme wenn Inhalt unter 1 hm³ fällt	

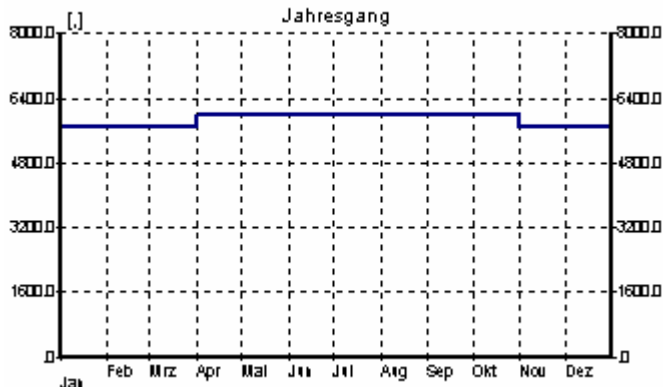
Niedrigwasseraufhöhung	
Zuschuss erfolgt in Richtung Stauweiher Beyenburg mit dem größeren Wert der sich ergibt aus:	
WENN	
1)	Inhalt beim Stauweiher Beyenburg unter 3,5 hm³ fällt → Q = 1,5 m³/s
ODER	
2)	der Zuschuss zur Kluserbrücke bei Bevenburg > 0 beträgt.

18.5.1.2 Bevertalsperre

Hochwasserschutzraum																													
Datum	Inhalt	Schutzraum	Jahresgang Talsperreninhalt  <table><caption>Jahresgang Talsperreninhalt (hm³)</caption><thead><tr><th>Monat</th><th>Inhalt</th></tr></thead><tbody><tr><td>Jan</td><td>17.400</td></tr><tr><td>Feb</td><td>23.400</td></tr><tr><td>März</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Apr</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Mai</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Juni</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Juli</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Aug</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Sep</td><td>23.400</td></tr><tr><td>Okt</td><td>17.400</td></tr><tr><td>Nov</td><td>17.400</td></tr><tr><td>Dez</td><td>17.400</td></tr></tbody></table>	Monat	Inhalt	Jan	17.400	Feb	23.400	März	23.400	Apr	23.400	Mai	23.400	Juni	23.400	Juli	23.400	Aug	23.400	Sep	23.400	Okt	17.400	Nov	17.400	Dez	17.400
Monat	Inhalt																												
Jan	17.400																												
Feb	23.400																												
März	23.400																												
Apr	23.400																												
Mai	23.400																												
Juni	23.400																												
Juli	23.400																												
Aug	23.400																												
Sep	23.400																												
Okt	17.400																												
Nov	17.400																												
Dez	17.400																												
	[Mio.m³]	[Mio.m³]																											
01. Nov	18.7	5.1																											
01. Jan	19.7	4.1																											
01. Feb	23.4	0.4																											
01. Okt	23.4	0.4																											
01. Nov	18.7	5.1																											
Maximal erlaubte Abgaben																													
Qmax	9	[m³/s]																											
Mindestabgabe																													
Qmin	0,15	[m³/s]	ganzjährig Reduzierung auf Null, wenn Inhalt < 2 hm³ fällt																										
Niedrigwasseraufhöhung																													
Zuschuss erfolgt in Richtung Wuppertalsperre																													
WENN:																													
1a) der Inhalt der Wuppertalsperre < 10hm³ dann 0,5 fach																													
1b) der Inhalt der Wuppertalsperre < 5hm³ dann 1,0 fach																													
der Menge, die sich aus dem größeren Wert ergibt aus																													
2a) dem stufigen Zuschuss aus																													
Inhalt der Wuppertalsperre 0 bis 6 hm³ → Zuschuss von 2 m³/s																													
Inhalt der Wuppertalsperre 6 bis 7,5 hm³ → Zuschuss von 1,5 m³/s																													
Inhalt der Wuppertalsperre 7,5 bis 10 hm³ → Zuschuss von 0,5 m³/s																													
ODER																													
2b) dem Zuschuss der aus Beyenburg in Richtung Kluserbrücke abgegeben wird																													

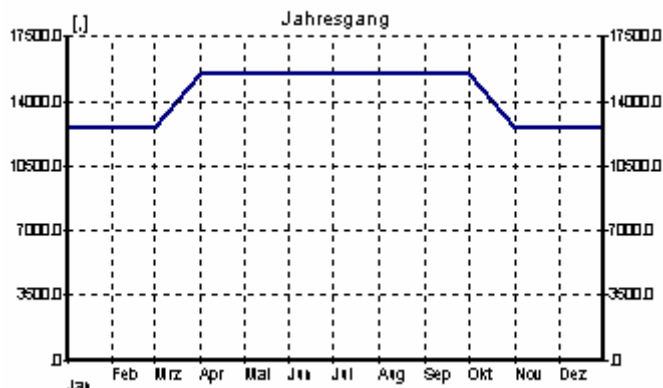
18.5.1.3 Neyetalsperre

Die Betriebsregeln zur Neyetalsperre sind geschätzte Angaben.

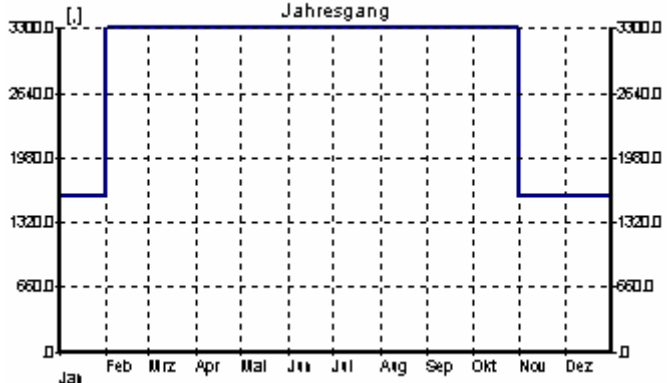
Hochwasserschutzraum			
Datum	Inhalt	Schutzraum	Jahresgang Talsperreninhalt 
	[Mio.m³]	[Mio.m³]	
01. Nov	5.7	0.3	
01. Jan	5.7	0.3	
01. Apr	6.0	0.0	
01. Okt	6.0	0.0	
01. Nov	5.7	0.3	
Maximal erlaubte Abgaben			
Q _{max}	1,8	[m³/s]	entspricht ca. 5-fachem MQ-Wert
Mindestabgabe			
Q _{min}	0	[m³/s]	keine Mindestabgabe eingerichtet
Bever-Block: Überleitung zur Bevertalsperre			
A) Menge aus der Schevelingertalsperre wird direkt in die Bevertalsperre weitergeleitet			
B) Menge zum Freihalten des HW-Schutzraumes wird in die Bevertalsperre abgegeben			
Wasserversorgung			
Q	0,349	[m³/s]	entspricht ca. 11 Mio.m³ / a

18.5.1.4 Kerspeltalsperre

Die Betriebsregeln zur Kerspeltalsperre sind geschätzte Angaben.

Hochwasserschutzraum																												
Datum	Inhalt	Schutzraum																										
	[Mio.m³]	[Mio.m³]																										
01. Nov	12.5	3.0																										
01. Jan	12.5	3.0																										
01. Apr	15.5	0																										
01. Okt	15.5	0																										
01. Nov	12.5	3.0																										
Jahresgang Talsperreninhalt  <table border="1"><caption>Data for Jahresgang Talsperreninhalt</caption><thead><tr><th>Month</th><th>Water Level [m]</th></tr></thead><tbody><tr><td>Jan</td><td>12500.0</td></tr><tr><td>Feb</td><td>12500.0</td></tr><tr><td>Mar</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>Apr</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>May</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>Jun</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>Jul</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>Aug</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>Sep</td><td>15500.0</td></tr><tr><td>Oct</td><td>12500.0</td></tr><tr><td>Nov</td><td>12500.0</td></tr><tr><td>Dec</td><td>12500.0</td></tr></tbody></table>			Month	Water Level [m]	Jan	12500.0	Feb	12500.0	Mar	15500.0	Apr	15500.0	May	15500.0	Jun	15500.0	Jul	15500.0	Aug	15500.0	Sep	15500.0	Oct	12500.0	Nov	12500.0	Dec	12500.0
Month	Water Level [m]																											
Jan	12500.0																											
Feb	12500.0																											
Mar	15500.0																											
Apr	15500.0																											
May	15500.0																											
Jun	15500.0																											
Jul	15500.0																											
Aug	15500.0																											
Sep	15500.0																											
Oct	12500.0																											
Nov	12500.0																											
Dec	12500.0																											
Maximal erlaubte Abgaben																												
Q _{max}	3,5	[m³/s]																										
entspricht ca. 5-fachem MQ-Wert																												
Mindestabgabe																												
Q _{min}	0,078	[m³/s]																										
entspricht ca. 1/10 des MQ-Wertes, wird auf Null reduziert, wenn der Inhalt unter 2 hm³ fällt																												
Wasserversorgung																												
Q	0.888	[m³/s]																										
entspricht ca. 28 Mio.m³ / a																												

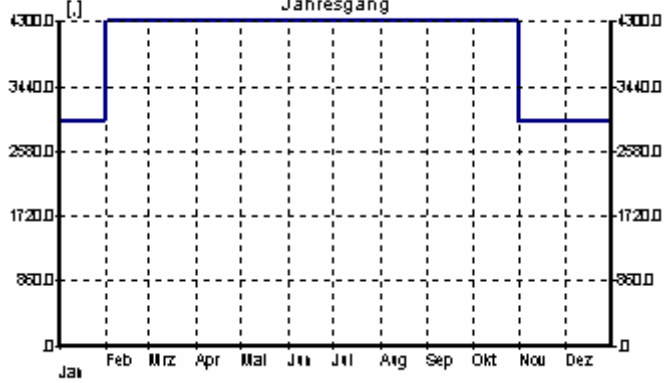
18.5.1.5 Lingesetalsperre

Hochwasserschutzraum					
Datum	Inhalt	Schutzraum			
	[Mio.m³]	[Mio.m³]			
01. Nov	1.58	1.1			
01. Jan	1.58	1.1			
01. Feb	2.68	0			
01. Nov	1.58	1.1			
Jahresgang Talsperreninhalt 					
Maximal erlaubte Abgaben					
Qmax	5	[m³/s]			
Mindestabgabe					
Qmin	0,05	[m³/s]			
Ganzjährig, Reduzierung auf Null wenn Inhalt < 0,67 hm³					

18.5.1.6 Bruchertalsperre

Hochwasserschutzraum								
Datum	Inhalt	Schutzraum						
	[Mio.m³]	[Mio.m³]						
01. Nov	2.98	0.4						
01. Jan	2.98	0.4						
01. Feb	3.38	0						
01. Nov	2.98	0.4						
Maximal erlaubte Abgaben <table><tr><td>Qmax</td><td>3</td><td>[m³/s]</td></tr></table> Mindestabgabe <table><tr><td>Qmin</td><td>0,05</td><td>[m³/s]</td></tr></table> Ganzjährig, Reduzierung auf Null wenn Inhalt < 0,845 hm³			Qmax	3	[m³/s]	Qmin	0,05	[m³/s]
			Qmax	3	[m³/s]			
			Qmin	0,05	[m³/s]			

Jahresgang Talsperreninhalt



Monat	Wasserspiegelhöhe [m]
Jan	2580.0
Feb	4300.0
März	4300.0
Apr	4300.0
Mai	4300.0
Juni	4300.0
Juli	4300.0
Aug	4300.0
Sep	4300.0
Okt	4300.0
Nov	2580.0
Dez	2580.0

18.5.1.7 Anfangsinhalte der Talsperren

Die Anfangsinhalte zu Simulationsbeginn – auch der zwei größten Speicher Wupper- und Bevertalsperre – spielen bei einer Simulation über mehrere Jahre nur im ersten Jahr eine Rolle. Normalerweise tritt im Winter aufgrund des einzuhaltenden Hochwasserschutzes eine Anpassung der Inhalte auf, die einen willkürlich eingestellten Anfangsinhalt überdeckt. Selbst bei extrem großen Unterschieden – wie die Beispiele zeigen – fand nach einem Jahr ein Ausgleich statt.

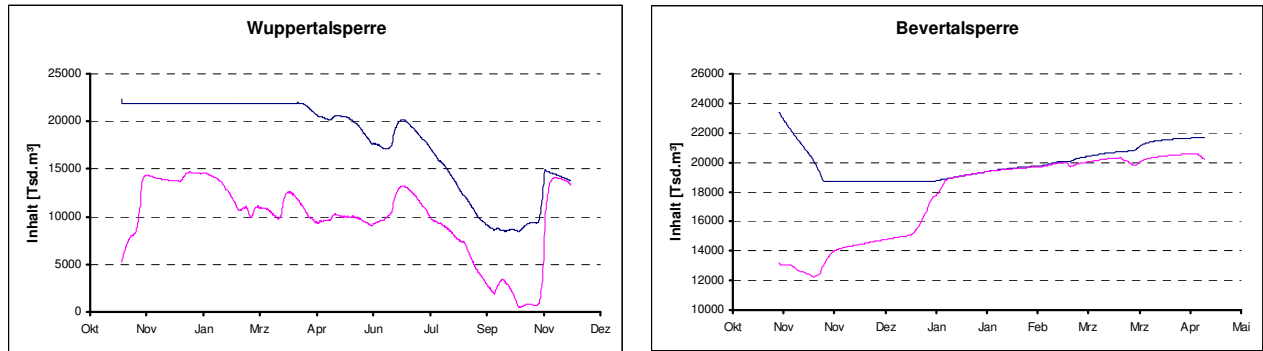


Bild 18.5.1.7-1: Wirkung unterschiedlicher Anfangsinhalt bei Bever- und Wuppertalsperre

18.5.2 Vergleich der Wasserbilanz

Zuerst erfolgten Simulationen über den Zeitraum von 1990 bis 2004. Mit Hilfe des Vergleichs der Wasserbilanz am Pegel Kluserbrücke wurde die Überprüfung der Übereinstimmung des im Modell angesetzten Zuflusses mit dem realen Zufluss aus dem Gesamtgebiet durchgeführt. Das Ziel dieser Prüfung war, die saisonalen Schwankungen der simulierten Zuflussfracht zwischen Sommer und Winter zu erfassen und mit den Messwerten zu vergleichen.

Da für die Neye- und Kerspetalsperren keine Messdaten des Inhaltes vorlagen, wurde die Speicherung für diese Talsperren in der Aufstellung der Wasserbilanz vernachlässigt.

Die Auswertung zeigte, dass über das gesamte hydrologische Jahr betrachtet, der simulierte Gesamtzufluss bei Berücksichtigung der Speicherung in Wupper-, Bever, Lingese- und Bruchertalsperre (Speicherung A) um nur 0,7% von der aus den Messwerten rückgerechneten Zuflussfracht abweicht. Wurde die Speicherung aus Wupper- und Bevertalsperren berücksichtigt, trat eine Abweichung um -2,1% auf, d.h. die simulierte Zuflussfracht lag unterhalb der gemessenen. Wenn auch einzelne Jahre Abweichungen aufwiesen, so glichen sich diese bei Betrachtung eines längeren Zeitraums aus. Die Jahresfrachten des Zuflusses sind in Bild 18.5.2-2 gegenübergestellt.

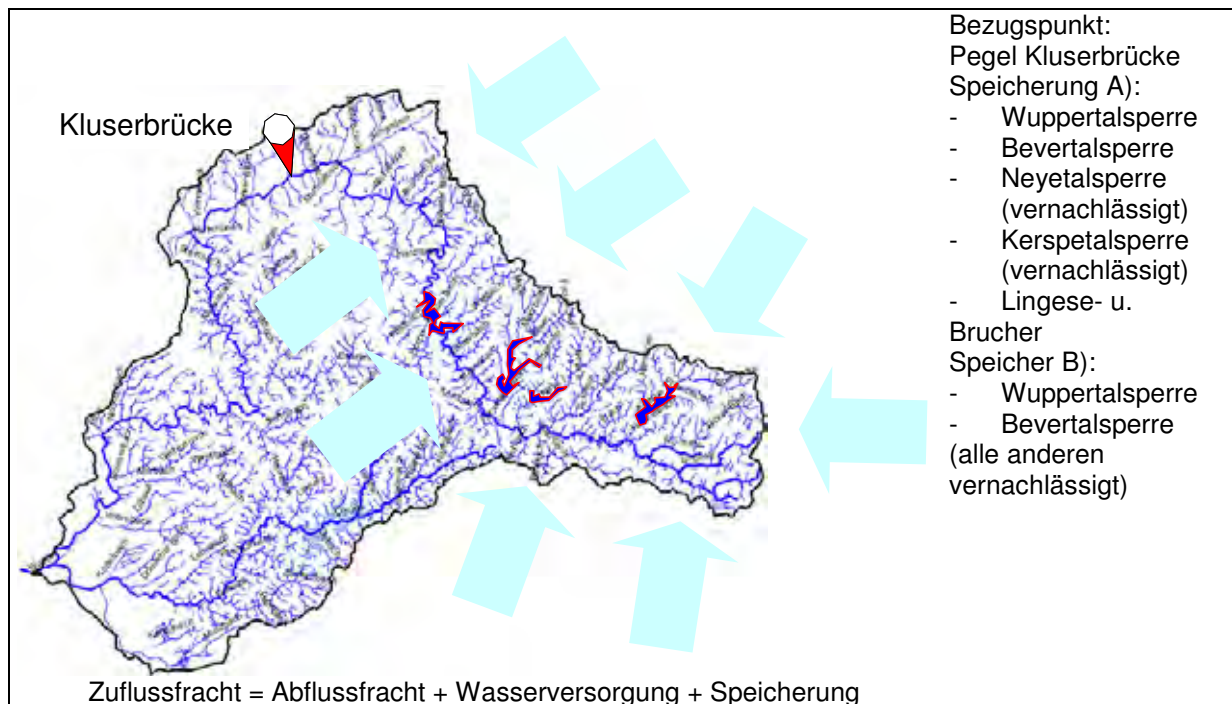


Bild 18.5.2-1: Bilanz für den Knotenpunkt Pegel Kluserbrücke

Das Bild ändert sich, wenn man nur die Winter- oder nur die Sommermonate betrachtet. Mit Speicherung A ergaben sich in den Wintermonaten durchschnittlich 6,9% weniger Zufluss als bei den Messwerten, bei Speicherung B waren es 7,8% weniger. Im Sommer dagegen lag der simulierte Zufluss um 8,5% bei Speicherung A bzw. um 11% bei Speicherung B über den Messwerten. Die Aussagekraft der Bilanz nimmt mit kleiner werdendem Bilanzzeitraum aufgrund der Vernachlässigung von Neye- und Kerspetalsperre zu, die Tendenz erscheint aber eindeutig. In der Simulation ist der Zufluss gegenüber den Messwerten im Jahresverlauf noch zu geglättet, d.h. die Unterschiede zwischen Winter und Sommer sind in den Messwerten ausgeprägter.

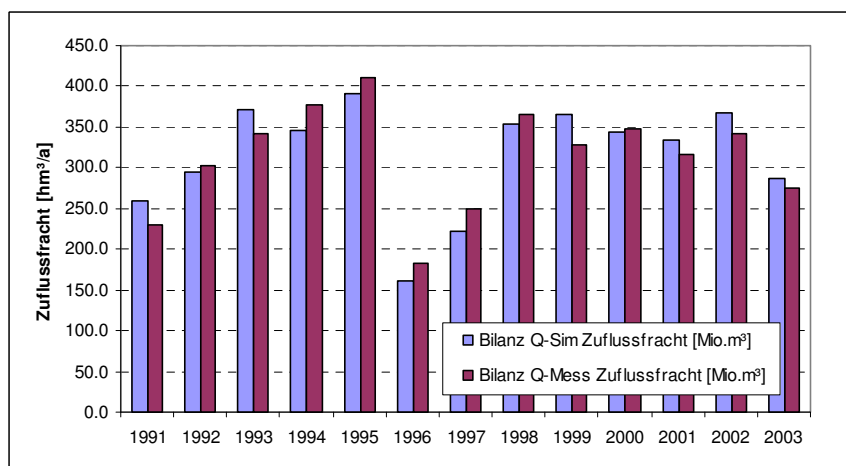


Bild 18.5.2-2: Vergleich der Zuflussfrachten (gemessen/simuliert) für die Jahre 1990-2004

Eine Erhöhung im Winter und Reduzierung im Sommer der Zuflussbelastung im Modell erscheint angebracht, da ohne eine Anpassung die Ergebnisse auf der unsicheren Seite liegen würden.

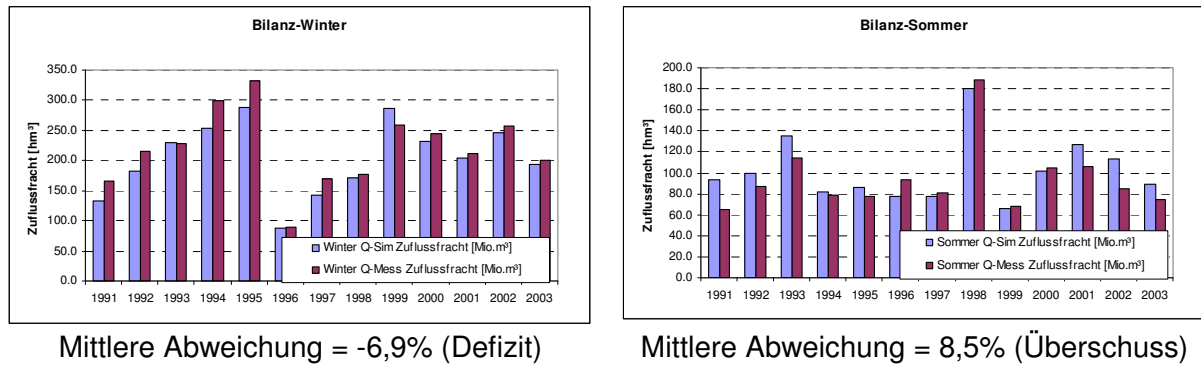


Bild 18.5.2-3: Vergleich der Zuflussfrachten (gemessen/simuliert) für die Jahre 1990-2004 mit Erhöhung im Winter und Reduzierung im Sommer

Aufgrund der Abweichungen im Sommer und Winter wurden die Werte des Bezugspegels Stöcken mit Faktoren für Sommer und Winter unterschiedlich skaliert, so dass letztendlich eine Zuflussganglinie aus dem Pegel Stöcken entstand, die sowohl in der Gesamtbilanz der hydrologischen Jahre als auch saisonal im Jahresverlauf eine gute Übereinstimmung mit den original Zuflusswerten zeigt.

18.5.3 Ausgangssystem

18.5.3.1 Wirkung auf die Wupper- und Bevertalsperre

Anhand eines Ganglinienvergleichs zwischen Istzustand und Planzustand 1 werden die Auswirkungen der erhöhten Anforderungen an die Mindestdurchflussmengen am Pegel Kluserbrücke deutlich. (Planzustand 1 sei eine Talsperrensteuerung, die eine Einhaltung von 3 K Aufwärmspanne pro Heizkraftwerk weitgehend ermöglicht.) Der Inhalt der Wuppertalsperre fiel in den Jahren 1993, 1996-1998 deutlich ab. Obwohl im Winter 1997 die Vollfüllung annähernd erreicht wurde, war im Herbst aufgrund des trockenen Sommers keine Niedrigwasseraufhöhung mehr in vollem Umfang möglich. Noch drastischer wird die Situation, wenn – wie im Winter 1995/96 geschehen – höhere Zuflüsse ausbleiben und es zu keiner Vollfüllung in den eigentlich zuflussreichen Monaten kommt. Die Wuppertalsperre entleert sich und bleibt annähernd zwei Monate – mit einer kurzen Unterbrechung – weit unterhalb 1 hm³ Inhalt.

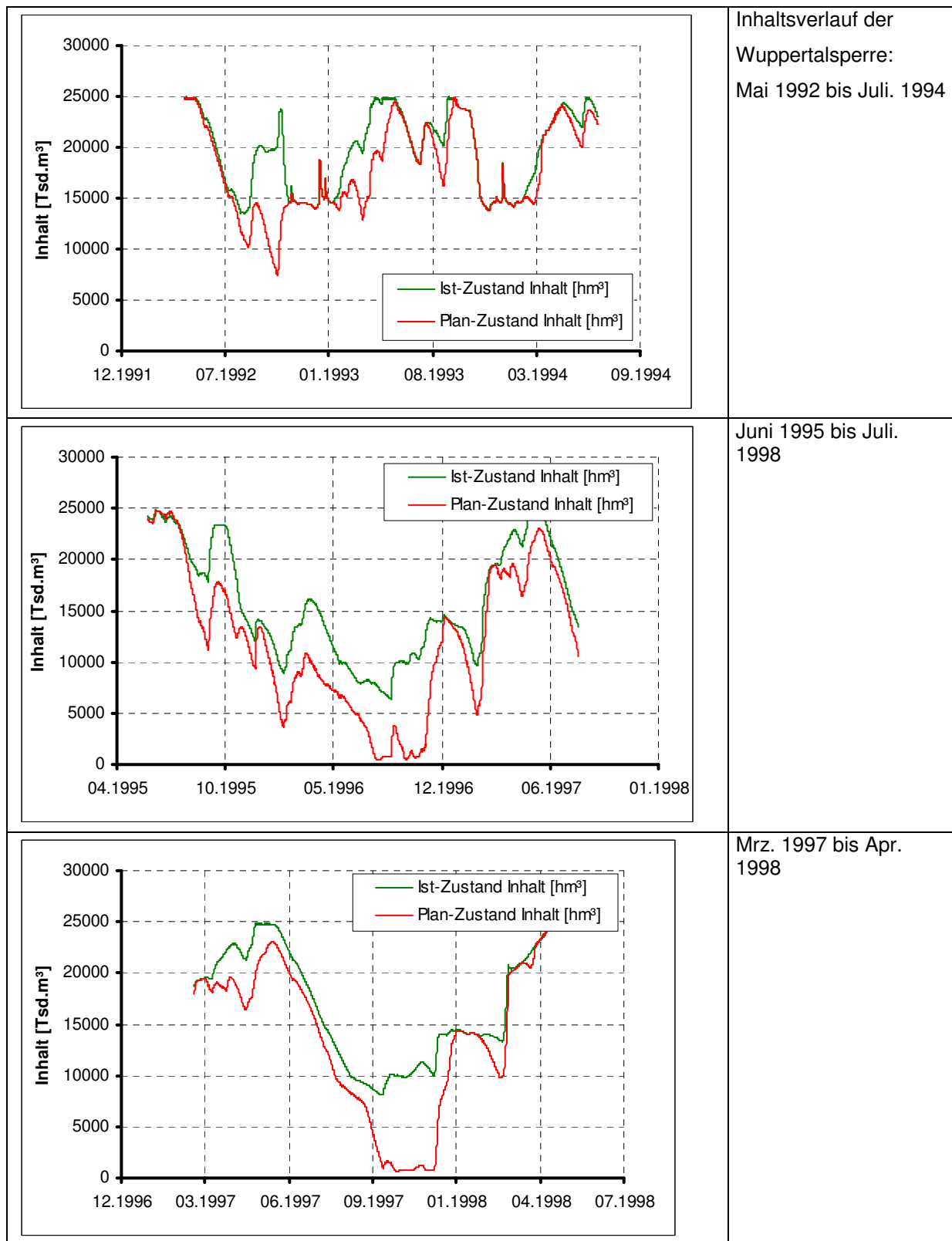


Bild 18.5.3.1-1: Inhaltsverlauf der Wuppertalsperre (Ist-/Planzustand)

Ähnlich stellt sich der Unterschied zwischen Ist- und Planzustand für die Bevertalsperre dar. Der Unterschied bleibt aber auf Situationen beschränkt, in denen ein Zuschuss in Richtung Wuppertalsperre erforderlich wird. Tritt jedoch dieser Fall ein, ist der Unterschied besonders drastisch.

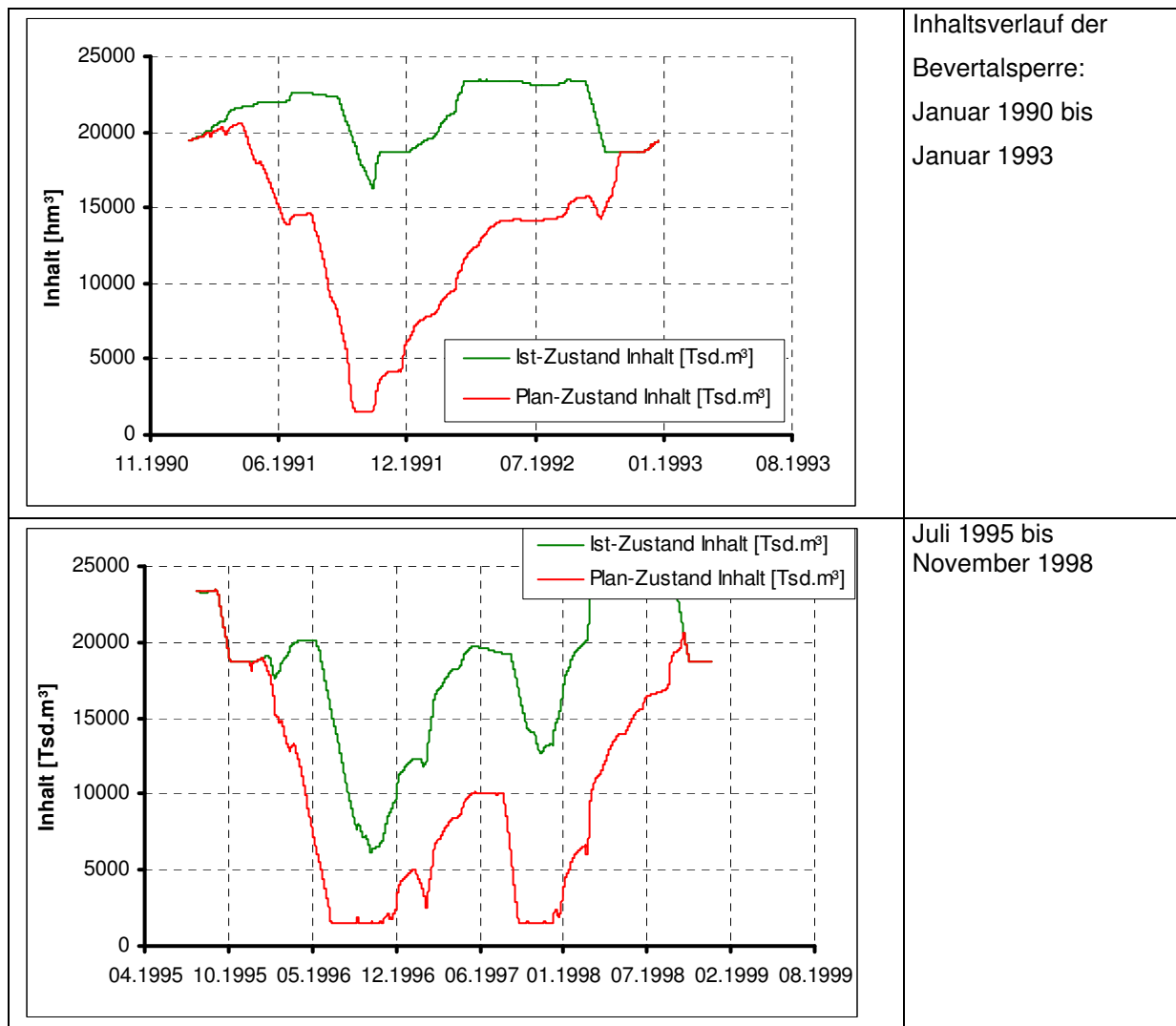


Bild 18.5.3.1-2: Inhaltsverlauf der Bevertalsperre (Ist-/Planzustand)

Die Gegenüberstellung der Dauerlinien zwischen Ist- und Planzustand macht die erhöhte Belastung in Form der gestiegenen Niedrigwasseraufhöhung deutlich.

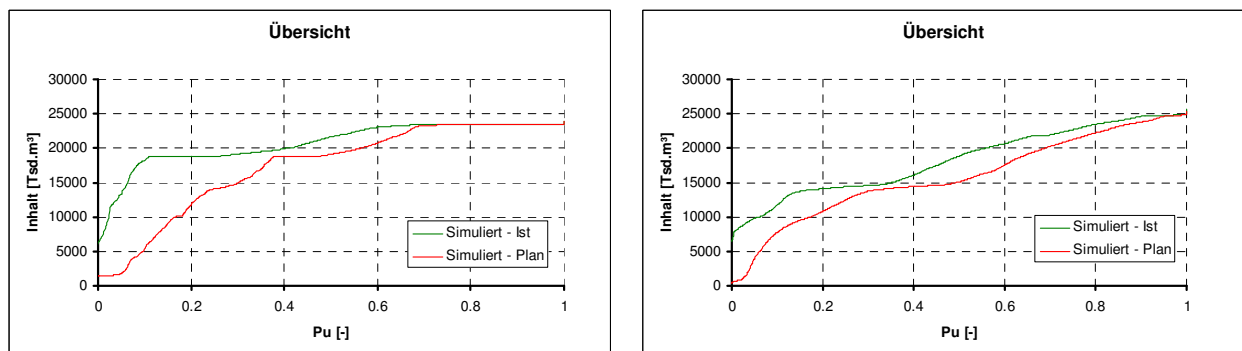


Bild 18.5.3.1-3: Dauerlinien der Bevertalsperre (Ist-/Planzustand)

18.5.3.2 Wirkung auf den Pegel Kluserbrücke

Entsprechend den Auswirkungen auf die Speichereinhalte bei Wupper- und Bevertalsperre macht sich die erhöhte Niedrigwasseraufhöhung auch am Pegel Kluserbrücke bemerkbar.

Es treten Zeiträume mit deutlich geringerem Durchfluss als die geforderten Werte auf. Diese Zustände bleiben bis zu 4 Wochen erhalten (siehe Bild 18.5.3.2-1).

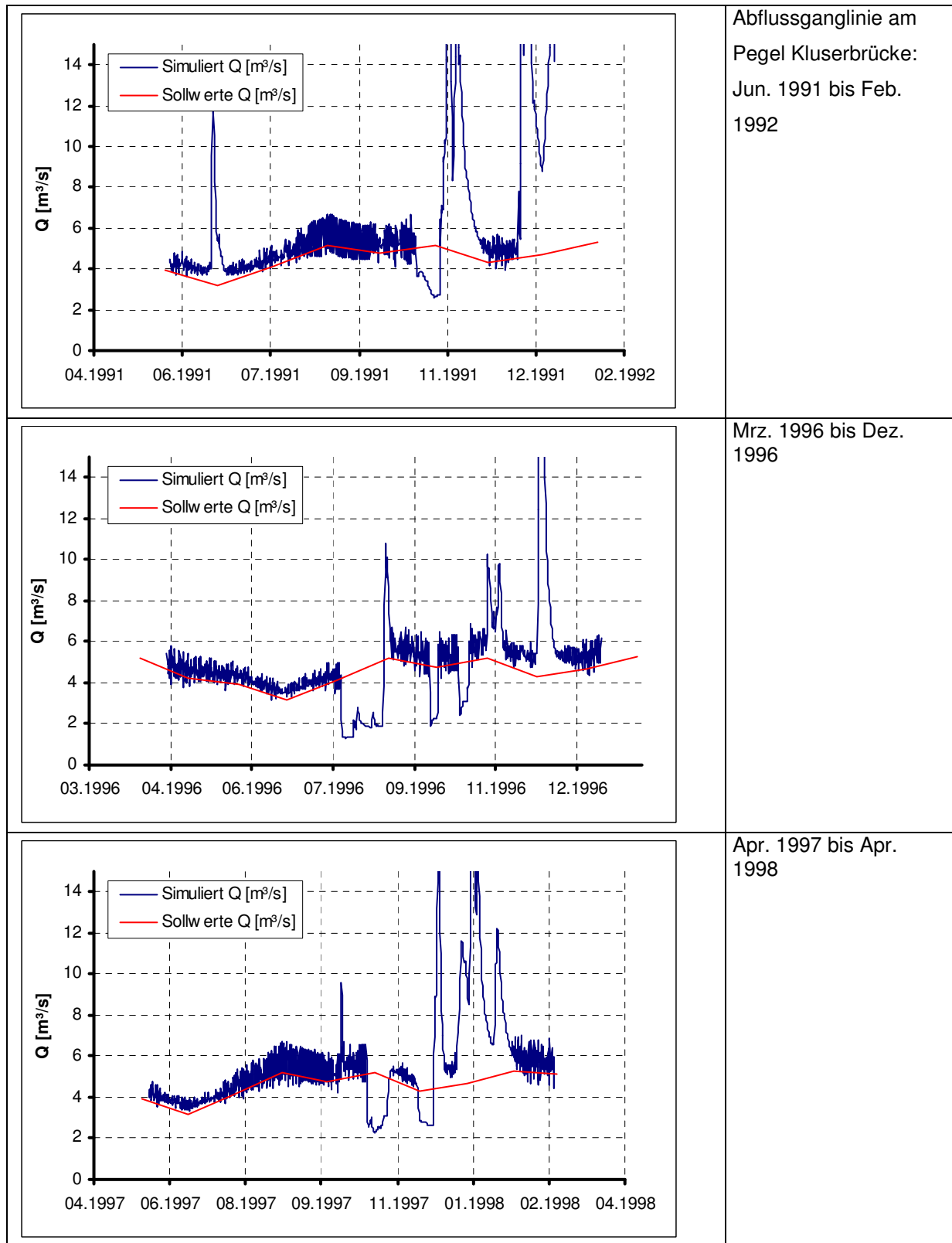


Bild 18.5.3.2-1: Ganglinienverlauf am Pegel Kluserbrücke (Ist-/Planzustand)

Die Schwingungen in den simulierten Werten entstehen, weil im Simulationsmodell auf jede Änderung des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke sofort reagiert wird, wobei Über- und Untersteuerungen die Folge sind.

Die Dauerlinie lässt gut erkennen, dass die Zielgrößen der Aufhöhung nach oben verschoben wurde. In 60% der simulierten Zeitperiode ist der Durchfluss am Pegel gegenüber dem bisherigen Zustand erhöht. Jedoch sind auch die reduzierten Werte erkennbar am linken Rand der Grafik (siehe Bild 18.5.3.2-2)

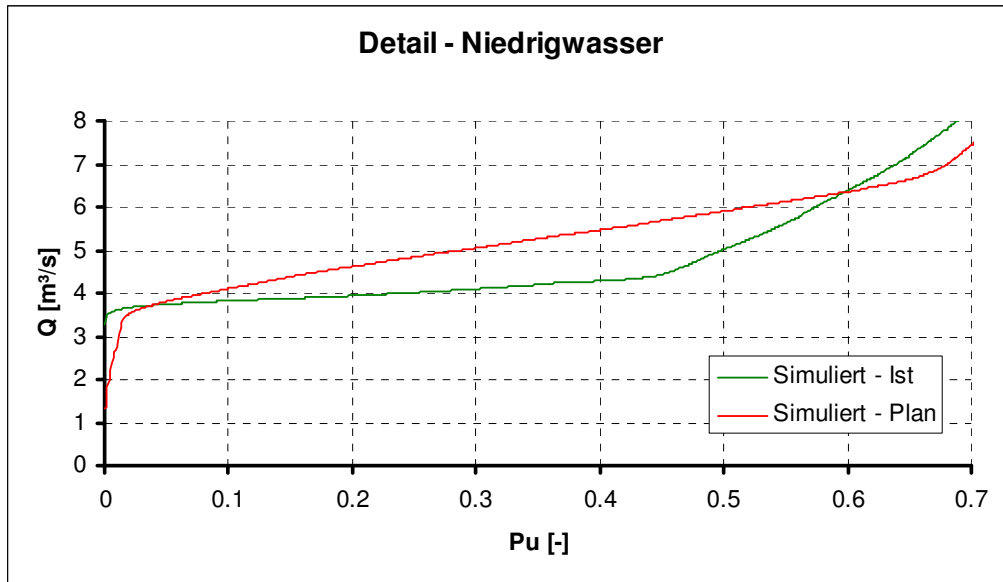


Bild 18.5.3.2-2: Dauerlinie am Pegel Kluserbrücke (Ist-/Planzustand)

Eine Niedrigwasseranalyse im Vergleich zum Ist-Zustand gibt Aufschluss darüber, welche Abflüsse sich über bestimmte Zeitperioden einstellen. Im Simulationszeitraum vom 1990 bis 2004 tritt an 60 aufeinanderfolgenden Tagen ein kleinster Mittelwert des Abflusses von 3,1 m³/s auf. Dies war 1996 der Fall. Je kürzer der Analysezeitraum wird, um so geringer werden die Werte. Bei 30 Tagen ergibt sich ein Wert von 2,2 m³/s der bis auf 1,3 m³/s bei einem Tag abnimmt. Für die Versorgung mit Kühlwasser würde die 60 Tages Periode eine Unterversorgung bedeuten und hätte negative Konsequenzen für den Betrieb des Heizkraftwerkes. In 3 von 13 simulierten Jahren trat über einen Zeitraum von 7 Tagen ein Versorgungsdefizit auf.

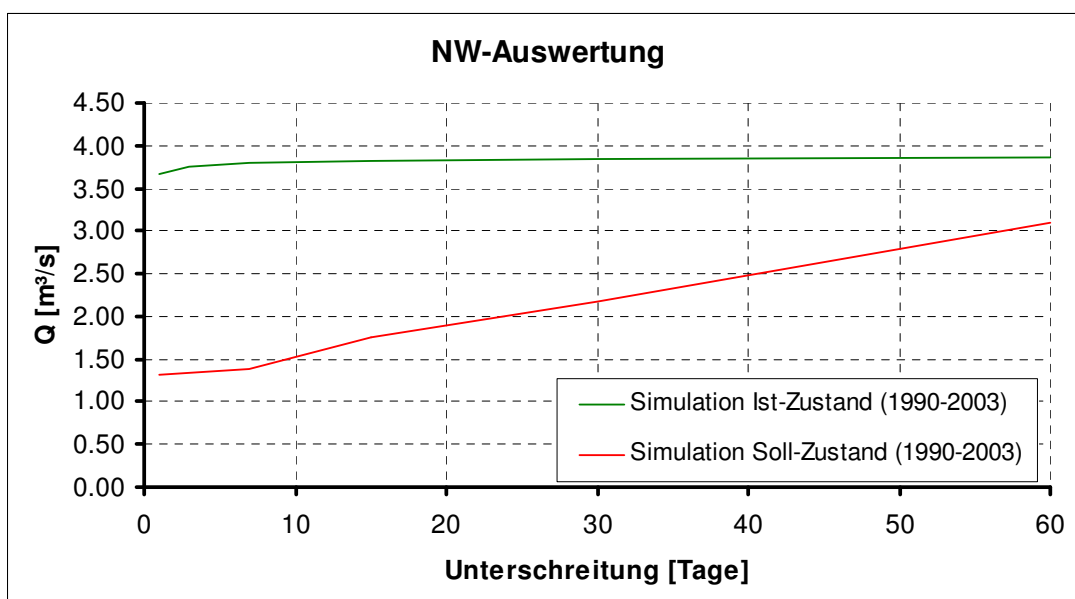


Bild 18.5.3.2-3: Niedrigwasseranalyse für den Pegel Kluserbrücke (Ist-/Planzustand)

18.5.3.3 Fazit

Das für die Niedrigwasseraufhöhung derzeit bestehende Talsperrensystem aus Wupper- und Bevertalsperre ist nicht in der Lage die neuen Anforderungen in ausreichender Sicherheit zu erfüllen. Diese Aussage beruht auf der Simulation des Zeitraumes von 1990 bis 2004. Da bereits in dieser kurzen Phase mehrfach ein Leerlaufen der Speicher mit entsprechender Reduzierung der Aufhöhung eintritt, muss bei einer Simulation über einen längeren Zeitraum von einer Verschlechterung der Situation ausgegangen werden, da in längeren Zeiträumen extremere hydrologische Situationen auftreten. Um die Sicherheit der Versorgung statistisch auszuwerten, erfolgten Simulationen über einen Zeitraum von 100a auf Basis generierter Zuflüsse.

Tabelle 18.5.3.3-1: Anzahl der Fehljahre über 100a Simulationsperiode

Fehlvolumen pro Jahr [Mai bis April]	Anzahl Fehljahre	Sicherheit nach Häufigkeit
> 1 Mio.m ³	22	0.78
> 5 Mio.m ³	15	0.85
> 10 Mio.m ³	10	0.90
> 15 Mio.m ³	3	0.97

Die Auswertung wurde über Jahreszeiträume von 01. Mai bis 30. April des Folgejahres durchgeführt, weil erst ab Mai Unterschreitungen der Sollwerte auftraten, die sich aber unter besonders ungünstigen Zuflusssituationen bis über die Jahreswende erstrecken konnten. Eine Analyse über hydrologische Jahre oder Kalenderjahre hätte eine zusammengehörende Versagensperiode gegebenenfalls auf zwei Jahre verteilt.

Wenn nur die Jahre mit einer Unterschreitung der Sollwerte betrachtet werden, ergibt sich ein mittleres Fehlvolumen von 3,5 Mio.m³/a. Das größte Fehlvolumen liegt bei 15,9 Mio.m³ (1964). Die längste Periode einer Unterversorgung dauert knapp 4 Monate an (Sommer 1964, Herbst 1997). Die Fehlzeiten belaufen sich zwischen einer Woche bis zu zwei Monaten.

18.6 Variantenuntersuchung für den Plan-Zustand 1 (FischgewV, 3 K)

18.6.1 Varianten

Nach der Betrachtung des Ist-Zustandes für die Niedrigwasseraufhöhung aus Wupper- und Bevertalsperre, erfolgte die Untersuchung verschiedener Varianten wie in Kapitel 18.2.6 beschrieben.

Um die mögliche Bandbreite der Wirkung der Kerspetalsperre und Neyetalsperre auf die Niedrigwasseraufhöhung (NWA) vollständig darzustellen, wurden fünf Untervarianten simuliert, ausgewertet und dem Ist-Zustand – *Referenzvariante* (a_1), nur Wupper- und Bevertalsperre tragen zur NWA bei – gegenübergestellt.

- (b) Die Kerspetalsperre trägt im Rahmen eines Lamellenplans zur NWA bei, der einen Zuschuss zeit- und inhaltsabhängig regelt; dabei wurden sowohl Größe und zeitlicher Verlauf des Zuschusses als auch die Aktivierungsgrenze (Kombination der Stauinhalte von Wupper- und Bevertalsperre, ab der die Kerspetalsperre Wasser zuschießt) variiert ⇒

Varianten (b₁-b₁₁)

(c) Das aus Variantenstudie für (b) erzielte Optimum wurde bei stufenweiser Reduzierung der Trinkwasserversorgung der Kerspetalsperre getestet $\Rightarrow$ *Varianten (c₁-c₃)*.

(d) Zusätzlich zur Kerspetalsperre wird die Neyetalsperre zur NWA herangezogen; Zuschuss und beanspruchter Stauraum wurden variiert $\Rightarrow$ *Varianten (d₁-d₄)*

(e) Allein die Neyetalsperre wird mit ihrem gesamten verfügbaren Volumen zur NWA herangezogen; die Größe des Zuschusses erfolgt nach dem Optimum aus Variantenstudie (d) $\Rightarrow$ *Variante (e₁)*

(f) Zum Vergleich wurde die optimale Konfiguration nach Variante (d) mit der bisherigen Anforderung an die Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke simuliert: die Anforderung richtet sich dabei nicht nach monatlichen Mittelwerten sondern wird mit einem konstanten Durchfluss von 3,5 m³/s angesetzt.

Für alle Varianten wurden insbesondere der Einfluss auf die erforderliche Aufhöhung am *Pegel Kluserbrücke* sowie die Beeinträchtigung der Wasserversorgung an der Kerspetalsperre untersucht und gegenübergestellt. Die Wasserversorgung an der Neyetalsperre wurde vernachlässigt bzw. abgeschaltet.

Tabelle 18.6.1-1: Varianten zur Niedrigwasseraufhöhung

Variante	Bemerkung	Talsperren, die zur Niedrigwasseraufhöhung beitragen			
		Wupper	Bever	Kerspe	Neye
(a)	Ist-Zustand (Referenzzustand)	x	x		
(b1-b11)	Variation Inhalt Wupper und Bever Variation Zuschussbetrag	x	x	x	
(c1-c3)	Variation der Wasserversorgung	x	x	x	
(d1-d4)	Variation Inhalt Neye, Zuschussbetrag	x	x	x	x
(e)	Optimum aus (d)	x	x		x
(f)	Minstdurchfluss Pegel Kluserbrücke = 3,5 m³/s	x	x	x	x

Simuliert wurde jede Variante für einen Zeitraum von 40 Jahren (1965 – 2004) in 6-Stunden-Schritten.

18.6.2 Einstellung der Abgaben an der Kerspetalsperre

18.6.2.1 Konstante Abgaben / Randbedingungen

Für die zuvor genannten Varianten wurden einheitliche Vorgaben für Mindestabgabe und Hochwasserschutzraum umgesetzt:

- Mindestabgabe: nicht vorhanden
- Hochwasserschutzraum: ab einem Stauinhalt von 15,4 Mio.m³ (entspricht einem Füllungsgrad von 99,4 %) wird mit einer Abgabe von 3,5 m³/s vorentlastet.

18.6.2.2 Variable Abgaben / Steuergrößen

18.6.2.2.1 Wasserversorgung

Die Abgabe richtet sich nach dem Jahresbedarf der Versorgungsbetriebe der Stadt Wuppertal der laut Auskunft der Stadtwerke Wuppertal derzeit mit ca. 12 Mio.m³/a angesetzt werden kann. Bei diesem Bedarf ergibt sich eine mittlere Abgabe von ca. 381 l/s. Dieser Wert wurde nur für Variantenstudie (c) variiert; hierfür wurde die Summe des Bedarfs stufenweise reduziert, wodurch sich auch die mittlere Abgabe verringert:

- (c₁) Summe = 10 Mio.m³ ⇒ mittlere Abgabe = 0,317 m³/s
- (c₂) Summe = 8 Mio.m³ ⇒ mittlere Abgabe = 0,254 m³/s
- (c₃) Summe = 6 Mio.m³ ⇒ mittlere Abgabe = 0,190 m³/s
-

18.6.2.2.2 Niedrigwasseraufhöhung

Die Abgabe zur Niedrigwasseraufhöhung lässt sich durch drei Faktoren charakterisieren:

1. Inhaltssituation in der Wupper- und Bevertalsperre:
Bei welchen Stauinhalten von Wupper- und Bevertalsperre soll ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre für die Niedrigwasseraufhöhung überhaupt erfolgen?
2. Dem Betrag des Zuschusses:
In welcher Größenordnung soll der Zuschuss aus der Kerspetalsperre liegen?
3. Dem Inhalt der Kerspetalsperre:
Erlaubt die Inhaltssituation der Kerspetalsperre überhaupt einen Zuschuss?

Für die Varianten (b) wurden alle drei Faktoren variiert, um den Beitrag der Kerspetalsperre zur Niedrigwasseraufhöhung zu optimieren, bei gleichzeitiger Minimierung der Auswirkungen auf die Wasserversorgung. Die ermittelte optimale Konfiguration aus (b) wird für die Varianten (c) und (d) beibehalten. Für die Varianten (a) [Ist-Zustand] und (e) [nur Neyetalsperre] wurde die Kerspetalsperre nicht für die Niedrigwasseraufhöhung herangezogen; die entsprechende NWA-Abgabe wurde daher deaktiviert.

Für die Kerspetalsperre waren bestimmte Vorgaben zu berücksichtigen, die im Wesentlichen auf deren Aufgabe als Trinkwasserspeicher zurückzuführen sind. So sollte der Inhalt der Kerspetalsperre möglichst nicht unter einen Mindestinhalt von 1/3 des Gesamtinhalts (also 5,167 Mio.m³) fallen. Darüber hinaus ist es für die Qualitätssicherung des gespeicherten Wassers aufgrund der sich einstellenden Schichtungsverhältnisse wünschenswert, in den Sommermonaten einen höheren Wasserstand einzuhalten. Anhand dieser Vorgaben wurde ein Lamellenplan entworfen, der diesen Ansprüchen genügt. Aus diesem Lamellenplan LP1 wurde eine für die Niedrigwasseraufhöhung optimale Regelung abgeleitet, bei deren Überschreitung die Abgabe sofort auf den vollen Betrag gesetzt wird (Bild 18.6.2.2.2-1).

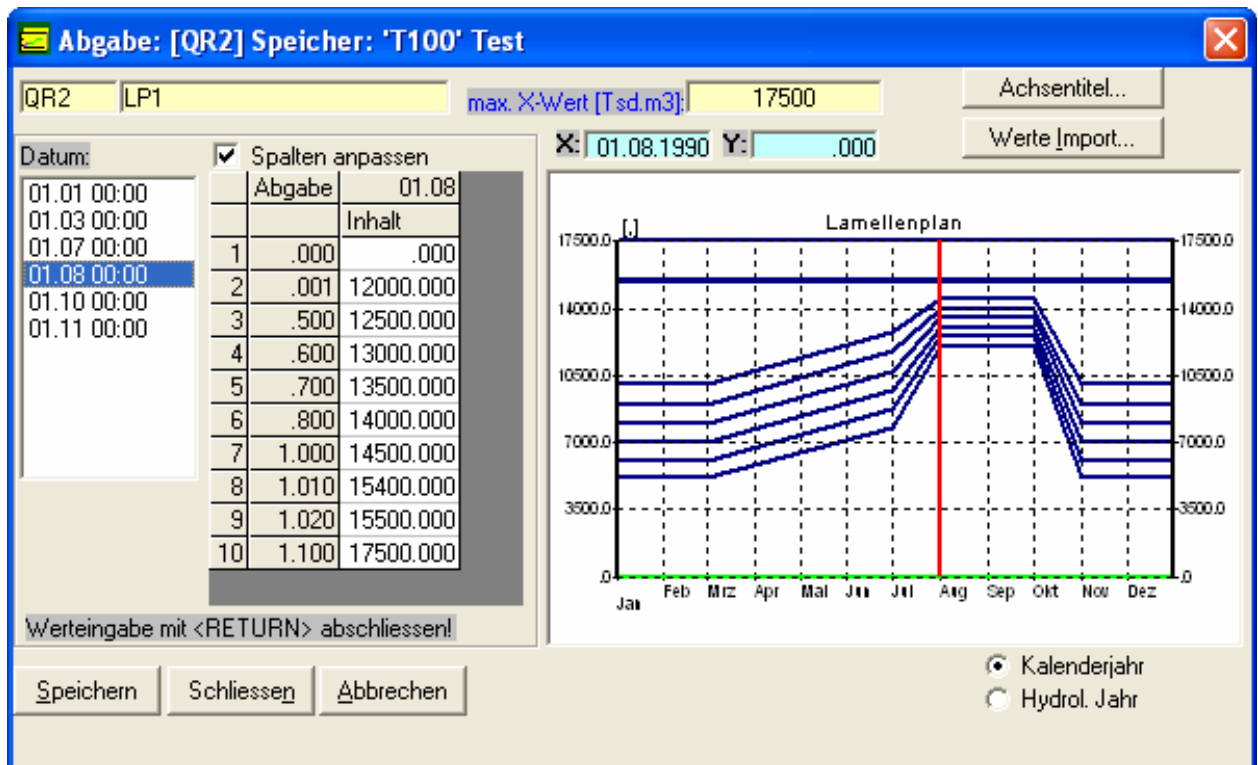


Bild 18.6.2.2.2-1: Lamellenplan (LP1) für die NWA-Abgabe an der Kerspetalsperre

Diese Steuerung sieht vor, dass zwischen 1.Nov. und 1.März ein Mindestinhalt $S_{\min}$ von $\frac{1}{3} S_{\text{ges}}$ (5,167 Mio.m³), am 1.Jul. von $\frac{1}{2} S_{\text{ges}}$ (7,75 Mio.m³) und zwischen 1.Aug. und 1.Okt. von $\frac{2}{3} S_{\text{ges}}$ (10,333 Mio.m³) eingehalten werden muss. Zwischen diesen Stützstellen wird die Grenze linear interpoliert. Ausschließlich oberhalb dieses variablen Mindestinhalts darf eine NWA-Abgabe erfolgen.

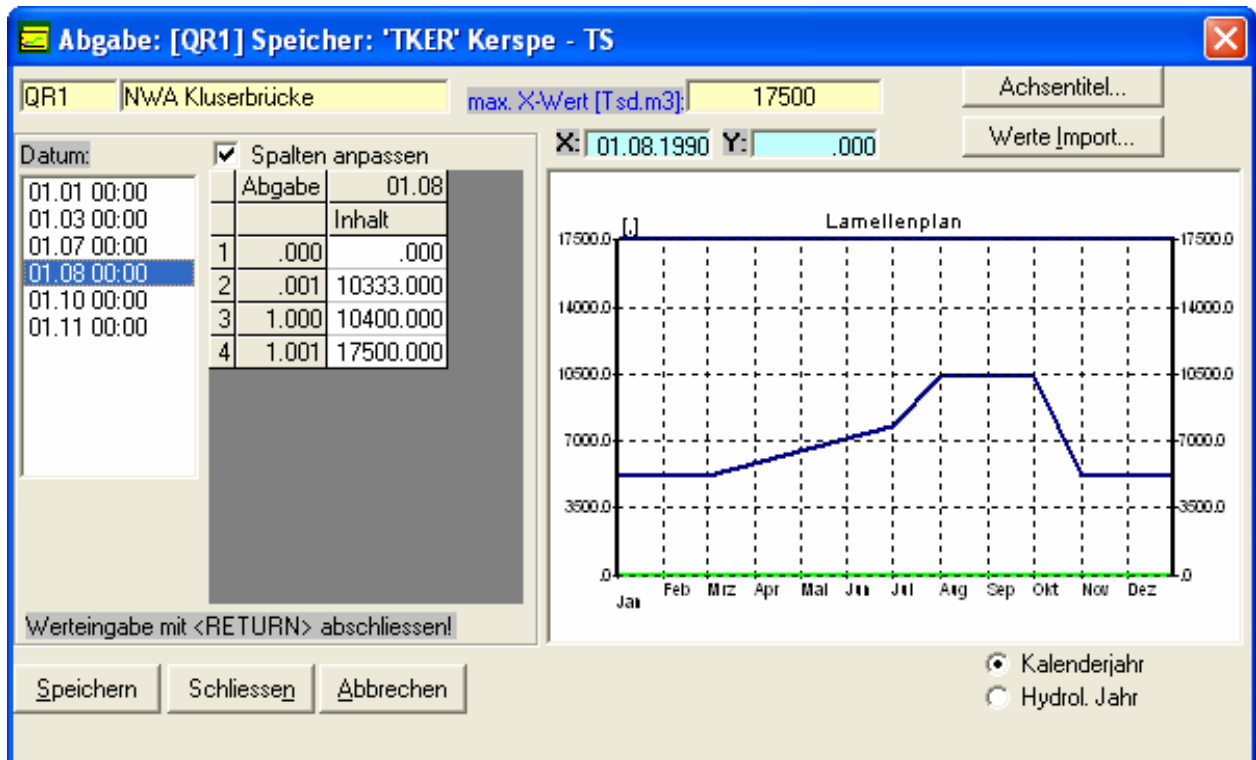


Bild 18.6.2.2.2-2: Optimierter Lamellenplan (LP5) für NWA-Abgabe gemäß Variante (b)

Für jede Variante (b) wurde der optimierte Lamellenplan beibehalten. In welchen Situationen überhaupt ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre erfolgen soll, wurde über die Stauinhalte von Wupper- und Bevertalsperre gesteuert, wobei nachfolgende Varianten getestet wurden: Ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre erfolgt, wenn:

- (b_1-b_2) sowohl Wupper- als auch Bevertalsperre unter 9 Mio.m³ Inhalt fallen
- (b_3-b_5) die Summe der Inhalte von Wupper- und Bevertalsperre unter 18 Mio.m³ fallen
- (b_6) die Summe der Inhalte von Wupper- und Bevertalsperre unter 20 Mio.m³ fallen
- (b_7) die Summe der Inhalte von Wupper- und Bevertalsperre unter das monatscharfe 10%-Quantil der gemessenen Inhaltssumme der letzten 14 Jahre (1991-2004) fallen
- (b_8-b_{10}) die Summe der Inhalte von Wupper- und Bevertalsperre unter das monatscharfe 25%-Quantil der gemessenen Inhaltssumme der letzten 14 Jahre (1991-2004) fallen
- (b_{11}) die Summe der Inhalte von Wupper- und Bevertalsperre unter das monatscharfe 50%-Quantil der gemessenen Inhaltssumme der letzten 14 Jahre (1991-2004) fallen

Für alle oben genannten Konfigurationen zur Aktivierung des NWA-Zuschusses für die Kerspetalsperre kann sich jeweils ein spezifischer Zuschussbetrag als optimal herausstellen. Daher wurden sämtliche Konfigurationen mit unterschiedlichen Zuschussbeträgen überlagert. Eine Untersuchungsvariante ergibt sich damit aus den Inhalten von Wupper- und Bevertalsperre zur Auslösung eines Zuschusses, den Betrag für den Zuschuss und dem optimierten Lamellenplan des Inhaltes der Kerspetalsperre.

18.6.3 Einstellung der Abgaben an der Neye-Talsperre

18.6.3.1 Konstante Abgaben / Randbedingungen

Auch an der Neyetalsperre galten einheitliche Vorgaben für Mindestabgabe und Hochwasserschutzraum:

- Mindestabgabe: ab 0,9 Mio.m³ Stauinhalt werden konstant 50 l/s an den Unterlauf abgegeben.
- Hochwasserschutzraum: zwischen einem Stauinhalt von 5,9 und 6 Mio.m³ steigt die Abgabe zum Freiräumen des Hochwasserschutzraums von 0 auf 1,8 m³/s an.
- Überleitung zur Bever-TS: die von der Schevelinger Talsperre übergeleitete Wassermenge wird direkt zur Bevertalsperre weitergeleitet.
- Wasserversorgung: die Aufgabe der Neyetalsperre als Trinkwasserspeicher wurde zugunsten der Niedrigwasseraufhöhung vernachlässigt.

18.6.3.2 Variable Abgaben / Steuergrößen

Die einzige zu variierende Abgabe an der Neyetalsperre stellt der Zuschuss zur Niedrigwasseraufhöhung dar. Deren Aktivierung wird analog zur Kerspetalsperre gesteuert, d. h. es wird unterschieden zwischen einer Fremd- (Inhalte von Wupper- und Bevertalsperre) und einer Eigensteuerung (Inhalt der Neyetalsperre).

Da für die Fremdsteuerung eine Optimierung bereits unter Variante (b) bei Ansatz der Kerspetalsperre stattgefunden hat und es grundsätzlich für diese Aktivierung keinen Unterschied macht, welcher Speicher den Zuschuss beisteuert, kann diese Konfiguration für die Neyetalsperre unverändert übertragen werden.

Weil darüber hinaus die Neyetalsperre nicht zur Trinkwasserversorgung herangezogen wird, kann theoretisch das gesamte Volumen von insgesamt 6 Mio.m³ der Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung gestellt werden (Variante d₁). Trotzdem wurde auch für die Neyetalsperre eine Variante mit Einhaltung eines Mindestinhalts von $\frac{2}{3}$ des Gesamtvolumens, also 2 Mio.m³, getestet (d₂). Darüber hinaus wurde das Verhalten getestet, wenn die Neyetalsperre erst dann zur Aufhöhung herangezogen wird, wenn die Kerspetalsperre aufgrund ihres Inhalts den Zuschuss abschalten muss (d₃ & d₄), d.h. dass ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre Priorität vor einem Zuschuss aus der Neyetalsperre besitzt.

Variiert wurde dabei der Faktor für den Betrag der Abgabe, wobei sich in den Varianten (d₁) bis (d₄) bereits das diesbezügliche Optimum wieder findet.

18.7 Ergebnisse der Variantenuntersuchung für den Plan-Zustand 1

18.7.1 Analyse der Fehlmengen

Die Simulationsergebnisse der Varianten wurden zunächst auf die Wirkung hinsichtlich der Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke untersucht. Hierfür sind in Tabelle 18.7.1-2 und Tabelle 18.7.1-3 für alle zuvor beschriebenen Konfigurationen die Fehlmengen, also die Differenzen des Pegelzuflusses zu den Anforderungen, in Form von maximaler Abweichung und Summe der Fehlmenge für eine Simulationsperiode von 40 Jahren dargestellt.

Um im Folgenden zwecks Erhaltung der Übersichtlichkeit nur noch die Kennnummern der Varianten zu verwenden, gibt Tabelle 18.7.1-1 zunächst eine Zusammenstellung der Varianten mit Kennung und Parametrisierung:

Tabelle 18.7.1-1: Untersuchte Varianten – Kennung und Konfiguration

Szenario-Kennung	Aktivierung			Zuschuss NWA [m³/s]	
	Inhalt Wupper- & Bever-TS	Inhalt Kerspe-TS	Inhalt Neye-TS	Kerspe-TS	Neye-TS
(a ₁)	Niedrigwasseraufhöhung nur aus Wupper- und Bevertalsperre				
(b ₁)	jeweils ab 9 Mio.m³	S _{min} = LP5	-	2	-
(b ₂)	jeweils ab 9 Mio.m³	S _{min} = LP5	-	3	-
(b ₃)	in Summe ab 18 Mio.m³	S _{min} = LP5	-	1	-
(b ₄)	in Summe ab 18 Mio.m³	S _{min} = LP5	-	2	-
(b ₅)	in Summe ab 18 Mio.m³	S _{min} = LP5	-	3	-
(b ₆)	in Summe ab 20 Mio.m³	S _{min} = LP5	-	2	-
(b ₇)	in Summe ab 10%-Quantil	S _{min} = LP5	-	1	-
(b ₈)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	-	2	-
(b ₉)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	-	1	-
(b ₁₀)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	-	0,5	-
(b ₁₁)	in Summe ab 50%-Quantil	S _{min} = LP5	-	1	-
(c ₁)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	-	0,5	-
(c ₂)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	-	0,5	-
(c ₃)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	-	0,5	-
(d ₁)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	S _{min} = 2 Mio.m³	0,5	0,25
(d ₂)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	S _{min} = 0	0,5	0,25
(d ₃)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	S _{min} = 0 und S _{Kerspe} < LP5	0,5	0,25
(d ₄)	jeweils ab 9 Mio.m³	S _{min} = LP5		3	0,25
(e ₁)	in Summe ab 25%-Quantil	-	S _{min} = 0	-	0,25
(f ₁)	in Summe ab 25%-Quantil	S _{min} = LP5	S _{min} = 0 und S _{Kerspe} < LP5	0,5	0,25

Datum	Fehlmenge							
	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]
	(a ₁) Ist-Zustand		(b ₁)		(b ₂)		(b ₃)	
Okt 69	2,5	1,92						
Sep 71	3,1	7,07	3,1	2,14	2,7	2,09	3,2	3,34
Sep 72	3,0	5,62	2,8	4,11	2,8	4,25	2,9	4,44
Aug 73	3,9	12,13	3,9	11,20	3,9	10,99	3,8	10,45
Sep 76	3,3	6,48	3,1	1,82	3,1	1,82	2,3	1,76
Sep 91	3,0	7,15	2,8	1,73	2,8	1,39	2,4	2,44
Okt 96	3,0	4,43					1,6	0,76
Sep 97	3,7	11,41	3,7	9,89	3,7	10,01	3,1	9,21
Fehlmenge		56,21		30,89		30,55		32,40
Anzahl Versagenfälle		8		6		6		7

Datum	Fehlmenge							
	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]
	(b ₄)		(b ₅)		(b ₆)		(b ₇)	
Okt 69								
Sep 71	2,9	2,17	3,0	2,19	3,0	2,22	2,8	1,23
Sep 72	2,9	4,67	3	4,76	3,2	4,88	3,2	5,04
Aug 73	3,8	10,9	3,9	10,94	3,8	10,83	3,9	11,58
Sep 76	3,1	1,87	3,1	1,81	3,1	1,88	3,1	1,95
Sep 91	3,3	2,79	3,2	2,98	3,3	3,05	3,2	0,73
Okt 96								
Sep 97	3,5	10,42	3,5	10,47	3,5	10,46	3,3	10,52
Fehlmenge		32,82		33,15		33,32		31,05
Anzahl Versagenfälle		6		6		6		6

Datum	Fehlmenge							
	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]
	(b ₈)		(b ₉)		(b ₁₀)		(b ₁₁)	
Okt 69								
Sep 71			3,2	0,70	2,6	2,22	2,7	1,86
Sep 72	3	6,14	3,2	5,02	3,0	3,70	3,1	4,99
Aug 73	3,8	12,62	3,9	11,62	3,8	10,66	3,9	11,62
Sep 76	3	2,42	3,1	1,24	2,9	1,88	3	2,51
Sep 91	3,3	5,55	2,9	1,13	2,6	1,62	3,2	5,08
Okt 96								
Sep 97	3,7	11,69	3,6	10,72	3,0	9,58	3,6	10,69
Fehlmenge		38,42		30,43		29,66		36,75
Anzahl Versagenfälle		5		6		6		6

Rot markiert sind die Ergebnisse der Referenzvariante ohne Kerspe- & Neyetalsperre
 Blau markiert sind die Ergebnisse der optimalen Konfiguration mit der Kerspetalsperre

Blau markiert sind die Ergebnisse der optimalen Konfiguration mit der Kerspitalsperre

Tabelle 18.7.1-3: Vergleich der Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke für Varianten (c) und (d)

Datum	Fehlmenge							
	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio.m³]
	(a ₁)		(c ₁)		(c ₂)		(c ₃)	
Okt 69	2,5	1,92						
Sep 71	3,1	7,07	2,2	1,65	2,2	1,17	2,5	0,98
Sep 72	3,0	5,62	3,3	2,92	2,8	1,66	2,6	0,20
Aug 73	3,9	12,13	3,8	9,97	3,8	8,98	3,7	7,63
Sep 76	3,3	6,48	2,9	1,45	2,9	0,89	1,9	0,40
Sep 91	3,0	7,15	3,0	0,58	2,9	0,31		
Okt 96	3,0	4,43						
Sep 97	3,7	11,41	3,2	8,43	3,0	6,58	3,4	4,31
Fehlmenge		56,21		25		19,59		13,52
Anzahl Versagensfälle		8		6		6		5

Datum	Fehlmenge							
	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]
	(d ₁)		(d ₂)		(d ₃)		(d ₄)	
Okt 69								
Sep 71					3,0	0,67	2,7	1,43
Sep 72	3,1	3,50	3,0	1,73	3,3	2,16	2,6	3,73
Aug 73	3,8	10,58	3,8	10,30	3,8	9,90	3,8	10,44
Sep 76	0,2	0,01	0,1	0,01	2,6	0,65	3,1	1,18
Sep 91							2,6	0,64
Okt 96								
Sep 97	3,2	8,65	2,8	7,04	2,8	6,68	3,6	8,20
Fehlmenge		22,74		19,08		20,06		25,62
Anzahl Versagensfälle		4		4		5		6

Datum	Fehlmenge							
	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]	Q _{max} [m³/s]	Summe [Mio,m³]
	(e ₁)		(f ₁)					
Okt 69								
Sep 71	3,2	3,33						
Sep 72	3,2	4,65						
Aug 73	3,9	11,46						
Sep 76	2,9	2,94						
Sep 91	3,3	2,94						
Okt 96	2,5	1,08						
Sep 97	3,0	10,08						
Fehlmenge		36,48		0				
Anzahl Versagensfälle		7		0				

Die Konfiguration der Variante (b₁₀) – Ansatz des monatsweise ermittelten 25%-Quantils der gemessenen Inhaltssumme von Wupper- und Bevertalsperre im Zusammenspiel mit einer Abgabe von 500 l/s – stellt das Optimum für den Beitrag der Kerspetalsperre zur Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke dar., Mittels dieser Konfiguration ist eine

Reduzierung der Fehlmenge um ca. 47 % möglich, die Anzahl der Versagensfälle in 40 Jahren sinkt dabei von 8 auf 6.

Wird die Kerspe- und Neyetalsperre in die NWA einbezogen so ergibt sich ein Optimum für Variante (d2) mit einer Reduzierung der Fehlmenge um gut 66 % bei Halbierung der Versagensfälle gegenüber dem Referenzzustand von 8 auf 4. Dies gilt jedoch nur, wenn beide Talsperren parallel zuschießen. Wird die Neyetalsperre jedoch nur nachrangig berücksichtigt, d.h. sobald der kritische Inhalt an der Kerspetalsperre (definiert durch Lamellenplan LP5) unterschritten wird (d_3), so verschlechtert sich die Situation geringfügig. Die Reduzierung der Fehlmenge beträgt in diesem Fall anstatt 66% nur 64 %, bezüglich der Versagensfälle tritt ein 5-maliges Versagen auf anstatt nur 4-mal bei gleicher Priorität von Kerspe- und Neyetalsperre.

Bild 18.7.1-1 zeigt den Vergleich der Fehlmengen für alle Varianten. Hier wird deutlich, dass einige Varianten bezüglich der reduzierten Fehlmenge eng beieinander liegen, d.h. annähernd gleich gut abschneiden. So beträgt die Differenz zwischen den Varianten (b_2) und (b_{10}) nur 890 Tsd.m³, also knapp 3 %. Noch weniger Schwankungen ergeben sich bei der Anzahl der Versagensfälle. Interessanterweise existiert sogar eine Variante (b_8), bei der zwar die Anzahl der Versagensfälle geringer wird, die Fehlmenge jedoch am ungünstigsten ausfällt. Dies liegt an der relativ hohen Zuschussmenge, die kurzfristig eine Entlastung für die Wuppertalsperre bringt, gleichzeitig aber die Kerspetalsperre zu stark beansprucht und der Zuschuss deshalb nicht lange aufrecht gehalten werden kann.

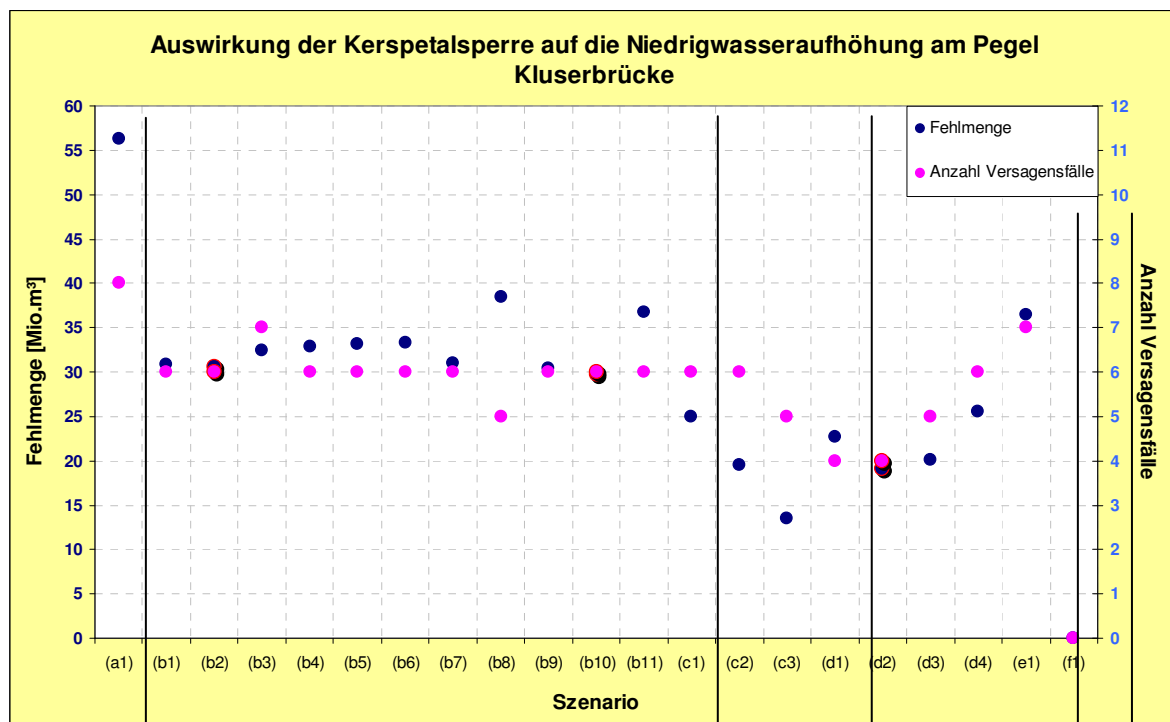


Bild 18.7.1-1: Vergleich der Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke für alle untersuchten Varianten

Interessant ist die Betrachtung der Effektivität der Zuschüsse bezüglich der erzielten Abminderung der Fehlmenge. Dafür lassen sich je Variante die erlangten Reduzierungen der Fehlmengen den Zuschusssummen aus Kerspe- und Neyetalsperre direkt gegenüberstellen. Der Quotient aus Abminderung und Zuschuss kann dabei als Maß der Effektivität angesehen werden. Ein Wert von 1 würde ein theoretisches Optimum darstellen (optimal wäre, wenn die getätigte Zuschusssumme genau der Abminderung an Fehlmenge entspräche).

Variante	Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke			Zuschussmengen Effektivität			Effektivität
	Summe	Abminderung		Kerspe-TS	Neye-TS	Summe	Abminderung / Zuschuss
	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[%]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[%]
(a ₁)	56,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
(b ₁)	30,89	25,32	45,0	58,15	0,00	58,15	43,5
(b ₂)	30,55	25,66	45,7	58,95	0,00	58,95	43,5
(b ₃)	32,40	23,81	42,4	69,27	0,00	69,27	34,4
(b ₄)	32,82	23,39	41,6	75,58	0,00	75,58	30,9
(b ₅)	33,15	23,06	41,0	75,79	0,00	75,79	30,4
(b ₆)	33,32	22,89	40,7	84,23	0,00	84,23	27,2
(b ₇)	31,05	25,16	44,8	122,99	0,00	122,99	20,5
(b ₈)	38,42	17,79	31,6	183,42	0,00	183,42	9,7
(b ₉)	30,43	25,78	45,9	161,70	0,00	161,70	15,9
(b ₁₀)	29,66	26,55	47,2	122,80	0,00	122,80	21,6
(b ₁₁)	36,75	19,46	34,6	208,01	0,00	208,01	9,4
(c ₁)	25,00	31,21	55,5	133,06	0,00	133,06	23,5
(c ₂)	19,59	36,62	65,1	143,65	0,00	143,65	25,5
(c ₃)	13,52	42,69	75,9	152,65	0,00	152,65	28,0
(d ₁)	22,74	33,47	59,5	125,50	81,72	207,22	16,2
(d ₂)	19,08	37,13	66,1	125,84	87,94	213,78	17,4
(d ₃)	20,06	36,15	64,3	126,38	28,96	155,34	23,3
(d ₄)	25,62	30,59	54,4	58,93	10,13	69,06	44,3
(e ₁)	36,48	19,73	35,1	0,00	99,10	99,10	19,9
(f ₁)	0,00	-	-	19,06	0,00	100,00	100,0

Rot markiert sind die Ergebnisse der Referenzvariante ohne Kerspe- & Neyetalsperre
 Blau markiert sind die Ergebnisse der optimalen Konfiguration hinsichtlich der Fehlmenge
 Grau markiert sind die Werte, derjenigen Talsperre, die in dieser Variante nicht an der NWA

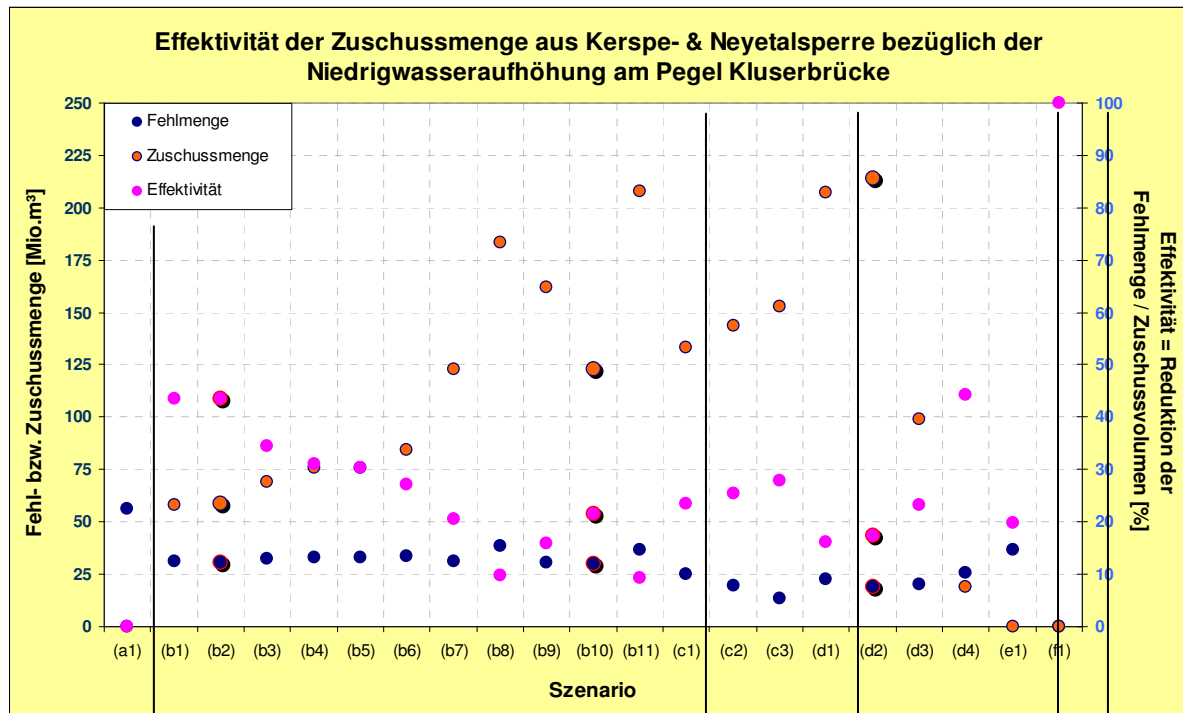


Bild 18.7.1-2: Effektivität der Zuschüsse bezüglich erzielter Fehlmengenreduzierung

Die bezüglich des absoluten Fehlmengenbetrags zweitbeste Variante (b_2) ohne Beteiligung der Neyetalsperre weist eine nur geringfügig schlechtere Fehlmenge auf, zeigt jedoch mit einer Effektivität von 43,5 % eine bessere Ausnutzung der Zuschüsse als für Variante (b_{10}). Der Aktivierungszeitraum ist für (b_2) mit einer oberen Grenze von jeweils 9 Mio.m³ wesentlich enger gespannt, was im Vergleich zu (b_{10}) zu späteren bzw. konzentrierteren Zuschüssen führt.

Die unter Beteiligung der Neyetalsperre optimale Variante (d_2) ist zwar hinsichtlich der Fehlmengenreduzierung optimal, in Bezug auf die Effektivität aber verhältnismäßig ineffektiv. Die nur eine geringfügig höhere Fehlmenge aufweisende Variante (d_3) ist dagegen effektiver, da hier die Neyetalsperre erst aktiviert wird, wenn die Kerspetalsperre den Zuschuss einstellen muss.

Die Betrachtung der Effektivität macht aber grundsätzlich deutlich, dass eine hohe Effektivität nur mit genauen mehrmonatigen Zuflussprognosen zu erreichen wäre. Da ausreichend exakte Zuflussprognosen über solch lange Zeiträume nicht möglich sind, lässt sich die Effektivität somit nicht beliebig steigern. Eine auf die Effektivität optimierte Betriebsregel bedeutet deshalb kurzfristig abrufbare und gleichzeitig hohe Zuschussmengen zur Verfügung zu stellen. Unter Berücksichtigung von Nebennutzungen wie der Betrieb von Turbinen und vor allem bei Minimierung der Auswirkungen auf Schichtung und Wasserqualität in der Kerspetalsperre sollte deshalb die Effektivität nicht als Kriterium für die Wahl der Vorzugsvariante herangezogen werden. Die erhöhten Zuschussmengen bei geringerer Fehlmengenreduzierung ist zu Gunsten einer verträglicheren und praktikableren Lösung in Kauf zu nehmen.

18.7.2 Auswirkungen der Niedrigwasseraufhöhung auf Kerspe- und Neyetalsperre

Zusätzlich zu den positiven Effekten am Pegel Kluserbrücke sind die Auswirkungen der Beteiligung an der Niedrigwasseraufhöhung in Bezug auf die Wasserversorgung (WV) an der Kerspetalsperre darzustellen. Als maßgebende Größen für die Beurteilung der Versorgungs-

sicherheit an der Kerspetalsperre wurden Speicherinhalt und Wasserversorgungsabgaben herangezogen und ausgewertet.

Für den Speicherinhalt an der Kerspetalsperre waren vier Größen von Interesse: Minimaler und mittlerer Stauinhalt ($S_{\min}$, S_{mittel}), sowie die Unterschreitungswahrscheinlichkeiten P_u für $S < \frac{1}{2} S_{\text{ges}}$ und $S < \frac{1}{3} S_{\text{ges}}$, d.h. wie häufig gerät die Kerspetalsperre in einen für die Schichtungsverhältnisse unter Umständen ungünstigen Zustand. Daneben wurde die Unterschreitungswahrscheinlichkeit für das Absinken der Wasserversorgungsabgabe unter den jeweils gültigen Sollwert ermittelt.

Zusätzlich zu den bereits bekannten Summen der Fehlmengen und der Anzahl der Versagensfälle wurden eine mittlere Fehlmenge und das zugehörige aufgetretene Maximum jeweils in Form eines Abflusses mit aufgenommen. Somit lassen sich nun die konkurrierenden Größen Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke und Auswirkungen auf die Wasserversorgung bzw. den Inhalt der Kerspetalsperre direkt vergleichen (Tabelle 18.7.2-1).

Tabelle 18.7.2-1: Auswirkungen der Varianten auf Kerspe- und Neyetalsperre

Variante	Inhalt Kerspe-TS				WV-Kerspe-TS	Inhalt Neye-TS		Pegel Kluserbrücke		
	$S_{\min}$	S_{mittel}	P_u für $S < 5,67 \text{ Mio.m}^3$	P_u für $S < 7,75 \text{ Mio.m}^3$	P_u für $Q_{\text{WV}} < Q_{\text{grenz}}$	$S_{\min}$	P_u für $S < 2 \text{ Mio.m}^3$	mittel- Q_{fehl}	-Fehlmenge	Anzahl Versagensfälle
	[Mio.m ³]	[Mio.m ³]	[%]	[%]	[%]	[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]	[Mio.m ³]	[-]
(a ₁)	7,67	14,53	0	0	0	5,36	0	0,047	56,21	8
(b ₁)	4,81	13,58	0,6	6	0	5,36	0	0,026	30,89	6
(b ₂)	4,81	13,57	0,6	6,1	0	5,36	0	0,026	30,55	6
(b ₃)	4,33	13,45	0,7	7	0	5,36	0	0,027	32,40	7
(b ₄)	3,90	13,17	1,4	9	0	5,36	0	0,027	32,82	6
(b ₅)	3,87	13,14	1,5	9,1	0	5,36	0	0,028	33,15	6
(b ₆)	3,85	12,96	2,6	10,6	0,3	5,36	0	0,028	33,32	6
(b ₇)	3,85	12,11	6,9	19,1	1,8	5,36	0	0,026	31,05	6
(b ₈)	3,85	10,28	14,5	35,9	4,5	5,36	0	0,032	38,42	5
(b ₉)	3,85	11,11	10,7	28,7	2,9	5,36	0	0,025	30,43	6
(b ₁₀)	3,85	12,20	4,2	17,7	1,6	5,36	0	0,025	29,66	6
(b ₁₁)	3,85	9,99	14,2	38,5	4,4	5,36	0	0,031	36,75	6
(c ₁)	3,85	12,85	2,2	11,6	0,3	5,36	0	0,021	25,00	6
(c ₂)	4,96	13,42	0,4	6,6	0	5,36	0	0,016	19,59	6
(c ₃)	5,47	13,89	0	3,5	0	5,36	0	0,011	13,52	5
(d ₁)	3,85	12,14	4,4	18,8	1,5	1,81	3,1	0,019	22,74	4
(d ₂)	3,85	12,14	4,4	18,8	1,5	0,00	6,0	0,016	19,08	4
(d ₃)	3,85	12,12	4,5	19,6	1,6	5,65	1,1	0,017	20,06	5
(d ₄)	4,81	13,56	0,6	6,2	0	5,84	0	0,021	25,62	6
(e ₁)	7,67	14,53	0	0	0	0,00	10,3	0,030	36,48	7
(f ₁)	7,67	14,41	0	0	0	5,89	0	0	0	0

Rot markiert sind die Ergebnisse der Referenzvariante ohne Kerspe- & Neyetalsperre

Blau markiert sind die Ergebnisse der optimalen Konfiguration hinsichtlich Fehlmenge

Grau markiert sind die Werte, derjenigen Talsperre, die in dieser Variante nicht an der NWA beteiligt ist

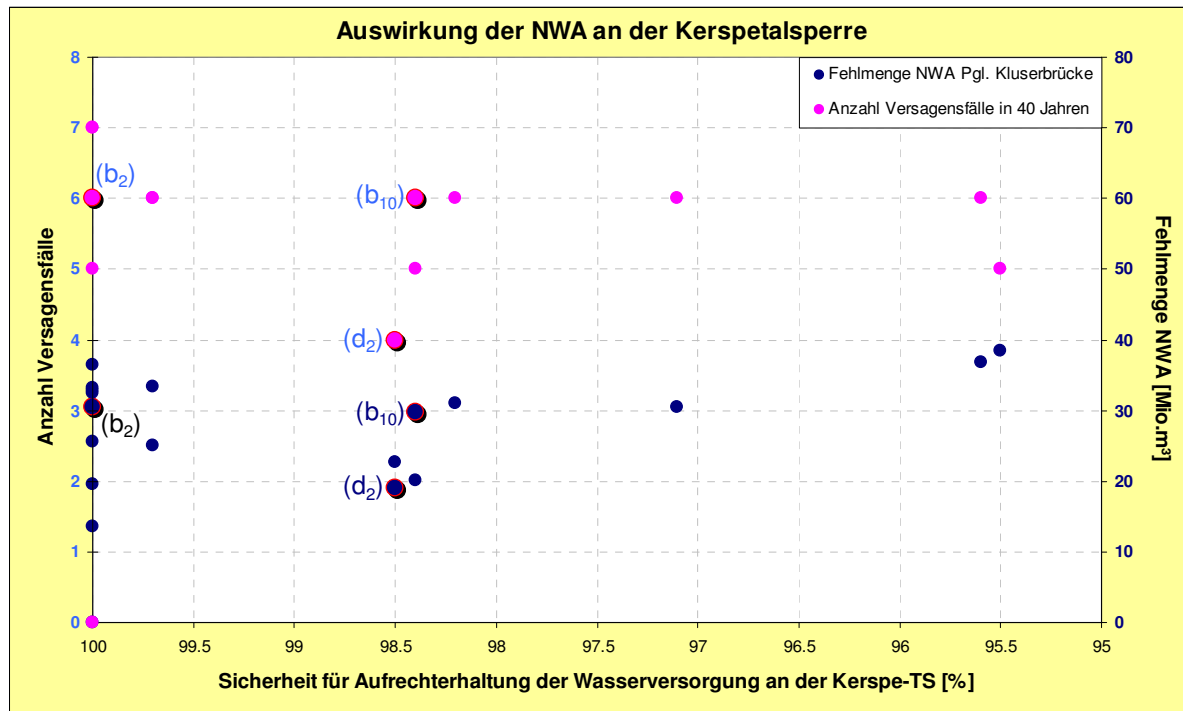


Bild 18.7.2-1: Gegenüberstellung von Versagen der Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke und Wasserversorgung an der Kerspetalsperre für alle untersuchten Varianten

Das Optimum in Bezug auf größtmögliche Reduzierung der Fehlmenge bei höchster Wasserversorgungssicherheit stellt die Variante (b₂) dar, welche eine Verminderung der Fehlmenge von immerhin 46 % aufweist. Nimmt man in Kauf, dass – bezogen auf die 40 simulierten Jahre – in 1,6 % der Zeit die konstante Abgabe zur Wasserversorgung von etwa 381 l/s nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, so lässt sich die Fehlmenge um lediglich 1 % weiter reduzieren (Variante b₁₀). Mit anderen Worten: 1,6 % Einbuße der Versorgungssicherheit stehen 1% weniger Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke gegenüber.

Weitere Verbesserungen sind nur dann möglich, wenn wie in Variante (c) die erforderliche Trinkwassermenge reduziert wird oder die Neyetalsperre zur Niedrigwasseraufhöhung hinzugezogen wird. Insbesondere die Abminderung der Trinkwassermenge führt bei sonst gleichen Bedingungen wie in Variante (b₁₀) zu deutlichen Verbesserungen hinsichtlich der Fehlmenge.

Wird zusätzlich zur Kerspetalsperre auch die Neyetalsperre herangezogen, ist insgesamt sogar eine Reduzierung der Fehlmenge um ca. 66 % möglich. Hält man einen Mindestinhalt von 2 Mio.m³ an der Neyetalsperre ein, erreicht die Reduzierung immerhin noch fast 60 %.

Variante (e₁) zeigt das Verhalten unter ausschließlicher Berücksichtigung der Neyetalsperre. Ohne Beitrag der Kerspetalsperre führt allein die Beanspruchung des gesamten Stauvolumens der Neyetalsperre zu einer Reduzierung der Fehlmenge um etwa 35 %.

Tabelle 18.7.2-2: Verbesserungspotential der Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke in Abhängigkeit der Wasserversorgung an der Kerspetalsperre

Variante	Kerspetalsperre		Neyetalsperre	Pegel Kluserbrücke	
	P_u für $Q_{WV} < Q_{Soll}$	S_{min}	S_{min}	Reduzierung Summe Fehlmenge	Reduzierung Versagensfälle
	[%]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[%]	[%]
(a ₁)	0	7,67	5,36	-	-
(b ₁)	0	4,81	5,36	45,0	25,0
(b ₂)	0	4,81	5,36	45,7	25,0
(b ₃)	0	4,33	5,36	42,4	12,5
(b ₄)	0	3,90	5,36	41,6	25,0
(b ₅)	0	3,87	5,36	41,0	25,0
(b ₆)	0,3	3,85	5,36	40,7	25,0
(b ₇)	1,8	3,85	5,36	44,8	25,0
(b ₈)	4,5	3,85	5,36	31,6	37,5
(b ₉)	2,9	3,85	5,36	45,9	25,0
(b ₁₀)	1,6	3,85	5,36	47,2	25,0
(b ₁₁)	4,4	3,85	5,36	34,6	25,0
(c ₁)	0,3	3,85	5,36	55,5	25,0
(c ₂)	0	4,96	5,36	65,1	25,0
(c ₃)	0	5,47	5,36	75,9	37,5
(d ₁)	1,5	3,85	1,81	59,5	50,0
(d ₂)	1,5	3,85	0,00	66,1	50,0
(d ₃)	1,6	3,85	1,16	64,3	37,5
(d ₄)	0	4,81	3,74	54,4	25,0
(e ₁)	0	7,67	0,00	35,1	12,5
(f ₁)	0	7,67	5,36	100,0	100,0
Rot markiert sind die Ergebnisse der Referenzvariante ohne Kerspe- & Neyetalsperre Blau markiert sind die Ergebnisse der optimalen Konfiguration hinsichtlich Fehlmenge Grau markiert sind die Werte, derjenigen Talsperre, die in dieser Variante nicht an der NWA beteiligt ist					

Im Folgenden sind zur Verdeutlichung der Wirkungsweise des NWA-Beitrags an der Kerspetalsperre Ganglinien für den Zufluss am Pegel Kluserbrücke dargestellt. Dabei handelt es sich neben der Referenzvariante um die jeweils optimalen Konfigurationen der Varianten (b) bis (e). Ausgewählt wurde ein Zeitraum innerhalb derer in allen Varianten ein Versagen hinsichtlich der Vorgabe des einzuhaltenden Mindestdurchflusses am Pegel eintritt. Auch hier lässt sich anhand des zeitlichen Verlaufs des Pegelzuflusses die Wirkungsweise bzw. der Erfolg des Zuschusses aus Kerspe- und Neyetalsperre verfolgen. Der größte relative Zeitgewinn bezogen auf das Eintreten des Versagens – und damit einhergehend auch die größtmögliche Redzierung der Fehlmenge – lässt sich erwartungsgemäß durch Ansatz beider Speicher zur Niedrigwasseraufhöhung erzielen (Variante d₂).

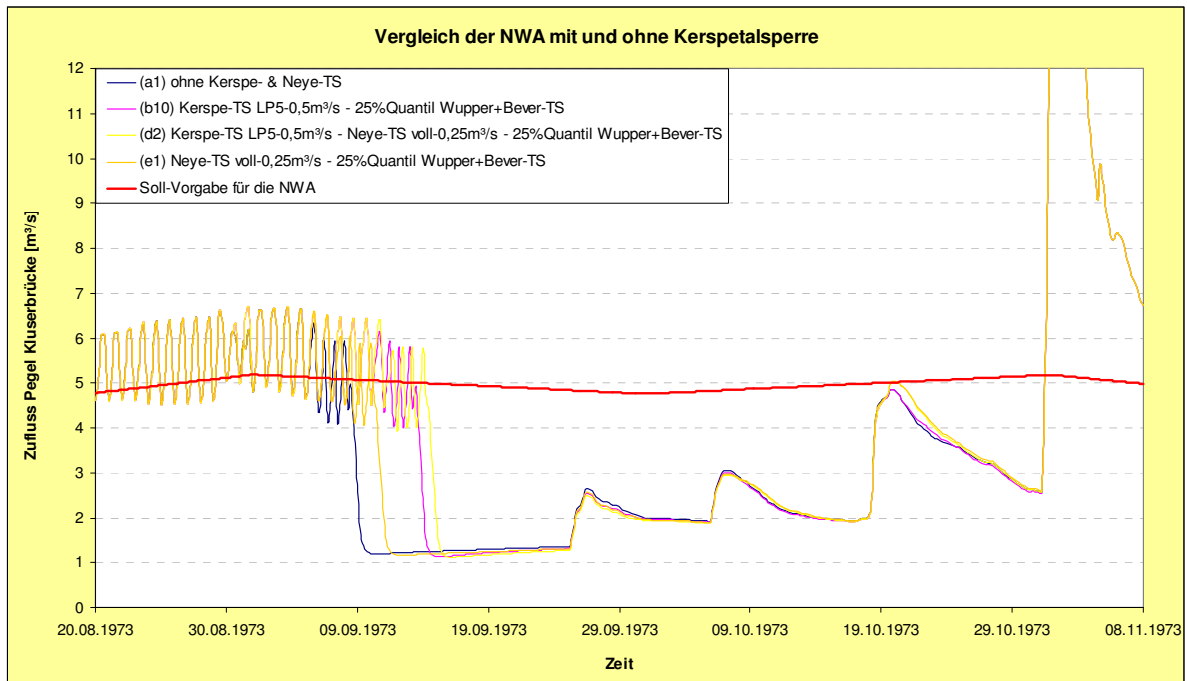


Bild 18.7.2-3: Zuflussganglinien am Pegel Kluserbrücke für die vier besten Varianten im Herbst 1973

18.7.3 Auswahl von Vorzugsvarianten für Plan-Zustand 1

Ausgehend von den zuvor beschriebenen Ergebnissen ergeben sich einige Varianten als Vorzugsvarianten für die Niedrigwasseraufhöhung. Zu unterscheiden sind dabei vor allem zwei Zustände: mit oder ohne Beteiligung der Neyetalsperre. Für die Gegenüberstellung wurden daher folgende Varianten ausgewählt:

- Ist-Zustand: (a₁) Referenzzustand ohne Kerspe- & Neyetalsperre
- mit Kerspe-TS: (b₂) Optimum hinsichtlich Effektivität der Zuschussmenge
(b₁₀) Optimum hinsichtlich Reduzierung der Fehlmenge
- mit Kerspe- & Neye-TS: (d₃) Optimum hinsichtlich Effektivität der Zuschussmenge; nahezu Optimum hinsichtlich Reduzierung der Fehlmenge
(Begründung d₂, d₃ siehe Seite 322)
- (f₁) Vergleichsvariante: wie verhält sich Variante (d₃) bei alter Anforderung: Sollwert am Pegel Kluserbrücke = 3,5 m³/s
- mit Neye-TS: (e₁) Vergleichsvariante: was ist mit der Neyetalsperre alleine bei voller Ausnutzung möglich

Im Folgenden sind daher für diese Varianten die Ergebnisse tabellarisch und grafisch aufbereitet bzw. zusammengefasst worden.

Tabelle 18.7.3-1: Konfigurationen der Vorzugs- & Vergleichsvarianten

Szenario						
Nr.	NWA-Kriterium am Pegel Kluserbrücke	Aktivierung durch Wupper- & Bever-TS	Kerspe-TS		Neye-TS	
			Aktivierung	Abgabe	Aktivierung	Abgabe
(a1)	Erhöhte Anford.	keine	keine	keine	keine	keine
(b2)	Erhöhte Anford	Wup&Bev je < 9 Mio.m ³	LP5	3 m ³ /s	keine	keine
(b10)	Erhöhte Anford	Wup+Bev < 25%-Quantil	LP5	0,5 m ³ /s	keine	keine
(d3)	Erhöhte Anford	Wup+Bev < 25%-Quantil	LP5	0,5 m ³ /s	$S_{\min}=0 + S_{\text{Kerspe}<\text{LP5}}$	0,25 m ³ /s
(e1)	Erhöhte Anford	Wup+Bev < 25%-Quantil	keine	keine	$S_{\min}=0$	0,25 m ³ /s
(f1)	3,5 m ³ /s	Wup+Bev < 25%-Quantil	LP5	0,5 m ³ /s	$S_{\min}=0 + S_{\text{Kerspe}<\text{LP5}}$	0,25 m ³ /s

Tabelle 18.7.3-2: Ergebnisse für Inhalt und Wasserversorgung der Vorzugs- & Vergleichsvarianten

Szenario-Nr.	Inhalt Kerspe-TS				WV-Kerspe-TS		Inhalt Neye-TS			
	$S_{\min}$	S_{mittel}	$P_u^{S<33\%}$	$P_u^{S<50\%}$	$P_u^{Q_{\text{ab}}<Q_{\text{soll}}}$	$P_u^{Q_{\text{ab}}<Q_{\text{soll}}}$	$S_{\min}$	S_{mittel}	$P_u^{S<33\%}$	$P_u^{S<50\%}$
	[Mio.m ³]	[Mio.m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[Mio.m ³]	[Mio.m ³]	[%]	[%]
(a1)	7,67	14,53	0	0	0	0	5,36	5,89	0	0
(b2)	4,81	13,57	0,6	6,1	0	0	5,36	5,89	0	0
(b10)	3,85	12,20	4,2	17,7	1,6	1,2	5,36	5,89	0	0
(d3)	3,85	12,12	4,5	19,6	1,6	1,2	1,16	5,65	1,1	3,1
(e1)	7,67	14,53	0	0	0	0	0	4,86	10,3	16,5
(f1)	7,67	14,41	0	0	0	0	5,36	5,89	0	0

Tabelle 18.7.3-3: Ergebnisse für Zuschuss- und Fehlmenge der Vorzugs- & Vergleichsvarianten

Szenario-Nr.	Zuschussmenge				Fehlmenge Pegel Kluserbrücke				
	Kerpse-TS	Neye-TS	Summe	Effektivität (=Reduktion/Zuschuss)	mittel- Q_{fehl}	- Fehlmenge	Reduzierung -Fehlmenge		Anzahl _{fehl}
	[Mio.m ³]	[Mio.m ³]	[Mio.m ³]	[%]	[m ³ /s]	[Mio.m ³]	[%]	[Mio.m ³]	[-]
(a1)	0	0	0	-	0,047	56,21	-	-	8
(b2)	58,95	0	58,95	43,53	0,026	30,55	45,7	25,7	6
(b10)	122,80	0	122,80	21,62	0,025	29,66	47,2	26,6	6
(d3)	126,38	28,96	155,34	23,27	0,017	20,06	64,3	36,2	5
(e1)	0	99,10	99,10	19,91	0,030	36,48	35,1	19,7	7
(f1)	19,06	0	19,06	100,00	0	0	100,0	56,2	0

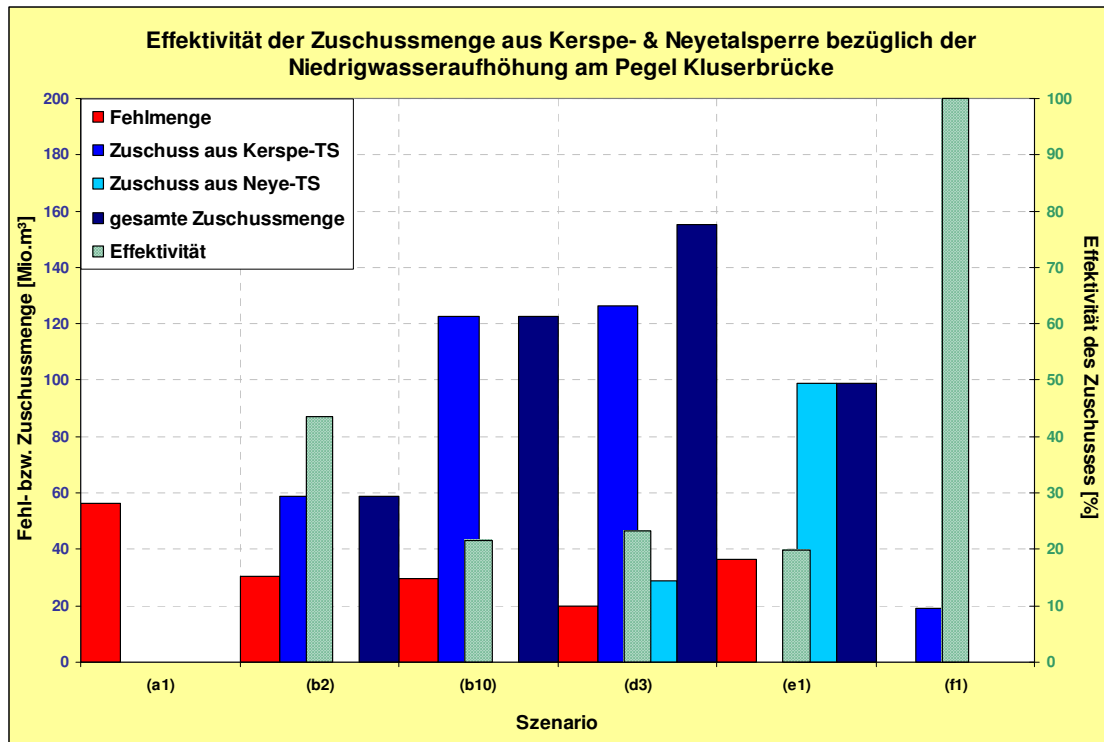


Bild 18.7.3-1: Fehl- & Zuschussmengen sowie resultierende Effektivität für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

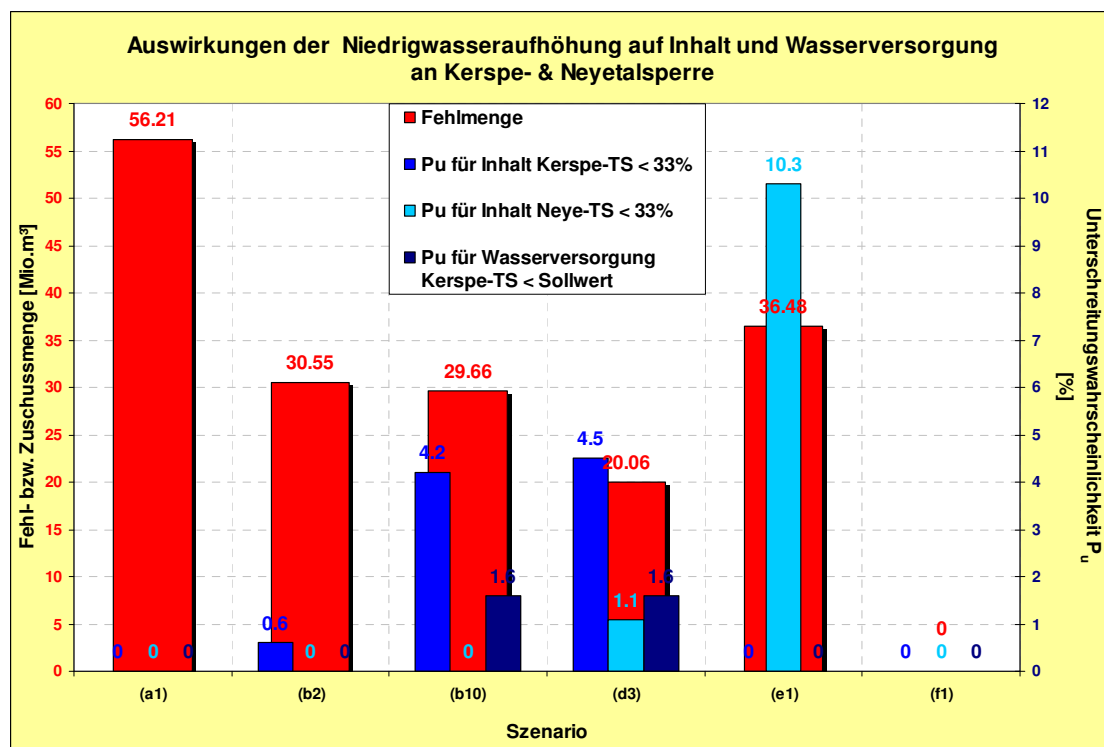


Bild 18.7.3-2: Fehlmengen sowie Unterschreitungswahrscheinlichkeiten für Inhalte und Wasserversorgung der Vorzugs- und Vergleichsvarianten

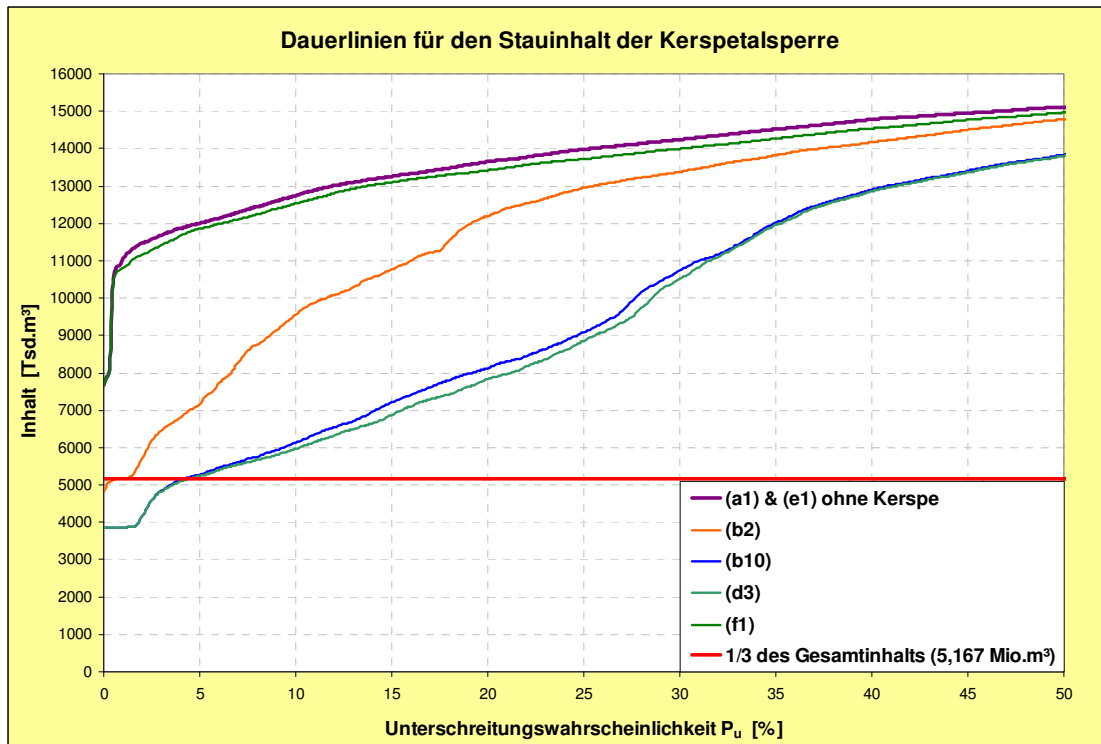


Bild 18.7.3-3: Dauerlinien für den Inhalt der Kerspe-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

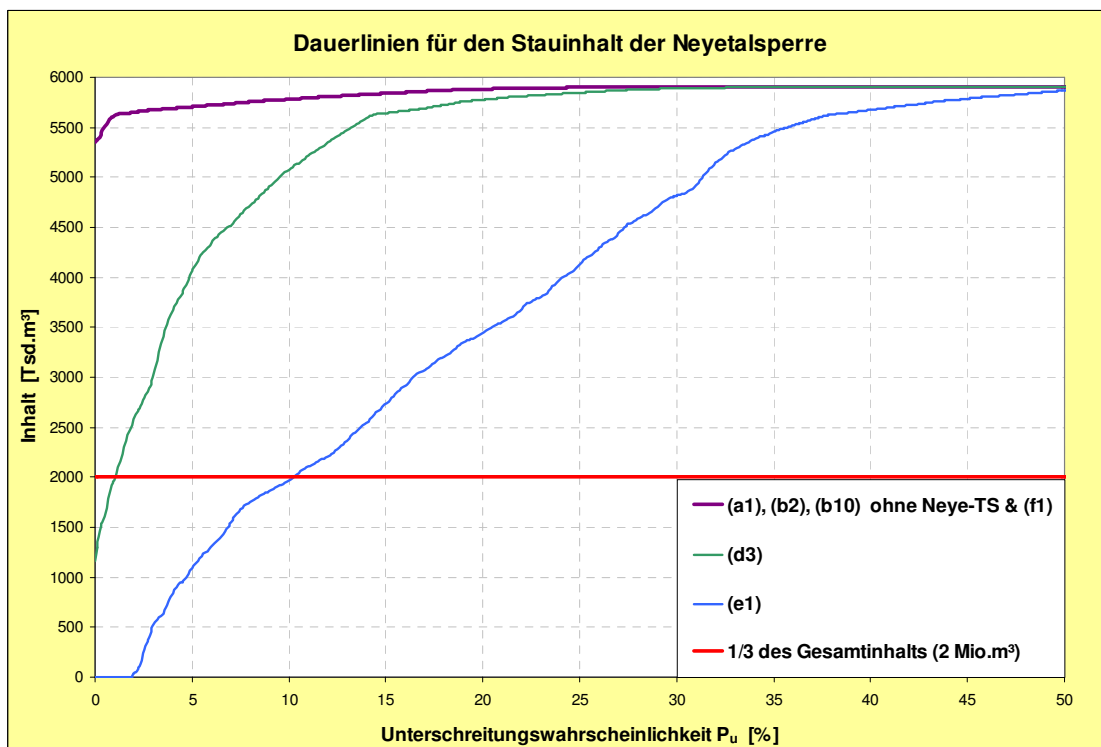


Bild 18.7.3-4: Dauerlinien für den Inhalt der Neye-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

Unter Berücksichtigung aller oben zusammengestellten Faktoren zeigen sich zwei Varianten letztendlich als Vorzugsvarianten.

1. Variante (b10):

Mit dem optimierten Lamellenplan der Kerspetalsperre (LP5) und dem Lamellenplan für Wupper- und Bevertalsperre ergibt sich ein praktikabler Betriebsplan zur bestmöglichen Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke unter erhöhten Anforderungen. Der Lamellenplan (LP5) für die Kerspetalsperre beschreibt dabei in Abhängigkeit der Zeit, ab welchen Speicherinhalten ein Zuschuss geleistet werden kann.

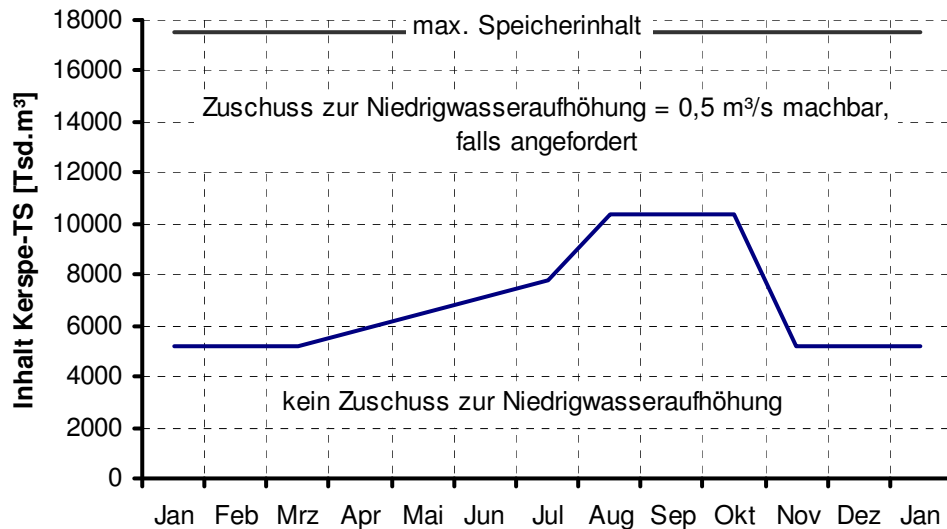


Bild 18.7.3-5.: Optimierter Lamellenplan (LP5) für die Kerspetalsperre

Bei Unterschreiten definierter Grenzen des Gesamtinhaltes von Wupper- und Bevertalsperre wird ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre erforderlich.

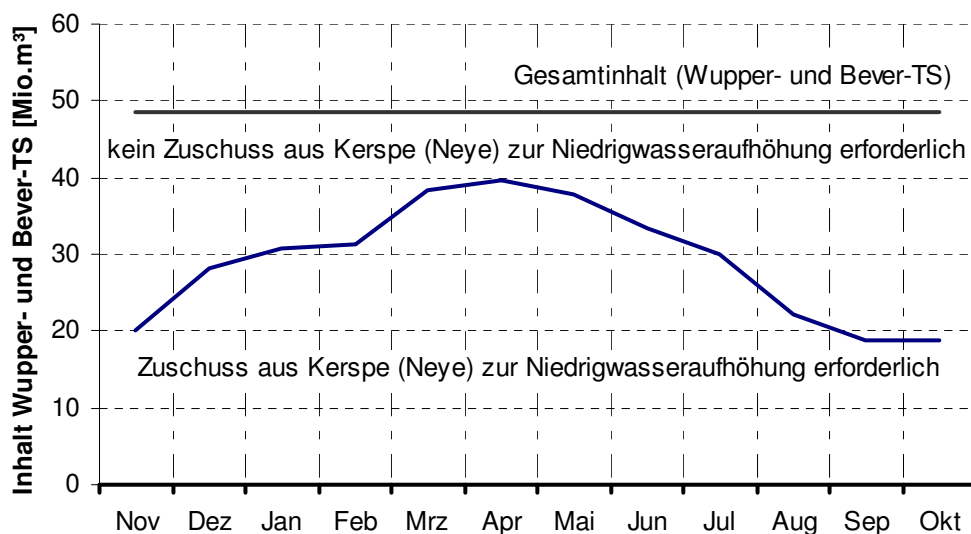


Bild 18.7.3-6: Optimierter Lamellenplan zur Aktivierung des Zuschusses aus Kerspe- und ggfls. aus Neye-TS in Abhängigkeit des Gesamtinhaltes von Wupper- und Bever-TS

Beide Lamellenpläne definieren gleichzeitig die Situation, ob ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre zum einen erforderlich ist und zum anderen getätigt werden kann. Mit diesem Betriebsplan ist im statistischen Mittel mindestens alle 6 Jahre damit zu rechnen, dass die erhöhten Anforderungen nicht erfüllt werden können. Gleichzeitig kann aber die Versorgungssicherheit an der Kerspetalsperre auf sehr hohem Niveau gehalten werden. Durch den Beitrag zur Niedrigwasseraufhöhung müsste die Wasserversorgung nur in ca. 5% der Zeit reduziert werden, wenn man annimmt, dass die Wasserversorgungsabgabe bei Unterschreiten von 1/3 des Maximalinhaltes an der Kerspetalsperre aufgrund von Wasserqualitätsproblemen nicht mehr aufrecht erhalten werden kann.

2. Variante (d3):

In Ergänzung zur Variante (b10) lässt sich die Sicherheit der Niedrigwasseraufhöhung steigern, wenn die Neyetalsperre ebenfalls herangezogen wird.

Unter der Annahme, dass die Neyetalsperre vollständig für die Niedrigwasseraufhöhung zur Verfügung steht, wäre es möglich, dass nur alle 8 Jahre die erhöhten Anforderungen nicht erfüllt werden können. Die Reduzierung der Fehlmenge am Pegel Kluserbrücke könnte mit dem Beitrag der Neyetalsperre von knapp 50% (ohne Neye-TS, Variante b10) bis auf über 60% gesteigert werden.

Die Neyetalsperre würde nachrangig eingesetzt werden, d.h. sie käme erst für die Niedrigwasseraufhöhung in Frage, wenn die Kerspetalsperre keinen Zuschuss mehr liefern könnte (höhere Effektivität (vergl. Tabelle 18.7.1-4; 155 Mio. m³ gegenüber 213 Mio. m³) und Praktikabilität (Verantwortlichkeit)).

18.8 Zusammenfassung der Ergebnisse der Variantenuntersuchung für den Plan-Zustand 1 (FischgewV NRW, 3 K)

Aufgabenstellung

Gegenstand dieser Untersuchung ist eine Machbarkeitsstudie über die Anpassung der Niedrigwasseraufhöhung am Pegel Kluserbrücke zwecks Begrenzung der Erwärmung der Wupper durch Kühlwassereinleitungen. Dies wurde nötig, da die aktuellen Anforderungen über die bisher geltende Vorgabe der konstanten Aufhöhung auf mindestens 3,5 m³/s hinausgehen.

Um den aktuellen Anforderungen zur Niedrigwasseraufhöhung gerecht zu werden, ist eine Neuausrichtung des Betriebsplans notwendig. Daher wurden auf Grundlage eines detaillierten Flussgebietsmodells Simulationsrechnungen durchgeführt. Zunächst wurden dabei die Abgaben von Wupper- und Bevertalsperre angepasst. Die Abgaben richten sich dabei nach den monatlich konstanten Anforderungen, die von den Wuppertaler Stadtwerken zur Begrenzung der Erwärmung durch die Heizkraftwerke gegeben waren.

Um die Effektivität der Niedrigwasseraufhöhung zu steigern, wurde in einem weiteren Schritt die Wirksamkeit einer Einbeziehung von Kerspe- und Neyetalsperre in den Betriebsplan untersucht. Dabei war insbesondere zu beachten, dass die Bereitstellung von Trinkwasser an der Kerspetalsperre möglichst wenig beeinträchtigt wird.

Vorgehensweise

Zunächst wurden auf Basis der erhöhten Anforderungen die Abgaben zur Niedrigwasseraufhöhung an Wupper- und Bevertalsperre angepasst, welche sich nun an einem Jahresgang mit monatlich konstanten Zuschussmengen orientieren. Auf Basis dieses Systems wurde eine Referenzvariante gerechnet, für welche die Niedrigwasseraufhöhung ausschließlich durch Wupper- und Bevertalsperre geleistet wird.

In weiteren Untersuchungsschritten wurden sukzessive sowohl die Kerspe- als auch die Neyetalsperre zur Aufhöhung hinzugezogen. Für dieses erweiterte System wurde eine große Bandbreite an Simulationsrechnungen mit unterschiedlichen Konfigurationen durchgeführt, wobei im Wesentlichen die Kriterien für die Aktivierung der Zuschüsse sowie die Höhe des Zuschusses aus Kerspe- und Neyetalsperre variiert wurden.

Getestet und ausgewertet wurden dabei vor allem die erzielten Zuflüsse am Pegel Kluserbrücke bezüglich der Differenz zum Aufhöhungsziel sowie die Beeinträchtigung der Kerspetalsperre hinsichtlich der Wasserversorgungskapazitäten.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Eine vorläufige Optimierung hinsichtlich des rechtzeitigen Wasserzuschusses aus Wupper- und Bevertalsperre im Modell erbrachte, dass ab einer Unterschreitung vom etwa 1,1- bis 1,2-fachen der tatsächlichen Anforderungen am Pegel Kluserbrücke ein Zuschuss erfolgen muss, um Verluste entlang des Fließwegs auszugleichen. Dabei übernimmt die Bevertalsperre den Zuschuss erst dann, wenn der Inhalt der Wuppertalsperre unter einen bestimmten Grenzwert fällt.

Die Aufhöhungsleistung allein durch Wupper- und Bevertalsperre ist jedoch nicht ausreichend für das Erreichen der erhöhten Anforderungen. Wird die Aufhöhung nach den bisher geltenden Anforderungen betrieben, also ein Durchfluss von konstant $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ aufrecht erhalten, dann ergibt sich aus der Differenz zu den erhöhten Anforderungen über einen Simulationszeitraum von 40 Jahren eine Fehlmenge von knapp 335 Mio.m^3 , was einem jährlichen Defizit von $8,8 \text{ Mio.m}^3$ entspricht. Orientiert sich die Aufhöhung direkt an den erhöhten Anforderungen, so ergibt sich eine Fehlmenge von ca. 56 Mio.m^3 , die sich auf insgesamt 8 Trockenjahre des 40jährigen Simulationszeitraums verteilen (Der Hauptanteil von fast 25 Mio.m^3 entfällt dabei auf drei hintereinander folgende Trockenjahre). Dabei fällt der Durchfluss in knapp 2 % der Fälle unter die Grenze von $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Zieht man Kerspe- und Neyetalsperre zur Aufhöhungsleistung hinzu, so lassen sich deutliche Verbesserungen hinsichtlich Fehlmenge und Anzahl der Versagensfälle erzielen, wobei der Grad der Verbesserung von der Kombination aus Aktivierungszeitpunkt und Betrag des Zuschusses aus Kerspe- und Neyetalsperre abhängt.

Ein vorläufiges Optimum konnte dadurch erzielt werden, dass ein Zuschuss aus der Kerspetalsperre dann erfolgt, wenn die Summe der Speicherinhalte aus Wupper- und Bevertalsperre das langjährige 25%-Quantil unterschreitet. Die Höhe des Zuschusses beträgt dabei 500 l/s , wird jedoch nur dann erbracht, wenn an der Kerspetalsperre selbst ein zeitabhängiger Mindestinhalt eingehalten wird, der eine Aufrechterhaltung der Wasserqualität für die Trinkwasserversorgung garantieren soll. Erst wenn dieser Mindestinhalt unterschritten wird, springt die Neyetalsperre zur Erbringung der Aufhöhungsleistung ein.

Durch diese Konfiguration kann die Fehlmenge auf ca. 20 Mio.m^3 in 40 Jahren bei insgesamt 5 Versagensfällen reduziert werden. Jedoch bleibt auch bei dieser Konfiguration der Zufluss am Pegel Kluserbrücke in etwa 1 % der Fälle unterhalb von $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Einhaltung der Trinkwasserversorgung ist in etwa 1,6 % der Fälle nicht mehr vollständig gewährleistet.

Wird dagegen der Zuschuss der Kerspetalsperre erst dann aktiviert, wenn die Speicherinhalte sowohl an Wupper- als auch an Bevertalsperre unter 9 Mio.m^3 fallen, so kann die Trinkwasserversorgung an der Kerspetalsperre durchgehend gewährleistet werden, jedoch vergrößert sich die Fehlmenge dadurch auf ca. $25,5 \text{ Mio.m}^3$ in 40 Jahren.

Fazit

Es wurde bisher keine Konfiguration gefunden, in der alle Kriterien der Anforderungen vollständig zu erfüllen waren. Es besteht darüber hinaus aber noch Optimierungspotential sowohl bezüglich des Einflusses von Kerspe- und Neyetalsperre auf die Niedrigwasseraufhöhung und der damit verbundenen weiteren Reduzierung der Fehlmenge, als auch zur Einhaltung eines Mindestdurchflusses am Pegel Kluserbrücke von $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dieses Potential kann durch weitere Simulationsrechnungen im Modell ausgeschöpft und verifiziert werden.

Es ist jedoch dringend anzuraten, den bisher gefundenen optimalen Betriebsplan durch Probetrieb in der Realität zu verifizieren. Da einem Simulationsmodell immer Annahmen und Vereinfachungen zu Grunde liegen und die sehr komplexe Zielsetzung – Begrenzung des Wassertemperaturanstiegs – über die Vorgabe von Wassermengen anvisiert wurde, sollten in einer länger währenden Testphase die gefundenen Betriebsregeln angewandt und die Zielerreichung kontrolliert werden. Mit den sich aus der Praxis ergebenden neuen Erkenntnissen könnten in einem weiteren Schritt mit Hilfe von Simulationsrechnungen wiederum Betriebsregelverbesserungen erzielt werden.

Das komplexe Problem, Wassermengen- und Wassergütebewirtschaftung in einem optimalen Betriebsplan zu integrieren, kann letztendlich nur durch eine iterative Vorgehensweise aus der Verbindung von Simulation und Praxisbetrieb gelöst und zum Optimum geführt werden.

18.9 Erste überschlägliche Betrachtungen für den Plan-Zustand 2 (Temperaturganglinie Fischfauna)

Unter Punkt 18.5 wurde ermittelt, dass für die Einhaltung der Aufwärmspanne von 3 K mit Hilfe des Talsperrenmanagements jährlich ca. 9 Mio. m³ zusätzlich zur Verfügung stehen. Diese können wahlweise zur Aufgabenerfüllung gemäß FischgewV genutzt werden (Einhaltung der Aufwärmspanne von 3 K, Kapitel 13) oder aber auch zur Entwicklung der Fischfauna der Unteren Wupper in Richtung eines ausgewogenen Fischbestandes (Kapitel 14).

Eine Aufgabenerfüllung gemäß FischgewV wird mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zu einer positiven Entwicklung des Fischbestandes in Richtung des guten ökologischen Potentials bzw. des guten ökologischen Zustandes (EG-WRRL) führen, da die zugelassenen 28°C sommerliche Maximaltemperatur eine Entwicklung von Salmoniden nicht erlaubt.

Da die Zielfunktion zur positiven Entwicklung der Fischfauna erst gegen Ende des Forschungsvorhabens zur Verfügung stand (da sie in diesem erst entwickelt wurde), konnten die Maßnahmen zum Talsperrenmanagement im Detail nur für die Aufgabenerfüllung gemäß FischgewV untersucht werden (Punkt 18.5). Nachstehend wird überschläglich untersucht, ob das Talsperrenmanagement auch zur Zielerfüllung für die Entwicklung des Fischbestandes dienen kann.

18.9.1 Prinzip

Beim Talsperrenmanagement einigen sich die Abteilung "Rohwasserbereitstellung" der WSW AG und die Abteilung "Energieproduktion" der WSW AG auf die Bereitstellung eines bestimmten Kontingentes an Wasser aus der Kerspe-Talsperre für die Nutzung zur dynamischen Niedrigwasseraufhöhung. Dieses Wasser wird gemäß einem Wasserwirtschaftsplan der Wuppertalsperre (Wupperverband) zur Verfügung gestellt. Ergibt sich bei den Heizkraftwerken ein Bedarf, der die Kühlkapazitäten der Heizkraftwerke übersteigt und steht gleichzeitig Wasser zur Verfügung, stehen darüber hinaus keine weiteren wesentlichen Rahmenbedingungen dagegen und ergibt die Richmannsche Mischungsregel (siehe Kapitel 18.9.2.4), dass der zusätzliche Wasserbedarf in einem sinnvollen Rahmen liegt, so kann die Abgabe von Wasser aus dem Stausee Beyenburg erhöht werden. Der sinkende Wasserpegel wird durch eine Erhöhung der Abgabe aus der Wuppertalsperre ausgeglichen, dies jedoch maximal in dem Rahmen, in dem Wasser von der Kerspe-Talsperre zur Verfügung gestellt wird.

Da das System von einer Vielzahl von großteils unabhängigen Faktoren bestimmt ist, über die derzeit keine ausreichenden statistischen Zahlen vorliegen, kann hier nur mit Hilfe eines "Learning by doing" ein Wasserwirtschaftsplan erarbeitet werden.

Alle nachstehenden Berechnungen beruhen auf "historischen" Betrachtungen mit dem "alten" HKW Barmen.

Zusätzliche Bedingungen

Als zusätzliche Bedingung zur Steuerung der Temperatur in der Unteren Wupper mittels Talsperrenmanagements ist festzuhalten, dass Abflüsse über 6 m³/s am Pegel Kluserbrücke als unbeherrschbar über Talsperrenmanagement gelten müssen. Dies wird in den folgenden Untersuchungen mit berücksichtigt.

Die nachstehenden Berechnungen (Punkt 18.9.2 bis 18.9.3) haben außerdem gezeigt, dass der theoretische Wasserbedarf sich mehr als halbieren lässt, wenn das Temperatur-Zielkonzept um eine Woche nach hinten verschoben wird. Nach Herrn Dr. Hoffmann ist eine derartige Verschiebung möglich, wenn dabei die Gesamtzeiträume mit den bestimmten Maximaltemperaturen erhalten bleiben. Im Folgenden wird daher mit dem um eine Woche nach hinten verschobenen Zielkonzept gerechnet.

18.9.2 Sommerliche Maximaltemperaturen – Überleben

Im Gegensatz zur FischgewV fordert die Temperatur-Zielfunktion für den "ausgewogenen Fischbestand" das Einhalten einer um 3°C verschärften sommerlichen Maximaltemperatur von 25°C anstelle von 28°C. Dies ist für Heizkraftwerke mit kommunaler Struktur besonders schwierig, da im Sommer für die Fernwärme keine Abnehmer zur Verfügung stehen.

Die Einhaltung der sommerlichen Maximaltemperaturen ermöglicht das Überleben adulter Salmoniden wie der Äsche, der Koppe, dem Lachs und der Bachforelle. Letztere befindet sich hier jedoch an ihrer absoluten Toleranzgrenze.

Erst ein gesichertes Überleben der adulten Tiere im Sommer macht es sinnvoll, über Reproduktion (winterliche Maximaltemperaturen) nachzudenken. In diesem Punkt wird daher die Möglichkeit untersucht, ob Talsperrenmanagement dazu dienen kann, das Überleben der adulten Salmoniden im Sommer zu gewährleisten.

18.9.2.1 Sommerlicher Temperaturgang ohne Heizkraftwerke und ohne Klärwerk Buchenhofen

Bild 18.9.2.1-1 zeigt, dass im IST-Zustand vor den zwei Hauptwärmeeintragsquellen die sommerliche Maximaltemperaturen in der Unteren Wupper eine Temperatur von 22,9°C (2001), 22,5°C (2002) und 26,5°C (2003) erreichen. Berechnet man anhand der vier auswertbaren Jahre 2000 bis 2003 eine statistische Unterschreitungswahrscheinlichkeit der Temperaturzielwerte vor den Heizkraftwerken, so erhält man die in Bild 18.9.2.1-2 bis 18.9.2.1-4 dargestellten Kurven.

Die Kurven zeigen das Ergebnis der logarithmische Normalverteilung. Das Verfahren geht auf Gauss zurück. Die Diagramme sind auf der x-Achse logarithmisch und auf der y-Achse nach dem Gauss'schen Fehlerintegral eingeteilt, die insgesamt n gemessenen Temperaturen T_i sind der Größe nach geordnet auf der Abszisse eingetragen, die Ordinate wird nach der "Benard's Approximation" eingetragen $y = (i-0.3)/(n+0.4)$ [KISSELER, 2005].

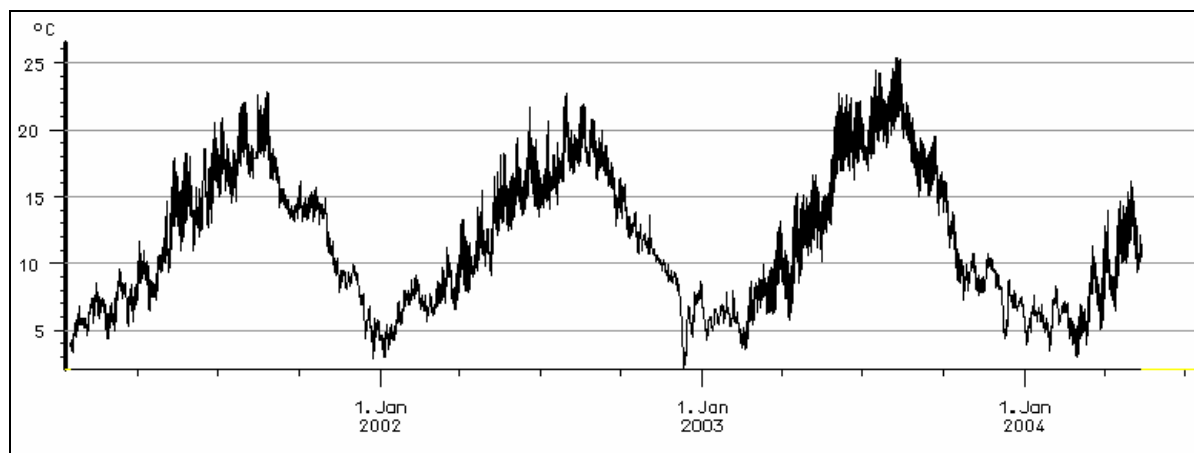


Bild 18.9.2.1-1: Online-Wassertemperaturen vor dem HKW Barmen

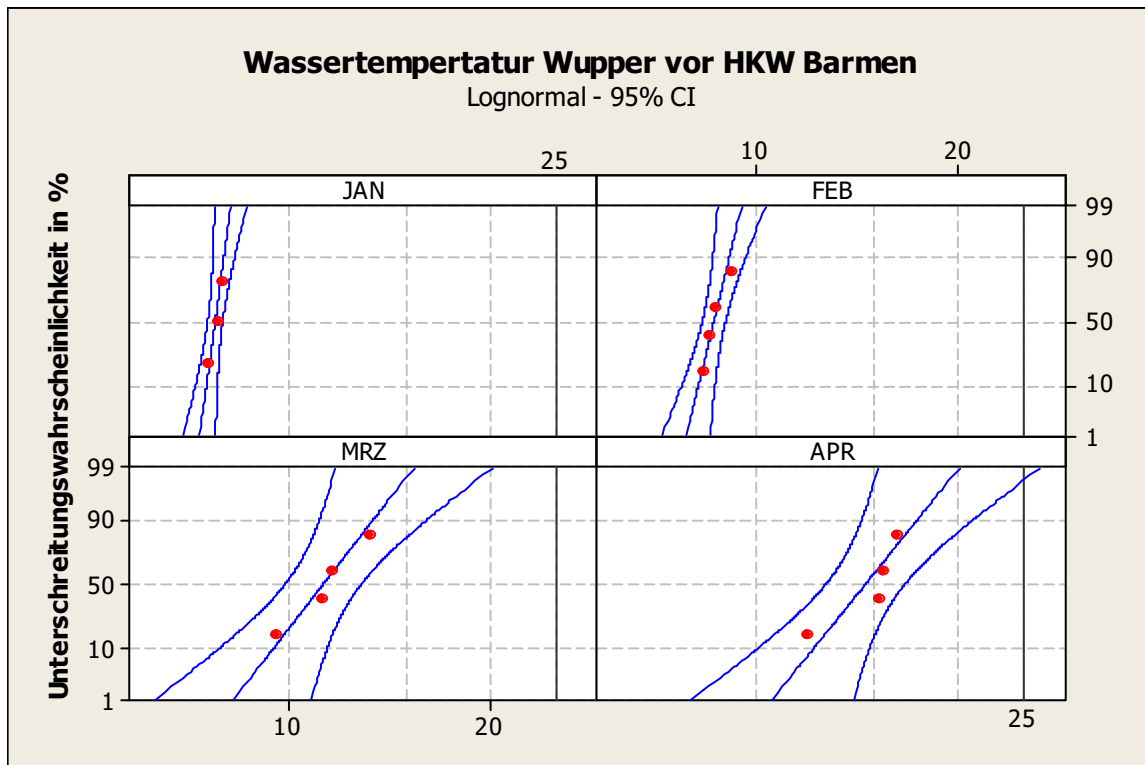


Bild 18.9.2.1-1: Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Wassertemperatur der Wupper vor dem HKW Barmen anhand von 4 ausgewerteten Jahren, Monate Januar bis April [KISSELER, 2005]

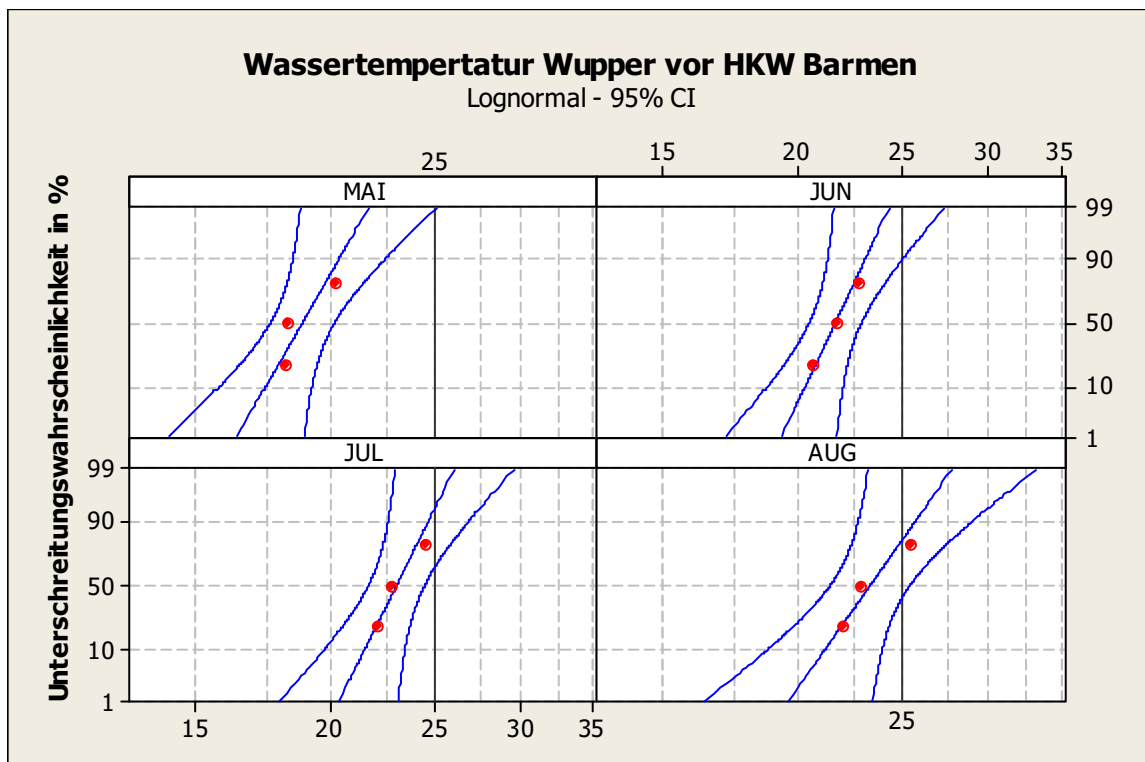


Bild 18.9.2.1-1: Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Wassertemperatur der Wupper vor dem HKW Barmen anhand von 4 ausgewerteten Jahren, Monate Mai bis August [KISSELER, 2005]

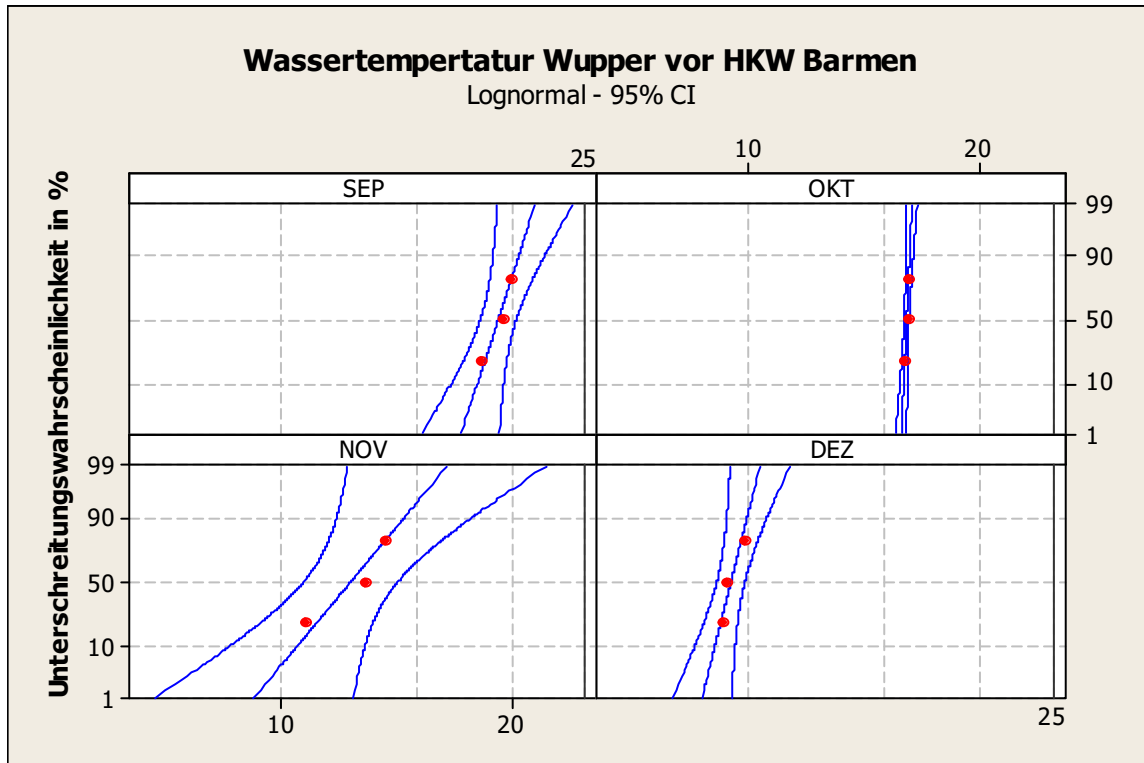


Bild 18.9.2.1-1: Unterschreitungswahrscheinlichkeiten der Wassertemperatur der Wupper vor dem HKW Barmen anhand von 4 ausgewerteten Jahren, Monate September bis Dezember [KISSELER, 2005]

Die Kurven zeigen, dass auf Grundlage der ausgewerteten vier Jahre (welche das Jahr 2003 beinhalten) im März, Juni, Juli, August und Dezember eine nicht zu vernachlässigende Überschreitungswahrscheinlichkeit für die gesetzten Maximaltemperaturen bereits vor den Heizkraftwerken besteht.

In 2001 und 2002 hätten die Wassertemperaturen der Unteren Wupper im ausgebauten IST-Zustand ohne die beiden Hauptwärmeeintragsquellen die Zieltemperaturen bis Opladen nicht überschritten. Maßnahmen wären also beim Wärmeeintrag der Heizkraftwerke und/oder bei dem Klärwerk Buchenhofen möglich.

Im Sommer führt Buchenhofen manchmal zu einer geringfügigen Abkühlung der Unteren Wupper unterhalb der Heizkraftwerke (Bild 18.9.2.1-2, IST-Zustand, rote Kurve). Die Temperaturen der Klärwerkseinleitung liegen auch im besonders warmen Sommer 2003 immer unter 24 °C (Bild 18.9.2.1-3) und liegen somit immer im für Salmoniden verträglichen Bereich. Insofern sind im Sommer vor allem die Einleitungen der Heizkraftwerke relevant.

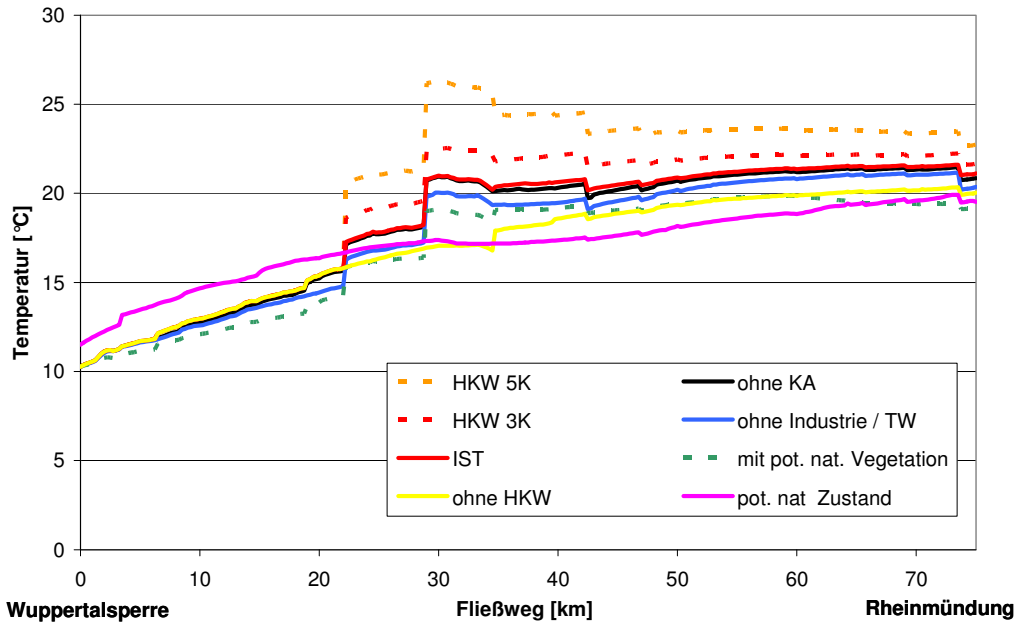


Bild 18.9.2.1-2: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat Juni 2002 um 16:00 Uhr

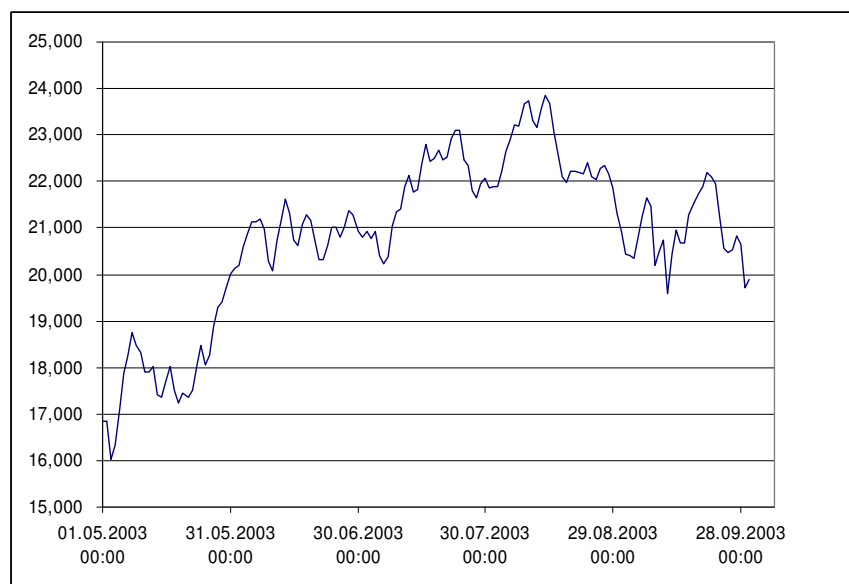


Bild 18.9.2.1-3: Ablauftemperaturen der Kläranlage Buchenhofen im Sommer 2003

Die Einleitung der Kläranlage ist allerdings im Sommer wärmer als die Wassertemperatur der Wupper selbst (ohne Heizkraftwerke, siehe gelbe Kurve), so dass es an Kilometer 35 zu einer Erwärmung um ca. 1°C um 16:00 Uhr käme. Eine sichtbare Abkühlung um ca. 1°C bringt der Morsbach (km 42).

Im Sommer 2003 überschreitet die Wassertemperatur der Unteren Wupper bereits vor Erreichen der Heizkraftwerke den Grenzwert an vier Tagen jeweils für ca. 6 Stunden. Im Sommer 2003 wäre ein Einhalten der sommerlichen Grenztemperatur daher nicht möglich gewesen.

Wie schlecht oder wie gut die Zustände tatsächlich sind hängt davon ab, inwieweit der Sommer 2003 eine Ausnahmeerscheinung war oder inwieweit sich diese Temperaturen in Zukunft häufiger einstellen werden. Sollte es zu einer nachweisbaren und dauerhaften Klima-

Veränderung in den nächsten Jahren kommen, muss das Leitbild des sommerkühlen Gewässers überdacht werden. Bisher ist dies jedoch nicht der Fall. Das Gewässer befindet sich in seinem derzeitigen Ausbauzustand (ohne Berücksichtigung der Heizkraftwerke und der Kläranlage Buchenhofen) an der Grenze zu einem möglichen Salmonidenhabitat. Insofern stellt der Anspruch, trotz zusätzlicher Wärmeeinleitungen einen Salmonidenbestand zu entwickeln ein anspruchsvolles Ziel dar.

18.9.2.2 Fließzeiten

Die Fließzeiten bei Niedrigabflüssen liegen im Bereich mehrerer Stunden, wie Tabelle und Bild 18.9.2.2-1 exemplarisch für einen Abfluss von $3,71 \text{ m}^3/\text{s}$ (Pegel Kluserbrücke) zeigen.

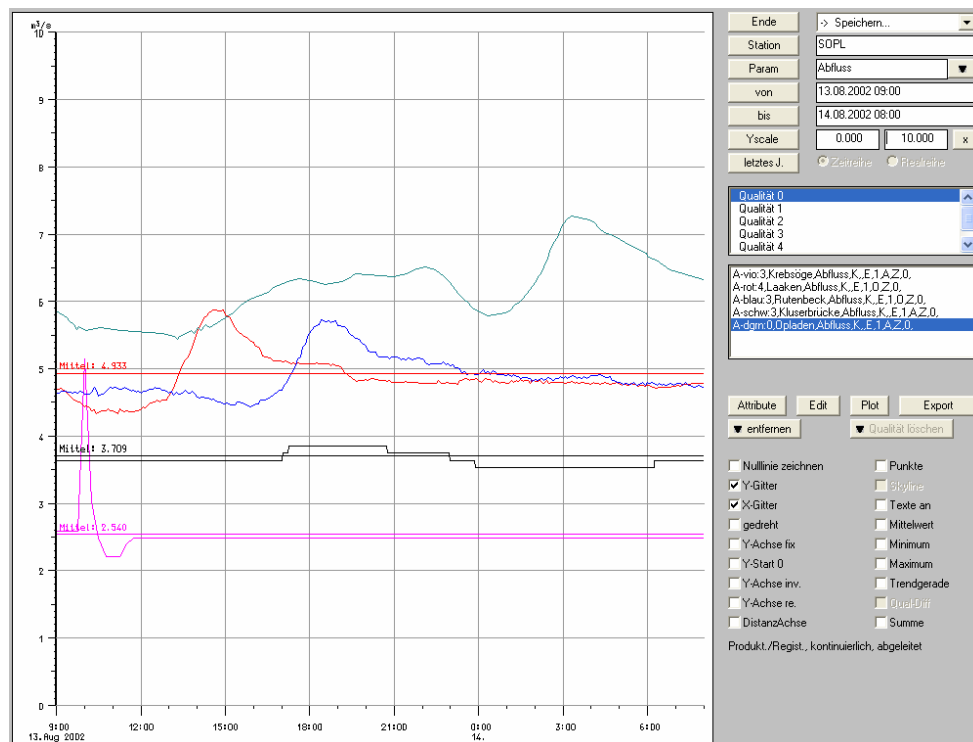


Bild 18.9.2.2-1: Fortpflanzung eines Abflusspeaks von Krebsöge (Wuppertalsperre) bis Opladen

Beim Grenzabfluss von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Pegel Kluserbrücke) halbiert sich die Fließzeit von 4 h auf 2 h 15 min (Laaken - Rutenbeck). Diese langen Fließzeiten machen ein Steuer- und Regelkonzept erforderlich, welches Eingriffe bis zu 10 Stunden im Voraus zu einem möglichen Überschreitungseignis ermöglicht. Dies bedeutet, dass zusätzlich einiges an Wasser aus dem Talsperrenmanagement für das Steuer- und Regelkonzept zur Verfügung stehen muss. Dies kann hier nur sehr überschlägig betrachtet werden und erfordert aufgrund der vielen Bedingungen, die zu einem bestimmten Temperaturereignis führen (Lufttemperaturen, Globalstrahlung, Stromabnahme, Abfluss, Verdunstung) sowohl detailliertere Betrachtungen als auch letztendlich ein Konzept des „Learning by Doing“. Das Thema kann hier nur angerissen werden.

Tabelle 18.9.2.2-1: Kilometerabstände zwischen den Messpunkten und Circa-Werte für Fließzeiten bei einem exemplarischen Abfluss von $3,71 \text{ m}^3/\text{s}$ am Pegel Kluserbrücke

	Pegel Krebsöge km 75,5	Pegel Beyenburg km	Pegel Laaken km 58,25	Zulauf HKW Barmen km 53,55	Pegel Kluserbrücke km 49,85	Zulauf HKW Elberfeld km 46,8	Pegel Rutenbeck km 42,2	Ablauf Buchenhofen km 41
Pegel Krebsöge Km 75,5	0		4 h 37 min 17,25 km 3,73 km/h	21,95 km	25,65 km	28,7 km	8 h 37 min 33,3 km 3,86 km/h	8 h 56 min 34,5 km
Pegel Beyenburg Km		0						
Pegel Laaken Km 58,25	4 h 37 min 17,25 km 3,73 km/h		0	4,7 km	8,4 km	11,45 km	4 h 16,05 km 4,01 km/h	17,15 km
Zulauf HKW Barmen (zu) Km 53,55	21,95 km		4,7 km	0	3,7 km	6,75 km	11,53 km	12 55 km
Pegel Kluserbrücke Km 49,85	25,65 km		8,4 km	3,7 km	0	3,05 km	7,65 km	8,85 km
Zulauf HKW Elberfeld (zu) km 46,8	28,7 km		11,45 km	6,75 km	3,05 km	0	4,6 km	5,8 km
Pegel Rutenbeck Km 42,2	8 h 37 min 33,3 km 3,86 km/h		4 h 16,05 km 4,01 km/h	11,53 km	7,65 km	4,6 km	0	1,2 km
Ablauf Buchenhofen km 41	8 h 56 min 34,5 km		17,15 km	12,55 km	8,85 km	5,8 km	1,2 km	0
Zufuß Morsbach km 32,7	42,8 km		25,55 km	20,85 km	17,15 km	14,1 km	9,5 km	8,3 km
Ende WK 2 Wiembachmündung								
Pegel Opladen km 5,6	17 h 20 min 69,9 km 4,03 km/h						36,6 km	

Kilometerabstände gemäß Stationierungskarte des StUA Düsseldorf, 3. Auflage

18.9.2.3 Fortpflanzung von Temperaturpeaks

Im Gegensatz zu Abflussspitzen setzen sich Temperaturpeaks nicht einfach mit der fließenden Welle fort (Bild 18.9.2.3-1) sondern sind wesentlich von der Lufttemperatur und der Strahlungsintensität der Sonneneinstrahlung abhängig (Tabelle 18.9.2.3-1). Es kommt zu einer – im Vergleich zur sommerlichen Tagesamplitude – geringeren Addition der erreichten Tagesmaximaltemperaturen vom Oberlauf zum Unterlauf.

Dies bedeutet, dass auch die Wärmeeinleitungen der Heizkraftwerke von den Tages-temperaturgängen (Amplitude im Sommer bis über 4°C) überprägt werden.

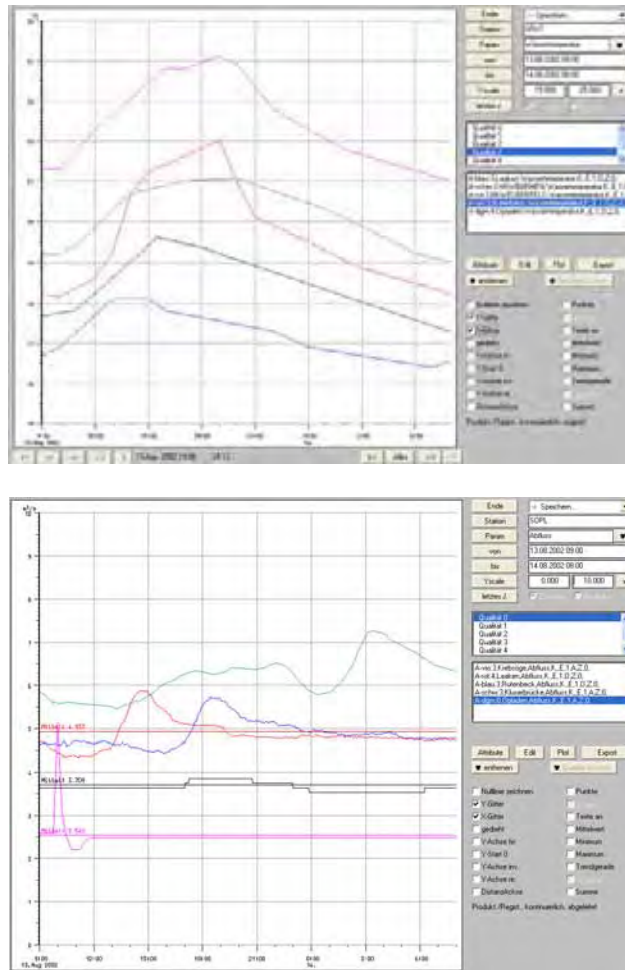


Bild 18.9.2.3-1: Fortpflanzung von Temperatur- und Abflussspitzen in der Unteren Wupper **im gleichen Zeitraum** (13.08.2002 bis 14.08.2002)

Tabelle 18.9.2.3-1: Fortpflanzung von Temperatur- und Abflussspitzen über die Fließstrecke

Standort	Temperaturmaximum	Abflussmaximum
Laaken	13:57 Uhr	14:37 Uhr
vor HKW Barmen	15:27 Uhr	-
vor HKW Elberfeld	18:58 Uhr	-
Rutenbeck	19:00 Uhr	18:30 Uhr
Opladen	19:58 Uhr	03:15 Uhr

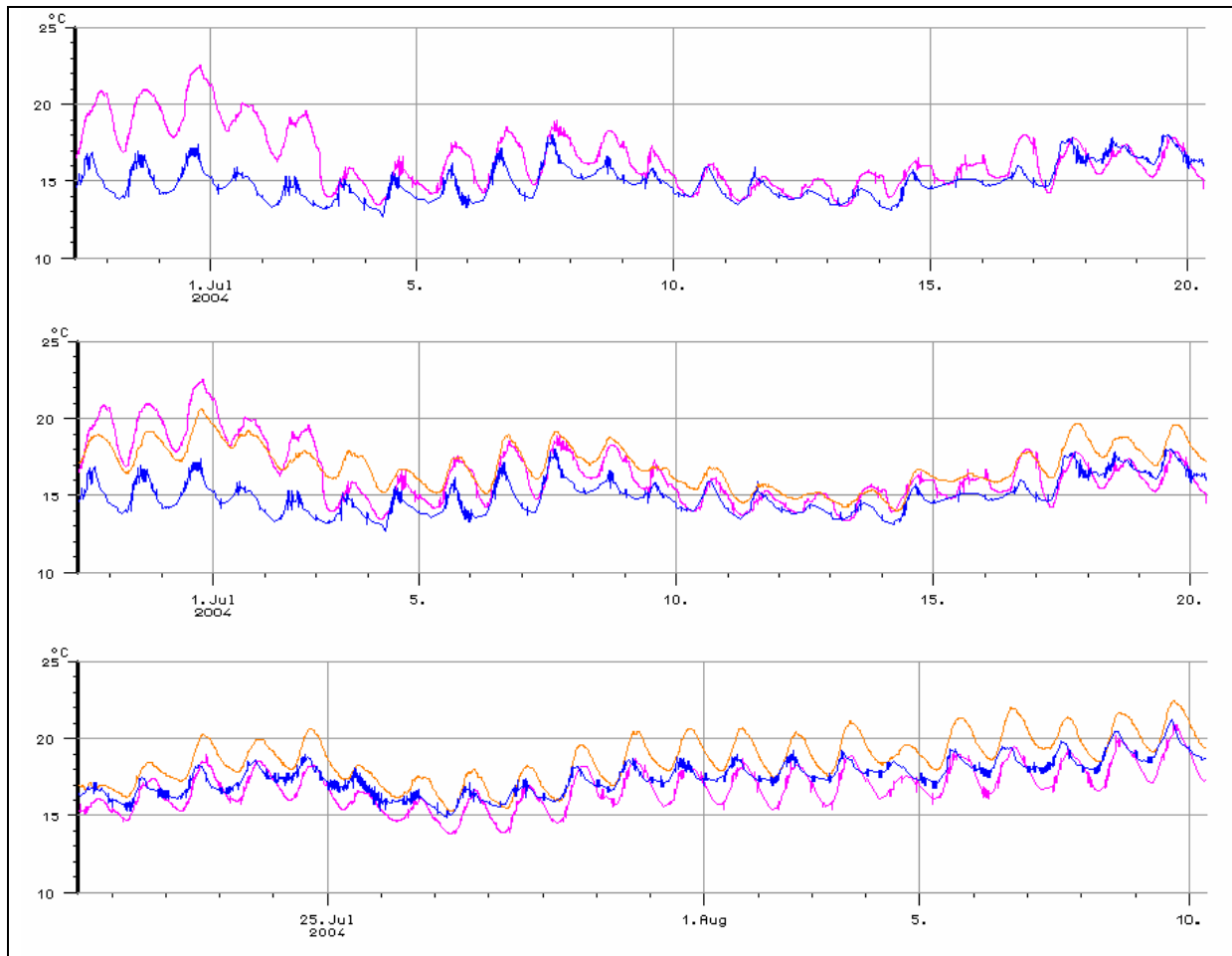
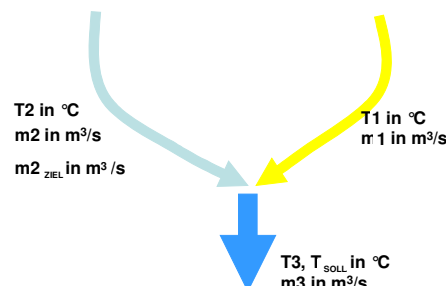


Bild 18.9.2.3-2: Aufwärmung ohne Heizkraftwerke: Abschaltung des HKW Elberfeld am 02.07.04 (Bild 1), Abschaltung des HKW Barmen am 17.07.04 (Bild 1 und 2), danach "natürliche" Aufwärmung (Bild 3) (blau: Temperatur Laaken; violett: Temperatur Rutenbeck, orange: Temperatur Opladen).

In Bild 18.9.2.3-2 ist zu erkennen, dass sich die Temperaturmaxima der Wupper zwischen Laaken und Rutenbeck (16,05 km) kaum unterscheiden. Zwischen Opladen und Rutenbeck (36,6 km) aber kommt es zu einem Temperaturanstieg von ca. 2°C in der Tagesspitze (ohne HKW), zu dem gemäß ATV-Modell auch die Kläranlage Buchenhofen mit ca. 1°C beitragen dürfte.

18.9.2.4 Zusätzlicher Wasserbedarf im Sommer

Der zusätzliche Wasserbedarf kann nur sehr theoretisch abgeschätzt werden. Hierzu wird in erster Näherung eine Mischungsrechnung wie in Bild 18.9.2.4 dargestellt verwendet:



In diesen ersten Berechnungen sind die Fließzeiten und die „natürlichen“ Aufwärmspannen über die Fließstrecke **noch nicht** berücksichtigt!

Da Online-Temperaturdaten der Standorte erst seit dem Jahr 2001 vorliegen und die Heizkraftwerke im Sommer 2004 abgeschaltet wurden, können nur die letzten 3 Jahre beispielhaft betrachtet werden. Eine Aussage nach Dauer ist so noch nicht möglich, da die Stichprobe sehr klein ist. In der Stichprobe sind ein recht warmes Jahr (2003, „Jahrhundertsommer“) und ein recht kühles Jahr (2002) enthalten.

Der theoretische Wasserbedarf wird wie folgt berechnet (abgeleitet aus der Richmannschen Mischungsregel):

Standort, an dem die Temperatur einzuhalten ist:		Pegel Rutenbeck 4 km unterhalb vom HKW Elberfeld = angenommener Punkt vollständiger Vermischung, Eingang zu Wasserkörper WK2
Volumenstrom am Pegel Rutenbeck:	m3	[m ³ /s] höchster Abflusswert des Tages (Online-Messung) Tabellen A9-1 bis A9 3; mittlerer Abflusswert des Tages: Tabellen A9 - 4 bis A9-5)
Temperatur am Pegel Rutenbeck:	T3	[°C] gemessener Höchstwert des Tages (Ultraschall-Messung)
Temperatur der Einleitung der HKW (angenommen):	T1	[°C] vorgegeben: 28 °C
Volumenstrom der HKW mit T1:	m1	[m ³ /s] berechnet aus der gemessenen Temperatur vor und nach HKW (Formel 1)
Temperatur im Stadtgebiet oberhalb vom HKW Barmen	T2	[°C] gemessener Höchstwert des Tages (Online-Messung)
Volumenstrom (m3 - m1)	m2	[m ³ /s]
SOLL-Temperatur am Pegel Rutenbeck:	T_{SOLL}	[°C] vorgegeben: 25 °C, 10 °C, 12 °C und 14 °C
Zusätzlicher Wasserbedarf mit Temperatur T2:	m2_{ZIEL}	[m ³ /s] Berechnungsergebnis

Formel 1: Berechnung der Volumenströme der HKW mit 28 °C aus den gemessenen Mischtemperaturen am Pegel Rutenbeck:

$$m1 = (T3 \cdot m3 - T2 \cdot m3) / (T1 - T2)$$

Formel 2: Berechnung von m2 (Volumenstrom im Mutterbett der Wupper nach Ausleitung von m1):

$$m2 = (m3 - m1)$$

Formel 3: Berechnung des erforderlichen Volumenstroms m2_{ZIEL} zur Einhaltung der Ziel-Temperaturen:

$$m2_{ZIEL} = (-m1 \cdot T1 + m1 \cdot T_{SOLL}) / (T2 - T_{SOLL})$$

z.B. $m2 = 11,69 \text{ m}^3/\text{s}$
 $(-2,49 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 28^\circ\text{C} + 2,49 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 10^\circ\text{C}) / (7,38^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 17,10 \text{ m}^3/\text{s} = m2_{ZIEL}$

Die Berechnungstabellen sind in Anhang 9 dargestellt (A9-1 bis A9-6). Werden die berechneten Sekunden-Werte auf den Tagesbedarf umgerechnet und die Tagesbedarfe addiert, so ergibt sich der zusätzliche Wasserbedarf für den jeweils betrachteten Zeitraum. Es wurden für T1, T3 und m3 die Tageshöchstwerte der Wassertemperatur und des Abflusses gewählt, unabhängig davon, ob diese tatsächlich zur gleichen Uhrzeit auftraten. Für m3 wurde zusätzlich mit dem Mittelwert des Abflusses des jeweiligen Tages gerechnet.

Wasserbedarf zum Einhalten der sommerlichen 25°C im Jahr 2001

Im Jahr 2001 kam es zu 24 Überschreitungen der sommerlichen Zielvorgabe (Bild 18.9.2.4-1). Wie in Tabelle A9-3 und A9-6 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an allen Tagen zwischen 0,10 und 5,41 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2001 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 3,75 Mio m³ berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 3,22 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss.

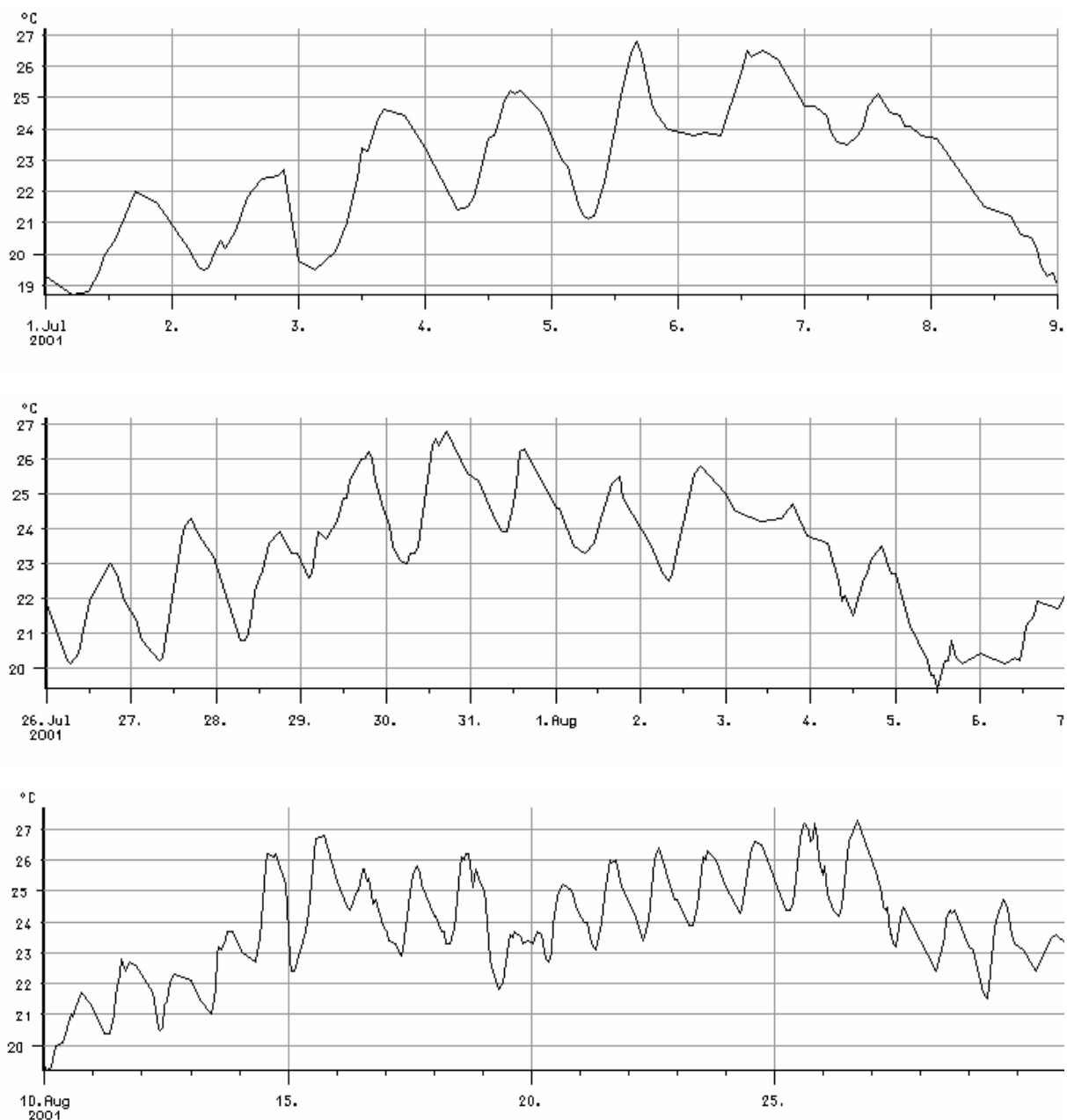


Bild 18.9.2.4-1: Überschreitung der sommerlichen Zielvorgaben im Jahr 2001

Wasserbedarf zum Einhalten der sommerlichen 25 °C im Jahr 2002

Im Jahr 2002 kam es an 9 Tagen zu Überschreitungen der sommerlichen Zielvorgabe (Bild 18.9.2.4-2). Wie in Tabelle A9-3 bzw. A9-6 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an sieben Tagen zwischen 0,22 und 2,50 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2002 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 0,443 Mio m³ berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 0,632 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss. An ein bis drei Tagen hätte nur durch eine Reduktion der Wärmeeinleitung der HKW der Zielwert von 25 °C gehalten werden können.

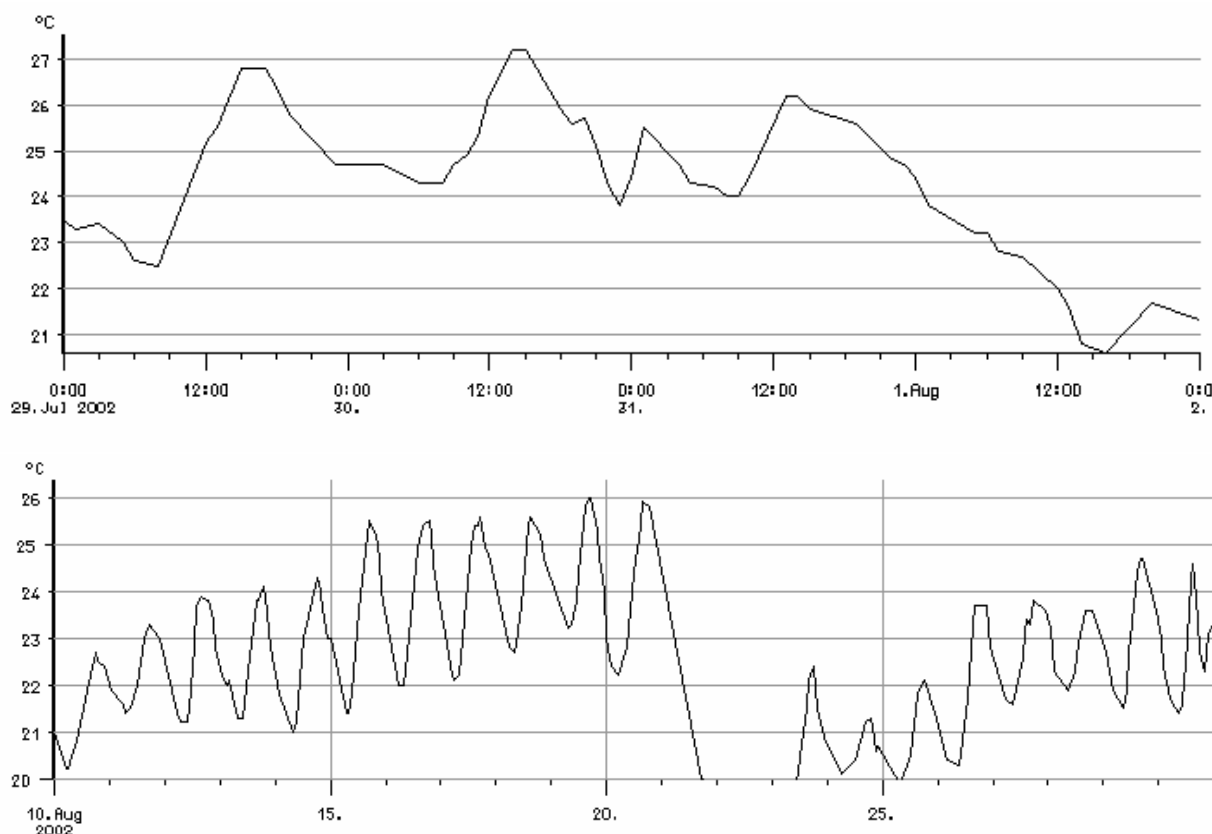


Bild 18.9.2.4-2: Überschreitung der sommerlichen Zielvorgaben im Jahr 2002

Wasserbedarf zum Einhalten der sommerlichen 25 °C im Jahr 2003

Im Jahr 2002 kam es zu 66 Überschreitungen der sommerlichen Zielvorgabe (Bild 18.9.2.4-3). Wie in Tabelle A9-3 und A9-6 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an 76 Tagen zwischen 0,1 und 5,9 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2003 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 4,45 Mio m³ berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 6,66 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss.

Um ein Temperaturmanagement durchzuführen kann jedoch nicht erst dann Wasser abgegeben werden, wenn in Rutenbeck die 25 °C-Marke überschritten wird. Aufgrund der Fließzeit von mehreren Stunden und der ungewissen Tagestemperaturentwicklung muss ein Eingriff vor einer Überschreitung beginnen. Der Wasserbedarf für eine solche Steuerung kann sich leicht verdoppeln. In 2003 hätte daher nicht genügend Wasser für ein Talsperrenmanagement zur Verfügung gestanden.

An 17 bis 28 Tagen ergaben sich maximale Abflüsse von bis zu 31 m³/s oder Temperaturen, die eine Dosierung von mehr als 6 m³/s erforderlich gemacht hätten. Hier hätte nur durch eine Reduktion der Wärmeeinleitung der HKW der Zielwert von 25 °C gehalten werden können.

An vier Tagen liegen bereits die Zulauftemperaturen über der Grenztemperatur von 25 °C. Hier kann weder das Management noch eine vollständige Produktionsabschaltung die Werte einhalten.

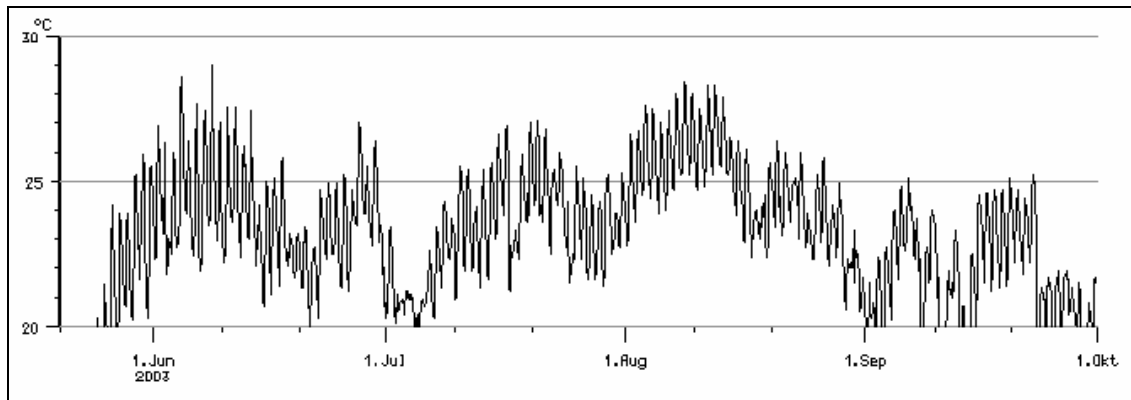


Bild 18.9.2.4-3: Überschreitung der sommerlichen Zielvorgaben im Jahr 2003

Wasserbedarf zum Einhalten der sommerlichen 25 °C im Jahr 2004

Da im Sommer 2004 die Heizkraftwerke nicht in Betrieb waren, lassen sich hier keine Berechnungen durchführen. Das Jahr 2004 liegt aber von den Wassertemperaturen im Sommer noch unter den sommerlichen Temperaturen des Jahres 2002 (Bild 18.9.2.4-4). Da es sich zusätzlich um ein sehr abflussreiches Jahr handelte und das Heizkraftwerk Barmen seine Wärmeabgabe an die Wupper inzwischen dauerhaft verringert hat ist anzunehmen, dass auch die Zustände im Sommer 2004 mittels Talsperrenmanagement beherrschbar gewesen wären.

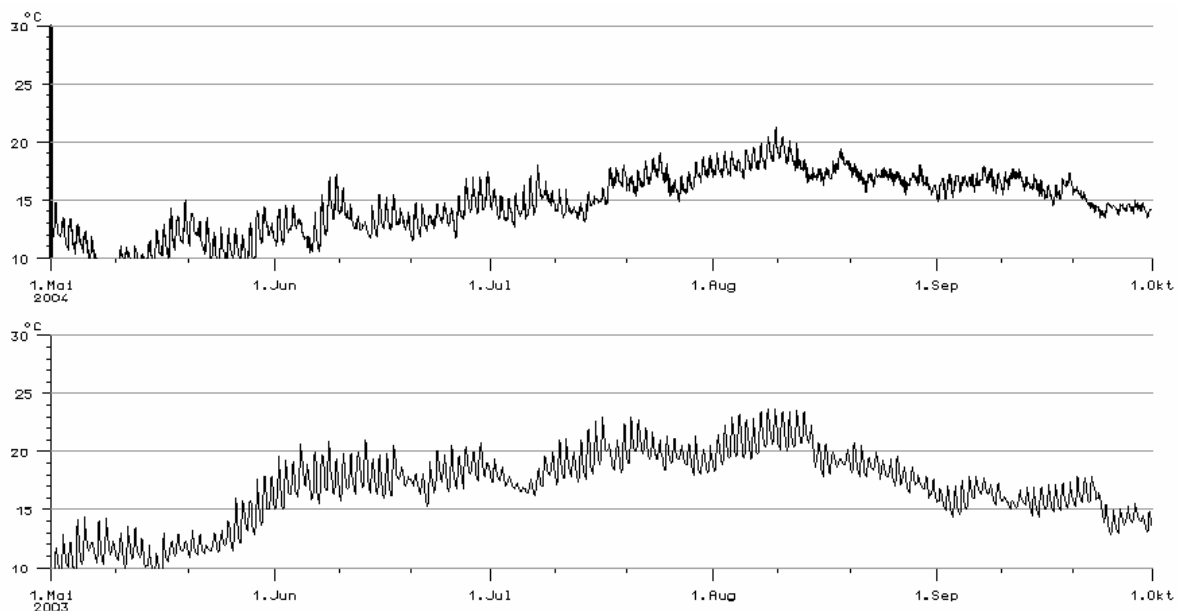


Bild 18.9.2.4-4: Sommerliche Temperaturen am Pegel Laaken in 2002 (unten) und 2004 (oben)

Zusammenfassung Sommer

Von 732 untersuchten Sommertagen in drei Jahren wurde der Zielwert 25 °C an 98 Tagen überschritten (13% der Sommertage). In drei Sommern wäre es mittels Talsperrenmanagement vermutlich möglich gewesen, die Zielwerte einzuhalten. An einem Tag hätte jedoch die Produktion der HKW verringert werden müssen.

Im Jahr 2003 hätte ein Talsperrenmanagement die Zielwerte nicht erreichen können, da nicht genug Wasser zur Verfügung stand.

Die Abkühlung unter die Zielwerte muss in einem detaillierten, neuen Wasserwirtschaftsplan noch weiter untersucht und in einem Probetrieb über fünf Jahre optimiert werden.

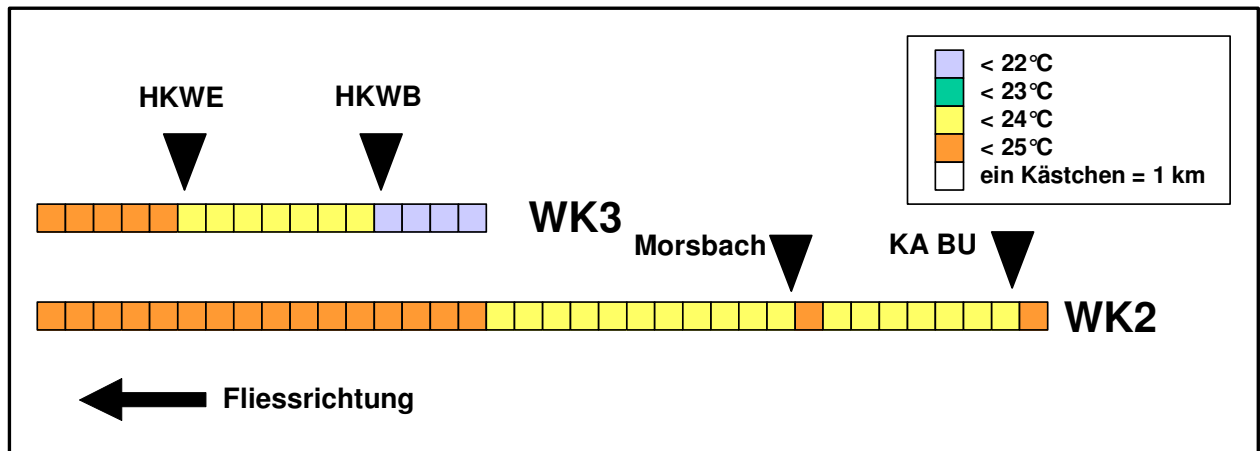


Bild 18.9.2.4-5: Angestrebte Sommertemperaturen in den beiden Wasserkörpern ("natürliche Aufwärmung in Fließrichtung")

Wie schlecht oder wie gut die Zustände tatsächlich sind hängt davon ab, inwieweit der Sommer 2003 eine Ausnahmeerscheinung war oder inwieweit sich diese Temperaturen in Zukunft häufiger einstellen werden.

In jedem Fall wäre eine Aktivierung zusätzlicher dauerhafter Abnehmer von Fernwärme im Sommer sinnvoll.

18.9.3 Winterliche Maximaltemperaturen - Reproduktion

18.9.3.1 Winterlicher Temperaturgang ohne Heizkraftwerke und ohne Klärwerk Buchenhofen

Bild 18.9.3.1-1 zeigt, dass im IST-Zustand ohne die zwei Hauptwärmeeintragsquellen die winterlichen Maximaltemperaturen in der Unteren Wupper die Temperaturgrenzen von 10°C, 12°C und 14°C (vergl Kapitel 14) einhalten (Messung vor HKW Barmen). Im Spätherbst ist dies jedoch mit dem ursprünglichen Temperaturkonzept nur sehr knapp der Fall. Hier ist keinerlei Kapazität mehr für eine Nutzung der Wupper vorhanden. Besser sieht es aus, wenn das Konzept um eine Woche nach hinten verschoben wird. Dann sind wieder Nutzungskapazitäten vorhanden. Grundsätzlich sollte sich das Konzept nicht an einem starren Datum, sondern besser an den klimatischen Gegebenheiten des jeweiligen Jahres orientieren.

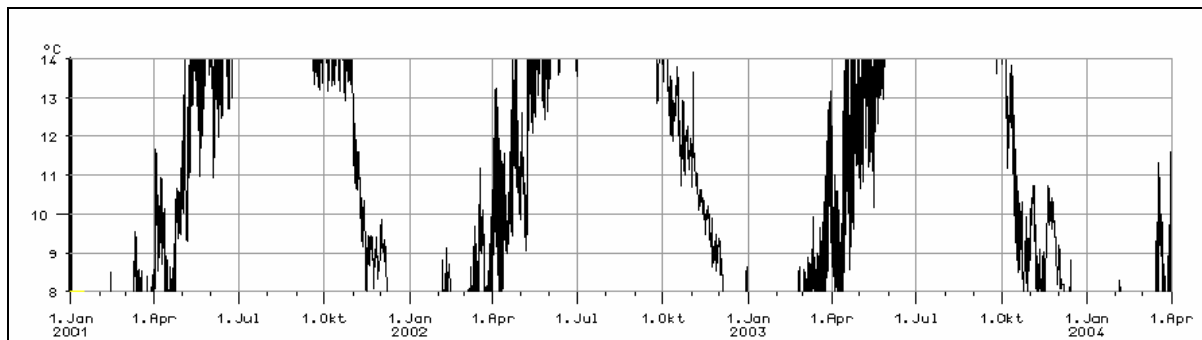


Bild 18.9.3.1-1: Temperaturen vor dem HKW Barmen. Januar immer <10°C; Februar immer < 12°C; März immer < 14°C; Dezember immer < 10°C; November immer ein deutlicher Abfall außer in 2003.

18.9.3.2 Anteil der Heizkraftwerke und Anteil des Klärwerks Buchenhofen

Sowohl die Heizkraftwerke als auch das Klärwerk Buchenhofen führen im Winter zur Aufwärmung der Wupper. (Die Klärwerke Kohlfurth und Burg sind aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Einleitungsvolumenströme wenig relevant (vgl. Kapitel 11)). Überraschenderweise ergibt die Simulation mit dem ATV-Gütemodell, dass die Anteile an der Aufwärmung im Winter für beide Nutzer (Heizkraftwerke, Kläranlage Buchenhofen) in etwa gleich groß sind (vergl Kapitel 2.7, Seite 41).

Im IST-Zustand führt die Einleitung des Klärwerks Buchenhofen zu einer mittleren Erwärmung um 1,25°C im März 2003. Die Kläranlage alleine (ohne HKWs) würde jedoch zu einer mittleren Aufwärmung von 2,1°C im März 2003 führen, da das Temperaturniveau der Wupper dann tiefer läge. Ohne Heizkraftwerke und Kläranlage ergäbe sich hingegen eine geringfügige Abkühlung auf der Fließstrecke von -0,08°C (Simulationsergebnisse).

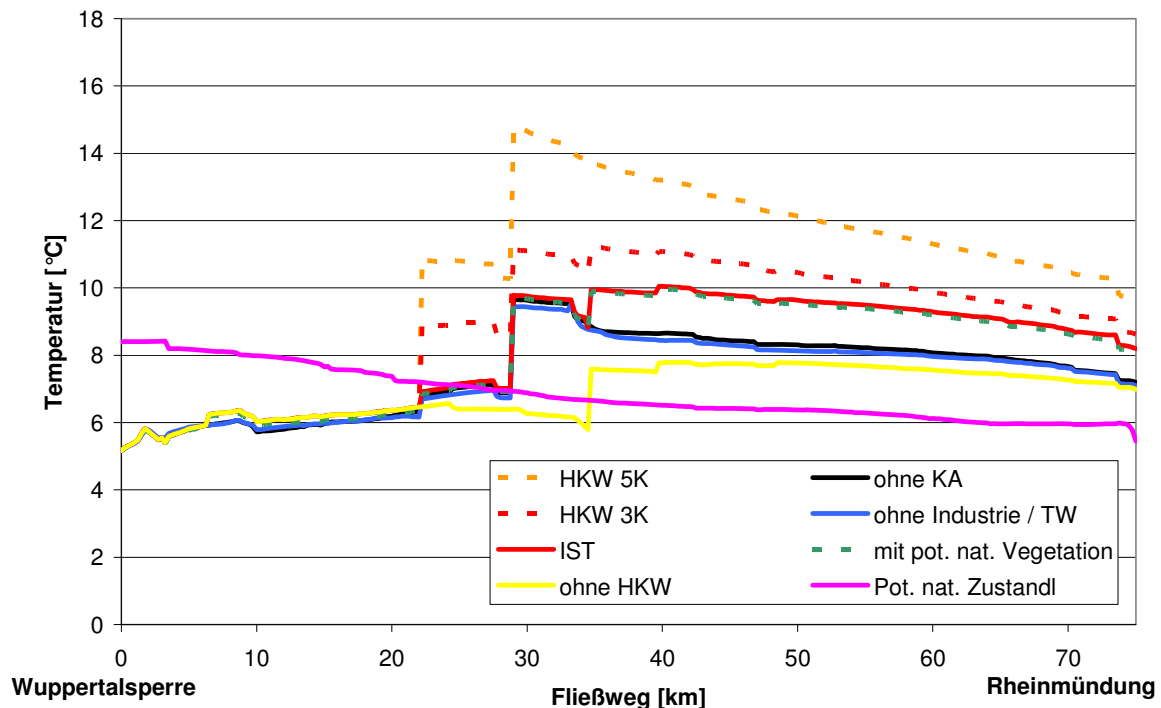


Bild 18.9.3.2-1: Simulierter Temperaturverlauf der Wupper bei MNQ im Monat März 2003 um 16:00 Uhr

Allein das Klärwerk Buchenhofen (gelbe Kurve, km 35) liefert im Winter und Frühjahr ca. die Hälfte der zusätzlichen Wärmefracht. D. h. selbst wenn es den Heizkraftwerken mittels Talsperrenmanagement gelingt, die 10°C einzuhalten, würde diese Marke im Bereich Buchenhofen und darunter zwangsläufig überschritten. Hierzu liegen jedoch keine Messwerte vor, da unterhalb von Buchenhofen derzeit kein Temperaturmesspunkt vorhanden ist. Die Ablaufwerte des Klärwerkes liegen im Winter zwischen 16°C und 10°C (Bild 18.9.3.2-2), meist um die 12°C.

Der Morsbach liefert im Winter und Frühjahr leider keinen relevanten Beitrag zur Abkühlung.

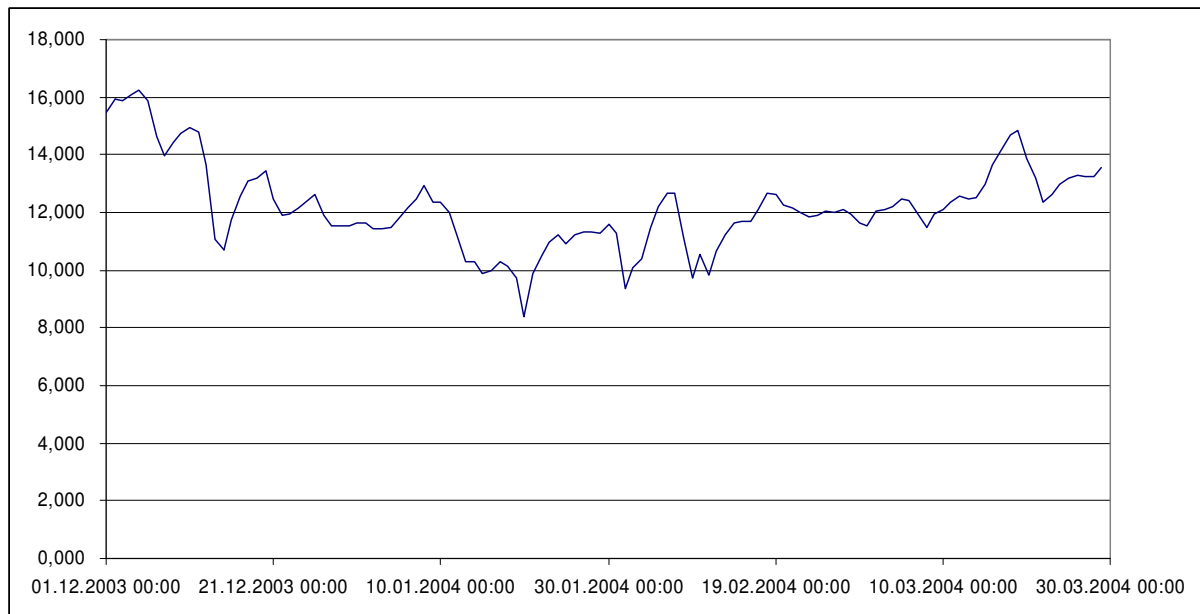


Bild 18.9.3.2-2: Ablaufmesswerte des Klärwerkes Buchenhofen

Dieses Problem ist aus Sicht des Wupperverbandes mit vertretbaren Mitteln nicht zu lösen. Aufgrund der geringen Temperaturdifferenz zwischen Kläranlagenwasser und Lufttemperatur von 2°C bis 4°C ist hier keine wirtschaftlich vertretbares Verfahren denkbar, das dieses Temperaturproblem bei Einleitungsvolumenströmen von um die 2 m³/s lösen könnte. Hier stößt das Konzept zur Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestandes – zumindest für eine geographisch begrenzte Strecke in Wasserkörper 2 – an seine Grenzen.

Zu fragen ist nun, wie rasch sich die Flusswassertemperatur abkühlt. Geschieht dies rasch, so verbleiben in Wasserkörper 2 evtl. viele Flusskilometer, in denen das Konzept <10°C doch eingehalten werden könnte. Geschieht dies eher langsam, so ist möglicherweise der gesamte Wasserkörper 2 betroffen. Hier müssen zusätzliche Messpunkte installiert werden um diese Abkühlung genau zu erfassen. Im ATV-Modell ließ sich bei der Kalibrierung und Verifizierung gerade die Abkühlung auf dieser Strecke nicht in wünschenswerter Qualität erfassen.

Das einzige Konzept, welches unter diesen Rahmenbedingungen verbleibt, wäre ein „so kalt wie möglich“. Über das Monitoring wäre dann zu untersuchen, ob sich nicht dennoch positive Entwicklungen bei der Fischfauna einstellen.

18.9.3.3 Wasserbedarf

Trotz der ernüchternden Erkenntnisse unter Punkt 18.9.3.2 wird – dem Konzept „so kalt wie möglich“ folgend – der Wasserbedarf über das Talsperrenmanagement zur Abkühlung der Wupper auf 10°C bzw. 12°C oder 14°C unterhalb der Heizkraftwerke (Standort Rutenbeck) nachstehend berechnet. Die Berechnung erfolgt analog der Berechnung unter Punkt 18.9.2.

Wasserbedarf zum Einhalten der Reproduktionstemperaturen unterhalb der Heizkraftwerke im Jahr 2001

Im Jahr 2001 kam es zu 16 Überschreitungen der winterlichen Zielvorgabe (Bild 18.9.3.3-1). Wie in Tabelle A9-1, A9-2, A9-4 und A9-5 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an neun Tagen zwischen 0,54 und 4,94 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2001 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 1,11 Mio m³ berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 1,80 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss. An sieben Tagen ergab sich ein maximaler Abfluss von 7,95 bis 37

m³/s. Hier hätte nur durch eine Reduktion der Wärmeeinleitung der HKW der Zielwert von 10°C, 12°C oder 14°C gehalten werden können.

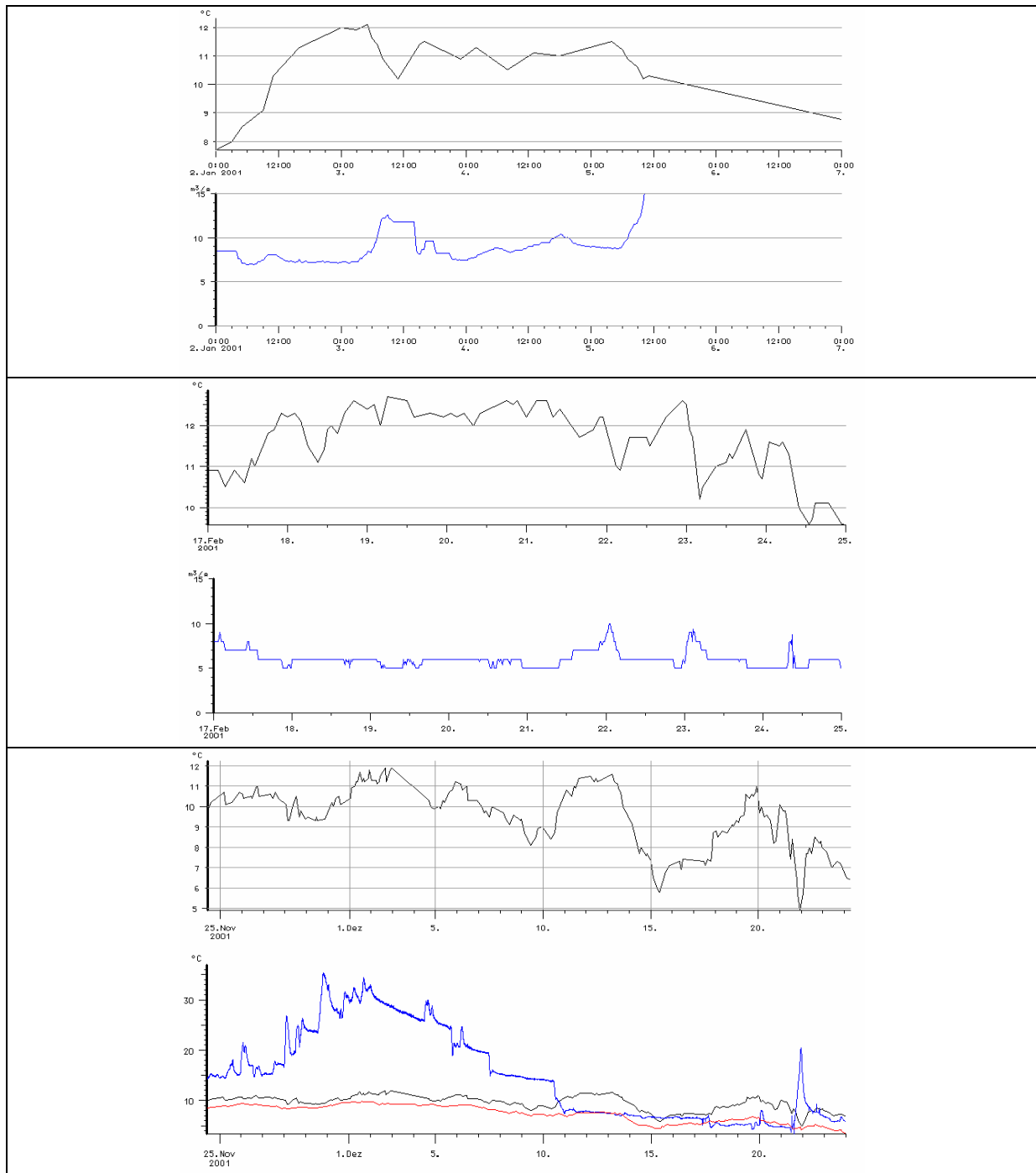


Bild 18.9.3.3-1: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2001 (blau: Volumenstrom; schwarz: Wassertemperatur)

Sowohl im Januar als auch im November werden die Abflussgrenzwerte von 6 m³/s überschritten. Das Hochwasser im Herbst ist nicht beherrschbar. Ein Management kann daher erst nach Abflauen des Hochwasserschubes beginnen (11. Dezember). Für den Sommer 2001 wurden ca. 3,75 Mio. m³ verbraucht. Es stehen also noch 5,25 Mio. m³ für das Jahr 2001 zur Verfügung. Benötigt würden 1,1 bis 1,8 Mio. m³.

Wasserbedarf zum Einhalten der Reproduktionstemperaturen unterhalb der Heizkraftwerke im Jahr 2002

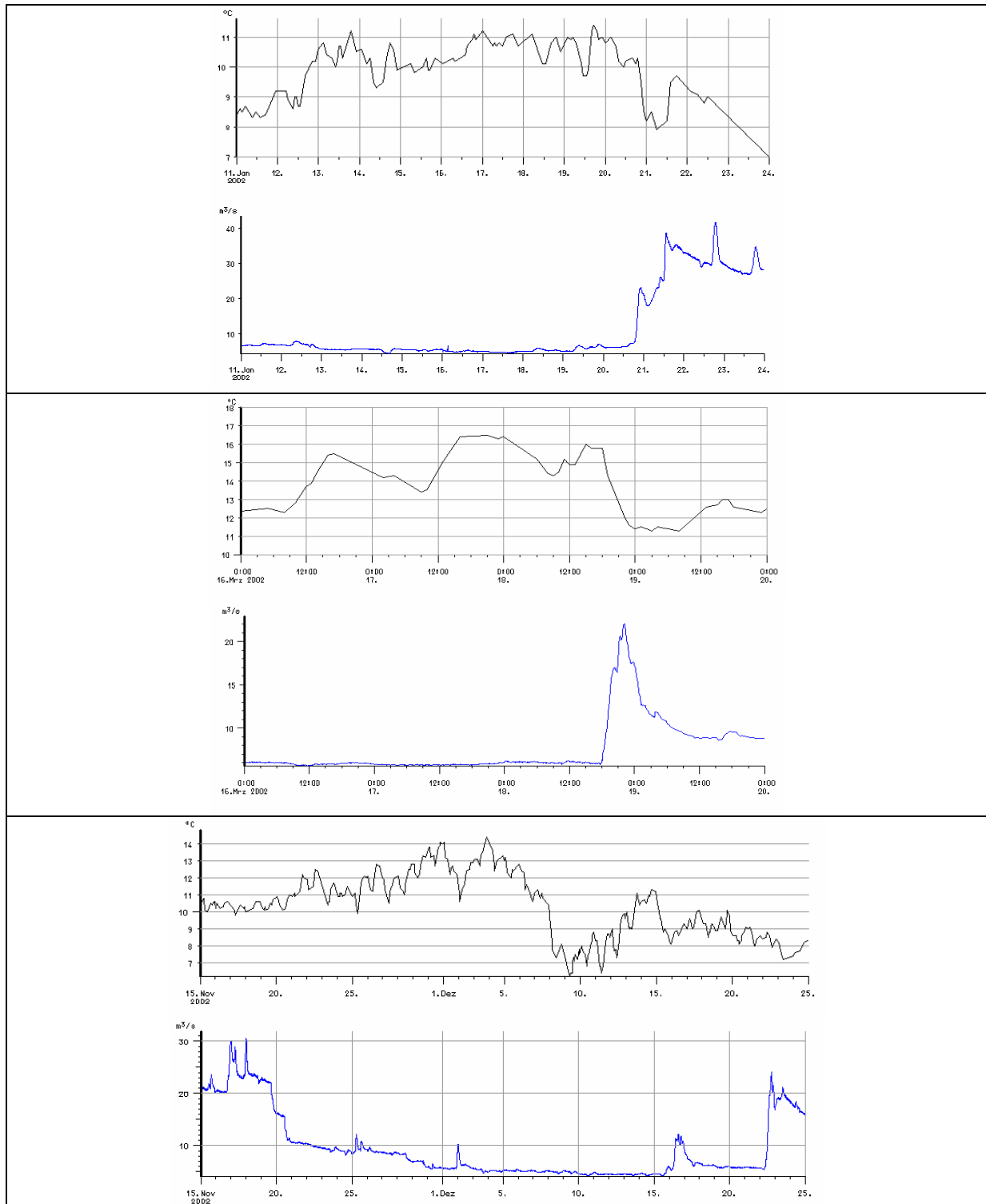


Bild 18.9.3.3-2: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2002 (blau: Volumenstrom, schwarz: Wassertemperatur)

Im Jahr 2002 kam es zu 15 Überschreitungen der winterlichen Zielvorgabe (Bild 18.9.3.2-4). Wie in Tabelle A9-2, A9-2, A9-4 und A9-5 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an 13 Tagen zwischen 0,32 und 5,34 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2002 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 1,92 Mio m³

berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 2,01 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss.

Im November kam es wiederum zu hohen Abflüssen in der letzten Novemberwoche.

An 2 Tagen ergab sich ein maximaler Abfluss von 22 bis 23 m³/s. Hier hätte nur durch eine Reduktion der Wärmeeinleitung der HKW der Zielwert von 10°C, 12°C oder 14°C gehalten werden können.

Für den Sommer 2002 wurden bereits 0,86 Mio. m³ verbraucht. Es stehen also noch 8,1 Mio. m³ für das Jahr 2002 zur Verfügung. Benötigt werden 1,9 bis 2 Mio. m³.

Wasserbedarf zum Einhalten der Reproduktionstemperaturen unterhalb der Heizkraftwerke im Jahr 2003

Im Jahr 2003 kam es zu 27 Überschreitungen der winterlichen Zielwerte, speziell im späten Frühjahr und Mitte Dezember (Bild 18.9.3.3-3). Die Überschreitungen lagen im Bereich von Abflüssen unter 6 m³/s außer am 16. Dezember 2003.

Wie in Tabelle A9-1, A9-2, A9-4 und A9-5 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an 17 Tagen zwischen 0,26 und 4,67 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2003 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 3,07 Mio m³ berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 3,41 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss.

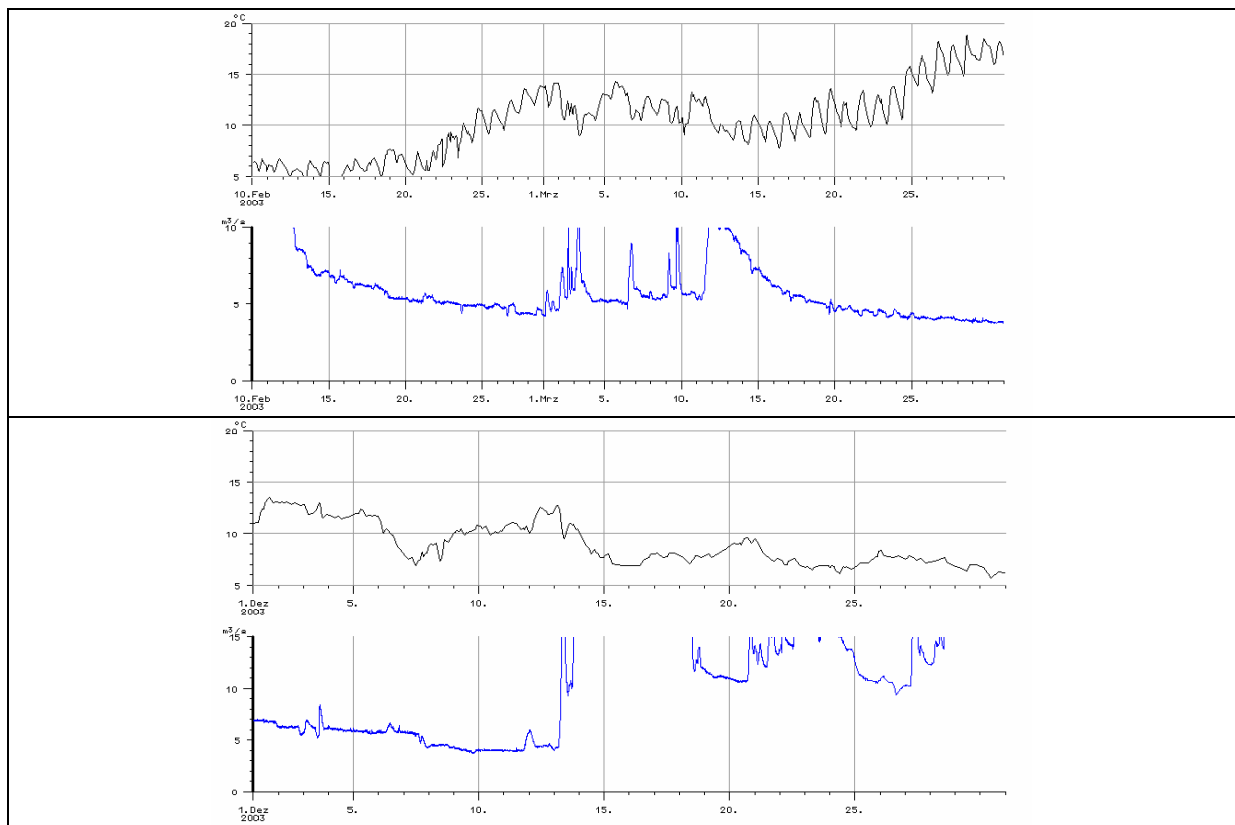


Bild 18.9.3.3-3: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2003 (blau: Volumenstrom, schwarz: Wassertemperatur)

An 9 Tagen ergab sich ein maximaler Abfluss von 3,9 bis 39 m³/s. Die vergleichsweise niedrigen Abflüsse von 3,9 bis 4,2 m³/s an 7 Tagen waren jedoch mit Temperaturen verbunden, die eine zusätzliche Abgabe von bis zu 20 m³/s erforderlich gemacht hätten. Hier hätte nur durch eine Reduktion der Wärmeeinleitung der HKW der Zielwert von 10°C, 12°C oder 14°C gehalten werden können.

Für den Sommer 2003 wurde bereits alles Wasser verbraucht. Es steht also kein Wasser mehr zur Verfügung.

Wasserbedarf zum Einhalten der winterlichen Temperaturen im Jahr 2004

Für den Herbst 2004 liegen keine Temperaturwerte zur Berechnung vor. Im Frühjahr 2004 kam es zu 14 Überschreitungen der Zielwerte im Januar und März (Bild 18.9.3.3-4).

Wie in Tabelle A9-1, A9-2, A9-4 und A9-5 im Anhang A9 gezeigt, liegen die benötigten zusätzlichen Abflussvolumenströme an 7 Tagen zwischen 0,69 und 5,74 m³/s. Hieraus ergibt sich für das Frühjahr 2004 ein zusätzlicher Bedarf an Wasser von ca. 2,05 Mio m³ berechnet mit einem maximalen Tagesabfluss bzw. 1,86 Mio m³ berechnet mit einem mittleren Tagesabfluss.

An 7 Tagen ergab sich ein maximaler Abfluss von 12,3 bis 49,3 m³/s. Hier hätte nur durch eine Reduktion der Wärmeeinleitung der HKW der Zielwert von 10°C, 12°C oder 14°C gehalten werden können.

Die Überschreitung im Januar ist mit einem Hochwasserereignis verbunden. Hier hätte sich 10°C nicht halten lassen. Hier ist allerdings zu hinterfragen, wie ein derartiges Ereignis zustande kommen kann.

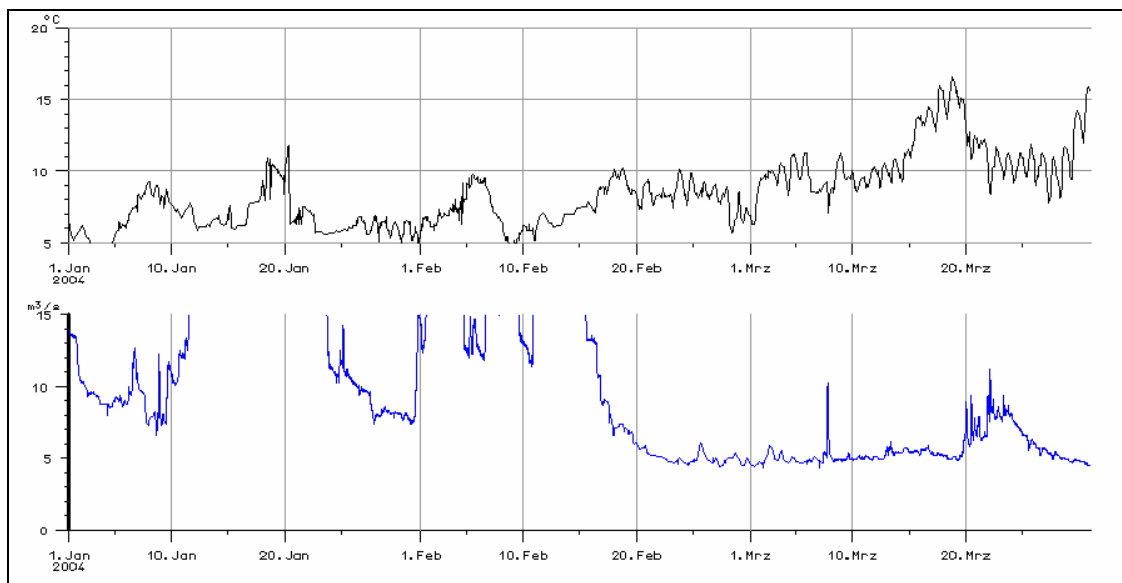


Bild 18.9.3.3-4: Überschreitungen der winterlichen Temperatur-Zielwerte und zugehörige Abflussvolumenströme im Jahr 2004 (blau: Volumenstrom, schwarz: Wassertemperatur).

Zusammenfassung Winter

Es kommt in fast jedem Jahr kurzfristig zu kritischen Situationen. Die neuen Anforderungen von 10°C, 12°C und 14°C aus Sicht der Fischfauna können nur in einer Kombination von Produktionsverminderung und Talsperrenmanagement eingehalten werden.

Von 453 untersuchten Wintertagen in vier Jahren wurde der Zielwert an 72 Tagen überschritten (16% der Wintertage).

Der Winter 2003/2004 hätte nicht abgedeckt werden können, da das Wasser bereits im Sommer 2003 vollständig verbraucht worden wäre (Der Wasserbedarf wurde nicht am Wasserwirtschaftsjahr sondern an den festgesetzten Prioritäten in Kapitel 16 orientiert, d.h. zunächst muss immer der Sommer abgedeckt werden).

Unterhalb von Buchenhofen können die Wassertemperaturen um 0,5 bis 1°C über den Zieltemperaturen liegen. Inwieweit die natürliche Abkühlung dazu führt, dass trotzdem Teile des Wasserkörpers 2 für die Reproduktion von Salmoniden zur Verfügung stehen, bleibt zu untersuchen.

Die Abkühlung unter die Zielwerte im Winter muss in einem detaillierten, neuen Wasserwirtschaftsplan noch weiter untersucht und in einem Probetrieb über fünf Jahre optimiert werden.

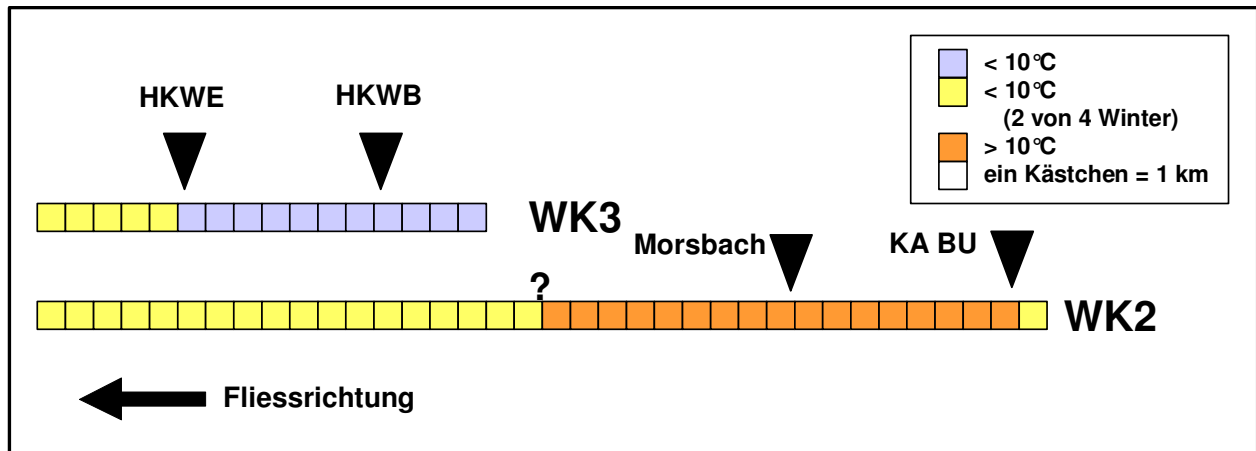


Bild 18.9.3.3-5: Angestrebte Wintertemperaturen in den beiden Wasserkörpern ("natürliche Abkühlung" in Fließrichtung)

18.10 Zusammenfassung Plan-Zustand 2: fischökologisches Temperaturmanagement

In Tabelle 18.9.4-1 sind die benötigten Jahreswassermengen für das Temperaturmanagement dargestellt. ("Sommer/Herbst" = 8. April bis 7. Dezember; "Winter/Frühjahr" = 8. Dezember bis 7. April)

Es sind sowohl der berechnete Wasserbedarf bei Ansatz der maximalen Tagesabflüsse ⁽¹⁾ als auch der Bedarf bei Ansatz der mittleren Abflüsse ⁽²⁾ am Pegel Rutenbeck dargestellt (vergleiche Anhang A9).

Um ein Temperaturmanagement durchzuführen kann jedoch nicht erst dann Wasser abgegeben werden, wenn in Rutenbeck die 25°C-Marke überschritten wird. Aufgrund der Fließzeit von mehreren Stunden und der ungewissen Tagestemperaturentwicklung muss ein Eingriff vor einer Überschreitung beginnen. Der Wasserbedarf für eine solche Steuerung kann sich leicht verdoppeln. In der letzten Spalte ist der Wasserbedarf in dieser sehr groben Form abgeschätzt.

In der Regel ist der mit dem mittleren Wupperabfluss berechnete Bedarfswert größer als der mit dem maximalen Abfluss berechnete Bedarfswert. Dies liegt daran, dass mit dem maximalen Wert mehr Tage als "nicht zu managen" eingestuft werden und so aus dem Talsperrenmanagement herausfallen. Diese Tage tauchen statt dessen als "Tage mit notwendiger Produktionsverringerung" auf (rote Kennzeichnung in Anhang A9). Zur vereinfachten Abschätzung wurde angenommen, dass an Tagen mit notwendiger Produktionsverringerung die notwendige Leistung allein von den HKW erbracht wird und kein zusätzliches Wasser zur Verfügung gestellt wird. Dies ist auf jeden Fall an all den Tagen richtig, die aufgrund sehr hoher Abflüsse aus dem Management herausfallen.

Das Jahr 2003

Das Jahr 2003 war mittels Talsperrenmanagement noch nicht einmal im Sommer (Mai bis November) beherrschbar. Es stand also auch kein Wasser mehr für den Temperaturengleich im Winter (Januar bis März und Dezember) zur Verfügung. Bereits die Zulauftemperaturen zum HKW Barmen überschritten teilweise die 25°C. Das Gewässer im jetzigen Ausbauzustand liegt offenbar an der Grenze zum Salmonidenhabitat.

Im Vergleich zum vergangenen Jahrhundert war das Jahr 2003 angeblich ein „Jahrhundert-sommer“ und könnte daher als Ausnahmeerscheinung gewertet werden. Tatsächlich liegen die wärmsten Jahre des Jahrhunderts jedoch alle in den vergangenen 10 Jahren (so z. B.

auch der "Jahrhundertnovember" und der "Jahrhundertfebruar"), so dass evtl. mit einer generellen Erwärmung zu rechnen ist. Wenn Jahre mit Temperaturverläufen wie in 2003 häufiger Auftreten, kann mit Hilfe des Talsperrenmanagements die Ziel-Temperatur nicht eingehalten werden.

Tabelle 18.9.4-1: Wasserbedarf für das Temperaturmanagement (Fischfauna)

	theoretischer Wasserbedarf und Produktionseinschränkung	theoretischer Jahresbedarf an Wasser	Geschätzte Verdoppelung für eine "Steuerungszugabe"
"Winter/Frühjahr" 2001	1,11 ⁽¹⁾ bzw. 1,8 ⁽²⁾ Mio m ³	4,86 Mio m ³ ⁽¹⁾	9,72 Mio m ³ ⁽¹⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Winter/Frühjahr 2001:	7 - 5	5,02 Mio m ³ ⁽²⁾	bis
"Sommer/Herbst" 2001	3,75 ⁽¹⁾ bzw. 3,22 ⁽²⁾ Mio m ³		10,04 Mio m ³ ⁽²⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Sommer/Herbst 2001:	1		
"Winter/Frühjahr" 2002	1,9 ⁽¹⁾ bzw. 2,0 ⁽²⁾ Mio m ³	2,34 Mio m ³ ⁽¹⁾	4,68 Mio m ³ ⁽¹⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Winter/Frühjahr 2002:	2	2,6 Mio m ³ ⁽²⁾	bis
"Sommer/Herbst" 2002	0,44 ⁽¹⁾ bzw. 0,63 ⁽²⁾ Mio m ³		5,20 Mio m ³ ⁽²⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Sommer/Herbst 2002:	1-3		
"Winter/Frühjahr" 2003	3,07 ⁽¹⁾ bzw. 3,41 ⁽²⁾ Mio m ³	7,52 Mio m ³ ⁽¹⁾	15,04 Mio m ³ ⁽¹⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Winter/Frühjahr 2003:	8 - 9	10,07 Mio m ³ ⁽²⁾	bis
"Sommer/Herbst" 2003	4,45 ⁽¹⁾ bzw. 6,66 ⁽²⁾ Mio m ³		20,141 Mio m ³ ⁽²⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Sommer/Herbst 2003:	17 - 28		
"Frühjahr" 2004	2,054 ⁽¹⁾ bzw. 1,86 ⁽²⁾ Mio m ³	2,05 Mio m ³ ⁽¹⁾	4,1 Mio m ³ ⁽¹⁾
dazu Tage mit Produktions- verringerung Frühjahr 2004:	7	1,86 Mio m ³ ⁽²⁾	bis
			3,72 Mio m ³ ⁽²⁾

(1) berechnet mit maximalem Tagesabfluss am Pegel Rutenbeck

(2) berechnet mit mittlerem Tagesabfluss am Pegel Rutenbeck

Verschiebung um eine Woche

Das ursprüngliche Zielkonzept benötigt mehr als doppelt soviel Wasser (67,3 Mio. m³) wie das um eine Woche verschobene Konzept (ca. 39 Mio. m³). Da eine Verschiebung aus Sicht der Fische unproblematisch ist, sollte nur das verschobene Konzept (8.Dezember bis 7. April) weiter verfolgt werden.

Wasserbedarf im Sommer – Überleben der Salmoniden

Von 732 untersuchten Sommertagen in drei Jahren wurde der Zielwert 25°C an 98 Tagen überschritten (13% der Sommertage). Es hätte vermutlich genügend Wasser für den Sommer 2001 und 2002 sowie wahrscheinlich für den Sommer 2004 zur Verfügung gestanden. Zu untersuchen bleibt, wie stark sich das zusätzlich aus den Talsperren abgegebene „Kühlwasser“ auf der Strecke zwischen dem HKW Barmen und dem Pegel Rutenbeck (11,53 km) auf natürliche Weise erwärmt. Dieser Verlust – falls signifikant vorhanden – müsste noch durch zusätzliches Wasser ausgeglichen werden. Die notwendigen Steuerkonzepte sind nur abgeschätzt worden und erfordern ebenfalls weitere Untersuchungen.

Wasserbedarf im Winter - Reproduktion

In allen Wintern kommt es zu kritischen Situationen aufgrund hoher Abflüsse.

Die neuen Anforderungen von 10°C, 12°C und 14°C aus Sicht der Fischfauna können nur in einer Kombination von Produktionsverminderung und Talsperrenmanagement eingehalten werden. Von 453 untersuchten Wintertagen in vier Jahren wurde der Zielwert an 72 Tagen überschritten (16% der Wintertage).

Der Winter 2003 hätte nicht abgedeckt werden können, da das Wasser bereits im Sommer 2003 vollständig verbraucht worden wäre.

Immer wieder treten in den Wintern Hochwässer mit Temperaturüberschreitungen auf. Während die Entstehung dieser Phänomene im Herbst klar ist, sind sie im Januar weitgehend unverständlich. Dies ist näher zu untersuchen.

Im Winter führt das Klärwerk Buchenhofen wahrscheinlich regelmäßig zu Überschreitungen der Zielwerte. Hier bleibt nur ein Konzept des „so kalt wie möglich“. Inwieweit sich der Fischbestand dennoch positiv entwickeln kann und welche Strecke des Wasserkörpers 2 von den Überschreitungen betroffen ist, bleibt zu untersuchen.

Statistische Sicherheit Wassertemperaturen

Messwerte für die Wassertemperaturen liegen derzeit nur für drei Jahre ! mit zeitlich ausreichender Auflösung vor. Die Aussagen unter 18.9 sind daher mit hoher statistischer Unsicherheit belegt. Um überhaupt mit einiger Verlässlichkeit Aussagen über die Möglichkeiten eines Talsperrenmanagements für den Plan-Zustand 2 treffen zu können, müssen weitere Daten aufgenommen werden. Parallel hierzu kann ein "Learning by doing" beginnen, um am Ende einer fünfjährigen Testphase einen neuen Wasserwirtschaftsplan für die beteiligten Talsperren analog dem Vorgehen unter Punkt 18.1 bis 18.8 berechnen zu können. Erst dann kann letztendlich beurteilt werden, ob ein Temperaturmanagement, wie vorgeschlagen, möglich ist.

Neue Messwerte

Für ein fischökologisches Talsperrentemperaturmanagement werden verlässliche Messwerte in hoher zeitlicher Auflösung benötigt. Hier wären Veränderungen und Übereinkommen für die Art der Messwertaufnahme und die Orte der Messwertaufnahme bzw. Überwachung notwendig.

Als Messverfahren werden sowohl für den Volumenstrom als auch für die Temperatur Online-Messungen per Ultraschallsonden vorgeschlagen. Als Messort wird Rutenbeck, welches "der Ort vollständiger Durchmischung" sei, vorgeschlagen.

18.11 Ökologische Auswirkung des Talsperrentemperaturmanagements im Plan-Zustand 2

In Tabelle 18.11-1 sind die Gesamtabflüsse und der umverteilte Anteil dargestellt. Letzterer liegt zwischen 1% und 4% des Gesamtabflusses. Die Umverteilung betrifft vor allem die Niedrigwasserzeiträume. In Tabelle 18.11-2 bis 18.11-4 sind die Abflussverteilungen auf Abflussklassen in den drei Jahren 2001 bis 2003 dargestellt und zwar sowohl ohne Talsperre (potentiell natürlicher Abfluss, berechnet), als auch mit vorgeschriebener Niedrigwasseraufhöhung (NWA) und mit Temperaturmanagement.

Tabelle 18.11-1: Gesamtabflüsse der Wupper bei Rutenbeck und umverteilter Anteil beim Temperaturmanagement.

Jahr	Abfluss gesamt	Talsperrenmanagement	in %
2001	333 Mio m ³	9 Mio m ³	3%
2002	362 Mio m ³	5,2 Mio m ³	1%
2003	230 Mio m ³	9 Mio m ³	4%

Tabelle 18.11-2: Abflussverteilung auf Abflusskategorien in 2001 (Pegel Rutenbeck).

	ohne Talsperre (pot nat) in 2001	mit vorgeschriebener NWA in 2001	mit Temperaturmanage- ment in 2001
	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze
Grenze [m ³ /s]	Tage	Tage	Tage
< 1,0	4		
< 1,5	0		
< 2,0	3		
< 2,5	23		
< 3,0	25		
< 3,5	30	3	1
< 4,0	30	19	13
< 4,5	21	82	65
< 5,0	27	36	39
< 5,5	24	34	29
< 6,0	20	20	25
< 7,00	22	22	30
< 8,00	25	20	23
< 9,00	10	18	19
< 10,0	19	19	24
< 15,0	51	32	37
< 20,0	14	28	28
< 30,0	12	22	22
> 30,0	5	10	10
Gesamttag	365	365	365
Minimum:	0,026	3,26	3,37

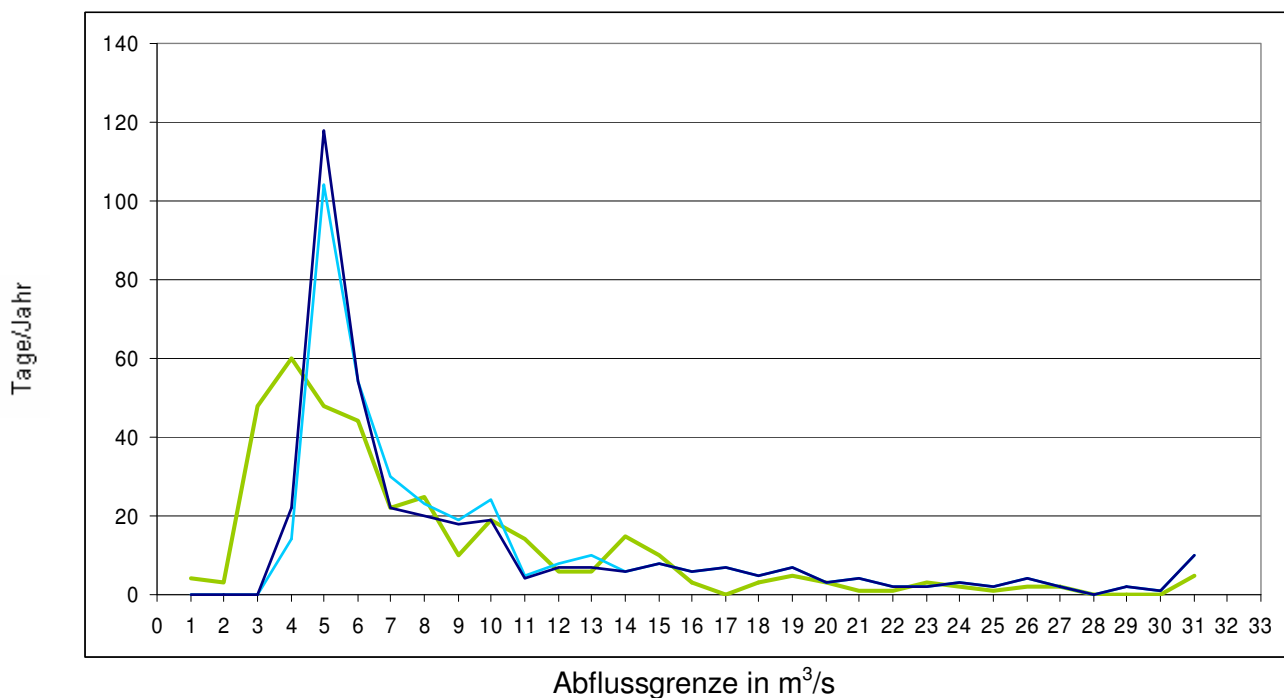


Bild 18.11-1: Volumenstromverteilung durch die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und die Umverteilung im Niedrigwasserbereich gemäß Temperaturmanagement im Jahr 2001 (grün: ohne Wupper-Talsperre; dunkelblau: bisherige Fahrweise; hellblau: Temperaturmanagement)

Tabelle 18.11-3: Abflussverteilung auf Abflusskategorien in 2002 (Pegel Rutenbeck).

Grenze [m³/s]	ohne Talsperre (pot nat) in 2002	mit vorgeschriebener NWA in 2002	mit Temperaturmanage- ment in 2002
	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze
Grenze [m³/s]	Tage	Tage	Tage
< 1,0	2	0	0
< 2,0	7	0	0
< 3,0	36	0	0
< 4,0	80	24	24
< 5,0	71	131	123
< 6,0	36	63	61
< 7,00	19	24	26
< 8,00	11	7	10
< 9,00	16	14	17
< 10,0	17	7	8
<11,0	6	8	8
<12,0	4	3	4
<13,0	7	9	9
<14,0	8	2	2
<15,0	2	4	4
< 20,0	10	21	21
< 30,0	28	29	29
> 30,0	14	19	19
Gesamttag	365	365	365
Minimum:	0,026	3,30	3,30

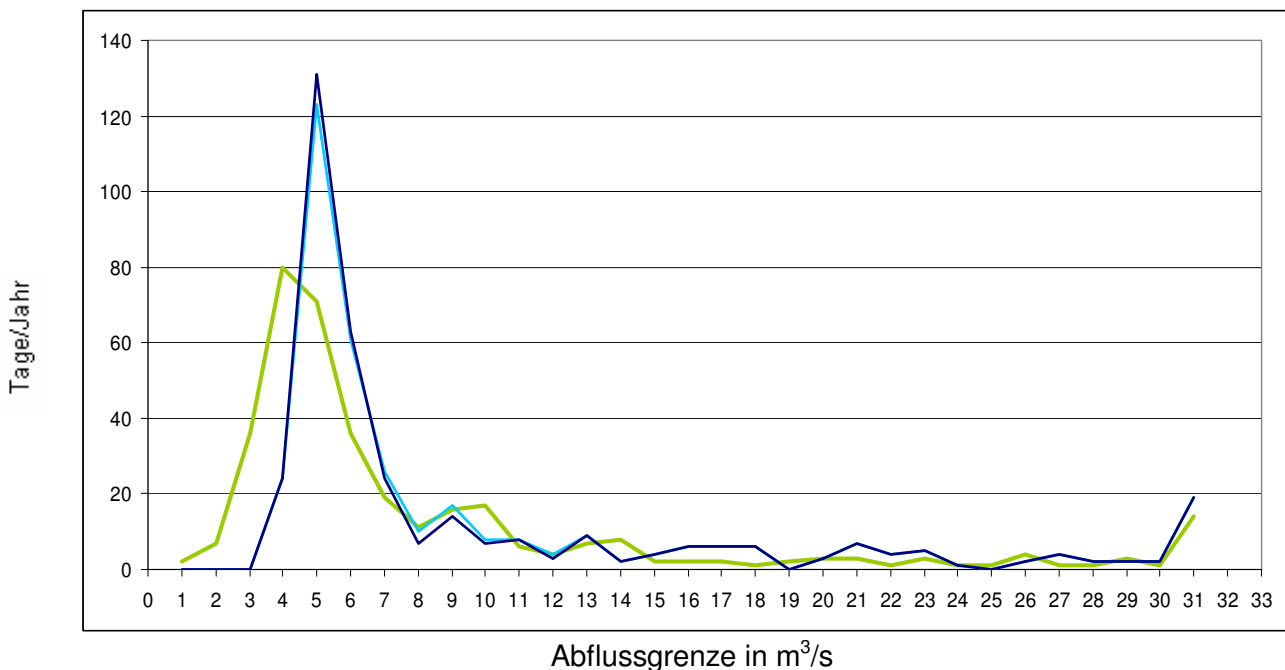


Bild 18.11-2: Volumenstromverteilung durch die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und die Umverteilung im Niedrigwasserbereich gemäß Temperaturmanagement im Jahr 2002 (grün: ohne Wupper-Talsperre; dunkelblau: bisherige Fahrweise; hellblau: Temperaturmanagement)

Tabelle 18.11-4: Abflussverteilung auf Abflusskategorien in 2003 (Pegel Rutenbeck).

	ohne Talsperre (pot nat) in 2003	mit vorgeschriebener NWA in 2003	mit Temperaturmanage- ment in 2003
	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze	Anzahl der Tage mit Abflüssen < Grenze
Grenze [m³/s]	Tage	Tage	Tage
< 1,0	34	0	0
< 2,0	66	0	0
< 3,0	27	0	0
< 4,0	54	115	99
< 5,0	47	147	142
< 6,0	30	30	32
< 7,00	16	8	14
< 8,00	10	2	7
< 9,00	13	4	8
< 10,0	10	3	6
<11,0	6	12	12
<12,0	10	11	11
<13,0	7	10	10
<14,0	7	4	5
<15,0	4	1	1
< 20,0	10	3	3
< 30,0	10	9	9
> 30,0	6	6	6
Gesamttag	365	365	365
Minimum:	0,020	3,16	3,16

In 2003 wird davon ausgegangen, dass nach Verbrauch von ca. 5 Mio m³ (mit entsprechender Steuerung = ca. 10 Mio m³) kein Wasser mehr zum Management zur Verfügung gestanden hätte. Demnach wäre das Wasser am 23.07.03 verbraucht gewesen.

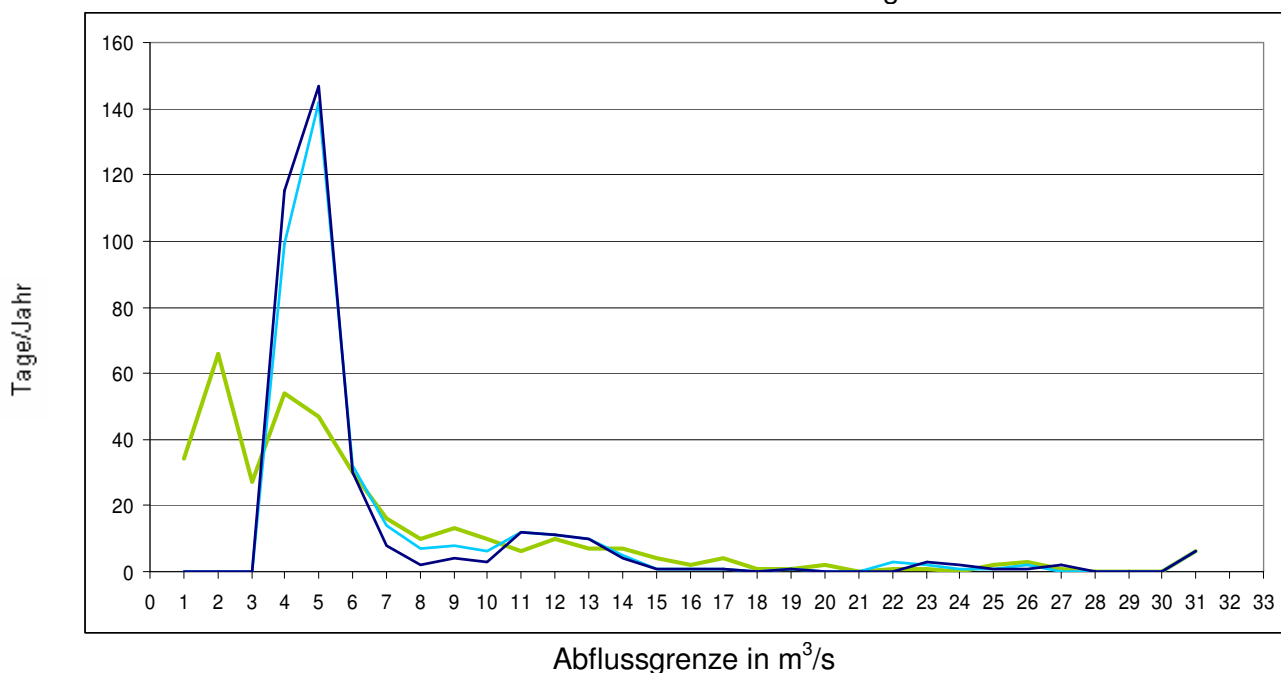


Bild 18.11-3: Volumenstromverteilung durch die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung und die Umverteilung im Niedrigwasserbereich gemäß Temperaturmanagement im Jahr 2003 (grün: ohne Wupper-Talsperre; dunkelblau: bisherige Fahrweise; hellblau: Temperaturmanagement)

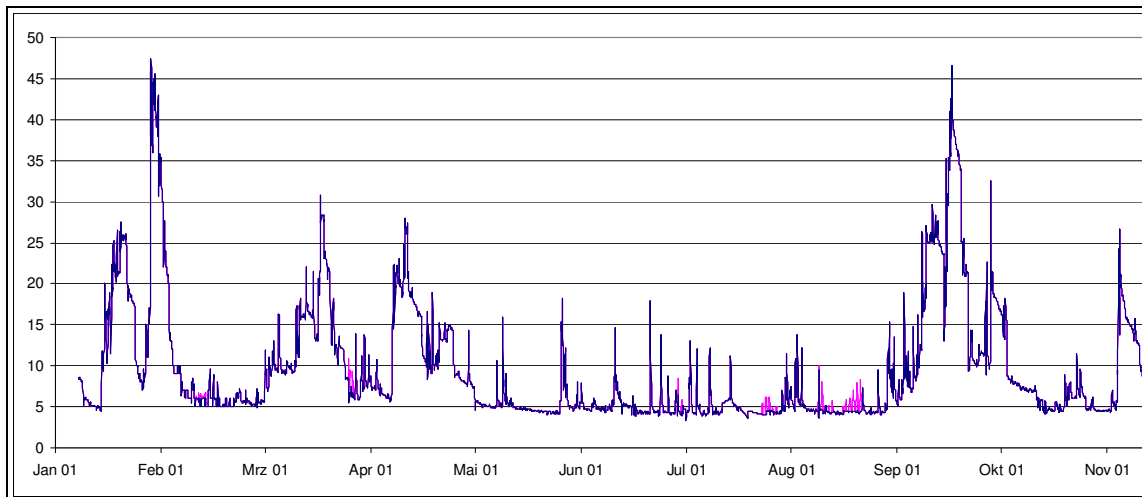


Bild 18.11-4: Temperaturmanagement in 2001 (blau: Abflussganglinie der Unteren Wupper (Pegel Rutenbeck) in 2001; violett: zusätzlicher Wasserbedarf zum Temperaturmanagement)

Durch das Temperaturmanagement kommt es zu einer weiteren Abnahme der Niedrigwasserabflüsse. Während das absolute Minimum nur geringfügig verschoben ist, sinkt die Zahl der Abflusstage mit Minima von unter $4 \text{ m}^3/\text{s}$ von 160 auf 137 (86%) der bisher üblichen Werte (ausgewertet Daten von 3 Jahren).

Bewertung und Diskussion

Während die vorgeschriebene Niedrigwasseraufhöhung das Abflussgeschehen der Unteren Wupper im Vergleich zum potentiell natürlichen Abfluss stark verändert, zeigt ein Vergleich der beiden "künstlichen" Abflusskurven, dass sie weitgehend deckungsgleich sind (Bilder 18.10-1 bis 18.10-3). Durch die vorgeschriebene NWA sind "echte" Niedrigwasserereignisse mit einem Trockenfallen von weiten Sohlbereichen des Gewässers nicht möglich.

Ob eine gewisse Veränderung im Strömungsbereich von $3,75 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $10 \text{ m}^3/\text{s}$ negative Auswirkungen auf das Makrozoobenthos und die Fische hat, bliebe zu untersuchen.

Der Wupperverband teilt grundsätzlich Bedenken zu Veränderungen der Abflussdynamik. Das Talsperrenmanagement fokussiert linear allein auf das Temperaturproblem.

Dennoch ist die Wupper mit ihrer derzeitigen „stabilisierenden“ Niedrigwasseraufhöhung weit von einer potentiell natürlichen Abflussdynamik (ebenso wie von einem potentiell natürlichen Zustand) entfernt. Ob bei der Vielzahl von Belastungen, welche die Wupper derzeit erfährt und vermutlich in den nächsten Jahren noch tragen muss, die Veränderung der derzeitigen Abflussdynamik durch das angedachte Talsperrenmanagement entscheidend für das Verfehlen des „guten Zustands“ sein wird, ist jedoch zu bezweifeln. Letztlich ist dies ein Abwägungsproblem [SCHARF, 2005].

18.12 Literatur zu Kapitel 18

KISSELER, H., (2005)

schriftliche Mitteilung, 15.02.2005, Wupperverband

SCHARF, W. (2005):

schriftliche Mitteilung, 22.03.2005, Wupperverband

19 Bilanzierung von Maßnahmenkonzepten

In Kapitel 19 werden die aus Kapitel 17 und 18 abgeleiteten und als prinzipiell sinnvoll erachteten Maßnahmenkonzepte eingehender beschrieben und quantifiziert. Dies dient als Grundlage für eine vergleichende Bewertung aus ökologischer und sozio-ökonomischer Sicht in Kapitel 20.

Dazu ist es notwendig, die Maßnahmenkonzepte in einem Umfang zu bilanzieren, der theoretisch jeweils allein eine Zielerreichung ermöglicht. Nur dieser gleiche Nutzen aller Maßnahmen erlaubt methodisch den angestrebten Vergleich hinsichtlich ökologischer und sozio-ökonomischer Stärken und Schwächen. Auf dieser Basis lassen sich dann aus den vergleichsweise besseren Ansätzen konkrete Maßnahmen ableiten, die in Kapitel 21 zur Problemlösung vorgeschlagen werden können.

Alle nachfolgend diskutierten Maßnahmen haben eine Verbesserung des Lebensraums Wupper und damit einen entsprechend ausgewogenen Fischbestand als Ziel. Zu erreichen ist dies über eine strukturelle Entwicklung der Wupper, vor allem aber über eine Reduzierung ihrer Wärmebelastung. Erreicht werden soll eine

- Sicherung einer reduzierten Maximaltemperatur im Sommerzeitraum,
- Sicherung günstiger Reproduktionsbedingungen für den Winterzeitraum.

19.1 Ableitung von Referenzbedingungen für die Wärmebelastung

Zur Diskussion und quantitativen Bewertung der einzelnen Maßnahmen bedarf es der Ableitung von Referenzbedingungen für die Belastung, an denen Art und Umfang der Maßnahmen festgelegt werden können. Die Referenzbedingungen müssen die typischen Belastungssituationen für die genannten Problemzeiträume darstellen, wobei man hierbei Maximalfälle identifizieren muss um sicher zu stellen, dass Art und Umfang der diskutierten Maßnahmen auch alle Eventualfälle mit großer Sicherheit abdecken können.

Zur Ableitung der Referenzbedingungen für die Belastung müssen die tatsächlichen Belastungssituationen der vergangenen Jahre gemessen an den Zieltemperaturen für die einzelnen Zeiträume aufgezeigt werden.

In der Wupper bestehen in den betrachteten Gewässerabschnitten nur relativ wenige Messstellen, an denen die Temperatur erhoben wird. Als Referenzpunkt bietet sich die Messstelle Rutenbeck an als diejenige, die westlich des Stadtgebietes gelegen alle Einflüsse aus den beiden Kraftwerkstandorten aufnimmt. Nicht enthalten ist allerdings die Temperaturbeeinflussung der Wupper durch den Ablauf der Kläranlage Buchenhofen, so dass sich für diese zu diesem Zeitpunkt keine Maßnahmen sinnvoll diskutieren lassen. Rutenbeck stellt zudem in etwa den Übergang zwischen den beiden Wasserkörpern der Wupper dar und damit den Übergang von einem strukturell bedingten HMWB hin zu Randbedingungen, die als potenziell natürlich eingeordnet werden können bzw. ein wesentlich höheres Entwicklungspotenzial aufweisen. Die Maßnahmen zur Optimierung der Wupper als Lebensraum zielen vor allem auf diesen Gewässerabschnitt ab.

Referenzmessstelle: Als Referenzpunkt wurde die Messstelle Rutenbeck gewählt

Zur Ableitung der Referenzfälle wurden die realen Verhältnisse aus den Jahren 2001 und 2002 heran gezogen. Weitere Erkenntnisse standen nicht zur Verfügung, da für die Vorjahre keine Temperaturmessungen durchgeführt wurden. Das Jahr 2003 stellte gerade für den Sommer ein Ausnahmejahr dar, während das Jahr 2004 eine untypische Belastungssituation

widerspiegelt, da sich das HKW Barmen durch seinen Umbau und das HKW Elberfeld wegen Schäden an Dampfturbine und Generator über weite Zeiträume nicht am Netz befanden und damit die von den Kraftwerksstandorten ausgehende Wärmebelastung deutlich geringer war.

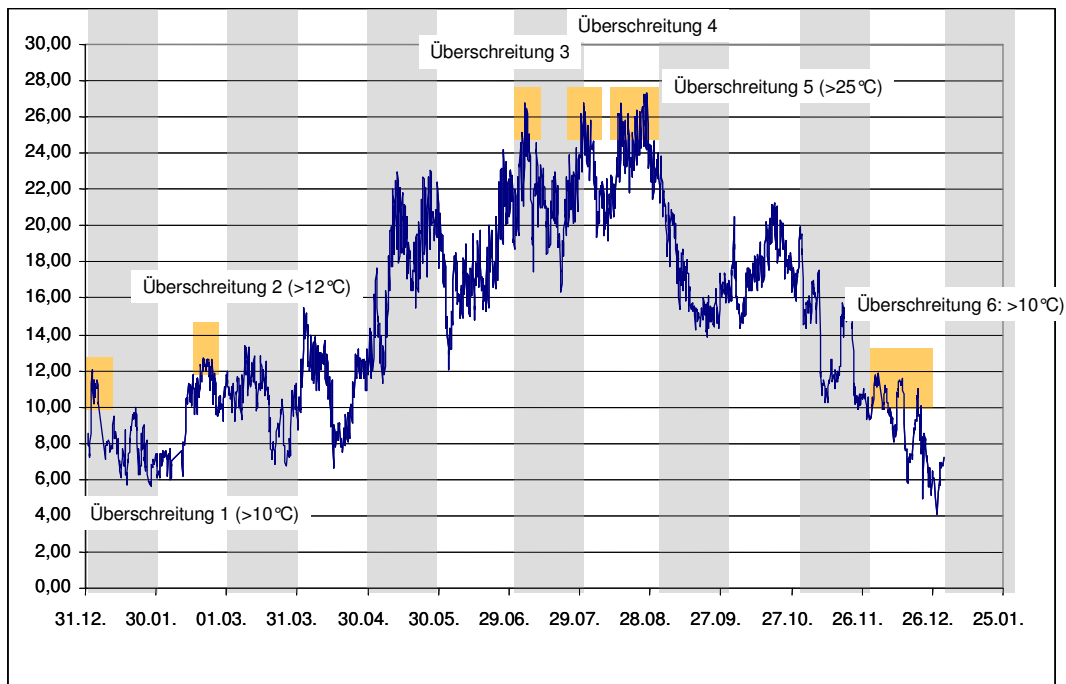


Bild 19.1-1: Temperaturverlauf im Zeitraum 2001

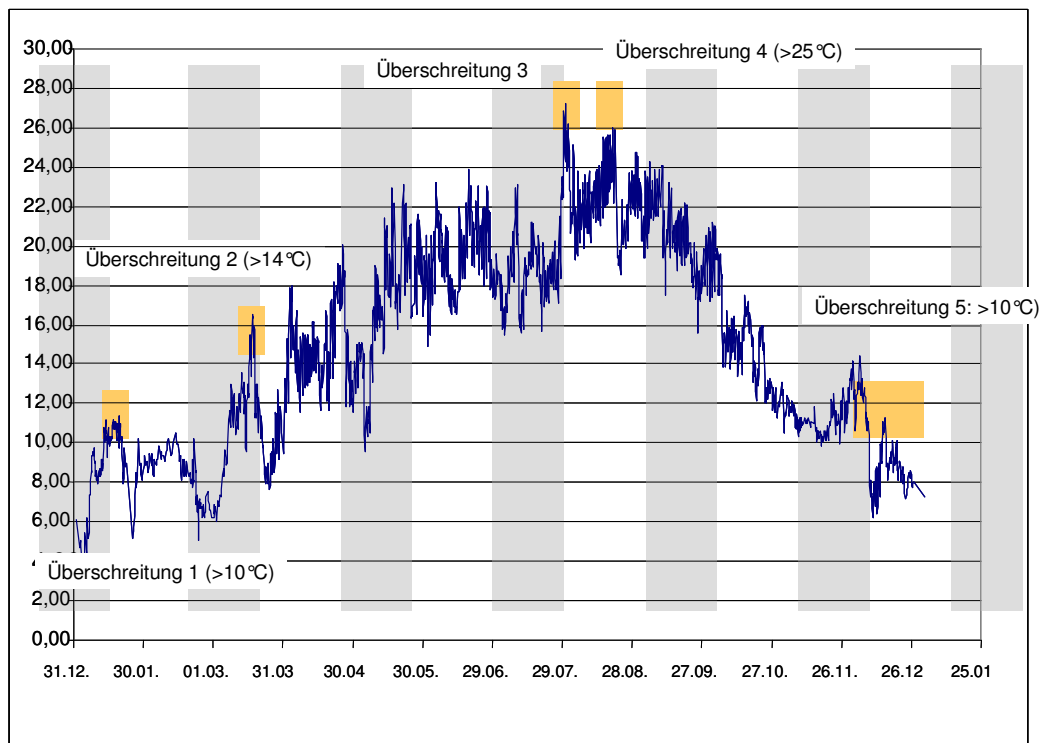


Bild 19.1-2: Temperaturverlauf im Zeitraum 2002

Referenzzeitraum: Die Referenzfälle wurden anhand der Belastungssituation der Jahre 2001 und 2002 abgeleitet

In den Graphiken 19.1-1 und 19.1-2 ist der Temperaturgang an der Messstelle Rutenbeck für die Jahre 2001 und 2002 aufgezeigt und die Zeiträume benannt, an denen es zu Überschreitungen der festgelegten Temperaturzielwerte kam. Wie man aus der Darstellung ersehen kann, ähneln sich die Überschreitungseignisse in den beiden Jahren. Festzustellen sind:

- Überschreitung im Zeitraum November/Dezember des Zielniveaus 10 °C
- Überschreitungen im Januar des Zielniveaus 10 °C
- Überschreitung im Zeitraum März des Zielniveaus 14 °C
- Überschreitung im Zeitraum Juli/August des Zielniveaus 25 °C

Im Betrachtungszeitraum des Jahres 2002 kam es zu einer Verschiebung der Überschreitungseignisse im Winter von November auf Dezember, vor allem verbunden mit einem deutlichen Temperaturanstieg nach einer längeren Phase niedrigerer Wassertemperaturen. Dieses Ereignis führt bei einigen Fischarten mit Sicherheit zu einem teilweisen Ausfall der Reproduktion. Die Temperaturüberschreitung erreichte hier maximal 4,3 K. Im Jahre 2001 trat das Ereignis mit einer Aufhöhung um nur etwa 2 K zu einem deutlich früheren Zeitpunkt auf, ohne dass die Tendenz der Temperaturentwicklung in der Wupper gebrochen worden wäre. Auswirkungen auf die Reproduktionsleistung sind hier weit weniger zu erwarten.

In beiden betrachteten Jahren liegen die Überschreitungen der Zielwerte bei maximal

- Juli/August 2002 maximal 2 K
- November/Dezember maximal 4,3 K (in 2001 2 K)
- Januar maximal 2,1 K
- März maximal 2,5 K

Referenzzeitpunkte der Überschreitung: Als Zeitpunkte für die Referenzfälle werden drei Zeiträume angesetzt mit den maximalen Temperaturüberhöhungen von 2 K bis 4,3 K

Um die Wärmefracht zu bestimmen, die zu diesen Zeitpunkten zuviel in die Wupper eingetragen wurde, bedarf es einer Information der zugehörigen Abflussmengen. Wie man aus der nachfolgenden graphischen Auswertung ersehen kann, liegen die Abflussmengen in allen Zeiträumen bei etwa 5 m³/s.

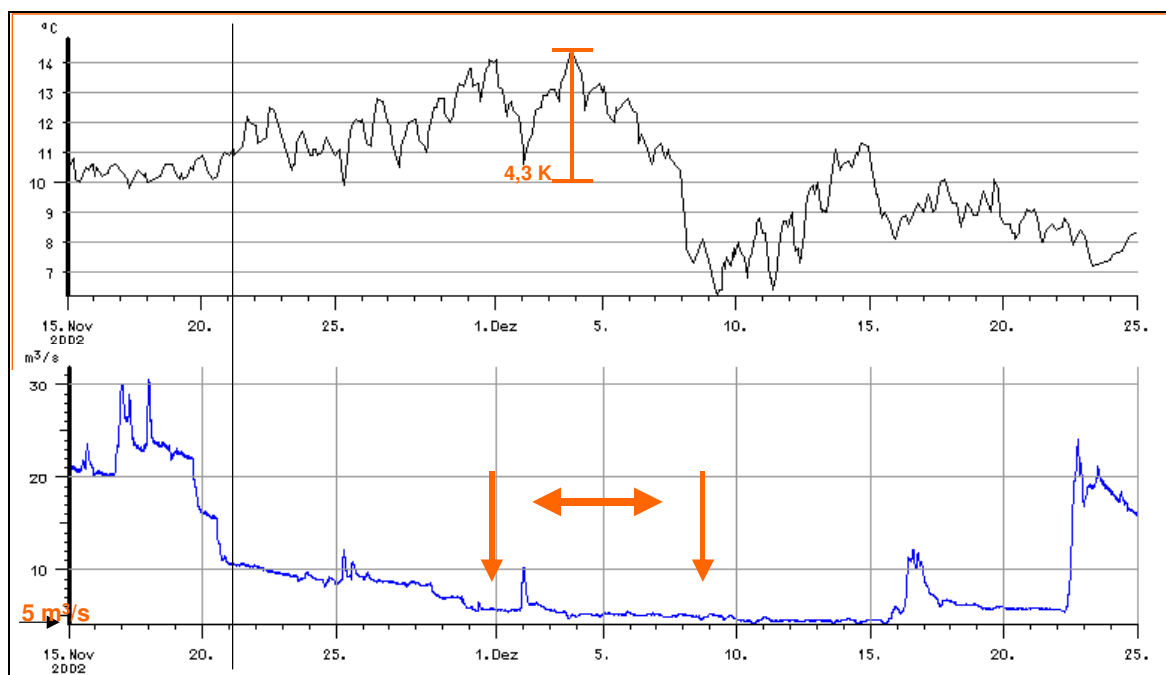


Bild 19.1-3: Lastfall Winter (ab 1. Dezember) mit Temperaturgang (oben) und Abflussmenge (unten)

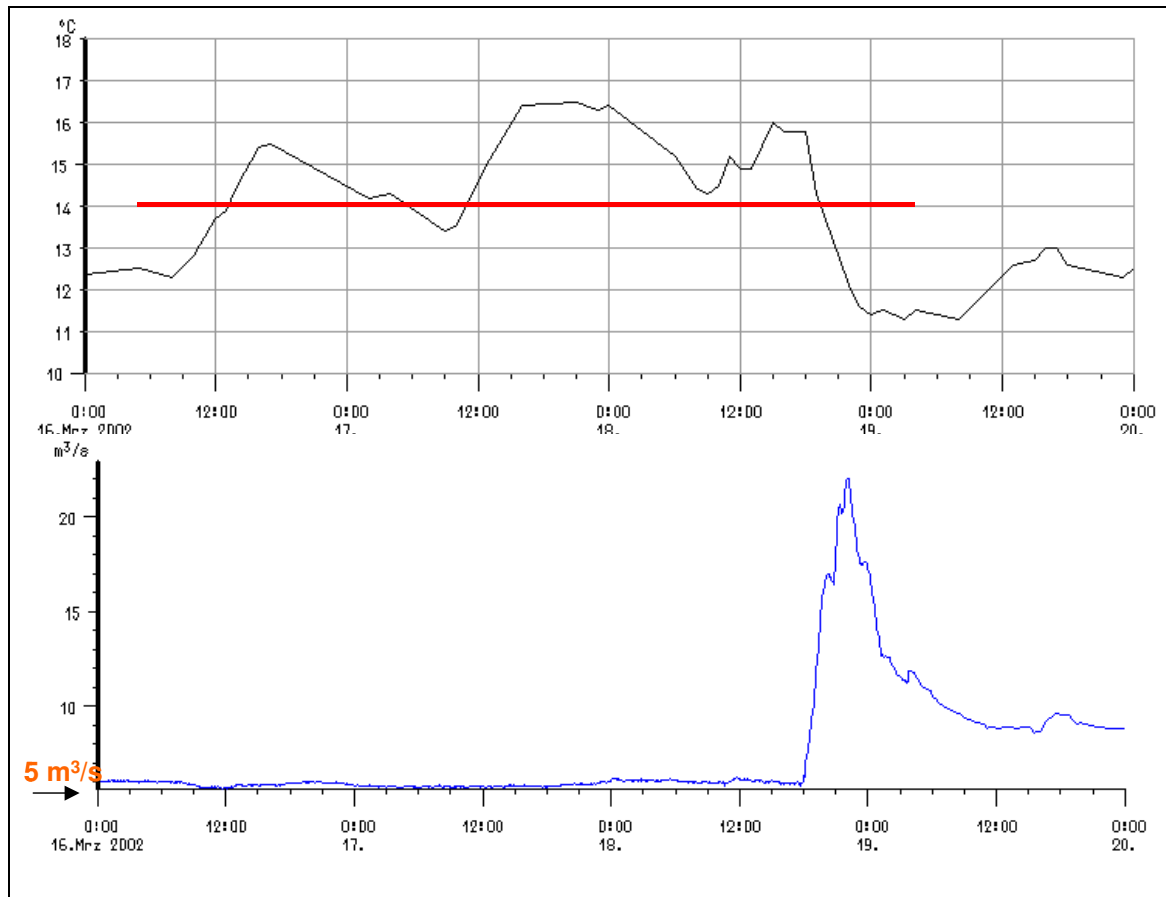


Bild 19.1-4: Lastfall Frühjahr mit Temperaturgang (oben) und Abflussmenge (unten)

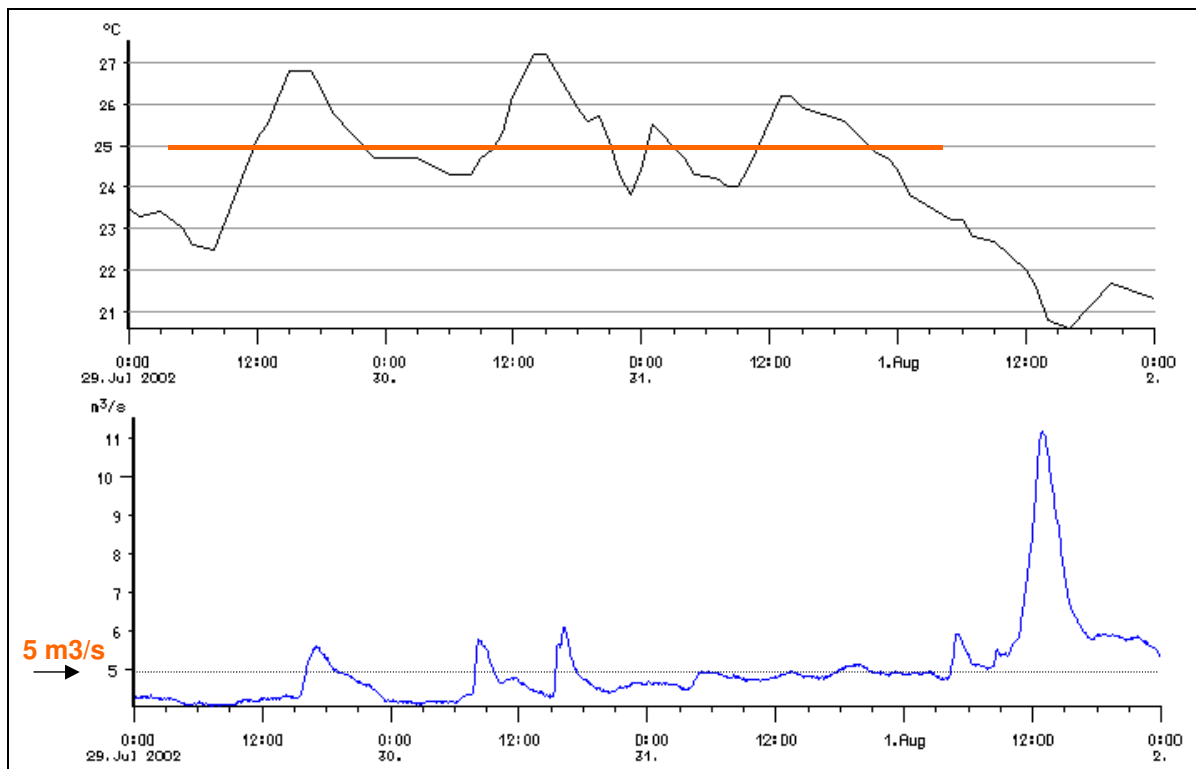


Bild 19.1-5: Lastfall Sommer mit Temperaturgang (oben) und Abflussmenge (unten)

Für alle diskutierten Maßnahmen, die an den beiden Kraftwerksstandorten ansetzen, gilt auf dieser Basis zunächst immer zu überprüfen, welche Wärmeeinträge denn nach der neuen Anlagenkonfigurationen für das HKW Barmen noch

- entweder zu vernichten (Kühlung),
- über die Ausdehnung des Fernwärmenetzes noch zu nutzen wären
- oder entsprechend für die Kraftwerksleistung zurück zu nehmen sind.

Analysiert man für die drei Lastfälle die tatsächliche Fahrweise der einzelnen Kraftwerksstandorte, ergibt sich folgende Situation:

Tab. 19.1-1 Randbedingungen Referenzfall Winter

„gemessene“ überhöhte Wärmelast			75 MW (4,3 K)
	Eintrag HKW Barmen	48 MW (2,7 K)	
	Eintrag HKW Elberfeld	70 MW (4 K)	
	Summe Wärmeeintrag	118 MW (6,7 K)	
Zulässige Maximaleinträge durch HKW-Standorte			118 MW – 75 MW 43 MW (3,7 K)

Tab. 19.1-1 Randbedingungen Referenzfall Frühjahr

„gemessene“ überhöhte Wärmelast			49 MW (2,5 K)
	Eintrag HKW Barmen	101 MW (5,1 K)	
	Eintrag HKW Elberfeld	44 MW (2,2 K)	
	Summe Wärmeeintrag	145 MW (7,3 K)	
Zulässige Maximaleinträge durch HKW-Standorte			145 MW – 49 MW 96 MW (4,9 K)

Tab. 19.1-1 Randbedingungen Referenzfall Sommer

„gemessene“ überhöhte Wärmelast			31 MW (1,8 K)
	Eintrag HKW Barmen	52 MW (3,0 K)	
	Eintrag HKW Elberfeld	44 MW (2,5 K)	
	Summe Wärmeeintrag	96 MW (5,5 K)	
Zulässige Maximaleinträge durch HKW-Standorte			96 MW – 31 MW 65 MW (3,7 K)

Mit der Umrüstung des Standortes HKW Barmen wird die Kondensationsstromerzeugung drastisch reduziert und damit auch der Wärmeeintrag in die Wupper. Die nachfolgenden Maßnahmen sind in ihrem Umfang auf diese modifizierte Problemsituation anzupassen.

Referenzbedingungen unter Berücksichtigung des Umbaus des HKW Barmen: Die überhöhte Wärmelast für den Winter verringert sich auf 64 MW, für das Frühjahr auf 40 MW und für den Sommer auf 17 MW.

Alle nachfolgend aufgeführten Maßnahmen werden so bilanziert, dass sie immer vollständig zur Problemlösung Wupper, d.h. Minderung des Wärmeeintrages um das notwendige Maß, beitragen. Ziel ist es, die Stärken und Schwächen der einzelnen Ansätze aus ökologischer und sozio-ökonomischer Sicht zu erkennen. Mit dieser Information und der Frage des Grades der Umsetzbarkeit und Realisierbarkeit der einzelnen Maßnahmen lässt sich dann ein Lösungskonzept entwickeln, das Elemente einzelner Maßnahmen umfassen kann.

19.2 Bilanzierung der zusätzlichen Wärmeabnahme / Maßnahmen am Markt

19.2.1 Lastfall Winter

Im Stadtgebiet und damit im Bereich der Fernwärmetrasse befinden sich im Vergleich zu den letzten Jahren nur noch wenig Industriestandorte, die über den derzeitigen Kundenstamm hinaus als potenzielle Wärmeabnehmer in Frage kämen. Eine offizielle Aufstellung dieser Betriebe besteht nicht. Potentielle Kunden wären noch im Bereich von Produktionsstandorten aber auch im Bereich Kliniken und anderen öffentlichen Einrichtungen vorhanden. Darunter befinden sich auch Standorte, die bislang eigene Energieerzeugungsanlagen betreiben, die wiederum - wenn auch im kleineren Maßstab - zu Wärmebelastungen der Wupper führen.

Eine Abschätzung zusammen mit den Wuppertaler Stadtwerken ergab, dass anschließbare industrielle Wärmeabnehmer maximal einen Bedarf von 10 MW über 6.000 Jahresstunden haben könnten. Mit der Auskopplung von 10 MW wäre eine Minderung der Abwärme in die Wupper von 7,5 MW verbunden.

Einige dieser potenziellen Kunden befinden sich in unmittelbarer Nähe zur Fernwärmetrasse bzw. sind an diese angeschlossen. Für die Umsetzung der Maßnahme wird daher angenommen, dass kein gesonderter Aufwand zum Anschluss an das Netz anfällt. Vernachlässigt werden auch mögliche weitere Anlagen auf den Standorten.

Den Berechnungen zugrund gelegt wird zudem, dass die Dampflieferungen in Konkurrenz treten zu einem bisherigen Einsatz von leichtem Heizöl. Der Berechnung des damit verbundenen Substitutionserfolges wird ein Energiegehalt von 10 kWh/l Heizöl und ein Jahresnutzungsgrad von 85% angesetzt.

Der ökologische Erfolg ergibt sich durch die eingesparten Emissionen an den einzelnen Standorten, die durch die Verbrennung des Heizöls entsteht, sowie der Aufwand und Emissionen, die für die Bereitstellung dieser Menge Heizöl am Lagerstätte zu verzeichnen sind. Für die ökonomische Berechnung wird als Prämisse ein Gewinn von 4€/MWh Dampf angesetzt.

Umfang der Maßnahme: Für den Lastfall Winter wird davon ausgegangen, dass sich mittelfristig zusätzlich 10 MW Dampf an industrielle Abnehmer vermarkten lassen.

Dies bedeutet, dass bei einer Maßnahme „zusätzliche Wärmeabnahme am Markt“ der verbleibende Überschuss an (Ab)Wärme über die Ausweitung des Fernwärmenetzes eingebunden werden muss. Der Ausbau des Fernwärmenetzes müsste sich rechnerisch auf eine Wärmeabnahme von etwas über 76 MW belaufen, die sich aus der zu vermeidenden Abwärmemenge von 56,5 MW ergibt:

Tabelle 19.2.1-1: Ausbau Fernwärme im Lastfall Winter

	Wärmeüberhang	
Wärmeüberhang im Lastfall	64 MW	
Dampfabnahme Industrie	7,5 MW	Ausweitung der Dampfvermarktung um 10 MW
Ausbau Fernwärmenetz	56,5 MW	Ausweitung der Wärmevermarktung um 76 MW

Nach den vorliegenden Informationen weist das bestehende Fernwärmenetz in Wuppertal mit 134 GWh/(km²*a) eine gute Wärmedichte auf. Legt man die Summe der Anschlüsse auf die maximale Netzbelastung um, ergibt sich ein spezifischer durchschnittlicher Anschlusswert von 230 kW/Abnehmer. Umgelegt auf die Trassenlänge von 70 km ergibt sich eine spezifische Netzlänge von 3,5 kW/Tm, wobei den weiteren Berechnungen ein Wert von 4 kW/Tm und alternativ 8 kW/Tm zugrunde gelegt wird. Diese groben Richtwerte werden von den örtlichen Rahmenbedingungen bestimmt und können bei Neubaugebieten mit Nahwärmeversorgung bis zu 1 kW/Tm liegen.

Tabelle 19.2.1-2: Kennzahlen Fernwärme

Maximale Netzbelastung	250 MW
Wärmeverkauf	603 GWh/a
Vollbenutzungsstunden	2.400 h/a
Versorgungsgebiet	4,5 km ²
Wärmedichte	134 GWh/(km ² *a)
Summe Abnehmer	1.100
Durchschnittliche Leistung	230 kW/Abnehmer
Netzlänge	70 Tkm
Spezifische Netzlänge	3,5 kW/Tm

Legt man die zusätzlich zu vermarktende Wärmemenge auf die durchschnittliche spezifische Leistung pro Abnehmer um, ergibt sich rechnerisch eine Zahl von etwa 330 Neukunden. Dies würde gegenüber dem heutigen Stand eine Erweiterung um **30%** entsprechen und voraussetzen, dass die Erweiterung nicht in Bereichen von 1- und 2-Familienhausbebauung erfolgt.

Geht man davon aus, dass angesichts der vergleichsweise guten Wärmedichte diese Neukunden nur über eine Netzerweiterung zu gewinnen wären, so bedeutet dies eine Erweiterung um 9,5 bzw. 19 (Tkm) Trassenkilometer. Dieser Aufwand muss bei der Bilanzierung der Kosten berücksichtigt werden. Er wird bei der Bilanzierung der Umweltauswirkungen vernachlässigt, da alle Erfahrungen aus ähnlichen Bilanzierungen zeigen, dass die Investitionsaufwendungen angesichts der "Lebenszeit" der getätigten Investitionen gering sind.

Bei der Bilanzierung der Umweltauswirkungen sind aber die Substitutionserfolge zu berücksichtigen. Auch bei dem Ausbau des Fernwärmenetzes wird davon ausgegangen, dass dies in Konkurrenz zu bestehenden Feuerungsanlagen auf Heizölbasis erfolgt. Als Bedarf werden 2.000 Jahresstunden zugrunde gelegt.

Als Gewinn aus dem Fernwärmeverkauf lässt sich als Prämisse 4 €/MWh ansetzen. Die Kosten, die dem gegenüber stehen, können sich für die Stadtwerke auf bis zu 1200 €/Tm belaufen, was deutlich über den Erfahrungswerten aus anderen Regionen bzw. Literaturwerten liegt und auf die besonderen Verhältnisse in Wuppertal zurück zu führen ist (Boden). Diese Kosten werden bis auf einen Zuschussanteil analog Erdgasanschlüssen etc. üblicherweise auf die Kunden umgelegt. Angesichts dieser hohen spezifischen Trassenkosten muss der Kostenanteil durch die Wuppertaler Stadtwerke zwischen 60% und 80% betragen. Für den genannten Trassenausbau ergeben sich so **Zuschusskosten von etwa 3,4 bis 18,2 Mio €** (Basis 2005).

Fazit: Sollte der für den Zeitraum Winter 2002 aufgezeigte Maximalfall eines Wärmeeintrages in die Wupper durch den Ausbau des Fernwärmenetzes ausgeschlossen werden, bedeutet dies über den genannten Industriekundenwert hinaus eine Erweiterung um 76 MW.

19.2.2 Lastfall Frühjahr

In dem Lastfall Frühjahr zeigt sich die Situation gegenüber dem bisherigen Problemstand dadurch anders, dass ein gehöriger Anteil der bisherigen Wärmefracht des untersuchten maximalen Lastfalls durch die Modifikation am Standort HKW Barmen aufgefangen wird.

Zu Buche schlagen:

- Die zusätzlichen industriellen Abnehmer zu 100%
- Die Erweiterung des Fernwärmenetzes wegen des geringeren Heizbedarfs zu etwa 30 bis 80%¹, natürlich stark abhängig von den tatsächlichen Außentemperaturen

Bezogen auf die Maximalerweiterung des Fernwärmenetzes um 76 MW, würde dies für das Frühjahr etwa 23 bis 61 MW bedeuten. Gemeinsam mit den industriellen Abnehmern, die mit 10 MW veranschlagt wurden, ergibt sich so rechnerisch die Möglichkeit, den zweiten Kessel des Kraftwerkes Elberfeld in seiner Leistung im schlechtesten Fall nur um etwa 11,3 MW_{el.} reduzieren zu müssen.

Tabelle 19.2.2-1 Ausbau Fernwärme im Lastfall Frühjahr

Wärmeüberhang		
Wärmeüberhang im Lastfall	40 MW	
Dampfabnahme Industrie	7,5 MW	Ausweitung der Dampfvermarktung um 10 MW
Ausbau Fernwärmenetz	17 MW bis 45 MW	Ausweitung der Wärmevermarktung um 23 MW bis 61 MW
Rechnerisch verbleibender Wärmeüberhang	15,5 MW bis –12,5 MW	

Wie aus obiger Aufstellung zu entnehmen ist, wäre durch die im Lastfall "Winter" skizzierte Maßnahme "Ausbau der Wärmevermarktung" das Ziel "Wassertemperatur der Wupper" im Frühjahr erreichbar, wenn witterungsbedingt eine entsprechende Wärmeabnahme aus dem Fernwärmenetz gegeben wäre. Herrschen im Frühjahr eher warme Temperaturen und damit geringerer Wärmebedarf, wäre der am Lastfall Winter orientierte Ausbau des Fernwärmenetzes nicht ausreichend.

Fazit: Im schlechtesten Fall wären 15,5 MW Wärmeeintrag durch die Reduktion der Kraftwerksleistung am Standort HKW Elberfeld zu vermeiden. Im besten Fall kann bei entsprechenden Außentemperaturen die über den Lastfall "Winter" aufgezeigte Ausweitung des Fernwärmenetzes die diskutierte Wärmemenge unterbringen.

19.2.3 Lastfall Sommer

Die für den Lastfall Sommer aufgezeigte überhöhte Wärmelast liegt bei 17 MW.

Wie aus der Aufstellung ersichtlich, lässt sich dieser aufgezeigte Wärmeüberhang von 17 MW durch eine Ausweitung des Fernwärmenetzes, die sich am Lastfall Winter orientiert, abfangen. Der spezifische Verbrauch pro Hausanschluss liegt für diesen Zeitpunkt (allein Warmwasserbereitstellung) jedoch so niedrig, dass die für den Lastfall Winter aufgezeigte Erweiterung des Fernwärmenetzes nur knapp ausreichen würde und voraussetzt, dass die beiden Heizkraftwerke nur mit halber Last gefahren werden. Die abgeschätzten 15 MW

¹ 80% errechnet anhand der monatlichen Gradtagszahlen aus Energiebereich Solingen, S. 10: März gegenüber Januar/Dezember;

[http://www2.solingen.de/kommunen/solingen/files.nsf/files/energiebericht2002.pdf/\\$file/energiebericht2002.pdf](http://www2.solingen.de/kommunen/solingen/files.nsf/files/energiebericht2002.pdf/$file/energiebericht2002.pdf)

ergeben sich aus der Annahme eines Warmwasseranteils von 15% und zusätzlich Netzverlusten. Dies entspricht einer Abwärmemenge in die Wupper von 11 MW.

Für den Lastfall Sommer ist mit Ausnahme der Ausweitung der industriellen Abnehmer die Ausweitung des Fernwärmernetzes allein eine ausreichende Maßnahme. Unterstellt man die für den Lastfall Winter aufgezeigte Ausweitung des Netzes, so reduziert sich der Wärmeüberhang rechnerisch auf:

Tabelle 19.2.3-1 Ausbau Fernwärme im Lastfall Sommer

	Wärmeüberhang	
Wärmeüberhang im Lastfall	17 MW	
Dampfabnahme Industrie	7,5 MW	Ausweitung der Dampfvermarktung um 10 MW
Ausbau Fernwärmenetz	11 MW	Ausweitung der Wärmevermarktung um 15
Rechnerisch verbleibender Wärmeüberhang	-1,5 MW	

Fazit: Es verbliebe rechnerisch kein Wärmeüberhang, da über die Anpassung am Standort HKW Barmen und Betrieb nur einer Dampfturbine bzw. eines Kessels HKW Elberfeld bereits der Kraftwerksbetrieb auf die Randbedingungen „Sommer“ eingestellt ist. Wichtig und zielführend wäre auch ein Ausbau der Vermarktung der sommerlichen Dampfnutzung zum Betrieb von Klimaanlagen, was den Kraftwerken weiteren Spielraum geben würde.

19.3 Bilanzierung einer Maßnahme der Kühlung (Hybridkühlturm)

19.3.1 Lastfall Winter

Die Maßnahme der Errichtung eines Kühlturms wird allein für den Standort HKW Elberfeld diskutiert. Dies ist vor allem dem Umstand geschuldet, dass ein derartiges Bauwerk allein dort errichtet werden könnte. Für diesen Standort wurde bereits in der Vergangenheit ein Konzept zur Einbindung eines Hybridzellekühlturms in den Kühlwasserkreislauf erstellt und Richtpreisangebote eingeholt, wobei die Angebotsanfragen auf detaillierten Spezifikationsunterlagen erstellt wurden [STEAG 2002].

Die Einbindung des Kühlturms wäre im Wesentlichen dadurch möglich, dass eine Verlängerung der Kühlwasserleitung vom jetzigen Auslauf zum geplanten Standort des Kühlturms durchzuführen wäre. Für die Förderung eines Kühlwasserteilstroms in den Kühlturm wären separate Pumpen erforderlich.

Der Auslegung des Kühlturms zugrunde liegt die Vorgabe einer zulässigen Aufwärmspanne von 3 K in der Wupper. Dies bedeutet, dass der Kühlturm bei einer Entnahmemenge von 2,1 m³/s maximal mit 62% der Wassermenge beaufschlagt würde mit einer Kühlleistung von 43 MW. Das im Auslegungsfall auf 22°C gekühlte Wasser wird unter das verbleibende Warmwasser untergemischt und mit 25°C der Wupper zugeführt. Es handelt sich demnach nicht um eine Kreislauf- sondern Ablaufschaltung, so dass das Kraftwerk kaum vom Kühlturbetrieb beeinflusst wird.

Auf dieser Basis wurden die ermittelten Richtpreise auf die in diesem Zusammenhang der Maßnahmen zu diskutierende Größe hoch skaliert. Daraus lässt sich eine Investitionssumme von etwa 10 Millionen € abschätzen. Nach Rücksprache mit den Stadtwerken würde für den

Kühlturm unter Berücksichtigung der Restlebensdauer der Anlagenteile des HKW Elberfeld über 10 Jahre abgeschrieben, so dass mit Instandhaltungskosten und den verbleibenden Auswirkungen auf die Stromerzeugung man auf **Jahreskosten von 1,544 Mio €** kommen würde.

Damit verbunden ist eine Minderung der Stromerzeugung um rechnerisch 1.740 MWh, die in einer ökologischen Bewertung dieser Maßnahme berücksichtigt werden muss. Auf eine Bilanzierung und Bewertung der eigentlichen Baumaßnahme selbst wird verzichtet.

19.3.2 Lastfall Frühjahr und Sommer

Die für den Lastfall Winter konzipierte Maßnahme sollte für die übrigen Lastfälle ausreichen.

19.4 Bilanzierung einer Rücknahme der Produktionsleistung

19.4.1 Lastfall Winter

Eine weitere Maßnahme besteht grundsätzlich darin, die Produktionsleistung an den beiden Kraftwerksstandorten bis zu dem Punkt zurückzufahren, an dem mit dem verbleibenden Wärmeeintrag in die Wupper die aufgezeigten Zielwerte nicht überschritten werden. Diskutiert wird eine (weitere) Reduzierung der Kraftwerksleistung nur für den Standort Elberfeld, da mit der Umrüstung des Standortes Barmen bereits eine Leistungsminderung verbunden ist bzw. diese sich für den Standort HKW Elberfeld als günstiger erweist. Die Übertragung der damaligen Betriebsverhältnisse in Barmen auf HKW Barmen neu erfolgte so, dass die analoge Wärmemenge in das Fernwärmenetz eingespeist wird.

Den modernisierten Standort HKW Barmen unterstellt, würde sich für den Lastfall "Winter" folgende Situation an den beiden Kraftwerksstandorten ergeben: Um die zulässige Wärmelast in die Wupper und damit die Zieltemperaturen in der Wupper zu erreichen, müsste die Stromproduktion an beiden Kraftwerksstandorten im Lastfall Winter um 47 MW, im Lastfall Frühjahr um 10 MW und im Lastfall Sommer um 2 MW zurück genommen werden.

Alle diskutierten Maßnahmen setzen am Standort HKW Elberfeld an, d.h. am Standort HKW Barmen würde wegen der günstigeren Betriebsbedingungen keine Anpassungen vorgenommen werden, während am Standort HKW Elberfeld die Kraftwerksleistung den Zieltemperaturen der Wupper angepasst würde.

Tabelle 19.4.1-1 Anpassung der Kraftwerksleistung - Lastfall Winter

Status	HKW Barmen (neu)	HKW Elberfeld	HKWs gesamt	Überhöhte Wärmelast
Stromerzeugung	74 MW	91 MW	165 MW	
Fernheizung	52 MW	28 MW	80 MW	
Luko		48 MW		
Abwärme in die Wupper	25 MW	82 MW	107 MW	64 MW
Angepasste Fahrweise	HKW Barmen (neu)	HKW Elberfeld	HKWs gesamt	Überhöhte Wärmelast
Stromerzeugung	74 MW	44 MW	118 MW	
Fernheizung	52 MW	28 MW	80 MW	
Luko		48 MW		
Abwärme in die Wupper	25 MW	18 MW	43 MW	

Fazit: Im Lastfall "Winter" wäre die Leistungsrücknahme der Kraftwerke mit einer Minderproduktion Strom von 47 MW_{el.} verbunden.

Für eine ökologische Bewertung dieser Maßnahme wird unterstellt, dass die Nachfrage grundsätzlich nicht tangiert ist, sondern die äquivalente Menge Strom auf andere Art und an anderer Stelle erzeugt werden müsste. Der in Wuppertal erzeugte Strom wird in das allgemeine Stromnetz gespeist, die Stromerzeugung einer äquivalenten Menge würde an anderer Stelle im allgemeinen Netz erfolgen, wobei man rechnerisch den bundesdeutschen Energieerzeugungssplit zugrunde legen kann. Ende der 90er Jahre lag dieser bei jeweils zu 27% bei Steinkohle und Braunkohle, 7,5% Erdgas und 0,5% Schweröl, knapp 4% Wasserkraft, etwa 0,3% Windkraft, knapp 1% Abfallverbrennung sowie 32,5% Kernkraft.

Ökologisch bedeutend sind die durch die Minderung der Kraftwerksleistung reduzierten Schadstofffreisetzungen und die damit verbundenen Umweltwirkungen gegenüber den Schadstofffreisetzungen, die mit der äquivalenten Menge elektrischer Energie über den aufgezeigten Kraftwerkssplit verbunden ist.

Für die hier durchgeführte Bilanzierung wird unterstellt, dass eine ausreichende Wärmeabgabe durch die HKWs an das Fernwärmenetz trotz der aufgezeigten Leistungsreduzierung nicht gefährdet wird.

19.4.2 Lastfall Frühjahr

Im Lastfall "Frühjahr" betrug die überhöhte Wärmelast in der Wupper zum Referenzzeitpunkt 40 MW. Setzt man dieser den zu diesem Zeitpunkt bestehenden Betrieb der Kraftwerke gegenüber, wird deutlich, dass die zulässige Maximallast der Kraftwerke zur Einhaltung der Zielwerte in der Wupper trotz Berücksichtigung HKW Barmen neu weiter reduziert werden müsste.

Tabelle 19.4.2-1

Anpassung der Kraftwerksleistung - Lastfall Frühjahr

Status	HKW Barmen (neu)	HKW Elberfeld	HKWs gesamt	Überhöhte Wärmelast
Stromerzeugung	75 MW	85 MW	160 MW	
Fernheizung	31 MW	36 MW	67 MW	
Luko		17 MW		
Abwärme in die Wupper	39 MW	97 MW	136 MW	40 MW
Angepasste Fahrweise	HKW Barmen (neu)	HKW Elberfeld	HKWs gesamt	Überhöhte Wärmelast
Stromerzeugung	75 MW	75 MW	150 MW	
Fernheizung	31 MW	36 MW	67 MW	
Luko		48 MW		
Abwärme in die Wupper	39 MW	57 MW	96 MW	

Die Reduktion am Standort HKW Elberfeld erfolgt um 10 MW_{el.}, wobei zusätzlich an diesem Standort die Leistung der Lukos deutlich erhöht würde. Damit geht eine Leistungsminderung von 3,1 MW_{el.} einher.

Fazit: Am Standort HKW Elberfeld muss zur Meisterung dieses Lastfalls die Leistung um 10 MW_{el.} zurück gefahren werden. Zudem wird die Leistung der Luftkondensatoren um 31 MW erhöht, was zu einer Minderleistung von 3,1 MW_{el.} führt.

Die Bilanzierung der damit verbundenen Kosten sowie der ökologischen Auswirkungen erfolgt im Prinzip analog Lastfall Winter.

19.4.3 Lastfall Sommer

Im Lastfall "Sommer" betrug die überhöhte Wärmelast in der Wupper zum Referenzzeitpunkt 31 MW. Allein durch die Umstellung am Standort HKW Barmen verringert sich diese Wärmelast rechnerisch um 14 MW.

Tabelle 19.4.3 Anpassung der Kraftwerksleistung - Lastfall Sommer

Status	HKW Barmen (neu)	HKW Elberfeld	HKWs gesamt	Überhöhte Wärmelast
Stromerzeugung	38 MW	50 MW	88 MW	
Fernheizung	11 MW	12 MW	23 MW	
Luko		21 MW		
Abwärme in die Wupper	24 MW	58 MW	82 MW	17 MW
Angepasste Fahrweise	HKW Barmen (neu)	HKW Elberfeld	HKWs gesamt	Überhöhte Wärmelast
Stromerzeugung	38 MW	48 MW	88 MW	
Fernheizung	11 MW	12 MW	23 MW	
Luko		38 MW		
Abwärme in die Wupper	24 MW	41 MW	65 MW	

Wie man aus der obigen Aufstellung entnehmen kann, ist zur Meisterung des extremen Lastfalls Sommer nur eine geringe weitere Reduktion der Kraftwerksleistungen über das übliche Maß hinaus notwendig. Im Regelfall sind über die Sommerzeit immer nur eine Turbine bzw. ein Kessel am Netz. Durch eine Leistungssteigerung der Luftkondensatoren um 17 MW und eine Reduktion der Produktionsleistung um 2 MW am Standort HKW Elberfeld lässt sich die Wärmeabgabe an die Wupper auf das Zielniveau einstellen.

Der erhöhte Betrieb der Luftkondensatoren wirkt sich auf die Netto-Produktionsleistung HKW Elberfeld aus. Es werden 1,7 MW_{el.} weniger produziert.

Fazit: Zur Meisterung des Extremereignisses Lastfall Sommer ist eine Minderung der Kraftwerksleistung um 2 MW notwendig. Die Wärmeabgabe an die Wupper lässt sich über einen zusätzlichen verstärkten Betrieb der Luftkondensatoren auf das Zielniveau einstellen.

Die Bilanzierung der damit verbundenen Kosten sowie der ökologischen Auswirkungen erfolgt im Prinzip analog Lastfall Winter.

19.5 Bilanzierung des Talsperrenmanagements

19.5.1 Lastfall Winter, Frühjahr und Sommer

Das Talsperrenmanagement wird zunächst (im Probebetrieb) mit Hilfe vorhandener Steuerorgane (zum Teil manuell) und Meßsonden durchgeführt. Insofern fallen hierfür keine zusätzlichen Kosten an. Auch der Betrieb der Talsperren nach einem neuen Betriebsplan erfordert nur die wie bisher üblichen Betriebskosten. Wenn sich das Talsperrenmanagement bewährt, muss allerdings über Automatisierung einiger Steuerorgane (Stausee Beyenburg) nachgedacht werden, wodurch gewisse Investitionskosten entstehen würden. Leider reicht das Talsperrenmanagement jedoch alleine nicht aus, um die erforderliche Reduktion der

Temperatur im Hinblick auf die Temperaturganglinie für die Fischfauna zu erreichen. Hierzu ist eine Kombination mit anderen Maßnahmen notwendig (z.B. Produktionsrücknahme).

19.6 Zusammenfassung der Maßnahmen und Kostenvergleich

Die oben aufgezeigten Maßnahmen an den Kraftwerkstandorten unterscheiden sich in den drei Konzepten A Ausbau Vermarktung Fernwärme, B Kühlung, C Reduktion der Produktionsleistung und D Talsperrenmanagement und lassen sich folgendermaßen zusammenfassen.

Die Maßnahme Ausbau des Fernwärmenetzes bzw. verstärkte Vermarktung der Wärme orientiert sich am Lastfall Winter und den dort zum Referenzfall aufgetretenen Wärmeüberhang. Der damit verbundene Netzausbau ermöglicht die Bewältigung des Lastfalls Frühjahr unter günstigen Randbedingungen. Der Lastfall Sommer wäre rechnerisch mit dem Ausbau Fernwärmenetz abgedeckt. Die skizzierten Gewinne durch die Vermarktung der Fernwärme basieren auf einem Gewinn von 4 €/MWh als Rechengröße.

Tabelle 19.6-1: Diskutierte Maßnahme Ausbau Wärme

Lastfall Winter		Ausbau Wärme	
	64 MW - 7,5 MW	Industriekunden 10 MW	Separate Investition am Industriestandort 6000 h/a 240.000 €/a Gewinn
	- 56,5 MW	Ausweitung Wärmenetz 76 MW	2000 h/a 608.000 €/a Gewinn 0,23 MW/Kunde 8 bzw. 4 kW/Trassenmeter 9 bzw. 19,5 Trassenkilometer 600€ bis 1200 €/Trassenmeter Baukosten 60% bis 80% Anteil WSW 3,4 bis 18,2 Millionen € Investkosten (Basis 2005)
Lastfall Frühjahr			
	40 MW - 7,5 MW	Industriekunden 10 MW	s.o.
	- 17 bzw. 45 MW	Ausweitung Wärmenetz 76 MW	30% bzw. 80% der Abnahme Winter „Aufwand“ s.o.
	Max. – 15,5 MW	Rücknahme HKW Elberfeld	11,3 MW elektrische Leistung
Lastfall Sommer			
	17 MW - 7,5 MW	Industriekunden 10 MW	s.o.
	-11,3 MW	Ausweitung Wärmenetz 76 MW	20% der Abnahme Winter „Aufwand“ s.o.

Die Maßnahme Errichtung eines Kühlturms bedeutet abgeleitet aus dem maximalen Kühlungsbedarf Lastfall Winter und den Voruntersuchungen für die Errichtung eines

Kühlturms am Standort Elberfeld eine Investitionssumme von etwa 10 Millionen €. Bei einer Abschreibung von 10 Jahren bedeutet dies Kosten von etwa 1,5 Millionen € pro Jahr.

Die Maßnahme einer Reduktion der Kraftwerksleistung ist rechnerisch auf den entsprechenden Bedarf an den ermittelten Lastfällen abzustellen. Wie aus der Aufstellung ersehen werden kann, sind die Kraftwerksleistungen teilweise erheblich zurückzunehmen, in den meisten Fällen jedoch über relativ kurze Zeiträume. Die wesentliche Änderung gegenüber dem Status Jahr 2002 erfolgt über die Umstellung des HKW Barmen. Der Gewinn bei Änderung der elektrischen Erzeugung im Zuwachs (Abgabepreis minus Brennstoffaufwand) wird mit 11,5 €/MWh angesetzt.

Tabelle 19.6-2: Diskutierte Maßnahme "Reduktion Kraftwerksleistung"

Reduktion Kraftwerksleistung			
Lastfall Winter	- 47 MWeL.	HKW Elberfeld	Minderleistung
Lastfall Frühjahr	- 10 MWeL.	HKW Elberfeld	Minderleistung
	- 3,1 MWeL.		Erhöhter Betrieb LUKOs
Lastfall Sommer	- 1,7 MWeL.	HKW Elberfeld	Erhöhter Betrieb LUKOs
	- 2 MWeL.		Minderleistung

Kostenvergleich

Basis einer Bewertung ist auch eine Abschätzung der mit den Maßnahmen verbundenen Kosten. Dabei kann es sich nur um eine Kostenabschätzung handeln, die es erlauben muss, die grundsätzlichen Unterschiede unter den diskutierten Maßnahmen zu erkennen. Eine Bezifferung der realen Kosten bedarf einer Konkretisierung der Maßnahmen in Richtung Planung und einer Detaillierung, die den Rahmen einer ersten Bewertung von alternativen Maßnahmen übersteigt.

Im Zusammenhang mit der Studie wurde allein auf die für die Stadtwerke anfallenden Kosten abgehoben. Gerade bei der Maßnahme Wärme fallen noch Kosten für die Abnehmer der Wärme an, als Kosten für die Wärmeübergabestation im Gebäude sowie die anteiligen Trassenkosten. Die Bezuschussung seitens der Kraftwerke muss sich an den Marktpreisen und den weiteren Kosten für alternative Energieträger ausrichten und kann dazu führen, dass real kleinere Margen als die angesetzten 4 €/MWh erzielbar sind.

In die Kostenabschätzung Kühlturm fließt eine 10-jährige Abschreibungszeit mit ein, ein vergleichsweise geringer Zeitraum, der sich an dem Status HKW Elberfeld orientiert. Für die Investition wird zudem ein Zins von 7% angesetzt. Für den Betrieb des Kühlturms müssen zudem Instandhaltungskosten etc. und die verminderte Stromerzeugung Berücksichtigung finden.

Die Maßnahme Ausbau Wärme zeigt den maximalen und minimalen Investitionsbedarf für die Stadtwerke auf, bei einer spezifischen Investition von 1200 €/Tm und einer Trassenlänge von 19 Tkm oder 600 €/TM und einer Trassenlänge von 9,5 Tkm. In der Kostenberechnung berücksichtigt ist ein Zuschussanteil der Stadtwerke, der den von den Kunden zu übernehmenden Anteil bei etwa 250 € pro Trassenmeter verbleiben lässt sowie eine Abschreibungszeit von 25 Jahren (Gesamt-Investkosten für den Ausbau der Fernwärmeversorgung von bis zu 22,8 Millionen €).

Die skizzierten Gewinne durch die Vermarktung der Fernwärme ergeben sich bei einem als Rechengröße angenommenen spezifischen Gewinn in Höhe von 4 €/MWh.

Das Rückfahren der Kraftwerksleistung geht von einem entgangenen Betrag (Abgabepreis minus Brennstoffaufwand) von 11,5 €/MWh aus und einer Minderarbeit von 14.800 MWh. Bei dieser Maßnahme wird sicher gestellt, dass trotz der Rücknahme der Kraftwerksleistung

ausreichend Wärme für die Versorgung des Netzes verbleiben und keine Kosten für An- oder Hochfahren von im Netz befindlichen Heizwerken anfallen.

Für das Talsperrenmanagement lassen sich zu diesem Zeitpunkt keine Kosten beziffern. Da teilweise Rohwasser in Anspruch genommen wird, das zu Trinkwasser weiter verarbeitet werden könnte und/oder zum Teil auf Talsperrenwasser zurück gegriffen werden könnte, das sich nicht im Eigentum der Stadtwerke befindet (Neye), sind auch hier prinzipiell Kosten für die Stadtwerke denkbar.

Auf eine Kostenabschätzung wurde jedoch verzichtet, da über ein modifiziertes Talsperrenmanagement eine ausreichende Trinkwasserversorgung nicht tangiert würde, das beanspruchte Talsperrenwasser würde so nur zu einem anderen Zeitpunkt im Jahr in das Wuppersystem abgelassen. Angesichts der geringen Abflussmengen der Wupper zu den Referenzfällen ist eher unwahrscheinlich, dass in relevantem Umfang die für das Management erhöhten abgelassenen Wassermengen die Auslegungswerte der Wasserkraftanlagen übersteigen und daher für die Stromerzeugung verloren gehen.

Tabelle 19.6.-3: Kostenübersicht über die Maßnahmen

Maßnahme Kühlturm 64 MW		Jahreskosten WSW
	Investition	1.424.000 €
	Betrieb	120.000 €
	Summe	1.544.000 €
Maßnahme Ausbau Wärme		
	Trasse max.	729.600 €
	Trasse min.	136.800 €
	Gewinn aus Wärme	1.441.400 €
	Summe max.	- 711.800 €
	Summe min.	- 1.304.000 €
Maßnahme Rückfahren der Kraftwerksleistung		
	Für 600 Problemstunden	171.000 €
Maßnahme Talsperrenmanagement		
	Investition	zunächst keine (Probetrieb)
	Betrieb	Kosten wie bisher
	Summe	zunächst keine

¹ angenommene Rechengröße für Gewinne der Fernwärme: 4 €/MWh

In Tabelle 19.6.1-2 sind die Maßnahmen in Bezug auf das Einsetzen ihrer Wirkung in der Wupper (Erreichen des erwünschten Temperaturprofils für die Fische) sowie in Bezug auf die Jahreskostenschätzung und die Gesamtkostenschätzung über 10 Jahre einander gegenüber gestellt.

Obwohl die Maßnahme "Ausbau der Fernwärme" die günstigste Kostenstruktur aufweist, wird ein 30%iger Ausbau des Fernwärmenetzes nach dieser Schätzung erst in 10 Jahren erreicht, so dass die Wirkung für die Fischfauna auch erst dann eintreten kann. Es wurde insgesamt eine Ausweitung des Fernwärmenetzes unterstellt, die in diesem Umfang sehr wahrscheinlich nicht realisiert werden kann.

Das Rückfahren der Kraftwerksleistung sowie das Talsperrenmanagement sind sofort einsetzbar, die Kombination der Maßnahmen zudem kostengünstig. Die Investitionskosten im Bereich Talsperrenmanagement konnten hier nur grob geschätzt werden, da der mögliche Bedarf noch nicht klar umrissen ist und zum Teil im Rahmen von anstehenden Sanierungen mit abgedeckt werden könnte.

Ein Kühlturm müßte zunächst geplant, genehmigt und dann gebaut werden. Hier wurden zwei Jahre bis zur Verwirklichung angesetzt. Der Kühlturm stellt darüber hinaus die teuerste Maßnahme für die WSW AG dar.

Tabelle 19.6-4: Maßnahmenvergleich

[illegible]

20 Vergleichenden Bewertung von möglichen Maßnahmen

Aus den in Kapitel 17 aufgezeigten grundsätzlichen möglichen Maßnahmen zur Bewältigung der bestehenden Problemsituation Wupper wurden einige identifiziert, die in Kapitel 18 und 19 eingehender beschrieben wurden und nun abschließend bewertet werden. Ziel ist es, diejenigen Maßnahmen zu identifizieren, die sich aus ökologischer und sozio-ökonomischer Sicht als vergleichsweise gut erweisen und damit wesentliche Bausteine zur Problemlösung darstellen sollten.

20.1 Ökologische Bewertung

20.1.1 Methode zur ökologischen Bewertung

Die Bilanzierung der Umweltauswirkungen erfolgt über verschiedene Wirkungskategorien. Die mit den Maßnahmen einhergehenden Freisetzen von Schadgasen, Schwermetallen oder auch Betriebsmitteleinsätze lassen sich einzelnen Umweltwirkungen zuordnen, wobei jeweils der Beitrag eines Wirkungsbilanzparameters zur jeweiligen Wirkung bestimmt werden muss. Im Grunde können dabei nur Wirkungspotenziale abgeschätzt werden. Unter Wirkungspotenzial ist zu verstehen, dass ein Stoff zu einer negativen Umweltwirkung *möglicherweise* in einem bestimmten Ausmaß beiträgt.

Die Ökobilanz ist ein Umweltbewertungsinstrument, das geeignet ist, große zusammenhängende Systeme raum- und medienübergreifend mit klar definierten Wirkungskriterien zu bewerten. Identifizieren lässt sich für eine abschließende Urteilsfindung die „besser umweltverträgliche“ Maßnahmenoption. Die Beurteilung erfolgt auf der Basis potenzieller Umweltwirkungen, die insbesondere die je nach Maßnahmenoption in unterschiedlicher Höhe auftretenden Emissionen nach sich ziehen können.

Sind die Ergebnisse der vergleichenden Bewertung der Maßnahmenoptionen für die einzelnen Wirkungskategorien unterschiedlich oder gegenläufig, gilt es zunächst zu beachten, welche Bedeutung angesichts der potenziellen ökologischen Gefährdung den einzelnen Kriterien bzw. Wirkungskategorien zukommt. Hierzu wird auch der Abstand der derzeitigen Belastungssituation von umweltpolitischer Seite gesetzten Zielvorgaben (Distance to Target) als Maßstab herangezogen.

Die vergleichende Bewertung der verschiedenen möglichen Maßnahmen aus ökologischer aber auch aus sozio-ökonomischer Sicht setzt voraus, dass sie sich jeweils in der Zielerreichung d.h. dem angestrebten Temperaturniveau für die Wupper gleichen. Eine vergleichende Bewertung verschiedener Ansätze ist nur dann möglich, wenn sie sich in dem erreichten Ziel gleichen.

Dies bedeutet, **dass für die einzelnen Maßnahmen keine unterschiedlichen Auswirkungen für den Lebensraum Wupper diskutiert und bewertet werden müssen**. Die Maßnahmen unterscheiden sich hierin nicht. Jede diskutierte Maßnahme setzt jedoch an unterschiedlichen Stellen der Produktion und der Vermarktung von Energie an und ist demnach mit einem unterschiedlichen Aufwand und unterschiedlichen Folgen verbunden. Diese Aufwendungen und Auswirkungen haben Folgen in ökologischer und sozio-ökonomischer Hinsicht und können anhand der entsprechenden Kriterien vergleichend bewertet werden.

Methodisch grundsätzlich möglich ist es, auch die biologische Qualität der Wupper quasi wie einen analogen "Drehknopf" variieren zu können, um so ein gewünschtes Verhältnis von "Maßnahmen zu ökologischer Wirkung" herstellen zu können. Da sich die Untere Wupper jedoch im hier erörterten Zielzustand (Kapitel 13) thermisch am äußersten Rande einer Salmonidenregion befindet, bedeutet jedwede Abmilderung der ökologischen Ziele automatisch im Hinblick auf die Fischfauna einen Rückfall in den derzeitigen IST-Zustand ohne Salmoniden. Insofern lassen sich im Hinblick auf die Fische nur zwei Zustände identifizieren: eine Biozönose, die fast ausschließlich aus Weissfischen besteht oder eine Biozönose, die aus einer Mischung von Weissfischen mit einem geringen Anteil an Salmonidenartigen besteht.

Allein die Qualität des Makrozoobenthos und in Grenzen eventuell des Phythobenthos ließe sich "analog" verbessern, d.h. eine geringe Verbesserung der Temperaturen könnte sich eventuell hier abbilden, ohne dass sich bei den Fischen etwas verändert. Da jedoch beide biologischen Qualitätselemente nicht sehr stark auf den Belastungsfaktor Temperatur reagieren, ist auch hier fraglich, inwieweit ein feststellbares Ergebnis erzielt würde.

Eine Abmilderung der Zieltemperaturen für die Wupper wäre auch nur dann notwendig gewesen, wenn grundsätzlich keine Maßnahmen zur Verfügung stehen würden, diese Ziele zu erreichen. Alle diskutierten Maßnahmen sind jedoch in der Lage, die Ziele zu erreichen. Aus diesen Gründen wurde der Ansatz einer Variation der ökologischen Ziele hier nicht weiter verfolgt.

20.1.1.1 Kriterien zur ökologischen Bewertung

Über eine Vielzahl von Kriterien lässt sich prinzipiell das ganze Spektrum an Umweltwirkungen diskutieren und bewerten. Angesichts des Charakters der in dieser Fragestellung zu diskutierenden Maßnahmen ist es jedoch angebracht, sich auf diejenigen Kriterien bzw. Wirkungskategorien zu beschränken, für die bedeutende Folgen zu erwarten sind bzw. über die sich die spezifischen Unterschiede der unterschiedlichen Maßnahmen erkennen lassen.

Bilanziert werden zunächst für alle betrachteten Maßnahmen insbesondere die damit verbundenen stofflichen Emissionen (aber auch Betriebsmitteleinsätze). Im Schritt der Wirkungszuordnung werden dann diese Sachbilanzparameter einer Umweltwirkungskategorie zugeordnet. Der Schritt dient damit als Vorstufe zur übersichtlichen Bewertung und Aggregation von Sachbilanzinformationen. Die Vielzahl an Einzelparametern aus dieser Sachbilanz lassen sich über sogenannte Wirkungsäquivalente auf wenige Umweltwirkungen beziehen. Dabei wird ein Stoff in äquivalenten Mengen eines anderen Stoffes, z.B. die Treibhauswirkung des Methans in Wirkungsäquivalenten des Kohlendioxids, ausgedrückt.

Folgende Wirkungsindikatoren bzw. Bewertungskriterien werden zur Beurteilung der Maßnahmooptionen herangezogen:

Treibhauseffekt

Die bisher meist in Ökobilanzen angewandte Aggregationsmethode zur Berechnung des Treibhauspotenzials in Form von CO₂-Äquivalenten wird allgemein anerkannt. Mit dem Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) besteht zudem ein internationales Fachgremium, das sowohl Methode als auch die entsprechenden Kennzahlen für jede klimawirksame Substanz errechnet und fortschreibt.

Bei der Berechnung von CO₂-Äquivalenten wird die Verweilzeit der Gase in der Troposphäre berücksichtigt, daher stellt sich die Frage, welcher Zeitraum der Klimamodellrechnung für die Zwecke der Ökobilanz verwendet werden soll. Es existieren Modellierungen für 20, 50 und 100 Jahre. Die Modellrechnungen für 20 Jahre beruhen auf der sichersten Prognosebasis (was die Wirkungscharakterisierung von Methan betrifft). Das Umweltbundesamt empfiehlt die Modellierung auf der 100-Jahresbasis, da sie am ehesten die langfristigen Auswirkungen des Treibhauseffektes widerspiegelt. Sie wurde in diesem Projekt verwendet. Nachfolgend werden die in den Berechnungen des Treibhauspotenzials angetroffenen Substanzen mit ihren CO₂-Äquivalenzwerten - ausgedrückt als „Global Warming Potential (GWP)“ aufgelistet.

Tabelle 20.1.1.1-1: Treibhauspotenzial verschiedener Stoffe

Treibhausgas	CO₂-Äquivalente (GWP_i) in kg CO ₂ -Äq/kg
Kohlendioxid (CO ₂), fossil	1
Methan (CH ₄), fossil	21
Distickstoffmonoxid (N ₂ O)	310

$$GWP = \sum_i (m_i \times GWP_i)$$

Der Beitrag zum Treibhauseffekt wird durch Summenbildung aus dem Produkt der emittierten Masse einzelner treibhausrelevanter Schadstoffe (m_i) und dem jeweiligen GWP (GWP_i) nach der voranstehenden Formel berechnet [KLÖPFFER, 1995].

Eutrophierung, terrestrisch

Die Eutrophierung steht für eine Nährstoffzufuhr im Übermaß, sowohl für Gewässer als auch für Böden. In dem Zusammenhang der zu diskutierenden Maßnahmenoptionen wird allein die potenzielle Eutrophierung von Böden bilanziert und bewertet.

Zur Berechnung der Nährstoffzufuhr kann zur Zeit keine bessere Alternative als die Aggregation in Phosphatäquivalenten [KLÖPFFER, 1995] genannt werden. Nachfolgend sind die im Rahmen dieses Projektes vorkommenden verschiedenen Schadstoffe bzw. Nährstoffe mit ihren Eutrophierungspotenzialen (Nutrification Potential NP) in Form von Phosphatäquivalenten aufgelistet. Der Beitrag zum Eutrophierungspotenzial errechnet sich durch Summenbildung aus dem Produkt der emittierten Menge der einzelnen Schadstoffe und dem jeweiligen NP nach folgender Formel:

$$NP = \sum_i (m_i \times NP_i)$$

Tabelle 20.1.1.1-2 Eutrophierungspotenzial (Luft) verschiedener Stoffe

Nährsubstanz	PO₄³⁻-Äquivalente (NP) in kg PO ₄ ³⁻ -Äq/kg
Stickoxide (NO _x als NO ₂)	0,13
Ammoniak (NH ₃)	0,346

Versauerung

Eine Versauerung kann sowohl bei terrestrischen als auch bei aquatischen Systemen eintreten. Verantwortlich ist die Emission säurebildender Abgase. Die in [KLÖPFFER, 1995] beschriebene Berechnung von Säurebildungspotenzialen wird als adäquat für Ökobilanzen angesehen. Damit sind insbesondere keine spezifischen Eigenschaften der belasteten Land- und Gewässersysteme vonnöten. Die Messung des Säurebildungspotenzials erfolgt üblicherweise durch Umrechnung auf SO₂-Äquivalente. Nachfolgend sind Schadstoffe mit ihren Versauerungspotenzialen, engl. Acidification Potential (AP), in Form von SO₂-Äquivalenten aufgelistet.

Tabelle 20.1.1.1-3 Versauerungspotenzial verschiedener Stoffe

Schadstoff	SO ₂ -Äquivalente (AP) in kg SO ₂ -Äq/kg
Schwefeldioxid (SO ₂)	1
Stickoxide (NO _x als NO ₂)	0,7
Chlorwasserstoff (HCl)	0,88
Fluorwasserstoff (HF)	1,6
Ammoniak (NH ₃)	1,88

$$AP = \sum_i (m_i \times AP_i)$$

Der Beitrag zum Versauerungspotenzial wird durch Summenbildung aus dem Produkt der emittierten Menge der einzelnen Schadstoffe und dem jeweiligen AP nach der voranstehenden Formel berechnet.

Toxische Schädigung von Menschen – Beitrag zur großräumigen Belastung mit PM₁₀

In letzter Zeit sind insbesondere Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser < 10µm in den Mittelpunkt des Verdachts geraten, ein besonders hohes Toxizitätspotenzial für Menschen zu haben. In zahlreichen Studien wurde der Zusammenhang zwischen Partikelbelastung und Mortalität oder Morbidität erfasst. Im Ergebnis zeigte sich, dass bei einer Erhöhung der Immissionskonzentrationen von PM₁₀ die Mortalität infolge von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-erkrankungen stark zunimmt.

Die großräumige Belastung mit Feinstaub mit einem Partikeldurchmesser von ≤10 µm (PM₁₀) wird sowohl durch direkte Emissionen von Feinstaub, als auch durch Sekundärpartikel bedingt, die sich aus Vorläufersubstanzen bilden. Dazu zählen NO₂, SO₂, Ammoniak und NMVOC. Die Zuordnung erfolgt mit *aerosol formation factors*, die in der Berichterstattung der EU [EEA, 2002] angewendet und auch von der WHO als Indikator für die Luftqualität empfohlen werden [WHO, 2002]. Die Faktoren wurden aus den Arbeiten von DE LEEUW [2002] abgeleitet und werden von diesem als repräsentativ für die Bedingungen in Europa eingestuft. Sie setzen sich zusammen aus dem Anteil der Vorläufersubstanz, der in Aerosolform umgewandelt wird, und aus einem Massenkorrekturfaktor, der die Umwandlung des gasförmigen Schadstoffs in den Aerosolanteil beschreibt (SO₂ -> SO₄; NO₂ -> NO₃; NH₃ -> NH₄). Für PM₁₀ beträgt der Faktor 1. Für NMVOC ist die Zuordnung schwierig und verlangt die Kenntnis der Einzelverbindungen. Der von HELDSTAB et al.

[2002] für die NMVOC-Emissionen in der Schweiz abgeleitete Mittelwert des PM₁₀-Potenzials beträgt 0,012.

Der Beitrag zum Potential wird durch Summenbildung aus dem Produkt der emittierten Menge der einzelnen Schadstoffe und dem jeweiligen PM₁₀-Potential nach folgender Formel berechnet:

$$PM10 = \sum_i (m_i \times PM10_i)$$

Tabelle 20.1.1.1-4: PM₁₀-Risikopotenzial verschiedener Luftschadstoffe

Partikel PM ₁₀ und Vorläufersubstanzen		PM ₁₀ -Äquivalente in kg PM ₁₀ -Äq./kg
Partikel PM ₁₀		1
Partikel aus Deselemissionen		1
Sekundäraerosolbildner		
	NO _x	0,216
	SO ₂	0,087
	NH ₃	0,159
	NMVOC	0,012

Ressourcenbeanspruchung

Der Verbrauch von Ressourcen wird als Beeinträchtigung der Lebensgrundlagen des Menschen angesehen. In allen Überlegungen zu einer dauerhaft umweltgerechten Wirtschaftsweise spielt die Schonung der Ressourcen eine wichtige Rolle. Der Begriff Ressourcen wird dabei manchmal beschränkt auf erschöpfliche mineralische oder fossile Ressourcen angewendet oder sehr weit interpretiert, indem z.B. genetische Vielfalt, landwirtschaftliche Flächen etc. darin eingeschlossen werden.

Für eine Bewertung der Ressourcenbeanspruchung innerhalb der Wirkungsabschätzung wird üblicherweise die „Knappheit“ der Ressource als Kriterium herangezogen. Zur Bestimmung der Knappheit einer Ressource werden, bezogen auf eine bestimmte geographische Einheit, die Faktoren Verbrauch, eventuelle Neubildung und Reserven in Beziehung gesetzt. Als Ergebnis erhält man einen Verknappungsfaktor, der dann mit den in der Sachbilanz erhobenen Ressourcendaten verrechnet und in einen Gesamtparameter für die Ressourcenbeanspruchung aggregiert werden kann.

Nach Auffassung des ifeu-Instituts sollte die Energie als eigenständige Ressource angesehen werden, für die sich verschiedene Ansätze der Wirkungsaggregation anbieten: zum einen allein auf den allgemeinen Nutzwert der Energieressourcen, nämlich den Wärmeinhalt (in kJ) gestützt oder zum anderen auf den Nutzwert unter Berücksichtigung der spezifischen Knappheit der einzelnen Energieträger. Für den zweiten Ansatz ist die Berechnung der statischen Reichweiten¹ der Ressourcen hilfreich. In der Wirkungsabschätzung des Umweltbundesamtes zu der Ökobilanz Getränkeverpackungen wurden die Knappheiten auf Erdöl-äquivalenzknappheiten bezogen und berechnet [UBA 1995]. Die nachfolgende Tabelle gibt die Umrechnungsfaktoren zur Berechnung der statischen Reichweite und damit der Rohöläquivalente wieder.

1 Die „statische Reichweite“ (in Jahren) errechnet sich durch Division der aktuellen Weltreserven (in Tonnen) durch den aktuellen Verbrauch der jeweiligen Ressource (in Tonnen pro Jahr).

Tabelle 20.1.1.1-5 Rohöl-Äquivalenzwerte fossiler Energieressourcen

Rohstoffe in der Lagerstätte	Rohöl-Äquivalente
	in kg Rohöl-Äq./kg
Braunkohle	0,0409
Erdgas	0,5212
Erdöl	1
Steinkohle	0,1836

Lärm

Vor allem Verkehrslärm stellt für viele Bewohner gerade in Städten eine permanente Belästigung dar. In wachem und schlafenden Zustand verursacht anhaltend starker Umgebungslärm beim Menschen eine vermehrte Ausschüttung verschiedener Stresshormone. Erste Untersuchungen des Umweltbundesamtes geben Anlass zur Befürchtung, dass durch Lärm die Risiken für Krankheiten des Herz-Kreislauf-, des Magen-Darm- und des Immunsystems erhöht werden.

Im Rahmen der vergleichenden Bewertung der verschiedenen Maßnahmen lassen sich keine spezifischen Geräuschemissionen quantifizieren. Darüber hinaus lassen sich generell nur schwer potenzielle Wirkungen zuordnen.

Die vergleichende Bewertung der verschiedenen Maßnahmen über ihren unterschiedlichen Beitrag zu potenziellen Lärmbelastung erfolgt daher nur qualitativ.

20.1.1.2 Vergleichende Bewertung

Die abschließende Bewertung über die mit den verschiedenen Maßnahmen verbundenen Umweltwirkungen erfolgt als verbal-argumentative Abwägung, d.h. das Ergebnis ist durch „Argumentieren“ zu gewinnen. Als Argumentationshilfen dienen:

spezifischer Beitrag der Umweltwirkungen:

Welche Bedeutung ist den Unterschieden zwischen den Maßnahmen beizumessen, vergleicht man diese mit der aktuellen, jährlichen Gesamtemission in Deutschland

ökologische Gefährdung:

Welche Bedeutung ist den einzelnen Kriterien nach Stand der Wissenschaft wie auch der Sensibilität der Bevölkerung oder der Politik zuzumessen.

Abstand zum Schutzziel (Distance to Target):

Wie weit entfernt ist die derzeitige Umweltsituation gegenüber den von umweltpolitischer Seite gesetzten Zielvorgaben (Umweltziele, Umweltqualitätsziele, Reduktionsziele u.ä.)

Ausgangspunkt ist die aktuelle Emissionssituation in Deutschland. Berechnet wird bspw. das Treibhauspotenzial, das durch die derzeitigen Emissionen innerhalb eines Jahres verursacht wird. Zu diesem Potenzial wird das Treibhauspotenzial einer bestimmten Untersuchungsoption ins Verhältnis gesetzt, das Ergebnis ist der spezifische Beitrag der gewählten Option. Wird dieser spezifische Beitrag auf die Einwohnerzahl Deutschlands bezogen, so ergeben sich die sogenannten Einwohnerdurchschnittswerte (EDW). Die Datengrundlage zur Belastungssituation in Deutschland ist im Wesentlichen UMWELTBUNDESAMT [2001] entnommen.

Tabelle 20.1.1.2-1 Einwohnerdurchschnittswerte für die einzelnen Umweltwirkungskategorien

	Deutschland Fracht pro Jahr		Belastung durch einen Einwohner
Rohöläquivalente	192.314.682 t	ROE-Äq	2340,59 kg
Treibhauseffekt	970.912.000 t	CO ₂ -Äq	11.817 kg
Versauerung	3.348.420 t	SO ₂ -Äq	40,8 kg
Eutrophierung (terrestrisch)	428.714 t	PO ₄ -Äq	5,22 kg
PM10-Risiko (Humantoxizität)	2.523.442 t	PM10-Äq	30,7 kg

Damit liegen die spezifischen Beiträge der verschiedenen untersuchten Maßnahmen bezüglich der verschiedenen Umweltwirkungen vor. Die spezifischen Beiträge können dann als Parameter für den ökologischen Vergleich der Optionen herangezogen werden. Sie beziehen sich aber nur jeweils auf eine Umweltwirkung.

Mit Hilfe der ökologischen Gefährdung können jedoch die verschiedenen Umweltwirkungen und Umweltqualitätsziele in Beziehung zueinander gestellt werden. Dies geschieht, indem man die untersuchten Wirkungskategorien hinsichtlich der Tragweite der Wirkungen für die Umwelt hierarchisiert. Auf Grund unterschiedlicher Werthaltungen und Interessenlagen ist eine solche Prioritätenliste zwangsläufig subjektiver Natur und muss immer im jeweiligen gesellschaftlichen Kontext betrachtet werden. Das Umweltbundesamt setzt zur Rangbildung der Wirkungskategorien nachfolgende Kriterien an, mit denen die Einordnung nach einem nachvollziehbaren, schematisierten Vorgehen erfolgen soll:

1. Wirkungsmechanismen (tiefgreifende Wirkungen sowie das Betroffensein von höheren Hierarchieebenen² sind als schwer wiegender anzusehen)
2. Reversibilität/Irreversibilität und zeitliche Dauer (irreversible Wirkungen sind als schwerwiegender anzusehen)
3. räumliche Ausdehnung (ubiquitär auftretende Wirkungen sind als schwerwiegender als räumlich begrenzte anzusehen).
4. Unsicherheiten bei der Prognose der Auswirkungen (größere Unsicherheiten sind als schwerwiegender anzusehen)

Abstand zum Schutzziel

Die Bewertungsgröße „Abstand zum Schutzziel“ drückt aus, wie weit wir von den uns politisch gesteckten Zielen derzeit noch entfernt sind. Je größer der Abstand ist, desto schwerer ist eine zusätzliche erhöhte Umweltlast durch eine Option des Ökobilanzvergleichs zu werten.

Ein Beispiel für eine politische Zielvorgabe der Bundesregierung wäre das Minderungsziel der treibhauswirksamen fossilen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 25%. Das würde zu einer Verringerung des Treibhauspotentials in einer ähnlichen Größenordnung führen. In diesem Fall setzt man das Treibhauspotential einer bestimmten Untersuchungsoption ins Verhältnis zu dem in Folge der Reduktionsvorgaben verringerten Treibhauspotential. Dieses Vorgehen ermöglicht es, den Beitrag einer Untersuchungsoption im Kontext der angestrebten Umweltziele zu betrachten.

Neben dem Quotient zwischen Ist-Zustand und Qualitätsziel (je größer, desto schwerwiegender) setzt das Umweltbundesamt zur Rangbildung der Wirkungskategorien folgende Kriterien ein:

2 Hierbei folgende zunehmende Hierarchie gemeint: „Individuen – Populationen – Ökosysteme“. Die höchste Ebene ist das globale Ökosystem.

1. Ein größerer Reduktionsbedarf ist als schwerwiegender anzusehen (so keine quantitativen Umweltqualitätsziele vorliegen)
2. Steigende Belastungen sind als schwerwiegender anzusehen als stagnierende oder abnehmende
3. Geringere Durchsetzbarkeit und technische Erreichbarkeit sind als schwerwiegender anzusehen

Tabelle 20.1.1.2-2 Bewertungsvorschlag des UBA [1999] zur ökologischen Gefährdung und Abstand zum Umweltziel und weitere Einstufungen für diese Studie

Wirkungskategorie	Einordnung UBA Ökologische Gefährdung	Abstand zum Umweltziel	Einstufung IFEU
Terrestrisches Eutrophierungspotential	B	B	B
Ressourcenbeanspruchung	C	B	C ^{a)}
Treibhauseffekt	A	A	A
Versauerung	B	B	B
Humantoxizität – PM10			B ^{b)}

A = sehr groß. B = groß. C = mittel D = gering (Kategorien der Klasse E werden nicht betrachtet)

a) Begründung: Kombination aus B + C ist in der Bedeutung niedriger einzustufen als B + B oder A + C
(Da Einstufung auch in B denkbar wäre, ist die Festlegung in der Auswertung zu überprüfen)

b) Begründung für die Rangbildung:
Partikel: Nach jüngeren Erkenntnissen führen Staubpartikel von <10µm Ø zu erheblichen Gesundheitsgefahren,
Wirkung lokal regional, keine Persistenz → B

20.1.2 Ergebnisse der ökologischen Bewertung

Die Bilanzierung der einzelnen Maßnahmen erfolgt immer bezogen auf ein Jahr. Für die Rücknahme der Kraftwerksleistung wird konservativ angenommen, dass dies in den Lastfällen Winter und Frühjahr in den aufgezeigten Maximalfällen über jeweils 240 Problemstunden (= 480 h) erfolgt, für den Lastfall Sommer über 120 Problemstunden (insgesamt 600 h).

Maßnahme Ausbau der Fernwärmevermarktung

Die Ergebnisse der nachfolgend aufgeführten vergleichenden ökologischen Bewertung werden dadurch bestimmt, dass die Maßnahme einer verstärkten Wärmeauskopplung nur mit ökologischen Vorteilen verbunden sein kann.

Dies liegt zum Einen daran, dass auf eine Quantifizierung und Bewertung des Aufwandes zum Ausbau des Fernwärmenetzes (v.a. Verbrauch von Diesel und Strom) verzichtet wurde. Dessen Berücksichtigung würde jedoch kaum zu einer Veränderung des Ergebnisses beitragen und vor allem nichts an der Schlussfolgerung ändern, nach der aus ökologischer Sicht der Ausbau der Fernwärmevermarktung aus ökologischer Sicht deutlich vorteilhafter als alle anderen Optionen ist.

Dieses Ergebnis wird wesentlich durch die Randbedingung bestimmt, dass die in das Fernwärmenetz eingespeiste Wärmemenge ansonsten als „Abfallwärme“ an die Wupper abgegeben werden müsste. Es müssen daher keine Aufwendungen zu deren Erzeugung berücksichtigt werden. Zu ihrer Erzeugung werden daher nicht gesondert Ressourcen eingesetzt noch fallen im Rahmen ihrer Erzeugung Schadgasemissionen an, die in ihren potenziellen

Umweltwirkungen beurteilt werden müssten. Zudem wurden vergleichsweise günstige spezifische Wärmebedarfe sowie insgesamt eine Ausweitung des Fernwärmenetzes unterstellt, das in diesem Umfang sehr wahrscheinlich nicht realisiert werden kann.

Die Abgabe an Wärme ersetzt durch den damit verbundenen Ausbau des Fernwärmenetzes jedoch Einzelfeuerungsanlagen, die an den jeweiligen Standorten bis dato den Bedarf an Wärme bereit stellen. Da dies nur über den Einsatz von Energieträgern (angenommen Heizöl leicht) erfolgen kann und mit Schadgasemissionen verbunden ist, ist diese Maßnahme ohne Umweltlasten jedoch mit deutlichen Substitutionserfolgen verbunden.

Auch unter dem Aspekt der Beanspruchung fossiler Ressourcen schneidet diese Maßnahme deutlich am besten ab. Das Ergebnis entspricht in der Tendenz dem der anderen graphisch dargestellten Umweltwirkungskategorien.

Maßnahme Bau und Betrieb eines Kühlturms

Deutlich anders zeigt sich das Ergebnis für die Maßnahme Errichtung und Betrieb eines Kühlturms. Da die bislang über die Wupper entsorgte Wärmemenge nur auf eine andere Art vernichtet wird (Abgabe der Wärme an die Umgebungsluft), ist diese Maßnahme mit keinen Substitutionserfolgen verbunden.

Im Gegenteil muss in gewissem Umfang ein Energieeinsatz für Pumpen und andere Einrichtungen berücksichtigt werden, der den Netto-Wirkungsgrad des Kraftwerks HKW Elberfeld mindert. Entsprechend ist diese Maßnahme über alle Wirkungskategorien mit (geringen) ökologischen Lasten verbunden.

Analog zu allen anderen diskutierten Maßnahmen ist auch hierfür der baulichen Aufwand nicht berücksichtigt worden.

Maßnahme Minderung der Kraftwerksleistung

Bei der Maßnahme der gezielten Anpassung der Kraftwerksleistung an die maximal mögliche Wärmeabgabe in die Wupper, zeigt sich gegenüber allen anderen diskutierten Optionen ein differenzierteres Bild.

Die Minderung der Kraftwerksleistung um die zu vermeidende Abwärme wird dadurch erkauft, dass auch entsprechend weniger Strom an das Netz abgegeben werden kann. Die mit der Minderung der Kraftwerksleistung verbundene Minderung der Wärmeabgabe an die Wupper gefährdet nicht deren Auskopplung an das Fernwärmenetz. Da mit der Leistungsminderung der Kraftwerke jedoch nicht eine entsprechende Minderung des Energiebedarfs der Endverbraucher (Strom) einhergeht, muss die äquivalente Energiemenge an einem anderen Ort erzeugt werden. Die Minderabgabe an das Stromnetz muss an anderen Kraftwerksstandorten abgedeckt werden, gemäß dem bundesdeutschen Kraftwerkssplit. Diese Energiebereitstellung an anderer Stelle ist mit Emissionen verbunden, die bei der Bewertung dieser Maßnahme als Lasten berücksichtigt werden müssen.

Mit einer Minderung der Kraftwerksleistung ist jedoch auch eine Minderung der Emissionen an den Kraftwerksstandorten selbst verbunden, die bei der Bilanzierung dieser Maßnahme „gut“ geschrieben und den an anderen Kraftwerksorten auftretenden zusätzlichen Emissionen gegenüber gestellt werden müssen. Insbesondere durch die über die Wärmeabgabe substituierten Einzelfeuerungen liegen bei den meisten Kriterien netto die Umweltlasten höher als die durch das Rückfahren der Kraftwerksleistungen verbundenen Einsparungen.

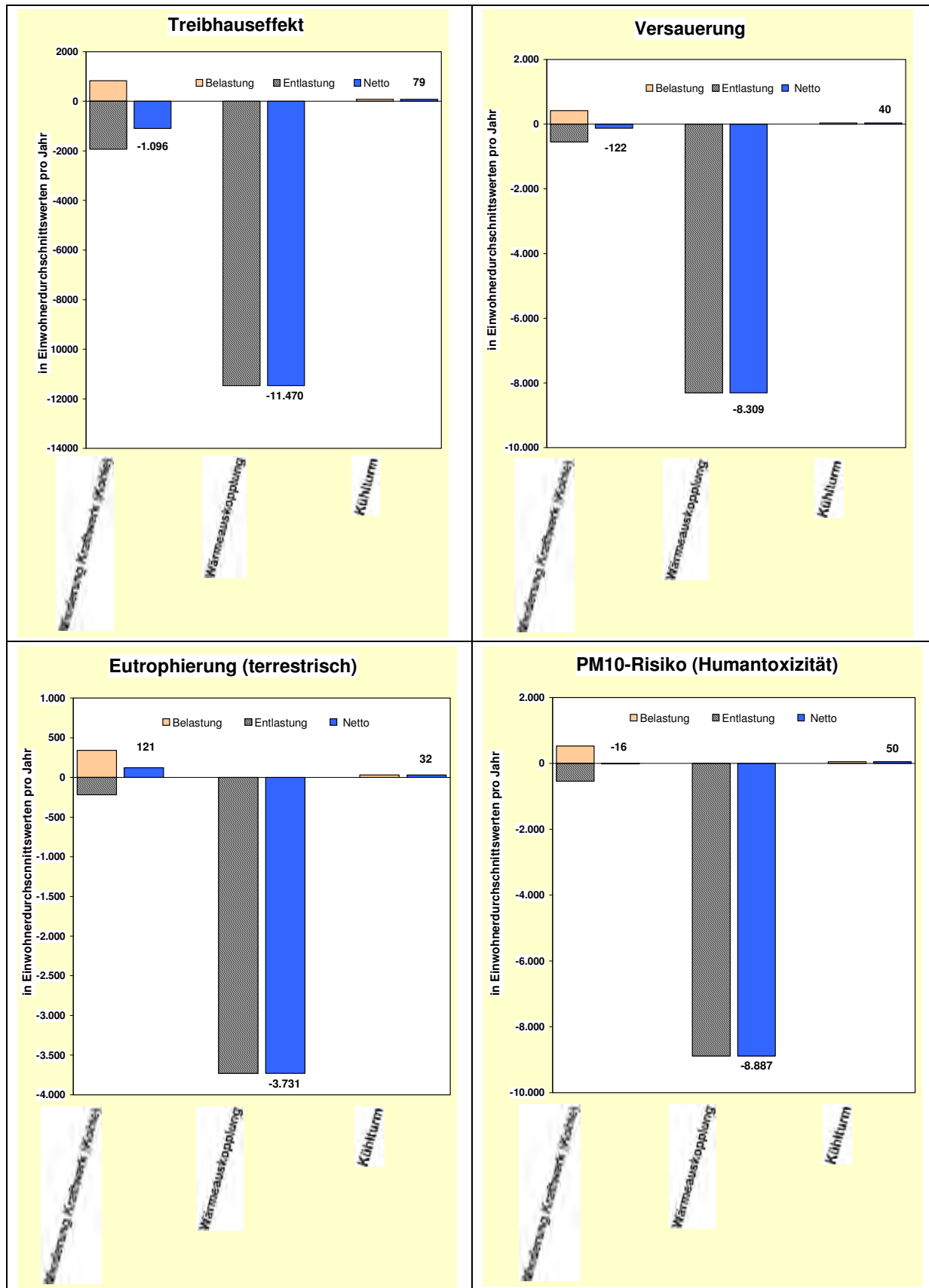


Bild 20.1.2-1: Ergebnisse der vergleichenden ökologischen Bewertung, in Einwohnerdurchschnittswerten pro Jahr

Zu beachten ist, dass diese Bilanzierungen recht pauschal erfolgen und die spezifischen Verhältnisse an den Kraftwerksstandorten und Standorten der Einzelfeuerungsanlagen vor allem hinsichtlich der spezifischen Emissionen nur bedingt widerspiegeln.

Maßnahme Talsperrenmanagement

Das gegenüber heute ausgeweitete Talsperrenmanagement greift auf ein Wasserdargebot im Oberlauf der Wupper zurück, das teilweise als Rohwasser zur Trinkwassererzeugung eingesetzt werden kann. Da das Wasser dieser Talsperren jedoch nur in einem Umfang für das Abflussmanagement eingesetzt wird, der die Trinkwassererzeugung nicht schmälert, ist damit kein ökologischer Schaden verbunden. Roh- oder aufbereitetes Trinkwasser muss nicht aus anderen Regionen möglicherweise über größere Distanzen transportiert und in Wuppertal bereit gestellt werden.

An den Talsperren und im weiteren Verlauf der Wupper befinden sich einige kleinere Wasserkraftwerke. Diese sind mit ihren Turbinen auf eine bestimmte maximale Abflussmenge der Wupper ausgelegt. Da die diskutierten maximalen Lastfälle jedoch bei einer Ausgangsmenge von 5 m³/s ansetzen, die nahe an der Niedrigwassermenge liegt, sind derartige Auswirkungen zumindest nicht in einem relevanten Umfang zu erwarten. Gäbe es umgekehrt Zeiträume, in denen die Abflussmengen höher als die Auslegung der Wasserkraftwerke ist, müsste man für die Maßnahme positiv in Rechnung stellen, dass der damit verbundene erhöhte Abfluss zu Niedrigwasserzeiten die jährlichen Durchflussmengen der Kraftwerke erhöhen würde. Die Produktionsleistung würde damit positiv beeinflusst. Da genauere Informationen nicht vorliegen, werden diese möglichen Effekte bei der Quantifizierung vernachlässigt.

Das Talsperrenmanagement ist daher über den Erfolg für die Wupper hinaus, worin sich alle Maßnahmen gleichen, weder mit Lasten noch mit ökologischen Erfolgen verbunden.

20.2 Sozio-ökonomische Bewertung

20.2.1 Methode zur sozio-ökonomischen Bewertung

Grundsätzlich ähnlich zur Bilanzierung der ökologischen Auswirkungen werden über alle Maßnahmenoptionen die jeweiligen Effekte für die einzelnen sozio-ökonomischen Kriterien bzw. Indikatoren aufbilanziert. Quantifizieren lassen sich Kosten wahrscheinlich nur über die Teilbereiche hinweg, die im Verantwortungsbereich von Wupperverband und der WSW AG liegen.

Kriterien zur sozio-ökonomischen Bewertung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Umweltbundesamtes hat das ifeu-Institut Heidelberg [2003] Schlüsselindikatoren für eine nachhaltige Entwicklung erarbeitet. Mittels dieser Indikatoren soll eine Informationsgrundlage geschaffen werden zur Steuerung einer nachhaltigen Entwicklung.

Nach der Definition des Brundlandt-Berichts [HAUFF 1987] lässt sich nachhaltige Entwicklung beschreiben als „eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ Im

Mittelpunkt der Definition für eine Nachhaltige Entwicklung stehen also der Begriff Bedürfnisse und der Gedanke an die Tragfähigkeit der Umwelt.

Die diskutierten Maßnahmen zur Verbesserung der Situation in der Wupper haben in unterschiedlicher Art und in unterschiedlichem Umfang ökologische und ökonomische Folgen. Die Maßnahmen bewegen sich in dem Spannungsfeld zwischen der Bedürfnisbefriedigung und den damit verbundenen Umweltwirkungen. Um die mit den Maßnahmen verbundenen Auswirkungen umfassend bilanzieren und bewerten zu können, bot es sich daher an, für die sozio-ökonomischen Auswirkungen im Ansatz Kriterien aus den Schlüsselindikatoren abzuleiten. Kosten sind dabei streng genommen kein Wert an sich, sondern drücken sich in vielen Wirkungen aus, die sich als „sozio-ökonomisch“ beschreiben lassen.

Aus dem Bereich der Sphäre Mensch und menschliche Gesellschaft mit ihren Bedürfnissen und Ansprüchen lassen sich 10 Themen identifizieren, die sich entsprechend des Leitbildes zum einen an den Grundbedürfnissen von Individuen aber auch an den Ansprüchen zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen insgesamt orientieren. Sie lauten im Einzelnen:

1. Ernährung
2. Wohnen
3. Gesundheit
4. Bildung
5. internationale Gerechtigkeit
6. Intra- und intergenerative Gerechtigkeit
7. Menschengerechte Arbeit
8. Volkswirtschaftlicher Wohlstand
9. Partizipation
10. Sicherheit

Im Zusammenhang der vergleichenden Bewertung der diskutierten Maßnahmen sind dabei die Themen Arbeit, volkswirtschaftlicher Wohlstand und Partizipation von Interesse, da sich über sie die unterschiedlichen Ansätze der Energieerzeugung am ehesten bewerten lassen.

Arbeit

Das Thema menschengerechte Arbeit lässt sich in die Unterthemen „Zugang zu Arbeit“ und „Arbeitsbedingungen und Arbeitsrechte“ aufteilen, wobei in dem Projektzusammenhang allein der „Zugang zur Arbeit“ von Interesse ist.

Nicht nur nach den Zielsetzungen der Bundesregierung liegt das Ziel in einer Vollbeschäftigung. Jedem Arbeitswilligen sollte eine zu seiner Fähigkeit entsprechende Beschäftigung Zugang haben. Das Beschäftigungsniveau soll gesteigert werden und ein Abbau der Arbeitslosigkeit erfolgen.

Indikator ist die Beschäftigungswirkung, d.h. die mit den Maßnahmen geschaffenen oder gesicherten Arbeitsplätze. Die verschiedenen Maßnahmen haben Auswirkungen auf Dauerarbeitsplätze sowie vor allem über die Baumaßnahmen etc. auch temporäre Beschäftigungswirkung. Ausgedrückt werden kann dies bestenfalls in Arbeitskraftstunden.

Volkswirtschaftlicher Wohlstand

Ein funktionierendes Wirtschaftssystem sichert die Lebensqualität. Volkswirtschaftlicher Wohlstand [Definition gem. IFEU 2003] kann als gesellschaftlicher Anspruch verstanden werden. Das Thema lässt sich in verschiedene Unterthemen aufteilen, wobei in dem Projektzusammenhang zur Beurteilung der wirtschaftlichen Stabilität und Stabilität der Beschäftigung die mit den Maßnahmen verbundenen Investitionen in Relation zu den gesamten jährlichen Investitionen in Wuppertal zu setzen sind.

Als Indikator wird die Investition im Verhältnis zur gesamten jährlichen Investition im Raum Wuppertal herangezogen.

Partizipation

Das Recht auf Partizipation ist in den Grundrechten festgehalten. Partizipation lässt sich umschreiben mit der Möglichkeit, Prozesse mitzugestalten und Entscheidungen zu beeinflussen. Im Idealfall wird eine gleichberechtigte Teilhabe aller Gruppen an Entscheidungsprozessen angestrebt, wobei vor allem an kollektive d.h. politische oder staatliche Entscheidungen gedacht ist.

Aus dem Bereich der Unterthemen zur Beurteilung Partizipation ist in dem Projektzusammenhang die Möglichkeit der gleichberechtigten Beteiligung und der Mitgestaltung der Bürgerinnen und Bürger an politischen und gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen bedeutsam.

In diesem Zusammenhang der Beurteilung der aufgezeigten Maßnahmen lässt sich Möglichkeit der Teilhabe an Entscheidungsprozessen daran festmachen, inwieweit Betriebe in öffentlicher Hand betroffen sind. Produktion in Betrieben der öffentlichen Hand bietet durch die Bürgerschaft gewählten Gremien der Stadt zumindest in gewissem Maße die Möglichkeit, Einfluss nehmen zu können.

Kosten

Basis einer sozio-ökonomischen Bewertung ist eine Abschätzung der mit den Maßnahmen verbundenen Kosten. Dabei kann es sich nur um eine Kostenabschätzung handeln, die es erlauben muss, die grundsätzlichen Unterschiede unter den diskutierten Maßnahmen zu erkennen. Eine Bezifferung der realen Kosten bedarf einer Konkretisierung der Maßnahmen in Richtung Planung und einer Detaillierung, die den Rahmen einer ersten Bewertung von alternativen Maßnahmen übersteigt (vergleicht Kapitel 19).

20.2.2 Sozio-ökonomische Bewertung der Maßnahmen

Kosten

Der Kostenvergleich wurde in Kapitel 19 vorgestellt (vergleiche Tabelle 19.6.1-2).

Arbeit

Die Beschäftigungswirkung dieser Maßnahmen sind unterschiedlich. Insbesondere das Talsperrenmanagement hat diesbezüglich keine Auswirkungen. Wird mit der Maßnahme einer Rücknahme der Kraftwerksleistung nicht grundsätzlich ein Kraftwerksstandort gefährdet, haben die bezifferten 600 Problemstunden auch keine Auswirkungen auf den Personalbestand an den Kraftwerksstandorten. Grundsätzlich wäre ein Personalarückgang an den beiden Wuppertaler Standorten mit tendenziell höherem Personalbedarf an anderen Kraftwerksstandorten verbunden.

Die Maßnahmen des Baus eines Kühlturms oder eine Erweiterung des Fernwärmenetzes sind mit Investitionen und Bautätigkeiten verbunden und haben daher positive Beschäftigungswirkung.

Die mit den Maßnahmen aber tatsächlich verbundenen Arbeitskraftstunden beziffern zu wollen, ist so nicht möglich, da dazu eine konkrete Planung notwendig wäre. Informationen über tatsächliche spezifische Arbeitsleistungen gehen zudem unmittelbar in Kalkulationen ein und werden daher eher nicht veröffentlicht. Die Arbeitszeiten sind stark von den jeweiligen Gegebenheiten am Standort abhängig, wie bspw.

- Beengte Bauverhältnisse bspw. in Innenstadtlagen gegenüber Außenbezirken bzw. einfacheren Geländebedingungen
- Verlegung oberirdisch oder unterirdisch
- Durchmesser der Rohrleitungen und damit auch Umfang der Erdmassenbewegungen
- Notwendigkeit von Fahrbahnbrücken
- Notwendigkeit einer Wiederherstellung von Fahrbahndecken
- Notwendigkeit einer Umverlegung von anderen Leitungen

Auf der Basis des Leitfadens Wärmeverteilung³ lassen sich Anteile der Arbeitskosten an den Gesamtkosten in Höhe von etwa 60% abschätzen. Nimmt man die Gesamt-Investkosten für den Ausbau der Fernwärmeversorgung von bis zu 22,8 Millionen €, so kann man daraus Arbeitskosten von 13,7 Millionen € ablesen. Die Maschinenkosten dürften hierbei jedoch den Löwenanteil einnehmen. Beim Hochbau dürften sie spezifischen Anteile der Arbeitsstunden an den Gesamtkosten niedriger liegen, da die Materialkosten eine größere Rolle spielen.

Auch wenn sich die mit den beiden Maßnahmen verbundenen Arbeitsstunden nicht beziffern lassen, lässt sich für den Ausbau der Fernwärmetrasse gegenüber dem Kühlturmbau eine etwa gleiche Beschäftigungswirkung ansetzen. Nicht berücksichtigt ist in beiden Fällen die Arbeitszeit und damit Beschäftigungswirkung, die in die Herstellung der Materialien (Rohre, Beton, E-Technik etc.) Eingang gefunden hat.

Von den Maßnahmen Ausbau der Fernwärme und Errichtung eines Kühlturms gehen positive Effekte aus, die sich jedoch nicht genau quantifizieren lassen. Eine Unterscheidung dieser Beschäftigungswirkung dieser beiden Maßnahmen ist nicht möglich. Keine positiven Auswirkungen haben jedoch Talsperrenmanagement und Rückfahren der Kraftwerksleistungen.

Volkswirtschaftlicher Wohlstand

Mit Investitionen verbunden sind die Maßnahmen Errichtung eines Kühlturms und Ausbau des Fernwärmenetzes.

Nach Angaben des Landesamtes für Statistik lassen sich für die Stadt Wuppertal für das Jahr 2001 als Ergebnis der Investitionserhebung Investitionen von etwa 180 Millionen € feststellen. Ebenfalls aus den Angaben des Statistischen Landesamtes lassen sich die Bruttoausgaben der Stadt Wuppertal nach Vermögenshaushalt für 2003 ebenfalls mit 180 Millionen € beziffern.

Gemessen an diesen Werten lassen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden mit Investitionen verbundenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den volkswirtschaftlichen Wohlstand beziffern. Der Bau des Kühlturms mit einer einmaligen Investition in dem Jahr der Errichtung hat noch die vergleichsweise günstigsten Auswirkungen.

Partizipation

Unter dem Gesichtspunkt positiv zu vermerken ist der Ausbau der Fernwärme, da damit der Anteil an der Energieversorgung verstärkt über ein Unternehmen der öffentlichen Hand

³ http://www.nahwaerme-forum.de/leitfaden/leitfaden_waermeversorgung.html

erfolgt. Dies gilt vor allem dann, wenn dies insbesondere zu Lasten von Heizöl als Energieträger erfolgt.

20.3 Abschließende zusammenführende Bewertung

Die nach einer ersten Bewertung in Kapitel 17 als im Vergleich sinnvollerer Maßnahmen wurden in diesem Kapitel quantifiziert und unter ökologischen sowie sozio-ökonomischen Kriterien vergleichend bewertet. Um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, musste darauf geachtet werden, dass die Einzelmaßnahmen in ihrem skizzierten Umfang jeweils allein zur Problemlösung beitragen können. Gerade bei der Frage der Ausdehnung des Fernwärmenetzes muss beachtet werden, dass eine Realisierbarkeit in diesem Umfang kaum möglich sein wird. Betrachtungszeitraum war zudem einheitlich ein Jahr.

Wie man aus der vergleichenden Bewertung ersehen kann, sind die Maßnahmen Anpassung der Kraftwerksleistungen und Talsperrenmanagement, die sich unmittelbar an den Temperaturverläufen der Wupper orientieren können, sowohl aus ökologischer als auch sozio-ökonomischer Sicht durchaus sinnvoll. Es lassen sich weder bedeutendere Nachteile noch Vorteile erkennen. Die Maßnahmen sind zudem in der Lage, die der Betrachtung zugrunde gelegten Extremereignisse zu bewältigen.

Nicht nur aus Sicht der Wuppertaler Stadtwerke ist dem Ausbau des Fernwärmenetzes gegenüber der Errichtung eines Kühlturms am Standort HKW Elberfeld Vorrang einzuräumen. Dadurch dass Wärme, die ansonsten als Abwärme in die Wupper abgeleitet werden müsste, genutzt werden kann und auf Heizöl-Basis betriebene Feuerungsanlagen ersetzen kann, ist diese Maßnahme aus ökologischer Sicht immer deutlich vorteilhaft. Aus Sicht der Wuppertaler Stadtwerke kann ein derartiger Ausbau auch finanziell günstig sein, soweit man dies mit den zugrunde gelegten Kennzahlen zu diesem Zeitpunkt genau beziffern kann. Eine Abschreibung der Investitionen über 25 Jahre, ein entsprechender Wärmebedarf über das Jahr sowie ein günstiger Vermarktpreis angenommen, ließen sich Netto-Erlöse erzielen.

Ein Ausbau der Fernwärmenutzung ist jedoch vor allem in dem aufgezeigten Umfang nur über einen langen Zeitraum denkbar und vor allem in seinem Erfolg nicht prognostizierbar. Ein Anschluss von 230 kW bedeutet im Mittel in etwa ein Wohnkomplex mit 120 Personen. Der zur vollständigen Problemlösung notwendige und diskutierte Ausbau der Wärmenutzung würde demnach Neukunden im Bereich von 40.000 Einwohnern bedeuten.

20.4 Literatur zu Kapitel 20

- BUNDESREGIERUNG [2002]: Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung
- De Leeuw F. [2002] : A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution. Environmental Science and Policy, 5, 135-145
- EEA [2002]: European Environmental Agency. Environmental signals 2002. Environmental Assessment Report No. 9. Kopenhagen
- IFEU-INSTITUT Heidelberg [2003]: Entwicklung von Schlüsselindikatoren für eine Nachhaltige Entwicklung, im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 200 12 119), 91 S.
- HAUFF [1987]: Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Greven
- HELDSTAB J. et al. [2003]: Modelling of PM10 and PM2.5 ambient concentrations in Switzerland 2000 and 2010. Environmental Documentation No.169. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL, Bern
- KLÖPFFER (1995): Methodik der Wirkungsbilanz im Rahmen von Produktökobilanzen unter Berücksichtigung nicht oder nur schwer quantifizierbarer Umweltkategorien, Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 23/95
- UBA [1995]: Umweltbundesamt: Ökobilanz für Getränkeverpackungen. Teil A: Methode zur Berechnung und Bewertung von Ökobilanzen für Verpackungen, Teil B: Vergleichende Untersuchung der durch Verpackungssysteme für Frischmilch und Bier hervorgerufenen Umweltbeeinflussungen, Berlin, UBA-Texte 52/95
- UBA [1999]: Umweltbundesamt: Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043, Berlin, UBA-Texte 92/99
- UBA [2001]: Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt 2000. Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000 Berlin
- WHO [2002]: World Health Organization Regional Office for Europe, European Center for Environment and Health. Environmental health indicator systems -- update of methodology sheets, Bonn
-

21 Ergebnis und Empfehlung

Die durchgeführten Untersuchungen zur Problemanalyse waren auf das Erkennen von Ursache – Wirkungszusammenhängen ausgerichtet. Hierbei wurde deutlich, dass die Belastungen der Wupper im Untersuchungsraum vielschichtig sind und keine monokausalen Beeinflussungen der Qualitätskomponenten nach WRRL festgemacht werden können. Vielmehr ist für jede der Qualitätskomponenten eine Vielzahl verschiedenartiger Belastungen ermittelt worden (siehe Kapitel 8-10).

Dennoch hat sich die Beeinflussung der Qualitätskomponente "Fische" und auch in geringerem Maße des Makrozoobenthos und Phythobenthos über die Temperatur als bedeutend herausgestellt, wobei die Modellbetrachtung zudem zeigte, dass die Beeinflussung vor allem über die beiden Standorte der Heizkraftwerke und das Klärwerk Buchenhofen erfolgt.

Als wesentliche Grundlage für die zielgerichtete Ermittlung von Maßnahmen wurden aus den Ansprüchen der Ziel-Fischfauna Zielgrößen der Temperatur für die unterschiedlichen Jahreszeiten abgeleitet.

Bei einer Gegenüberstellung der in den Jahren 2001 und 2002 festgestellten Temperaturgänge zu den Zielgrößen der Temperatur in der Wupper, zeigten sich nur zu vergleichsweise wenigen Zeitpunkten relevante Überschreitungen, so dass eine gezielt auf diese Zeiträume ausgerichtete Maßnahmenfindung geboten erschien.

Zur Diskussion von Maßnahmen wurden die Zeitpunkte im Jahresgang gewählt, die maximale Überschreitungen der Zieltemperatur in der Wupper zeigen. Mit der Wahl von Maximalereignissen soll gewährleistet sein, dass die diskutierten und bilanzierten Maßnahmen auch die Mehrzahl der zu erwartenden Ereignissen meistern können.

In Zusammenarbeit mit den Stadtwerken wurden für die gewählten Zeitpunkte die Kennzahlen der beiden Kraftwerke abgebildet. Mit den Kennzahlen zu Stromerzeugung, Abgabe ins Fernwärmenetz, Betrieb des Luftkondensators sowie der verbleibenden Wärmeabgabe an die Wupper war es möglich, diese Betriebszustände auf den modernisierten Stand des HKW Barmen zu übertragen. Das HKW Barmen wird in der zweiten Jahreshälfte 2005 mit zwei Gasturbinen ans Netz gehen und dann die vorhandenen Anlagen des Standortes ablösen.

Nach Abwägung der ökologischen und sozio-ökonomischen Kriterien (s. Kap. 19 und 20) erweisen sich die folgenden Maßnahmen(kombinationen) für das Heizkraftwerk Elberfeld als zielführend zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der Wupper, insbesondere der Fischfauna:

- temporäre Reduktion der Produktionsleistung
- Bereitstellung erhöhter Abflussmengen durch ein modifiziertes Talsperrenmanagement
- Ausbau der Fernwärmevermarktung
- Flankierende Maßnahmen in den Bereich Gewässerstruktur und Durchgängigkeit

Die sich bei Einhaltung der neuen Anforderungen rechnerisch ergebende zu hohe Wärmelast lässt sich prinzipiell über eine zeitlich begrenzte Reduktion der Produktionsleistung am Standort HKW Elberfeld auffangen. Dabei muss ein Zusammenspiel mit einem optimierten Talsperrenmanagement erfolgen, das die Rücknahme der Kraftwerksleistungen auf ein Minimum beschränkt. Wie zielgenau eine derartige Steuerung erfolgen kann und mit welchen Wassermengen diese verbunden ist, muss die Praxis zeigen.

Das Talsperrenmanagement verhält sich sozio-ökonomisch neutral. Ökologisch ist eine weitere wenn auch geringe und zeitlich begrenzte Aufhöhung der Niedrigwasserführung zu bedenken (Kapitel 18.10). Auch die Verringerung der Produktionsleistung der Kraftwerke schließt sich weder aus ökologischer noch sozio-ökonomischer Sicht aus.

Mittelfristig anzustreben wäre ein weiterer Ausbau der Fernwärmevermarktung. Dies ist aus ökologischer Sicht nur mit Vorteilen verbunden, da die damit einhergehende Temperaturentlastung der Wupper mit der Wärmenutzung verbunden wäre, die in Konkurrenz zu anderen bislang verwendeten Energieträgern treten würde. Die Ausweitung der Fernwärmenutzung lässt sich jedoch nicht unmittelbar durchführen und hängt stark von der Konkurrenz zu anderen Energieträgern ab. Unter welchen Randbedingungen ein Kostenvergleich Fernwärme zu fossilen Energieträgern es aus Sicht des Kunden lukrativ macht, auf Fernwärme umzustellen, wurde im Projektzusammenhang noch nicht ermittelt. Dies wäre Aufgabe der WSW AG.

Ein Ausbau der Fernwärmenutzung ist in dem aufgezeigten Umfang nur über einen langen Zeitraum denkbar und vor allem in seinem Erfolg nicht prognostizierbar. Ein Anschluss von 230 kW bedeutet im Mittel in etwa ein Wohnkomplex mit 120 Personen. Der zur vollständigen Problemlösung notwendige und diskutierte Ausbau der Wärmenutzung würde demnach Neukunden im Bereich von 40.000 Einwohnern bedeuten-!

Ziel sollte es sein, auf einer umfassenden Analyse der derzeitigen Fernwärmevermarktung und der bestehenden Potenziale ein Konzept zu erarbeiten, das zukünftig eine verstärkte Vermarktung von Wärme ermöglichen würde, über den im Geschäftsbericht der WSW für 2003 dokumentierten derzeitigen Kundenzuwachs hinaus. Hier wird unter der Darstellung des Geschäftsverlaufes ausgeführt, dass etwa 430 Wohneinheiten neu angeschlossen werden konnten, was eine Ausweitung der Kundenzahl von etwa 4.600 auf etwa 5.030 bedeuten würde. Der Anteil der Fernwärme an der Ertragsstruktur ist allerdings von 5% auf 4% rückläufig.

Unter Berücksichtigung der Handlungsspielräume der Stadtwerke sollten über dieses Konzept die Möglichkeiten einer offensiveren Fernwärmevermarktung ausgelotet werden. Notwendige Investitionen müssen auf dem Hintergrund der Wirtschaftslage des Gesamtkonzerns und der derzeit allgemein bestehenden Risiken im Versorgungsbereich gesehen werden. Zu beachten ist, dass mit der Liberalisierung des Gasmarktes es (bspw. aus dem Aspekt Kundenbindung heraus) lukrativer werden kann, den Absatz von Fernwärme zu forcieren.

Da die erstgenannten Maßnahmen – die Reduktion der Kraftwerksleistung und Talsperrenmanagement – mit vergleichsweise geringem zeitlichem Vorlauf zu realisieren und wirksam sind, die nachhaltige Ausweitung des Fernwärmenetzes jedoch eine zumindest mittelfristige Vorlaufzeit bedingt, wird eine stufenweise Umsetzung der Maßnahmen vorgeschlagen:

Empfehlung Stufe 1

- Erprobung und Einrichtung des Talsperrenmanagements in Kombination mit temporären Produktionsleistungsreduzierungen gemäß den zeitlich optimierten Vorgaben der Fisch-Zielzönose nach der unten aufgeführten Betriebsregel.
Hierbei sind Zielwerte und Überwachungswerte zu definieren. Die Erreichung der Zielwerte muss in einer begleiteten Testphase von mehreren Jahren erprobt und ein entsprechender Wasserwirtschaftsplan mit entsprechenden nachvollziehbaren Betriebsregeln aufgestellt werden
 - Problemorientierte Aufnahme des Status-Quo der Fernwärmeversorgung in Wuppertal und Entwicklung einer verbesserten Marketing-Strategie gerade in
-

Richtung nicht-industrieller Kunden, welche sich speziell auf einen verstärkten Absatz von Wärme-Überhängen fokussiert.

Erster Entwurf einer Betriebsregel

(Diese ist in Zukunft den Erkenntnissen aus dem Probebetrieb anzupassen, zu verbessern und auf die relevanten Steuerungsgrößen der Wassermengenwirtschaft umzustellen. Hierzu sind qualitativ hochwertige moderne Messungen von Steuergrößen (Volumenstrom, Temperatur) in zeitlich hoher Auflösung für die Heizkraftwerke und die Talsperren erforderlich.)

Die Gestaltung der Temperaturzielganglinie ist gestaffelt nach den ökologischen Anforderungen zur Hinentwicklung auf einen "ausgewogenen Fischbestand" gemäß Definition in Kapitel 13 und der Umsetzung der EU-WRRL

Erster Entwurf einer Betriebsregel

Wenn im Herbst ein kontinuierlicher Abfall der Wassertemperatur auf 10 °C innerhalb eines Zeitraumes von mindestens 4 und höchstens 8 Wochen zu verzeichnen ist, dann

- sind ab dem Datum der Unterschreitung der 10°C-Grenze über einen Zeitraum von 62 Tagen (2 Monate) eine Wassertemperatur von maximal 10°C einzuhalten. In den Jahren, über die Daten vorliegen, war dies z.B. der 7. Dezember bis 7. Februar gewesen.
- nach Ablauf der 62 Tage ist über einen Zeitraum von mindestens 30 Tagen mit einer Wassertemperatur von 12 °C oder weniger zu fahren. In den Jahren, über die Daten vorlagen, wäre dies z.B. der 8. Februar bis 10. März gewesen.
- nach Ablauf der 30 Tage mit 12°C oder weniger ist ein weiterer Zeitraum von 30 Tagen mit einer Wassertemperatur von 14 °C oder weniger einzuhalten. In den Jahren, für die Daten vorlagen, wäre dies z.B. der 11. März bis 9. April gewesen.

Kontinuierlicher Abfall der Wassertemperatur:

Ein kontinuierlicher Abfall der Temperatur im Herbst ist dann hinreichend gegeben, wenn über minimal 4 bis maximal 8 Wochen die mittlere Temperaturabnahme pro Woche (gleitendes Mittel über 7 Tage) minimal 1,0 °C und maximal 2,5 °C beträgt.

Eine einmalige Abweichung vom Mittelwert um maximal +4 °C ist über einen zusammenhängenden Zeitraum von 5 Tagen möglich, ebenso eine wöchentlich zweimalige Überschreitungen der 10°C während des Novembers um bis zu 1,5°C, wenn der Zeitpunkt des Erreichens der 10°C schon vor dem 25. November liegt.

Der kontinuierliche Temperaturabfall ist jedoch weitgehend von "natürlichen Ereignissen" und Wetterlagen abhängig (s.u.) und kann von den Heizkraftwerken oder den Talsperren aus nur sehr begrenzt beeinflusst werden.

Aufgrund "natürlicher Ereignisse" kann es vorkommen, dass der oben beschriebene Temperaturabfall nicht darstellbar ist. Im diesem Fall würde dann die Reproduktion der Salmoniden in der entsprechenden Periode ausbleiben. Dies wird in einem Umfang von 2 winterlichen Reproduktionsausfällen in 5 Jahren akzeptiert, da diese Ausfälle nicht als bestandsgefährdend zu werten sind und zum Teil auch natürlicherweise vorkommen. Da die Lebensdauer der Salmoniden ca. 3 bis 7 Jahre beträgt (Bachforelle) stünden den Tieren immer mehrere Winter zur Reproduktion zur Verfügung.

Sommerliche Höchsttemperaturen von 25 °C sollten nicht überschritten werden. Auch hier sind Ausnahmen bei "natürlichen Ereignissen" zulässig, wie z.B. in 2003. Ein sommerlicher Ausfall der Salmoniden sollte weitmöglichst vermieden werden, da ein Ausfall der adulten Tiere eine weitgehende Neubesiedelung erforderlich macht.

"Natürliche Ereignisse":

Unter "natürlichen Ereignissen" sind erstens Ereignisse zu verstehen, bei denen die Zieltemperaturen bereits vor Einleitung der Heizkraftwerke überschritten werden.

Zweitens werden als "natürliche Ereignisse" klimatische Extremwerte wie z.B. der "Jahrhundertnovember" oder der "Jahrhundertfebruar" oder auch z.B. der "Sommer 2003" betrachtet, welche durch Vergleich mit Wetterdaten des DWD ermittelt werden können. Als "natürliches Extremereignis" soll in einem ersten Entwurf jeweils einer der drei wärmsten Monate innerhalb der Aufzeichnungen der letzten 100 Jahre betrachtet werden.

Als "natürliches Ereignis" ist schließlich zu werten, wenn es innerhalb des gewünschten Temperaturabfalls im Herbst zu einer erneuten dokumentierbaren natürlichen längeren Wärmeperiode kommt (z.B. "Jahrhundertnovember"), die die oben gemachten Vorgaben zum notwendigen Temperaturabfall unmöglich macht.

Skizzierung der Weiterentwicklung einer Marketingstrategie

Die Basis zur Weiterentwicklung der derzeitigen Strategie stellt eine problemorientierte Aufnahme der derzeitigen Situation der Wärmeerzeugung und Wärmevermarktung dar. Dazu sollte aufbauend auf der bisher realisierten Vermarktungsstrategie bspw. gehören:

- eine grundsätzliche Positionsklärung zu einer Ausweitung der Fernwärmevermarktung
- durch geeignete organisatorische Maßnahmen eine abteilungsübergreifende und prozessorientierte Vorgehensweise sicherstellen
- weitere Durchleuchtung der Potenziale des bestehenden Fernwärmenetzes hinsichtlich Verdichtung und räumlicher Ausweitung bei Druckerhaltung im Netz
- Identifikation der Potenziale zur erweiterten Fernwärmevermarktung und Analyse der Nutzeranforderungen (ev. Möglichkeiten ausloten zur sukzessiven Umrüstung auf Heizwasserversorgung)
- Analyse der bestehenden Versorgungsstruktur auch in Richtung Erdgas-Leitungsnetz hinsichtlich Alter, Zustand und in näherer Zukunft zu erwartender Erhaltungskosten und Neuinvestitionen

Empfehlung Stufe 2

- Sukzessive Ausweitung des Fernwärmenetzes

Empfehlung flankierende Massnahmen

Die flankierenden Maßnahmen sollten bereits mit Stufe 1 einsetzen und gemäß der Priorisierung eines zu erstellenden „Konzeptes zur naturnahen Entwicklung der mittleren und unteren Wupper“ umgesetzt werden.

Beide Umsetzungsstufen sowie die flankierenden Maßnahmen sollten durch ein intensives Monitoring begleitet werden, welches eine qualitätskomponentenspezifische Kausalanalyse der zukünftigen Entwicklung erlaubt.

Das Monitoring sollte nicht nur auf die Dokumentation der Qualitätskomponenten und der sie beeinflussenden chemisch-physikalischen Parameter abgestellt sein, sondern als Instrument zur Steuerung der Maßnahmen genutzt werden. Dies setzt eine zeitnahe Auswertung der Daten und eine kausal orientierte Analyse voraus.

Als Referenzpunkt der Optimierung der Wärmebelastung der Wupper wurde Rutenbeck gewählt. Unterhalb dieser Messstation befindet sich der Ablauf der Kläranlage Buchenhofen. Gerade im Winter- oder Frühjahreszeitraum liegt die Abwassertemperatur tendenziell höher als die angestrebte Temperatur der Wupper selbst. Die über die Maßnahmen an den beiden Kraftwerksstandorten erreichten Erfolge werden daher möglicherweise durch den Kläranlagenablauf teilweise infrage gestellt. Ob und inwieweit dies der Fall sein wird, lässt sich an dieser Stelle jedoch nicht beziffern. Unklar ist insbesondere, inwieweit nicht angesichts der Lufttemperaturen nach einer relativ kurzen Fließdistanz das angestrebte Temperaturniveau erreichbar wäre. Die Situation "Ablauf Kläranlage Buchenhofen" sollte daher in das Monitoring eingebunden werden.

Zur Umsetzung der empfohlenen Variante ist eine intensive Kooperation der WSW AG mit dem Wupperverband notwendig. Eine Begleitung der Testphase durch das Staatliche Umweltamt Düsseldorf ist wünschenswert.

22 Monitoring Fische

22.1 Monitoring gemäß EU-WRRL

Im Rahmen von Monitoring-Untersuchungen werden Dauer- oder Langzeitbeobachtungen durchgeführt. In regelmäßigen Abständen werden Probestellen, Probestrecken oder auch Flächen, deren Lage und Ausdehnung definiert ist, untersucht. Monitoring-Untersuchungen sind daher die Grundlage für Überwachungssysteme, mit denen Veränderungen erkennbar werden. Nach WOLFF-STRAUB et al. (1996) ist das Bio-monitoring ein „Frühwarnsystem“, mit dem Veränderungen, auch solche, die in kleinen, kaum wahrnehmbaren Schritten ablaufen, erkennbar werden. In Bezug auf die nordrhein-westfälischen Gewässer ist das Biomonitoringsystem Fische der LÖBF NRW ein wesentlicher Bestandteil zur Beurteilung der Entwicklung von Fließgewässerlebensräumen. Wesentliche Ziele des Monitoring-Programmes sind:

- Veränderungen des Fischartenspektrums auf regionaler und naturräumlicher Ebene sowie landesweit zu dokumentieren,
- Entwicklungstrends anhand einzelner Indikatorarten zu analysieren,
- die Entwicklung der Fischfauna einzelner Fließgewässer oder Fließgewässersysteme zu beurteilen,
- auf der Grundlage der Ergebnisse Entwicklungstrends zu prognostizieren,
- Maßnahmen, die die weitere Entwicklung der Fischfauna positiv beeinflussen, zu beschreiben,
- das Fischartenkataster NRW fortzuschreiben und
- eine Datengrundlage für die ständige Aktualisierung der Roten Liste zu erarbeiten.

Mit dem In-Kraft-Treten der EG-WRRL werden neue Ansprüche an das Monitoring-System Fische gestellt. Die zukünftige Gewässerüberwachung, die u. a. anhand des Zustandes der Gewässerbiozönose erfolgen sollen, dient:

- der Kontrolle der Einhaltung von Umweltzielen,
- als Grundlage der Maßnahmenplanung und als Erfolgskontrolle der Maßnahmen-durchführung,
- der Beobachtung langfristiger Entwicklungen und
- der Beweissicherung und Nachsorge nach außergewöhnlichen Gewässerbelastungen.

Die einzelnen Aufgaben sollen im Rahmen verschiedener Monitoringprogramme erfolgen. Im Einzelnen sind dies:

- operatives Überwachungsmonitoring,
- Überblicksmonitoring und
- Monitoring zu Ermittlungszwecken.

Wesentliche Ziele des operativen Monitorings sind die Einstufung des lokalen Gewässerzustandes nach EG-WRRL und die Überprüfung des Verschlechterungsverbot. Im Rahmen des Überblicksmonitoring müssen u. a. langfristige Trends für Gewässer oder Wasserkörper erkennbar sein. Ein geeignetes Instrument zur Beurteilung von Gewässerbelastungen ist das Ermittlungsmonitoring. In Abhängigkeit von der Art der Belastung sind Dauer, Messstellenfrequenz und Untersuchungsparameter festzulegen.

In welchem Rahmen das Fischartenkataster NRW und hier speziell das Biomonitoring-System Fische diese Aufgaben übernehmen können, wird z. Z. geprüft.

22.2 Monitoring zur Entwicklung der Fischfauna in der Wupper

22.2.1 Beurteilungsparameter und Messnetz

Da im Rahmen der anstehenden Beurteilungen zu den Auswirkungen des Temperaturmanagements auf die Fischfauna gewässerspezifische Aussagen gemacht werden sollen, ist es sinnvoll, im Rahmen eines gewässerspezifischen Monitorings zu Ermittlungszwecken Untersuchungen durchzuführen.

Da aktuell auch noch endgültige Bewertungsvorgaben für die Fischfauna fehlen, soll im Folgenden speziell für die Wupper auf die im Rahmen des Biomonitoring Fische NRW angewandten Bewertungsparameter zurückgegriffen werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die für eine Bewertung des Gewässerzustandes anhand der Fischfauna vorgeschlagenen Beurteilungsparameter einer wasserrahmenrichtlinienkonformen Bewertung von den bei der Einrichtung des Biomonitoring Systems Fische NRW angewendeten Bewertungsparametern nicht unterscheiden. Im Einzelnen sind dies:

- Artenspektrum,
- Dominanzverhältnisse,
- Artstetigkeit und
- Reproduktionsverhalten.

Anhand der vorab dargestellten Ergebnisse ist deutlich geworden, dass der Zustand der Fischfauna in der Wupper insgesamt und im Speziellen der Einfluss der Kühlwassereinleitungen der Heizkraftwerke abgebildet und bewertet werden konnte.

Das bisherige Messstellennetz wurde so gewählt, dass es im näheren Umfeld der Belastungsquelle Heizkraftwerke im Vergleich zu den unterhalb von Wuppertal fließenden Strecken vergleichsweise dicht ist. Vor allem die vergleichenden Auswertungen zur Stetigkeit von ausgewählten Indikatorarten hat hier dazu beigetragen, die räumlichen Auswirkungen der Kühlwassereinleitungen zu beurteilen. Als Beispiel sei hier die Verbreitung der Koppe genannt.

Durch die Kombination der beiden Untersuchungsmethoden Streckenbefischung und *point-abundance* konnten sehr genaue Aussagen zum Reproduktionserfolg und zur Alterszusammensetzung der Fischarten gemacht werden. Darüber hinaus konnten die Dominanzverhältnisse auf der Grundlage der aus den Streckenbefischungen gewonnen Daten kleinräumig verglichen und hinsichtlich der Artenzusammensetzungen analysiert werden.

Jahreszeitliche Entwicklungsaspekte konnten durch die zweimalige Untersuchung der Wupper ebenfalls analysiert werden.

Ein Nachteil der hier durchgeführten Untersuchungen ist, dass die Entwicklung der Wanderfische mit den hier durchgeführten Untersuchungen nur unzureichend erfasst wird. Dies liegt zum einen an dem saisonalen Auftreten der Spezies. Zum anderen können solche Individuen, die aus Besatzmaßnahmen stammen, häufig nicht von solchen, die natürlicherweise in die Wupper eingewandert sind, unterschieden werden.

22.2.2 Zeitliche Vorgaben

Vor dem Hintergrund, dass die Heizkraftwerke im Jahr 2004 längere Zeit nicht in Betrieb waren und dass zusätzlich das Jahr insgesamt gesehen gute klimatische Voraussetzungen für die Entwicklung von kaltstenothermen Fischarten geboten hat, sollten die Untersuchungen, die im Jahr 2004 durchgeführt wurden, im Jahr 2005 wiederholt werden. Die Ergebnisse sollen im Wesentlichen Erkenntnisse zur Besiedlungsgeschwindigkeit von solchen Arten bringen, die einer Salmonidengesellschaft zuzuordnen sind. Da die Wassertemperatur zumindest in der zweiten Hälfte des Jahres 2004 weitgehend der entsprach, die ohne Heizkraftwerke zu erwarten wäre, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sich ein Teil der kaltstenothermen Spezies im innerstädtischen Fließabschnitt der Wupper ausgebreitet hat. Ferner ist eine erfolgreiche Reproduktion dieser Arten möglich.

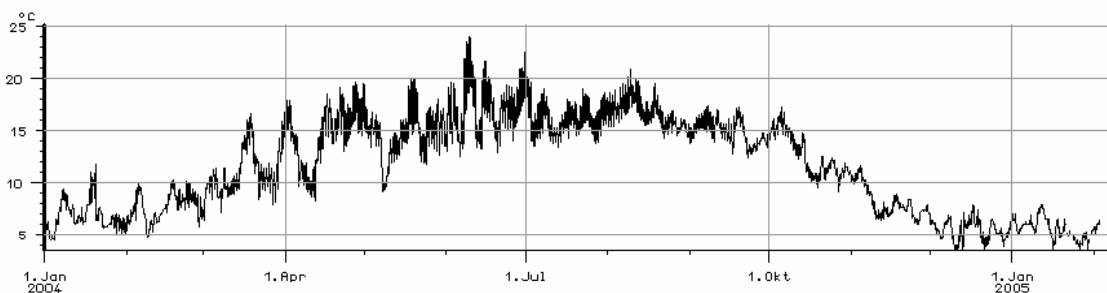


Bild 22.2.2-1: Temperaturganglinie der Unteren Wupper in Rutenbeck vom 1.1. 2004 bis zum 8.2.2005

Mit den Ergebnissen könnte auch eine Grundlage zur Beurteilung der Effizienz der hier vorgeschlagenen Managementmaßnahmen hinsichtlich Wassertemperatur geschaffen werden.

Sofern derartige Maßnahmen begonnen werden, sollten die im Jahr 2004 durchgeführten und für das Jahr 2005 geplanten Untersuchungen 3 Jahre lang begleitend durchgeführt werden.

In Bezug auf die Wanderfische sollte ab dem Jahr 2005 eine engere Zusammenarbeit mit den Vertretern des Wanderfischprogrammes NRW angestrebt werden. Zum einen sollten die Ergebnisse zum Fang laichreifer Lachse in die Beurteilung der Monitoringuntersuchungen eingehen. Ferner sollten die Zahlen zu Besatzmaßnahmen mit Lachsen und Meerforellen für eine differenzierte Auswertung bereitgestellt werden.

Für die Beurteilung der Wanderfische wäre es im Falle des Baues einer Fisch-aufstiegshilfe am Auer Kotten sinnvoll, eine Fangreuse fest zu installieren. Aus den Ergebnissen ließen sich sowohl zur Einwanderung von Wanderfischen in die Wupper Aussagen machen als auch zu Wanderbewegungen von sogenannten stationären Spezies. Für den Fall weiterer Maßnahmen sollten ergänzende Untersuchungen fragestellungsbezogen angepasst werden.

23 Zusammenfassung

Einleitung /Fragestellung

Für die seit 1900 bestehenden Heizkraftwerke (HKW) Barmen und Elberfeld an der Wupper steht die Verlängerung der wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung von Kühlwasser an. Vor dem Hintergrund der Anforderungen der EG-WRRL sollen die Bescheide derart ausgerichtet sein, dass die Ziele der EG-WRRL umgesetzt werden können und der Betrieb der HKW wirtschaftlich sinnvoll möglich bleibt.

Die Gewässergütesituation der Unteren Wupper wird durch eine Vielzahl unterschiedlicher Belastungen (unter anderem stoffliche Belastungen aus kommunalen und industriellen Kläranlagen sowie aus Mischwasser- und Regenwassereinleitungen) geprägt, deren Einfluss auf die biologischen Qualitätskomponenten im Einzelnen unklar ist. Ziel ist neben der WRRL-konformen Ausrichtung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Heizkraftwerke eine effiziente Ausrichtung der Maßnahmen.

Betrachtet werden die Wasserkörper Wupper WK 2 (unterhalb der Kläranlage Buchenhofen, Länge: 36 km DE-NRW-2736_5925) und Wupper WK 3 (Stadtgebiet Wuppertal, Standort der Heizkraftwerke, Länge: 15 km DE-NRW_2736_40215).

Praxistest der WRRL-konformen Bestimmungsmethoden

Die angewandten WRRL-konformen Verfahren erbrachten im Praxistest noch nicht umfassend befriedigende Ergebnisse, so dass auch Expertenwissen bei der Bewertung eine wichtige Rolle gespielt hat. Insbesondere waren Schwierigkeiten und Unstimmigkeiten bei der Anwendung von AQEM und dem Verfahren nach Dussling (Fische) zu verzeichnen. Das van de Weyer-Verfahren (LUA NRW) zur Bestimmung der Makrophythen erbrachte nachvollziehbare Ergebnisse, entspricht aber nicht dem vorgeschlagenen PHYLIB-Verfahren, welches noch Probleme bereitet. Das Phythobenthos-Verfahren stützte sich auf nur eine anstatt die zwei notwendigen Probenahmen und ist daher aus diesem Grund nur eingeschränkt aussagefähig. Dennoch konnten mit Unterstützung von Expertenwissen und weiteren Daten (Phosphat, pH, O₂, Biomasse, Artenzahl etc.) Güteaussagen getroffen werden.

Gütesituation der Unteren Wupper

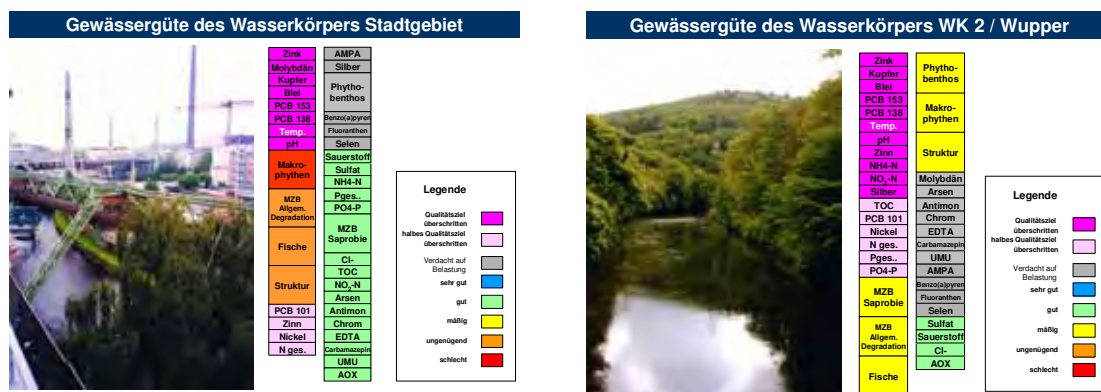


Bild 23-1: Gütesituation der betrachteten Wasserkörper der Unteren Wupper

Die Untere Wupper ist vielfach anthropogen überformt, genutzt und belastet. Dies spiegelt sich in der derzeitigen Gütesituation der Unteren Wupper wieder: Keiner der sechs Qualitätsparameter "chemische Güte", "gefährliche Stoffe", Makrophythen,

Phythobenthos, Makrozoobenthos und Fische liegt derzeit im Bereich der "guten" Gewässerqualität.

Die biologischen Parameter liegen zumeist im "mäßigen" Gütebereich, viele auch im "ungenügenden" Gütebereich. Allein der Saprobienindex ist überwiegend "grün" (gute Gewässergüte).

Bewertung der Temperatur als Belastungsfaktor

Aufbauend auf ein kalibriertes ATV-Simulationsmodell für die Untere Wupper (IST-Zustand) wurde ein Temperaturmodell für den potenziell natürlichen Zustand entwickelt. Im Vergleich zum Modell für den IST-Zustand wurden die anthropogenen Belastungen der Wupper wie Wehre, Kläranlagen und industrielle Einleiter entfernt. Die potenziell natürliche Vegetation, Abfluss und Gewässermorphologie wurde berücksichtigt.

Der simulierte potenziell natürliche Temperaturverlauf der Wupper zeigt, dass die Wupper im Referenz-/Leitbildzustand ein sommerkühles Gewässer wäre. Unter fisch-ökologischen Gesichtspunkten entspräche dies einer Äschenregion. Die maximalen Temperaturen liegen im Sommer bei 23°C, die mittleren Sommertemperaturen liegen zwischen 14°C und 20°C.

Die Wupper im heutigen Zustand ist somit zu warm.

Im Vergleich zum potenziell natürlichen Zustand beträgt die Aufwärmung vor dem HKW Barmen im Mittel ca. 0,5-1,3°C.

Am Pegel Rutenbeck ergibt sich im Vergleich zum natürlichen Zustand im Mittel eine Temperaturerhöhung um 3,5-5,1°C.

Am Standort Opladen ergibt sich eine mittlere Temperaturerhöhung von 2,0 -3,6°C.

Von den biologischen Qualitätselementen haben die bestehenden Temperaturen in der Unteren Wupper vor allem Auswirkungen auf die Fischfauna. Das Makrozoobenthos und das Phythobenthos sind von der Temperatur weniger, die Makrophyten von der Temperatur kaum betroffen.

Die Fischfauna wird neben Temperaturen, die oberhalb von Letalgrenzen für Eier oder adulte Tiere liegen, auch durch erhebliche Strukturdefizite beeinträchtigt. Hierzu gehören besonders der Mangel an Strömungsvielfalt und damit die fehlende Substratsortierung. Der Temperatur kommt hierbei eine prioritäre Bedeutung zu, während die Strukturdefizite additiv zu sehen sind. Zudem bestehen lokale Defizite hinsichtlich der longitudinalen und lateralen Durchgängigkeit, die die Fischfauna beeinträchtigen und mittelfristig für eine nachhaltige Entwicklung - insbesondere von Langdistanzwandern - umgestaltet werden sollten.

Bewertung der verschiedenen Wärmequellen

Mit dem ATV-Simulationsmodell konnte der spezifische Einfluss einzelner Nutzer abgeschätzt werden.

Die Erwärmung der Wupper lässt sich verschiedenen diffusen und punktförmigen Belastungsquellen zuschreiben. Hauptwärmeeintragsquellen sind gemäß Simulation mit dem ATV-Modell die beiden Heizkraftwerke und die Kläranlage Buchenhofen.

Der Einfluss der Heizkraftwerke ist am Pegel Rutenbeck zu erkennen. Das ATV-Modell zeigt, dass sich im Vergleich zum natürlichen Zustand im Mittel eine Temperaturerhöhung um 3,5-5,1°C für den Standort Rutenbeck ergibt. Hiervon entfallen 2,9-4,0°C auf die Heizkraftwerke und 0,1-1,1°C auf die übrigen Nutzungen. Am Standort Opladen ergibt sich eine mittlere Temperaturerhöhung von 2,0-3,6°C. Hiervon entfallen 1,0-1,9°C auf die Heizkraftwerke und 1,3-1,8°C auf die übrigen Nutzungen (u.a. Klärwerk

Buchenhofen). Im relativ warmen Monat November 2003 lagen die Gesamtaufwärmspannen bei 5,1 C in Rutenbeck und 3,2 C in Opladen.

Im Sommer geht ein Großteil der Wärmelast auf die beiden Heizkraftwerke zurück, während im Winter ca. die Hälfte der Wärmelast aus den Heizkraftwerken und die andere Hälfte aus der Einleitung der Kläranlage Buchenhofen resultieren.

Der Einfluss der restlichen Industrie-einleiter ist gering und liegt bei max. 0,5 C.

Der Ansatz einer potenziell natürlichen Vegetation in den Sommermonaten führt zu einer Abkühlung um 1,4°C. Eine Abkühlung der Wupper in den Sommermonaten könnte durch eine verbesserte Beschattung der Wupper erreicht werden. Diese Maßnahme ist jedoch nicht sofort verfügbar bzw. in ihrer Funktion zu etablieren.

Zielvorgabe aus Sicht der Fischfauna

Durch unterschiedliche rechtliche Festsetzungen kommt es an der Unteren Wupper zu einem zeitlich bis 2013 begrenzten Zielkonflikt zwischen EG-WRRL (Leitbild = Äschenregion) und EG-FischgewRL bzw. FischgewV NRW (Cyprinidenregion).

Die Simulation des potentiell natürlichen Zustandes hat gezeigt, dass es sich bei der Unteren Wupper im Leitbild um ein Äschengewässer handelt. Die Untere Wupper ist jedoch als Cyprinidenregion ausgewiesen.

Der Zielkonflikt wird im Forschungsvorhaben so gelöst, dass der "ausgewogene Fischbestand" gemäß FischgewV NRW für die Cyprinidenregion der Unteren Wupper als ein "Cyprinidenbestand mit einem geringen Anteil sich selbst reproduzierender Salmoniden" definiert wird. Dies ist aus Sicht des heutigen IST-Zustandes ohne Salmoniden ein erster anspruchsvoller Schritt in Richtung Leitbild (Äschenregion). Außerdem soll durch Wärmeeinleitungen keine Wanderbarriere entstehen, was bei der heutigen 5 K-Regelung von Seiten des Wanderfischprogramms NRW als gegeben bewertet wird.

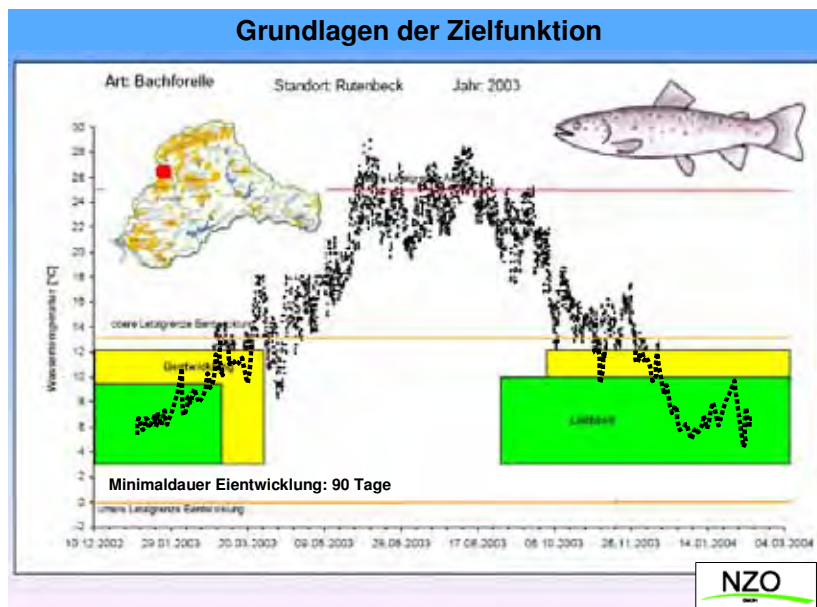


Bild 23-2: Artenspezifische Temperaturansprüche als Grundlage für die Entwicklung der Zieltemperaturen

Um den gewünschten Fischarten (Zielarten) eine Besiedelung zu ermöglichen, sind bestimmte Temperaturen und Strukturen in der Unteren Wupper zu schaffen. Im Forschungsvorhaben wird eine Jahrestemperaturganglinie entwickelt, die ein Überleben und eine Reproduktion der gewünschten Zielarten (Bachforelle, Äsche, Koppe, Lachs) sicherstellen soll. Diese fischbiologisch begründete Temperaturganglinie mit

25°C maximaler Sommertemperatur sowie maximalen 10°C, 12°C und 14°C an Winter- und Frühjahrestemperaturen und 5 K Aufwärmspanne weicht erheblich von den Anforderungen gemäß FischgewV NRW ab (28°C maximale Sommertemperatur, 3 K Aufwärmspanne). Daher wird Bezug zum Ausnahmeparagrafen §4 der FischgewV NRW genommen um die festgesetzten Werte von 28°C und 3 K durch die neue Temperaturganglinie ersetzen zu können und es wird die "Entwicklung eines ausgewogenen Fischbestandes" angestrebt.

Eine alleinige Umsetzung der FischgewV NRW, wie bereits bei der Erlaubnis für das HKW Barmen in 2004 geschehen, lässt eine ökologische Zielsetzung in Form einer Verbesserung der Fischfauna nicht erkennen. Bei 28°C maximaler Sommertemperatur kommt es in jedem Jahr zu einem nahezu vollständigen Ausfall potentiell ansiedlungswilliger Salmoniden.

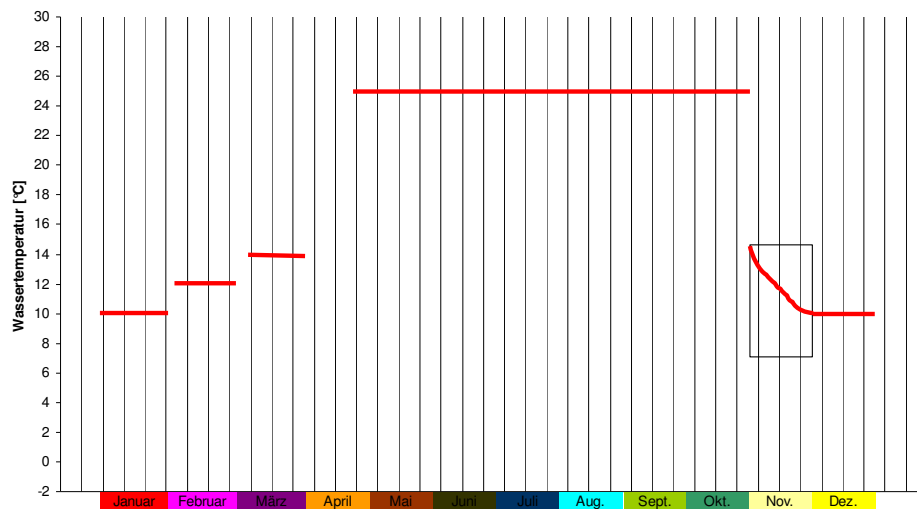


Bild 23-3: Zieltemperaturen für die Fischfauna

Maßnahmen, Bilanzen und empfohlene Variante

Es werden 25 Maßnahmen aus den Bereichen

- Maßnahmen am Markt
- bauliche Maßnahmen
- steuerungstechnische Maßnahmen
- Maßnahmen der Interaktion

betrachtet. Einige dieser Maßnahmen weisen Realisierungspotential auf und wurden daher genauer bilanziert und bewertet. Die vergleichende Bewertung möglicher Maßnahmen erfolgte aus sozio-ökonomischer und ökologischer Sicht. Maßnahmen, die sich im ökologischen Ziel für die Wupper gleichen, können mit deutlich unterschiedlichen ökologischen Auswirkungen für andere Umweltmedien verbunden sein. Die diskutierten Maßnahmen stellten auf die für die in den Jahren 2001 und 2002 dokumentierten Maximalereignisse ab (maximale Überschreitungen der Zieltemperaturen in den kritischen Zeiträumen) und sollten damit die Mehrzahl der zukünftig zu erwartenden Ereignisse meistern können. Hier ist die statistische Basis in Bezug auf Wassertemperaturen jedoch noch sehr dünn.

Aus ökologischer Sicht erwies sich der Ausbau der Fernwärme als deutlich vorteilhaft. Wird ein Teil der ansonsten an den beiden HKW-Standorten an die Wupper

abgegebenen Wärme stattdessen genutzt und tritt über den Ausbau der Fernwärmeversorgung in Konkurrenz zu insbesondere Heizöl als Energieträger, sind damit nur Vorteile verbunden. Die Ausweitung der Fernwärmenutzung lässt sich jedoch nicht unmittelbar beeinflussen und hängt stark von der Konkurrenz zu anderen Energieträgern ab. Ein Ausbau der Fernwärmenutzung ist in dem aufgezeigten Umfang nur über einen langen Zeitraum denkbar und vor allem in seinem Erfolg nicht prognostizierbar. Wichtig ist, dass die Möglichkeit zum forcierten Ausbau der Fernwärme über eine problemorientierte Bestandsaufnahme und ein Marketingkonzept ausgelotet werden. Ja nach den Marktbedingungen und dem Investitionsaufwand kann der Fernwärmeausbau auch wirtschaftlich gestaltet werden und ist einer Kühlturmlösung als weiterer bilanzierter Massnahme vorzuziehen.

Die sich bei Einhaltung der neuen Anforderungen rechnerisch ergebende zu hohe Wärmelast lässt sich prinzipiell über eine zeitlich begrenzte Reduktion der Produktionsleistung am Standort HKW Elberfeld auffangen. Dabei muss ein Zusammenspiel mit einem optimierten Talsperrenmanagement erfolgen, das die Rücknahme der Kraftwerksleistung auf ein Minimum beschränkt. Das Talsperrenmanagement verhält sich sozio-ökonomisch neutral. Ökologisch ist eine weitere wenn auch geringe und zeitlich sehr begrenzte Aufhöhung der Niedrigwasserführung zu bedenken. Auch die Verringerung der Produktionsleistung der Kraftwerke schließt sich weder aus ökologischer noch sozio-ökonomischer Sicht aus.

Letztendlich wird für die beiden Heizkraftwerke der folgende gestufte Maßnahmenkatalog vorgeschlagen:

Kurzfristige Maßnahmen

- Erprobung und Einrichtung des Talsperrenmanagements gemäß den Temperaturvorgaben der Fisch-Zielzönose.
- temporäre Produktionsleistungsreduzierungen nach der in Kapitel 21 beschriebenen Betriebsregel bzw. festzulegenden Ziel- und Überwachungswerten.
- Problemorientierte Aufnahme des Status-Quo der Fernwärmeversorgung in Wuppertal und Entwicklung einer verbesserten Marketing-Strategie gerade in Richtung nicht-industrieller Kunden.

Die Fahrweise der Luftkondensatoren des Heizkraftwerkes Elberfeld muss auf das Temperaturmanagement abgestimmt werden. Zusätzlich kann beim Heizkraftwerk Elberfeld in Notfällen für kurze Zeit eine Trinkwassernutzung zu Kühlzwecken erfolgen (Kapitel 17.4.3). Beim Heizkraftwerk Barmen sollte die Grundwassernutzung auf das Temperaturmanagement abgestellt werden (Kapitel 17.2.6).

Mittelfristige Maßnahme

- Ausbau des Fernwärmenetzes

Flankierende Maßnahmen

Flankierend werden Verbesserungen der Gewässerstruktur und Durchgängigkeit vorgeschlagen. Ergänzend wird ein Monitoring aufgesetzt, welches neben der Dokumentation und Überwachung als Steuerungsinstrument genutzt werden soll.

Die WSW AG als Mitwirkende an dem Forschungsvorhaben hat trotz der deutlich strengeren Temperatur-Zielwerte von 25°C, 10°C, 12°C und 14°C ein erhebliches Interesse an dem neuen Temperaturmanagement. Dies liegt darin begründet, dass Probleme der Wärmeabgabe vor allem in Übergangszeiten auftreten (April, Mai, Oktober, November). Gerade in diesen Übergangszeiten lässt das neue Konzept den Heizkraftwerken mehr Spielraum (5 K) als eine starre ganzjährige Regelung auf 3 K. Die Heizkraftwerke erreichten in den letzten Jahren kein positives Betriebsergebnis.

Daher ist ein Interesse an der Vermeidung zusätzlicher Kosten gegeben. Beim erarbeiteten Temperaturmanagement gehen ökologischer Nutzen und wirtschaftliches Interesse parallel.

Allerdings muss für ein derartiges Temperaturmanagement ein entsprechender Wasserwirtschaftsplan erst entwickelt werden. Da für ein derartiges Management sehr viele Faktoren berücksichtigt werden müssen (Abflüsse, Wassertemperaturen, Strompreise, Strom- und Wärmeabnahme, kommende Wettersituationen etc.), ist dies nur mit Hilfe eines Probezeitraumes über mehrere Jahre und eines Ansatzes von "Learning by doing" möglich. Hierzu ist ein umfangreiches Monitoring erforderlich sowie die Umstellung der Überwachung von einer Berechnung der Wassertemperaturen in der Wupper auf eine Messung der Wassertemperaturen in der Wupper am "Punkt vollständiger Durchmischung" (Annahme: Rutenbeck) mit Hilfe moderner Verfahren (z.B. Ultraschall).

Runder Tisch

Das Forschungsvorhaben ermöglichte erstmalig, mit Unterstützung des MUNLV NRW im Rahmen einer "wesentlichen wasserwirtschaftlichen Fragestellung für ein Einzugsgebiet" (Kühlwassernutzung Untere Wupper) eine "aktive Beteiligung" von "Stakeholdern" (Wasserakteure gemäß EG-WRRL) an einer Maßnahmenplanung.

Der "Runde Tisch" bzw. die runden Tische in wechselnder Zusammensetzung umfassten mit Förderung des MUNLV NRW sechs Experten (Fachbüros: Makrophythen: Lana Plan; Fische: NZO GmbH; Bestandsaufnahme Wupper: Plaungsbüro Koenzen; Bilanzierung: IFEU GmbH; Simulationen: Sydro Consult GmbH und WiW GmbH), zwei "Stakeholder" (WSW AG, Wupperverband) sowie die zuständigen Behörden und Fachbehörden als Begleitung (Staatliches Umweltamt Düsseldorf, LÖBF NRW, Fischereidezernat der BR Köln/Düsseldorf, LUA NRW).

Beim "Runden Tisch" kann das schlußendliche Fazit erst nach Abschluss aller Diskussionen erfolgen und sollte bevorzugt Darstellungen aus Sicht der Akteure umfassen.

Anhang 1 Ergebnisse Variantensimulation

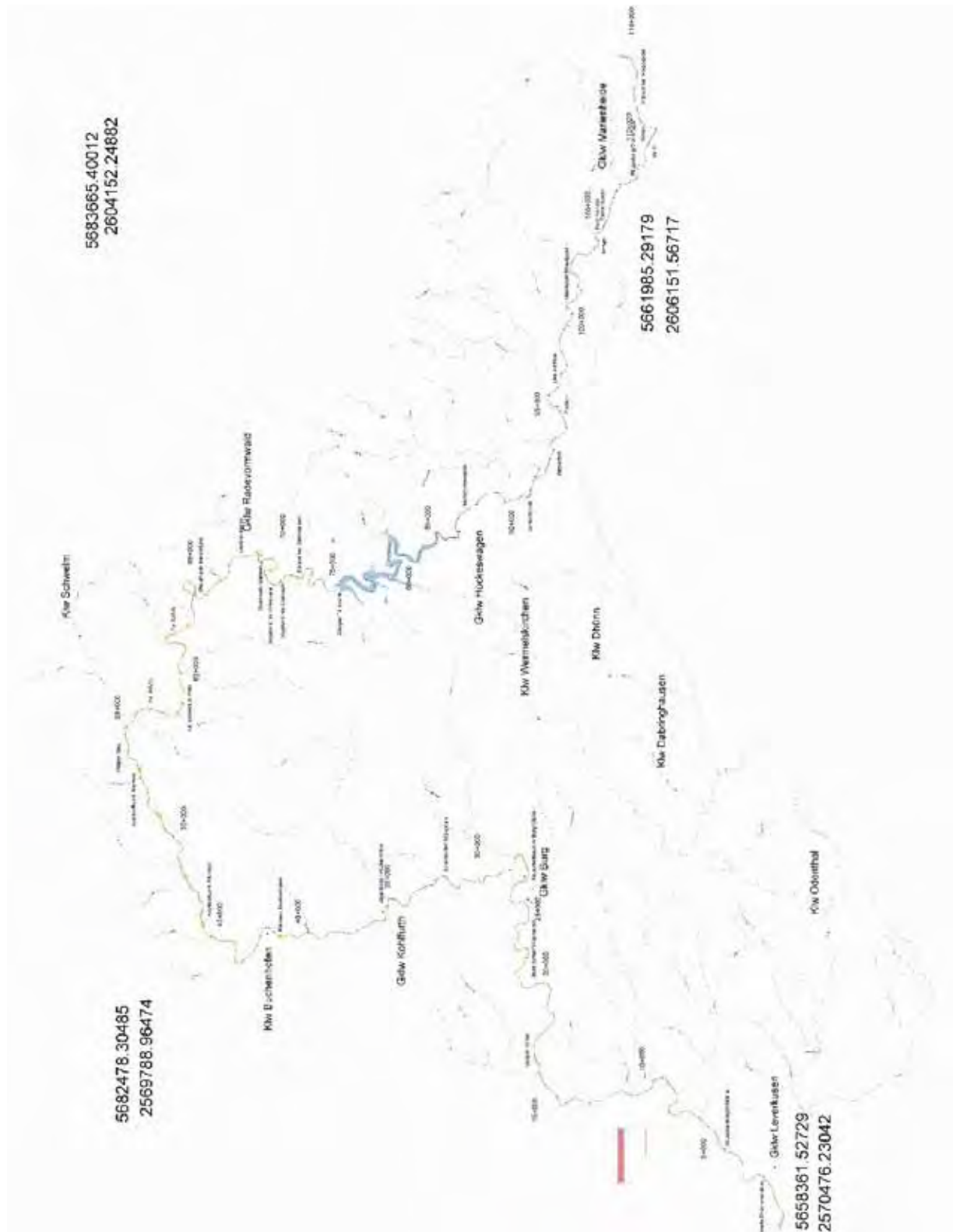


Bild A1-1.: Aufbau des ATV-Gewässergütemodells für die untere Wupper

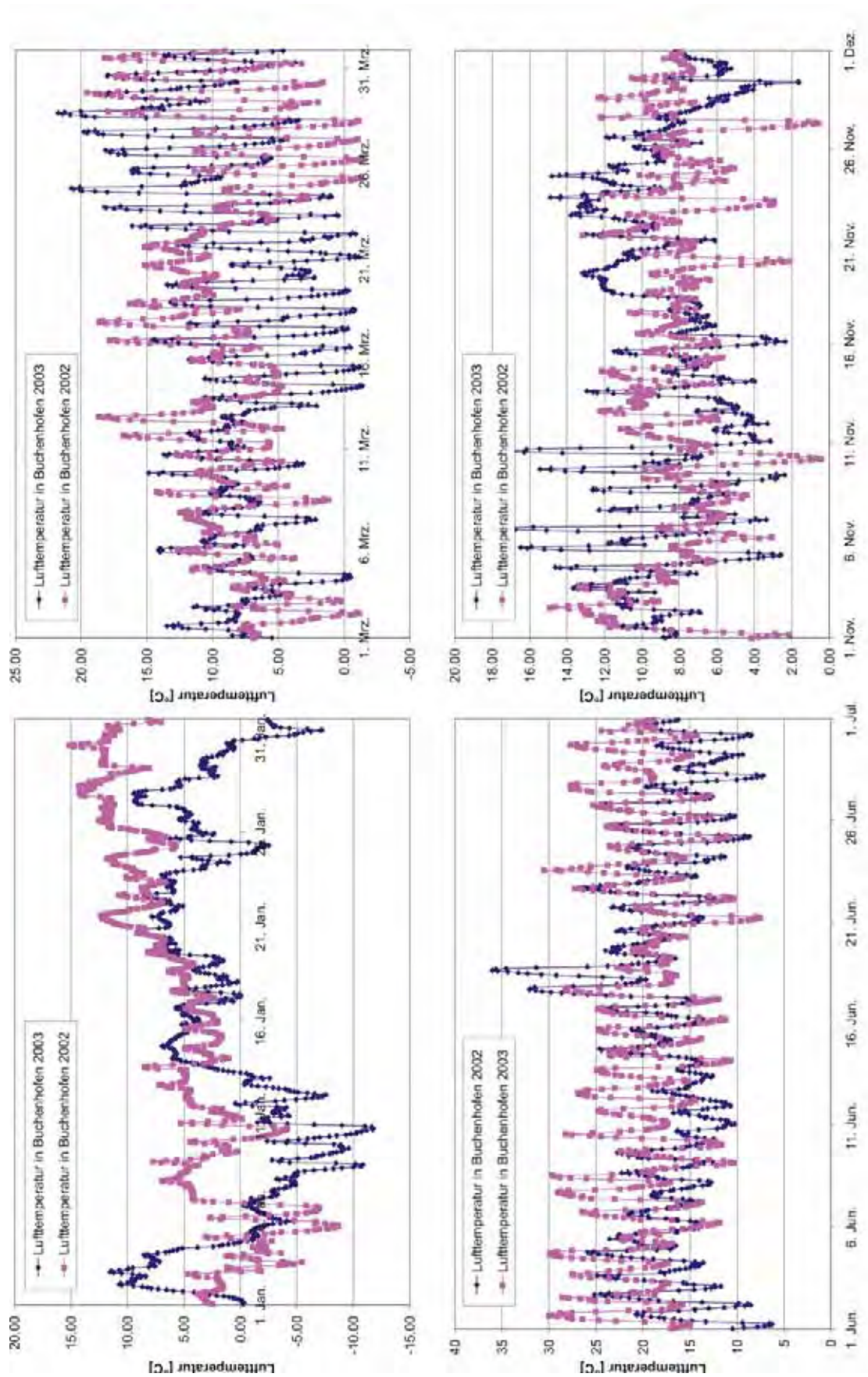


Bild A1-2.: Lufttemperatur an der Messstelle Buchenholen 2002 und 2003

Tabelle A1-1: Wetterdaten für den Kalibrierungszeitraum

Datum	Luft- temperatur	Windstärke	Luftdruck	Bewölkungs- grad	Bewölkungs- art	Datum	Luftfeuchte
	[°C]	[Beaufort]	[mbar]	[-]	[-]		[%]
20.08.2003 00:00	16.48	1	1016.7	3	5	20.08.2004 00:00	71
20.08.2003 01:00	15.47	1	1016.6	3	0	21.08.2004 00:00	83
20.08.2003 02:00	15.39	1	1016.2	1	5	22.08.2004 00:00	73
20.08.2003 03:00	14.33	1	1016.2	0	0	23.08.2004 00:00	71
20.08.2003 04:00	12.89	1	1016.2	0	0	24.08.2004 00:00	80
20.08.2003 05:00	12.00	1	1016.1	0	0	25.08.2004 00:00	83
20.08.2003 06:00	11.35	1	1016.3	0	0	26.08.2004 00:00	82
20.08.2003 07:00	11.69	1	1016.2	0	0	27.08.2004 00:00	87
20.08.2003 08:00	14.98	1	1016.3	1	5	28.08.2004 00:00	84
20.08.2003 09:00	18.78	1	1016.2	0	0	29.08.2004 00:00	76
20.08.2003 10:00	21.19	1	1016.3	1	1	30.08.2004 00:00	79
20.08.2003 11:00	22.21	1	1016.3	3	1	31.08.2004 00:00	82
20.08.2003 12:00	21.91	1	1016.2	3	1	01.09.2004 00:00	76
20.08.2003 13:00	22.98	1	1015.9	3	1	02.09.2004 00:00	65
20.08.2003 14:00	23.55	2	1015.3	3	1	03.09.2004 00:00	70
20.08.2003 15:00	23.67	1	1014.7	2	1	04.09.2004 00:00	74
20.08.2003 16:00	24.75	1	1014.3	2	1	05.09.2004 00:00	72
20.08.2003 17:00	24.84	1	1014.1	2	1	06.09.2004 00:00	70
20.08.2003 18:00	24.18	1	1013.9	2	1	07.09.2004 00:00	73
20.08.2003 19:00	22.99	1	1013.8	1	1	08.09.2004 00:00	74
20.08.2003 20:00	20.17	1	1014.2	1	1	09.09.2004 00:00	65
20.08.2003 21:00	16.94	1	1014.2	0	0	10.09.2004 00:00	50
20.08.2003 22:00	15.36	1	1014.2	0	0		
20.08.2003 23:00	14.28	1	1014.3	0	0		
21.08.2003 00:00	13.43	1	1014.3	0	0		
21.08.2003 01:00	12.79	1	1014	0	0		
21.08.2003 02:00	12.23	1	1013.9	0	0		
21.08.2003 03:00	11.66	1	1013.9	0	0		
21.08.2003 04:00	11.53	1	1013.9	0	0		
21.08.2003 05:00	11.20	1	1013.3	1	0		
21.08.2003 06:00	10.79	1	1013.7	0	0		
21.08.2003 07:00	11.22	1	1013.5	0	0		
21.08.2003 08:00	14.03	1	1013.4	0	0		
21.08.2003 09:00	18.48	1	1013.5	0	0		
21.08.2003 10:00	21.67	1	1012.9	0	0		
21.08.2003 11:00	22.39	1	1013.1	2	0		
21.08.2003 12:00	23.31	2	1012.7	2	0		
21.08.2003 13:00	23.88	2	1012.2	1	1		
21.08.2003 14:00	24.01	2	1011.5	1	1		
21.08.2003 15:00	24.89	2	1011.3	1	1		
21.08.2003 16:00	25.31	2	1010.8	1	1		
21.08.2003 17:00	25.20	2	1010.7	1	0		
21.08.2003 18:00	25.15	1	1010.5	1	1		
21.08.2003 19:00	23.90	1	1010.3	5	0		
21.08.2003 20:00	21.58	1	1010.7	3	0		
21.08.2003 21:00	19.30	1	1011.3	2	0		
21.08.2003 22:00	19.24	1	1011.5	3	0		
21.08.2003 23:00	17.25	1	1011.6	1	0		
22.08.2003 00:00	15.78	1	1011.8	0	0		
22.08.2003 01:00	14.79	1	1011.6	0	0		
22.08.2003 02:00	13.78	1	1011.3	0	0		
22.08.2003 03:00	12.90	2	1011.4	0	0		

22.08.2003 04:00	12.51	1	1011.5	0	0
22.08.2003 05:00	12.06	1	1011.6	1	0
22.08.2003 06:00	11.88	1	1011.4	0	0
22.08.2003 07:00	13.42	1	1012	3	5
22.08.2003 08:00	15.68	2	1012	3	5
22.08.2003 09:00	16.53	2	1012.2	7	5
22.08.2003 10:00	18.09	2	1012.4	7	5
22.08.2003 11:00	19.13	2	1012.6	7	8
22.08.2003 12:00	19.75	2	1012.7	7	8
22.08.2003 13:00	20.93	2	1012.9	6	8
22.08.2003 14:00	21.48	2	1013	7	5
22.08.2003 15:00	21.76	2	1012.8	5	5
22.08.2003 16:00	22.05	2	1013.1	7	5
22.08.2003 17:00	22.12	2	1013.2	7	5
22.08.2003 18:00	22.00	1	1013.3	7	5
22.08.2003 19:00	21.72	1	1013.4	6	5
22.08.2003 20:00	21.31	1	1013.5	6	5
22.08.2003 21:00	20.90	1	1013.7	7	5
22.08.2003 22:00	20.40	1	1013.6	7	5
22.08.2003 23:00	19.70	1	1013.6	7	5
23.08.2003 00:00	19.28	1	1013.8	6	5
23.08.2003 01:00	19.10	1	1013.7	6	5
23.08.2003 02:00	19.58	1	1013.7	6	5
23.08.2003 03:00	19.21	1	1013.5	6	5
23.08.2003 04:00	19.34	1	1013.4	6	5
23.08.2003 05:00	19.33	1	1013.3	6	5
23.08.2003 06:00	19.11	1	1013.6	2	5
23.08.2003 07:00	19.08	1	1013.7	7	8
23.08.2003 08:00	19.23	1	1014	7	5
23.08.2003 09:00	19.75	1	1014	7	5
23.08.2003 10:00	20.67	2	1014.4	4	5
23.08.2003 11:00	21.84	1	1014.3	4	2
23.08.2003 12:00	22.86	2	1014.2	7	8
23.08.2003 13:00	23.95	2	1014.2	7	8
23.08.2003 14:00	24.85	2	1014	7	8
23.08.2003 15:00	24.03	2	1014	7	8
23.08.2003 16:00	23.09	2	1014.3	7	8
23.08.2003 17:00	22.51	2	1014.2	7	8
23.08.2003 18:00	22.60	1	1014	2	8
23.08.2003 19:00	22.64	1	1014.1	1	1
23.08.2003 20:00	21.21	1	1014.6	1	1
23.08.2003 21:00	18.98	0	1015.3	0	0
23.08.2003 22:00	17.42	1	1015.8	0	0
23.08.2003 23:00	16.14	1	1016	0	0
24.08.2003 00:00	14.88	1	1016.1	0	0
24.08.2003 01:00	13.81	1	1015.9	0	0
24.08.2003 02:00	12.98	1	1015.9	0	0
24.08.2003 03:00	12.19	1	1016	0	0
24.08.2003 04:00	11.51	1	1016.1	2	5
24.08.2003 05:00	10.98	1	1016	5	5
24.08.2003 06:00	10.77	1	1016.2	4	5
24.08.2003 07:00	11.62	1	1016.4	4	5
24.08.2003 08:00	13.88	1	1016.3	5	5
24.08.2003 09:00	16.52	1	1016.4	4	8
24.08.2003 10:00	17.63	1	1016.5	5	8
24.08.2003 11:00	18.89	1	1016.5	5	5
24.08.2003 12:00	19.42	2	1016.3	5	5
24.08.2003 13:00	19.65	2	1016	5	5
24.08.2003 14:00	20.32	2	1015.6	6	5
24.08.2003 15:00	20.62	2	1015.4	5	8
24.08.2003 16:00	19.96	2	1015	6	8

24.08.2003 17:00	19.84	2	1014.5	5	8
24.08.2003 18:00	19.89	2	1014.2	6	5
24.08.2003 19:00	19.72	2	1014.1	6	5
24.08.2003 20:00	19.20	1	1014.1	7	5
24.08.2003 21:00	18.11	1	1014.3	7	5
24.08.2003 22:00	17.27	1	1014.2	7	5
24.08.2003 23:00	16.84	1	1014.3	7	5
25.08.2003 00:00	16.22	1	1014.1	7	5
25.08.2003 01:00	15.82	1	1013.9	7	5
25.08.2003 02:00	15.89	1	1013.9	7	5
25.08.2003 03:00	16.36	1	1013.5	7	5
25.08.2003 04:00	17.03	1	1013.2	7	5
25.08.2003 05:00	16.76	1	1013.4	7	5
25.08.2003 06:00	16.54	1	1013.6	7	5
25.08.2003 07:00	16.70	1	1013.7	7	5
25.08.2003 08:00	16.97	1	1013.9	8	5
25.08.2003 09:00	17.81	1	1014	7	5
25.08.2003 10:00	18.54	1	1013.7	7	8
25.08.2003 11:00	19.11	1	1013.8	7	8
25.08.2003 12:00	19.53	2	1013.4	7	8
25.08.2003 13:00	20.08	2	1013	6	8
25.08.2003 14:00	21.60	1	1012.4	2	1
25.08.2003 15:00	22.74	2	1011.9	1	1
25.08.2003 16:00	23.81	1	1011.1	1	1
25.08.2003 17:00	24.46	2	1010.5	1	0
25.08.2003 18:00	24.78	1	1010.1	0	0
25.08.2003 19:00	23.59	2	1009.9	1	0
25.08.2003 20:00	20.71	1	1010.2	1	0
25.08.2003 21:00	17.23	1	1010.3	0	0
25.08.2003 22:00	15.56	1	1010.3	0	0
25.08.2003 23:00	14.56	1	1010.2	0	0
26.08.2003 00:00	13.74	1	1010.2	0	0
26.08.2003 01:00	13.16	1	1010.3	0	0
26.08.2003 02:00	12.74	1	1009.9	0	0
26.08.2003 03:00	12.37	1	1009.9	0	0
26.08.2003 04:00	11.85	1	1009.8	0	0
26.08.2003 05:00	11.29	1	1009.5	1	0
26.08.2003 06:00	10.89	1	1009.4	1	0
26.08.2003 07:00	11.06	1	1009.7	2	0
26.08.2003 08:00	14.19	1	1009.9	1	0
26.08.2003 09:00	18.50	1	1010.2	1	0
26.08.2003 10:00	22.45	1	1010.1	0	0
26.08.2003 11:00	23.53	1	1010	0	0
26.08.2003 12:00	24.19	2	1009.8	1	1
26.08.2003 13:00	24.54	2	1009.2	2	1
26.08.2003 14:00	24.97	2	1009.2	3	1
26.08.2003 15:00	24.39	2	1008.9	3	1
26.08.2003 16:00	24.89	2	1008.8	3	1
26.08.2003 17:00	24.26	1	1008.6	2	1
26.08.2003 18:00	24.37	2	1008.5	1	1
26.08.2003 19:00	22.84	2	1008.6	1	1
26.08.2003 20:00	20.75	1	1008.9	0	0
26.08.2003 21:00	19.15	1	1009.2	0	0
26.08.2003 22:00	17.75	1	1009.4	0	0
26.08.2003 23:00	16.29	1	1009.7	0	0
27.08.2003 00:00	15.10	0	1009.7	2	5
27.08.2003 01:00	14.04	1	1009.7	0	0
27.08.2003 02:00	13.10	1	1009.2	6	5
27.08.2003 03:00	13.04	1	1009.2	1	5
27.08.2003 04:00	12.94	1	1008.9	6	5
27.08.2003 05:00	12.98	1	1008.6	7	5

27.08.2003 06:00	13.65	1	1008.7	7	5
27.08.2003 07:00	14.59	1	1008.8	7	5
27.08.2003 08:00	16.05	1	1009	7	5
27.08.2003 09:00	16.67	1	1009.1	7	5
27.08.2003 10:00	17.40	2	1009	7	5
27.08.2003 11:00	18.07	2	1008.7	7	8
27.08.2003 12:00	19.09	2	1008.7	7	8
27.08.2003 13:00	18.86	2	1008.3	6	8
27.08.2003 14:00	19.18	1	1008.3	6	8
27.08.2003 15:00	19.68	2	1008	5	8
27.08.2003 16:00	20.85	2	1007.6	4	8
27.08.2003 17:00	20.30	2	1007.4	4	8
27.08.2003 18:00	20.16	1	1007	3	8
27.08.2003 19:00	19.23	1	1006.9	4	5
27.08.2003 20:00	16.76	1	1007	1	5
27.08.2003 21:00	14.20	1	1007.1	1	0
27.08.2003 22:00	12.93	1	1007	2	5
27.08.2003 23:00	12.12	1	1007	2	5
28.08.2003 00:00	11.82	1	1006.8	2	5
28.08.2003 01:00	11.88	1	1006.3	5	5
28.08.2003 02:00	12.08	1	1006	3	5
28.08.2003 03:00	11.70	1	1005.7	1	5
28.08.2003 04:00	11.42	1	1005.6	1	5
28.08.2003 05:00	11.49	1	1005.3	2	5
28.08.2003 06:00	11.60	1	1005	6	5
28.08.2003 07:00	12.18	1	1005.2	6	5
28.08.2003 08:00	13.68	1	1005	5	5
28.08.2003 09:00	16.98	1	1004.9	1	0
28.08.2003 10:00	19.42	1	1004.6	1	0
28.08.2003 11:00	20.19	0	1004.5	4	2
28.08.2003 12:00	20.85	1	1004.1	4	1
28.08.2003 13:00	21.20	1	1003.2	5	8
28.08.2003 14:00	22.06	1	1003.1	5	8
28.08.2003 15:00	22.94	1	1002.4	4	8
28.08.2003 16:00	23.51	1	1002.4	5	5
28.08.2003 17:00	23.60	1	1001.4	5	5
28.08.2003 18:00	22.75	1	1000.7	5	5
28.08.2003 19:00	20.58	2	1001.3	7	5
28.08.2003 20:00	17.21	1	1000.2	5	5
28.08.2003 21:00	16.70	1	1000.8	5	5
28.08.2003 22:00	16.01	1	1000.2	5	5
28.08.2003 23:00	15.78	1	998.7	1	5
29.08.2003 00:00	15.74	1	998.7	3	5
29.08.2003 01:00	15.58	1	998.5	5	5
29.08.2003 02:00	15.78	1	996.7	5	5
29.08.2003 03:00	15.80	1	996.3	7	5
29.08.2003 04:00	15.75	1	995.8	7	5
29.08.2003 05:00	15.60	1	994.8	7	5
29.08.2003 06:00	15.57	1	994.5	8	5
29.08.2003 07:00	15.59	1	994.2	8	5
29.08.2003 08:00	15.79	1	993.7	7	5
29.08.2003 09:00	16.53	1	993.5	7	5
29.08.2003 10:00	17.73	1	993.4	8	5
29.08.2003 11:00	18.33	1	993.1	7	5
29.08.2003 12:00	19.14	1	993.4	7	6
29.08.2003 13:00	17.69	1	994.2	7	6
29.08.2003 14:00	15.38	0	994.9	7	6
29.08.2003 15:00	14.48	2	995.7	7	6
29.08.2003 16:00	14.10	1	996.6	7	6
29.08.2003 17:00	14.23	1	997.5	7	6
29.08.2003 18:00	14.18	0	998.4	7	5

29.08.2003 19:00	14.06	1	998.9	6	5
29.08.2003 20:00	14.01	1	1000.1	7	5
29.08.2003 21:00	13.84	1	1000.9	7	5
29.08.2003 22:00	13.61	1	1001.4	7	5
29.08.2003 23:00	13.59	1	1002.3	7	5
30.08.2003 00:00	13.60	1	1003	7	5
30.08.2003 01:00	14.00	1	1003.4	8	5
30.08.2003 02:00	14.02	1	1003.7	8	5
30.08.2003 03:00	13.92	1	1003.8	8	5
30.08.2003 04:00	13.63	1	1004.1	8	5
30.08.2003 05:00	13.66	1	1004.5	7	5
30.08.2003 06:00	13.60	1	1004.7	6	8
30.08.2003 07:00	13.79	1	1005.3	4	8
30.08.2003 08:00	14.30	1	1005.8	4	8
30.08.2003 09:00	14.89	1	1006.1	3	8
30.08.2003 10:00	16.39	1	1006.6	3	8
30.08.2003 11:00	16.83	2	1006.8	4	1
30.08.2003 12:00	18.33	2	1007	4	1
30.08.2003 13:00	19.09	2	1007.4	3	9
30.08.2003 14:00	16.46	1	1007.2	3	9
30.08.2003 15:00	18.79	2	1007.6	3	8
30.08.2003 16:00	16.58	1	1007.8	3	8
30.08.2003 17:00	18.64	1	1008	3	8
30.08.2003 18:00	18.88	2	1008.1	2	8
30.08.2003 19:00	17.55	1	1008.6	3	8
30.08.2003 20:00	16.13	1	1009.2	3	8
30.08.2003 21:00	13.35	1	1009.8	2	5
30.08.2003 22:00	12.02	1	1009.9	3	5
30.08.2003 23:00	11.20	1	1010.2	4	5
31.08.2003 00:00	10.70	1	1010.4	4	5
31.08.2003 01:00	10.98	1	1010.5	4	5
31.08.2003 02:00	10.86	1	1010.6	2	0
31.08.2003 03:00	10.31	1	1010.8	1	0
31.08.2003 04:00	9.69	1	1010.8	0	0
31.08.2003 05:00	9.26	1	1010.8	1	5
31.08.2003 06:00	9.69	1	1011.4	1	5
31.08.2003 07:00	10.71	1	1011.8	1	5
31.08.2003 08:00	11.59	1	1012.1	3	5
31.08.2003 09:00	12.56	1	1012.4	2	8
31.08.2003 10:00	14.55	1	1012.8	2	8
31.08.2003 11:00	15.50	2	1012.9	2	2
31.08.2003 12:00	16.59	2	1012.9	4	3
31.08.2003 13:00	15.84	1	1012.9	4	3
31.08.2003 14:00	17.92	2	1013.1	4	3
31.08.2003 15:00	17.85	2	1013.5	5	3
31.08.2003 16:00	17.51	2	1013.4	4	8
31.08.2003 17:00	17.84	2	1013.5	6	3
31.08.2003 18:00	16.41	2	1014.2	5	3
31.08.2003 19:00	14.33	1	1014.2	7	8
31.08.2003 20:00	14.27	1	1014.7	7	8
31.08.2003 21:00	13.50	1	1014.9	6	5
31.08.2003 22:00	11.77	1	1014.8	4	5
31.08.2003 23:00	10.78	1	1014.7	5	5
01.09.2003 00:00	10.21	1	1014.6	3	5
01.09.2003 01:00	9.54	1	1014.3	0	0
01.09.2003 02:00	8.73	1	1014.2	2	0
01.09.2003 03:00	8.05	1	1014	7	5
01.09.2003 04:00	8.05	1	1013.8	7	5
01.09.2003 05:00	8.53	1	1013.5	4	5
01.09.2003 06:00	8.89	1	1013.5	2	5
01.09.2003 07:00	9.16	1	1013.6	7	5

01.09.2003 08:00	9.94	1	1013.6	7	5
01.09.2003 09:00	11.34	1	1014	7	8
01.09.2003 10:00	12.24	1	1014.1	6	8
01.09.2003 11:00	13.74	2	1014.1	2	8
01.09.2003 12:00	15.21	2	1013.6	3	2
01.09.2003 13:00	16.38	2	1013.5	3	8
01.09.2003 14:00	15.41	2	1013.5	3	8
01.09.2003 15:00	14.68	1	1013.9	4	9
01.09.2003 16:00	13.31	1	1014.4	5	9
01.09.2003 17:00	13.91	1	1014.3	3	8
01.09.2003 18:00	15.33	1	1014.6	3	8
01.09.2003 19:00	13.58	1	1014.9	3	8
01.09.2003 20:00	11.16	1	1015.5	2	2
01.09.2003 21:00	10.05	1	1016	1	1
01.09.2003 22:00	9.32	1	1016.4	0	0
01.09.2003 23:00	8.68	1	1016.9	1	5
02.09.2003 00:00	8.15	1	1017.2	1	5
02.09.2003 01:00	7.75	1	1017.4	1	5
02.09.2003 02:00	7.24	1	1017.5	1	5
02.09.2003 03:00	6.98	1	1017.7	0	0
02.09.2003 04:00	6.69	1	1018	0	0
02.09.2003 05:00	6.32	1	1018.3	1	5
02.09.2003 06:00	5.91	1	1018.8	1	0
02.09.2003 07:00	6.00	1	1019.5	1	5
02.09.2003 08:00	7.53	1	1020	1	5
02.09.2003 09:00	11.77	1	1020.4	0	0
02.09.2003 10:00	15.60	1	1020.9	1	1
02.09.2003 11:00	16.53	2	1021.1	2	1
02.09.2003 12:00	17.11	1	1021.1	3	1
02.09.2003 13:00	17.61	2	1021.2	3	8
02.09.2003 14:00	18.24	2	1021.1	3	8
02.09.2003 15:00	18.81	2	1020.9	3	8
02.09.2003 16:00	18.98	2	1020.8	3	8
02.09.2003 17:00	18.70	2	1021.1	3	8
02.09.2003 18:00	18.51	2	1021.3	1	1
02.09.2003 19:00	16.94	1	1021.3	1	0
02.09.2003 20:00	12.93	1	1021.9	1	5
02.09.2003 21:00	10.84	1	1022.5	0	0
02.09.2003 22:00	9.60	1	1022.8	0	0
02.09.2003 23:00	8.64	1	1023.2	0	0
03.09.2003 00:00	7.93	1	1023.5	0	0
03.09.2003 01:00	7.37	1	1023.6	0	0
03.09.2003 02:00	6.96	1	1023.7	0	0
03.09.2003 03:00	6.41	1	1023.9	0	0
03.09.2003 04:00	6.18	1	1024.2	0	0
03.09.2003 05:00	5.76	1	1024.3	0	0
03.09.2003 06:00	5.41	1	1024.6	0	0
03.09.2003 07:00	5.47	1	1025	0	0
03.09.2003 08:00	7.43	1	1025.3	0	0
03.09.2003 09:00	12.50	1	1025.6	0	0
03.09.2003 10:00	17.00	1	1025.9	0	0
03.09.2003 11:00	18.44	1	1026	1	1
03.09.2003 12:00	18.92	1	1025.7	2	1
03.09.2003 13:00	19.95	1	1025.6	3	1
03.09.2003 14:00	20.05	1	1025.5	2	1
03.09.2003 15:00	20.73	1	1025.2	2	1
03.09.2003 16:00	20.63	2	1024.9	1	1
03.09.2003 17:00	21.03	1	1024.8	1	1
03.09.2003 18:00	20.65	1	1024.7	1	1
03.09.2003 19:00	17.79	1	1024.8	0	0
03.09.2003 20:00	14.15	1	1025.2	0	0

03.09.2003 21:00	12.31	1	1025.7	0	0
03.09.2003 22:00	11.36	1	1025.8	0	0
03.09.2003 23:00	10.52	1	1025.9	0	0
04.09.2003 00:00	9.94	1	1026	0	0
04.09.2003 01:00	9.53	1	1025.8	0	0
04.09.2003 02:00	9.13	1	1025.8	0	0
04.09.2003 03:00	8.82	1	1025.9	0	0
04.09.2003 04:00	8.29	1	1025.8	0	0
04.09.2003 05:00	7.86	1	1025.7	0	0
04.09.2003 06:00	7.51	1	1025.8	0	0
04.09.2003 07:00	7.69	1	1025.9	1	1
04.09.2003 08:00	9.40	1	1026.1	0	0
04.09.2003 09:00	14.34	1	1026.1	0	0
04.09.2003 10:00	18.74	1	1026.2	0	0
04.09.2003 11:00	20.64	1	1025.7	1	1
04.09.2003 12:00	21.35	1	1025.2	1	1
04.09.2003 13:00	20.78	1	1024.7	2	2
04.09.2003 14:00	21.91	2	1024.3	2	2
04.09.2003 15:00	22.38	2	1023.8	2	2
04.09.2003 16:00	23.02	2	1023.2	2	2
04.09.2003 17:00	23.15	1	1022.8	2	8
04.09.2003 18:00	23.15	1	1022.4	1	4
04.09.2003 19:00	20.60	1	1022.1	0	0
04.09.2003 20:00	17.00	0	1022	0	0
04.09.2003 21:00	14.55	0	1021.9	0	0
04.09.2003 22:00	13.36	0	1021.9	0	0
04.09.2003 23:00	13.03	1	1021.6	0	0
05.09.2003 00:00	12.51	1	1021.1	0	0
05.09.2003 01:00	11.58	1	1020.8	0	0
05.09.2003 02:00	10.99	1	1020.5	0	0
05.09.2003 03:00	10.52	1	1020.3	0	0
05.09.2003 04:00	10.17	1	1020	0	0
05.09.2003 05:00	10.09	1	1019.6	0	0
05.09.2003 06:00	10.12	1	1019.1	0	0
05.09.2003 07:00	10.11	1	1018.5	0	0
05.09.2003 08:00	12.35	1	1018.1	0	0
05.09.2003 09:00	18.06	1	1018.4	0	0
05.09.2003 10:00	21.44	1	1018.3	0	0
05.09.2003 11:00	22.58	2	1017.5	0	0
05.09.2003 12:00	23.50	2	1016.7	0	0
05.09.2003 13:00	24.59	2	1016	0	0
05.09.2003 14:00	25.42	2	1015.1	0	0
05.09.2003 15:00	26.11	2	1014.1	0	0
05.09.2003 16:00	25.29	1	1013.7	0	0
05.09.2003 17:00	24.76	2	1013.3	2	0
05.09.2003 18:00	24.70	1	1012.9	3	0
05.09.2003 19:00	22.01	1	1012.7	2	0
05.09.2003 20:00	17.87	1	1012.7	3	0
05.09.2003 21:00	16.31	1	1012.6	1	0
05.09.2003 22:00	16.06	1	1012.3	1	0
05.09.2003 23:00	15.60	1	1012.4	0	0
06.09.2003 00:00	15.24	1	1012.5	0	0
06.09.2003 01:00	14.77	1	1012.4	5	0
06.09.2003 02:00	15.07	1	1012.6	1	5
06.09.2003 03:00	14.84	1	1012.3	1	5
06.09.2003 04:00	14.74	1	1011.9	7	0
06.09.2003 05:00	14.20	1	1011.4	7	5
06.09.2003 06:00	14.17	1	1011.6	7	5
06.09.2003 07:00	14.41	1	1011.7	4	5
06.09.2003 08:00	14.72	1	1011.6	5	5
06.09.2003 09:00	16.84	1	1011.8	4	5

06.09.2003 10:00	19.40	2	1012	1	5
06.09.2003 11:00	20.58	2	1012	3	8
06.09.2003 12:00	21.19	2	1011.5	2	2
06.09.2003 13:00	22.28	2	1011.5	1	2
06.09.2003 14:00	22.69	2	1011.5	1	2
06.09.2003 15:00	22.45	1	1011.4	7	0
06.09.2003 16:00	22.98	1	1011.2	2	5
06.09.2003 17:00	21.58	1	1011.5	7	8
06.09.2003 18:00	18.50	1	1011.7	4	8
06.09.2003 19:00	18.08	1	1011.7	7	5
06.09.2003 20:00	16.54	1	1011.7	3	5
06.09.2003 21:00	16.42	1	1012.1	4	5
06.09.2003 22:00	16.06	1	1012.2	3	5
06.09.2003 23:00	15.46	1	1012.2	4	5
07.09.2003 00:00	15.05	1	1012.3	5	5
07.09.2003 01:00	14.68	1	1012.1	5	5
07.09.2003 02:00	14.63	1	1012.1	3	5
07.09.2003 03:00	14.46	1	1011.8	4	0
07.09.2003 04:00	14.04	1	1012	4	0
07.09.2003 05:00	13.64	1	1012	2	5
07.09.2003 06:00	13.54	1	1011.9	3	5
07.09.2003 07:00	13.75	1	1012.4	6	0
07.09.2003 08:00	14.78	1	1012.4	4	5
07.09.2003 09:00	16.27	1	1012.3	7	5
07.09.2003 10:00	16.76	1	1012.5	7	5
07.09.2003 11:00	17.46	1	1012.2	7	8
07.09.2003 12:00	18.61	1	1011.8	6	8
07.09.2003 13:00	20.59	1	1011.4	1	8
07.09.2003 14:00	20.89	1	1010.6	1	8
07.09.2003 15:00	20.66	1	1010.2	4	8
07.09.2003 16:00	20.20	1	1009.7	4	5
07.09.2003 17:00	19.94	1	1009.2	4	5
07.09.2003 18:00	19.45	1	1008.9	7	3
07.09.2003 19:00	18.61	1	1008.7	7	3
07.09.2003 20:00	16.60	2	1008.5	7	5
07.09.2003 21:00	14.94	1	1008.2	6	5
07.09.2003 22:00	14.70	1	1007.8	6	5
07.09.2003 23:00	14.73	1	1007.5	7	5
08.09.2003 00:00	14.63	1	1007.1	8	5
08.09.2003 01:00	14.55	1	1006.4	4	5
08.09.2003 02:00	14.56	1	1005.9	5	5
08.09.2003 03:00	14.46	1	1005.9	5	5
08.09.2003 04:00	14.68	1	1005.5	8	5
08.09.2003 05:00	14.51	1	1005.2	8	5
08.09.2003 06:00	14.38	1	1005	7	5
08.09.2003 07:00	13.97	1	1004.5	7	5
08.09.2003 08:00	13.85	1	1004.4	7	5
08.09.2003 09:00	13.72	1	1004.5	7	5
08.09.2003 10:00	14.02	1	1004.4	7	5
08.09.2003 11:00	14.22	1	1004.1	3	5
08.09.2003 12:00	14.84	1	1004.1	4	5
08.09.2003 13:00	15.38	1	1003.8	2	5
08.09.2003 14:00	15.77	1	1003.3	2	2
08.09.2003 15:00	16.68	1	1002.9	2	2
08.09.2003 16:00	17.35	1	1002.5	2	2
08.09.2003 17:00	16.94	1	1002.3	4	8
08.09.2003 18:00	15.58	1	1002.1	6	0
08.09.2003 19:00	14.95	1	1002.2	6	0
08.09.2003 20:00	13.59	1	1002.8	5	0
08.09.2003 21:00	13.12	1	1002.8	3	5
08.09.2003 22:00	13.10	1	1002.8	3	0

08.09.2003 23:00	12.62	1	1002.9	0	0
09.09.2003 00:00	11.58	1	1002.7	0	0
09.09.2003 01:00	10.98	1	1002.9	0	0
09.09.2003 02:00	10.46	1	1002.8	0	0
09.09.2003 03:00	10.22	1	1003.1	0	0
09.09.2003 04:00	9.87	1	1003.2	0	0
09.09.2003 05:00	9.31	1	1003.4	0	0
09.09.2003 06:00	9.00	1	1004.1	1	0
09.09.2003 07:00	8.95	1	1004.9	5	5
09.09.2003 08:00	9.40	1	1005.5	6	5
09.09.2003 09:00	11.90	1	1006.1	1	5
09.09.2003 10:00	17.20	1	1006.5	1	1
09.09.2003 11:00	17.84	0	1006.7	3	2
09.09.2003 12:00	18.95	1	1006.8	2	1
09.09.2003 13:00	19.81	1	1007.2	2	1
09.09.2003 14:00	20.14	1	1007.3	1	1
09.09.2003 15:00	20.64	2	1007.4	1	1
09.09.2003 16:00	20.36	2	1007.3	1	1
09.09.2003 17:00	21.18	1	1007.5	1	1
09.09.2003 18:00	20.06	1	1007.9	4	8
09.09.2003 19:00	17.63	1	1008.5	5	5
09.09.2003 20:00	15.19	1	1009.2	7	5
09.09.2003 21:00	14.70	0	1010.1	7	5
09.09.2003 22:00	14.01	1	1010.3	2	5
09.09.2003 23:00	12.74	1	1010.2	2	5
10.09.2003 00:00	12.00	1	1010.4	2	5
10.09.2003 01:00	11.85	1	1010.5	5	5
10.09.2003 02:00	11.40	1	1010.7	7	5
10.09.2003 03:00	11.18	1	1010.5	1	5
10.09.2003 04:00	10.98	1	1010.4	7	0
10.09.2003 05:00	10.86	1	1010.1	7	0
10.09.2003 06:00	10.77	1	1010	3	5
10.09.2003 07:00	10.94	1	1009.9	5	5
10.09.2003 08:00	11.64	1	1010.1	7	5
10.09.2003 09:00	12.62	1	1010.1	3	5
10.09.2003 10:00	14.10	1	1009.8	2	1
10.09.2003 11:00	14.90	1	1009.6	7	8
10.09.2003 12:00	14.68	1	1009.1	7	8
10.09.2003 13:00	14.90	1	1008.4	7	8
10.09.2003 14:00	13.84	2	1007.4	7	8
10.09.2003 15:00	13.21	1	1006.1	7	5
10.09.2003 16:00	12.96	0	1004.9	7	5
10.09.2003 17:00	13.05	2	1003.7	7	5
10.09.2003 18:00	13.80	2	1003	7	5
10.09.2003 19:00	14.35	2	1002.2	7	5
10.09.2003 20:00	14.83	2	1002.9	7	7
10.09.2003 21:00	14.44	2	1004.5	7	5
10.09.2003 22:00	13.05	2	1005.9	7	5
10.09.2003 23:00	12.67	2	1006.7	7	5

Tabelle A1-2: Parameter für die gewählten Abschnitte

Linkes Ufer	Länge	Niedervegetation		Buschwerk		Laubwald		Nadelwald		Bebauung		Bauwerks- höhe	Bauwerks- abstand	Horizont- abschirmung
	[m]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[m]	[Grad]
Abschnitt1	8000	1500	0.19	2950	0.37	3200	0.40	100	0.01	250	0.03	5.0	1.0	13.1
Abschnitt2	7000	1100	0.16	3500	0.50	2100	0.30	0	0.00	300	0.04	9.0	0.5	7.9
Abschnitt3	20200	2850	0.14	10300	0.51	4950	0.25	0	0.00	1500	0.07	8.0	0.2	8.6
Abschnitt4	7000	0	0.00	3500	0.50	0	0.00	0	0.00	2350	0.34	10.4	0.8	2.6
Abschnitt5	18900	2400	0.13	7900	0.42	7750	0.41	0	0.00	850	0.04	10.0	1.0	14.1
Abschnitt6	12900	650	0.05	4100	0.32	6400	0.50	1750	0.14	0	0.00	0.0	0.0	13.9
Abschnitt7	6300	150	0.02	6050	0.96	100	0.02	0	0.00	0	0.00	0.0	0.0	2.3
Abschnitt8	9100	2650	0.29	5000	0.55	1400	0.15	0	0.00	50	0.01	0.0	0.0	1.7

Rechtes Ufer	Länge	Niedervegetation		Buschwerk		Laubwald		Nadelwald		Bebauung		Bauwerks- höhe	Bauwerks- abstand	Horizont- abschirmung
	[m]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[m]	[Grad]
Abschnitt1	8000	1050	0.13	2850	0.36	3400	0.43	100	0.01	600	0.08	9.0	0.5	10.0
Abschnitt2	7000	1150	0.16	4100	0.59	1650	0.24	0	0.00	100	0.01	8.0	0.0	11.6
Abschnitt3	20200	2750	0.14	11900	0.59	3750	0.19	0	0.00	1600	0.08	9.5	0.5	10.4
Abschnitt4	7000	400	0.06	3050	0.44	0	0.00	0	0.00	2100	0.30	10.1	0.9	3.5
Abschnitt5	18900	2150	0.11	7450	0.39	7450	0.39	450	0.02	900	0.05	9.3	0.7	12.1
Abschnitt6	12900	1750	0.14	7200	0.56	3500	0.27	450	0.03	0	0.00	0.0	0.0	10.5
Abschnitt7	6300	1100	0.17	3650	0.58	1550	0.25	0	0.00	0	0.00	0.0	0.0	4.7
Abschnitt8	9100	2250	0.25	4650	0.51	2150	0.24	0	0.00	50	0.01	0.0	0.0	1.4

Rechtes und linkes Ufer (gemittelt)	Bauwerks- höhe	Bauwerks- abstand	Horizont- abschirmung	Flussbreite
	[m]	[m]	[Grad]	[m]
Abschnitt1	7.8	0.6	11.5	24.6
Abschnitt2	8.8	0.4	9.7	25.8
Abschnitt3	8.8	0.3	9.5	19.9
Abschnitt4	10.3	0.8	3.1	25.9
Abschnitt5	9.7	0.8	13.1	24.2
Abschnitt6	0.0	0.0	12.2	28.1
Abschnitt7	0.0	0.0	3.5	20.8
Abschnitt8	0.0	0.0	1.5	23.7

Tabelle A1-3: Simulierte Wassertemperatur an den Temperaturmessstellen für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

	HKW 5K	HKW 3K	IST	ohne KA	ohne HKW	ohne Industrie	mit pot. nat. Vegetation	pot. nat. Zustand
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Krebsöge Januar								
Minimum	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	1.10
Maximum	6.39	6.39	6.39	6.39	6.39	6.39	6.39	8.00
Mittelwert	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	3.76
Laaken Januar								
Minimum	1.08	1.08	1.08	0.90	1.08	1.07	1.06	0.00
Maximum	7.91	7.91	7.91	7.87	7.91	7.79	7.91	8.87
Mittelwert	3.85	3.85	3.85	3.72	3.85	3.74	3.83	3.31
HKW Barmen Januar								
Minimum	0.89	0.89	0.89	0.73	0.89	0.60	0.87	0.00
Maximum	8.20	8.20	8.20	8.16	8.20	7.90	8.19	8.71
Mittelwert	3.91	3.91	3.91	3.80	3.91	3.60	3.90	3.20
HKW Elberfeld Januar								
Minimum	4.82	3.13	1.00	0.86	0.40	0.67	0.99	0.00
Maximum	12.57	10.95	9.36	9.32	8.59	9.06	9.35	9.12
Mittelwert	8.18	6.48	4.50	4.40	3.86	4.15	4.49	3.16
Rutenbeck Januar								
Minimum	8.66	5.24	2.98	2.83	0.00	2.70	2.96	0.00
Maximum	16.39	13.32	11.32	11.29	8.75	11.06	11.30	9.27
Mittelwert	12.17	8.82	6.66	6.57	3.76	6.35	6.65	3.14
Opladen Januar								
Minimum	3.20	1.94	1.09	0.01	0.01	0.01	1.08	0.00
Maximum	10.34	9.71	9.31	9.13	8.73	9.10	9.29	8.94
Mittelwert	6.78	5.66	4.92	4.19	3.93	4.14	4.91	2.95
Krebsöge März								
Minimum	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	4.43
Maximum	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	9.53
Mittelwert	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	6.68
Laaken März								
Minimum	2.11	2.11	2.11	1.80	2.11	1.89	2.09	2.07
Maximum	6.41	6.41	6.41	6.22	6.41	6.16	6.32	8.00
Mittelwert	4.35	4.35	4.35	4.09	4.35	4.11	4.29	5.18
HKW Barmen März								
Minimum	2.28	2.11	2.28	2.06	2.28	1.92	2.26	2.14
Maximum	6.65	6.41	6.65	6.52	6.65	6.25	6.57	7.49
Mittelwert	4.53	4.35	4.53	4.34	4.52	4.14	4.47	4.92
HKW Elberfeld März								
Minimum	6.44	4.65	2.86	2.66	1.92	2.39	2.80	1.65
Maximum	11.07	9.39	7.82	7.71	6.80	7.42	7.75	7.48
Mittelwert	8.91	7.11	5.35	5.18	4.44	4.92	5.29	4.58
Rutenbeck März								
Minimum	10.52	6.99	5.05	4.87	1.68	4.66	5.01	1.24
Maximum	15.18	11.94	10.96	10.86	6.93	10.62	10.90	7.40
Mittelwert	13.14	9.61	8.08	7.91	4.31	7.68	8.01	4.36
Opladen März								
Minimum	6.74	4.99	4.14	1.89	2.36	1.86	4.07	0.34
Maximum	12.94	10.35	9.53	8.46	8.05	8.38	9.42	6.69
Mittelwert	9.78	8.08	7.34	5.76	5.49	5.67	7.25	3.70

	HKW 5K	HKW 3K	IST	ohne KA	ohne HKW	ohne Industrie	mit pot. nat. Vegetation	pot. nat. Zustand
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Krebsöge Juni								
Minimum	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	8.70
Maximum	10.39	10.39	10.39	10.39	10.39	10.39	10.39	13.68
Mittelwert	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	11.12
Laaken Juni								
Minimum	8.86	8.86	8.86	8.54	8.86	8.52	8.84	9.52
Maximum	16.28	16.28	16.28	16.12	16.28	15.81	14.86	19.07
Mittelwert	12.31	12.31	12.31	12.08	12.31	11.91	11.43	13.00
HKW Barmen Juni								
Minimum	9.28	9.28	9.28	8.95	9.28	8.40	9.26	9.70
Maximum	17.82	17.82	17.82	17.71	17.82	16.85	16.10	19.63
Mittelwert	13.24	13.24	13.24	13.04	13.24	12.34	12.18	13.34
HKW Elberfeld Juni								
Minimum	13.92	12.11	9.25	8.95	9.26	8.33	9.24	9.71
Maximum	23.50	21.62	20.41	20.32	19.13	19.52	18.38	20.27
Mittelwert	18.43	16.61	14.74	14.57	13.91	13.85	13.41	13.84
Rutenbeck Juni								
Minimum	18.39	14.79	11.98	11.69	9.25	11.10	11.97	9.75
Maximum	28.00	24.50	23.03	22.94	19.39	22.20	20.92	20.06
Mittelwert	22.99	19.50	17.59	17.44	14.15	16.77	16.15	14.03
Opladen Juni								
Minimum	16.25	14.54	13.20	11.12	11.95	10.78	13.14	9.99
Maximum	24.57	23.31	22.69	22.27	21.39	22.00	20.57	21.05
Mittelwert	19.63	18.39	17.68	16.74	16.45	16.47	16.23	14.76
Krebsöge November								
Minimum	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	3.05
Maximum	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.50
Mittelwert	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	6.32
Laaken November								
Minimum	6.31	6.31	6.31	6.11	6.31	6.24	6.29	3.00
Maximum	9.17	9.17	9.17	9.01	9.17	9.07	9.07	8.89
Mittelwert	7.58	7.58	7.58	7.41	7.61	7.49	7.57	6.25
HKW Barmen November								
Minimum	6.08	6.08	6.08	5.90	6.08	5.81	6.06	3.28
Maximum	9.20	9.20	9.20	9.09	9.21	8.93	9.12	8.56
Mittelwert	7.53	7.53	7.53	7.35	7.50	7.21	7.47	6.19
HKW Elberfeld November								
Minimum	10.16	8.44	6.78	6.69	5.83	6.53	6.83	3.30
Maximum	13.48	11.79	10.41	10.30	9.26	10.11	10.36	8.81
Mittelwert	11.87	10.10	8.53	8.34	7.40	8.15	8.45	6.21
Rutenbeck November								
Minimum	14.09	10.75	9.41	9.28	5.66	9.15	9.40	3.39
Maximum	17.75	14.25	13.38	13.27	9.17	13.08	13.37	8.99
Mittelwert	16.05	12.58	11.34	11.13	7.29	10.98	11.24	6.21
Opladen November								
Minimum	9.12	7.96	7.53	6.44	6.17	6.45	7.52	4.10
Maximum	13.37	11.58	10.97	10.23	9.51	10.21	10.95	8.72
Mittelwert	11.10	9.83	9.36	8.21	7.74	8.20	9.16	6.11

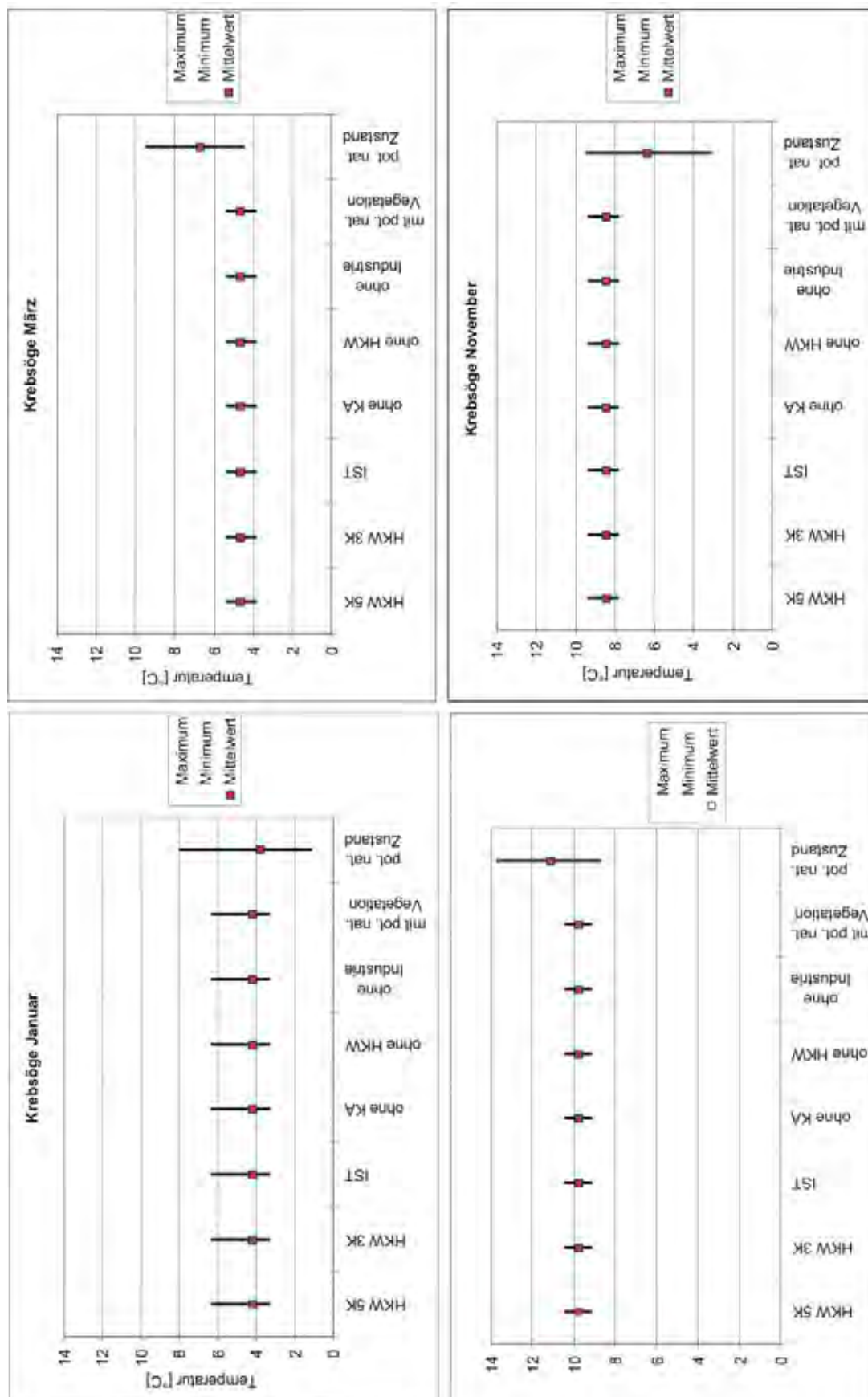


Bild A 1-3: Simulierte Wassertemperatur in Krebsöge für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

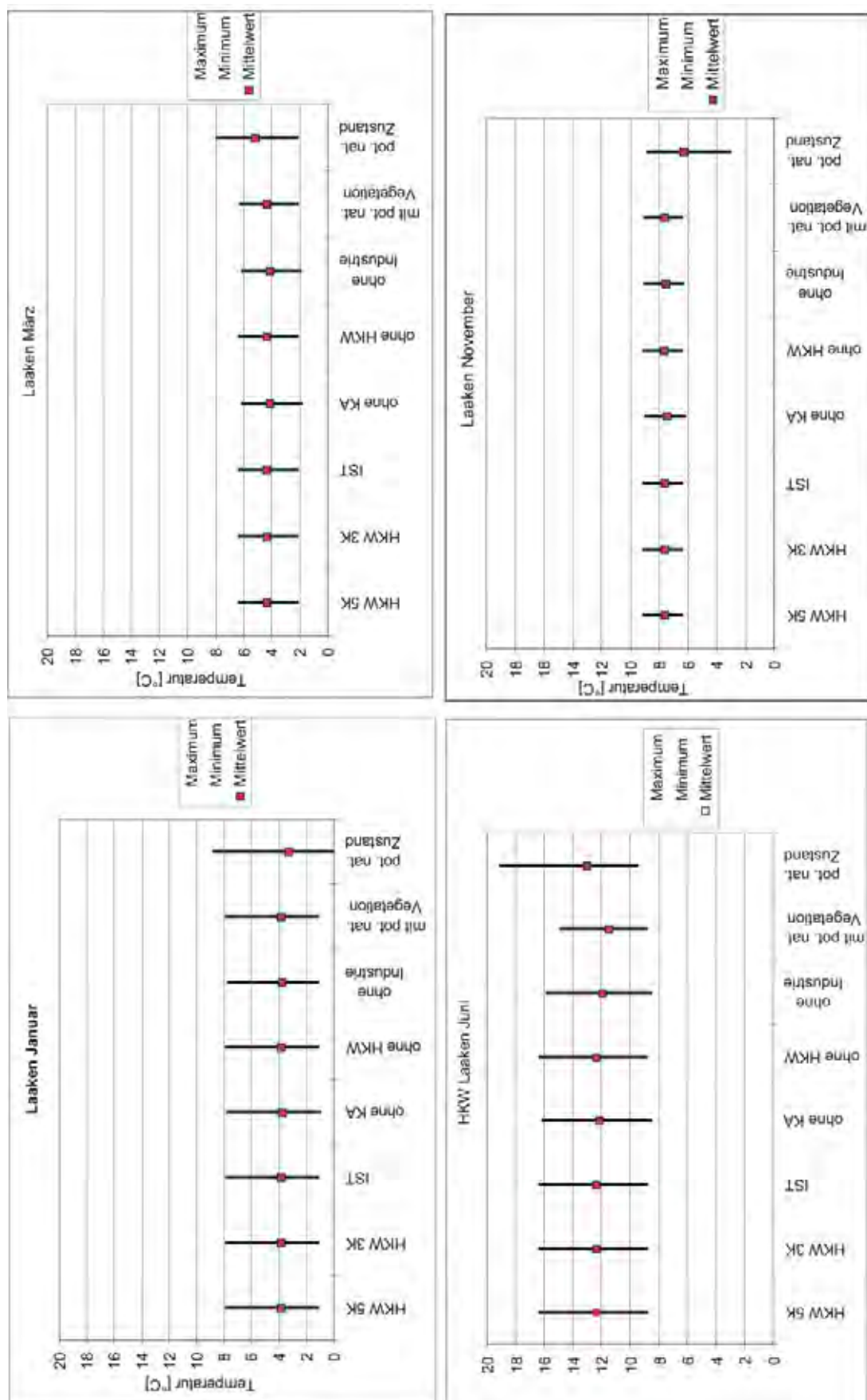


Bild A 1-4: Simulierte Wassertemperatur in Laaken für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

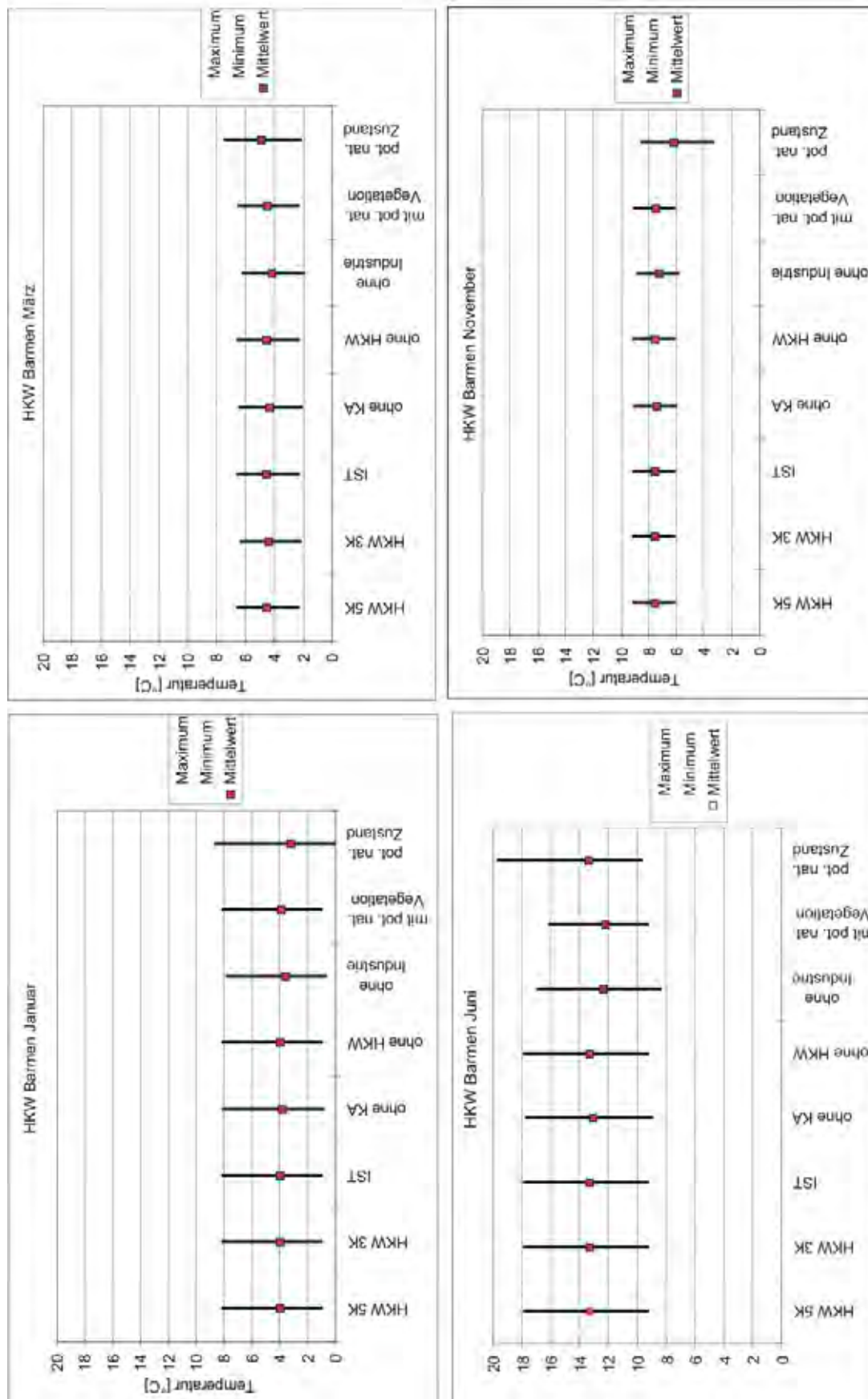


Bild A 1-5: Simulierte Wassertemperatur vor dem HKW Barmen für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

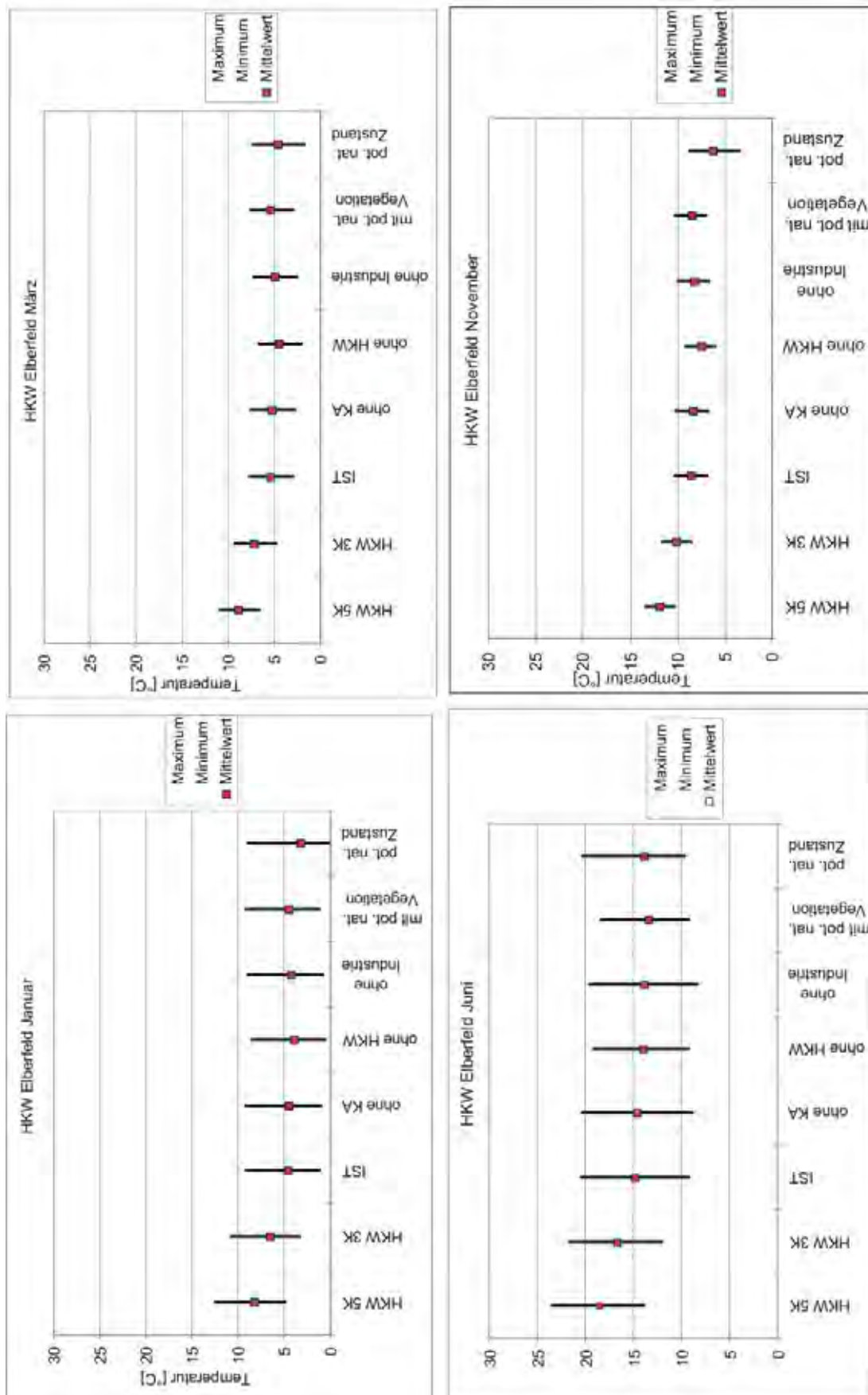


Bild A 1-6: Simulierte Wassertemperatur vor dem HKW Elberfeld für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

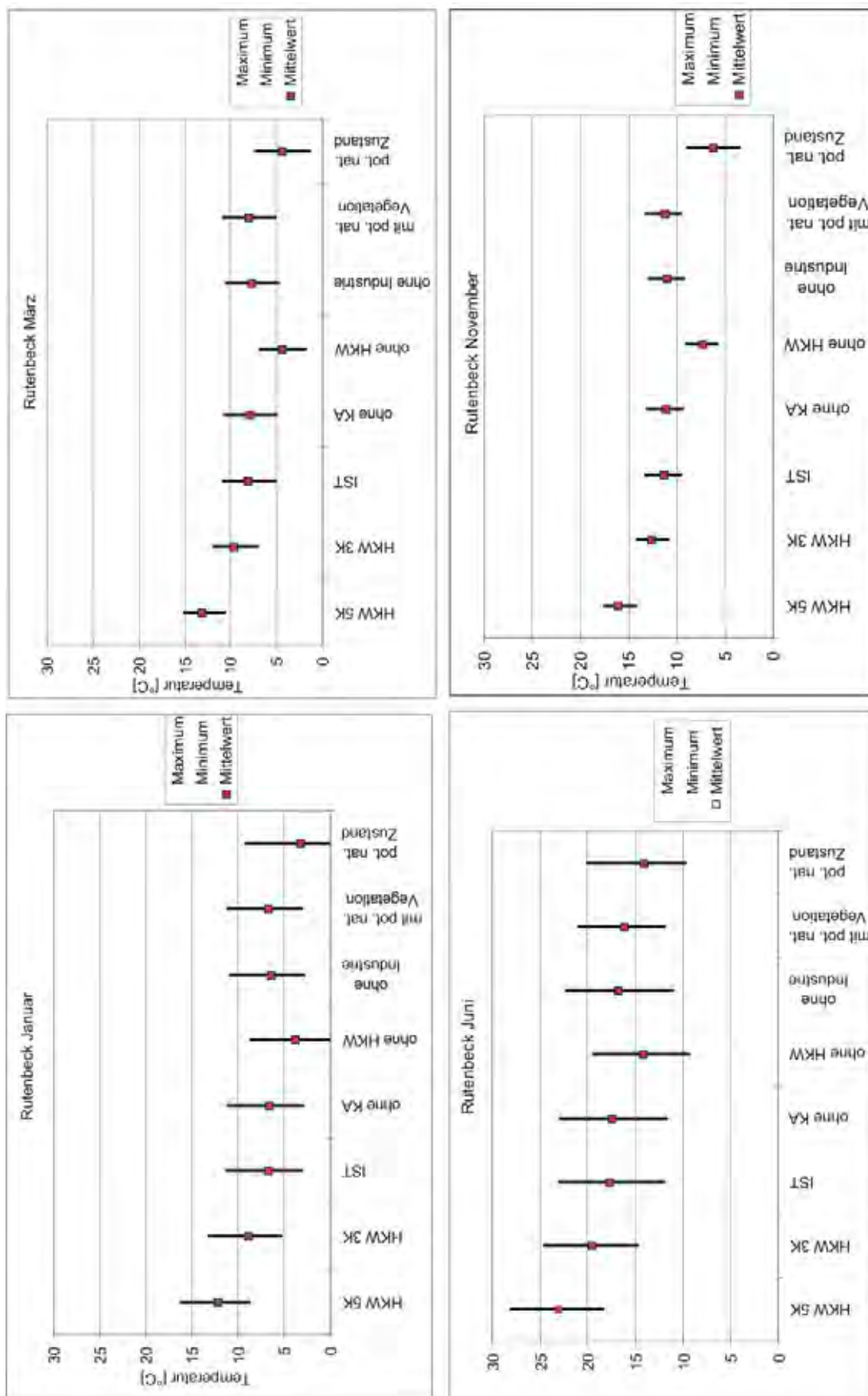


Bild A 1-7: Simulierte Wassertemperatur in Rutenbeck für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

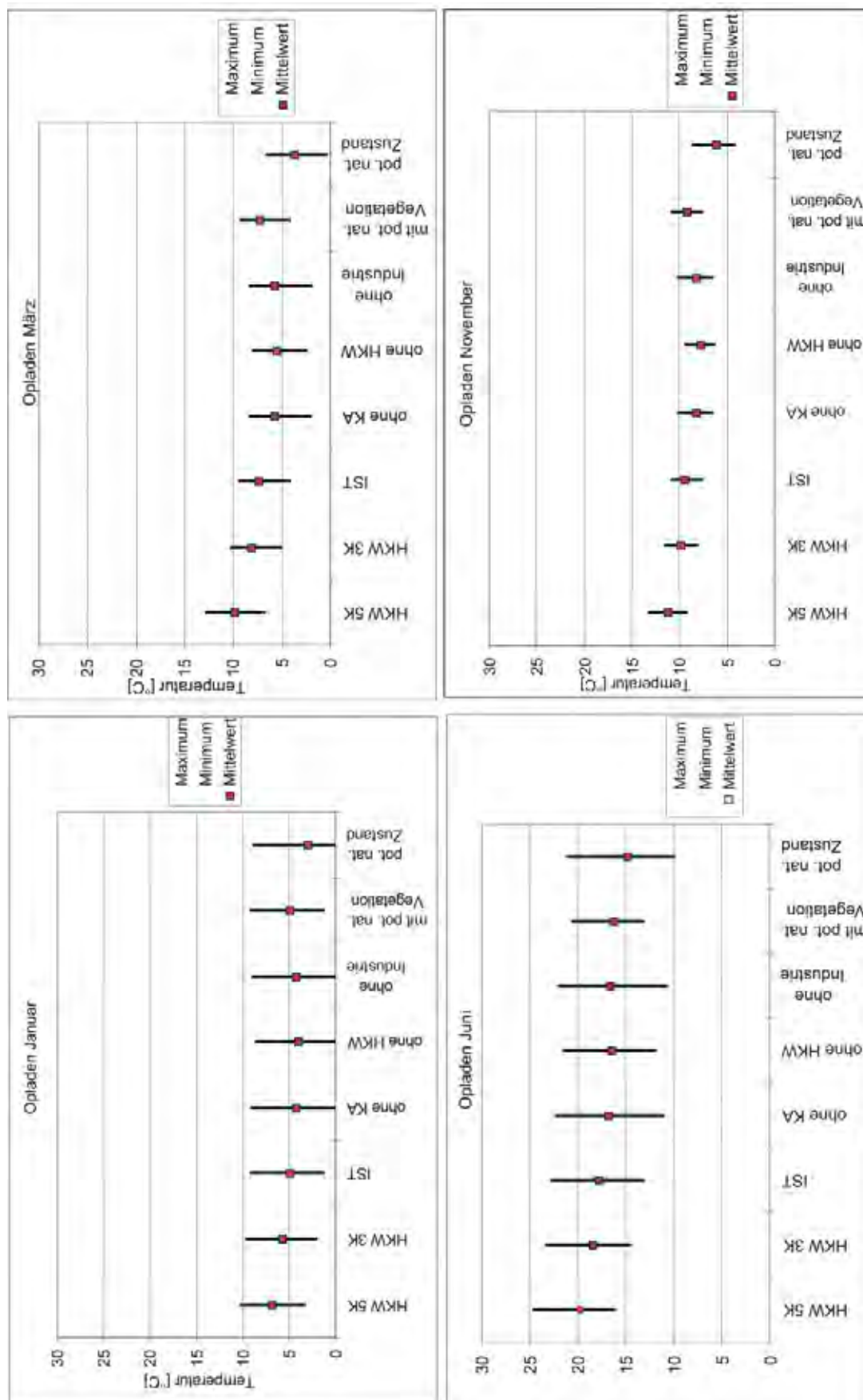


Bild A 1-8: Simulierte Wassertemperatur in Opladen für die 8 Lastvarianten im Januar, März, Juni und November

F & E Vorhaben Wupper

Ermittlung der Fischbestände in ausgewählten Flachwasserbereichen der Wupper zwischen Beyenburg und Leichlingen

Gewässername: Wupper

Untersucher:



Untersuchung im Auftrag des Wupperverbandes

fld. Nr.	Probestrecken-Nr.-Streckenbezeichnung	untersuchtes Habitat		Unteres Ende R-Wert	H-Wert	Oberes Ende R-Wert	H-Wert	Fläche m²		Bemerkungen
		Lage Beschreibung								
1	EF-597	ab Brücke Farbmühle aufwärts; rechtes Ufer		2582264	5681838	2582281	5681867	240		
2	EF-589	am Schauspelhaus, rechtes Ufer		2580671	5680660	2580704	5680619	45		
3	EF-600	15 m unterhalb bis 15 m oberhalb Brücke Rutenbecker Straße; Ufer links		2576681	5678573	2576718	5678572	50		
4	EF-599	unterhalb Bayer Werke; linkes Ufer		2577093	5679070	2577097	5679144	70		
5	EF-594	unterhalb Bahnhof bis Brücke linkes Ufer		2585313	5682908	2585359	5682909	400		
6	EF-593	ab 80 m unterhalb alte Zollbrücke aufwärts; rechte Uferseite		2586051	5682417	2586071	5682441	150		
7	EF-595	Uferstraße; linkes Ufer		2584321	5682731	2584366	5682752	350		
8	EF-592	ab 20 m oberhalb Fussgängerbrücke; linke Uferseite		2587436	5680776	2587479	5680755	220		
9	EF-591	ab 50 m vpor der Brücke 38 m flussaufwärts; linke Uferseite		2588956	5681316	2589004	5681323	304		
10	EF-601	Brücke Rutenbeck; Ufer rechts		2577182	5677628	2577146	5677644	25		
11	EF-602	Müngstner Brücke; Ufer links		2579405	5670129	2579441	5670182	50		
12	EF-603	Auerkotten; linkes Ufer		2575927	5667481	2575955	5667486	30		

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-591**

GewässerNr: **2736000000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2588935** RW3:

HW2: **5681292** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab ca. 50 m unterhalb Zufahrt Firma Erfurt 300 m flussaufwärts bis Überbauung**

Untersuchung: 1 Datum: **27.04.2004** Uhrzeit: **15:45** EF-591

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 09**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Äsche	☐	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0,160	5	0,205	1	0,05
Bachforelle	☐	0	0	25	19	2	0	0	0	0	46	7,080	59	9,077	15	2,36
Barbe	☐	0	0	4	4	6	3	6	3	1	27	28,388	35	36,395	9	9,46
Döbel	☐	0	0	1	1	1	0	1	0	0	4	3,396	5	4,354	1	1,13
Elritze	☐	0	92	0	0	0	0	0	0	0	92	0,276	118	0,354	31	0,09
Gründling	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,025	1	0,032	0	0,01
Hasel	☐	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3	0,313	4	0,401	1	0,10
Koppe	☐	7	86	4	0	0	0	0	0	0	97	0,706	124	0,904	32	0,24
Lachs	☐	0	0	33	1	0	0	0	0	0	34	1,570	44	2,013	11	0,52
Meerforelle	☐	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0,120	4	0,154	1	0,04
Nase	☐	0	0	0	0	1	10	4	0	0	15	15,985	19	20,494	5	5,33
Rotaugen	☐	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0,264	3	0,338	1	0,09

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	328	Fanggewicht [kg]	58,28
Bestand [Stück/ha]:	421	Bestandsgewicht [kg/ha]:	74,72
Bestand [Stück/100m]:	109,3333333	Bestandsgewicht [kg/100m]:	19,43
Artenzahl Fische:	12	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	26	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	25	Kies:	60	Geröll:	0
Gestein:	15	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	w	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	schwach geschwungen
Geomorphologie:	regelprofilierter Ufer
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	teilweise bodenständiger Wald oder Galerie
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	60
Umland:	Bebauung mit Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung mäßig
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Gewässerunterhaltung
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung
Entwicklungsziel:	Uferstrandstreifen ausweisen

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 11°C; Leitfähigkeit: 278 µS; pH 7,05**

Untersuchung: 2 Datum: **07.10.2004** Uhrzeit: **17:00** EF-591

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 09**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm]-----I									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Bachforelle	☐	0	6	25	18	5	2	2	0	0	58	10,034	74	12,864	19	3,34
Barbe	☐	0	0	18	8	6	5	2	1	0	40	15,556	51	19,944	13	5,19
Döbel	☐	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,094	3	0,121	1	0,03
Elritze	☐	16	194	1	0	0	0	0	0	0	211	0,605	271	0,776	70	0,20
Gründling	☐	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,050	3	0,064	1	0,02
Koppe	☐	42	313	49	0	0	0	0	0	0	404	3,437	518	4,406	135	1,15
Lachs	☐	0	28	33	0	0	0	0	0	0	61	1,432	78	1,836	20	0,48
Meerforelle	☐	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,500	1	0,641	0	0,17
Nase	☐	0	0	2	4	2	4	0	0	0	12	5,384	15	6,903	4	1,79
Schmerle	☐	0	3	1	0	0	0	0	0	0	4	0,043	5	0,055	1	0,01

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	795	Fanggewicht [kg]	37,14
Bestand [Stück/ha]:	1019	Bestandsgewicht [kg/ha]:	47,61
Bestand [Stück/100m]:	265	Bestandsgewicht [kg/100m]:	12,38
Artenzahl Fische:	10	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	26	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	0	Kies:	30	Geröll:	40
Gestein:	30	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	w
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	h

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	schwach geschwungen
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	bodenständige Galerie
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	80
Umland:	Bebauung mit Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung mäßig
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Gewässerausbau aufheben
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 Wassertemp.: 12,7°C; Leitfähigkeit: 211 µS; pH 6,76**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-592**
 GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**
 Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**
 RW2: **2587368** RW3:
 HW2: **5680748** HW3:
 Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**
 Beschreibung: **ab Fußgängerbrücke Laaken 300 m aufwärts**

Untersuchung: 1 Datum: **27.04.2004** Uhrzeit: **14:30** EF-592
 Anlass: **Kühlwassereinleitung**
 Keywords: **Fischökologische Untersuchung**
 Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**
 Pächter:
 Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**
 Nutzung: **Angelgewässer**
 Bemerkung: **lfd. Nr.: 08; Nachweis einer Goldorfe ca. 45 cm**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,620	2	0,939	0	0,21
Äsche	☐	0	0	7	5	2	0	0	0	0	14	2,530	21	3,833	5	0,84
Bachforelle	☐	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0,000	0	0,00
Barbe	☐	0	0	14	20	3	6	1	2	0	46	18,573	70	28,141	15	6,19
Barsch	☐	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,725	2	1,098	0	0,24
Döbel	☐	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3	5,719	5	8,665	1	1,91
Elritze	☐	3	80	0	0	0	0	0	0	0	83	0,242	126	0,366	28	0,08
Koppe	☐	34	192	7	0	0	0	0	0	0	233	1,536	353	2,327	78	0,51
Lachs	☐	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0,400	15	0,606	3	0,13
Meerforelle	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	2	0,061	0	0,01
Nase	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,900	2	1,364	0	0,30

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	393	Fanggewicht [kg]	31,28
Bestand [Stück/ha]:	595	Bestandsgewicht [kg/ha]:	47,40
Bestand [Stück/100m]:	131	Bestandsgewicht [kg/100m]:	10,43
Artenzahl Fische:	11	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	22	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	30	Kies:	60	Geröll:	0
Gestein:	10	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	schwach geschwungen
Geomorphologie:	regelprofilierter Ufer
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	bodenständige Galerie
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	40
Umland:	Bebauung mit Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Gewässerunterhaltung
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 11,8°C; Leitfähigkeit: 223 µS; pH 7,88**

Untersuchung: 2 Datum: **08.10.2004** Uhrzeit: **09:00** EF-592

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 08**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----I									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Äsche	☐	0	0	6	7	2	0	0	0	0	15	2,990	23	4,530	5	1,00
Bachforelle	☐	0	5	84	33	11	0	0	0	0	133	18,950	202	28,712	44	6,32
Barbe	☐	0	0	7	10	0	1	0	1	1	20	10,199	30	15,453	7	3,40
Döbel	☐	0	1	14	4	1	0	0	0	0	20	2,061	30	3,123	7	0,69
Elritze	☐	0	93	11	0	0	0	0	0	0	104	0,444	158	0,673	35	0,15
Hasel	☐	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0,245	8	0,371	2	0,08
Koppe	☐	15	239	43	0	0	0	0	0	0	297	2,756	450	4,175	99	0,92
Lachs	☐	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0,200	8	0,303	2	0,07

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]: **599** Fanggewicht [kg]: **37,84**
 Bestand [Stück/ha]: **908** Bestandsgewicht [kg/ha]: **57,34**
 Bestand [Stück/100m]: **199,6666667** Bestandsgewicht [kg/100m]: **12,61**
 Artenzahl Fische: **8** Artenzahl Krebse: **0** Artenzahl Muscheln: **0**

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]: **300** Breite [m]: **22** Tiefe [m]: **0,45**

Wasserstand: **m** Strömung: **r** Abflussmenge [l/s]:

h=hoch, m=mittel, n=niedrig s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton: **0** Sand: **0** Kies: **20** Geröll: **70**

Gestein: **10** Fallaub: **0** Totholz: **0** Schlamm: **0**

Sonstiges: **0**

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich: **w** naturnahes Strömungsmosaik: **w**

Deckung/Unterstände im Uferbereich: **w** Röhricht: **o**

Unterspülungen/Kolke: **w** höhere Unterwasserpflanzen: **w**

Sand-/Kiesbänke: **w** Schwimmblattpflanzen: **o**

durchspülte Wurzelräume: **o** Fadenalgen: **w**

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung: **gestreckt**

Geomorphologie: **Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)**

Ausbaurzustand: **Steinschüttung / -wurf**

Pflanzenbestand: **teilweise bodenständiger Wald oder Galerie**

wichtige Pflanzenarten: **Flutender Hahnenfuß**

Beschattung [%]: **60**

Umland: **Bebaurung mit Freiflächen**

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung: **Beeinträchtigung mäßig**

Beeinträchtigung: **Gewässerausbaur**

Beeinträchtigung: **Uferbefestigung**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Uferverbaur**

Entwicklungsziel: **Gewässerausbaur aufheben**

Entwicklungsziel: **naturnahe Gewässergestaltung**

Entwicklungsziel: **Uferrandstreifen ausweisen**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:

Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 12,0°C; Leitfähigkeit: 216 µS; pH 6,9**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-593**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2585641** RW3:

HW2: **5682714** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **zwischen Brücke Waldeckstraße und Alter Zollbrücke ein Teilabschnitt von 300 m**

Untersuchung: 1 Datum: **27.04.2004** Uhrzeit: **12:30** EF-593

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 06**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0,828	3	1,104	1	0,28
Äsche	☐	0	0	4	8	2	0	0	0	0	14	3,160	19	4,213	5	1,05
Bachforelle	☐	0	0	23	7	1	0	0	0	0	31	3,830	41	5,107	10	1,28
Barbe	☐	0	0	19	34	30	8	16	4	0	111	65,023	148	86,697	37	21,67
Döbel	☐	0	0	6	37	88	27	0	0	0	158	99,904	211	133,205	53	33,30
Elritze	☐	34	67	0	0	0	0	0	0	0	101	0,218	135	0,291	34	0,07
Gründling	☐	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8	0,200	11	0,267	3	0,07
Hasel	☐	0	0	37	51	0	0	0	0	0	88	12,778	117	17,037	29	4,26
Koppe	☐	4	21	7	0	0	0	0	0	0	32	0,324	43	0,432	11	0,11
Lachs	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	1	0,053	0	0,01
Nase	☐	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,210	1	0,280	0	0,07

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	547	Fanggewicht [kg]	186,52		
Bestand [Stück/ha]:	729	Bestandsgewicht [kg/ha]:	248,69		
Bestand [Stück/100m]:	182,3333333	Bestandsgewicht [kg/100m]:	62,17		
Artenzahl Fische:	11	Artenzahl Krebse:	0	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	25	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	5	Kies:	90	Geröll:	0
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:				0			

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	Beton, Mauerwerk, Pflaster
Pflanzenbestand:	bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölz
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	10
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Beeinträchtigung:	Nährstoffeintrag
Entwicklungsziel:	Abwassereinleitung aufheben
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbaur
Entwicklungsziel:	Gewässerausbaur aufheben
Entwicklungsziel:	Uferstrandstreifen ausweisen

Entwicklungsziel: **Verbesserung Wasserqualität**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 9,0°C; Leitfähigkeit: 253 µS; pH 7,76**

Untersuchung: 2 Datum: **08.10.2004** Uhrzeit: **11:00** EF-593

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 06**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----I									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Äsche	☐	0	0	41	11	4	0	0	0	0	56	6,390	75	8,520	19	2,13
Bachforelle	☐	0	4	91	11	1	0	0	0	0	107	10,166	143	13,555	36	3,39
Barbe	☐	0	6	0	0	0	1	5	0	0	12	9,124	16	12,165	4	3,04
Döbel	☐	1	0	0	5	9	11	5	0	0	31	36,362	41	48,483	10	12,12
Elritze	☐	7	2	0	0	0	0	0	0	0	9	0,010	12	0,013	3	0,00
Gründling	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,025	1	0,033	0	0,01
Koppe	☐	6	91	19	0	0	0	0	0	0	116	1,115	155	1,487	39	0,37
Lachs	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	1	0,053	0	0,01
Schmerle	☐	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,001	1	0,001	0	0,00

Krebsarten Signalkrebs 1

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	334	Fanggewicht [kg]	63,23		
Bestand [Stück/ha]:	445	Bestandsgewicht [kg/ha]:	84,31		
Bestand [Stück/100m]:	111,3333333	Bestandsgewicht [kg/100m]:	21,08		
Artenzahl Fische:	9	Artenzahl Krebse:	1	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	25	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	5	Kies:	90	Geröll:	0
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	0						

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	10
Umland:	Bebauung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐
 method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 Wassertemp.: 12,0°C; Leitfähigkeit: 216 µS; pH 6,9**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-594**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2585098** RW3:

HW2: **5682869** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **Rosenau; vom Spielplatz bis zur Überbauung Berliner Platz (Busbahnhof)**

Untersuchung: 1 Datum: **27.04.2004** Uhrzeit: **10:30** EF-594

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 05**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,208	2	0,315	0	0,07
Äsche	☐	0	3	14	22	21	0	0	0	0	60	16,572	91	25,109	20	5,52
Bachforelle	☐	3	2	42	11	9	2	0	0	0	69	10,741	105	16,274	23	3,58
Barbe	☐	0	2	12	19	13	4	1	1	0	52	18,027	79	27,314	17	6,01
Döbel	☐	0	1	10	39	78	16	0	1	0	145	80,126	220	121,403	48	26,71
Elritze	☐	16	46	0	0	0	0	0	0	0	62	0,146	94	0,221	21	0,05
Gründling	☐	1	0	9	0	0	0	0	0	0	10	0,227	15	0,344	3	0,08
Hasel	☐	0	0	20	25	2	0	0	0	0	47	7,475	71	11,326	16	2,49
Koppe	☐	3	33	3	0	0	0	0	0	0	39	0,308	59	0,466	13	0,10
Lachs	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	2	0,061	0	0,01
Meerforelle	☐	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,080	3	0,121	1	0,03
Rotaugen	☐	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,215	2	0,326	0	0,07

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	489	Fanggewicht [kg]	134,16
Bestand [Stück/ha]:	741	Bestandsgewicht [kg/ha]:	203,28
Bestand [Stück/100m]:	163	Bestandsgewicht [kg/100m]:	44,72
Artenzahl Fische:	12	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	22	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	5	Kies:	90	Geröll:	5
Gestein:	0	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	0						

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	o
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	10
Umland:	Bebauung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	mangelnde Wasserführung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Gewässerausbau aufheben
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A**
DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
Wassertemp.: 9,9°C; Leitfähigkeit: 253 µS; pH 7,76

Untersuchung: 2 Datum: **08.10.2004** Uhrzeit: **14:00** EF-594

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung:

Bemerkung: **lfd. Nr.: 05**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Äsche	☐	0	0	9	30	3	0	0	0	0	42	9,360	64	14,182	14	3,12
Bachforelle	☐	0	6	29	36	6	0	2	0	0	79	13,864	120	21,006	26	4,62
Barbe	☐	0	1	8	15	9	7	0	0	0	40	13,655	61	20,689	13	4,55
Döbel	☐	0	0	7	23	41	4	0	0	0	75	34,398	114	52,118	25	11,47
Gründling	☐	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11	0,275	17	0,417	4	0,09
Hasel	☐	0	0	35	23	0	0	0	0	0	58	6,660	88	10,091	19	2,22
Koppe	☐	2	102	26	0	0	0	0	0	0	130	1,365	197	2,068	43	0,46
Lachs	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	2	0,061	0	0,01

Krebsarten Signalkrebs 1

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]: **436** Fanggewicht [kg] **79,62**

Bestand [Stück/ha]: **661** Bestandsgewicht [kg/ha]: **120,63**

Bestand [Stück/100m]: **145,3333333** Bestandsgewicht [kg/100m]: **26,54**

Artenzahl Fische: **8** Artenzahl Krebse: **1** Artenzahl Muscheln: **0**

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]: **300** Breite [m]: **22** Tiefe [m]: **0,5**

Wasserstand: **m** Strömung: **r** Abflussmenge [l/s]:

h=hoch, m=mittel, n=niedrig s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton: **0** Sand: **5** Kies: **90** Geröll: **0**

Gestein: **5** Fallaub: **0** Totholz: **0** Schlamm: **0**

Sonstiges: **0**

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich: **w** naturnahes Strömungsmosaik: **w**

Deckung/Unterstände im Uferbereich: **w** Röhrlicht: **o**

Unterspülungen/Kolke: **o** höhere Unterwasserpflanzen: **w**

Sand-/Kiesbänke: **w** Schwimmblattpflanzen: **o**

durchspülte Wurzelräume: **o** Fadenalgen: **w**

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung: **gestreckt**

Geomorphologie: **Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)**

Ausbauzustand: **Steinschüttung / -wurf**

Pflanzenbestand: **krautige Hochstauden**

wichtige Pflanzenarten:

Beschattung [%]: **10**

Umland: **Bebauung ohne Freiflächen**

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung: **Beeinträchtigung stark**

Beeinträchtigung: **Gewässerausbau**

Beeinträchtigung: **Siedlung, Flächenverbrauch**

Beeinträchtigung: **Uferbefestigung**

Beeinträchtigung: **Kühlwassereinleitung, Abwärme**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Uferverbau**

Entwicklungsziel: **Uferrandstreifen ausweisen**

Entwicklungsziel: **Verbesserung Wasserqualität**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:

Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 12 °C; Leitfähigkeit: 216 µS; pH 6,9**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-595**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2584316** RW3:

HW2: **5682722** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab 100 m oberhalb Brücke Heidterberg 360 m flussaufwärts bis Fischaufstiegshilfe befischt**

Untersuchung: 1 Datum: **20.04.2004** Uhrzeit: **12:00** EF-595

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **Forelle >70cm entweder See- oder Meerforelle lfd. Nr. 07**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----										I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m	
Aal	☐	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1,550	3	2,609	1	0,43	
Äsche	☐	0	0	17	63	8	0	0	0	0	88	20,430	148	34,394	24	5,68	
Bachforelle	☐	32	5	21	8	7	2	0	0	1	76	7,992	128	13,455	21	2,22	
Barbe	☐	2	4	61	174	78	34	0	0	0	353	103,175	594	173,695	98	28,66	
Barsch	☐	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	1,685	5	2,837	1	0,47	
Döbel	☐	0	4	18	89	52	9	0	0	0	172	62,840	290	105,791	48	17,46	
Dreistachliger Stichling	☐	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,001	2	0,001	0	0,00	
Elritze	☐	62	149	0	0	0	0	0	0	0	211	0,478	355	0,805	59	0,13	
Gründling	☐	0	5	10	0	0	0	0	0	0	15	0,285	25	0,480	4	0,08	
Hasel	☐	0	25	159	101	0	0	0	0	0	285	29,631	480	49,884	79	8,23	
Lachs	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	2	0,067	0	0,01	
Nase	☐	0	0	0	5	17	10	2	0	0	34	20,555	57	34,604	9	5,71	
Rotaugen	☐	0	0	7	19	0	0	0	0	0	26	4,428	44	7,455	7	1,23	
Schmerle	☐	0	1	8	0	0	0	0	0	0	9	0,206	15	0,347	3	0,06	

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	1276	Fanggewicht [kg]	253,30
Bestand [Stück/ha]:	2148	Bestandsgewicht [kg/ha]:	426,42
Bestand [Stück/100m]:	354,444444	Bestandsgewicht [kg/100m]:	70,36
Artenzahl Fische:	14	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	360	Breite [m]:	16,5	Tiefe [m]:	0,45
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	70	Geröll:	20
Gestein:	0	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	o	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	o	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	h	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	gemauerte Ufer
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	0
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Gewässerunterhaltung
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbaur
Entwicklungsziel:	Gewässerausbaur aufheben
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung

Entwicklungsziel: **Verbesserung Wasserqualität**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A, DEKA 3000, Spannung: 250 V, Stromstärke: 2,7 A
 Wassertemperatur: 12,2 °C, Leitfähigkeit: 283 µS, pH-Wert: 7,63**

Untersuchung: 2 Datum: **08.10.2004** Uhrzeit: **16:00** EF-595

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 07**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm]-----I									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Äsche	☐	0	0	2	27	28	6	0	0	0	63	23,830	106	40,118	18	6,62
Bachforelle	☐	0	0	12	13	9	2	0	1	0	37	9,220	62	15,522	10	2,56
Barbe	☐	0	5	50	64	53	23	8	0	1	204	76,325	343	128,493	57	21,20
Döbel	☐	0	1	11	55	38	11	1	0	0	117	53,273	197	89,685	33	14,80
Elritze	☐	0	83	0	0	0	0	0	0	0	83	0,249	140	0,419	23	0,07
Gründling	☐	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0,500	34	0,842	6	0,14
Hasel	☐	0	0	23	94	0	0	0	0	0	117	21,337	197	35,921	33	5,93
Koppe	☐	1	25	2	0	0	0	0	0	0	28	0,226	47	0,380	8	0,06
Nase	☐	0	0	5	17	11	5	2	0	0	40	16,260	67	27,374	11	4,52
Schmerle	☐	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0,018	5	0,030	1	0,01

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	712	Fanggewicht [kg]	201,24
Bestand [Stück/ha]:	1199	Bestandsgewicht [kg/ha]:	338,78
Bestand [Stück/100m]:	197,7777778	Bestandsgewicht [kg/100m]:	55,90
Artenzahl Fische:	10	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekategorie? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	360	Breite [m]:	16,5	Tiefe [m]:	0,45
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	70	Geröll:	20
Gestein:	0	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	0						

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	5
Umland:	Bebauung mit Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beschränkung Freizeitaktivitäten
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Uferstrandstreifen ausweisen

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:

Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 12,0°C; Leitfähigkeit: 216 µS; pH 6,9**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-596**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2583610** RW3:

HW2: **5682325** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab Brücke Höhne (B7) bis Brücke Rolingswerth 125 m flussaufwärts befischt**

Untersuchung: 1 Datum: **20.04.2004** Uhrzeit: **16:30** EF-596

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **Einleitung Kraftwerk-Kühlwasser; lfd. Nr.: 14**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,377	6	2,154	1	0,30
Äsche	☐	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0,750	17	4,286	2	0,60
Bachforelle	☐	1	1	0	3	0	0	0	0	0	5	0,665	29	3,800	4	0,53
Barbe	☐	9	16	6	21	102	26	1	1	0	182	75,855	1040	433,457	146	60,68
Barsch	☐	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	1,493	17	8,531	2	1,19
Döbel	☐	0	0	0	23	28	10	1	0	0	62	38,862	354	222,069	50	31,09
Elritze	☐	19	55	0	0	0	0	0	0	0	74	0,175	423	0,997	59	0,14
Gründling	☐	2	3	1	0	0	0	0	0	0	6	0,050	34	0,286	5	0,04
Hasel	☐	0	0	25	10	0	0	0	0	0	35	3,375	200	19,286	28	2,70
Karpfen	☐	0	0	0	0	0	1	2	1	0	4	14,090	23	80,514	3	11,27
Lachs	☐	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0,500	11	2,857	2	0,40
Nase	☐	0	0	2	9	8	5	0	0	0	24	9,884	137	56,480	19	7,91
Quappe	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,900	6	5,143	1	0,72
Rotaugen	☐	0	0	0	3	2	0	0	0	0	5	1,765	29	10,086	4	1,41
Schmerle	☐	2	7	0	0	0	0	0	0	0	9	0,044	51	0,251	7	0,04

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	416	Fanggewicht [kg]	148,78
Bestand [Stück/ha]:	2377	Bestandsgewicht [kg/ha]:	850,20
Bestand [Stück/100m]:	332,8	Bestandsgewicht [kg/100m]:	119,03
Artenzahl Fische:	15	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	125	Breite [m]:	14	Tiefe [m]:	0,6
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	Sand:	Kies:	Geröll:
Gestein:	Fallaub:	Totholz:	Schlamm:
Sonstiges:			

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	o	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	o	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	h	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	geradlinig
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	gemauerte Ufer
Pflanzenbestand:	kein Pflanzenbestand wegen Verbaur o. Rasen
wichtige Pflanzenarten:	Abwasserpilz
Beschattung [%]:	5
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerunterhaltung
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme

Entwicklungsziel: **naturnahe Gewässergestaltung**
 Entwicklungsziel: **Beseitigung von Uferverbau**
 Entwicklungsziel: **Gewässerausbau aufheben**
 Entwicklungsziel: **Verbesserung Wasserqualität**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐
 method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A**
DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-597**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2582286** RW3:

HW2: **5681848** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab Brücke Farbmühle 300 m flussaufwärts**

Untersuchung: 1 Datum: **28.04.2004** Uhrzeit: **10:30** EF-597

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 01**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,208	2	0,385	0	0,07
Äsche	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	2	0,074	0	0,01
Bachforelle	☐	0	0	4	1	0	1	0	0	0	6	0,990	11	1,833	2	0,33
Barbe	☐	6	18	123	102	15	4	0	0	0	268	37,254	496	68,989	89	12,42
Döbel	☐	20	22	25	134	45	11	1	0	0	258	74,538	478	138,033	86	24,85
Elritze	☐	117	46	0	0	0	0	0	0	0	163	0,197	302	0,364	54	0,07
Gründling	☐	1	14	3	0	0	0	0	0	0	18	0,175	33	0,324	6	0,06
Hasel	☐	7	10	74	37	0	0	0	0	0	128	11,645	237	21,565	43	3,88
Koppe	☐	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0,008	4	0,014	1	0,00
Nase	☐	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0,214	4	0,396	1	0,07
Rotaugen	☐	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0,268	6	0,496	1	0,09
Schmerle	☐	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0,024	7	0,044	1	0,01

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	854	Fanggewicht [kg]	125,56
Bestand [Stück/ha]:	1581	Bestandsgewicht [kg/ha]:	232,52
Bestand [Stück/100m]:	284,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	41,85
Artenzahl Fische:	12	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	18	Tiefe [m]:	0,4
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	80	Geröll:	10
Gestein:	0	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	0						

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	o	naturnahes Strömungsmosaik:	o
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	geradlinig
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	10
Umland:	Bebauung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Gewässerunterhaltung
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Gewässerausbau aufheben
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 14,0°C; Leitfähigkeit: 296 µS; pH 7,7**

Untersuchung: 2 Datum: **12.10.2004** Uhrzeit: **09:00** EF-597

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 01**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Bachforelle	☐	0	0	4	1	2	0	1	0	0	8	1,890	17	3,938	3	0,63
Barbe	☐	0	19	56	22	9	10	2	0	0	118	23,433	246	48,819	39	7,81
Döbel	☐	0	3	11	26	14	6	1	0	0	61	25,875	127	53,906	20	8,63
Elritze	☐	54	1	0	0	0	0	0	0	0	55	0,030	115	0,063	18	0,01
Gründling	☐	0	13	24	0	0	0	0	0	0	37	0,691	77	1,440	12	0,23
Hasel	☐	0	32	45	17	0	0	0	0	0	94	6,020	196	12,542	31	2,01
Koppe	☐	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,007	2	0,015	0	0,00
Nase	☐	0	0	1	11	4	6	1	0	0	23	11,097	48	23,119	8	3,70
Rotaugen	☐	0	0	3	1	0	0	0	0	0	4	0,362	8	0,754	1	0,12
Schmerle	☐	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,006	2	0,013	0	0,00

Krebsarten

Signalkrebs 1

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	402	Fanggewicht [kg]	69,41		
Bestand [Stück/ha]:	838	Bestandsgewicht [kg/ha]:	144,61		
Bestand [Stück/100m]:	134	Bestandsgewicht [kg/100m]:	23,14		
Artenzahl Fische:	10	Artenzahl Krebse:	1	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	16	Tiefe [m]:	0,4
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	5	Kies:	80	Geröll:	10
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	10
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Nährstoffeintrag
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbaur
Entwicklungsziel:	Gewässerausbaur aufheben
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen
Entwicklungsziel:	Verbesserung Wasserqualität

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 9,7°C; Leitfähigkeit: 279 µS; pH 7,1**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-598**

GewässerNr: **2736000000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2580712** RW3:

HW2: **5680654** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **300 m bis Absturz Kluser Platz am Schauspielhaus (Kosice)**

Untersuchung: 1 Datum: **28.04.2004** Uhrzeit: **12:30** EF-598

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 02**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0,828	3	1,255	1	0,28
Äsche	☐	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,500	2	0,758	0	0,17
Bachforelle	☐	0	0	1	1	2	0	0	1	0	5	1,650	8	2,500	2	0,55
Barbe	☐	4	44	101	94	13	2	0	0	0	258	31,992	391	48,473	86	10,66
Barsch	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1,200	2	1,818	0	0,40
Döbel	☐	3	4	24	64	32	1	0	0	0	128	34,055	194	51,598	43	11,35
Elritze	☐	2	98	0	0	0	0	0	0	0	100	0,295	152	0,447	33	0,10
Gründling	☐	0	26	6	0	0	0	0	0	0	32	0,332	48	0,503	11	0,11
Hasel	☐	0	22	33	7	0	0	0	0	0	62	3,232	94	4,897	21	1,08
Rotaugen	☐	0	2	3	2	0	0	0	0	0	7	0,585	11	0,886	2	0,20

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	596	Fanggewicht [kg]	74,67
Bestand [Stück/ha]:	903	Bestandsgewicht [kg/ha]:	113,13
Bestand [Stück/100m]:	198,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	24,89
Artenzahl Fische:	10	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	22	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	5	Kies:	80	Geröll:	10
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	o
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	geradlinig
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	gemauerte Ufer
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	5
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Nährstoffeintrag
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Abwassereinleitung aufheben
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbaur
Entwicklungsziel:	Gewässerausbaur aufheben
Entwicklungsziel:	Uferstrandstreifen ausweisen

Entwicklungsziel: **Verbesserung Wasserqualität**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 14,2°C; Leitfähigkeit: 285 µS; pH 7,54**

Untersuchung: 2 Datum: **12.10.2004** Uhrzeit: **11:00** EF-598

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 02**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm]-----I									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Äsche	☐	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,080	3	0,121	1	0,03
Bachforelle	☐	0	0	0	3	2	0	0	0	0	5	1,560	8	2,364	2	0,52
Barbe	☐	0	46	87	185	22	7	4	0	0	351	65,333	532	98,989	117	21,78
Barsch	☐	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,725	2	1,098	0	0,24
Döbel	☐	0	0	23	32	7	2	0	0	0	64	14,874	97	22,536	21	4,96
Elritze	☐	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	0,042	21	0,064	5	0,01
Gründling	☐	0	18	4	0	0	0	0	0	0	22	0,226	33	0,342	7	0,08
Hasel	☐	0	0	34	8	0	0	0	0	0	42	3,386	64	5,130	14	1,13
Nase	☐	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,210	2	0,318	0	0,07
Rotaugen	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,049	2	0,074	0	0,02
Schmerle	☐	0	7	2	0	0	0	0	0	0	9	0,092	14	0,139	3	0,03

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	512	Fanggewicht [kg]	86,58		
Bestand [Stück/ha]:	776	Bestandsgewicht [kg/ha]:	131,18		
Bestand [Stück/100m]:	170,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	28,86		
Artenzahl Fische:	11	Artenzahl Krebse:	0	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	22	Tiefe [m]:	0,4
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	5	Kies:	80	Geröll:	10
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	0						

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	gemauerte Ufer
Pflanzenbestand:	bodenständiges Gebüsch, Einzelgehölz
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	15
Umland:	Bebauung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Uferstrandstreifen ausweisen
Entwicklungsziel:	Verbesserung Wasserqualität
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Sohlabsturz / Wehr

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 Wassertemp.: 9,7 °C; Leitfähigkeit: 279 µS; pH 7,1**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-599**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2577116** RW3:

HW2: **5679060** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **von unterhalb Brücke Siegfriedstr. 300 m aufwärts**

Untersuchung: 1 Datum: **28.05.2004** Uhrzeit: **15:00** EF-599

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter: **Bayer Health Care AG, Friedrich-Ebert-Str., Postfach 101709, 42096 Wuppertal; Herr. J. Evang, Tel.: 0175/3107268**

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 04**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Bachforelle	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,450	2	0,833	0	0,15
Barbe	☐	3	41	114	27	13	7	0	0	0	205	23,020	380	42,630	68	7,67
Döbel	☐	2	8	29	32	9	2	0	0	0	82	16,308	152	30,200	27	5,44
Elritze	☐	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5	0,010	9	0,019	2	0,00
Gründling	☐	0	3	1	0	0	0	0	0	0	4	0,046	7	0,085	1	0,02
Hasel	☐	1	4	4	5	0	0	0	0	0	14	1,293	26	2,394	5	0,43
Nase	☐	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,210	2	0,389	0	0,07
Rotaugen	☐	0	0	3	9	0	0	0	0	0	12	2,082	22	3,856	4	0,69
Schmerle	☐	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0,013	6	0,024	1	0,00

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	327	Fanggewicht [kg]	43,43
Bestand [Stück/ha]:	606	Bestandsgewicht [kg/ha]:	80,43
Bestand [Stück/100m]:	109	Bestandsgewicht [kg/100m]:	14,48
Artenzahl Fische:	9	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	18	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	0	Kies:	80	Geröll:	10
Gestein:	10	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	Beton, Mauerwerk, Pflaster
Pflanzenbestand:	krautige Hochstauden
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	10
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbaur
Entwicklungsziel:	Uferandstreifen ausweisen
Entwicklungsziel:	Verbesserung Wasserqualität

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 19,5°C; Leitfähigkeit: 313 µS; pH 8,02**

Untersuchung: 2 Datum: **12.10.2004** Uhrzeit: **13:00** EF-599

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter: **Bayer Health Care AG, Friedrich-Ebert-Str., Postfach 101709, 42096 Wuppertal; Herr. J. Evang, Tel.: 0175/3107268**

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 04**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----I										I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m	
Bachforelle	☐	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0,670	4	1,241	1	0,22	
Barbe	☐	14	47	98	1	3	6	5	0	0	174	19,893	322	36,839	58	6,63	
Döbel	☐	0	11	4	1	0	0	0	0	0	16	0,442	30	0,819	5	0,15	
Elritze	☐	27	147	1	0	0	0	0	0	0	175	0,470	324	0,869	58	0,16	
Gründling	☐	3	113	110	0	0	0	0	0	0	226	3,547	419	6,569	75	1,18	
Hasel	☐	0	1	5	0	0	0	0	0	0	6	0,250	11	0,463	2	0,08	
Nase	☐	0	0	0	0	1	3	0	0	0	4	3,125	7	5,787	1	1,04	
Schmerle	☐	7	283	2	0	0	0	0	0	0	292	1,755	541	3,250	97	0,59	

Krebsarten Signalkrebs 1

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	895	Fanggewicht [kg]	30,15
Bestand [Stück/ha]:	1657	Bestandsgewicht [kg/ha]:	55,84
Bestand [Stück/100m]:	298,333333	Bestandsgewicht [kg/100m]:	10,05
Artenzahl Fische:	8	Artenzahl Krebse:	1
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]: **300** Breite [m]: **18** Tiefe [m]: **0,5**

Wasserstand: **m** Strömung: **r** Abflussmenge [l/s]:

h=hoch, m=mittel, n=niedrig s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton: **0** Sand: **0** Kies: **80** Geröll: **10**

Gestein: **10** Fallaub: **0** Totholz: **0** Schlamm: **0**

Sonstiges: **0**

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich: **w** naturnahes Strömungsmosaik: **w**

Deckung/Unterstände im Uferbereich: **w** Röhrlicht: **o**

Unterspülungen/Kolke: **o** höhere Unterwasserpflanzen: **o**

Sand-/Kiesbänke: **w** Schwimmblattpflanzen: **o**

durchspülte Wurzelräume: **o** Fadenalgen: **w**

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung: **gestreckt**

Geomorphologie: **Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)**

Ausbauzustand: **Beton, Mauerwerk, Pflaster**

Pflanzenbestand: **teilweise bodenständiger Wald oder Galerie**

wichtige Pflanzenarten:

Beschattung [%]: **10**

Umland: **Bebauung ohne Freiflächen**

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung: **Beeinträchtigung stark**

Beeinträchtigung: **Gewässerausbau**

Beeinträchtigung: **Siedlung, Flächenverbrauch**

Beeinträchtigung: **Uferbefestigung**

Beeinträchtigung: **Wasserentnahme**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Uferverbau**

Entwicklungsziel: **Gewässerausbau aufheben**

Entwicklungsziel: **Überschwemmungsdynamik einrichten**

Entwicklungsziel: **Uferrandstreifen ausweisen**

Entwicklungsziel: **Verbesserung Wasserqualität**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐
 method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A**
DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
Wassertemp.: 14,4°C; Leitfähigkeit: 298 µS; pH 7,95

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-600**
 GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**
 Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**
 RW2: **2576650** RW3:
 HW2: **5678564** HW3:
 Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**
 Beschreibung: **ab ca. 40 m unterhalb Ruthenbeckerstr. (beim Sportplatz) 300 m flussaufwärts**

Untersuchung: 1 Datum: **28.04.2004** Uhrzeit: **16:00** EF-600
 Anlass: **Kühlwassereinleitung**
 Keywords: **Fischökologische Untersuchung**
 Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**
 Pächter:
 Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**
 Nutzung: **Angelgewässer**
 Bemerkung: **lfd. Nr.: 03**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,098	2	0,181	0	0,03
Bachforelle	☐	0	2	2	2	4	0	0	0	0	10	2,408	19	4,459	3	0,80
Barbe	☐	2	99	189	78	20	18	1	0	0	407	52,001	754	96,298	136	17,33
Döbel	☐	3	26	19	60	18	4	0	0	0	130	29,982	241	55,522	43	9,99
Elritze	☐	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21	0,063	39	0,117	7	0,02
Gründling	☐	0	15	5	0	0	0	0	0	0	20	0,230	37	0,426	7	0,08
Hasel	☐	0	2	6	0	0	0	0	0	0	8	0,304	15	0,563	3	0,10
Lachs	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	2	0,074	0	0,01
Nase	☐	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1,800	4	3,333	1	0,60
Regenbogenforelle	☐	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1,000	4	1,852	1	0,33
Rotaugen	☐	0	2	3	4	0	0	0	0	0	9	1,015	17	1,880	3	0,34
Schmerle	☐	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0,108	33	0,200	6	0,04

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	629	Fanggewicht [kg]	89,05
Bestand [Stück/ha]:	1165	Bestandsgewicht [kg/ha]:	164,91
Bestand [Stück/100m]:	209,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	29,68
Artenzahl Fische:	12	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	18	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	0	Kies:	70	Geröll:	20
Gestein:	10	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	w	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)
Ausbaurzustand:	Beton, Mauerwerk, Pflaster
Pflanzenbestand:	kein Pflanzenbestand wegen Verbaur o. Rasen
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	20
Umland:	Bebaurung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbaur
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbaur
Entwicklungsziel:	Gewässerausbaur aufheben
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen
Entwicklungsziel:	Verbesserung Wasserqualität

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: 2 Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 19,4°C; Leitfähigkeit: 330 µS; pH 8,0**

Untersuchung: 2 Datum: **12.10.2004** Uhrzeit: **15:30** EF-600

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 03**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	2,170	6	4,019	1	0,72
Bachforelle	☐	0	0	0	1	2	1	0	0	0	4	1,570	7	2,907	1	0,52
Barbe	☐	12	112	163	1	7	8	3	0	0	306	23,426	567	43,381	102	7,81
Döbel	☐	0	3	2	2	14	3	0	0	0	24	13,092	44	24,244	8	4,36
Elritze	☐	40	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0,020	74	0,037	13	0,01
Gründling	☐	7	291	114	0	0	0	0	0	0	412	4,901	763	9,076	137	1,63
Rotaugen	☐	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,215	2	0,398	0	0,07
Schmerle	☐	50	425	14	0	0	0	0	0	0	489	2,950	906	5,463	163	0,98

Krebsarten

Signalkrebs 3

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	1279	Fanggewicht [kg]	48,34		
Bestand [Stück/ha]:	2369	Bestandsgewicht [kg/ha]:	89,53		
Bestand [Stück/100m]:	426,3333333	Bestandsgewicht [kg/100m]:	16,11		
Artenzahl Fische:	8	Artenzahl Krebse:	1	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	18	Tiefe [m]:	0,5
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	0	Kies:	70	Geröll:	20
Gestein:	10	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	0						

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	o	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Beton, Mauerwerk, Pflaster
Pflanzenbestand:	kein Pflanzenbestand wegen Verbau o. Rasen
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	20
Umland:	Bebauung ohne Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Uferstrandstreifen ausweisen
Entwicklungsziel:	Verbesserung Wasserqualität
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 14,4°C; Leitfähigkeit: 300 µS; pH 7,95**

TKNr: **4709** ProbestreckenNr: **EF-601**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Wuppertal** Kreis/kreisfreie Stadt: **Wuppertal**

RW2: **2577228** RW3:

HW2: **5677638** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab Brücke Ruthenbeck 300 m aufwärts**

Untersuchung: 1 Datum: **06.05.2004** Uhrzeit: **10:00** EF-601

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 10**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Bachforelle	☐	0	0	3	0	5	0	0	0	0	8	2,490	11	3,320	3	0,83
Barbe	☐	1	26	17	0	5	10	0	0	0	59	12,029	79	16,039	20	4,01
Döbel	☐	0	44	16	10	5	6	0	0	0	81	15,303	108	20,404	27	5,10
Elritze	☐	1	83	0	0	0	0	0	0	0	84	0,250	112	0,333	28	0,08
Gründling	☐	0	49	26	0	0	0	0	0	0	75	0,993	100	1,324	25	0,33
Hasel	☐	0	8	14	24	0	0	0	0	0	46	5,886	61	7,848	15	1,96
Lachs	☐	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0,200	7	0,267	2	0,07
Meerforelle	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,040	1	0,053	0	0,01
Regenbogenforelle	☐	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,500	1	0,667	0	0,17
Rotaugen	☐	0	10	15	6	0	0	0	0	0	31	2,065	41	2,753	10	0,69
Schmerle	☐	0	18	1	0	0	0	0	0	0	19	0,133	25	0,177	6	0,04

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	410	Fanggewicht [kg]	39,89		
Bestand [Stück/ha]:	547	Bestandsgewicht [kg/ha]:	53,18		
Bestand [Stück/100m]:	136,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	13,30		
Artenzahl Fische:	11	Artenzahl Krebse:	0	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	25	Tiefe [m]:	0,45
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	70	Geröll:	10
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	Beton			5			

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	o
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	o

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	geradlinig
Geomorphologie:	Trapez-, Doppeltrapezprofil
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	teilweise bodenständiger Wald oder Galerie
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	25
Umland:	bodenständiger Wald

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung mittel
Beeinträchtigung:	Einleitung
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Entwicklungsziel:	Abwassereinleitung aufheben
Entwicklungsziel:	Gewässerausbau aufheben
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Renaturierung

Entwicklungsziel: **naturnahe Gewässergestaltung**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 14°C; Leitfähigkeit: 346 µS; pH 7,78**

Untersuchung: 2 Datum: **13.10.2004** Uhrzeit: **09:00** EF-601

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter:

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Stadtkreis Wuppertal, Hr. Hobza, Siemensstr. 19, 42113 Wuppertal, Tel.: 0202 / 761384, Fax: 0202 / 761384**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 10**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----I									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----I					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Bachforelle	☐	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0,900	3	1,200	1	0,30
Bachneunauge	☐	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,012	3	0,016	1	0,00
Barbe	☐	6	34	19	1	0	0	2	0	0	62	4,525	83	6,033	21	1,51
Döbel	☐	0	4	1	0	0	0	0	0	0	5	0,063	7	0,084	2	0,02
Elritze	☐	87	174	2	0	0	0	0	0	0	263	0,596	351	0,794	88	0,20
Gründling	☐	180	172	91	0	0	0	0	0	0	443	3,839	591	5,119	148	1,28
Hasel	☐	0	8	1	0	0	0	0	0	0	9	0,089	12	0,119	3	0,03
Rotaugen	☐	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,004	1	0,005	0	0,00
Schmerle	☐	265	512	28	0	0	0	0	0	0	805	4,037	1073	5,383	268	1,35

Krebsarten Signalkrebs 1

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	1592	Fanggewicht [kg]	14,06		
Bestand [Stück/ha]:	2123	Bestandsgewicht [kg/ha]:	18,75		
Bestand [Stück/100m]:	530,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	4,69		
Artenzahl Fische:	9	Artenzahl Krebse:	1	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	25	Tiefe [m]:	0,3
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	70	Geröll:	10
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:	Beton			5			

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	o
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	teilweise bodenständiger Wald oder Galerie
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	45
Umland:	Bebauung mit Freiflächen

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Siedlung, Flächenverbrauch
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Beeinträchtigung:	Kühlwassereinleitung, Abwärme
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung
Entwicklungsziel:	Uferrandstreifen ausweisen
Entwicklungsziel:	Überschwemmungsdynamik einrichten

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 13,2 °C; Leitfähigkeit: 311 µS; pH 5,8**

TKNr: **4909** ProbestreckenNr: **EF-602**

GewässerNr: **273600000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Remscheid** Kreis/kreisfreie Stadt: **Remscheid**

RW2: **2579302** RW3:

HW2: **5670067** HW3:

Fischregion: **Äschenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab 300 m unterhalb Wehr bei Müngstener Brücke aufwärts bis unter das Wehr**

Untersuchung: 1 Datum: **06.05.2004** Uhrzeit: **14:30** EF-602

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter: **Sportfischereiverband Remscheid-Morsbachtal e.V., Klaus Picard, Herderstr. 22, 42853 Remscheid, Tel.: 02191 / 893117**

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Remscheid**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 11**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,098	2	0,148	0	0,03
Bachforelle	☐	6	0	1	2	1	2	0	0	0	12	1,876	18	2,842	4	0,63
Barbe	☐	0	101	306	14	0	0	0	0	0	421	17,726	638	26,858	140	5,91
Barsch	☐	0	0	4	2	0	0	0	0	0	6	0,642	9	0,973	2	0,21
Döbel	☐	3	22	9	0	0	0	0	0	0	34	0,514	52	0,779	11	0,17
Dreistachliger Stichling	☐	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0,007	20	0,010	4	0,00
Elritze	☐	33	435	1	0	0	0	0	0	0	469	1,337	711	2,025	156	0,45
Gründling	☐	0	175	70	0	0	0	0	0	0	245	2,975	371	4,508	82	0,99
Koppe	☐	5	8	1	0	0	0	0	0	0	14	0,084	21	0,127	5	0,03
Rotaugen	☐	5	36	4	0	0	0	0	0	0	45	0,350	68	0,530	15	0,12
Schmerle	☐	13	73	4	0	0	0	0	0	0	90	0,551	136	0,835	30	0,18

Krebsarten

Signalkrebs 2

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	1350	Fanggewicht [kg]	26,16		
Bestand [Stück/ha]:	2045	Bestandsgewicht [kg/ha]:	39,63		
Bestand [Stück/100m]:	450	Bestandsgewicht [kg/100m]:	8,72		
Artenzahl Fische:	11	Artenzahl Krebse:	1	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	22	Tiefe [m]:	0,7
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	65	Geröll:	15
Gestein:	10	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	w	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	
Geomorphologie:	Trapez-, Doppeltrapezprofil
Ausbauzustand:	
Pflanzenbestand:	bodenständiger Wald
wichtige Pflanzenarten:	Flutender Hahnenfuß
Beschattung [%]:	40
Umland:	bodenständiger Wald

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Aufstau Fließgewässer
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	Uferbefestigung
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Sohlabsturz / Wehr
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Gewässerausbau aufheben
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung
Entwicklungsziel:	Renaturierung

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐
 method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**
 Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A**
DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
Wassertemp.: 14,2°C; Leitfähigkeit: 541 µS; pH 7,36

Untersuchung: 2 Datum: **13.10.2004** Uhrzeit: **11:00** EF-602

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter: **Sportfischereiverband Remscheid-Morsbachtal e.V., Klaus Picard, Herderstr. 22, 42853 Remscheid, Tel.: 02191 / 893117**

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Remscheid**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 11**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Bachforelle	☐	0	0	3	1	0	1	0	0	0	5	0,910	8	1,379	2	0,30
Barbe	☐	0	27	84	0	0	0	0	0	0	111	4,056	168	6,145	37	1,35
Döbel	☐	16	70	6	0	0	0	0	0	0	92	0,578	139	0,876	31	0,19
Dreistachliger Stichling	☐	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0,005	14	0,007	3	0,00
Elritze	☐	69	147	247	0	0	0	0	0	0	463	4,181	702	6,334	154	1,39
Hasel	☐	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0,015	5	0,023	1	0,01
Koppe	☐	0	19	9	0	0	0	0	0	0	28	0,358	42	0,542	9	0,12
Lachs	☐	0	3	5	0	0	0	0	0	0	8	0,212	12	0,321	3	0,07
Rotaugen	☐	4	1	5	0	0	0	0	0	0	10	0,257	15	0,389	3	0,09
Schmerle	☐	10	228	39	0	0	0	0	0	0	277	2,353	420	3,565	92	0,78
Ukelei	☐	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,002	2	0,003	0	0,00

Krebsarten

Signalkrebs 5

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	1007	Fanggewicht [kg]	12,93		
Bestand [Stück/ha]:	1526	Bestandsgewicht [kg/ha]:	19,58		
Bestand [Stück/100m]:	335,6666667	Bestandsgewicht [kg/100m]:	4,31		
Artenzahl Fische:	11	Artenzahl Krebse:	1	Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	22	Tiefe [m]:	0,6
Wasserstand:	m	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	15	Kies:	50	Geröll:	25
Gestein:	10	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	w	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	w	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	bodenständiger Wald
wichtige Pflanzenarten:	
Beschattung [%]:	20
Umland:	bodenständiger Wald

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung: **Beeinträchtigung stark**

Beeinträchtigung: **Gewässerausbau**

Beeinträchtigung: **Uferbefestigung**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Sohlabsturz / Wehr**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Uferverbau**

Entwicklungsziel: **Wiederherstellung Durchgängigkeit**

Entwicklungsziel: **Uferrandstreifen ausweisen**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐
 method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 Wassertemp.: 12,7°C; Leitfähigkeit: 211 µS; pH 6,76**

TKNr: **4909** ProbestreckenNr: **EF-603**

GewässerNr: **2736000000000** Gewässername: **Wupper**

Gemeinde: **Solingen** Kreis/kreisfreie Stadt: **Solingen**

RW2: **2575957** RW3:

HW2: **5667488** HW3:

Fischregion: **Äschen-Barbenregion** Gewässertyp: **schottergeprägter Fluss des Grundge**

Beschreibung: **ab Brücke Balkhauser Weg 300 m aufwärts in das Umgehungsgerinne**

Untersuchung: 1 Datum: **06.05.2004** Uhrzeit: **16:00** EF-603

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter: **SAV Bayer Leverkusen e. V.; Geschäftsstelle; Postfach 120113 51349 Leverkusen; Tel: 0214 / 43726 ; Fax: 0214 / 4001502**

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Untere Wupper, Dr. H. Neumaier, Kurlandweg 33, 42799 Leichlingen, Tel.: 02192 / 2018**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 12**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,208	2	0,385	0	0,07
Bachforelle	☐	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0,240	6	0,444	1	0,08
Barbe	☐	1	21	14	0	0	0	0	0	0	36	0,743	67	1,376	12	0,25
Barsch	☐	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,043	2	0,080	0	0,01
Döbel	☐	9	16	11	2	0	0	0	0	0	38	1,010	70	1,870	13	0,34
Dreistachliger Stichling	☐	34	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0,017	63	0,031	11	0,01
Elritze	☐	333	377	0	0	0	0	0	0	0	710	1,298	1315	2,403	237	0,43
Gründling	☐	8	112	54	0	0	0	0	0	0	174	2,150	322	3,981	58	0,72
Hasel	☐	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12	0,060	22	0,111	4	0,02
Hecht	☐	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	6,380	4	11,815	1	2,13
Koppe	☐	11	24	1	0	0	0	0	0	0	36	0,199	67	0,368	12	0,07
Lachs	☐	0	2	23	0	0	0	0	0	0	25	0,928	46	1,719	8	0,31
Schmerle	☐	8	84	4	0	0	0	0	0	0	96	0,612	178	1,133	32	0,20

Krebsarten

Muschelarten

Bestand und Artenzahlen:

Fangmenge [Stück]:	1168	Fanggewicht [kg]	13,89
Bestand [Stück/ha]:	2163	Bestandsgewicht [kg/ha]:	25,72
Bestand [Stück/100m]:	389,3333333	Bestandsgewicht [kg/100m]:	4,63
Artenzahl Fische:	13	Artenzahl Krebse:	0
		Artenzahl Muscheln:	0

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]:	300	Breite [m]:	18	Tiefe [m]:	0,6
Wasserstand:	n	Strömung:	r	Abflussmenge [l/s]:	
h=hoch, m=mittel, n=niedrig		s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent			

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton:	0	Sand:	10	Kies:	50	Geröll:	35
Gestein:	5	Fallaub:	0	Totholz:	0	Schlamm:	0
Sonstiges:					0		

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich:	w	naturnahes Strömungsmosaik:	w
Deckung/Unterstände im Uferbereich:	w	Röhricht:	o
Unterspülungen/Kolke:	o	höhere Unterwasserpflanzen:	w
Sand-/Kiesbänke:	w	Schwimblattpflanzen:	o
durchspülte Wurzelräume:	o	Fadenalgen:	w

Uferstruktur, Ausbauzustand und Umland

Linienführung:	gestreckt
Geomorphologie:	Kasten, V-Profil (Ausbauzustand)
Ausbauzustand:	Steinschüttung / -wurf
Pflanzenbestand:	bodenständiger Wald
wichtige Pflanzenarten:	Flutender Hahnenfuß
Beschattung [%]:	15
Umland:	bodenständiger Wald

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung:	Beeinträchtigung stark
Beeinträchtigung:	Gewässerausbau
Beeinträchtigung:	mangelnde Wasserführung
Beeinträchtigung:	Aufstau Fließgewässer
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Uferverbau
Entwicklungsziel:	Beseitigung von Sohlabsturz / Wehr
Entwicklungsziel:	Wiederherstellung Durchgängigkeit
Entwicklungsziel:	naturnahe Gewässergestaltung
Entwicklungsziel:	Überschwemmungsdynamik einrichten

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **2** Fangquote [%]:
 Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
 DEKA 3000; Spannung: 300 V; Stromstärke: 3 A
 Wassertemp.: 14,0°C; Leitfähigkeit: 554 µS; pH 7,62**

Untersuchung: 2 Datum: **13.10.2004** Uhrzeit: **13:00** EF-603

Anlass: **Kühlwassereinleitung**

Keywords: **Fischökologische Untersuchung**

Bearbeiter: **NZO-GmbH, Piderits Bleiche 7, 33689 Bielefeld; Tel.: 05205 / 9918-0, Fax: 05205 / 9918-10, Mail: nzo.bielefeld@nzo.de**

Pächter: **SAV Bayer Leverkusen e. V.; Geschäftsstelle; Postfach 120113
 51349 Leverkusen; Tel: 0214 / 43726 ; Fax: 0214 / 4001502**

Genossenschaft: **Fischereigenossenschaft Untere Wupper, Dr. H. Neumaier, Kurlandweg 33, 42799 Leichlingen, Tel.: 02192 / 2018**

Nutzung: **Angelgewässer**

Bemerkung: **lfd. Nr.: 12**

Fischarten

Fischart	Brut/Häufigk.	I-----Stückzahlen je Größenklasse [cm] -----									I----- berechnete Werte (ohne Fangquote) -----					
		<5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	>70	N	kg	N/ha	kg/ha	N/100m	kg/100m
Aal	☐	0	0	0	0	0	3	1	1	0	5	1,621	9	3,002	2	0,54
Bachforelle	☐	0	1	1	3	1	0	1	0	0	7	1,644	13	3,044	2	0,55
Barbe	☐	1	14	20	0	0	0	0	0	0	35	0,997	65	1,846	12	0,33
Barsch	☐	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	0,513	6	0,950	1	0,17
Döbel	☐	7	8	17	0	0	0	0	0	0	32	0,838	59	1,552	11	0,28
Dreistachliger Stichling	☐	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,013	46	0,023	8	0,00
Elritze	☐	3	697	0	0	0	0	0	0	0	3529	3,507	6535	6,494	1176	1,17
Gründling	☐	39	65	252	0	0	0	0	0	0	356	6,833	659	12,654	119	2,28
Hasel	☐	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0,059	6	0,109	1	0,02
Koppe	☐	134	105	1	0	0	0	0	0	0	240	0,827	444	1,531	80	0,28
Lachs	☐	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	0,400	19	0,741	3	0,13
Rotaugen	☐	1	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0,149	7	0,276	1	0,05
Schmerle	☐	212	471	14	0	0	0	0	0	0	697	3,388	1291	6,274	232	1,13

Krebsarten

Signalkrebs **3**

Muschelarten

EU Wasserrahmenrichtlinie

Fließgewässer in der Meldekulisse? ☐ Probestrecke gemeldet? ☐ WRR Gütezustand:

befischte Strecke

Länge [m]: **300** Breite [m]: **18** Tiefe [m]: **0,35**
 Wasserstand: **m** Strömung: **r** Abflussmenge [l/s]:
 h=hoch, m=mittel, n=niedrig s=stehend, l=langsam, r=rasch, t=turbulent

Gewässersubstrate [% Deckung]

Ton: **0** Sand: **10** Kies: **50** Geröll: **35**
 Gestein: **0** Fallaub: **0** Totholz: **0** Schlamm: **0**
 Sonstiges: **anstehender Fels** **5**

fischrelevante Strukturen

o=ohne, w=wenig, h=häufig

Deckung/Unterstände im Sohlbereich: **w** naturnahes Strömungsmosaik: **w**
 Deckung/Unterstände im Uferbereich: **w** Röhricht: **o**
 Unterspülungen/Kolke: **w** höhere Unterwasserpflanzen: **w**
 Sand-/Kiesbänke: **w** Schwimmblattpflanzen: **o**
 durchspülte Wurzelräume: **o** Fadenalgen: **w**

Uferstruktur, Ausbaurzustand und Umland

Linienführung: **gestreckt**
 Geomorphologie: **Kasten, V-Profil (Ausbaurzustand)**
 Ausbaurzustand: **Steinschüttung / -wurf**
 Pflanzenbestand: **bodenständiger Wald**
 wichtige Pflanzenarten: **Flutender Hahnenfuß**
 Beschattung [%]:
 Umland: **bodenständiger Wald**

Beeinträchtigungen, Entwicklung und Dokumentation

Beeinträchtigung: **Beeinträchtigung mittel**

Beeinträchtigung: **Gewässerausbau**

Beeinträchtigung: **Uferbefestigung**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Uferverbau**

Entwicklungsziel: **Beseitigung von Sohlabsturz / Wehr**

Entwicklungsziel: **naturnahe Gewässergestaltung**

Entwicklungsziel: **Uferrandstreifen ausweisen**

Methoden

E-Gerät: ☒ Geräteanzahl: **1** Fangquote [%]:

Netz: ☐ Reuse: ☐ Methodenprotokoll: ☐

method. Standard: **Bestandserfassung, quantitativ**

Beschreibung:

Bemerkung: **DEKA 7000 mit 2 Anodenkeschern, Spannung: 300 V, Stromstärke: 10 A
Wassertemp.: 12,4°C; Leitfähigkeit: 480 µS; pH 7,2**

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 01

Anz. Probepunkte: 30

pH-Wert: 7,76

Datum: 11.05.2004

Fläche (m²): 240

Wassertemp. [°C]: 12,8

Leitfähigkeit [µS]: 279

Fischart	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Elritze < 5 cm			7			7	12			
Elritze > 5 cm						14	2	6	1	2
Döbel < 5 cm						4	8			1
Döbel > 5 cm						6		2		
Gründling < 5 cm						4		2		
Gründling > 5 cm						7		5	1	1
Barbe < 5 cm		1	6			3				
Barbe > 5 cm				2		6		2		1

Fischart	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Elritze < 5 cm		1		4	2					
Döbel < 5 cm				3			1			
Döbel > 5 cm				1		1	2			
Schmerle > 5 cm						2				
Gründling > 5 cm						3				
Barbe < 5 cm				2		2				
Barbe > 5 cm			1	2		1		1		
Hasel > 5 cm								1		

Fischart	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Elritze < 5 cm							1	2	9	3
Elritze > 5 cm								2	1	
Döbel < 5 cm	14							6	3	3
Döbel > 5 cm					1		3	2		
Schmerle > 5 cm			1							
Gründling > 5 cm	1	1	1		1					
Barbe > 5 cm	2		4		1		1	1		

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 06

Anz. Probepunkte: 30

pH-Wert: 7,70

Datum: 11.05.2004

Fläche (m²): 150

Wassertemp. [°C]: 10,0

Leitfähigkeit [µS]: 230

	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Fischart										
Koppe < 5 cm		1								
Koppe > 5 cm	3	1	6	1	2	1	1	2		
Bachforelle								1 (49 mm)		

	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Fischart										
Elritze < 2 cm		1								
Koppe > 5 cm		1	1	2		1	1			3
Bachforelle		1 (46 mm)								
Signalkrebs > 5 cm		1								

	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Fischart										
Bachforelle										
Koppe > 5 cm	1		1	2			1 (42 mm)	3	1	1 (49 mm)
							1			
Signalkrebs > 5 cm		1								3

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 07

Anz. Probepunkte: 35

pH-Wert: 7,76

Datum: 11.05.2004

Fläche (m²): 350

Wassertemp. [°C]: 10,2

Leitfähigkeit [µS]: 254

	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Fischart			1							
Elritze < 5 cm		1 (48 mm)	1 (43 mm)		1 (40 mm)	2 (41 mm, 46 mm)			1 (45 mm)	
Bachforelle										

	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Fischart										
Bachforelle	1 (35 mm)									
Elritze < 5 cm				5	15					
Elritze > 5 cm				15	5	1				1
Barbe > 5 cm							1			

	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Fischart										
Bachforelle		1 (38 mm)		1 (40 mm)						
Elritze < 2 cm				2						
Elritze < 5 cm								10		14
Elritze > 5 cm								40	5	7
Döbel < 5 cm								10		
Döbel > 5 cm								10		
Signalkrebs > 5 cm						1				

	Probepunkt 31	Probepunkt 32	Probepunkt 33	Probepunkt 34	Probepunkt 35
Fischart					
Elritze < 2 cm				1	
Elritze < 5 cm	6				
Elritze > 5 cm				1	1
Barbe > 5 cm	1	1			
Döbel > 5 cm	2				
Gündling > 10 cm					
Bachforelle > 10 cm		1		1	

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 07

Anz. Probepunkte: 35

pH-Wert: 7,76

Datum: 11.05.2004

Fläche (m²): 350

Wassertemp. [°C]: 10,2

Leitfähigkeit [µS]: 254

	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Fischart			1							
Elritze < 5 cm		1 (48 mm)	1 (43 mm)		1 (40 mm)	2 (41 mm, 46 mm)			1 (45 mm)	
Bachforelle										

	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Fischart										
Bachforelle	1 (35 mm)									
Elritze < 5 cm				5	15					
Elritze > 5 cm				15	5	1				1
Barbe > 5 cm							1			

	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Fischart										
Bachforelle		1 (38 mm)		1 (40 mm)						
Elritze < 2 cm				2						
Elritze < 5 cm								10		14
Elritze > 5 cm								40	5	7
Döbel < 5 cm								10		
Döbel > 5 cm								10		
Signalkrebs > 5 cm						1				

	Probepunkt 31	Probepunkt 32	Probepunkt 33	Probepunkt 34	Probepunkt 35
Fischart					
Elritze < 2 cm	6			1	
Elritze < 5 cm					
Elritze > 5 cm	8			1	1
Barbe > 5 cm	1	1		1	
Döbel > 5 cm	2				
Gündling > 10 cm					
Bachforelle > 10 cm		1		1	

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probestpunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 04

Anz. Probestpunkte: 42

pH-Wert: 8,34

Datum: 28.10.2004

Fläche (m²): 420

Wassertemp. [°C]: 11,4

Leitfähigkeit [µS]: 321

Fischart	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Schmerle < 5 cm	1								1	3
Schmerle > 5 cm	4								4	5
Elritze < 5 cm										4
Barbe > 5 cm										3
Barbe > 10 cm										3
Gründling < 5 cm										1
Gründling > 10 cm										3

Fischart	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Schmerle < 5 cm									1	
Schmerle > 5 cm	3		2				1		2	1
Gründling < 5 cm										
Gründling > 5 cm	2								3	
Elritze < 5 cm										
Elritze > 5 cm	4									
Barbe > 10 cm	1						2		1	
Döbel < 5 cm										
Hasel < 5 cm									2	

Fischart	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Schmerle > 5 cm						4	3		1	
Gründling > 10 cm								2		

Fischart	Probepunkt 31	Probepunkt 32	Probepunkt 33	Probepunkt 34	Probepunkt 35	Probepunkt 36	Probepunkt 37	Probepunkt 38	Probepunkt 39	Probepunkt 40	Probepunkt 41	Probepunkt 42
Schmerle < 5 cm					2							
Schmerle > 5 cm					4	4			1	1		1
Gründling < 5 cm				6								
Gründling > 5 cm				1								
Elritze < 5 cm				8	5						1	
Elritze > 5 cm				4	1							
Barbe > 5 cm						1						2
Barbe > 10 cm						1				1		

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probestichpunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 05

Anz. Probestichpunkte: 40

pH-Wert: 7.58

Datum: 11.05.2004

Fläche (m²): 400

Wassertemp. [°C]: 10,4

Leitfähigkeit [µS]: 247

Fischart	Probestichpunkt 1	Probestichpunkt 2	Probestichpunkt 3	Probestichpunkt 4	Probestichpunkt 5	Probestichpunkt 6	Probestichpunkt 7	Probestichpunkt 8	Probestichpunkt 9	Probestichpunkt 10
Koppe < 5 cm	1				2					1

Fischart	Probestichpunkt 11	Probestichpunkt 12	Probestichpunkt 13	Probestichpunkt 14	Probestichpunkt 15	Probestichpunkt 16	Probestichpunkt 17	Probestichpunkt 18	Probestichpunkt 19	Probestichpunkt 20
Koppe < 5 cm				1	3			2		
Koppe > 5 cm				1	1	3	1	1	1	1
Schmerle > 5 cm				1						

Fischart	Probestichpunkt 21	Probestichpunkt 22	Probestichpunkt 23	Probestichpunkt 24	Probestichpunkt 25	Probestichpunkt 26	Probestichpunkt 27	Probestichpunkt 28	Probestichpunkt 29	Probestichpunkt 30
Koppe < 5 cm			1		1					1
Koppe > 5 cm	1	1							2	2
Bachforelle					1 (116 mm)			1 (124 mm)		

Fischart	Probestichpunkt 31	Probestichpunkt 32	Probestichpunkt 33	Probestichpunkt 34	Probestichpunkt 35	Probestichpunkt 36	Probestichpunkt 37	Probestichpunkt 38	Probestichpunkt 39	Probestichpunkt 40
Koppe < 5 cm						3		2		
Koppe > 5 cm		2	1		1	4		3	3	3
Elritze < 2 cm							6	60	12	
Elritze < 5 cm							2	2		
Signalkrebs > 5 cm							1			

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 07

Anz. Probepunkte: 35

pH-Wert: 7.58

Datum: 28.10.2004

Fläche (m²): 350

Wassertemp. [°C]: 10.5

Leitfähigkeit [µS]: 268

Fischart	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Hasel > 5 cm	1				1					

Fischart	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Hasel > 5 cm	3									
Elritze < 2 cm	18									
Elritze > 5 cm	4		1			1	3	1	1	
Schmerle < 5 cm	4									
Döbel > 10 cm					1					

Fischart	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Elritze < 2 cm										
Elritze > 5 cm			1	1			2			
Koppe > 5 cm				1						
Güdingling > 10 cm		1								
Signalkrebs > 10 cm									1	

Fischart	Probepunkt 31	Probepunkt 32	Probepunkt 33	Probepunkt 34	Probepunkt 35
Elritze > 5 cm	1	1			
Koppe > 5 cm		1			1

zusätzlich 50 Döbel > 10 cm, 20 Döbel > 5 cm, 30 Elritzen > 5 cm und 60 Elritzen < 5 cm im Bereich eines Rohrauslasses



Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte

Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 09

Anz. Probepunkte: 30

pH-Wert: 7,14

Datum: 27.10.2004

Fläche (m²): 304

Wassertemp. [°C]: 9,6

Leitfähigkeit [μS]: 219[illegible][illegible][illegible]

Protokollbogen zur Erfassung der Ergebnisse der Probepunkte



Gewässername: Wupper

Habitatnummer: 1.1

Anz. Probepunkte: 40

pH-Wert: 7,36

Datum: 27.10.2004

Fläche (m²): 400

Wassertemp. [°C]: 11,0

Leitfähigkeit [µS]: 549

Fischart	Probepunkt 1	Probepunkt 2	Probepunkt 3	Probepunkt 4	Probepunkt 5	Probepunkt 6	Probepunkt 7	Probepunkt 8	Probepunkt 9	Probepunkt 10
Koppe > 5 cm		1								
Elritze < 5 cm									6	
Elritze > 5 cm			1	1						4
Schmerle > 5 cm			1	1	2	2				2
Hasel > 5 cm										14
Dreistachliger Stichling < 5 cm				2	2					

Fischart	Probepunkt 11	Probepunkt 12	Probepunkt 13	Probepunkt 14	Probepunkt 15	Probepunkt 16	Probepunkt 17	Probepunkt 18	Probepunkt 19	Probepunkt 20
Döbel > 5 cm	1									
Döbel > 10 cm								1		
Elritze < 5 cm								12	30	
Elritze > 5 cm		1		1		2	3	4	2	
Schmerle > 5 cm		1							1	
Schmerle < 5 cm		2								
Gründling > 5 cm				1						
Gründling > 10 cm				2						
Hasel > 5 cm				8						
Koppe > 10 cm									1	
Signalkrebs > 10 cm									1	

Fischart	Probepunkt 21	Probepunkt 22	Probepunkt 23	Probepunkt 24	Probepunkt 25	Probepunkt 26	Probepunkt 27	Probepunkt 28	Probepunkt 29	Probepunkt 30
Elritze < 5 cm		1							15	
Elritze > 5 cm									6	
Schmerle > 5 cm			1				1		1	
Hasel > 5 cm									4	
Signalkrebs > 10 cm	1						1			

Fischart	Probepunkt 31	Probepunkt 32	Probepunkt 33	Probepunkt 34	Probepunkt 35	Probepunkt 36	Probepunkt 37	Probepunkt 38	Probepunkt 39	Probepunkt 40
Schmerle > 5 cm			1	1			1			
Schmerle < 5 cm		1		1	1	1		1		
Elritze < 5 cm						18		7		
Elritze > 5 cm				4		26		9		
Schleie > 20 cm						1				
Hasel > 5 cm						4				
Signalkrebs > 10 cm								1		
Gründling > 10 cm				1		1				

Anhang: Dominanzen Probestecken)

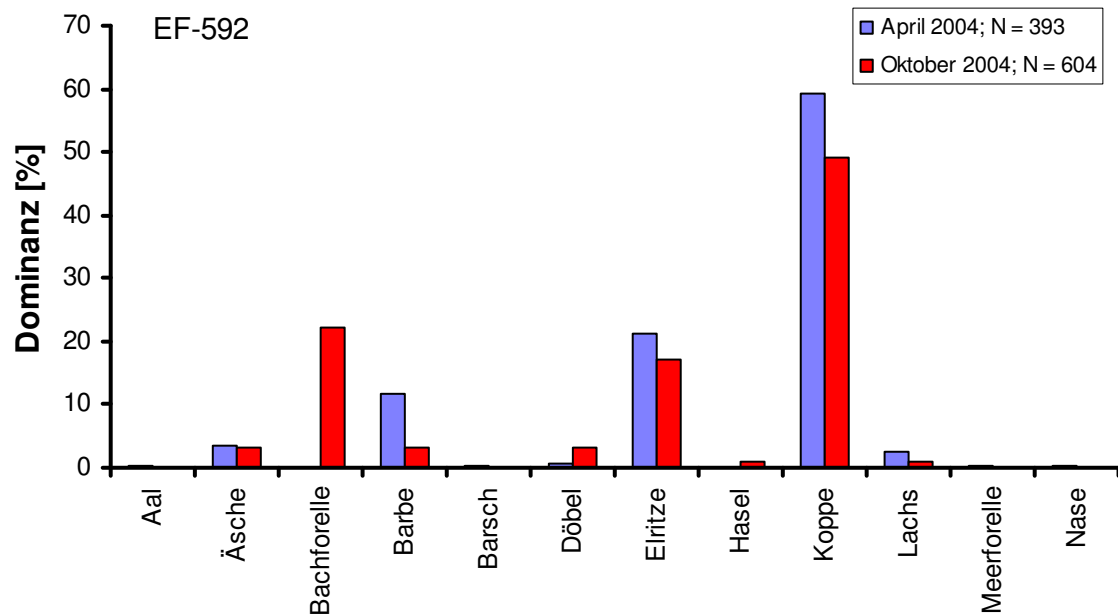


Abb.: 7.5.2.A1: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-592 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

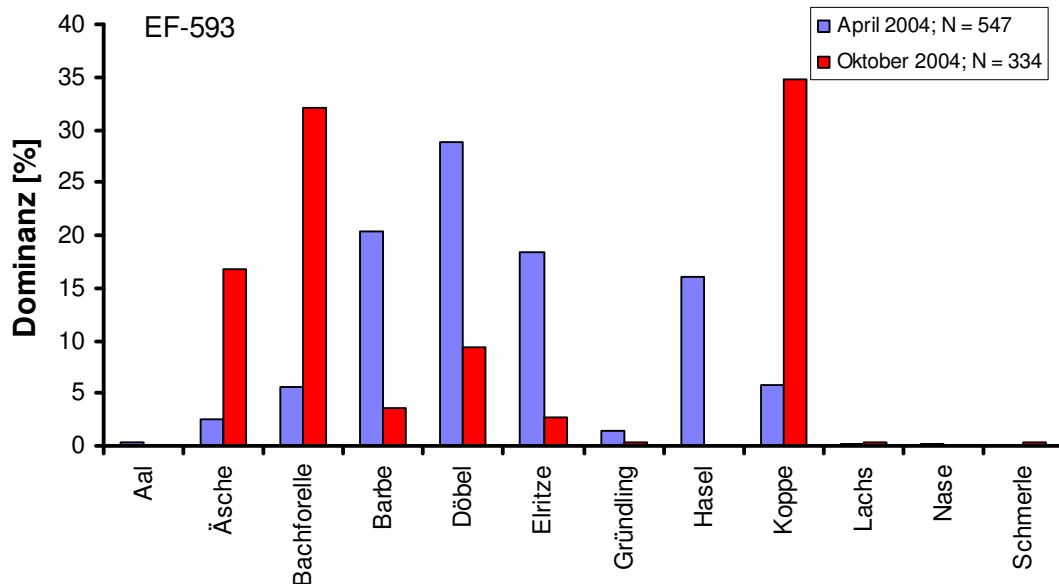


Abb.: 7.5.2.A2: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-593 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

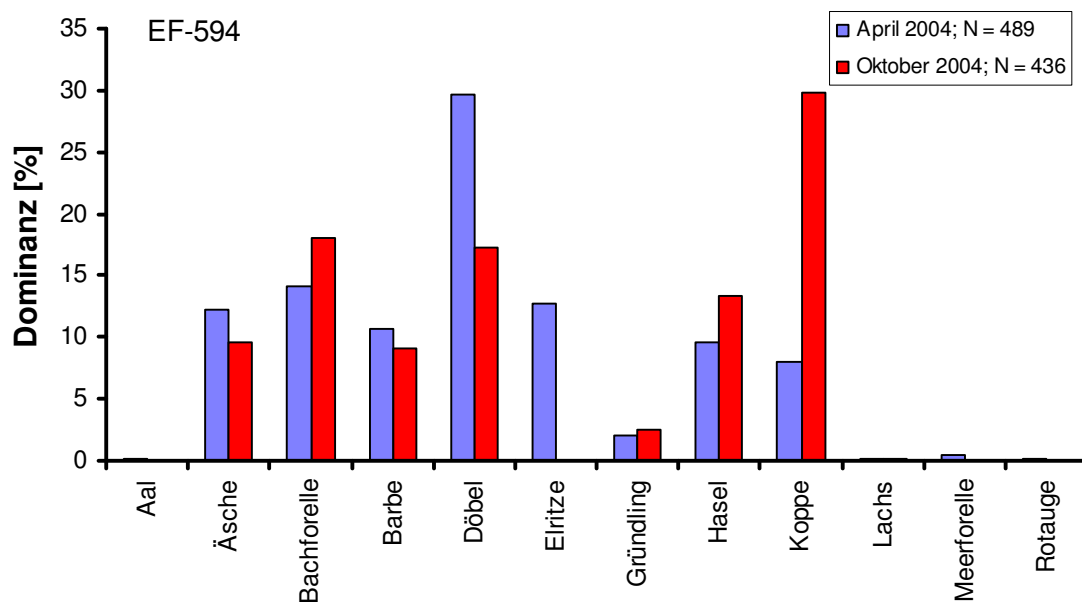


Abb.: 7.5.2.A3: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-594 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

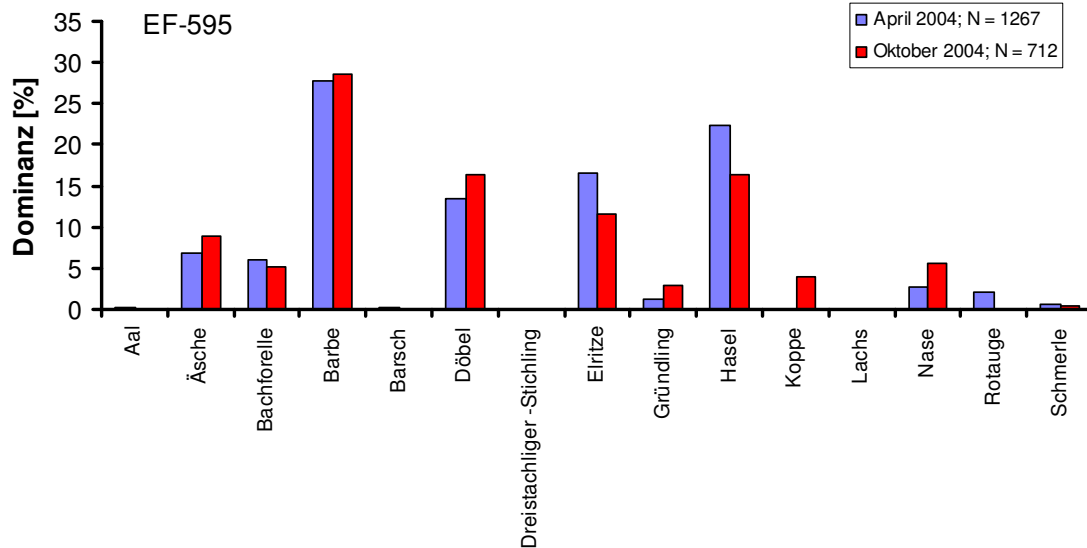


Abb.: 7.5.2.A4: Dominanzverteilungen der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-595 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

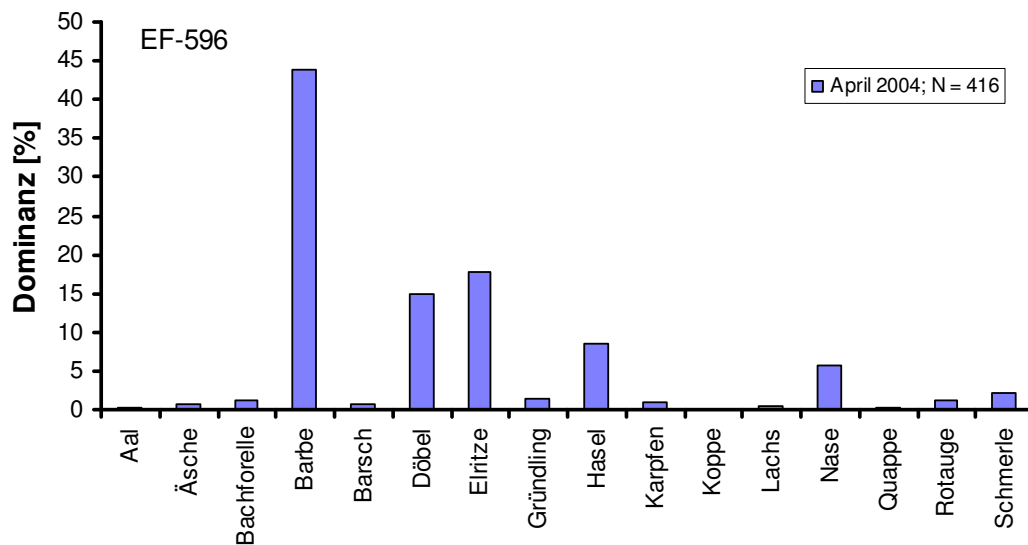


Abb.: 7.5.2.A5: Dominanzverteilung der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-596 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

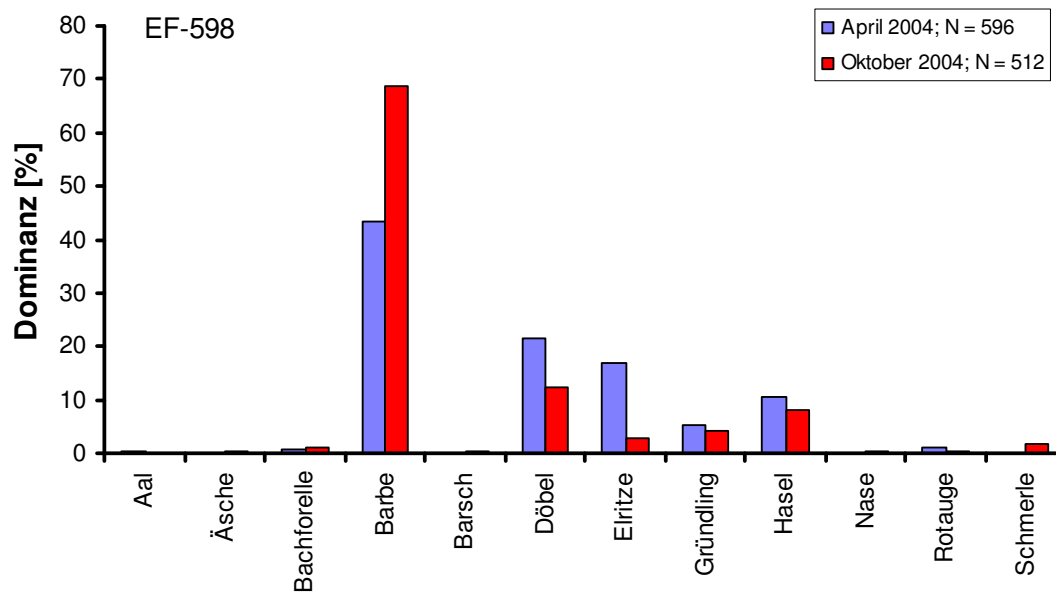


Abb.: 7.5.2.A6: Dominanzverteilung der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-598 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

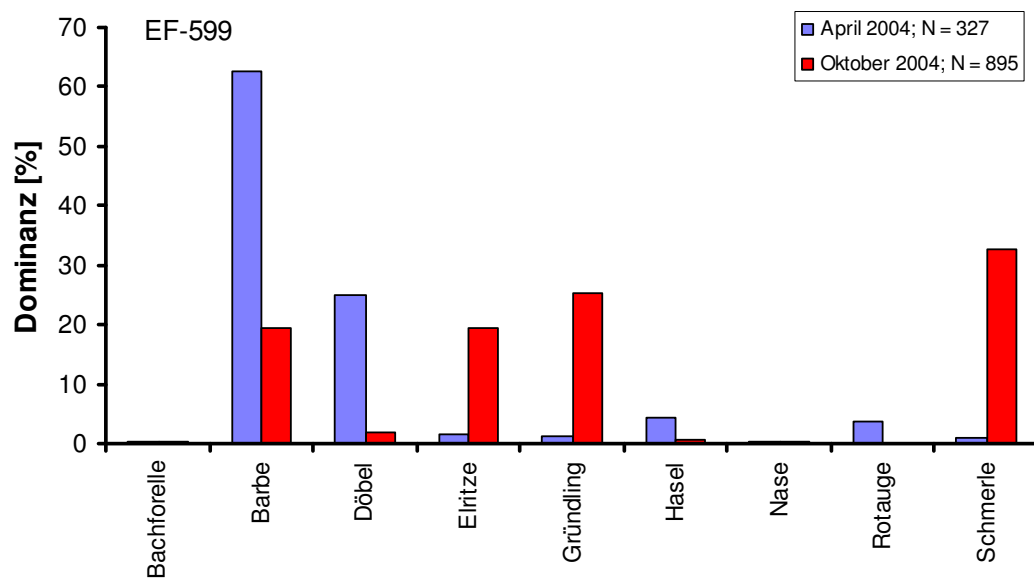


Abb.: 7.5.2.A7: Dominanzverteilung der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-599 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

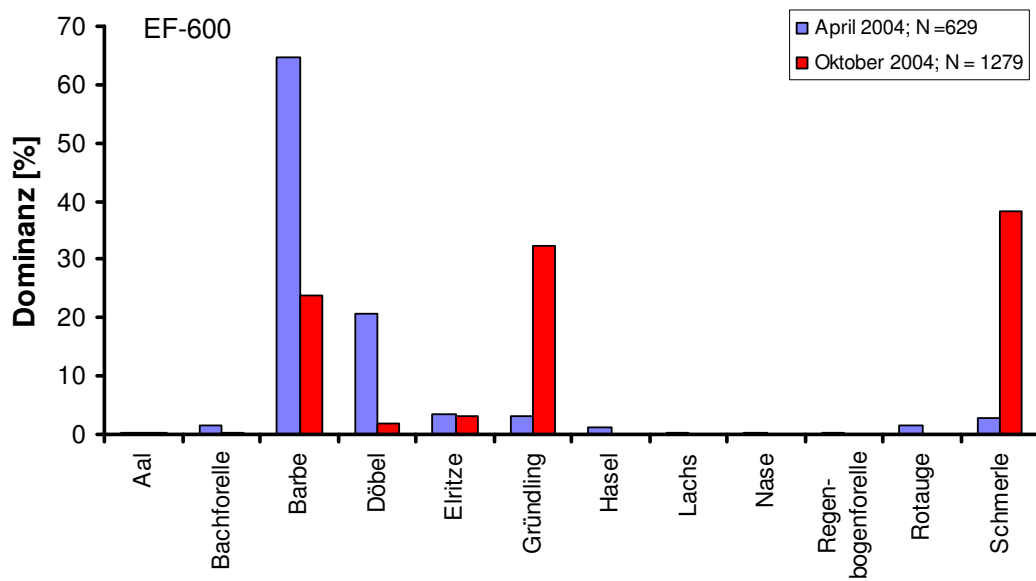


Abb.: 7.5.2.A8: Dominanzverteilung der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-600 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

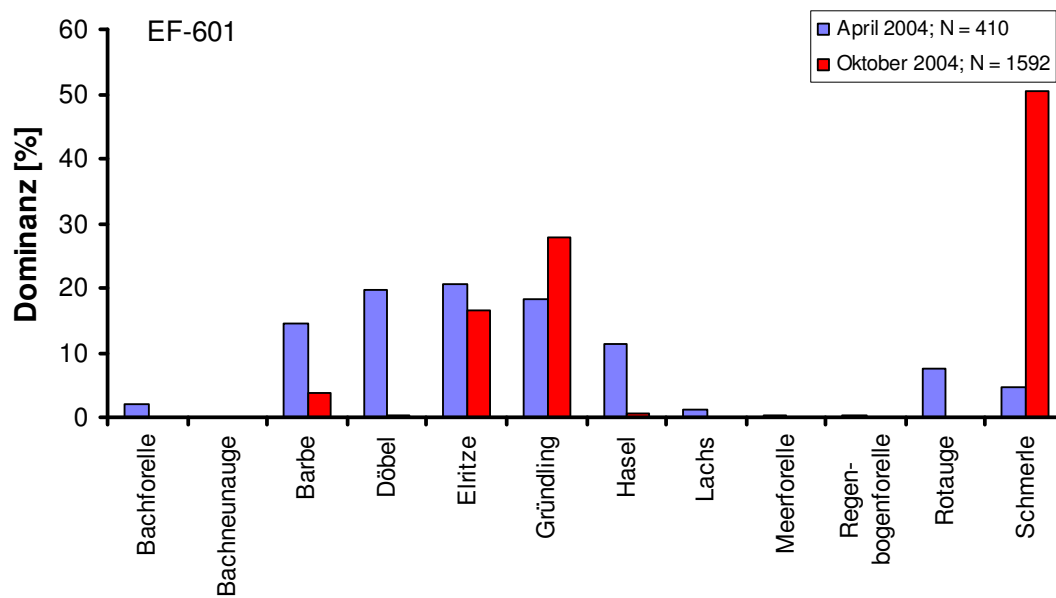


Abb.: 7.5.2.A9: Dominanzverteilung der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-601 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

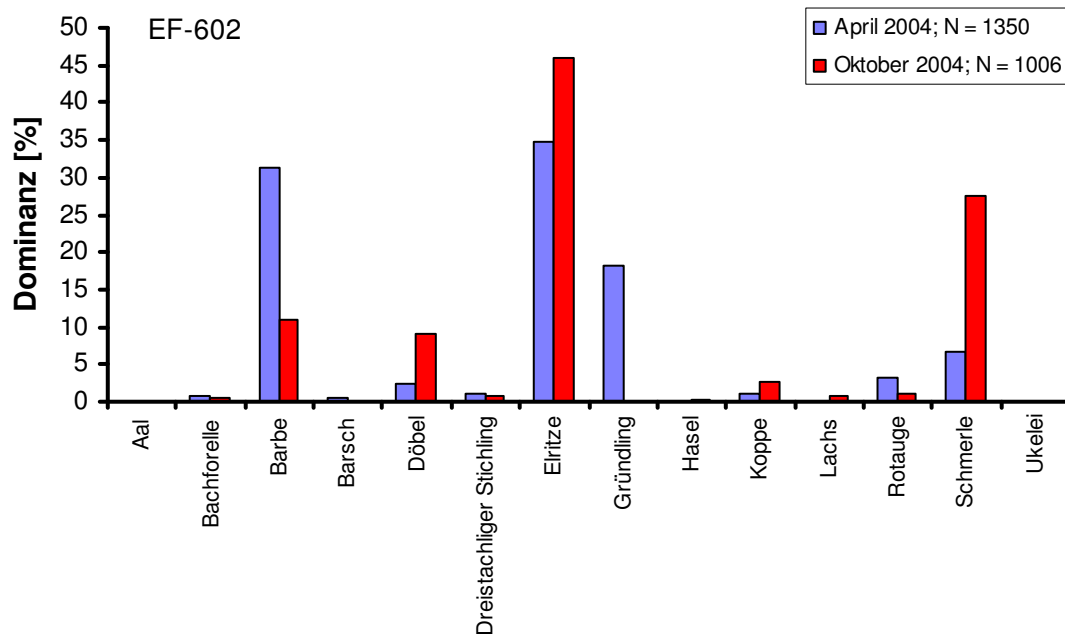


Abb.: 7.5.2.A10: Dominanzverteilung der in der Wupper im Jahr 2004 in der Probestrecke EF-602 nachgewiesenen Fischarten
(N = Individuenzahl)

[illegible]

Anhang: 10.4.1: Wassertemperaturgrenzen für ausgewählte Fischarten

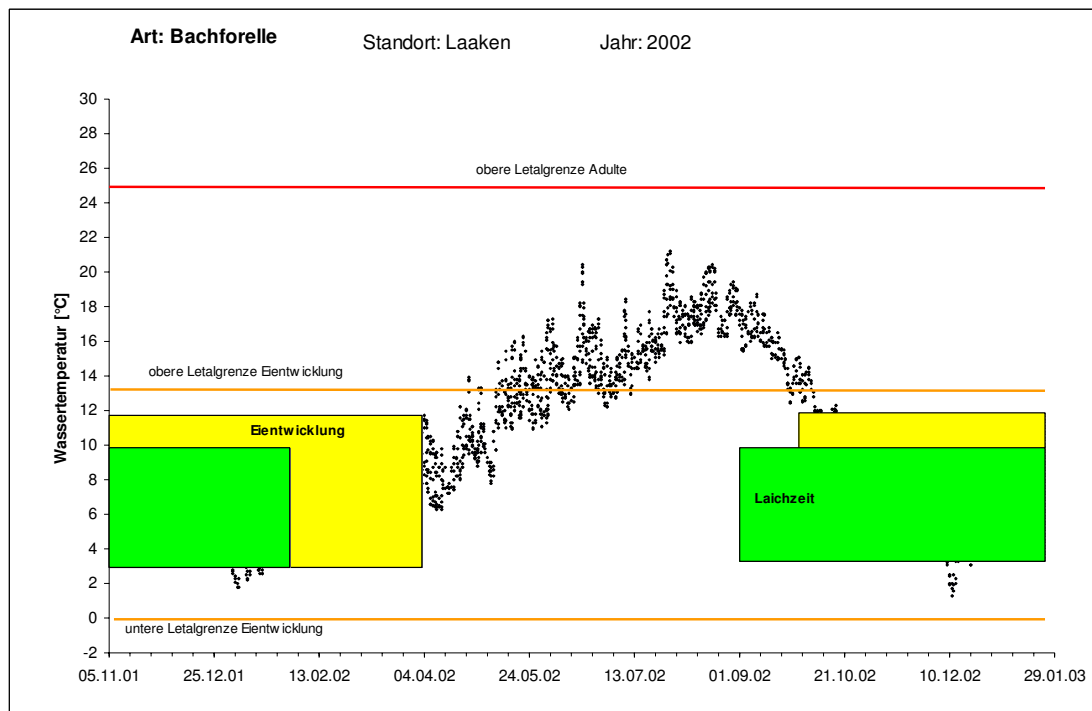


Abb. 10.4.1.A1: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Bachforelle

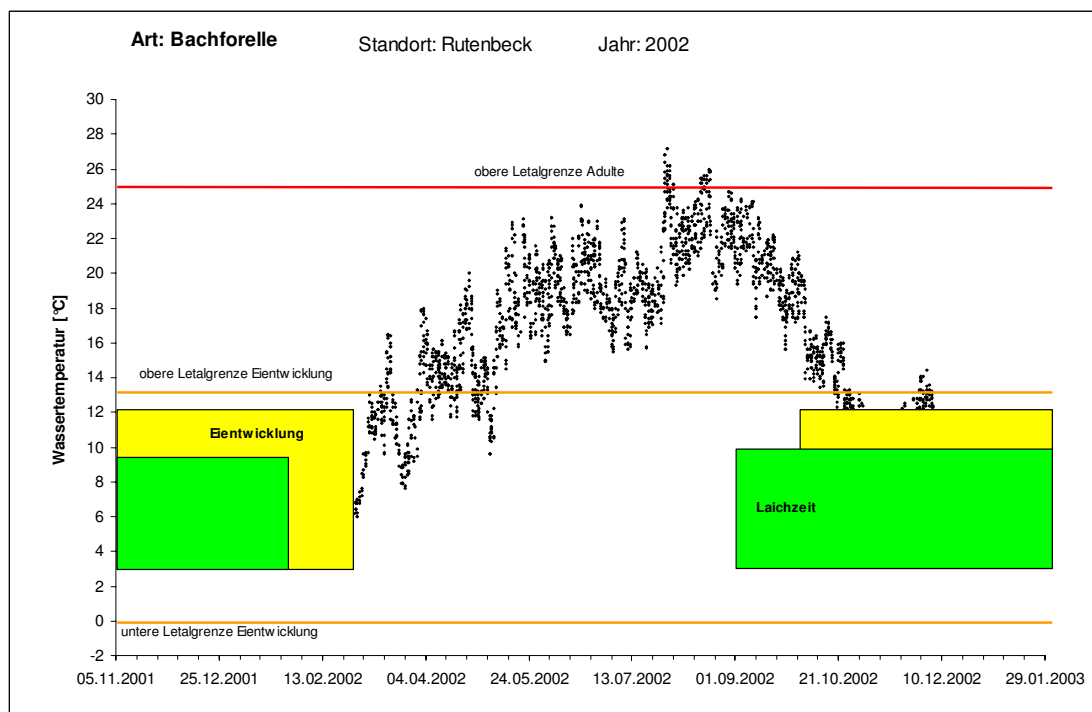


Abb. 10.4.1.A2: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Bachforelle

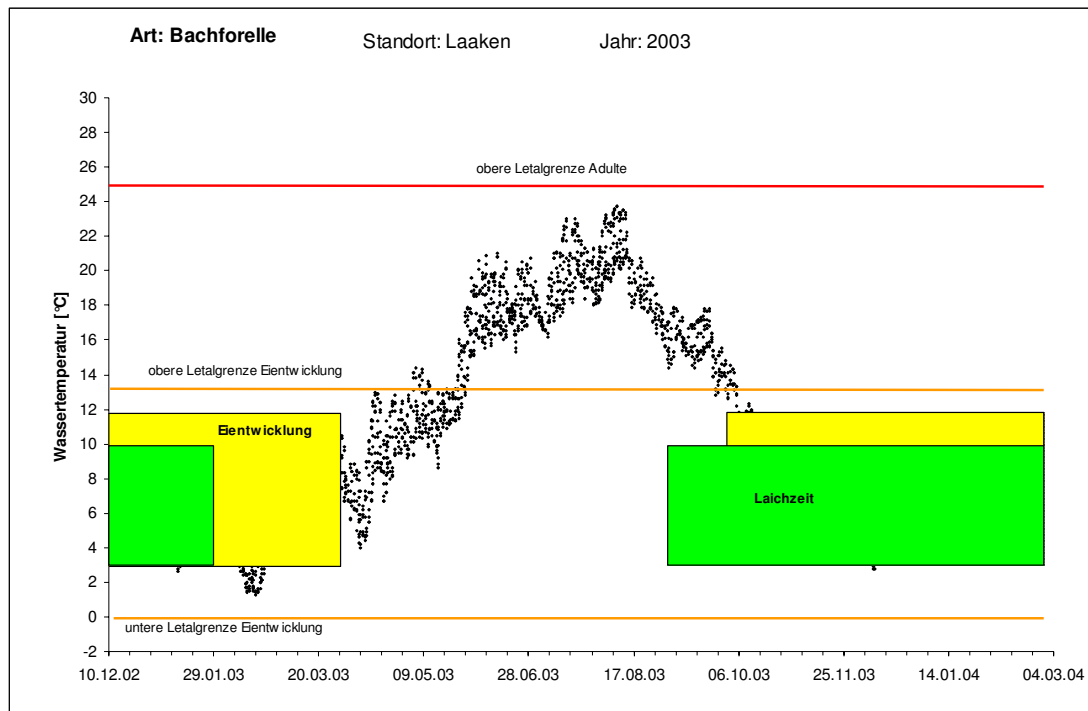


Abb. 10.4.1.A3: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Bachforelle

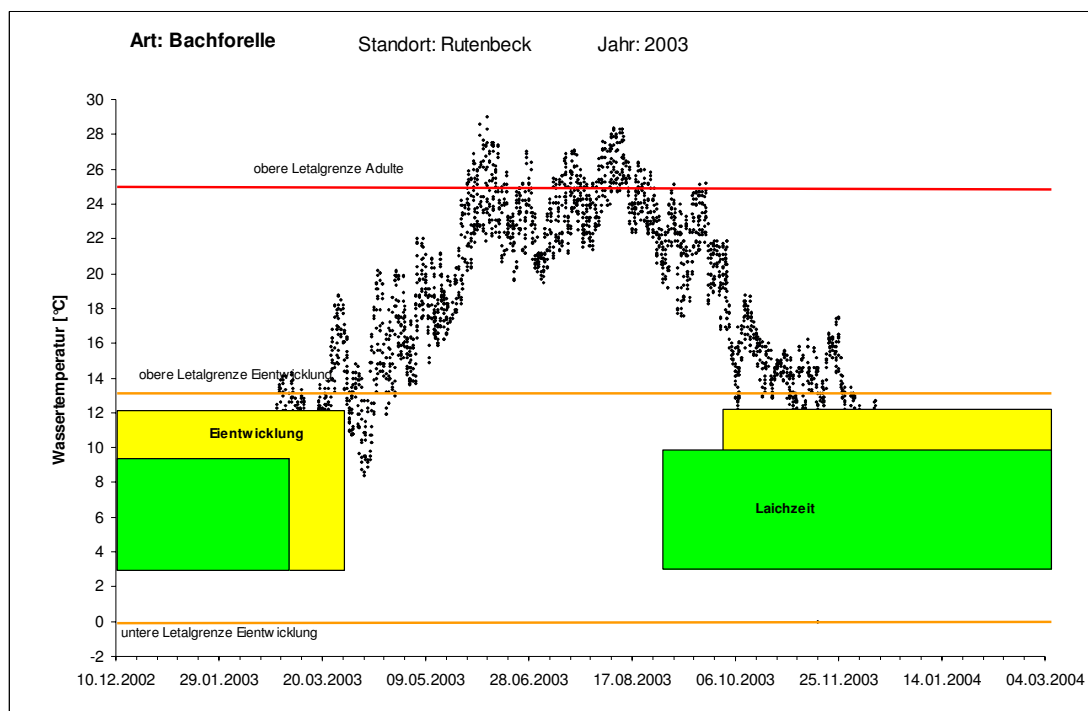


Abb. 10.4.1.A4: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Bachforelle

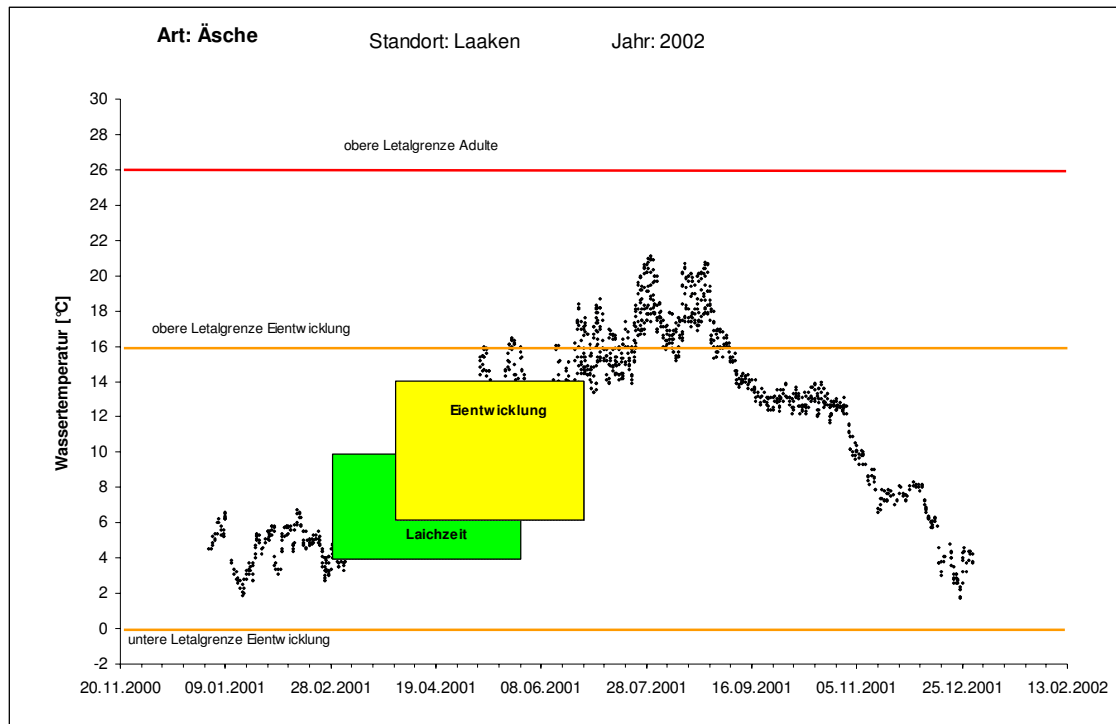


Abb. 10.4.1.A5: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2002 und Temperatursprüche bzw. -grenzen der Äsche

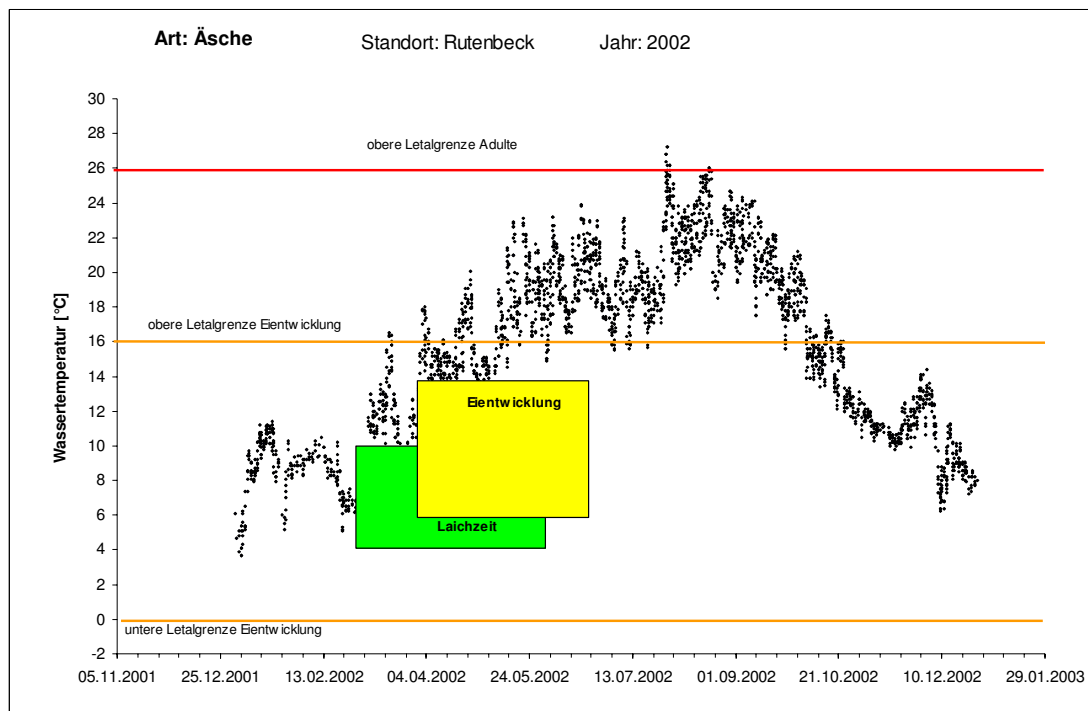


Abb. 10.4.1.A6: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2002 und Temperatursprüche bzw. -grenzen der Äsche

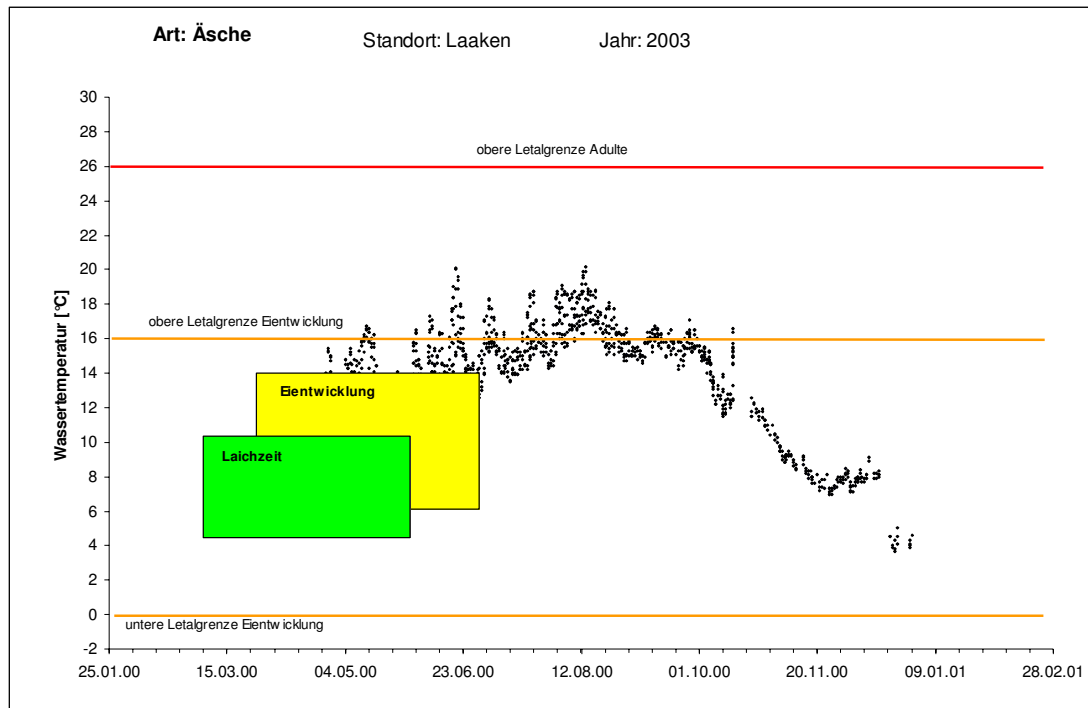


Abb. 10.4.1.A7: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Äsche

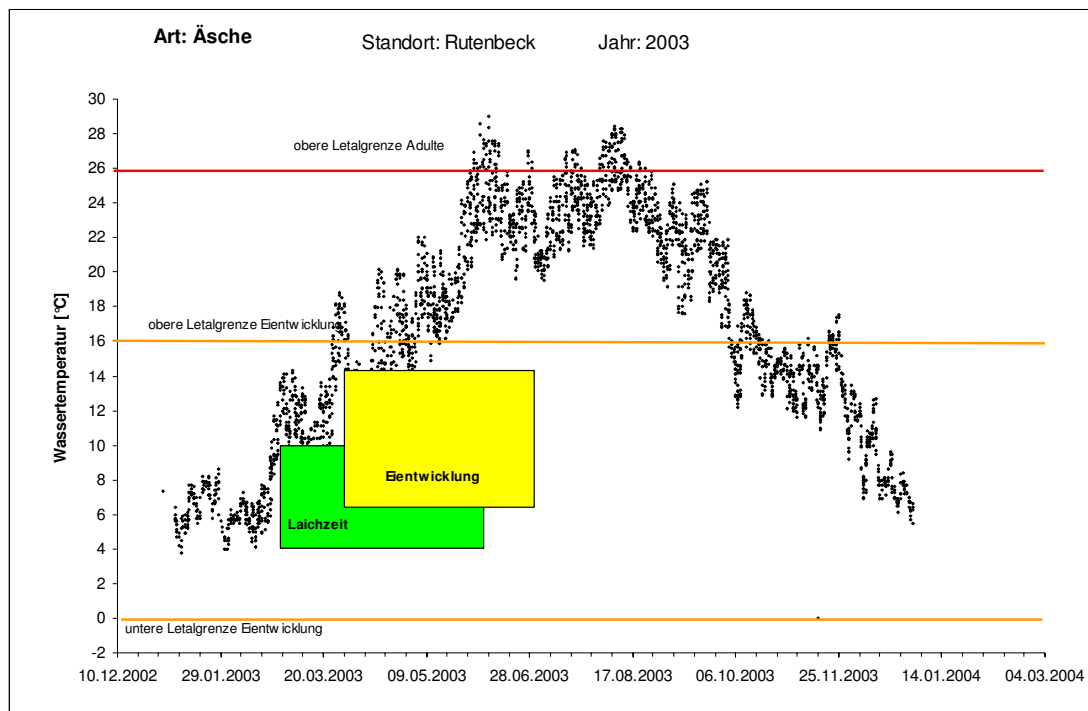


Abb. 10.4.1.A8: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Äsche

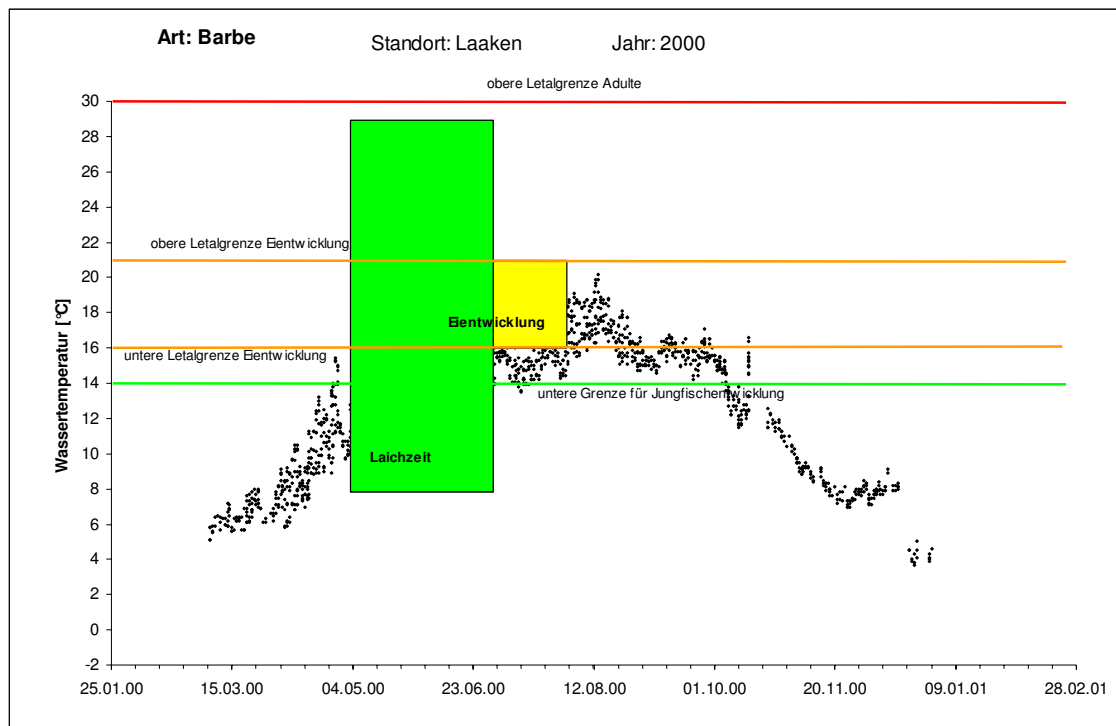


Abb. 10.4.1.A9: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2000 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Barbe

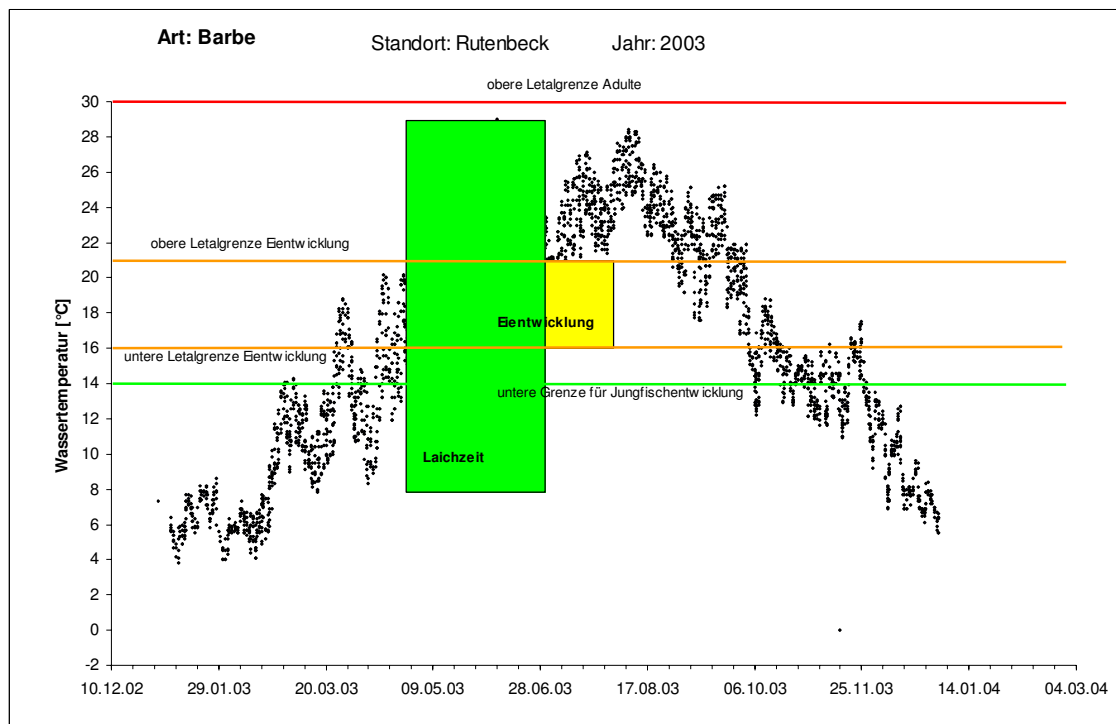


Abb. 10.4.1.A10: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Barbe

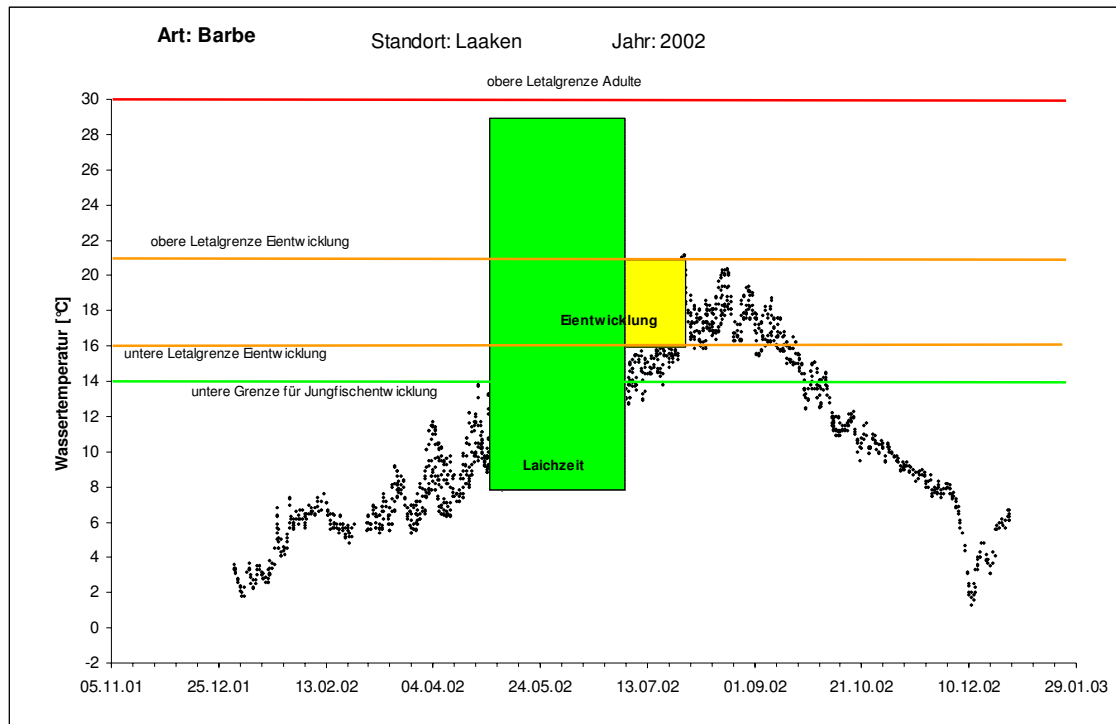


Abb. 10.4.1.A11: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Barbe

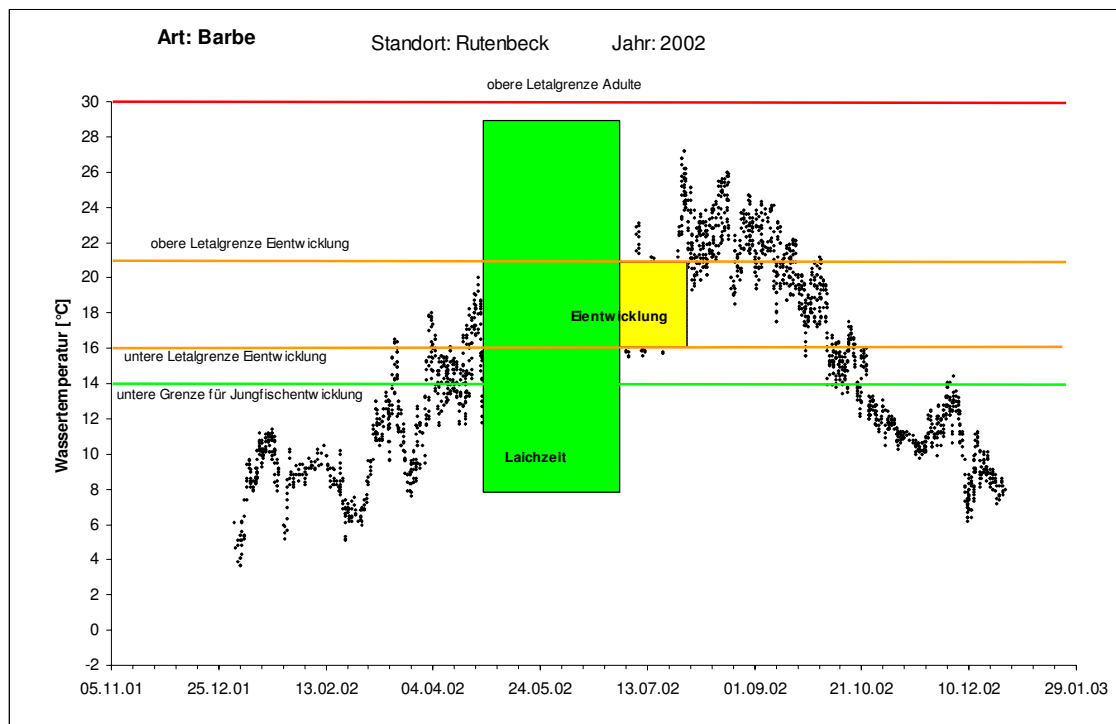


Abb. 10.4.1.A12: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Barbe

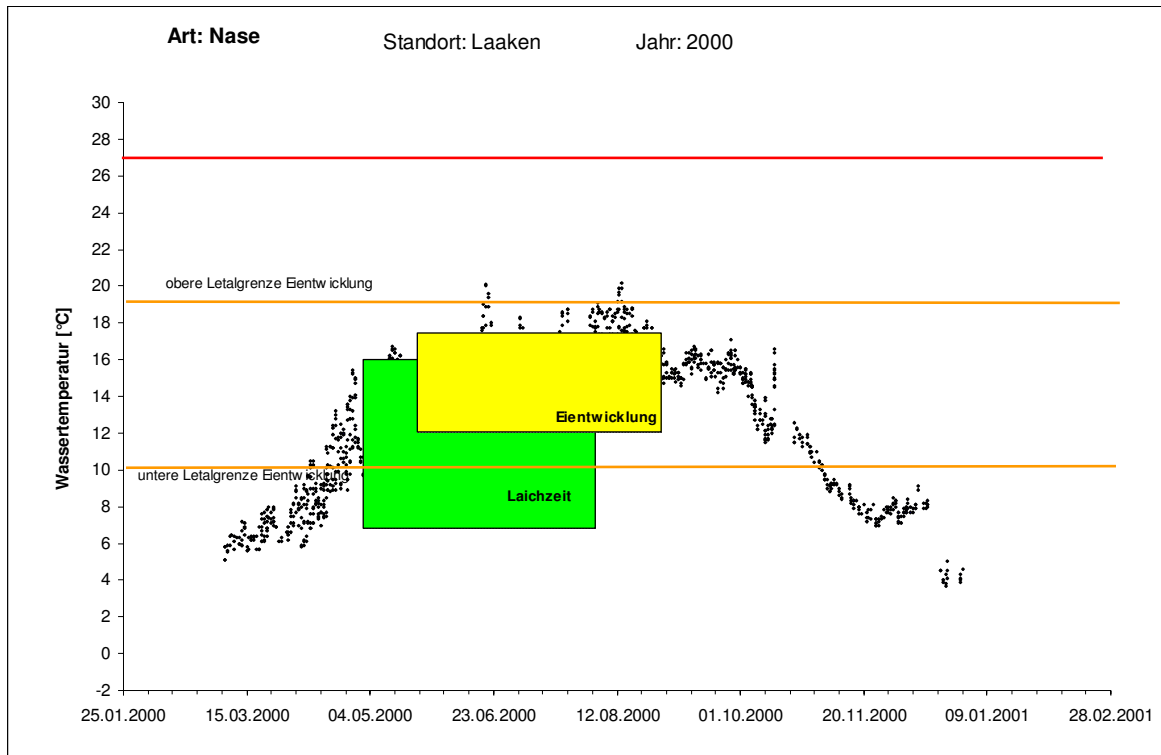


Abb. 10.4.1.A13: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2000 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Nase

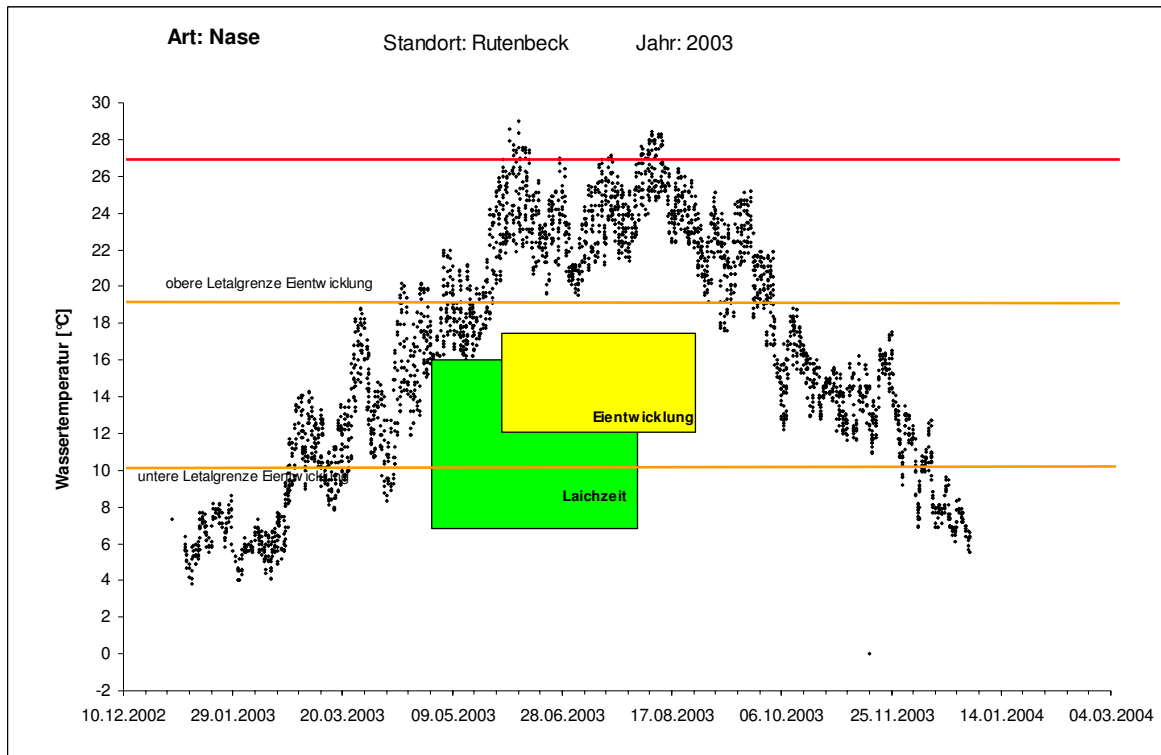


Abb. 10.4.1.A14: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Nase

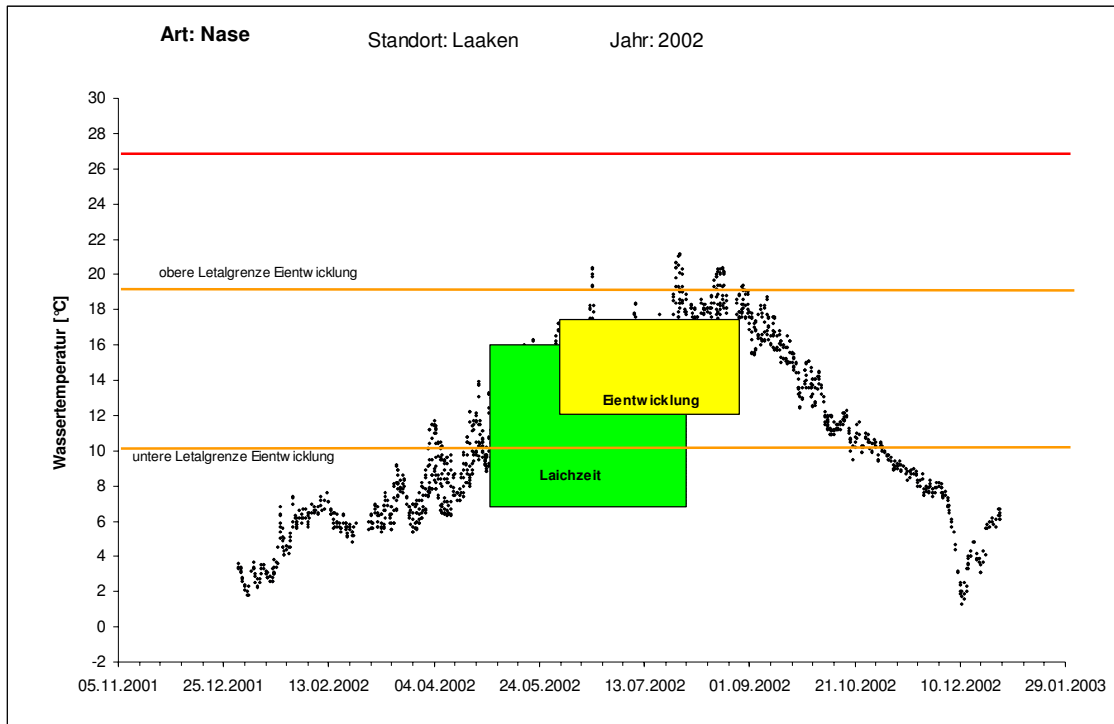


Abb. 10.4.1.A15: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Nase

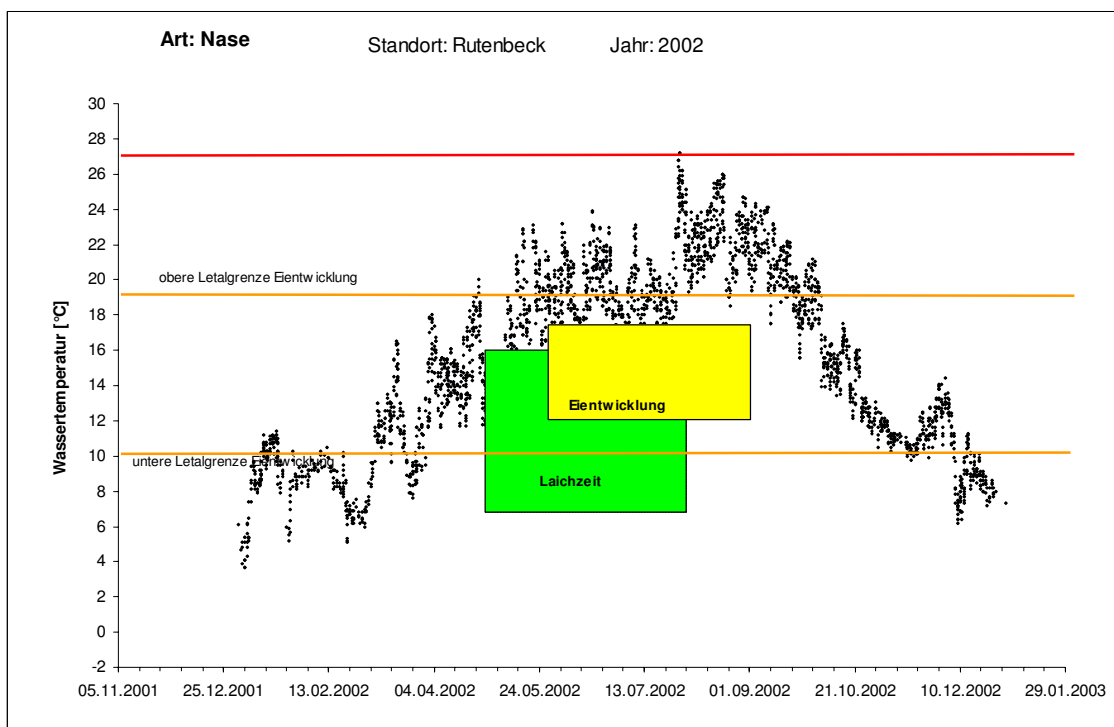


Abb. 10.4.1.A16: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Nase

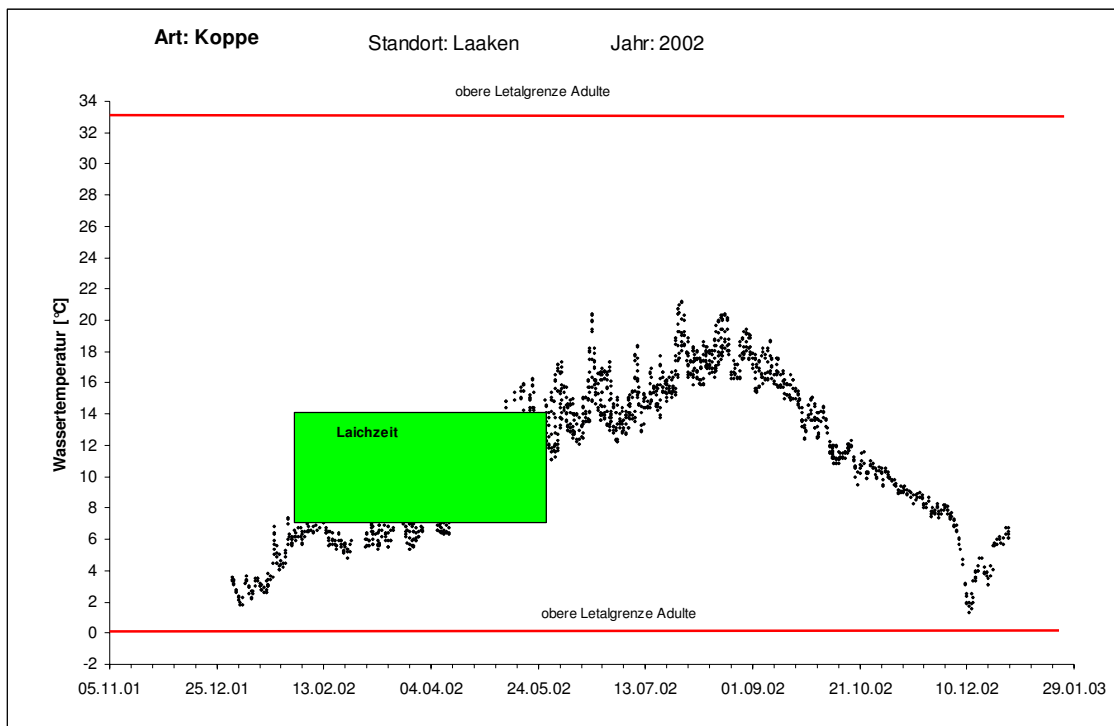


Abb. 10.4.1.A17: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Koppe

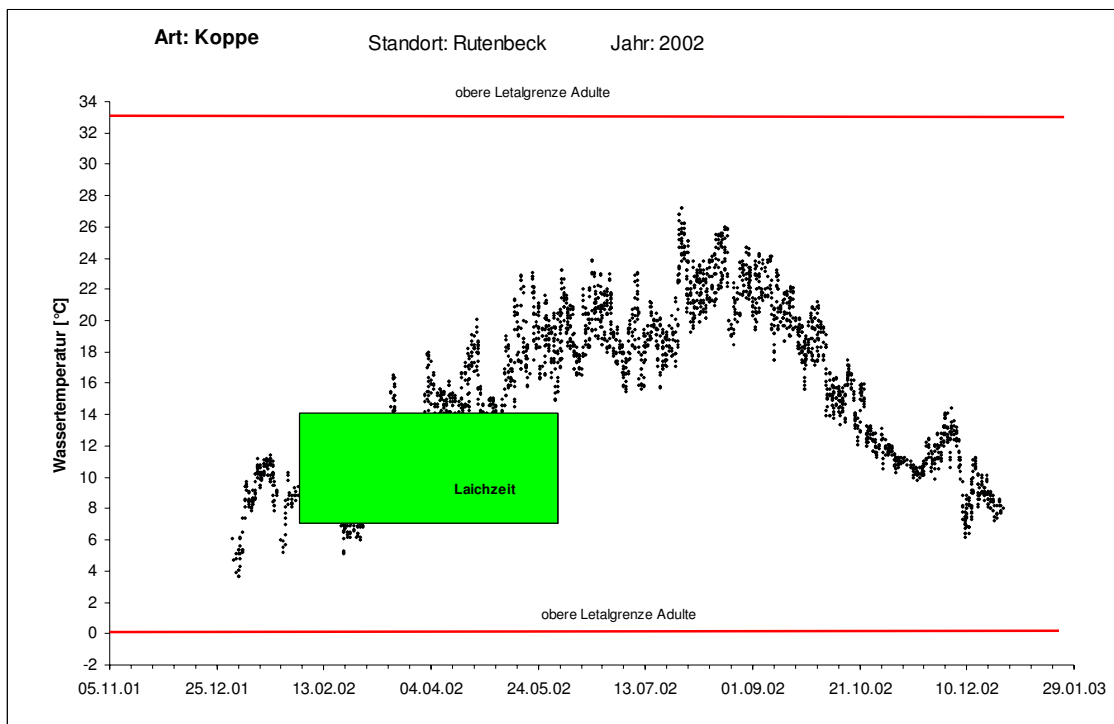


Abb. 10.4.1.A18: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2002 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Koppe

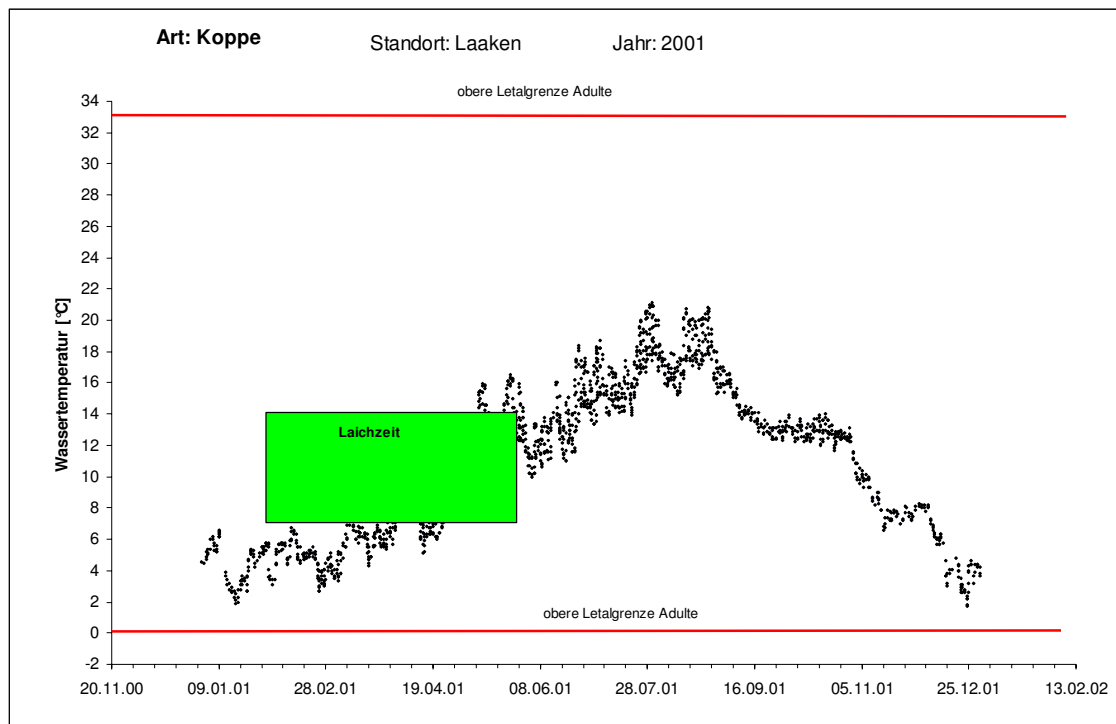


Abb. 10.4.1.A19: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Koppe

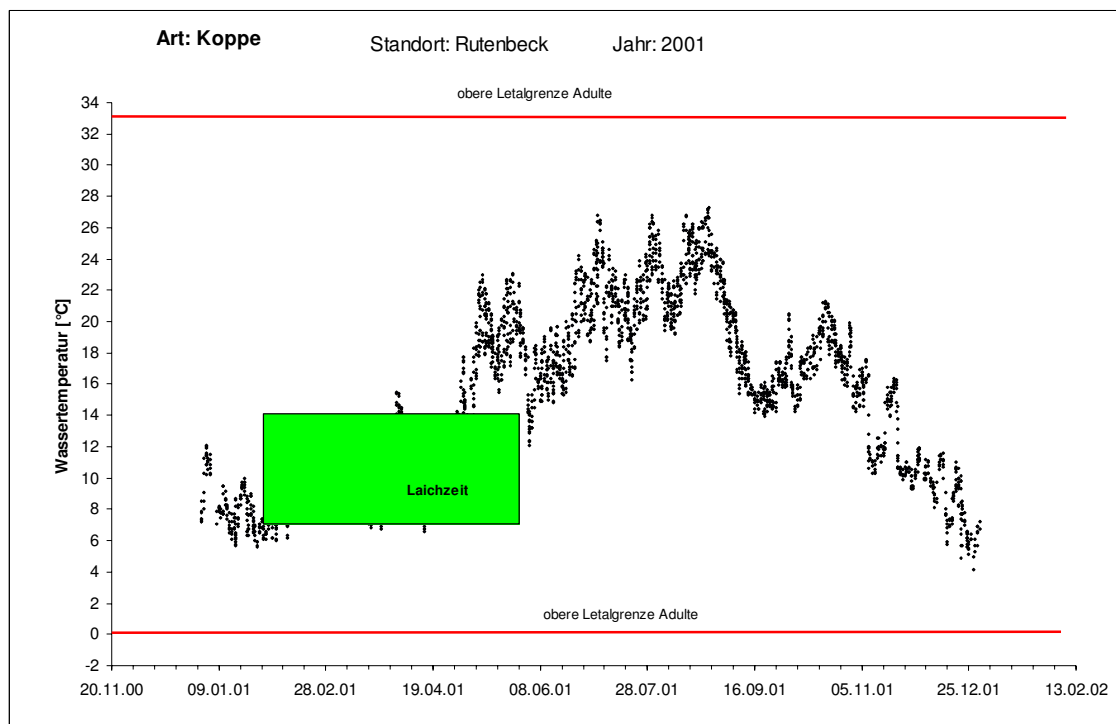


Abb. 10.4.1.A20: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2001 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Koppe

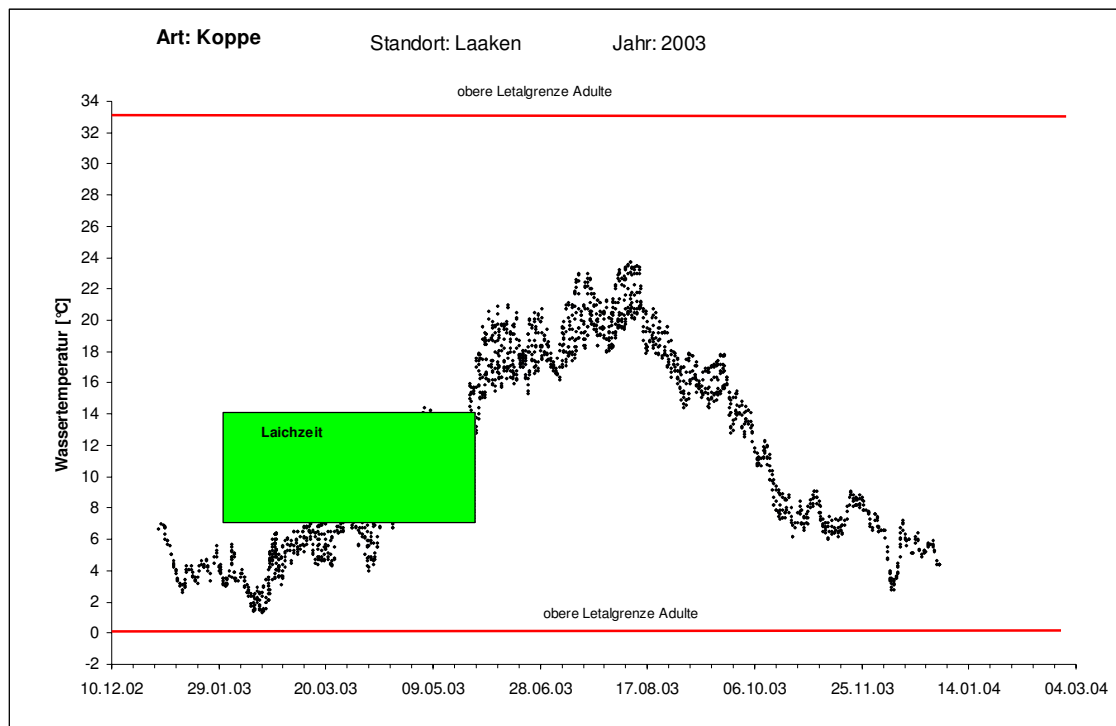


Abb. 10.4.1.A21: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Laaken im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Koppe

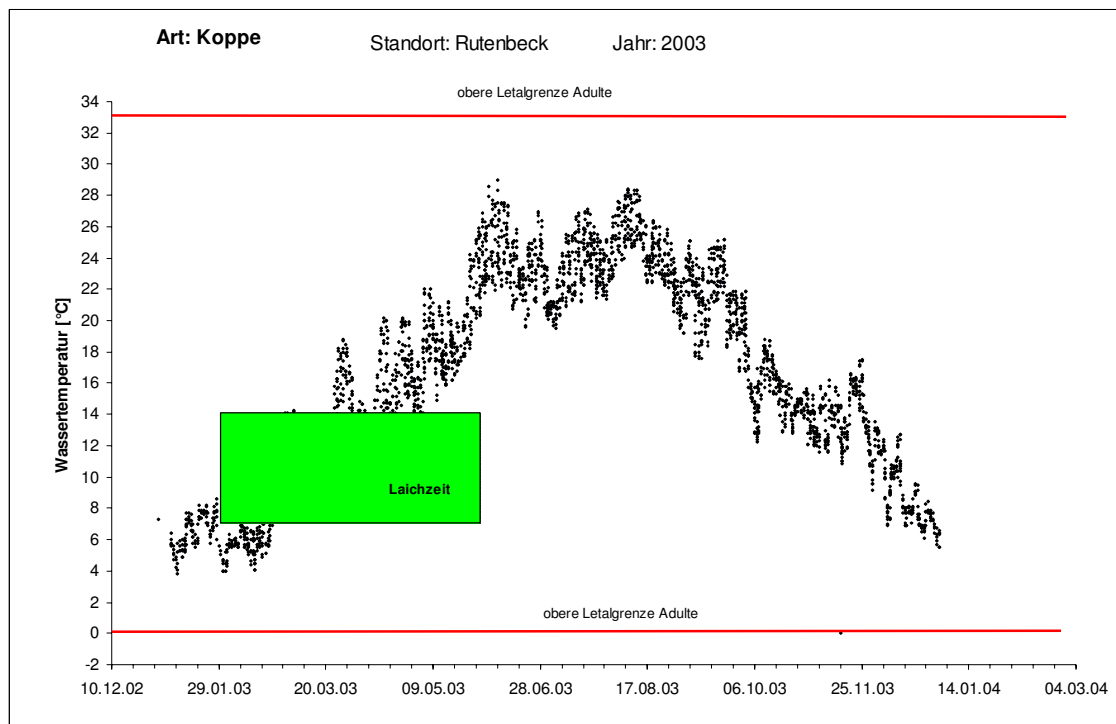


Abb. 10.4.1.A22: Temperaturjahresgang in der Wupper am Standort Rutenbeck im Jahr 2003 und Temperaturansprüche bzw. -grenzen der Koppe

Taxaliste des Makrozoobenthos, Abundanzen und Saprobienindizes

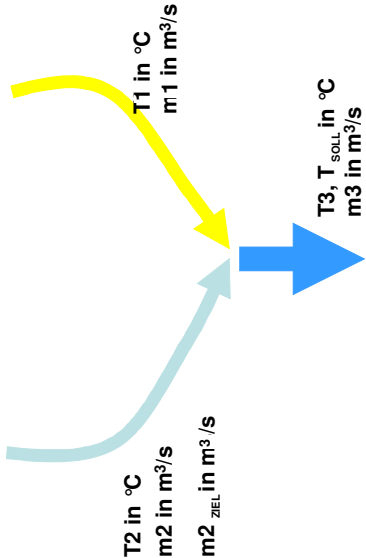
Taxon	Si "alt"	Si "neu"	Ernährungstyp	km 60,2	km 50,6	km 42,0	km 37,0	km 31,6	km 25,0	km 15,5	km 5,9
Porifera (Schwämme)											
Spongillidae		2,2	aF (10)	0	0	0	2	2	0	2	2
Turbellaria (Strudelwürmer)											
Dendrocoelum lacteum	2,2	2,2	R (10)	0	0	0	6	16	4	9	6
Dugesia tigrina	2,2	2,2	R (10)	0	0	0	0	0	0	3	2
Dugesia lugubris/polychroa		2,1	R (10)	0	0	0	7	4	5	3	2
Polycelis nigra/tenuis	2,0	2,0	R (8), S (1), Son (1)	8	3	0	0	13	16	12	30
Mollusca (Weichtiere)											
Ancylus fluviatilis	2,0	2,0	W (10)	47	4	2	0	1	1	4	4
Pisidium spec.			aF (10)	3	0	0	0	19	8	10	1
Radix spec.			W (5), S (3), Z (2)	10	0	0	0	0	0	0	0
Sphaerium spec.			aF (10)	49	0	0	0	6	3	3	4
Oligochaeta (Wenigborster)											
Eiseniella tetraedra			S (10)	5	2	5	9	42	5	4	6
Haplotaxidae Gen. sp.			S (10)	1	0	6	0	3	10	12	0
Lumbriculus variegatus	3,0	3,0	S (10)	3	0	0	3	2	0	3	0
Naididae Gen. sp.			W (5), S (5)	15	5	0	11	17	2	0	9
Stylodrilus heringianus			S (10)	4	0	0	0	2	0	9	0
Tubificidae Gen. sp.		3,6	S (10)	10	3	0	3	12	2	12	0
Lumbriculidae Gen. sp.			S (10)	32	0	52	1	12	4	54	0
Oligochaeta Gen. sp.			S (10)	45	11	25	38	45	155	39	84
Hirudinea (Egel)											
Erpobdella vilnensis		2,2	R (10)	0	0	0	1	1	5	0	0
Erpobdella nigricollis		2,5	R (10)	0	0	0	1	0	0	0	0
Erpobdella octoculata	2,7	2,7	R (10)	132	9	0	64	279	80	75	48
Glossiphonia complanata	2,2	2,2	R (10)	18	0	0	0	4	0	1	3
Glossiphonia concolor		2,5	R (10)	7	1	0	0	2	1	2	3
Haemopsis sanguisuga			R (10)	0	0	0	0	0	0	3	0
Helobdella stagnalis	2,6	2,6	R (10)	6	0	0	1	7	6	2	0
Hemiclepsis marginata		2,0	P (10)	0	0	0	0	0	0	0	2
Taxon	Si	Si	Ernährungstyp	km	km	km	km	km	km	km	km

	"alt"	"neu"		60,2	50,6	42,0	37,0	31,6	25,0	15,5	5,9
Hirudinea Gen. sp.				2	1	0	0	0	6	0	1
Isopoda (Wasserasseln)											
Asellus aquaticus	2,7	2,7	S (4), Z (3), W (3)	46	18	5	140	153	88	82	16
Proasellus coxalis	2,8	2,8	Z (8), W (1), S (1)	30	1	0	44	25	31	9	2
Amphipoda (Flohkrebse)											
Gammarus fossarum	1,6	1,6	Z (7), S (2), W (1)	6	6	8	15	8	8	18	75
Gammarus pulex	2,1	2,1	Z (6), S (2), W (1), P (1)	0	0	0	1	1	1	3	3
Gammarus roeseli		2,0	Z (5), S (3), W (1), P (1)	0	0	96	145	15	3	0	0
Gammarus spec.			Z (6), S (2), Son (2)	0	17	23	31	5	3	24	30
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)											
Baetis fuscatus	2,1	2,1	W (5), S (5)	0	0	0	37	241	456	280	1
Baetis lutheri		1,5	W (5), S (5)	5	0	0	0	0	0	0	0
Baetis rhodani	2,3	2,3	W (5), S (5)	44	1	0	0	18	15	140	16
Baetis spec.			W (5), S (5)	11	4	15	34	7	0	2	8
Baetis vardarensis			W (5), S (5)	0	0	0	0	0	0	0	3
Baetis vernalis	2,1	2,1	W (5), S (5)	4	0	0	3	1	0	0	2
Caenis luctuosa		2,0	S (10)	9	2	0	0	12	0	2	0
Caenis spec.		2,0	S (10)	102	3	28	14	0	0	0	0
Ecdyonurus torrentis		2,0	W (5), S (5)	0	0	0	0	8	7	5	1
Ephemera danica	1,8	1,8	aF (7), S (3)	3	0	0	0	0	2	0	0
Ephemera ignita	1,9	1,9	W (5), S (5)	0	0	0	3	5	0	0	0
Habroleptoides confusa	1,6	1,6	S (10)	6	2	0	0	0	3	1	0
Heptagenia sulphurea	2,0	2,0	W (5), S (5)	0	0	0	0	0	0	0	10
Paraleptophlebia submarginata	1,5	1,5	S (10)	0	4	0	0	0	0	0	0
Rhithrogena spec.			W (10)	0	0	0	0	0	0	0	1
Torleya major	1,4	1,4	W (5), S (5)	16	3	0	0	0	0	0	0
Epeorus assimilis				0	0	1	0	0	0	0	0
Plecoptera (Steinfliegen)											
Perlodes microcephalus		1,4	R (8), W (2)	1	0	0	0	0	0	0	0
Leuctra geniculata	1,6	1,6	S (4), Z (3), W (3)	0	0	0	2	0	0	0	0
Isoptera spec.		1,5	R (7), W (1), Z (1), S (1)	1	0	0	0	0	0	0	0
Leuctra spec.		1,5	S (4), Z (3), W (3)	20	11	3	0	0	0	0	0

Tabelle A9-2: Berechnung des benötigten zusätzlichen Abfluss für **FRÜHLINGS-Temperaturen** - (Berechnung mit maximalem Tagesabfluss t3)

Gesamttage:	Tage	
Überschreitungstage:	236	100%
Talsperrenmanagement möglich (grün):	43	18%
Talsperrenmanagement nicht möglich (rot):	24	10%
Talsperrenmanagement zweifelhaft (weiss):	13	6%
	6	2%

Zusätzlicher Wasserbedarf in der Wupper im Frühjahr:	
Summe grün in Mio m3:	3,266
Summe grün und weiss in Mio m3:	5,728
davon in 2001:	0,5299
davon in 2002:	0,6731
davon in 2003:	2,469
davon in 2004:	2,056



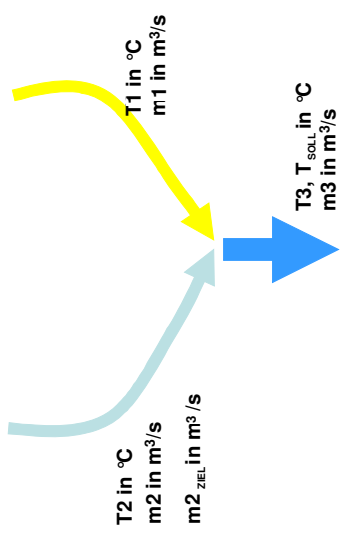
Datum	t3 Trut °C max	m3 Qrut [m³/s] max	t2 Twupp_hkb °C max	m2 Qwupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Qhkb [m³/s]	Reichmannsche Regel ZIEL = 12 °C; 14 °C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
17.02.2001	12,3	9,000	7,0041	6,729885359	28	2,270114641	7,270328522	12	9,540443163	0,540443163	46694,28932
18.02.2001	12,6	6,000	7,23	4,448724121	28	1,551275879	5,203441102	12	6,754716981	0,754716981	65207,54717
19.02.2001	12,7	6,000	7	4,371428571	28	1,628571429	5,211428571	12	6,84	0,84	72576
20.02.2001	12,6	6,000	7,39	4,483280553	28	1,516739447	5,264171616	12	6,780911063	0,780911063	67470,71584
21.02.2001	12,6	8,500	7,28	6,317567568	28	2,182432432	7,398076042	12	9,580508475	1,080508475	93355,9322
22.02.2001	12,6	10,000	7,17	7,393182909	28	2,606817091	8,635418934	12	11,24223602	1,242236025	107329,1925
23.02.2001	12,5	9,333	6,7793	6,816999439	28	2,516000561	7,710845092	12	10,22684565	0,893845653	77228,26441
16.03.2002	15,5	6,120	10,254	4,31083061	28	1,80916939	6,761444598	14	8,570613988	2,450613988	211733,0486
17.03.2002	16,5	6,060	11,163	4,139098414	28	1,920901586	9,479246458	14	11,40014804	5,34014804	461388,791
18.03.2002	16,4	22,050	10,631	14,7262364	28	7,332763602	30,4341616	14	37,7579252	15,7079252	
26.02.2003	12,5	5,060	7,7476	3,872627442	28	1,187372558	4,467585583	12	5,654958141	0,594958141	51404,38341
27.02.2003	13,6	5,070	7,1503	3,501633117	28	1,568366883	5,174313901	12	6,742680784	1,672680784	144519,6198
28.02.2003	13,9	4,800	7,8432	3,357675822	28	1,442324178	5,551671203	12	6,993995381	2,193995381	189561,2009
01.03.2003	14,1	5,890	8,29	4,153779807	28	1,736220193	7,487742071	12	9,23962264	3,33962264	288054,3396
02.03.2003	14,1	10,720	8,58	7,672914521	28	3,047085479	14,25537066	12	17,30245614	6,58245614	
04.03.2003	13,1	5,630	8,33	4,264717844	28	1,365282156	5,952183784	12	7,31746594	1,68746594	14597,0572
05.03.2003	14,3	5,320	8,87	3,809932044	28	1,510067956	7,71919722	12	9,229265176	3,909265176	337760,5112
06.03.2003	13,9	9,000	8,34	6,454730417	28	2,545269583	11,12886156	12	13,67213115	4,672131148	403672,1311
07.03.2003	12,8	6,100	8,73	4,811624286	28	1,288379027	6,303979027	12	7,59235474	1,49235474	128939,4495
24.03.2003	15,8	4,500	10,97	3,237222842	28	1,276277158	5,896990169	14	7,173267327	2,673267327	230970,297
25.03.2003	16,8	4,440	10,85	2,899591837	28	1,540480163	6,846258503	14	8,386666667	3,946666667	340992
26.03.2003	18,2	4,240	11,87	2,576089436	28	1,663930564	10,93663282	14	12,60056338	8,36056338	
27.03.2003	17,9	4,210	12,32	2,711798469	28	1,498201531	12,48501276	14	13,98321429	9,773214286	
28.03.2003	18,8	4,040	12,69	2,427694317	28	1,612305683	17,23074775	14	18,84305344	14,80305344	
29.03.2003	18,5	4,090	12,88	2,569775132	28	1,520224868	19,00281085	14	20,52303571	16,43303571	
30.03.2003	18,2	3,930	13,18	2,598785425	28	1,331214575	22,72805372	14	24,05926829	20,12926829	
31.03.2003	17,1	3,880	12,27	2,68862047	28	1,19137953	9,641221627	14	10,83260116	6,952601156	
01.04.2003	16,4	9,720	11,74	6,934317343	28	2,785682657	17,25644124	14	20,04212389	10,32212389	
04.04.2003	14,3	4,440	11	3,578117647	28	0,861882353	4,022117647	14	4,884	0,444	38361,6
05.04.2003	14,8	4,050	10,59	3,070649052	28	0,979350948	4,02079568	14	5,000146628	0,950146628	82092,66862
06.04.2003	14,65	3,900	10,6	2,992241379	28	0,907758621	3,737829615	14	4,645588235	0,745588235	64418,82353
07.04.2003	14,26	3,950	10,07	3,026938093	28	0,923061907	3,288261248	14	4,211323155	0,261323155	22578,32061
16.03.2004	14,5	5,840	9,8	4,331868132	28	1,508131868	5,027106227	14	6,535238095	0,695238095	60068,57143
17.03.2004	16	5,434	11,3	3,904526946	28	1,529273054	7,929563983	14	9,458837037	4,025037037	347763,2
18.03.2004	16,6	5,227	11	3,505432941	28	1,721967059	8,035846275	14	9,757813333	4,530413333	391427,712
19.03.2004	16,2	7,221	10,2	4,787021348	28	2,434078652	8,96765819	14	11,40173684	4,180636842	361207,0232
30.03.2004	15,9	4,858	11,11	3,48020071	28	1,37769929	6,673975797	14	8,051675087	3,193775087	275942,1675
31.03.2004	16,8	4,924	11,6	3,3628	28	1,5613	9,107583333	14	10,66888333	5,744783333	496349,28
01.04.2004	17,9	4,858	12,765	3,220531014	28	1,637368886	18,56126786	14	20,19883684	15,34073684	
02.04.2004	17,9	4,825	12,297	3,10323569	28	1,721576431	14,15271288	14	15,87428931	11,04938931	
03.04.2004	17,3	5,742	13,773	4,318431855	28	1,423468145	87,79098692	14	89,21445507	83,47255507	
04.04.2004	14,6	7,057	13,924	6,71789713	28	0,33890287	62,42947608	14	62,76837895	55,71157895	
05.04.2004	14,6	8,806	10,29	6,662622247	28	2,142977753	8,086708501	14	10,22968625	1,424086253	123041,0523

Die Unmöglichkeit des Temperaturmanagements (rot) wurde nach Abflussvolumenstrom in der Wupper (m3>5 m³/s) und benötigter zusätzlicher Abgabe (> 5 m³/s) bzw. einer Kombination aus beidem beurteilt.

Tabelle A9-3: Berechnung des benötigten zusätzlichen Abfluss für **SOMMER-Temperaturen** - (Berechnung mit maximalem Tagesabfluss t3)

Gesamttage:	Tage	
Überschreitungstage:	732	100%
Talsperrenmanagement möglich (grün):	98	13%
Talsperrenmanagement nicht möglich (rot):	65	9%
Talsperrenmanagement zweifelhaft (weiss):	32	4%
	1	0%

Zusätzlicher Wasserbedarf in der Wupper im Sommer:	
Summe grün in Mio m3:	8,65
Summe grün und weiss in Mio m3:	8,65
davon in 2001:	3,757
davon in 2002:	0,443
davon in 2003:	4,447



Datum	t3 Trut °C max	m3 Qrut [m³/s] max	t2 Twupp_hkb °C max	m2 Qwupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Qhkb [m³/s]	Richmannsche Regel ZIEL = 25°C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
04.07.2001	25,200	5,770	20,480	2,148,04255	28	3,621595745	2,40371399	25	6,025309735	0,255309735	22058,76106
05.07.2001	26,800	7,170	20,280	1,114507772	28	6,055492228	3,848829806	25	9,904322034	2,734322034	236245,4237
06.07.2001	26,500	4,530	20,830	0,947698745	28	3,582301255	2,577195148	25	6,159496403	1,629496403	140788,4892
07.07.2001	25,100	5,450	19,690	1,901952991	28	3,548074609	2,004561926	25	5,552636535	0,102636535	8867,79661
29.07.2001	26,200	4,141	21,900	1,221934426	28	2,919065574	2,824902168	25	5,743967742	1,602967742	138496,4129
30.07.2001	26,800	4,600	22,040	0,926174497	28	3,673825503	3,723471794	25	7,397297297	2,797297297	241686,4865
31.07.2001	26,300	4,650	21,990	1,31530782	28	3,323613468	3,323613468	25	6,658305648	2,008305648	173517,608
01.08.2001	25,500	4,620	20,890	1,624472574	28	2,995527426	2,186516369	25	5,182043796	0,562043796	48560,58394
02.08.2001	25,800	4,490	21,210	1,454786451	28	3,035213549	2,402543707	25	5,437757256	0,947757256	81886,22691
03.08.2001	25,000	4,620	19,705	1,670886076	28	2,949113924	1,670886076	25	4,62	0	0
14.08.2001	26,200	9,690	20,560	2,344354839	28	7,345645161	4,953273758	25	12,30891892	2,618918919	226274,5946
15.08.2001	26,800	7,367	22,550	1,622091743	28	5,744908257	7,034581539	25	12,7794898	5,412489796	467639,1184
16.08.2001	25,700	5,300	21,340	1,83033033	28	3,469696967	2,843991533	25	6,313661202	1,013661202	87580,32787
17.08.2001	26,800	4,590	21,400	1,53	28	3,06	2,55	25	5,61	1,02	88128
18.08.2001	26,200	4,340	21,770	1,253932584	28	3,086067416	2,866316485	25	5,952383901	1,612383901	139309,969
19.08.2001	25,133	4,540	21,140	1,897402332	28	2,642597668	2,053932384	25	4,696430052	0,156430052	13515,55648
20.08.2001	25,200	4,480	20,700	1,718356164	28	2,761643836	1,926728257	25	4,688372093	0,208372093	18003,34884
21.08.2001	26,000	4,440	21,480	1,36196319	28	3,0703681	2,623238827	25	5,701363636	1,261363636	108981,8182
22.08.2001	26,400	4,630	21,610	1,159311424	28	3,470688576	3,0771405819	25	6,542094395	1,912094395	165204,9558
23.08.2001	26,300	4,520	21,910	1,261740558	28	3,258259442	3,163358681	25	6,421618123	1,901618123	164299,8058
24.08.2001	26,6	4,520	22,400	1,13	28	3,39	3,911538462	25	7,301538462	2,781538462	240324,9231
25.08.2001	27,2	4,640	22,780	0,711111111	28	3,928888889	5,309309309	25	9,238198198	4,598198198	397284,3243
26.08.2001	27,3	4,490	22,690	0,591902072	28	3,898097928	5,062464842	25	8,960562771	4,470562771	386256,6234
27.08.2001	25,978	7,850	20,903	2,236536565	28	5,613463435	4,110419894	25	9,723883329	1,873883329	161903,5196
15.08.2002	25,5	5,010	21,304	1,870519713	28	3,139480287	2,548279454	25	5,68775974	0,67775974	58558,44156
16.08.2002	25,700	4,980	21,637	1,800094295	28	3,179905705	2,86668782	25	6,016574487	1,036574487	89560,03568
17.08.2002	25,800	4,920	21,812	1,749191984	28	3,170800016	2,983821846	25	6,154629862	1,234629862	106672,0201
18.08.2002	26,200	4,900	21,812	1,425339367	28	3,474660633	3,269755929	25	6,744416562	1,844416562	159357,591
19.08.2002	25,133	7,800	21,926	3,68169246	28	4,11830754	4,019168001	25	8,137475602	0,337475602	29157,892
20.08.2002	39,050	21,698	21,698	7,3500476	28	21,6999524	19,7152808	25	41,41523319	2,365233192	204356,1478
21.08.2002	26,000	30,980	20,294	8,040487931	28	22,93951207	14,62357335	25	37,56308542	6,583085423	568778,5805
22.08.2002	26,400	12,490	18,011	2,000606661	28	10,48939934	4,502532268	25	14,99193161	2,501931607	216166,8908
29.05.2003	25,200	4,170	19,710	1,408443908	28	2,761556092	1,566099863	25	4,327655955	0,157655955	13621,47448
30.05.2003	25,900	12,890	20,210	3,474839538	28	9,415160462	5,896760206	25	15,31192067	2,421920668	209253,9457
31.05.2003	25,500	7,490	19,440	2,1875	28	5,3025	2,861061151	25	8,163561151	0,673561151	58195,68345
01.06.2003	26,900	4,340	20,974	0,679476231	28	3,660523769	2,727663017	25	6,388186786	2,048186786	176963,3383
02.06.2003	26,300	18,520	20,890	4,428129395	28	14,0918706	10,28603694	25	24,37790754	5,857907543	508123,2117
03.06.2003	26,000	12,480	21,420	3,79331307	28	8,68666693	7,279346589	25	15,96603352	3,48603352	301193,2961
04.06.2003	28,595	6,330	22,690	-0,709293785	28	7,039293785	9,141939981	25	16,18123377	9,851233766	851146,5974
05.06.2003	26,366	4,305	20,857	0,984792104	28	3,320207896	2,404205573	25	5,724413469	1,419413469	122637,3237
06.06.2003	27,677	4,165	21,750	0,2152472	28	3,9497528	3,645925662	25	7,595678462	3,430678462	296410,6191
07.06.2003	27,415	4,028	21,840	0,382529221	28	3,645470779	3,46088998	25	7,106360759	3,078360759	265970,3696
08.06.2003	28,988	9,667	22,420	-1,711648029	28	11,37864863	13,23098608	25	24,60963411	14,94263411	1291043,587
09.06.2003	27,021	6,610	21,040	0,929768678	28	5,680231322	4,303205547	25	9,983436869	3,373436869	291464,9455
10.06.2003	27,546	10,750	21,590	0,761388456	28	9,988611544	8,78763479	25	18,77624633	8,026246334	69467,6833
11.06.2003	27,546	4,970	21,700	0,358155556	28	4,61184444	4,192585859	25	8,804430303	3,834430303	331294,7782
12.06.2003	26,200	3,730	21,740	1,072523962	28	2,657476038	2,445530097	25	5,103006135	1,373006135	118627,7301
13.06.2003	27,400	3,660	22,640	0,409701493	28	3,250298507	4,131736391	25	7,382033898	3,722033898	321583,7288
15.06.2003	25,000	4,560	21,350	2,057142857	28	2,502857143	2,057142857	25	4,56	0	0
16.06.2003	25,100	4,450	21,570	2,006998445	28	2,443001555	2,136736054	25	4,579737609	0,129737609	11209,32945
17.06.2003	25,800	6,310	22,370	2,465719361	28	3,844280639	4,385110996	25	8,229391635	1,919391635	165835,4373

Datum	t3 Trut °C max	m3 Qrut [m³/s] max	t2 Twupp_hkb °C max	m2 Qwupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Qhkb [m³/s]	Reichmannsche Regel ZIEL = 25°C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
25.06.2003	25,200	4,082	21,970	1,895456053	28	2,186543947	2,164894997	25	4,351438944	0,269438944	23279,52475
27.06.2003	27,000	4,050	22,060	0,681818182	28	3,368181818	3,436920223	25	6,805102041	2,755102041	238040,8163
28.06.2003	25,500	4,115	21,110	1,493105951	28	2,621894049	2,022026259	25	4,643920308	0,528920308	45698,71465
29.06.2003	26,400	4,115	22,160	1,12739726	28	2,987602074	3,155918387	25	6,143521127	2,028521127	175264,2254
10.07.2003	25,500	4,200	22,230	1,819757366	28	2,380242634	2,577880109	25	4,958122744	0,758122744	65501,80505
11.07.2003	25,400	4,380	22,430	2,044524237	28	2,335475763	2,726236299	25	5,061712062	0,681712062	58899,92218
13.07.2003	25,400	4,500	22,390	2,08561497	28	2,414438503	2,77521667	25	5,189655172	0,689655172	59586,2069
14.07.2003	25,600	4,680	23,200	2,34	28	2,34	3,9	25	6,24	1,56	134784
15.07.2003	26,600	4,560	23,950	1,576296296	28	2,983703704	8,524867725	25	11,50857143	6,948571429	600356,5714
16.07.2003	26,900	17,100	24,420	5,254189944	28	11,84581006	6,127143132	25	73,11724138	56,01724138	4839889,655
17.07.2003	25,000	22,570	21,799	0,91920658	28	11,65079342	10,91920658	25	22,57	0	0
18.07.2003	25,900	4,560	22,460	1,728519856	28	2,831480144	3,34267887	25	6,175748031	1,615748031	139600,6299
19.07.2003	27,000	4,410	23,920	1,08082353	28	3,329117647	9,24754902	25	12,57666667	8,166666667	705600
20.07.2003	27,100	12,230	24,240	2,927393617	28	9,302606383	36,72081467	25	46,02342105	33,79342105	2919751,579
21.07.2003	26,800	5,080	23,890	1,483211679	28	3,596788321	9,721049517	25	13,31783784	8,237837838	711749,1892
22.07.2003	25,400	9,360	23,180	5,048962656	28	4,311037344	7,106105513	25	11,41714286	2,057142857	177737,1429
23.07.2003	26,000	5,960	22,890	2,332681018	28	3,627318982	5,157325567	25	8,78464455	2,82464455	244049,2891
25.07.2003	25,500	5,570	22,300	2,442982456	28	3,127017544	3,474463938	25	6,601481481	1,031481481	89120
26.07.2003	25,100	8,540	22,140	4,226279863	28	4,313720137	4,524881262	25	8,838601399	0,298601399	25799,16084
29.07.2003	25,200	8,801	22,510	4,48867031	28	4,31232969	5,19557794	25	9,507907631	0,706907631	61076,81928
31.07.2003	25,300	5,070	20,672	1,868040393	28	3,201959607	2,219472925	25	5,421432532	3,0363,77079	30363,77079
01.08.2003	26,600	4,810	22,870	1,312670565	28	3,497329435	4,925816105	25	8,42314554	3,61314554	312175,7746
02.08.2003	26,700	4,880	23,800	1,51047619	28	3,36952381	8,423809524	25	11,79333333	6,913333333	597312
03.08.2003	27,600	4,560	24,330	0,497002725	28	4,062997275	18,19252511	25	22,2552239	17,6952239	1528893,134
04.08.2003	27,500	4,680	24,560	0,680232558	28	3,999767442	27,2714165	25	31,27090909	26,59090909	2297454,545
05.08.2003	27,000	4,750	24,170	1,240208877	28	3,509791123	12,68598201	25	16,19578313	11,44578313	988915,6827
06.08.2003	27,400	4,500	24,340	0,737704918	28	3,762295082	17,10134128	25	20,86363636	16,36363636	1413818,182
07.08.2003	28,000	6,280	24,870	0	28	6,28	144,9230769	25	151,2030769	144,9230769	12521353,85
08.08.2003	28,400	4,470	25,350								
09.08.2003	28,000	4,620	25,350								
10.08.2003	27,500	4,430	24,910	0,716828479	28	3,713171521	123,772384	25	127,4855556	123,0555556	10632000
11.08.2003	28,300	4,700	25,120								
12.08.2003	28,300	4,810	25,260								
13.08.2003	27,900	4,560	24,484	0,129682833	28	4,430307167	25,75759881	25	30,18790698	25,62790698	2214251,163
14.08.2003	26,500	4,430	23,364	1,433347714	28	2,996652286	5,495083655	25	8,491735941	4,061735941	350933,9853
15.08.2003	26,400	4,380	21,964	1,161033797	28	3,218966203	3,180796643	25	6,399762846	2,019762846	174507,5099
16.08.2003	26,100	4,700	21,871	1,457007668	28	3,242992332	3,109292744	25	6,352285075	1,652285075	142757,4305
19.08.2003	25,600	6,330	21,497	2,336152545	28	3,993847455	3,420366076	25	7,414213531	1,084213531	93676,0491
20.08.2003	26,400	4,540	21,964	1,203445991	28	3,336554009	3,296990128	25	6,633544137	2,093544137	180882,2134
21.08.2003	26,000	4,700	21,777	1,51052547	28	3,18947453	2,968794164	25	6,158268694	1,458268694	125994,4151
22.08.2003	25,100	4,270	20,844	1,730435998	28	2,539564002	1,83317902	25	4,372743022	0,102743022	8876,997113
23.08.2003	26,000	4,440	21,217	1,309155241	28	3,130844759	2,48282693	25	5,613671689	1,173671689	101405,2339
25.08.2003	25,200	4,240	20,560	1,595698925	28	2,644301075	1,786889916	25	4,430990991	0,190990991	16501,62162
26.08.2003	25,800	4,200	20,910	1,303244006	28	2,896755994	2,124759898	25	5,021515892	0,821515892	70978,97311
06.09.2003	25,100	4,610	19,160	1,512330317	28	3,097669686	1,591268673	25	4,688993836	0,078993836	6820,273973
19.09.2003	25,100	4,780	19,090	1,555780022	28	3,224219978	1,636659887	25	4,860879865	0,080879865	6988,020305
22.09.2003	25,200	4,950	19,500	1,630588235	28	3,319411765	1,810588235	25	5,13	0,18	15552

Die Unmöglichkeit des Temperaturmanagements (rot) wurde nach Abflussvolumenstrom in der Wupper ($m^3>5 m^3/s$) und benötigter zusätzlicher Abgabe ($> 5 m^3/s$) bzw. einer Kombination aus beidem beurteilt. Grenzfälle (z.B. $m^3=8,5 m^3/s$; zusätzliche Abgabe = $0,2 m^3/s$) werden in Kombination beurteilt.. Die violette Farbe kennzeichnet Tage, an denen die Wassertemperatur der Wupper bereits vor den HKW über 25°C lag.

Tabelle A9-4: Berechnung des benötigten zusätzlichen Abfluss für **WINTER-Temperaturen** - (Berechnung mit mittlerem Tagesabfluss t3)

Tage

Gesamttag:

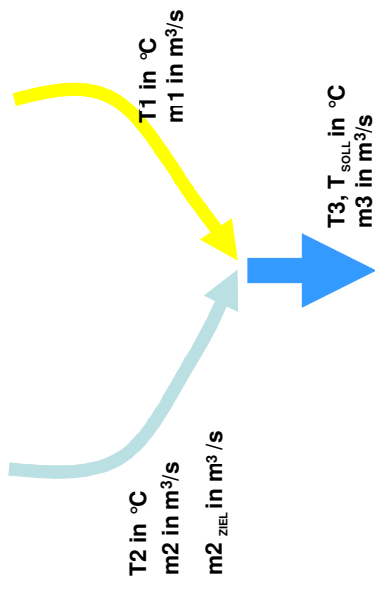
Überschreitungstage:

Talsperrenmanagement möglich (grün):

Talsperrenmanagement nicht möglich (rot):

Talsperrenmanagement zweifelhaft (weiss):

100%
13%
7%
5%
2%



Zusätzlicher Wasserbedarf in der Wupper im Winter:	
Summe grün in Mio m3:	1,21
Summe grün und weiss in Mio m3:	2,7
davon in 2001:	1,38
davon in 2002:	1,37
davon in 2003:	0,47

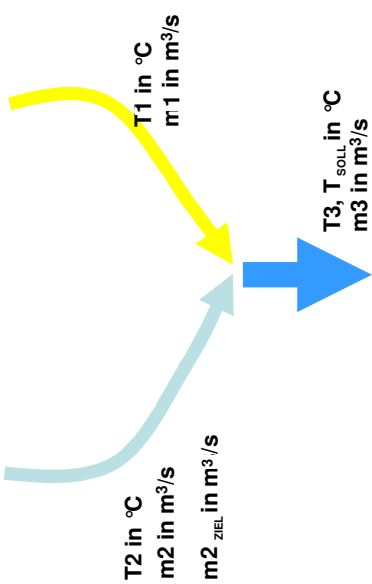
Datum	t3 Trut °C	m3 Orut [m³/s]	t2 Twupp_hkb °C	m2 Owupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Ohkb [m³/s]	Richmannsche Regel ZIEL = 10 °C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
02.01.2001	12	7,555	nv		28						
03.01.2001	12,1	9,253	nv		28						
04.01.2001	11,3	8,958	nv		28						
05.01.2001	12,1	20,811	nv		28						
10.12.2001	11	11,656	7,38	9,609699321	28	2,046300679	14,05855428	10	16,10485496	4,448854962	
11.12.2001	11,46	7,952	7,53	6,425309233	28	1,526690767	11,1256817	10	12,65237247	4,70037247	406112,1814
12.12.2001	11,5	7,639	7,69	6,205982275	28	1,433017725	11,16637189	10	12,59938961	4,96038961	428577,6623
13.12.2001	11,6	7,268	7,55	5,828616137	28	1,439383863	10,57506512	10	12,01444898	4,74644898	410093,1918
19.12.2001	11	5,160	6,77	4,13188837	28	1,028111163	5,729412056	10	6,75752322	1,59752322	138026,0062
12.01.2002	10,6	6,778	5,18	5,168150745	28	1,609849255	6,011885185	10	7,62173444	0,84373444	72898,6556
13.01.2002	11,2	5,532	5,41	4,114103586	28	1,417896414	5,560378095	10	6,97827451	1,44627451	124958,1176
14.01.2002	10,8	5,348	4,9	3,982060606	28	1,365939394	4,820962567	10	6,186901961	0,838901961	72481,12941
15.01.2002	10,3	5,351	4,9	4,100116883	28	1,250883117	4,414881589	10	5,665764706	0,314764706	27195,67059
16.01.2002	11,2	4,996	5,13	3,669959527	28	1,326004373	4,901042855	10	6,27047228	1,231047228	106362,4805
17.01.2002	11,2	4,782	5,26	3,532875989	28	1,249124011	4,743508901	10	5,992632911	1,210632911	104598,6835
18.01.2002	11,1	5,257	5,24	3,903484183	28	1,353515817	5,118337124	10	6,471852941	1,214852941	104963,2941
19.01.2002	11,4	5,913	5,82	4,05419297	28	1,487580703	6,405849919	10	7,893430622	1,980430622	171109,2057
20.01.2002	11	8,913	6,91	7,184495021	28	1,728504979	10,06896104	10	11,79746602	2,884466019	249217,8641
07.12.2002	11,3	5,033	6,79	3,962805281	28	1,070194719	6,001091885	10	7,071286604	2,038286604	176107,9626
13.12.2002	11,1	4,473	4,21	3,177540984	28	1,295459016	4,02733373	10	5,322792746	0,849792746	73422,09326
14.12.2002	11,1	4,503	5,16	3,331904553	28	1,171095447	4,352640901	10	5,526409091	1,023409091	88422,54545
09.12.2003	10,8	4,010	5,04	3,004006969	28	1,005993031	3,650781162	10	4,656774194	0,646774194	55881,29032
10.12.2003	10,75	4,012	4,95	3,002472885	28	1,009527115	3,598314469	10	4,607841584	0,595841584	51480,71287
11.12.2003	11,1	4,186	5,38	3,127471264	28	1,058282736	4,124137931	10	5,182666667	0,996666667	86112
12.12.2003	12,6	4,605	6,3	3,268064516	28	1,336935484	6,504010462	10	7,840945946	3,235945946	279585,7297
13.12.2003	12,7	12,865	8,6	10,14610825	28	2,718891753	34,95717968	10	37,67607143	24,81107143	
18.01.2004	11	35,469	6,43	27,954242	28	7,514757997	37,88953612	10	45,0429412	9,935294118	
19.01.2004	10,37	32,918	6,3	26,7439788	28	6,174021198	30,0357788	10	36,2098	3,2918	
20.01.2004	11,76	42,153	6,9	32,44382559	28	9,709174408	56,3758514	10	66,08502581	23,93202581	

Die Unmöglichkeit des Temperaturmanagements (rot) wurde nach Abflussvolumenstrom in der Wupper (m^3/s) und benötigter zusätzlicher Abgabe ($> 5 m^3/s$) bzw. einer Kombination aus beidem beurteilt.

Tabelle A9-5: Berechnung des benötigten zusätzlichen Abfluss für **FRÜHLINGS-Temperaturen** - (Berechnung mit mittlerem Tagesabfluss t3)

	Tag	
Gesamttag:	236	100%
Überschreitungstage:	42	18%
Talsperrenmanagement möglich (grün):	29	12%
Talsperrenmanagement nicht möglich (rot):	11	5%
Talsperrenmanagement zweifelhaft (weiss):	2	1%

Zusätzlicher Wasserbedarf in der Wupper im Frühjahr:	
Summe grün in Mio m3:	5,08
Summe grün und weiss in Mio m3:	5,86
davon in 2001:	0,42
davon in 2002:	0,646
davon in 2003:	2,94
davon in 2004:	1,86



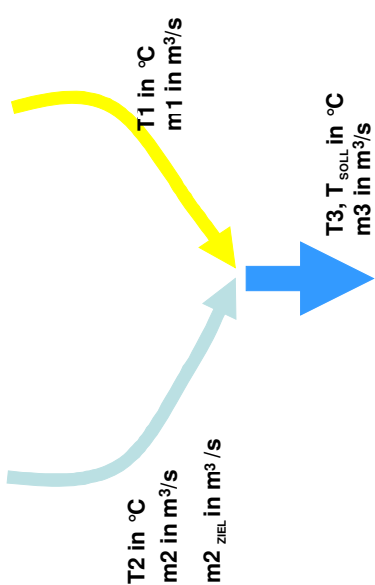
Datum	t3 Trut °C max	m3 Qout [m³/s] mittel	t2 Twupp_hkb °C max	m2 Qwupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Qhkb [m³/s]	Richmannsche Regel ZIEL = 12°C;14°C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
17.02.2001	12,3	6,632	7,0041	4,959177744	28	1,672822256	5,357424306	12	7,030246562	0,398246562	34408,50297
18.02.2001	12,6	5,965	7,23	4,422773231	28	1,542226789	5,173087696	12	6,715314465	0,750314465	64827,16981
19.02.2001	12,7	5,576	7	4,062514286	28	1,48435714	4,843154286	12	6,35664	0,78064	67447,296
20.02.2001	12,6	5,807	7,39	4,339049005	28	1,467950995	5,094840762	12	6,562791757	0,755791757	65300,40781
21.02.2001	12,6	6,102	7,28	4,53527027	28	1,56672973	5,310948236	12	6,877677966	0,777677966	67018,57627
22.02.2001	12,6	6,312	7,17	4,665777052	28	1,645422948	5,450676431	12	7,096099379	0,784099379	67746,18634
23.02.2001	12,5	6,329	6,7793	4,622821113	28	1,706178887	5,228965883	12	6,93514477	0,60614477	52370,90812
16.03.2002	15,5	5,919	10,254	4,169249408	28	1,749750592	6,539377545	14	8,289128137	2,370128137	204779,071
17.03.2002	16,5	5,797	11,163	3,959464275	28	1,837535725	9,067853419	14	10,90538914	5,10838914	441364,822
18.03.2002	16,4	8,602	10,631	5,744901837	28	2,857098163	11,87277361	14	14,72987177	6,12787177	
26.02.2003	12,5	4,781	7,7476	3,659097193	28	1,121902033	4,22125033	12	5,343153137	0,562153137	48570,03104
27.02.2003	13,6	4,473	7,1503	3,089310638	28	1,383689362	4,565030785	12	5,948720148	1,475720148	127502,2208
28.02.2003	13,9	4,442	7,8432	3,107249167	28	1,334750893	5,137609059	12	6,472359892	2,030359892	175423,0947
01.03.2003	14,1	4,852	8,29	3,421755454	28	1,430244546	6,168170548	12	7,598415094	2,746415094	237290,2642
02.03.2003	14,1	6,410	8,58	4,58800206	28	1,82199794	8,523968972	12	10,34596491	3,935964912	340067,3684
04.03.2003	13,1	5,249	8,33	3,976110829	28	1,272889171	5,549380583	12	6,822269755	1,573269755	135930,5068
05.03.2003	14,3	5,207	8,87	3,729006796	28	1,477993204	7,555238828	12	9,033230032	3,826230032	330586,2748
06.03.2003	13,9	6,149	8,34	4,410015259	28	1,738984741	7,602119085	12	9,341103825	3,192103825	275797,7705
07.03.2003	12,8	5,669	8,73	4,471655423	28	1,197344577	5,858566738	12	7,055911315	1,386911315	119829,1376
24.03.2003	15,8	4,237	10,97	3,035314151	28	1,201685849	5,552343854	14	6,754029703	2,517029703	217471,3663
25.03.2003	16,8	4,156	10,85	2,714122449	28	1,441877551	6,408344671	14	7,850222222	3,694222222	319180,8
26.03.2003	18,2	4,057	11,87	2,464885307	28	1,592114693	10,46460362	14	12,05671831	7,99971831	
27.03.2003	17,9	4,091	12,32	2,635146684	28	1,455853316	12,13211097	14	13,58796429	9,496964286	
28.03.2003	18,8	3,931	12,69	2,362194644	28	1,568805356	16,76585877	14	18,334866412	14,40366412	
29.03.2003	18,5	3,903	12,88	2,452281746	28	1,450718254	18,13397817	14	19,58469643	15,68169643	
30.03.2003	18,2	3,811	13,18	2,520094467	28	1,290905533	22,03985056	14	23,3307561	19,5197561	
31.03.2003	17,1	3,757	12,27	2,60338843	28	1,15361157	9,335584962	14	10,48919653	6,732196532	
01.04.2003	16,4	4,529	11,74	3,23102091	28	1,29797909	8,040578432	14	9,338557522	4,809557522	415545,7699
04.04.2003	14,3	4,126	11	3,325070588	28	0,800929412	3,737670588	14	4,5386	0,4126	35648,64
05.04.2003	14,8	3,838	10,59	2,909913843	28	0,928086157	3,8103244	14	4,738410557	0,900410557	77795,47214
06.04.2003	14,65	3,790	10,6	2,907844828	28	0,882155172	3,632403651	14	4,514558824	0,724558824	62601,88235
07.04.2003	14,26	3,773	10,07	2,891300613	28	0,881699387	3,140913845	14	4,022613232	0,249613232	21586,58321
16.03.2004	14,5	5,567	9,8	4,129368132	28	1,437631868	4,792106227	14	6,229738095	0,662738095	57260,57143
17.03.2004	16	5,261	11,3	3,780359281	28	1,480640719	7,677396318	14	9,158037037	3,897037037	336704
18.03.2004	16,6	5,041	11	3,380435294	28	1,660564706	7,749301961	14	9,409866667	4,368866667	377470,08
19.03.2004	16,2	5,332	10,2	3,534696629	28	1,797303371	6,621643998	14	8,418947368	3,086947368	26671,2526
30.03.2004	15,9	4,657	11,11	3,336275903	28	1,320724097	6,397971405	14	7,718695502	3,061695502	264530,4913
31.03.2004	16,8	4,683	11,6	3,198146341	28	1,484853659	8,661646341	14	10,1465	5,4635	472046,4
01.04.2004	17,9	4,767	12,765	3,160269117	28	1,608730893	18,21395333	14	19,82088421	15,05368421	
02.04.2004	17,9	4,737	12,297	3,046787238	28	1,690212762	13,89487884	14	15,5850916	10,8480916	
03.04.2004	17,3	4,802	13,773	3,611541435	28	1,190458565	73,42035201	14	74,61081057	69,80881057	
04.04.2004	14,6	5,043	13,924	4,800809889	28	0,242190111	44,61396778	14	44,85615789	39,61315789	
05.04.2004	14,6	5,770	10,29	4,365782044	28	1,404217956	5,298935683	14	6,703153639	0,933153639	80624,47439

Die Unmöglichkeit des Temperaturmanagements (rot) wurde nach Abflussvolumenstrom in der Wupper (m3>5 m³/s) und benötigter zusätzlicher Abgabe (> 5 m³/s) bzw. einer Kombination aus beidem beurteilt.

Tabelle A9-6: Berechnung des benötigten zusätzlichen Abfluss für **SOMMER-Temperaturen** - (Berechnung mit mittlerem Tagesabfluss t3)

Gesamttag:	Tage	
Überschreitungstage:	732	100%
Talsperrenmanagement möglich (grün):	98	13%
Talsperrenmanagement nicht möglich (rot):	76	10%
Talsperrenmanagement zweifelhaft (weiss):	15	2%
	4	1%

Zusätzlicher Wasserbedarf in der Wupper im Sommer:	
Summe grün in Mio m3:	8,54
Summe grün und weiss in Mio m3:	10,52
davon in 2001:	3,222
davon in 2002:	0,632
davon in 2003:	6,66



Datum	t3 Trut °C max	m3 Qout [m³/s] mittel	t2 Twupp_hkb °C max	m2 Qwupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Qhkb [m³/s]	Richmannsche Regel ZIEL = 25 °C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
04.07.2001	25,200	4,496	20,480	1,674042553	28	2,821957447	1,872980606	25	4,694938053	0,198938053	17188,24779
05.07.2001	26,800	5,289	20,280	0,822124352	28	4,468875648	2,839115878	25	7,305991525	2,016991525	174268,0678
06.07.2001	26,500	4,206	20,830	0,879916318	28	3,326083682	2,392865958	25	5,71894964	1,51294964	130718,8489
07.07.2001	25,100	4,365	19,690	1,523285199	28	2,841714801	1,605488588	25	4,44720339	0,08220339	7102,372881
29.07.2001	26,200	4,089	21,900	2,789429874	28	2,882409836	2,789429874	25	5,67183871	1,58283871	136757,2645
30.07.2001	26,800	4,105	22,040	0,826510067	28	3,278489893	3,322793851	25	6,601283784	2,496283784	215678,9189
31.07.2001	26,300	4,440	21,990	1,255906822	28	3,184093178	3,173514795	25	6,357607973	1,917607973	165681,3289
01.08.2001	25,500	4,407	20,890	1,549578059	28	2,857421941	2,085709446	25	4,943131387	0,536131387	46321,75182
02.08.2001	25,800	4,281	21,210	1,387069219	28	2,893930781	2,29071038	25	5,184641161	0,903641161	78074,59631
03.08.2001	25,000	4,292	19,705	1,552260398	28	2,739739602	1,552260398	25	4,292	0	0
14.08.2001	26,200	4,827	20,560	1,167822581	28	3,659177419	2,472417175	25	6,131594595	1,304594595	112716,973
15.08.2001	26,800	4,765	22,550	1,049174312	28	3,715825688	4,5495990638	25	8,265816327	3,500816327	302470,5306
16.08.2001	25,700	4,485	21,340	1,548873874	28	2,936126126	2,406660759	25	5,342786885	0,857786885	74112,78689
17.08.2001	25,800	4,331	21,400	1,443666667	28	2,887333333	2,406111111	25	5,293444444	0,962444444	83155,2
18.08.2001	26,200	4,239	21,770	1,224751204	28	3,014248796	2,799611885	25	5,813860681	1,574860681	136067,9628
19.08.2001	25,133	4,268	21,140	1,783725364	28	2,484274636	1,930783396	25	4,415058031	0,147058031	12705,81389
20.08.2001	25,200	4,239	20,700	1,625917808	28	2,613082192	1,823080599	25	4,436162791	0,197162791	17034,86512
21.08.2001	26,000	4,168	21,480	1,285276707	28	2,889472393	2,462618516	25	5,352090909	1,184090909	102305,4545
22.08.2001	26,400	4,466	21,610	1,118247261	28	3,347752739	2,962613043	25	6,310365782	1,844365782	159353,2035
23.08.2001	26,300	4,427	21,910	1,235779967	28	3,191220033	3,098271877	25	6,289491909	1,862491909	160919,301
24.08.2001	26,6	4,441	22,400	1,11025	28	3,33075	3,843173077	25	7,173923077	2,732923077	236124,5538
25.08.2001	27,2	4,405	22,780	0,675095785	28	3,729904215	5,040411101	25	8,770315315	4,365315315	377163,2432
26.08.2001	27,3	4,325	22,690	0,570150659	28	3,754849341	4,876427715	25	8,631277056	4,306277056	372062,3377
27.08.2001	25,978	5,065	20,903	1,443064675	28	3,621935325	2,652137167	25	6,274072492	1,209072492	104463,8633
15.08.2002	25,5	4,823	21,304	1,800701912	28	3,022298088	2,453164033	25	5,475462121	0,652462121	56372,72727
16.08.2002	25,700	4,785	21,637	1,729608675	28	3,055391325	2,725594402	25	5,780985727	0,995985727	86053,16682
17.08.2002	25,800	4,807	21,812	1,709017453	28	3,097982547	2,915290979	25	6,013273526	1,206273526	104222,0326
18.08.2002	24,782	4,782	21,812	1,391014867	28	3,390985133	3,191014867	25	6,582	1,8	155520
19.08.2002	25,133	5,133	21,926	2,422836846	28	2,710163154	2,644921751	25	5,355084906	0,222084906	19188,13585
20.08.2002	25,200	9,034	21,698	4,013836877	28	5,020163123	4,561020402	25	9,581183525	0,547183525	47276,65657
21.08.2002	26,000	16,534	20,294	4,291201661	28	12,24279834	7,804588826	25	20,04738717	3,513387165	303556,6511
29.05.2003	25,200	9,420	18,011	1,508859746	28	7,911140254	3,395824977	25	11,30696523	1,886965231	163033,796
29.05.2003	25,200	3,955	19,710	1,335826297	28	2,619173703	1,485353707	25	4,10452741	0,14952741	12919,16824
30.05.2003	25,900	4,586	20,210	1,236277279	28	3,349722721	2,097947425	25	5,447670146	0,861670146	74448,30063
31.05.2003	25,500	5,219	19,440	1,524240654	28	3,694759346	1,993575187	25	5,688334532	0,469334532	40550,5036
01.06.2003	26,900	4,105	20,974	0,642684315	28	3,462315685	2,579966978	25	6,042282663	1,937282663	167381,2221
02.06.2003	26,300	6,046	20,890	1,44559775	28	4,60040225	3,357957847	25	7,958360097	1,912360097	165227,9124
03.06.2003	26,000	4,959	21,420	1,507294833	28	3,451705167	2,892490364	25	6,344195531	1,385195531	119680,8939
04.06.2003	28,595	4,279	22,690	-0,479473635	28	4,758473635	6,179835889	25	10,93830952	6,659309524	575364,3429
05.06.2003	26,366	4,127	20,857	0,944073639	28	3,182926361	2,304798234	25	5,487724596	1,360724596	117566,6051
06.06.2003	27,677	4,053	21,750	0,20945904	28	3,84354096	3,384389363	25	7,391424923	3,338424923	288439,9134
07.06.2003	27,415	3,936	21,840	0,373792208	28	3,562207792	3,381842841	25	6,944050633	3,008050633	259895,5747
08.06.2003	28,988	5,246	22,420	-0,928861649	28	6,174861649	7,180071685	25	13,35493333	8,10893333	700611,84
09.06.2003	27,021	6,148	21,040	0,864783333	28	5,283216667	4,002436869	25	9,285653535	3,137653535	271093,2655
10.06.2003	27,546	6,057	21,590	0,428998128	28	5,628001872	4,951321295	25	10,57932317	4,522323167	390728,7216
11.06.2003	27,546	3,980	21,700	0,286812698	28	3,693187302	3,357443001	25	7,050630303	3,070630303	265302,4582
12.06.2003	26,200	3,545	21,740	1,019329073	28	2,525670927	2,324237049	25	4,849907975	1,304907975	112744,0491
13.06.2003	27,400	3,499	22,640	0,391679104	28	3,107320896	3,949984189	25	7,057305085	3,558305085	307437,5593
15.06.2003	25,000	4,421	21,350	1,99443609	28	2,42656391	1,99443609	25	4,421	0	0
16.06.2003	25,100	4,246	21,570	1,914992224	28	2,331007776	2,038782311	25	4,369790087	0,123790087	10695,46356
17.06.2003	25,800	4,384	22,370	1,713108348	28	2,670891652	3,04664447	25	5,717536122	1,333536122	115217,5209

Datum	t3 Trut °C max	m3 Qout [m³/s] mittel	t2 Twupp_hkb °C max	m2 Qwupp_hkb [m³/s]	t1 Thkb °C	m1 Qhkb [m³/s]	Richmannsche Regel ZIEL = 25°C m2_ZIEL [m³/s]	t_soll °C	neue Summe m1+m2_ZIEL [m³/s]	benötigt zusätzliche Abgabe [m³/s]	zusätzliche m³/Tag [m³/d]
25.06.2003	25,200	4,040	21,970	1,875935366	28	2,164046434	2,142820232	25	4,306666667	0,266666667	23040
27.06.2003	27,000	4,022	22,060	0,677104377	28	3,344895623	3,413158799	25	6,758054422	2,736054422	236395,102
28.06.2003	25,500	3,968	21,110	1,439767779	28	2,528232221	1,949793486	25	4,478025707	0,510025707	44066,22108
29.06.2003	26,400	4,085	22,160	1,119178082	28	2,965821918	3,132910477	25	6,098732394	2,013732394	173986,4789
10.07.2003	25,500	4,097	22,230	1,775129983	28	2,321870017	2,514660669	25	4,836530686	0,739530686	63895,45126
11.07.2003	25,400	4,172	22,430	1,947432875	28	2,224567325	2,596771196	25	4,821338521	0,649338521	56102,84825
13.07.2003	25,400	4,405	22,390	2,041532977	28	2,363467023	2,716828762	25	5,080095785	0,675095785	58328,27586
14.07.2003	25,600	4,329	23,200	2,1645	28	2,1645	3,6075	25	5,772	1,443	124675,2
15.07.2003	26,600	4,092	23,950	1,414518519	28	2,677481481	7,64994709	25	10,32742857	6,235428571	538741,0286
16.07.2003	26,900	4,320	24,420	1,327374302	28	2,992625698	15,47908844	25	18,47172414	14,15172414	1222708,966
17.07.2003	25,000	6,853	21,799	3,315432995	28	3,537567005	3,315432995	25	6,853	0	0
18.07.2003	25,900	4,383	22,460	1,661425993	28	2,721574007	3,214457489	25	5,936031496	1,553031496	134181,9213
19.07.2003	27,000	4,250	23,920	1,041666667	28	3,208333333	8,912037037	25	12,12037037	7,87037037	680000
20.07.2003	27,100	4,823	24,240	1,154441489	28	3,668558511	14,48115202	25	18,14971053	13,32671053	1151427,789
21.07.2003	26,800	4,577	23,890	1,336350365	28	3,240649635	8,758512527	25	11,99916216	7,422162162	641274,8108
22.07.2003	25,400	5,320	23,180	2,869709544	28	2,450290456	4,038940313	25	6,489230769	1,169230769	101021,5385
23.07.2003	26,000	4,274	22,890	1,672798434	28	2,601201566	3,698390852	25	6,299592417	2,025592417	175011,1848
25.07.2003	25,500	4,394	22,300	1,927192982	28	2,466807018	2,740896686	25	5,207703704	0,813703704	70304
26.07.2003	25,100	5,204	22,140	2,575358362	28	2,628641638	2,757316404	25	5,385958042	0,181958042	15721,17483
29.07.2003	25,200	4,987	22,510	2,543460838	28	2,443539162	2,944023087	25	5,387562249	0,400562249	34608,57831
31.07.2003	25,300	4,598	20,672	1,694132096	28	2,903867904	2,012847438	25	4,916715342	0,318715342	27537,00555
01.08.2003	26,600	4,497	22,870	1,227251462	28	3,269748538	4,605279631	25	7,875028169	3,378028169	291861,6338
02.08.2003	26,700	4,546	23,800	1,407095238	28	3,138904762	7,847261905	25	10,98616667	6,440166667	556430,4
03.08.2003	27,600	4,447	24,330	0,484688649	28	3,962313351	17,74170157	25	21,70401493	17,25701493	1491006,09
04.08.2003	27,500	4,468	24,560	0,649419605	28	3,818581395	26,03578224	25	29,85436364	25,38636364	2193381,818
05.08.2003	27,000	4,524	24,170	1,181201044	28	3,342798956	12,08240586	25	15,42520482	10,90120482	941864,0964
06.08.2003	27,400	4,364	24,340	0,715409836	28	3,648590164	16,58450075	25	20,23309091	15,86909091	1371089,455
07.08.2003	28,000	4,507	24,870	0	28	4,507	104,0076923	25	108,5146923	104,0076923	8986264,615
08.08.2003	28,400	4,248	25,350								
09.08.2003	28,000	4,313	25,350								
10.08.2003	27,500	4,363	24,910	0,705987055	28	3,657012945	121,9004315	25	125,5574444	121,1944444	10471200
11.08.2003	28,300	4,447	25,120								
12.08.2003	28,300	4,613	25,260								
13.08.2003	27,900	4,368	24,484	0,124232082	28	4,243767918	24,67306929	25	28,91683721	24,54883721	2121019,535
14.08.2003	26,500	4,271	23,364	1,381902502	28	2,889097498	5,297856047	25	8,186953545	3,915953545	338338,3863
15.08.2003	26,400	4,206	21,964	1,114910537	28	3,091089483	3,054443628	25	6,145525692	1,939525692	167575,0198
16.08.2003	26,100	4,457	21,871	1,381677272	28	3,075322728	2,948535693	25	6,023858421	1,566858421	135376,5676
19.08.2003	25,600	4,960	21,497	1,830539751	28	3,129460249	2,860097273	25	5,809557522	0,849557522	73401,76991
20.08.2003	26,400	4,331	21,964	1,148045063	28	3,182954937	3,145212388	25	6,328167325	1,997167325	172555,2569
21.08.2003	26,000	4,337	21,777	1,393861482	28	2,943138518	2,739502189	25	5,682640707	1,345640707	116263,3571
22.08.2003	25,100	4,154	20,844	1,683426495	28	2,470573505	1,783378372	25	4,253951877	0,099951877	8635,842156
23.08.2003	26,000	4,160	21,217	1,226595902	28	2,933404098	2,326252259	25	5,259656357	1,099656357	95010,30928
25.08.2003	25,200	4,141	20,560	1,55844086	28	2,58255914	1,744972392	25	4,327531532	0,186531532	16116,32432
26.08.2003	25,800	4,085	20,910	1,267559944	28	2,817440056	2,066581948	25	4,884022005	0,799022005	69035,50122
06.09.2003	25,100	4,224	19,160	1,385701357	28	2,838298643	1,458030125	25	4,296328767	0,072328767	6249,205479
19.09.2003	25,100	4,288	19,090	1,395645342	28	2,892354658	1,468200334	25	4,360554992	0,072554992	6268,751269
22.09.2003	25,200	4,044	19,500	1,332141176	28	2,711858824	1,479195722	25	4,191054545	0,147054545	12705,51273

Die Unmöglichkeit des Temperaturmanagements (rot) wurde nach Abflussvolumenstrom in der Wupper (m3>5 m³/s) und benötigter zusätzlicher Abgabe (> 5 m³/s) bzw. einer Kombination aus beidem beurteilt. Grenzfälle (z.B. m3=8,5 m³/s; zusätzliche Abgabe = 0,2 m³/s) werden in Kombination beurteilt.. Die violette Farbe kennzeichnet Tage, an denen die Wassertemperatur der Wupper bereits vor den HKW über 25°C lag.

Typ 9:

Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse

Verbreitung in Gewässerlandschaften und Regionen nach Briem (2003):

Schiefer und ähnliche, Buntsandstein, Gneise und ähnliche, Granite und ähnliche, Vulkangebiete, Auen über 300 m Breite

Übersichtsfoto:



Orke (H). Foto: T. Ehlert

**Morphologische
Kurzbeschreibung:**

Dieser Flusstyp tritt im Längsprofil in Abhängigkeit von der Talbodenbreite sowie der Geschiebe- und Gefälleverhältnisse in morphologisch unterschiedlichen Ausprägungen auf: In engen Tälern sind es gestreckte bis schwach gewundene, nebengerinnereiche Gewässerläufe, in breiten Sohlen- oder Muldentälern treten bei geringem Gefällen meist gewundene bis mäandrierende unverzweigte Gerinne auf. Bei hohem Talbodengefälle werden schwach gewundene bis mäandrierende Gewässer mit zahlreichen Nebengerinnen ausgebildet. Allgemein herrschen als Substrate Schotter und Steine vor, untergeordnet auch Kiese. Feinsedimente wie Sande und Lehm finden sich in den strömungsberuhigten Bereichen zwischen den Steinen oder im Uferbereich. Das Querprofil ist meist sehr flach, das Längsprofil ist durch den typischen regelmäßigen Wechsel von Schnellen und Stillen gekennzeichnet. Ausgedehnte Schotter- und Kiesbänke mit gut ausgeprägtem Interstitial sind charakteristisch für diesen Flusstyp.

**Abiotischer
Steckbrief:**

Längszonale Einordnung: 100 - 1.000 km² EZG

Talbodengefälle: 2 - 6 ‰

Strömungsbild: vorherrschend schnell und turbulent fließend, kleinräumig große Strömungsdiversität

Sohlsubstrate: Schotter und Steine dominieren, daneben viele Kiese, in den strömungsberuhigten Bereichen Sand- und Lehmlagerungen

**Wasserbeschaffenheit
und physiko-
chemische Leitwerte:**

Silikatgewässer

Elektrische Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]: 75 - 350

pH-Wert: 7,0 - 8,0

Karbonathärte [$^{\circ}\text{dH}$]: 1 - 6

Gesamthärte [$^{\circ}\text{dH}$]: 6 - 10

Abfluss/Hydrologie:

Große Abflussschwankungen im Jahresverlauf, stark ausgeprägte Extremabflüsse der Einzelereignisse.

Typ 9:

Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse

Charakterisierung der Makrozoobenthos-Besiedlung:

Funktionale Gruppen: Auf Grund der großen Habitatvielfalt ist die Makrozoobenthoszönose sehr artenreich. Auf den lagestabilen Steinen und Blöcken der rasch überströmten Schnellen dominieren sauerstoff- und strömungsliebende Hartsubstratbesiedler. Die sandig-schlammigen Ablagerungen strömungsberuhigter Bereiche zwischen Steinen, in Nebengerinnen und im Uferbereich werden von Arten der Feinsedimente besiedelt. Es treten in diesem Flusstyp des Mittelgebirges noch vermehrt Arten kleinerer und kühlerer Gewässer auf.

Auswahl typspezifischer Arten: Kennzeichnend für die sauerstoffreichen, schnell überströmten Schotterbänke sind z. B. die Eintagsfliegen *Baetis lutheri* und *Ecdyonurus insignis* oder die Köcherfliege *Micrasema setiferum*. Die zahlreichen Moospolster auf den Steinen werden z. B. durch den Käfer *Hydraena spec.* besiedelt. In den kiesig-sandigen Ablagerungen findet sich z. B. die Großmuscheln *Unio crassus* und *Margaritifera margaritifera*. Ebenfalls typische Arten sind etwa die Eintagsfliege *Ecdyonurus dispar*, Steinfliegen der Gattung *Leuctra*, der Käfer *Esolus parallelepipedus* und die Köcherfliegen *Allogamus auricollis* und *Brachycentrus maculatus*.

Charakterisierung der Makrophyten- und Phytobenthos-Gemeinschaft:

Bei diesem Gewässertyp handelt es sich um einen vergleichsweise wasserpflanzenreichen Mittelgebirgsfluss, in dem die Wassermoose *Scapania undulata*, *Rhynchostegium riparioides*, *Fontinalis antipyretica*, *Fontinalis squamosa*, *Chiloscyphus polyanthos*, *Hygroamblystegium fluviatile*, *Jungermannia exsertifolia*, *Racomitrium aciculare*, *Schistidium rivulare*, *Marsipella emarginata*, auftreten können sowie die Makrophyten *Ranunculus fluitans*, *R. peltatus*, *R. penicillatus*, *Callitriche platycarpa*, *C. stagnalis* und *Myriophyllum alterniflorum*.

Charakterisierung der Fischfauna:

Dieser Flusstyp ist überwiegend der Äschenregion zuzuordnen, die neben der Leitfischart auch die Bachforelle häufiger beherbergt. Ferner finden sich Bestände strömungsliebender, kieslaichender Fluss-Cypriniden wie etwa Nase oder Hasel. Im Donaauraum sind Huchen anzutreffen. Nebengerinne und Altwässer in der Aue ermöglichen zusätzlich das Auftreten indifferenter oder sogar stillwasserliebender Arten. Zum Teil kommen auch Wanderfischarten wie z. B. der Lachs vor.

Anmerkungen:

Bei diesem Flusstyp handelt es sich um einen „klassischen“ Mittelgebirgsfluss mit dominierend grobem Geschiebe, schneller Strömung und regelmäßiger Abfolge von Schnellen und Stillen. Dieser dynamische Flusstyp ist durch großräumige Laufverlagerungen und Ausbildung zahlreicher Nebengerinne gekennzeichnet.

Auf Grund seiner silikatischen Eigenschaften gehört auch der „Kleine Buntsandsteinfluss“ diesem Gewässertyp an, obwohl auf Grund des z. T. hohen Feinsubstratanteils deutliche biozönotische Unterscheide bestehen. Die - wie beim Typ 5.1 - eher artenarme Makrozoobenthos-Besiedlung zeichnet sich meist durch das Fehlen von Interstitialarten aus. Deshalb sind auch bei den Fischen keine natürlichen Kieslaicher zu erwarten, Bachneunaugen dagegen können in höheren Dichten vorkommen.

Beispielgewässer:

Makrozoobenthos: Eder, Orke (HE), Prüm (RP), Wutach (BW), Sieg (NW)
Makrophyten- und Phytobenthos: Fulda (HE), Zschopau (SN)

Vergleichende Literatur (Auswahl):

LUA NRW (2001) „Schottergeprägter Fluss des Grundgebirges“

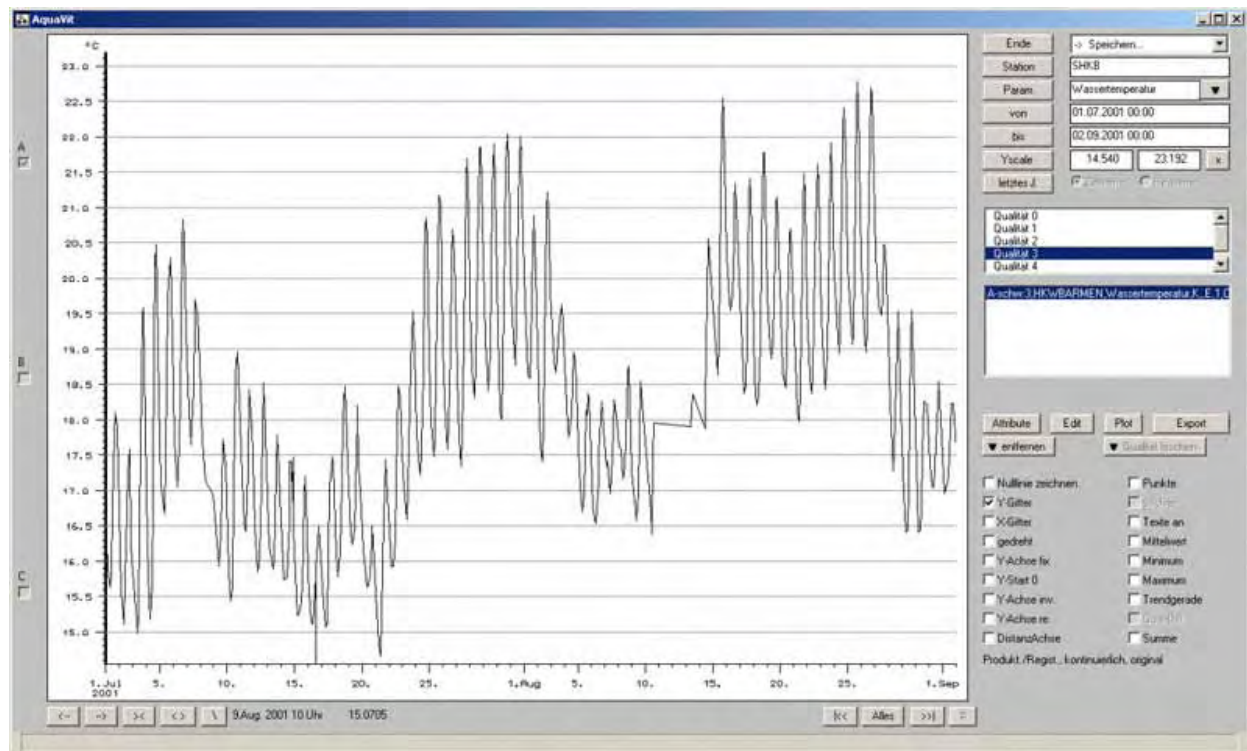


Bild 13-1: Sommerliche Wassertemperaturen der Wupper vor dem HKW Barmen im Jahr 2001;
Höchstwert: 22,75°C

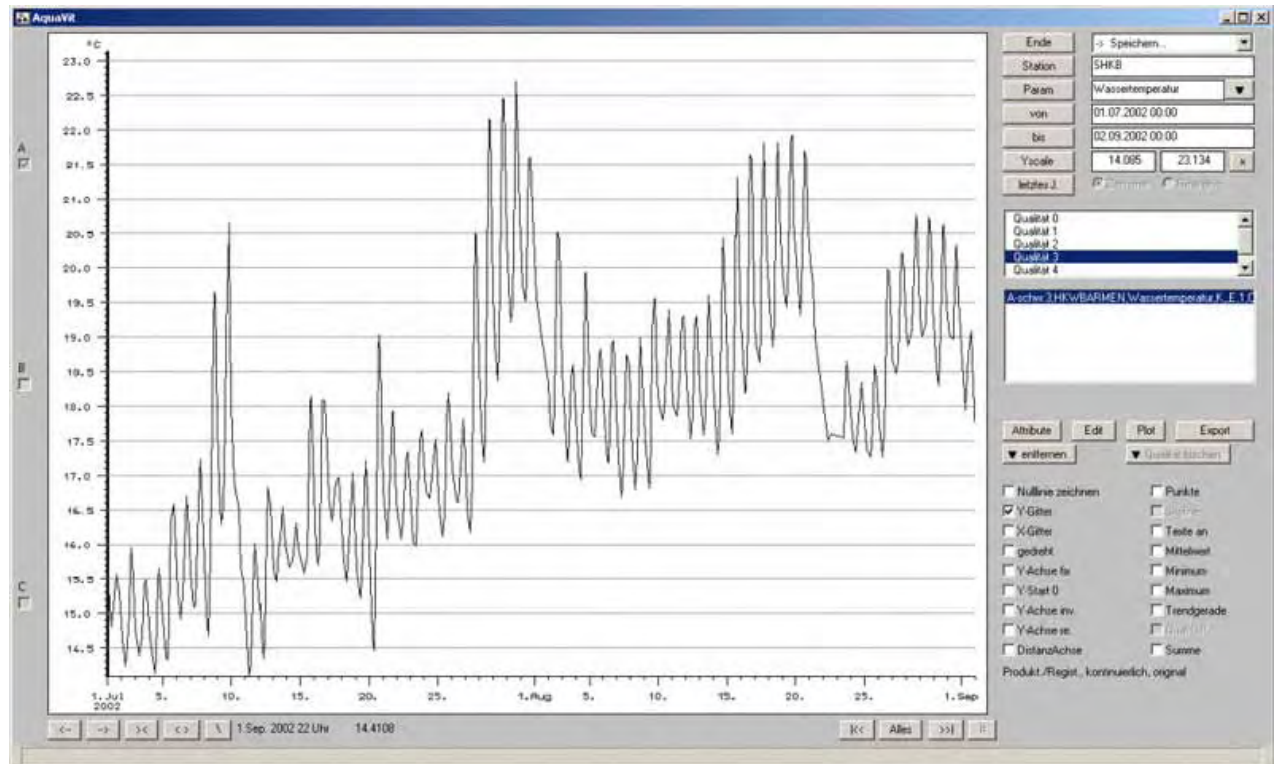


Bild 13-2: Sommerliche Wassertemperaturen der Wupper vor dem HKW Barmen im Jahr 2003;
Höchstwert: 22,6°C

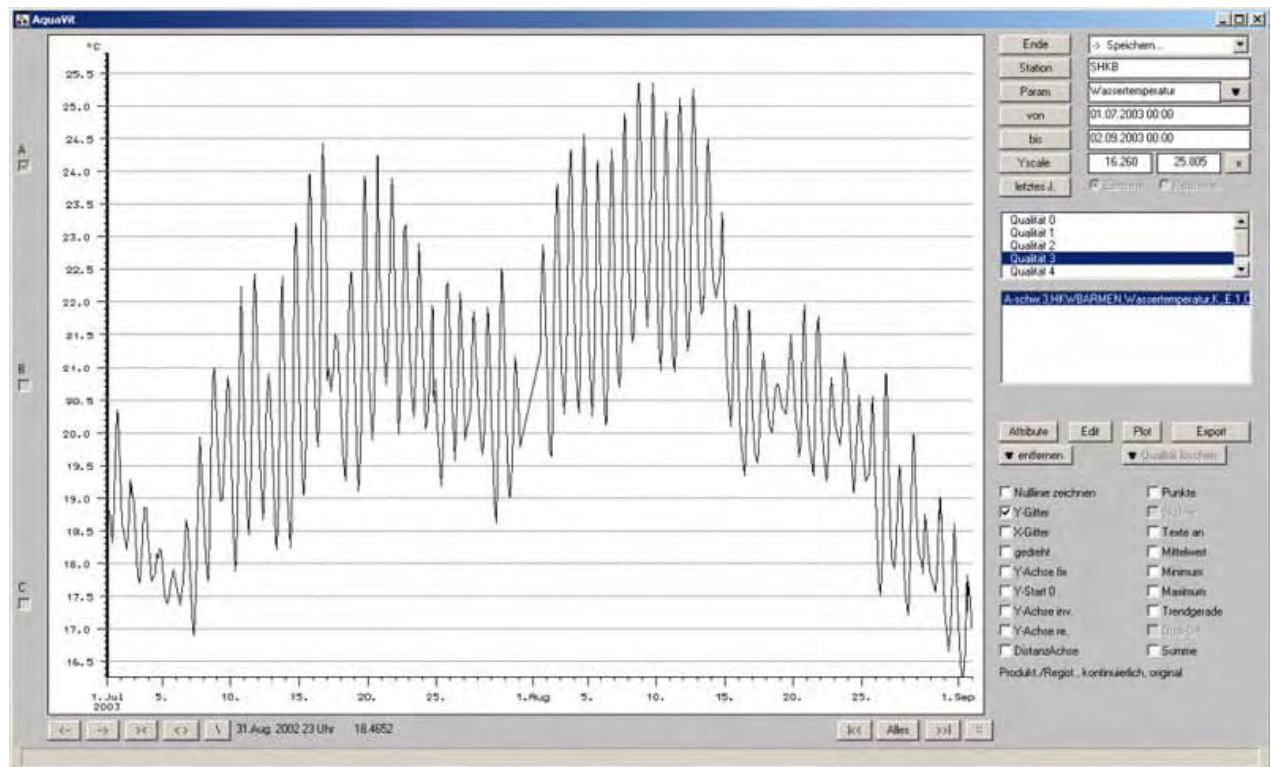


Bild 13-3: Sommerliche Wassertemperaturen der Wupper vor dem HKW Barmen im Jahr 2003;
Höchstwert: 25,4 °C

AQEM-Metric Typ 5: Metarhithral

- [%] metarhithral	28,682	11,864	5,981	6,827	7,98	5,622	8,85	8,658

AQEM - Verteilung der Arten in den Proben auf Fließgewässerzonen

Metric	I Bey	I AA	I Rut	I Koh	I Mün	I Glü	I Nes	I Opl
Zonation	-	-	-	-	-	-	-	-
- [%] crenal	0,639	1,085	0,311	0,571	1,161	0,366	0,543	1,342
- [%] hypocrenal	1,441	2,169	3,23	1,921	1,632	0,591	1,682	2,077
- [%] epirhithral	3,573	5,864	4,498	4,711	5,139	2,234	4,135	4,973
- [%] metarhithral	28,682	11,864	5,981	6,827	7,98	5,622	8,85	8,658
- [%] hyporhithral	27,575	13,559	12,632	14,864	14,449	15,203	14,422	11,076
- [%] epipotamal	3,334	9,864	13,421	15,532	13,327	14,218	11,15	7,38
- [%] metapotamal	1,579	5,254	5,431	6,145	5,516	4,136	3,18	2,215
- [%] hypopotamal	0,877	3,763	1,077	2,394	3,138	1,211	0,998	1,182
höher	34,335	20,982	14,02	14,03	15,912	8,813	15,21	17,05
- [%] hyporhithral	27,575	13,559	12,632	14,864	14,449	15,203	14,422	11,076
tiefer	5,79	18,881	19,929	24,071	21,981	19,565	15,328	10,777

AQEM - Verteilung der Arten in den Proben auf Fließgewässerzonen (scored taxa = 100%)

- [%] crenal	0,94387001	2,03099847	0,66765419	1,07807042	2,21810401	0,83981552	1,20774021	3,44960543
- [%] hypocrenal (scored taxa = 100%)	2,12850812	4,06012504	6,9341577	3,62692344	3,11795499	1,35609555	3,7411032	5,33891988
- [%] epirhithral	5,27769572	10,9767512	9,65629763	8,89455301	9,81811929	5,12608706	9,19706406	12,7830759
- [%] metarhithral	42,366322	22,2080791	12,8399991	12,8896441	15,2458828	12,900117	19,6841637	22,2553531
- [%] hyporhithral	40,7311669	25,3809292	27,118353	28,0638157	27,6049826	34,884468	32,0774021	28,470812
- [%] epipotamal	4,92466765	18,4643031	28,8121766	29,325026	25,4613886	32,6243088	24,7998221	18,9702594
- [%] metapotamal	2,3323486	9,83489948	11,6592602	11,6020013	10,5383822	9,49037425	7,07295374	5,6936483
- [%] hypopotamal	1,29542097	7,04391449	2,3121015	4,51996602	5,99518551	2,77873385	2,21975089	3,03832609
höher	100	100	100	100	100	100	100	100
- [%] hyporhithral	50,7163959	39,2759537	30,0981087	26,489191	30,4000611	20,2221151	33,8300712	43,8269542
tiefer	40,7311669	25,3809292	27,118353	28,0638157	27,6049826	34,884468	32,0774021	28,470812
	8,55243722	35,3431171	42,7835384	45,4469933	41,9949562	44,8934169	34,0925267	27,7022338

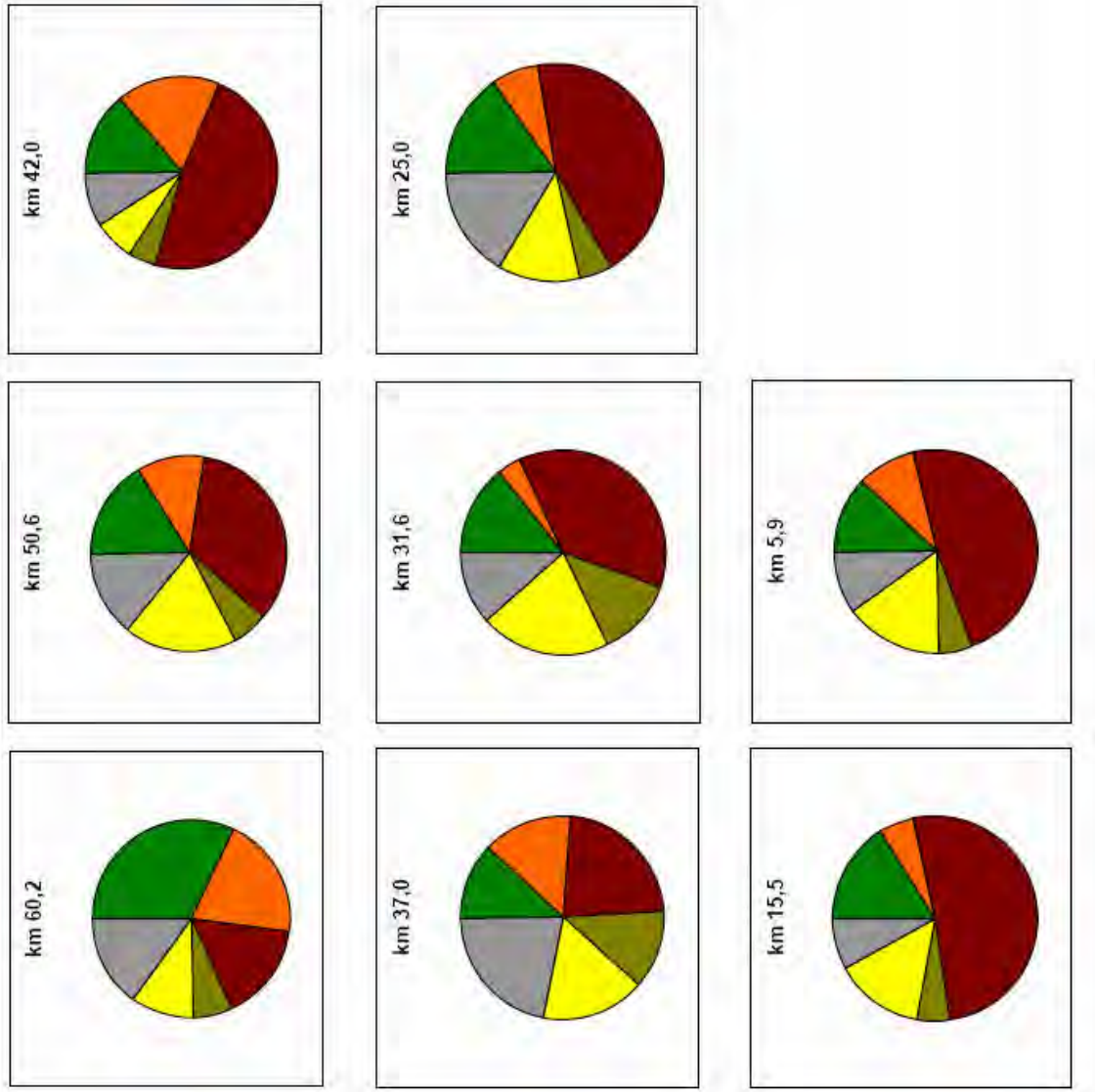


Abb. 7: Übersicht über die Ernährungstypenverteilung des Makrozoobenthos (prozentualer Individuenanteil).

Weidegänger, Zerkleinerer, Sedimentfresser, Filterer, Räuber, Sonstige.

Wupperverband / WSW

Anhebung der Niedrigwasseraufhöhung zur Begrenzung der Erwärmung der Wupper durch Kühlwassereinleitungen

Anlagen zum Abschlussbericht

Projektnummer.: WBW-0019 000169-04

Darmstadt, den 10. Mai 2005

Bearbeiter: Dr.-Ing. Hubert Lohr
 Dipl.-Ing. Eric Wehner

Inhaltsverzeichnis

1	SPEICHER- UND HOCHWASSERENTLASTUNGSKENNLINIEN.....	1
1.1	WUPPERTALSPERRE	1
1.2	BEVERTALSPERRE	2
1.3	NEYETALSPERRE	3
1.4	KERSPETALSPERRE.....	4
1.5	LINGESETALSPERRE	5
1.6	BRUCHERTALSPERRE.....	6
2	ERGEBNISSE DER VORZUGSVARIANTEN (100A-SIMULATION).....	7
2.1	TABELLARISCHE & GRAFISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	7
2.2	GANGLINIEN FÜR AUSGEWÄHLTE SZENARIEN	12
2.2.1	<i>Oktober 1911</i>	12
2.2.2	<i>Oktober 1949</i>	16
2.2.3	<i>Oktober 1969</i>	21
2.2.4	<i>Oktober bis November 1976</i>	25
2.2.5	<i>Oktober bis November 1991</i>	30
2.2.6	<i>Oktober 1996</i>	34
2.3	JAHRESFRACHTEN DES ZUFLUSSES AM PEGEL KLUSERBRÜCKE	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Speicherkenmlinien der Wuppertalsperre	1
Abbildung 2:	Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Wuppertalsperre.....	1
Abbildung 3:	Speicherganglinien der Bevertalsperre	2
Abbildung 4:	Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Bevertalsperre.....	2
Abbildung 5:	Speicherganglinien der Neyetalsperre.....	3
Abbildung 6:	Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Neyetalsperre	3
Abbildung 7:	Speicherganglinien der Kerspetalsperre.....	4
Abbildung 8:	Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Kerspetalsperre	4
Abbildung 9:	Speicherganglinien der Lingesetalsperre	5
Abbildung 10:	Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Lingesetalsperre.....	5
Abbildung 11:	Speicherganglinien der Bruchertalsperre	6
Abbildung 12:	Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Bruchertalsperre.....	6
Abbildung 13:	Zuflussdauerlinien am Pegel Kluserbrücke für Vorzugs- und Vergleichsvarianten (oben: komplett über P_u – unten: Ausschnitt für $0 \% < P_u < 10 \%$)	8
Abbildung 14:	Fehl- & Zuschussmengen sowie resultierende Effektivität für Vorzugs- und Vergleichsvarianten	9
Abbildung 15:	Fehlmengen sowie Unterschreitungswahrscheinlichkeiten für Inhalte und Wasserversorgung der Vorzugs- und Vergleichsvarianten.....	9
Abbildung 16:	Dauerlinien für den Inhalt der Kerspe-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten	10
Abbildung 17:	Dauerlinien für den Inhalt der Neye-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten	10
Abbildung 18:	Dauerlinien für den Inhalt der Wupper-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten.....	11
Abbildung 19:	Dauerlinien für den Inhalt der Bever-TS für Vorzugs- und Vergleichsvarianten	11
Abbildung 20:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (b_2 -100) – Okt. 1911	12
Abbildung 21:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (b_{10} -100) – Okt. 1911.....	12
Abbildung 22:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (d_3 -100) – Okt. 1911	13
Abbildung 23:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (e_1 -100) – Okt. 1911	13
Abbildung 24:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (a_1 -100) – Okt. 1911	14
Abbildung 25:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b_2 -100) – Okt. 1911	14
Abbildung 26:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b_{10} -100) – Okt. 1911.....	15
Abbildung 27:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (d_3 -100) – Okt. 1911	15
Abbildung 28:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (e_1 -100) – Okt. 1911	16
Abbildung 29:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (b_2 -100) – Okt. 1949	16
Abbildung 30:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (b_{10} -100) – Okt. 1949.....	17
Abbildung 31:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (d_3 -100) – Okt. 1949	17
Abbildung 32:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a_1 -100) mit (e_1 -100) – Okt. 1949	18
Abbildung 33:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (a_1 -100) – Okt. 1949	18
Abbildung 34:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b_2 -100) – Okt. 1949	19
Abbildung 35:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b_{10} -100) – Okt. 1949.....	19
Abbildung 36:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (d_3 -100) – Okt. 1949	20
Abbildung 37:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (e_1 -100) – Okt. 1949	20

Abbildung 38:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₂ -100) – Okt. 1969	21
Abbildung 39:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₁₀ -100) – Okt. 1969	21
Abbildung 40:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (d ₃ -100) – Okt. 1969	22
Abbildung 41:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (e ₁ -100) – Okt. 1969	22
Abbildung 42:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (a ₁ -100) – Okt. 1969	23
Abbildung 43:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₂ -100) – Okt. 1969	23
Abbildung 44:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₁₀ -100) – Okt. 1969	24
Abbildung 45:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (d ₃ -100) – Okt. 1969	24
Abbildung 46:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (e ₁ -100) – Okt. 1969	25
Abbildung 47:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₂ -100) – Okt./Nov. 1976	25
Abbildung 48:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₁₀ -100) – Okt./Nov. 1976	26
Abbildung 49:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (d ₃ -100) – Okt./Nov. 1976	26
Abbildung 50:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (e ₁ -100) – Okt./Nov. 1976	27
Abbildung 51:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (a ₁ -100) – Okt./Nov. 1976	27
Abbildung 52:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₂ -100) – Okt./Nov. 1976	28
Abbildung 53:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₁₀ -100) – Okt./Nov. 1976	28
Abbildung 54:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (d ₃ -100) – Okt./Nov. 1976	29
Abbildung 55:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (e ₁ -100) – Okt./Nov. 1976	29
Abbildung 56:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₂ -100) – Okt./Nov 1991	30
Abbildung 57:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₁₀ -100) – Okt./Nov 1991	30
Abbildung 58:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (d ₃ -100) – Okt./Nov 1991	31
Abbildung 59:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (e ₁ -100) – Okt./Nov 1991	31
Abbildung 60:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (a ₁ -100) – Okt./Nov 1991	32
Abbildung 61:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₂ -100) – Okt./Nov 1991	32
Abbildung 62:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₁₀ -100) – Okt./Nov 1991	33
Abbildung 63:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (d ₃ -100) – Okt./Nov 1991	33
Abbildung 64:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (e ₁ -100) – Okt./Nov 1991	34
Abbildung 65:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₂ -100) – Okt. 1996	34
Abbildung 66:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (b ₁₀ -100) – Okt. 1996	35
Abbildung 67:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (d ₃ -100) – Okt. 1996	35
Abbildung 68:	Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a ₁ -100) mit (e ₁ -100) – Okt. 1996	36
Abbildung 69:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (a ₁ -100) – Okt. 1996	36
Abbildung 70:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₂ -100) – Okt. 1996	37
Abbildung 71:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (b ₁₀ -100) – Okt. 1996	37
Abbildung 72:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (d ₃ -100) – Okt. 1996	38
Abbildung 73:	Speicherinhaltsverläufe: Variante (e ₁ -100) – Okt. 1996	38
Abbildung 74:	Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1901-1925	41
Abbildung 75:	Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1926-1950	42
Abbildung 76:	Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1951-1975	43
Abbildung 77:	Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1976-2003	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Konfigurationen der Vorzugs- & Vergleichsvarianten.....	7
Tabelle 2:	Ergebnisse für Inhalt und Wasserversorgung der Vorzugs- & Vergleichsvarianten	7
Tabelle 3:	Ergebnisse für Zuschuss- und Fehlmenge der Vorzugs- & Vergleichsvarianten	7
Tabelle 4:	Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1901-2003	39

1 SPEICHER- UND HOCHWASSERENTLASTUNGSKENNLINIEN

1.1 Wuppertalsperre

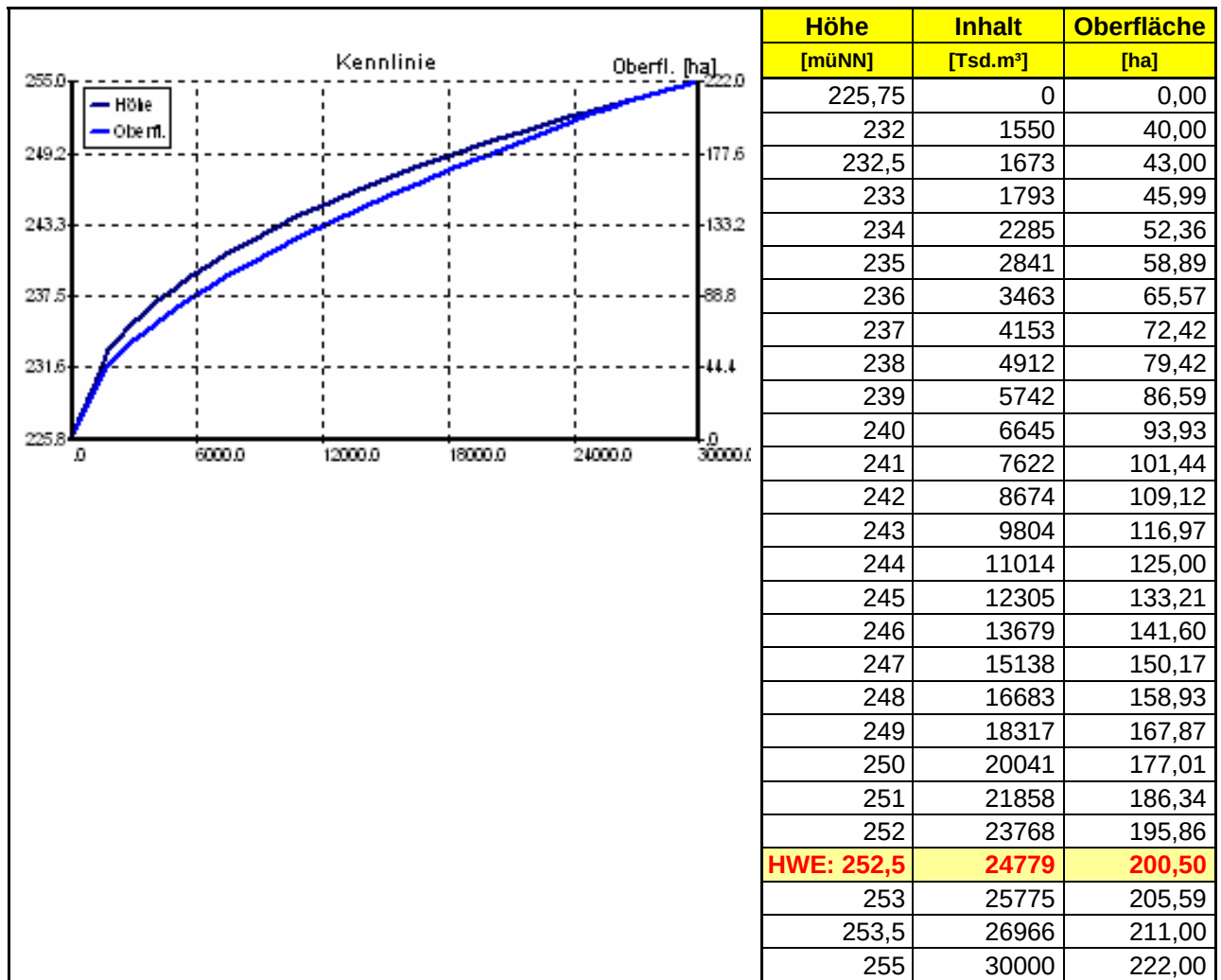


Abbildung 1: Speicherkennlinien der Wuppertalsperre

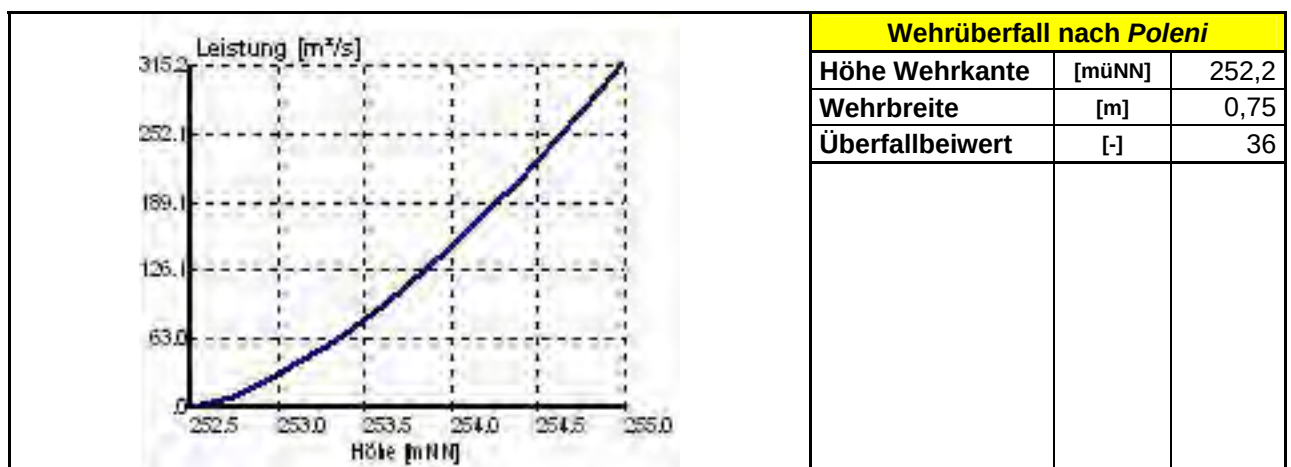


Abbildung 2: Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Wuppertalsperre

1.2 Bevertalsperre

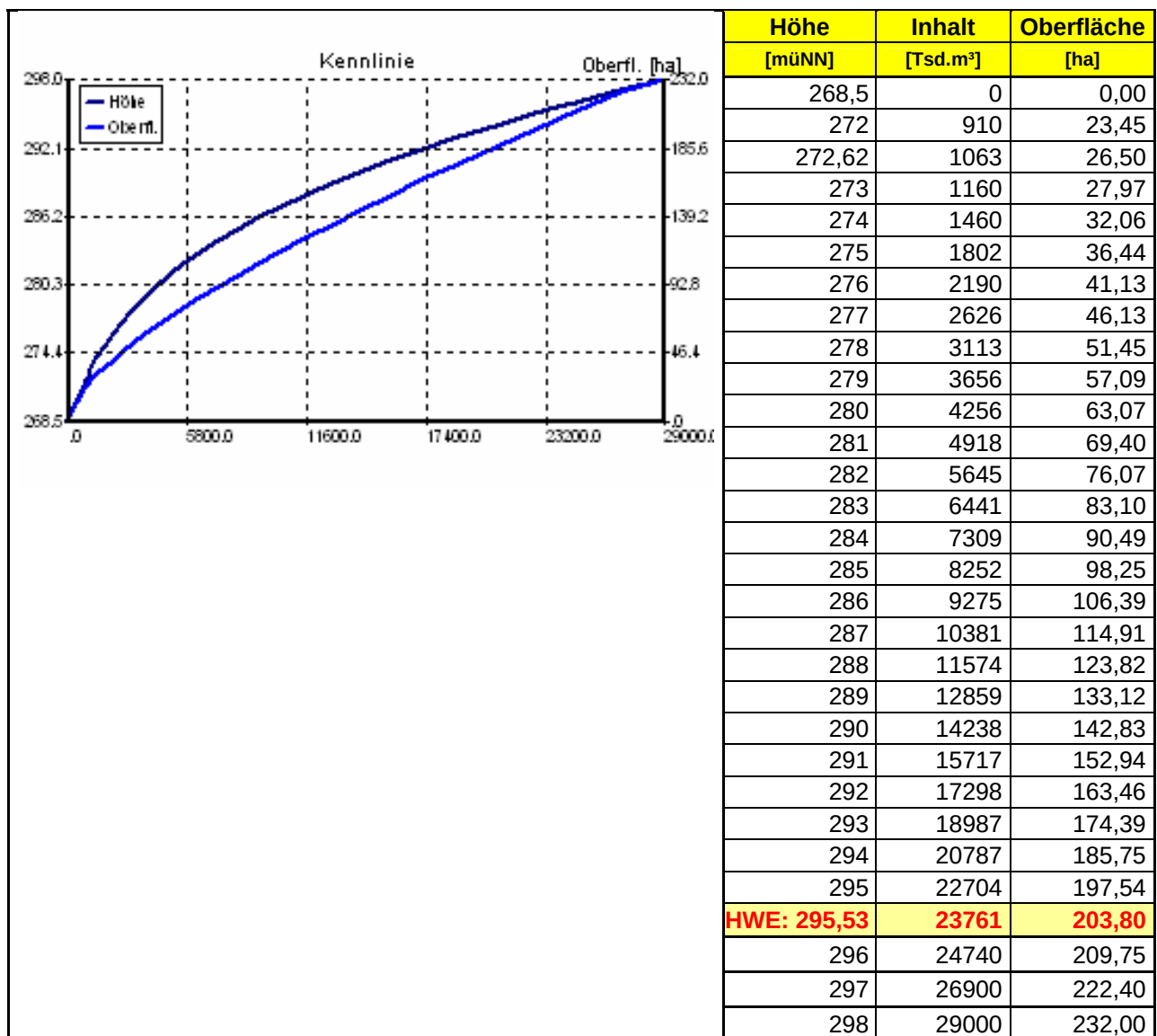


Abbildung 3: Speicherganglinien der Bevertalsperre

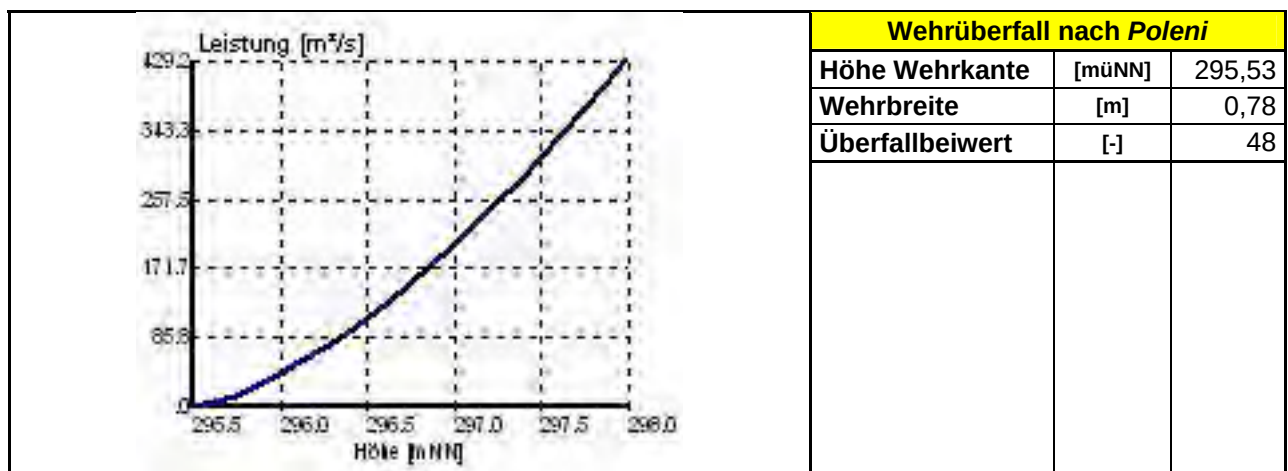


Abbildung 4: Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Bevertalsperre

1.3 Neyetalsperre

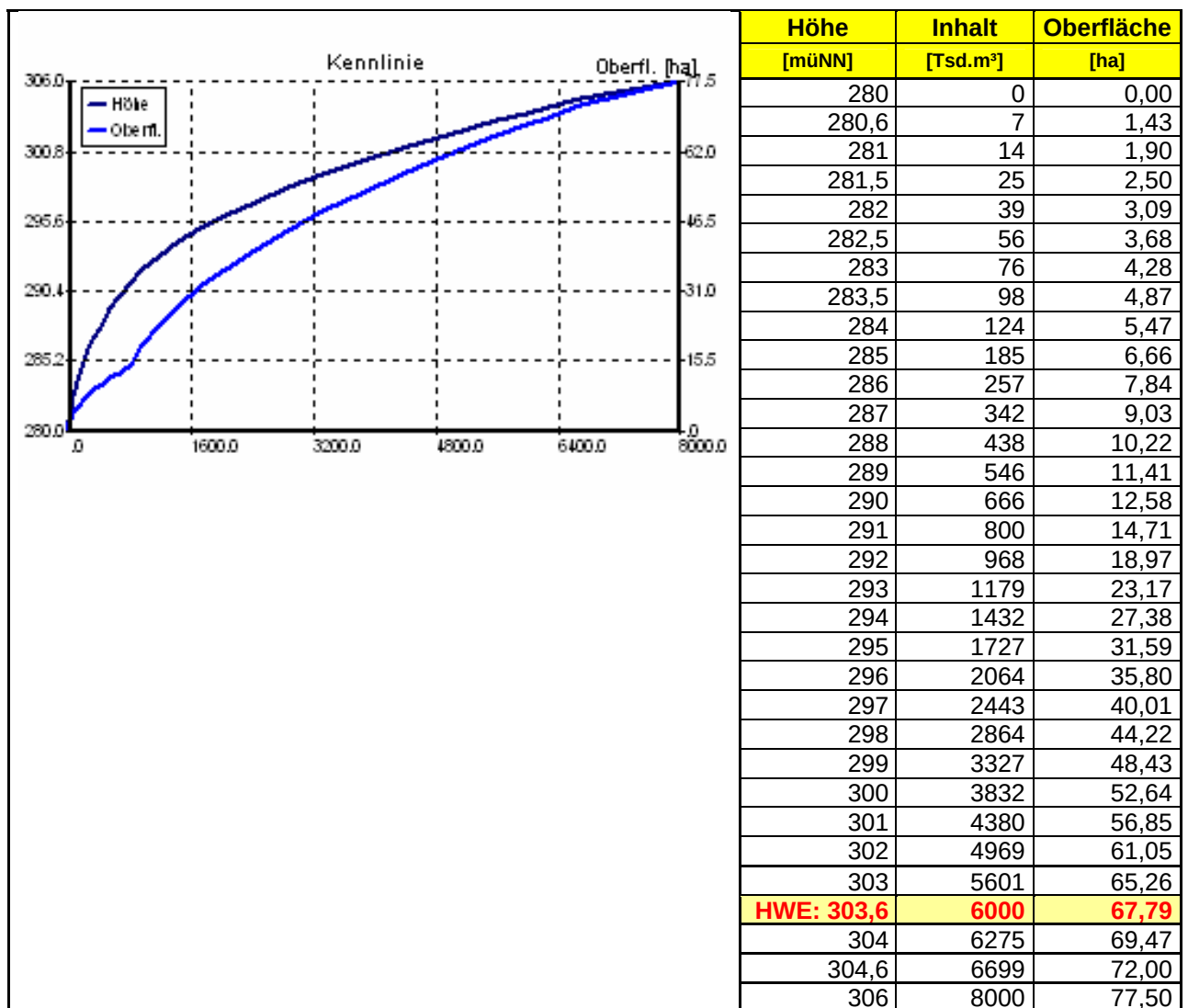


Abbildung 5: Speicherganglinien der Neyetalsperre

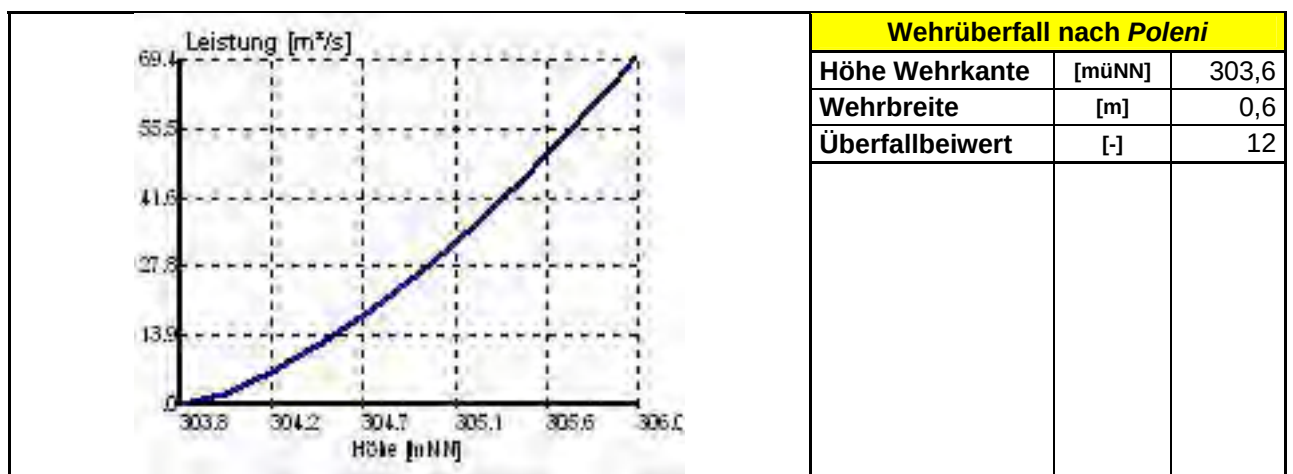


Abbildung 6: Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Neyetalsperre

1.4 Kerspelsperre

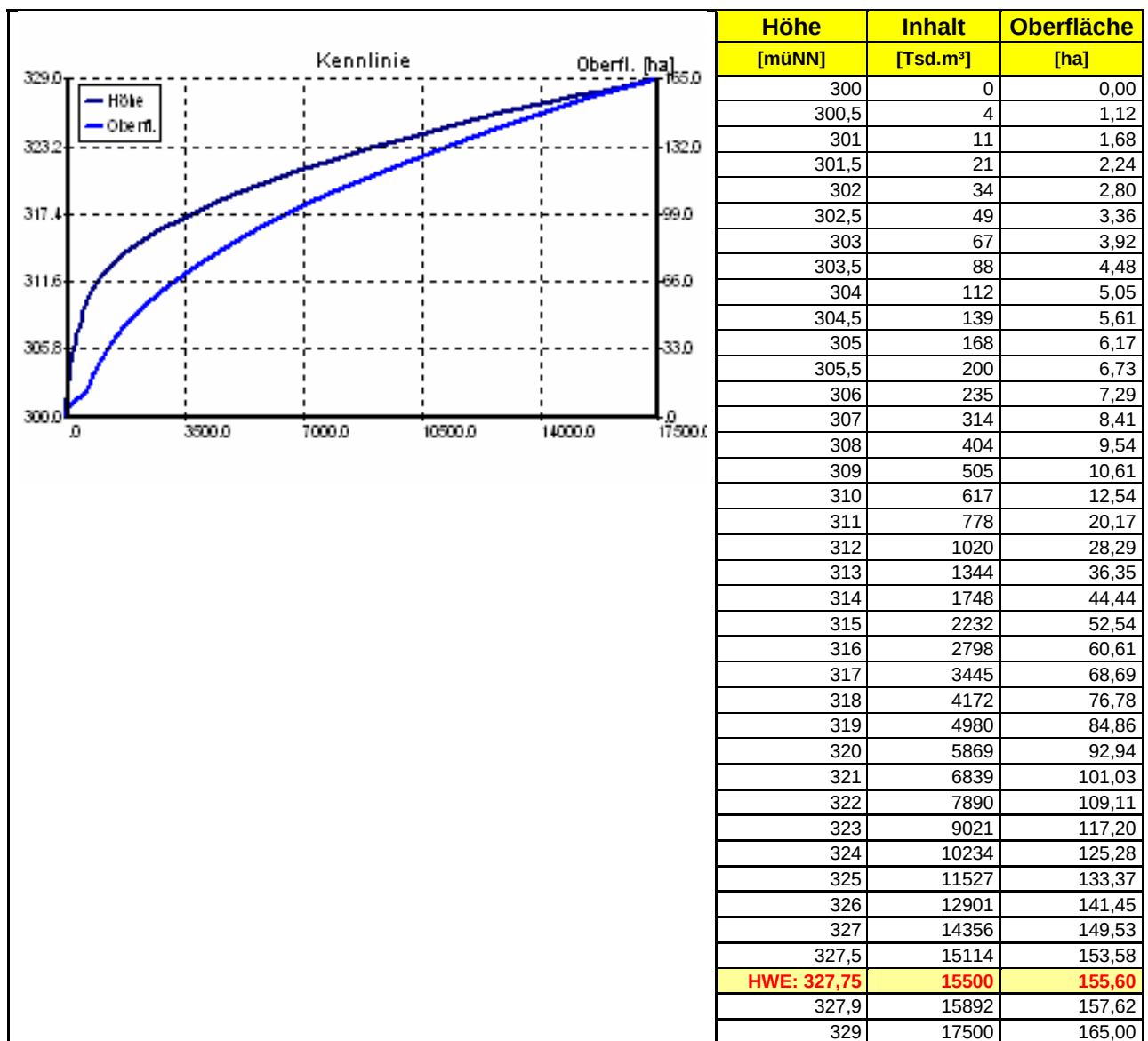


Abbildung 7: Speicherganglinien der Kerspelsperre

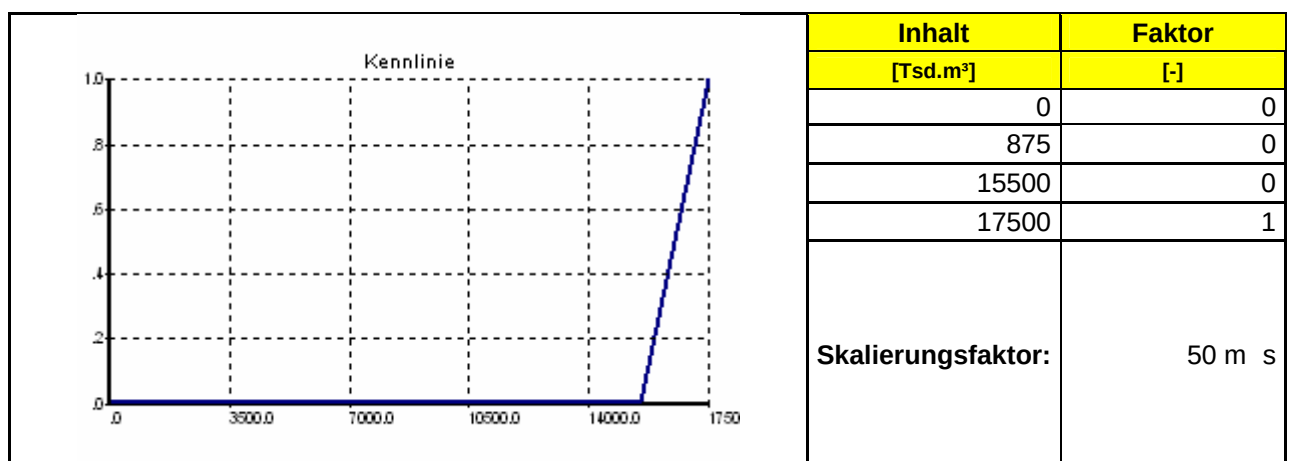


Abbildung 8: Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Kerspelsperre

1.5 Lingesetalsperre

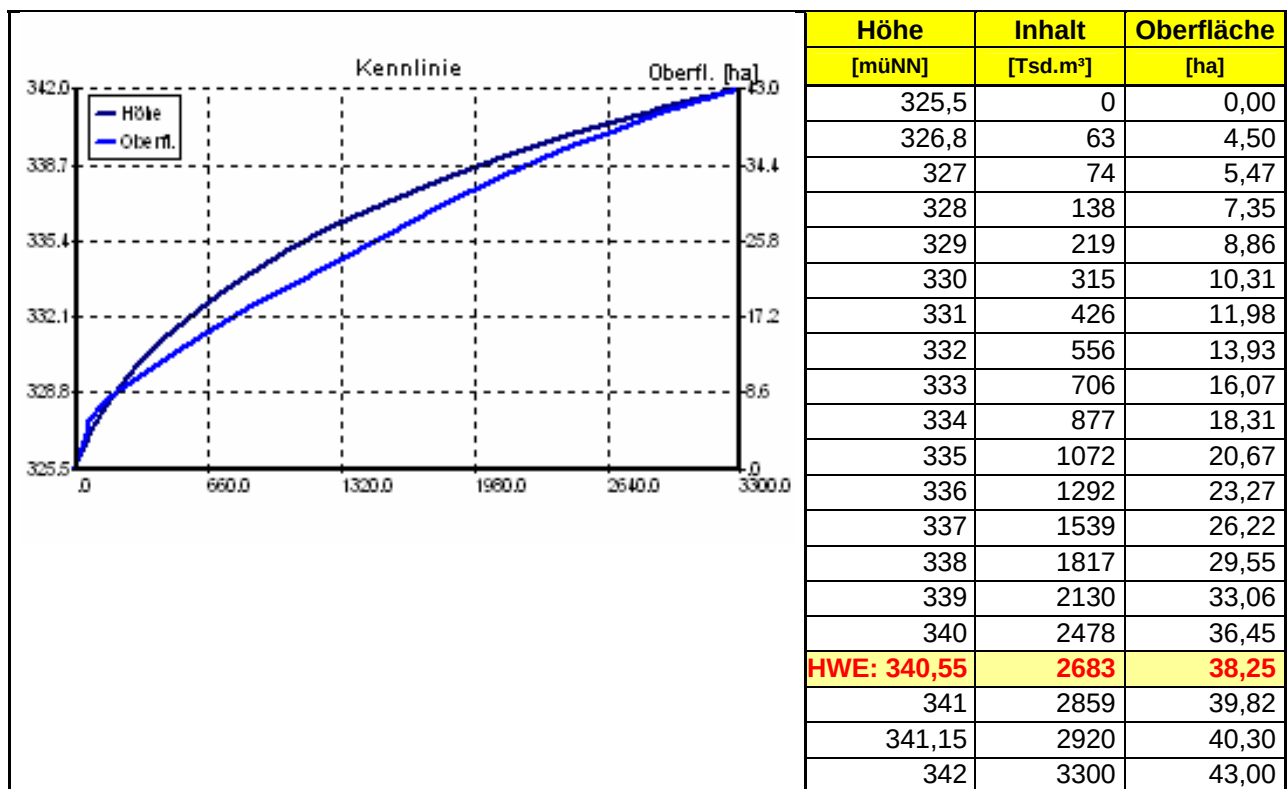


Abbildung 9: Speicherganglinien der Lingesetalsperre

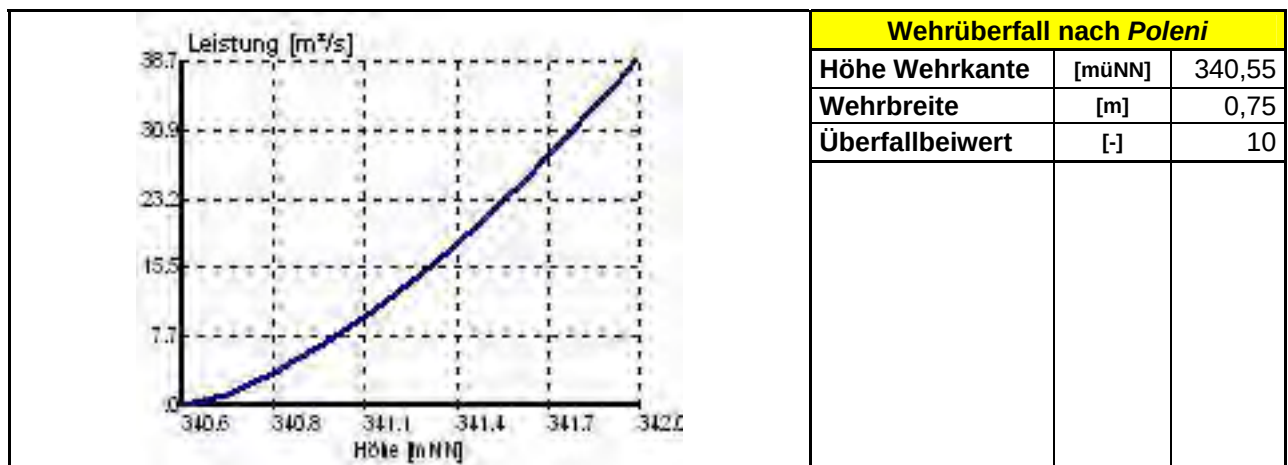


Abbildung 10: Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Lingesetalsperre

1.6 Bruchertalsperre

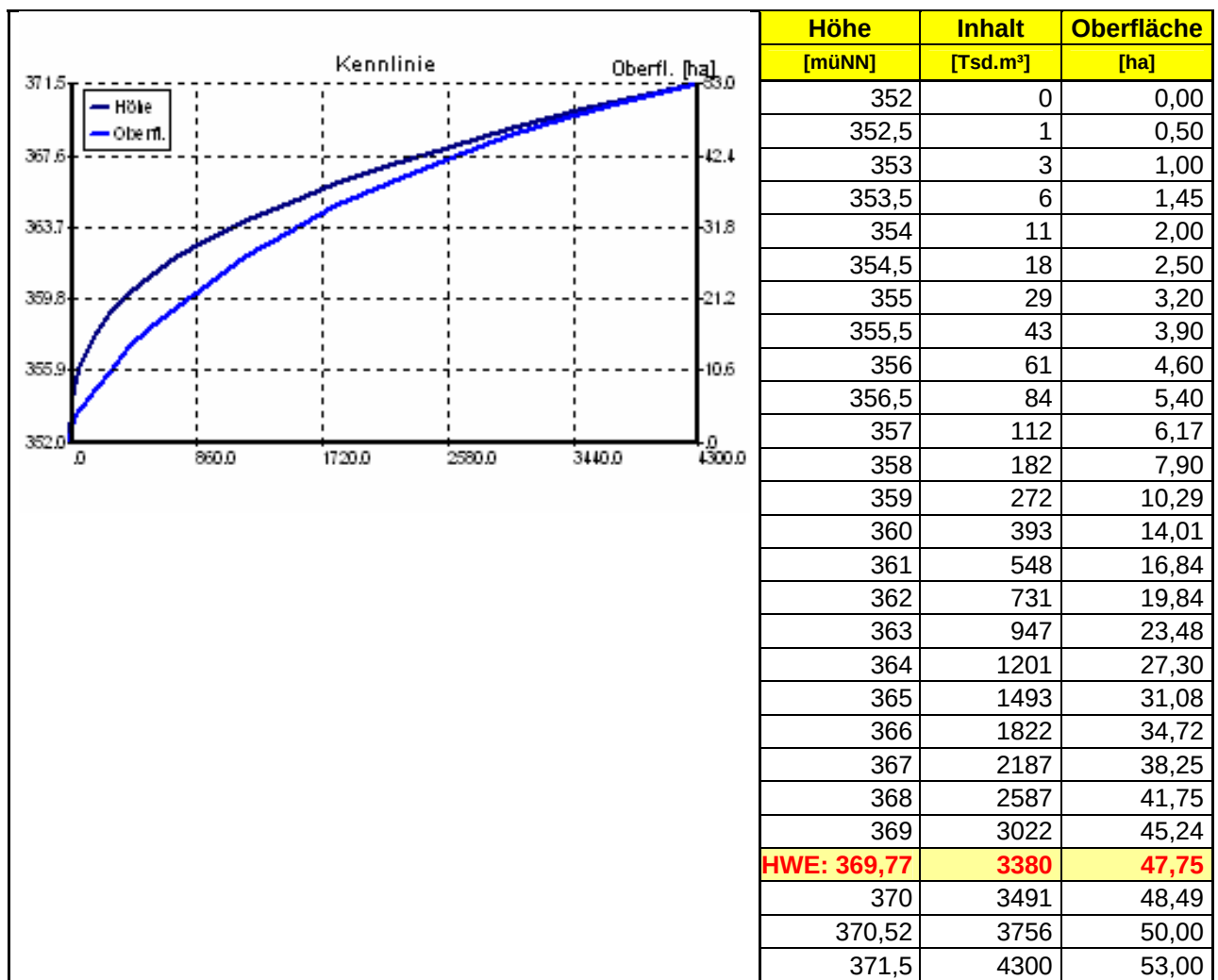


Abbildung 11: Speicherganglinien der Bruchertalsperre

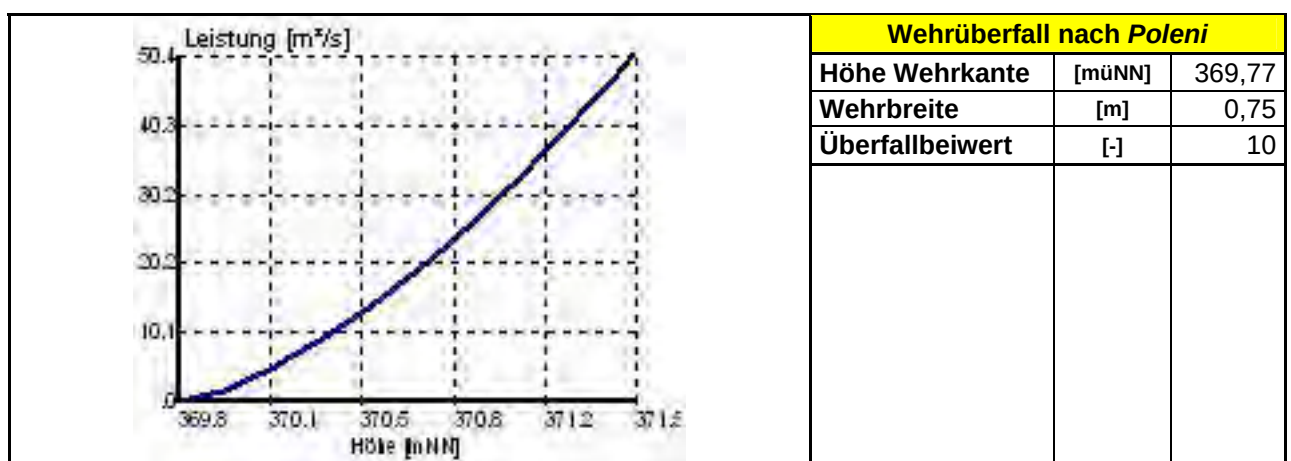


Abbildung 12: Kennlinie der Hochwasserentlastung an der Bruchertalsperre

2 ERGEBNISSE DER VORZUGSVARIANTEN (100a-SIMULATION)

2.1 Tabellarische & grafische Zusammenfassung der Ergebnisse

Abbildung 1: Konfigurationen der Vorzugs- Vergleichsvarianten

Szenario						
Nr.	NWA-Kriterium am Pegel Kluserbrücke	Aktivierung durch Wupper- & Bever-TS	Kerspe-TS		Neye-TS	
			Aktivierung	Abgabe	Aktivierung	Abgabe
(a1)	erhöhte nford.	keine	keine	keine	keine	keine
(b2)	erhöhte nford.	Wup Bev e < 9 io.m	L 5	3 m s	keine	keine
(b10)	erhöhte nford.	Wup Bev < 25 - uantil	L 5	0,5 m s	keine	keine
(d3)	erhöhte nford.	Wup Bev < 25 - uantil	L 5	0,5 m s	$S_{\min} 0$ $S_{\text{Kerspe}} < L 5$	0,25 m s
(e1)	erhöhte nford.	Wup Bev < 25 - uantil	keine	keine	$S_{\min} 0$	0,25 m s
(f1)	3,5 m s	Wup Bev < 25 - uantil	L 5	0,5 m s	$S_{\min} 0$ $S_{\text{Kerspe}} < L 5$	0,25 m s

Abbildung 2: Ergebnisse für Inhalt und Wasserversorgung der Vorzugs- Vergleichsvarianten

Szenario-Nr.	Inhalt Kerspe-TS				WV-Kerspe-TS		Inhalt Neye-TS			
	$S_{\min}$	S_{mittel}	$P_u^{S<33\%}$	$P_u^{S<50\%}$	$P_u^{Q_{\text{ab}}<Q_{\text{soll}}}$	$P_u^{Q_{\text{ab}}<Q_{\text{soll}}}$	$S_{\min}$	S_{mittel}	$P_u^{S<33\%}$	$P_u^{S<50\%}$
	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[%]	[%]
(a1)	8,02	14,50	0	0	0	0	5,35	5,88	0	0
(b2)	3,85	13,56	1,3	6,0	0,19	0,16	5,35	5,88	0	0
(b10)	3,85	12,06	3,7	17,2	0,90	0,67	5,35	5,88	0	0
(d3)	3,85	12,02	3,9	18,5	0,92	0,69	0,14	5,67	0,9	2,2
(e1)	8,02	14,50	0	0	0	0	0	5,00	7,5	12,8
(f1)	3,85	14,23	0,46	1,39	0,11	0,1	2,45	5,83	0	0,26

Abbildung 3: Ergebnisse für Zuschuss- und Fehlmenge der Vorzugs- Vergleichsvarianten

Szenario-Nr.	Zuschussmenge				Fehlmenge Pegel Kluserbrücke				
	Kerpse-TS	Neye-TS	Summe	Effektivität (=Reduktion/ Zuschuss)	mittel- Q_{fehl}	Σ - Fehlmenge	Reduzierung Σ -Fehlmenge		Anzahl _{fehl}
	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[%]	[m³/s]	[Mio.m³]	[%]	[Mio.m³]	[-]
(a1)	0	0	0	-	0,040	131,26	0	0	20
(b2)	174,92	0	174,92	36,00	0,021	68,28	48,0	62,98	13
(b10)	366,44	0	366,44	17,36	0,021	67,66	48,5	63,60	15
(d3)	377,62	69,49	447,12	19,46	0,014	44,26	66,3	87,00	10
(e1)	0	278,12	278,12	19,82	0,023	76,13	42,0	55,13	16
(f1)	65,53	35,28	100,81	100	0	0	-	-	0

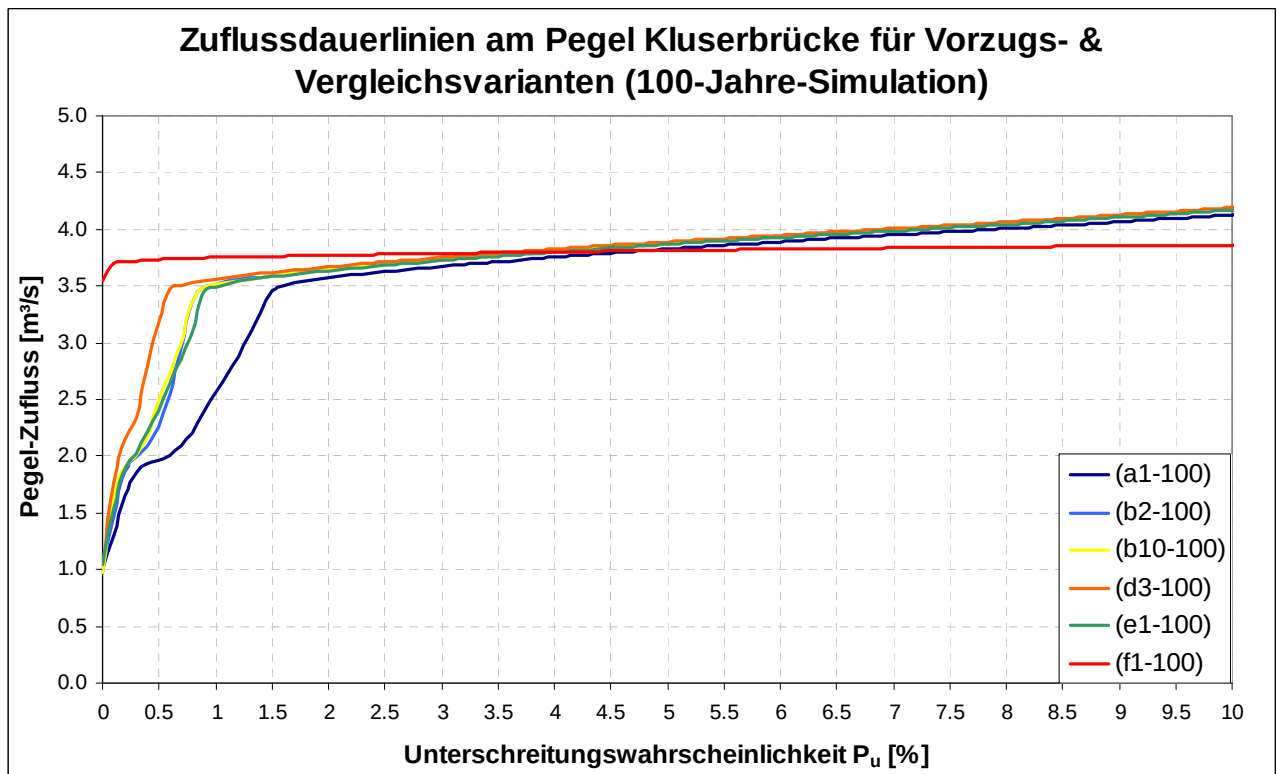
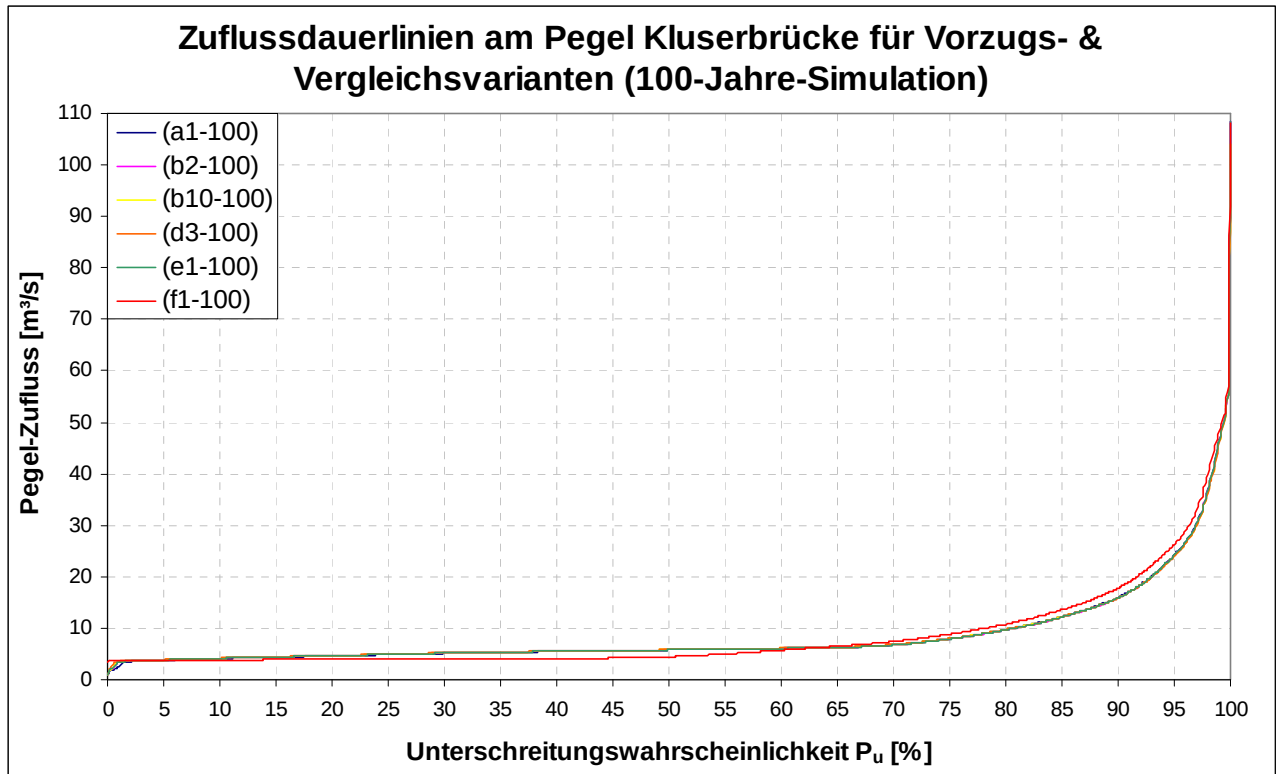


Abbildung 13: Zuflussdauerlinien am Pegel Kluserbrücke für Vorzugs- und Vergleichsvarianten (oben: komplett über P_u unten: Ausschnitt für $0 < P_u < 10$)

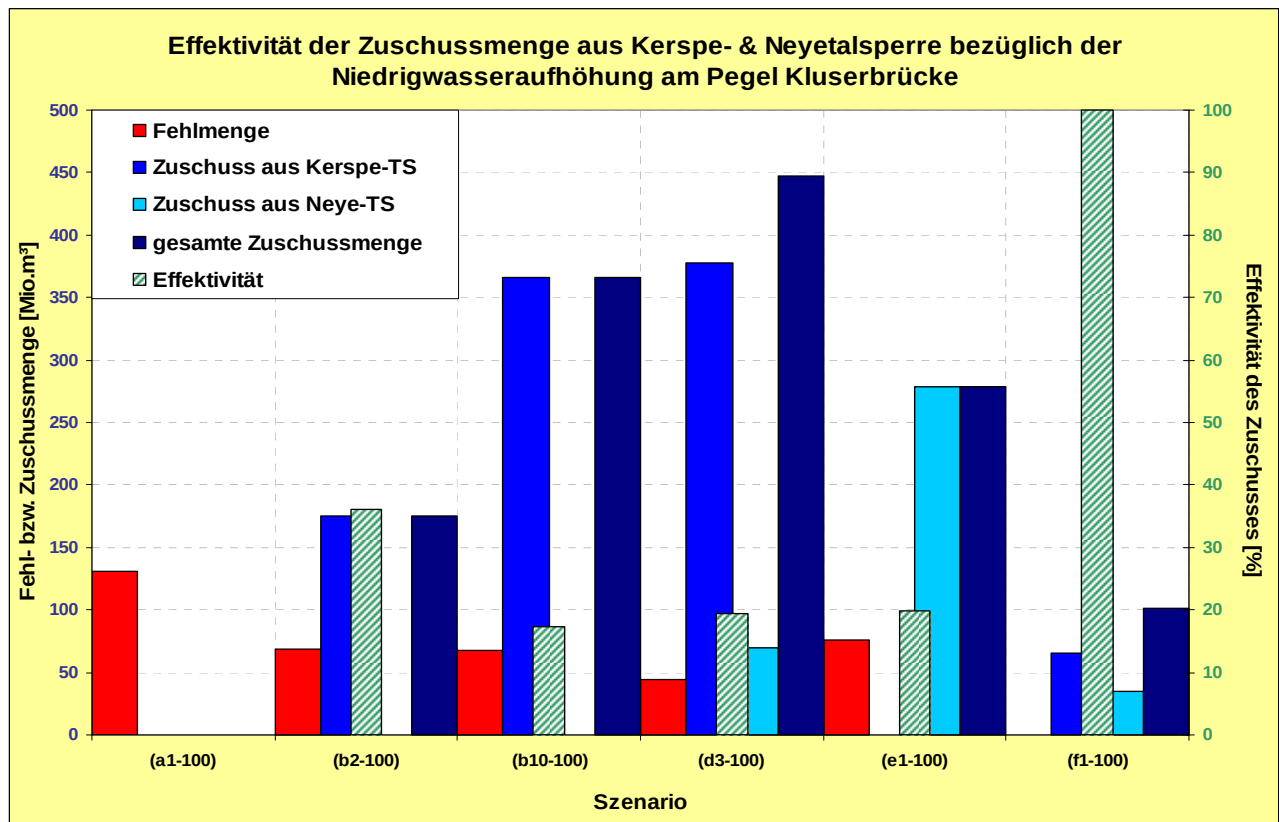


Abbildung 14: Fehl- Zuschussmengen sowie resultierende Effektivität für orzugs- und ergleichsvarianten

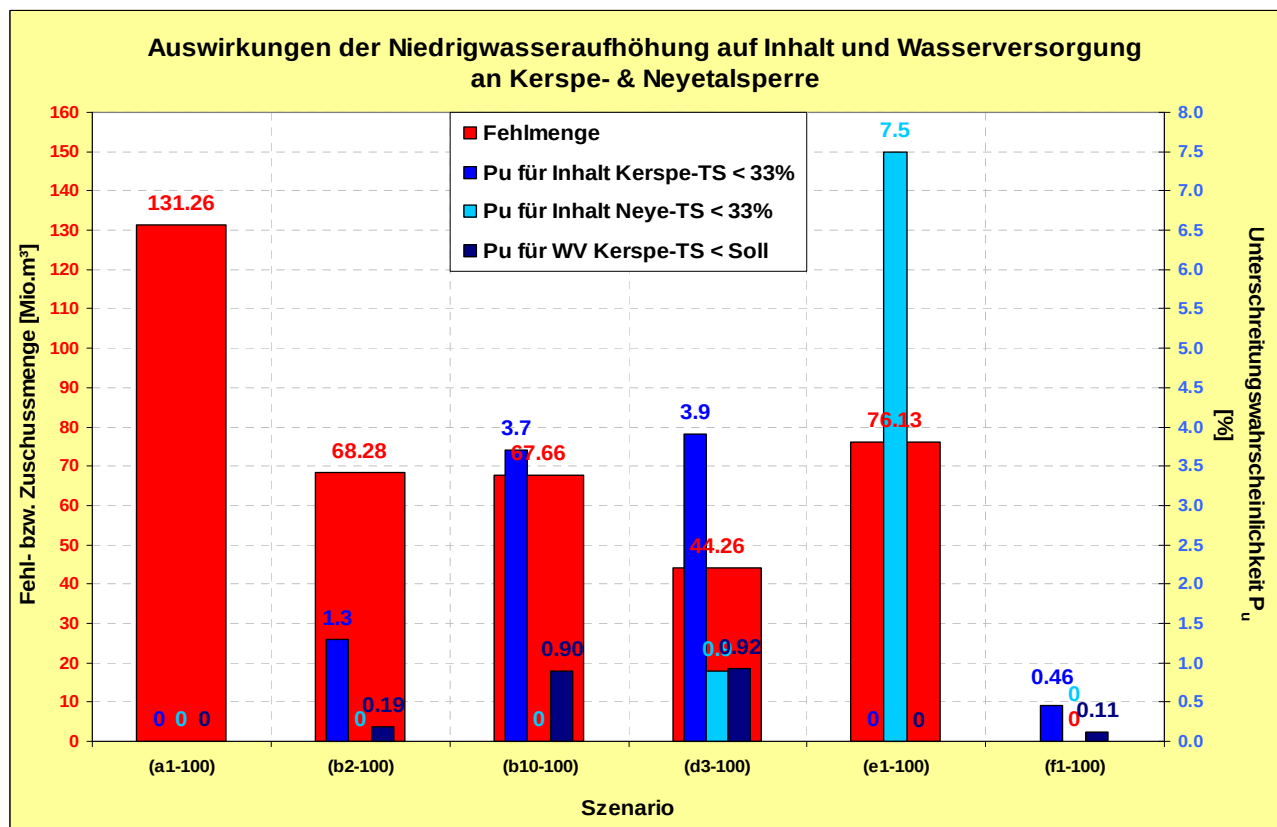


Abbildung 15: Fehlmengen sowie Unterschreitungswahrscheinlichkeiten für nhalte und Wasserversorgung der orzugs- und ergleichsvarianten

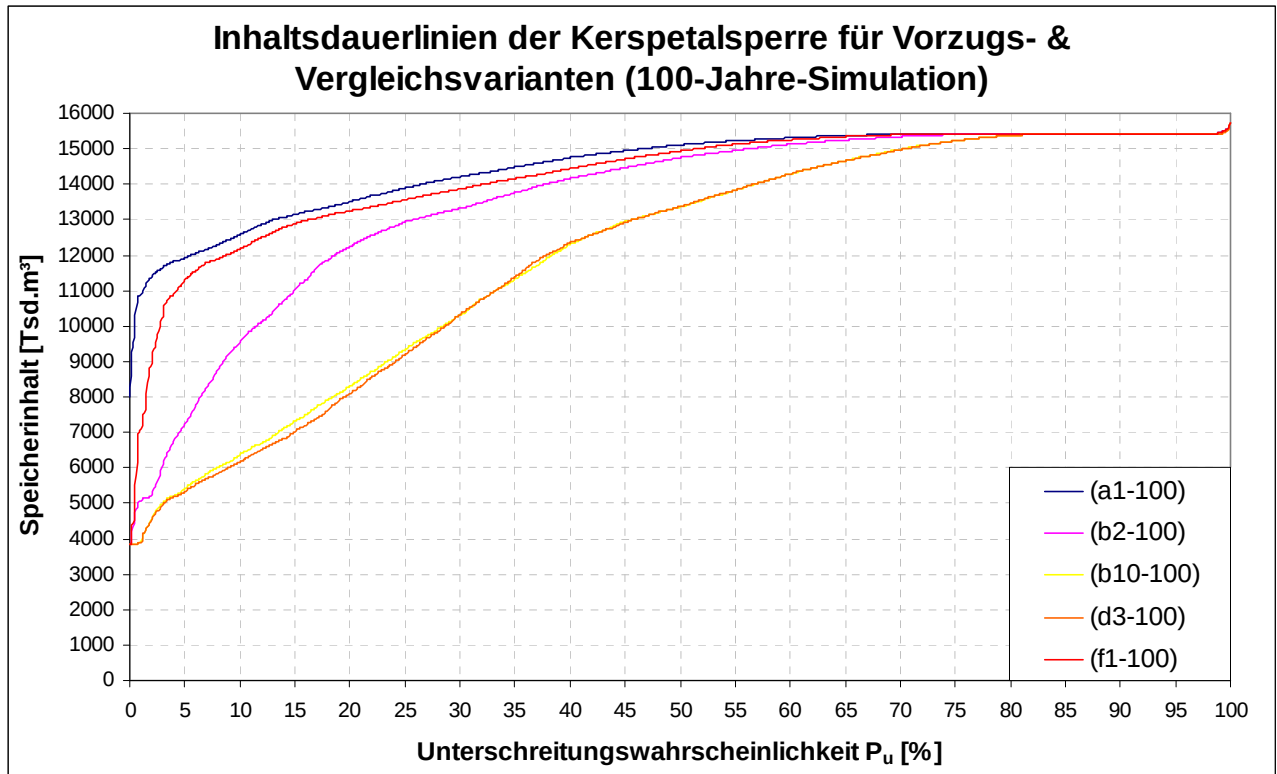


Abbildung 16: Dauerlinien für den Inhalt der Kerspe- S für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

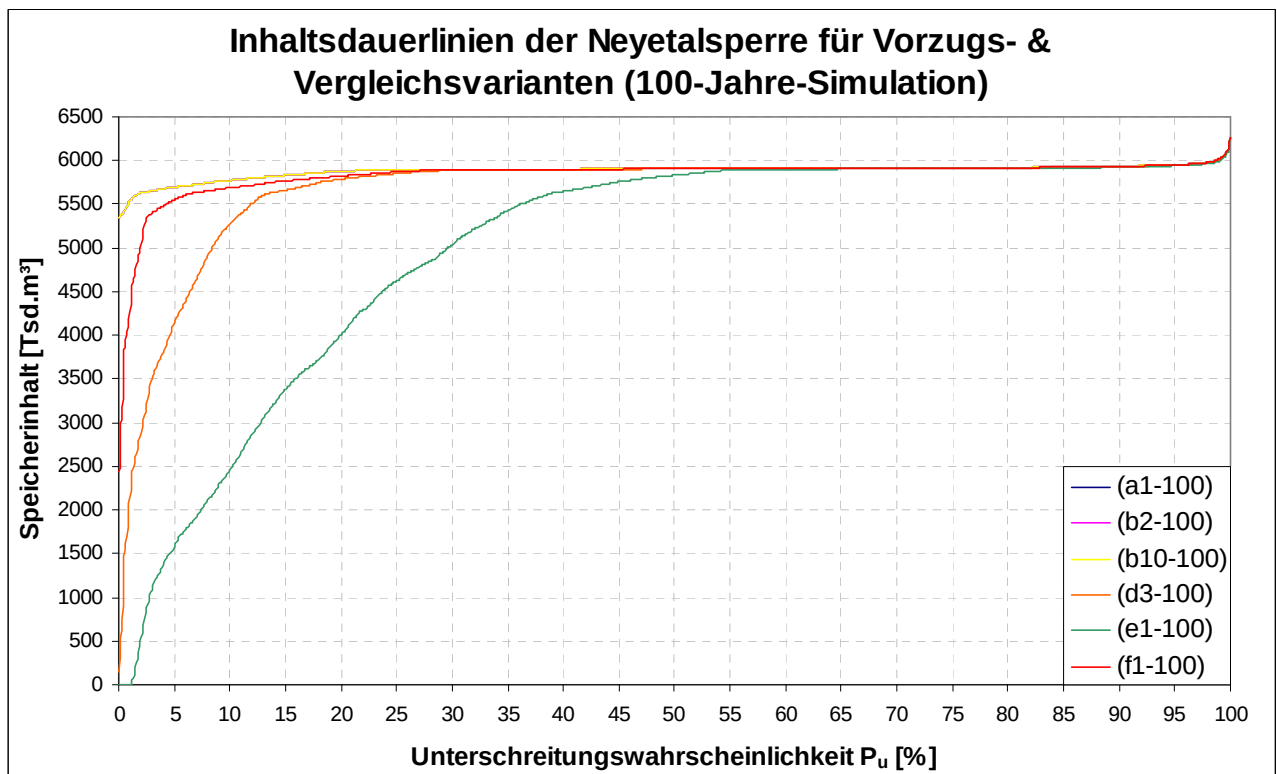


Abbildung 17: Dauerlinien für den Inhalt der Neye- S für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

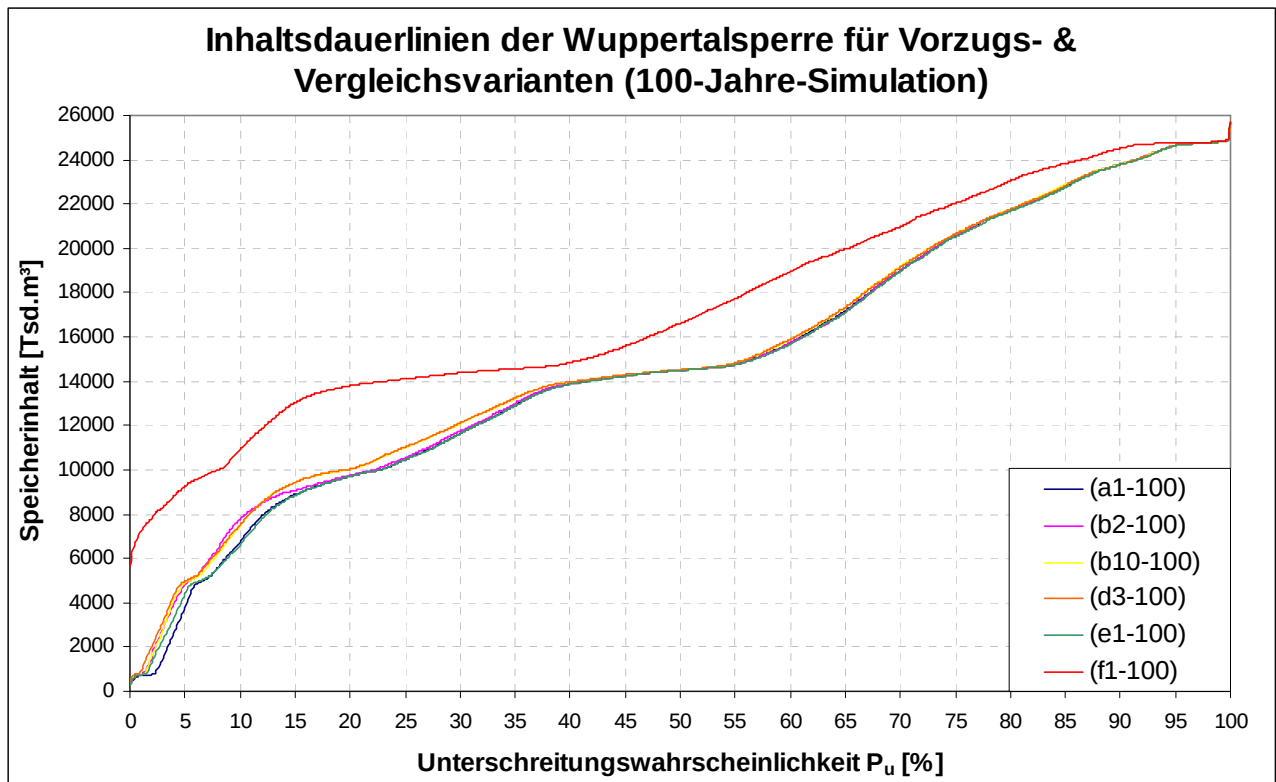


Abbildung 18: Dauerlinien für den Inhalt der Wupper- S für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

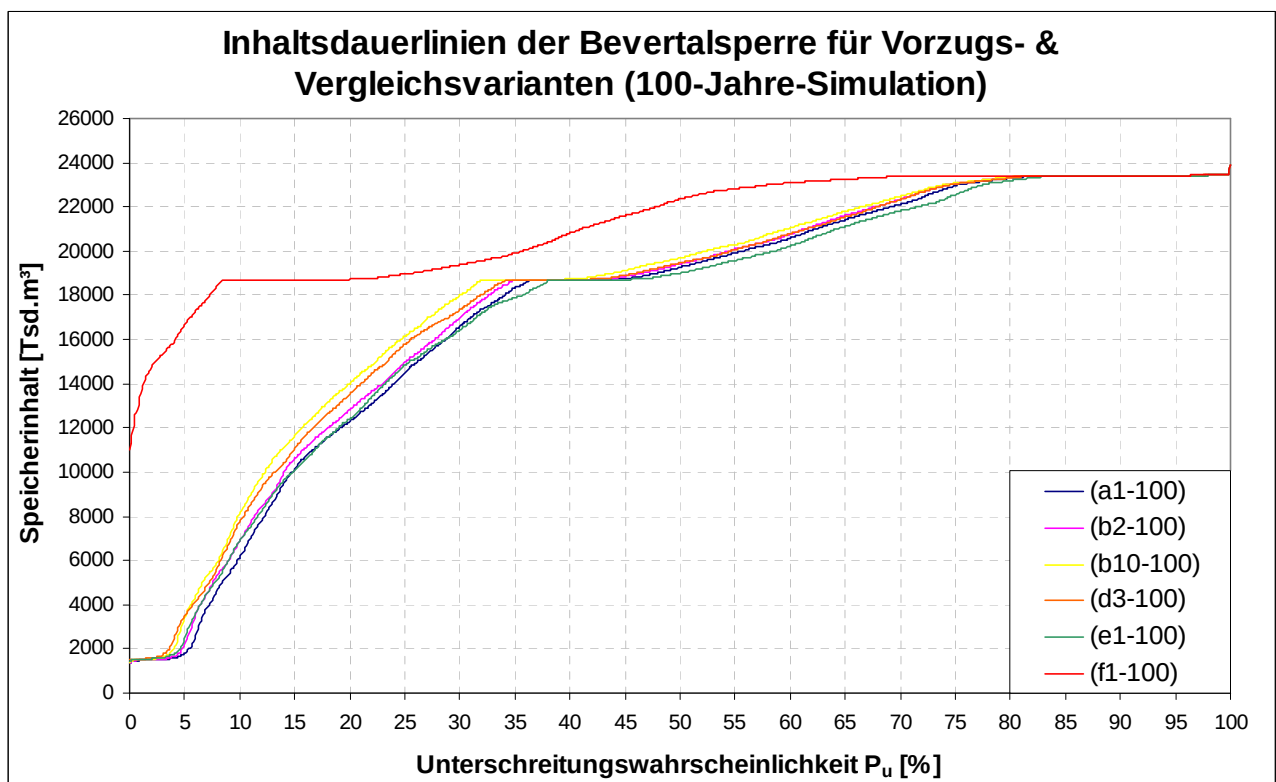


Abbildung 19: Dauerlinien für den Inhalt der Bever- S für Vorzugs- und Vergleichsvarianten

2.2 Ganglinien für ausgewählte Szenarien

2.2.1 Oktober 1911

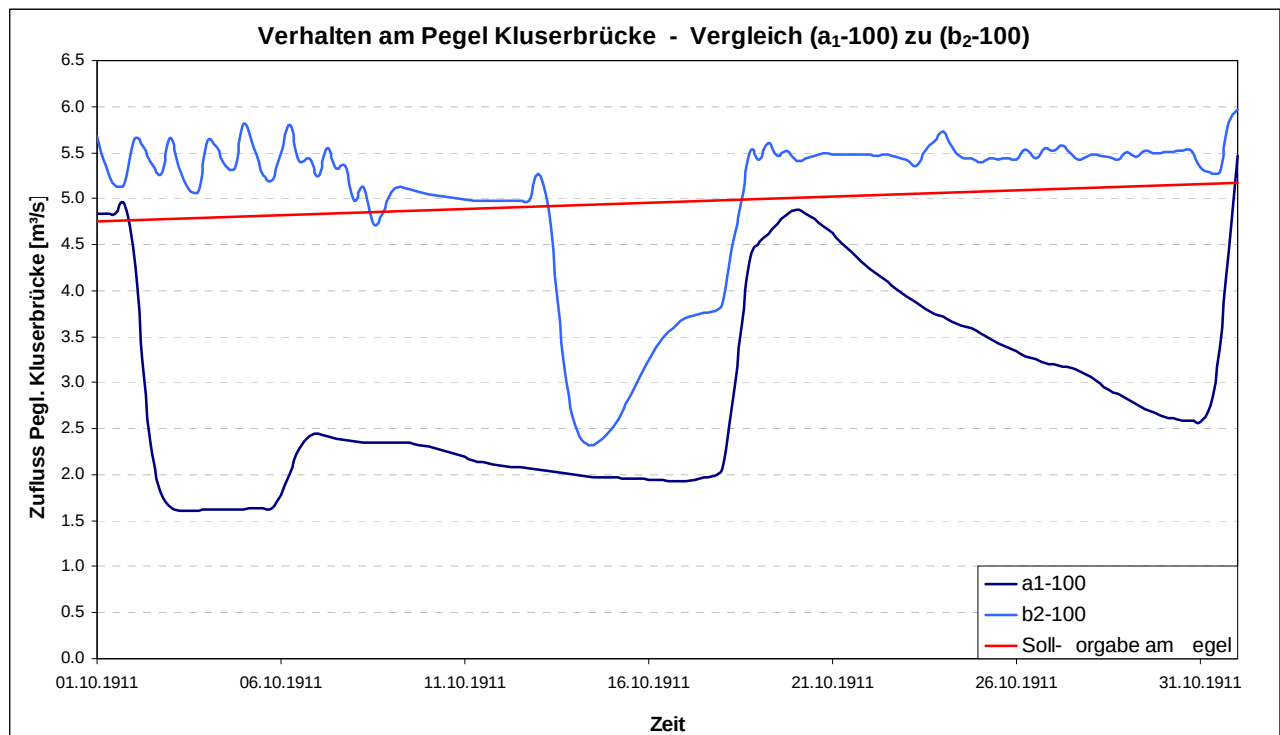


Abbildung 20: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (b₂-100) Okt. 1911

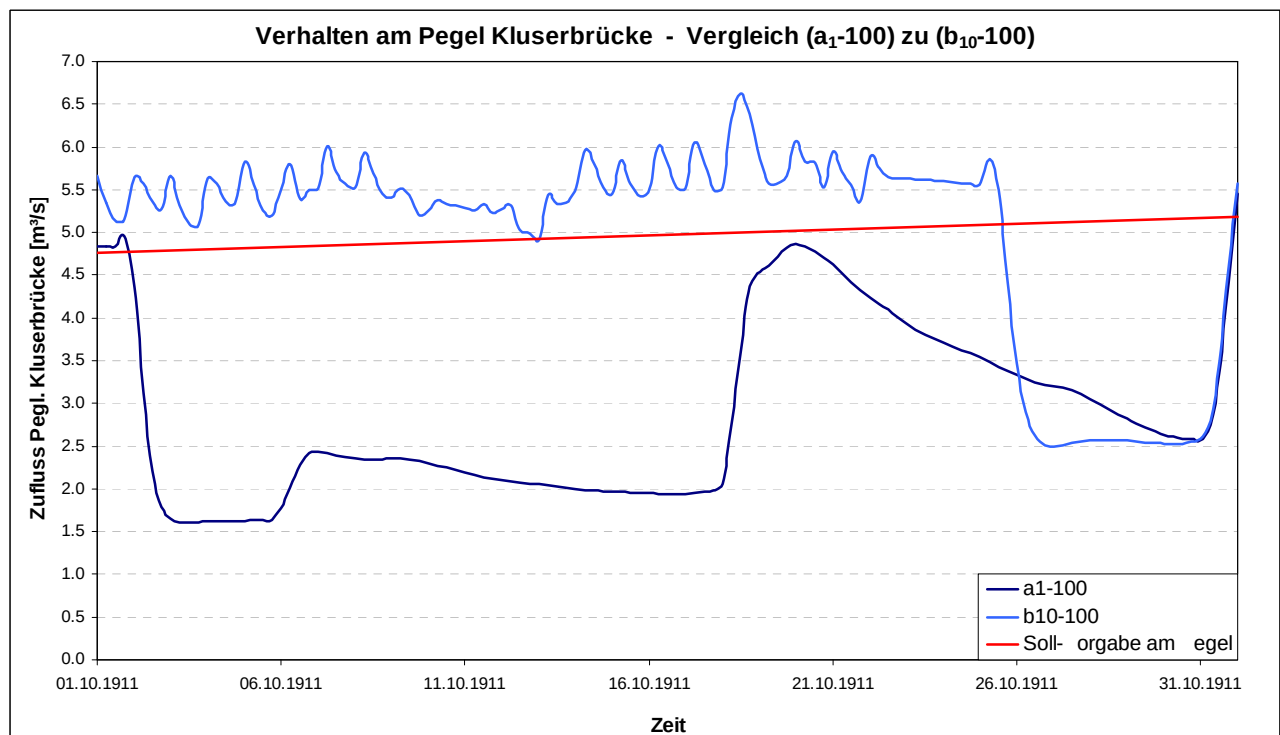
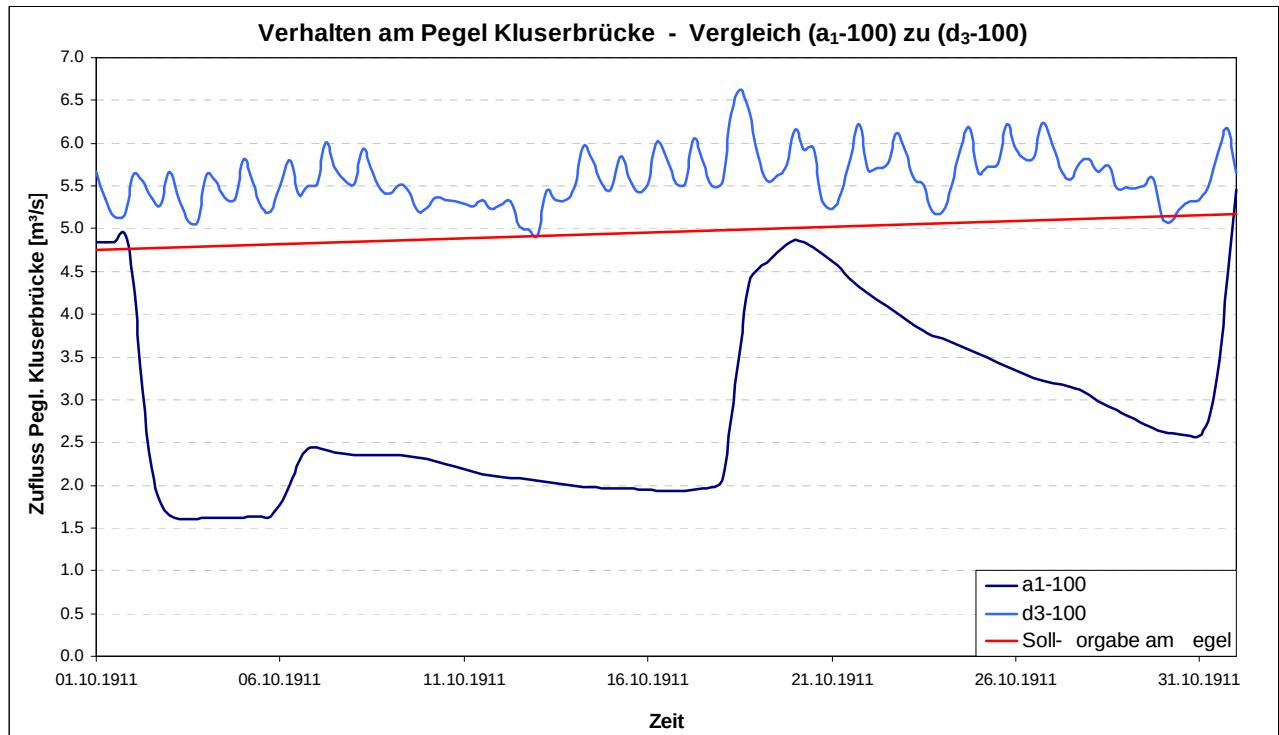
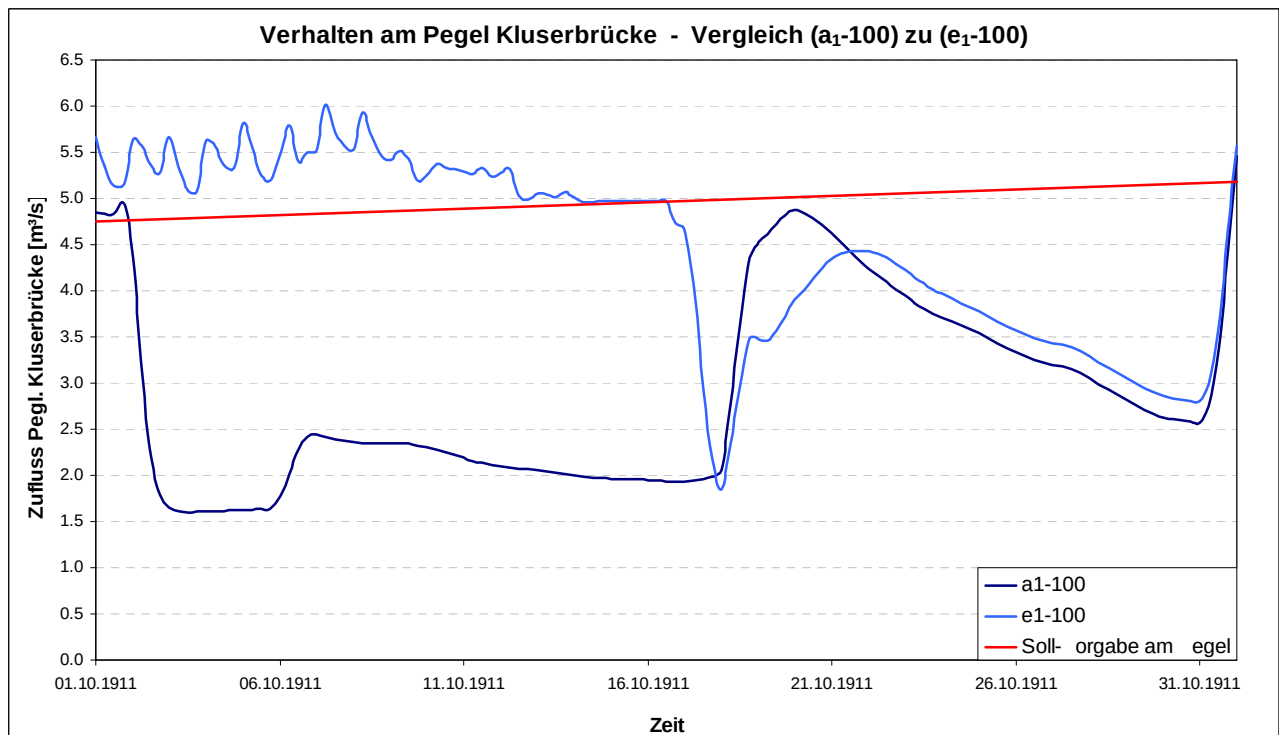


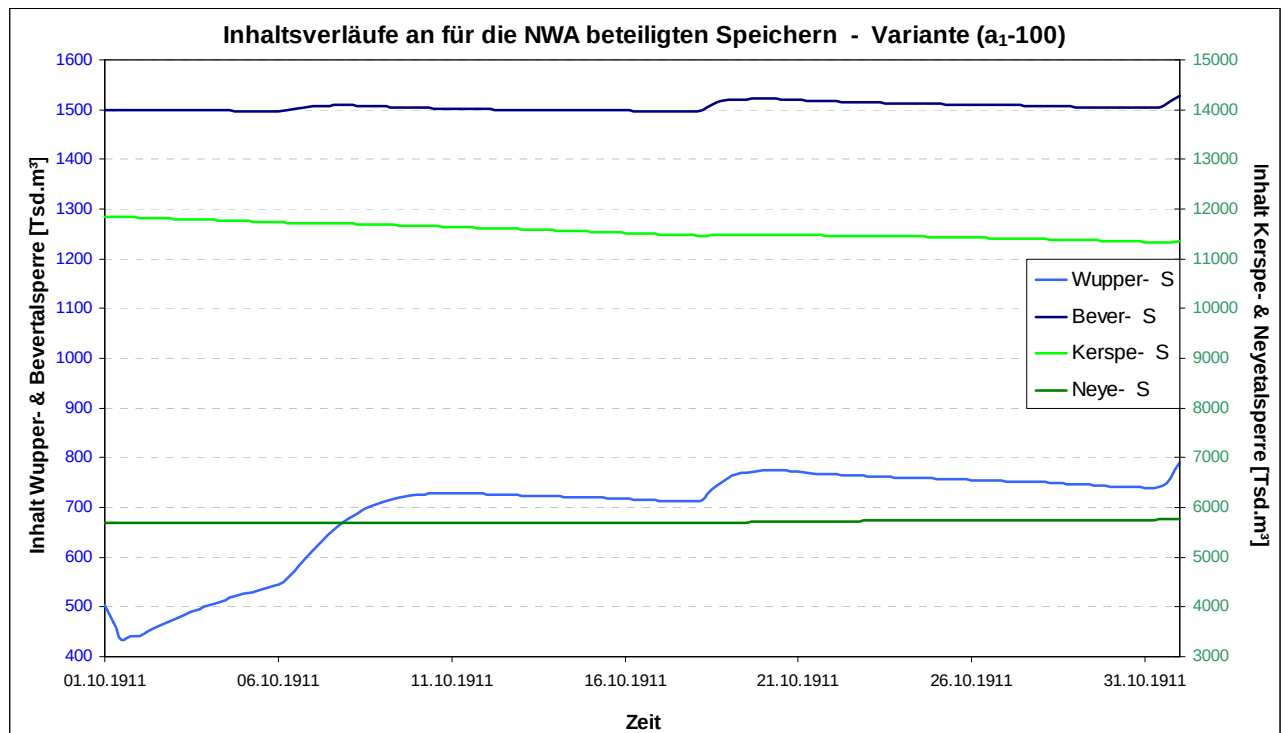
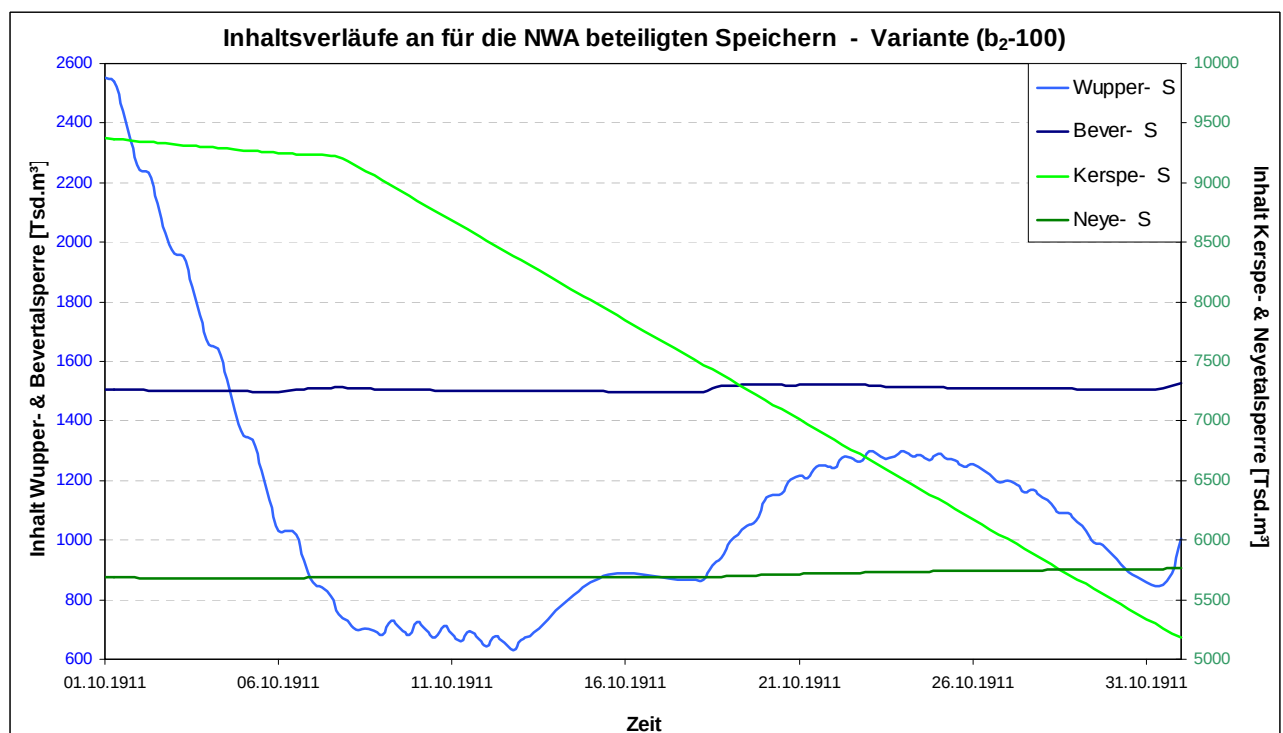
Abbildung 21: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (b₁₀-100) Okt. 1911

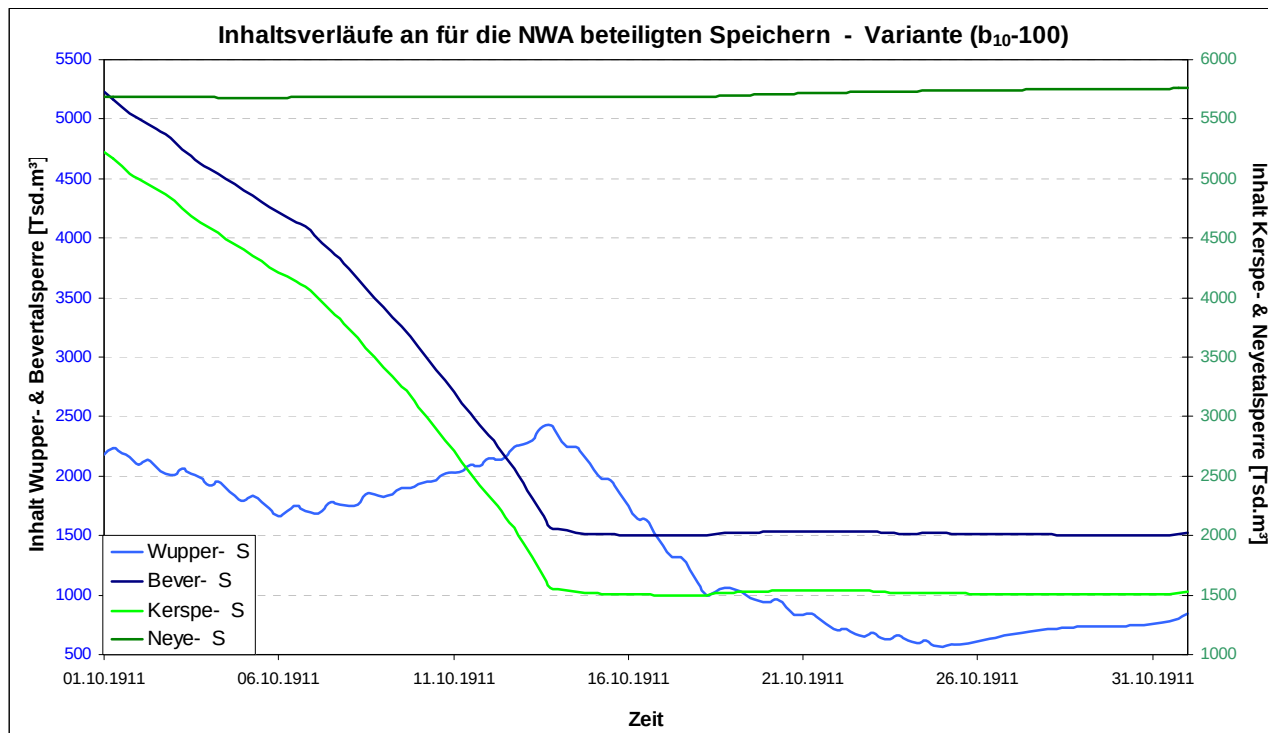


bbildung 22: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (d₃-100) Okt. 1911

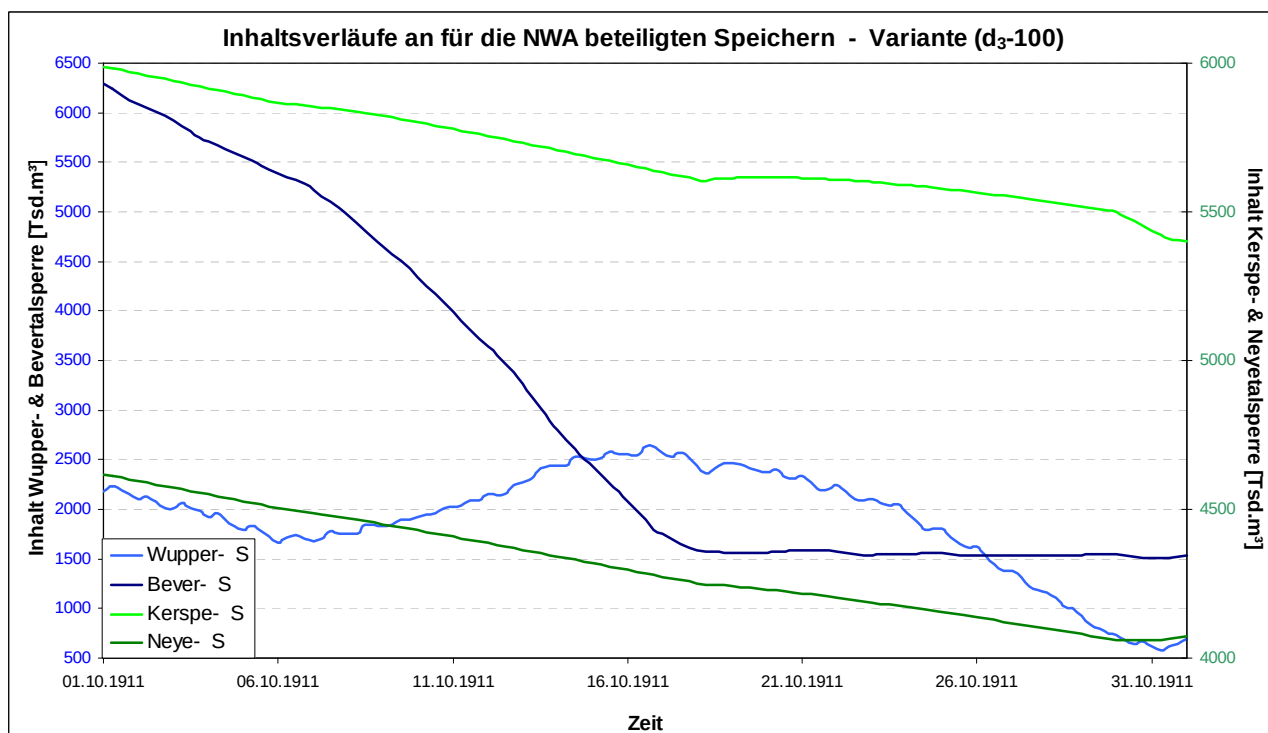


bbildung 23: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (e₁-100) Okt. 1911

Abbildung 24: Speicherinhaltsverläufe: Variante (a₁-100) Okt. 1911Abbildung 25: Speicherinhaltsverläufe: Variante (b₂-100) Okt. 1911



bbildung 26: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₁₀-100) Okt. 1911



bbildung 27: Speicherinhaltsverläufe: ariante (d₃-100) Okt. 1911

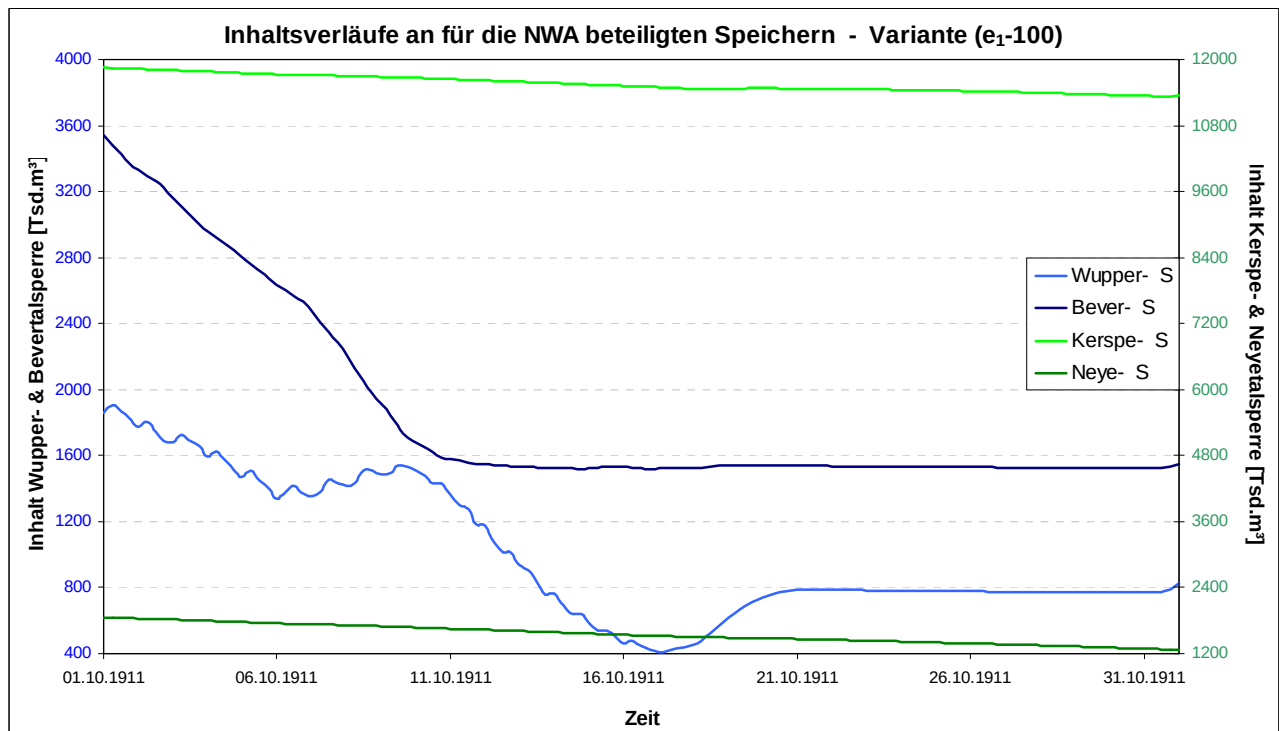


Abbildung 28: Speicherinhaltsverläufe: Variante (e₁-100) Okt. 1911

2.2.2 Oktober 1949

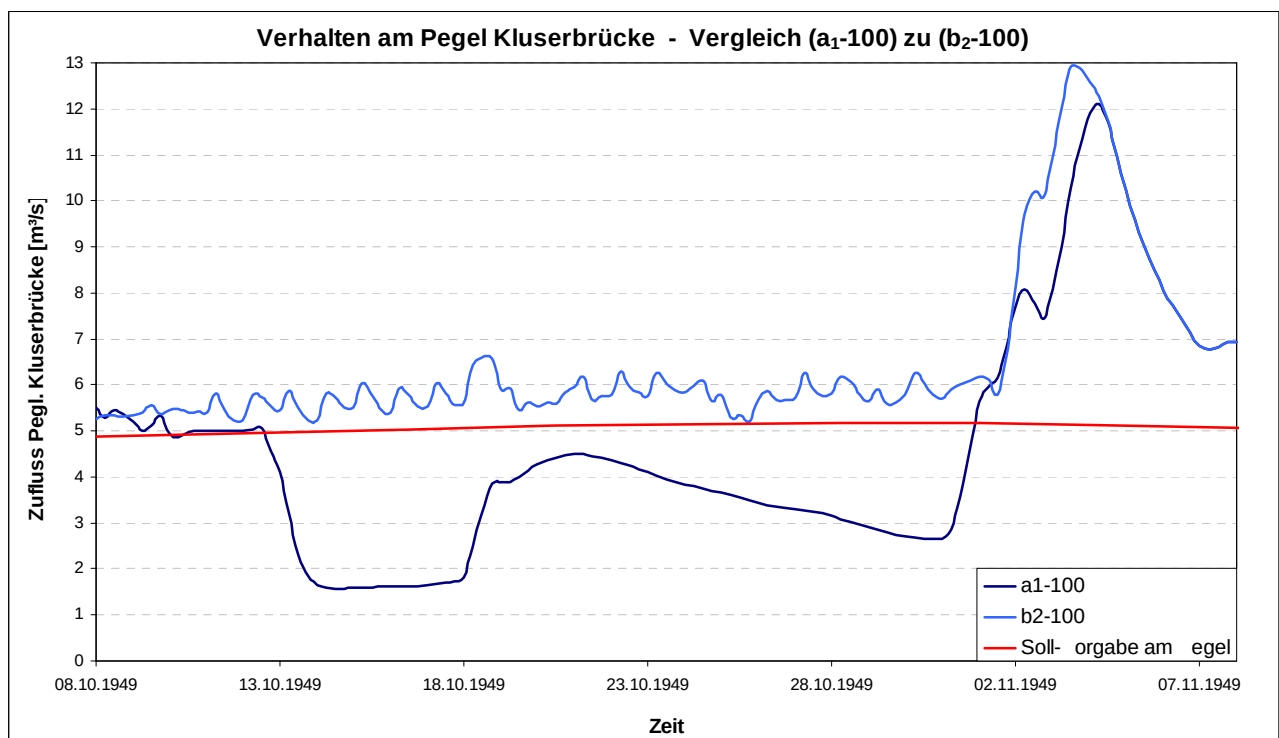
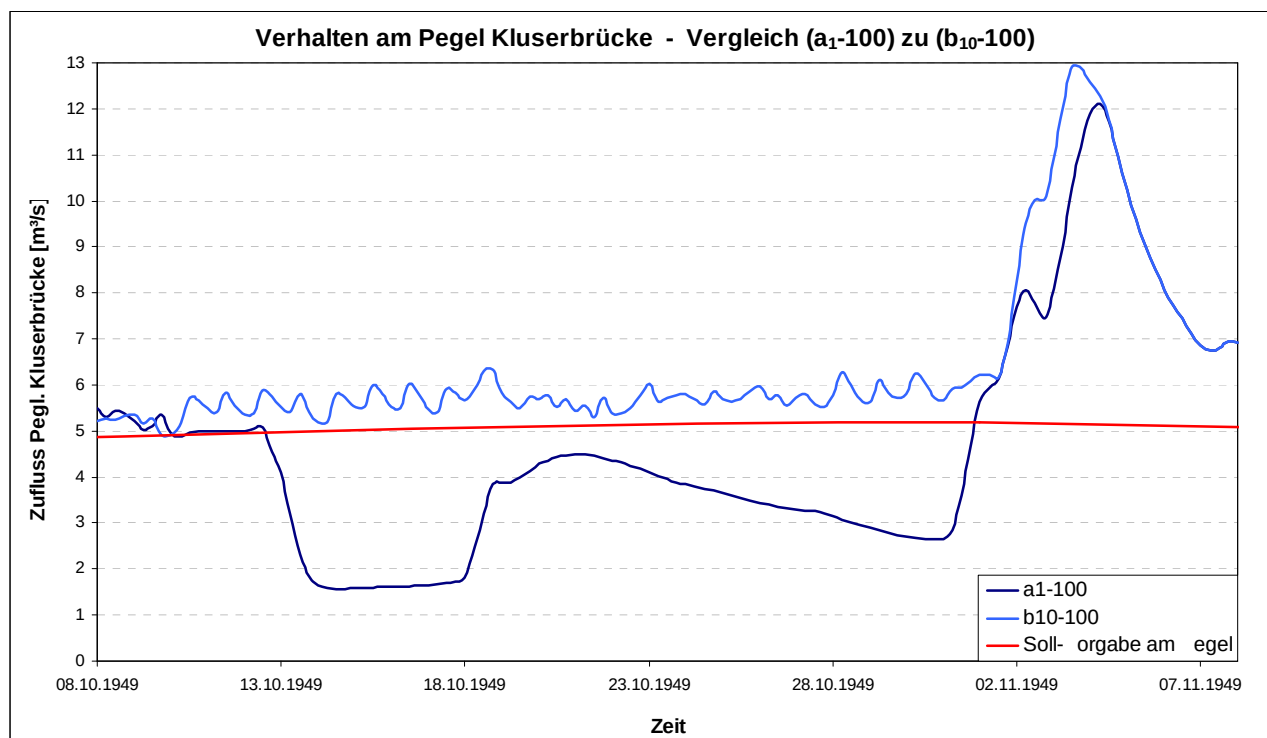
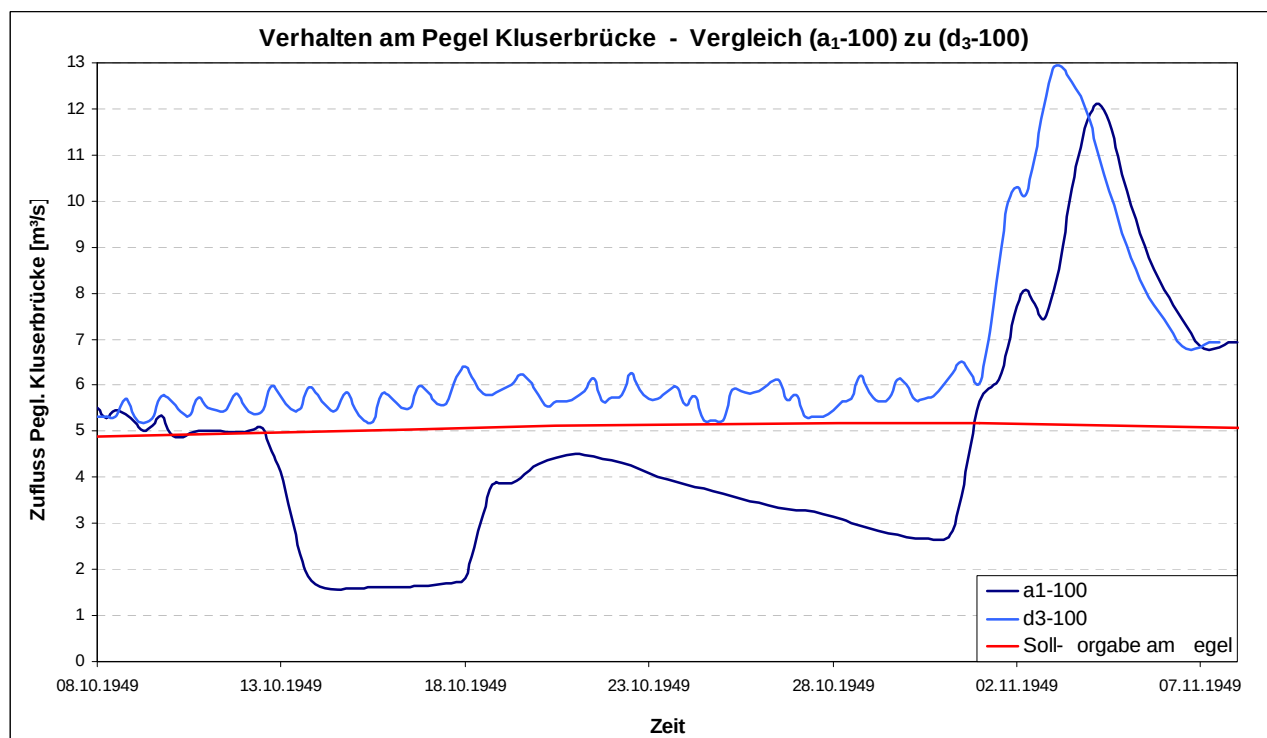


Abbildung 29: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (b₂-100) Okt. 1949

Abbildung 30: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (b₁₀-100) Okt. 1949Abbildung 31: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (d₃-100) Okt. 1949

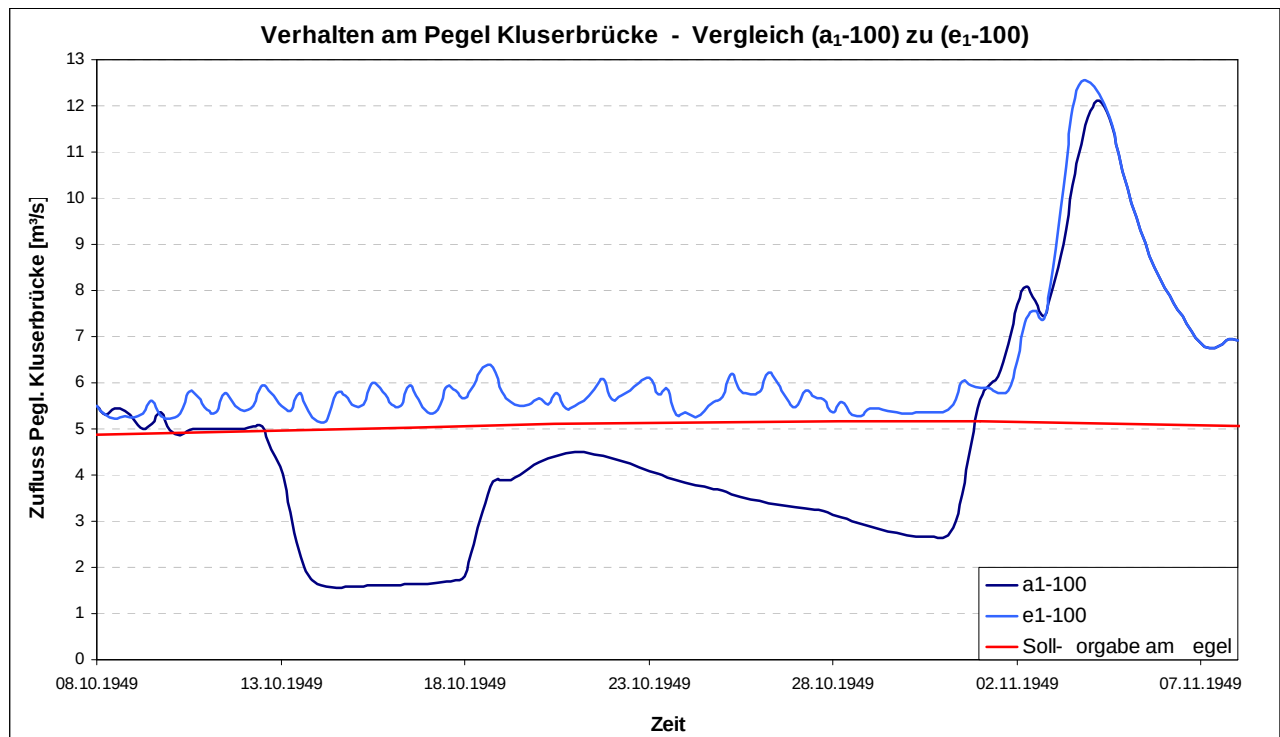


Abbildung 32: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (e₁-100) Okt. 1949

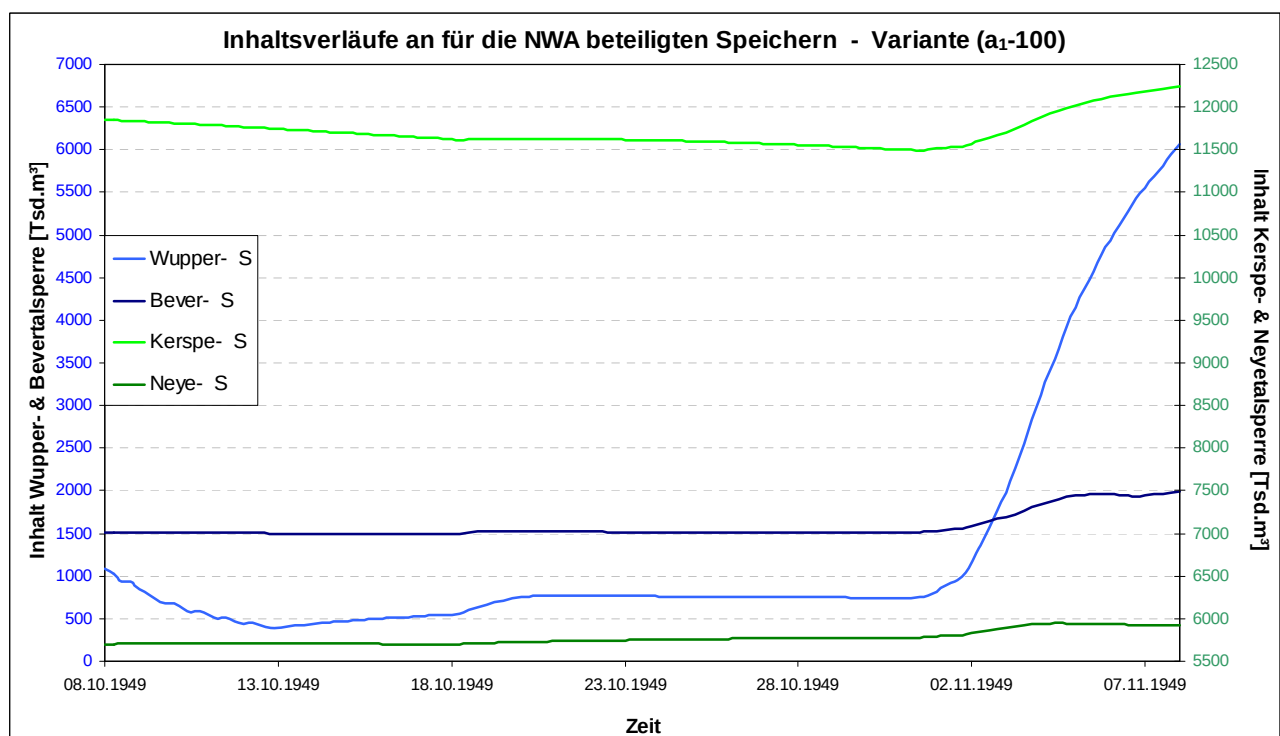
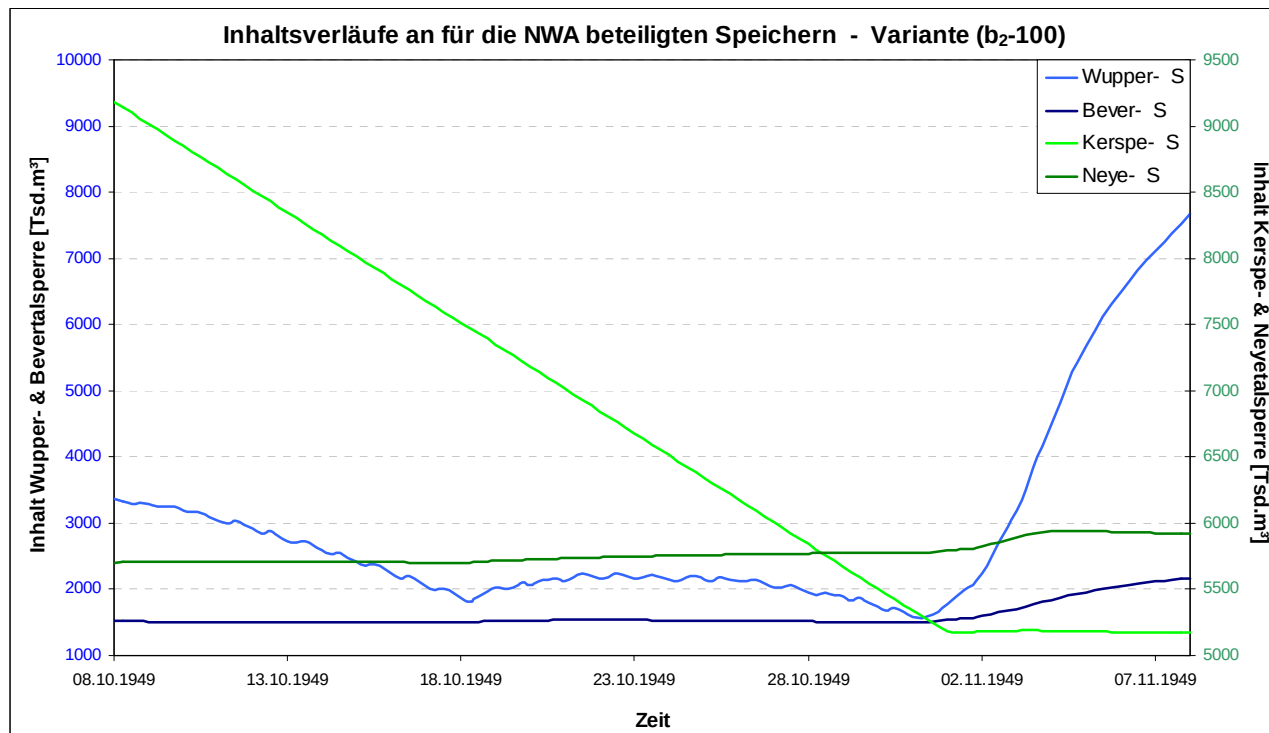
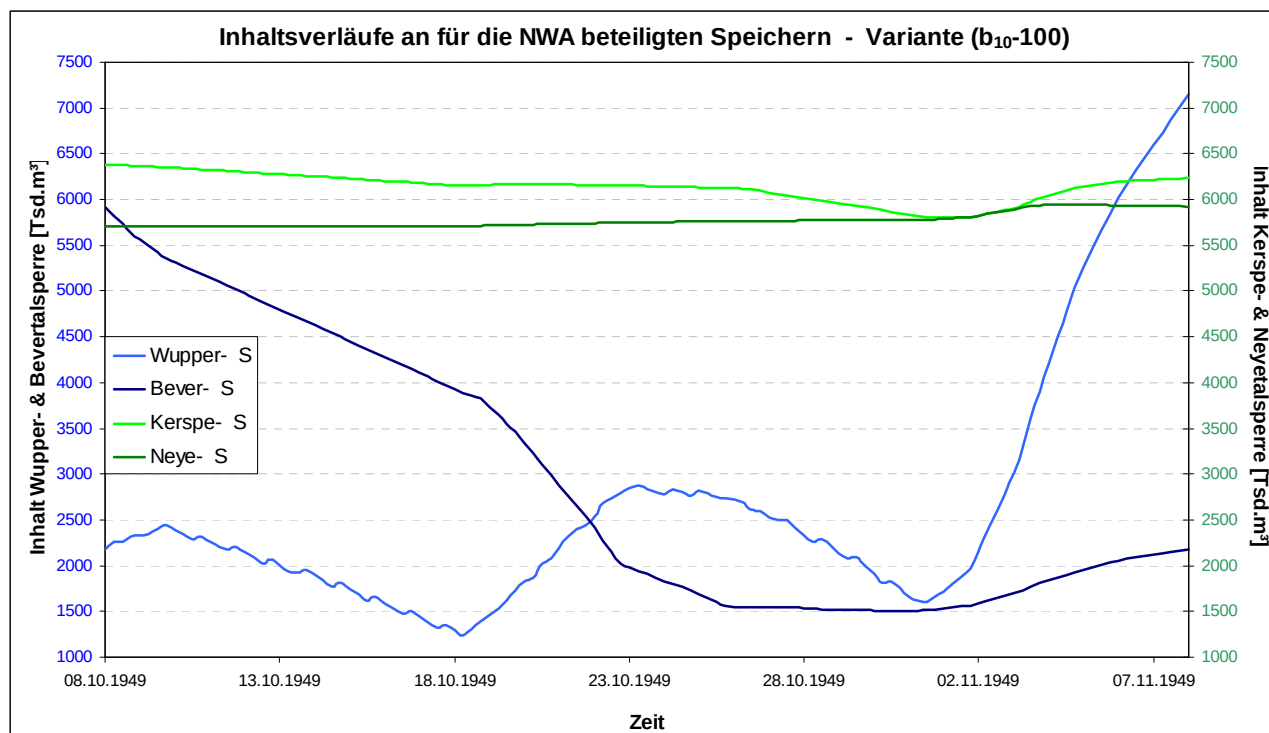


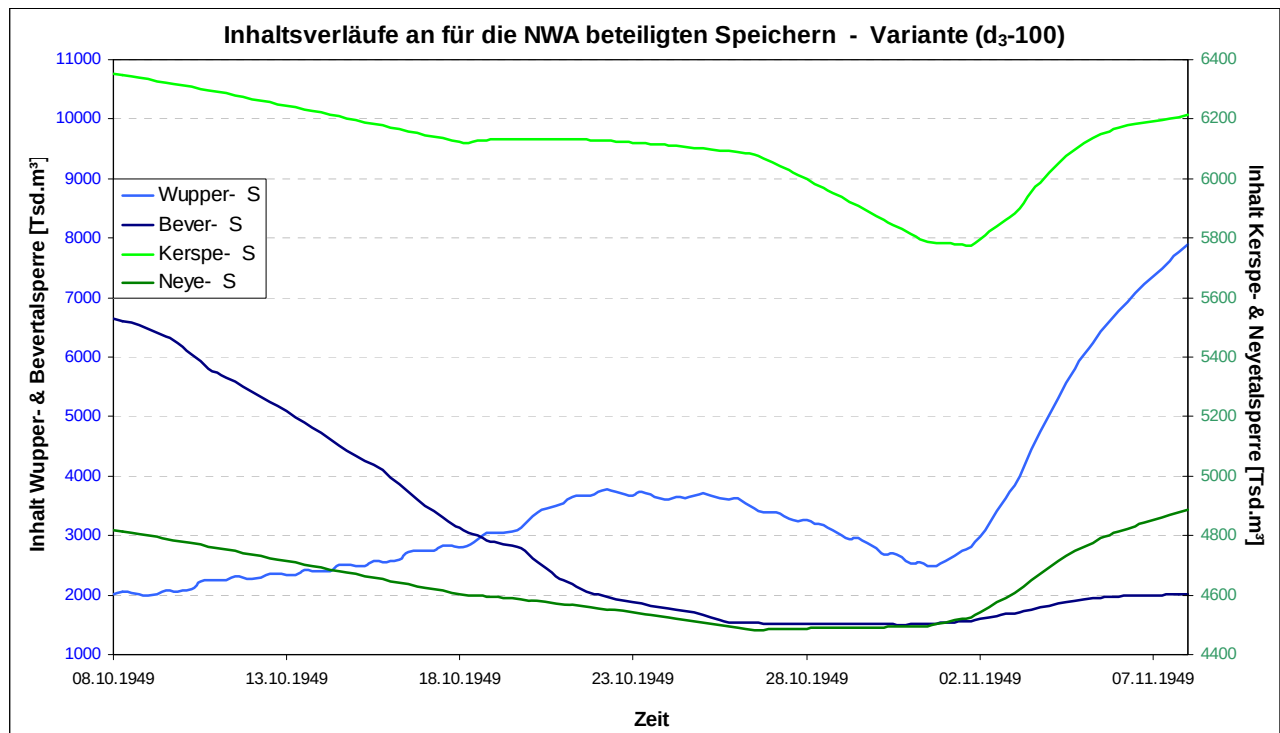
Abbildung 33: Speicherinhaltsverläufe: Variante (a₁-100) Okt. 1949



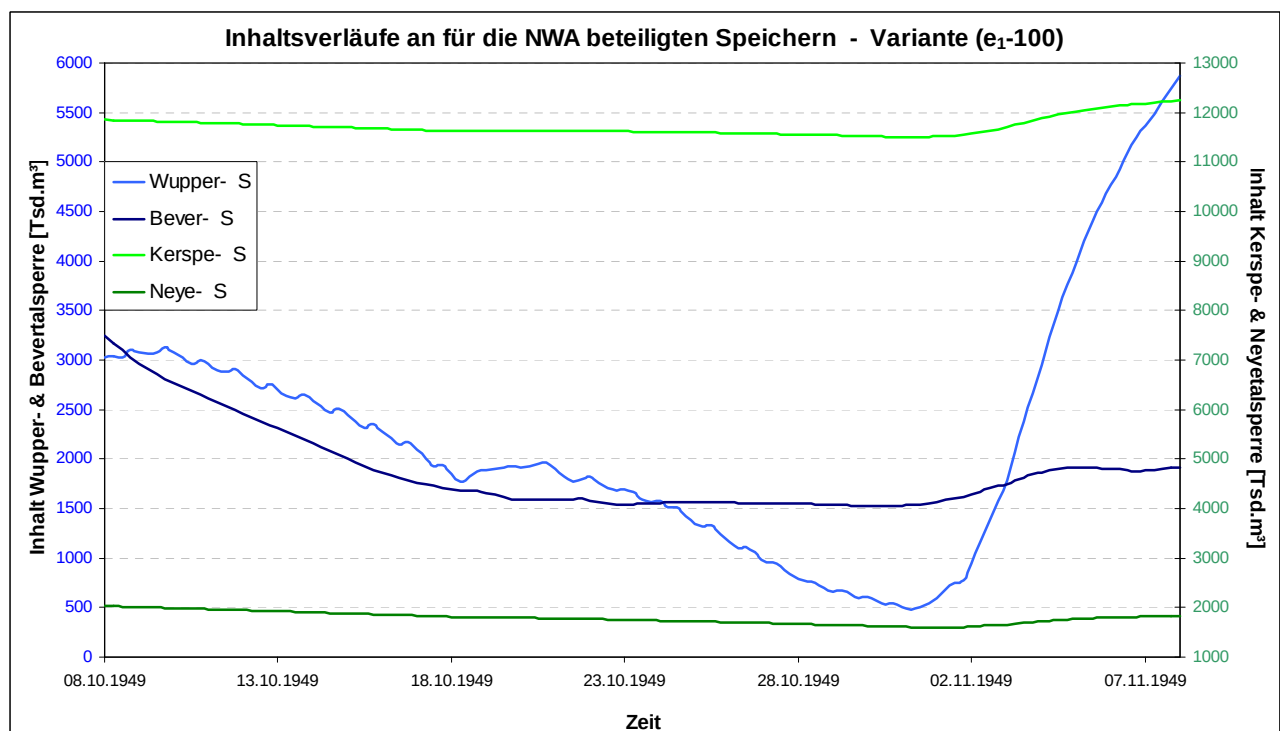
bbildung 34: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₂-100) Okt. 1949



bbildung 35: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₁₀-100) Okt. 1949

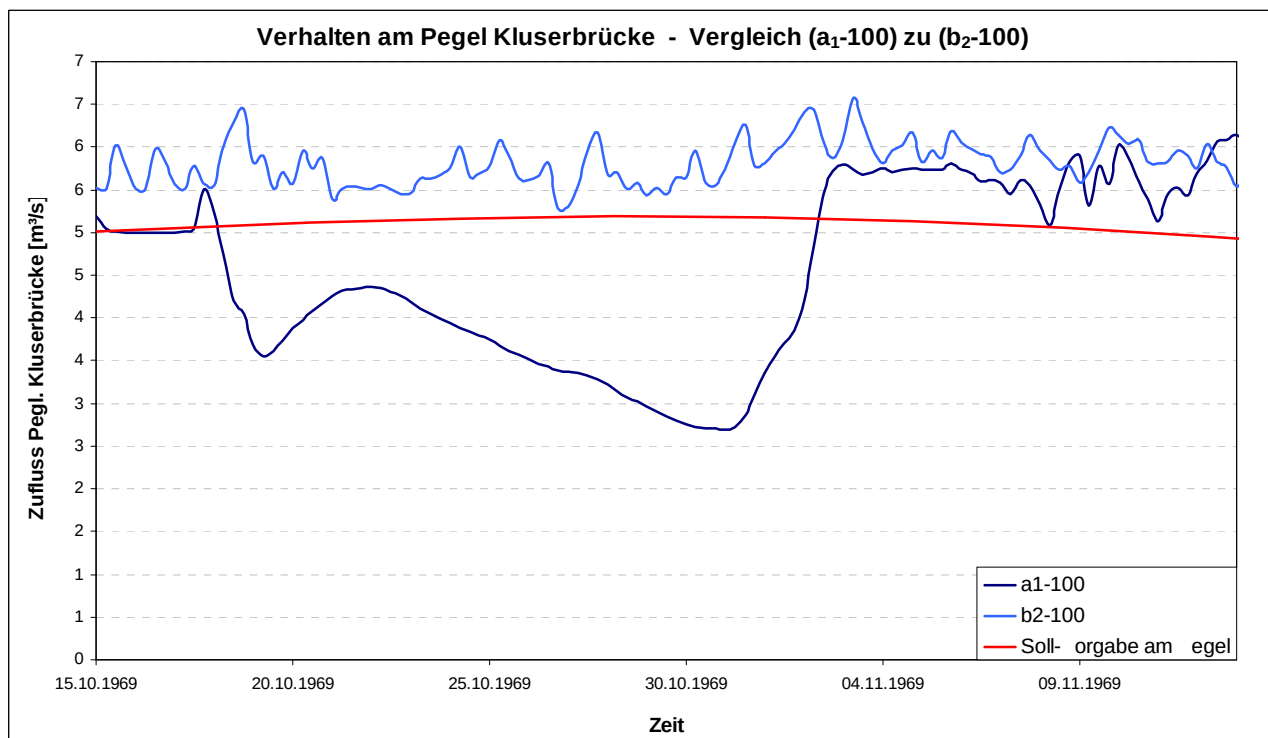


bbildung 36: Speicherinhaltsverläufe: ariante (d₃-100) Okt. 1949

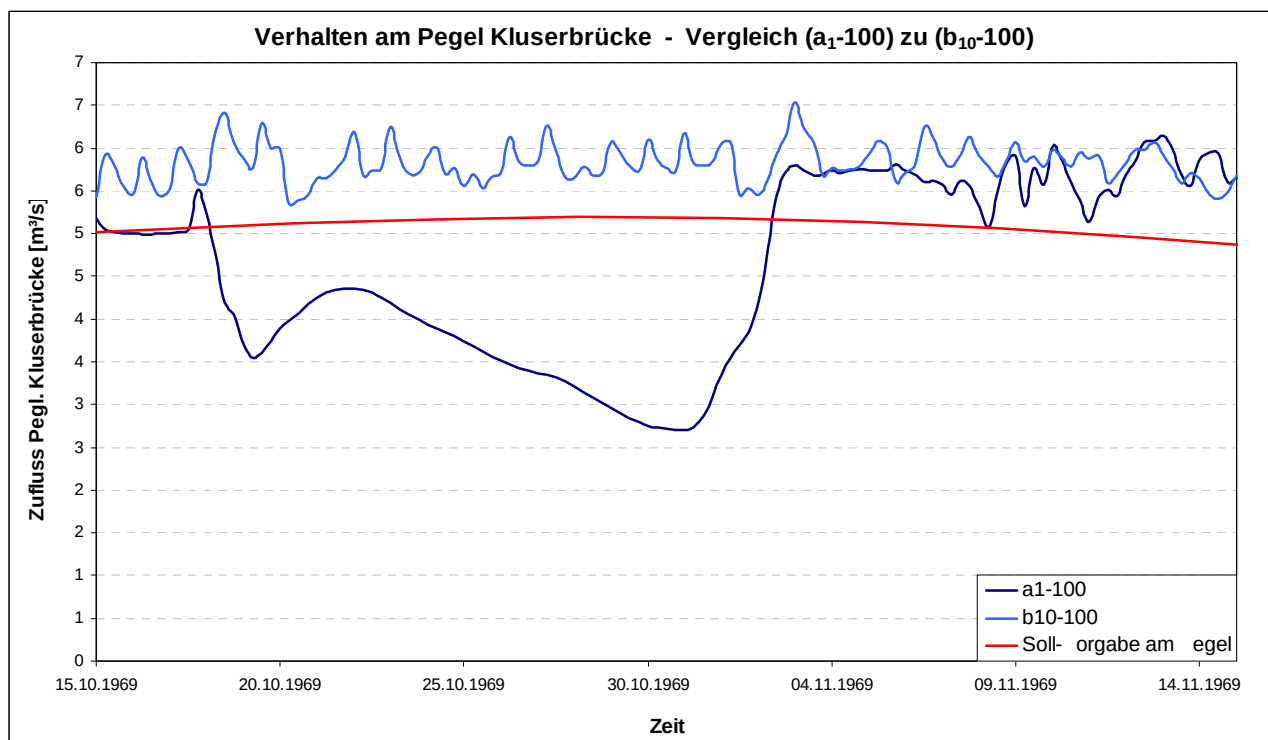


bbildung 37: Speicherinhaltsverläufe: ariante (e₁-100) Okt. 1949

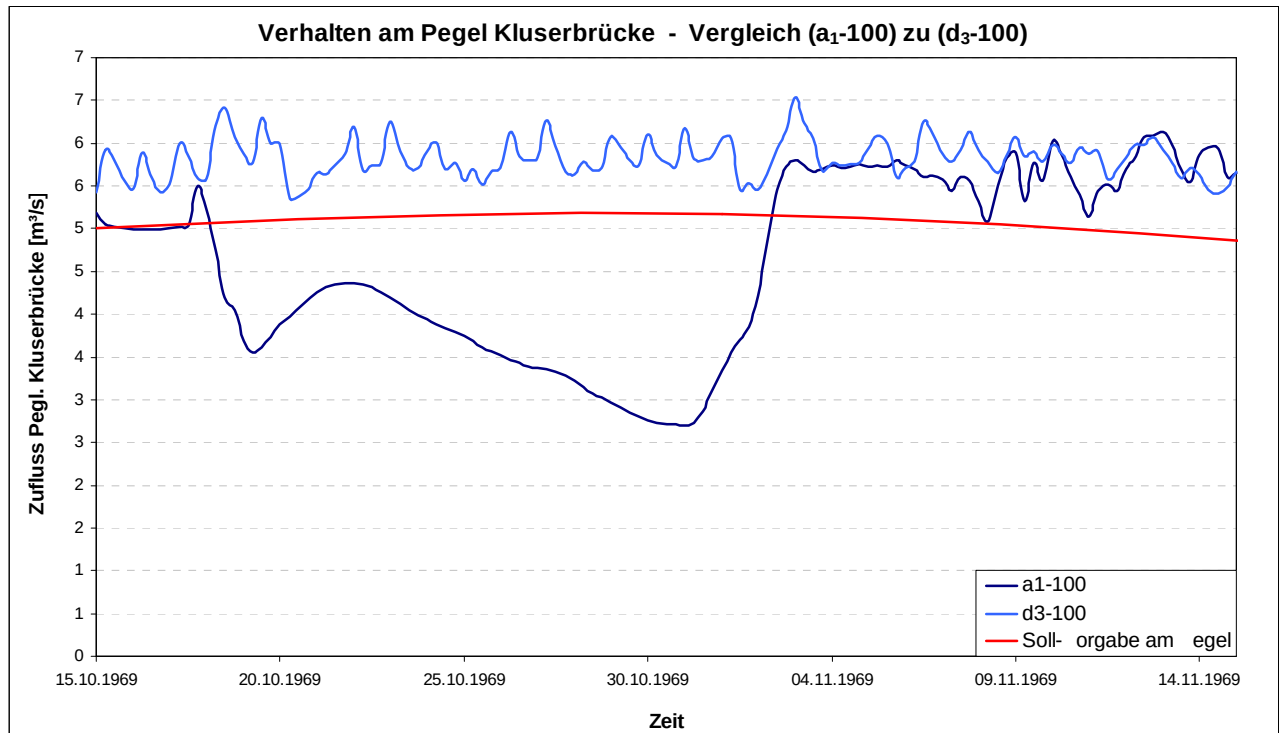
2.2.3 Oktober 1969



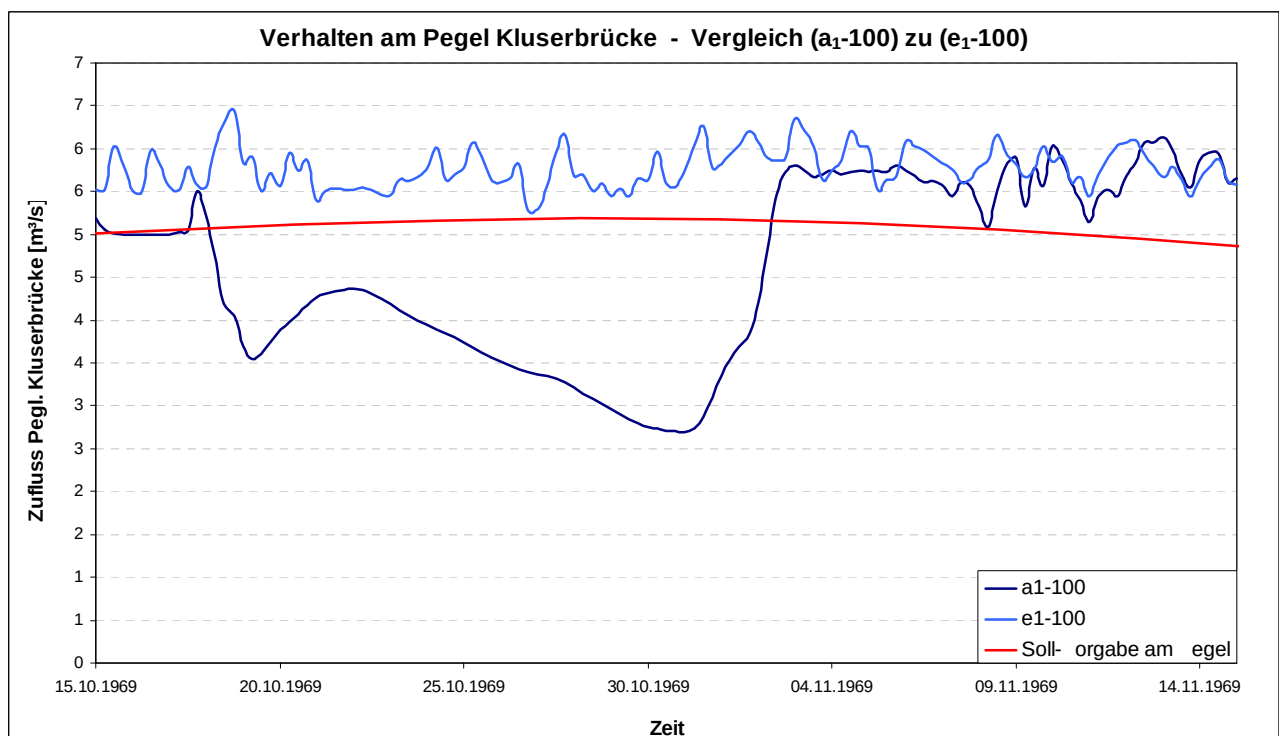
bbildung 38: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (b₂-100) Okt. 1969



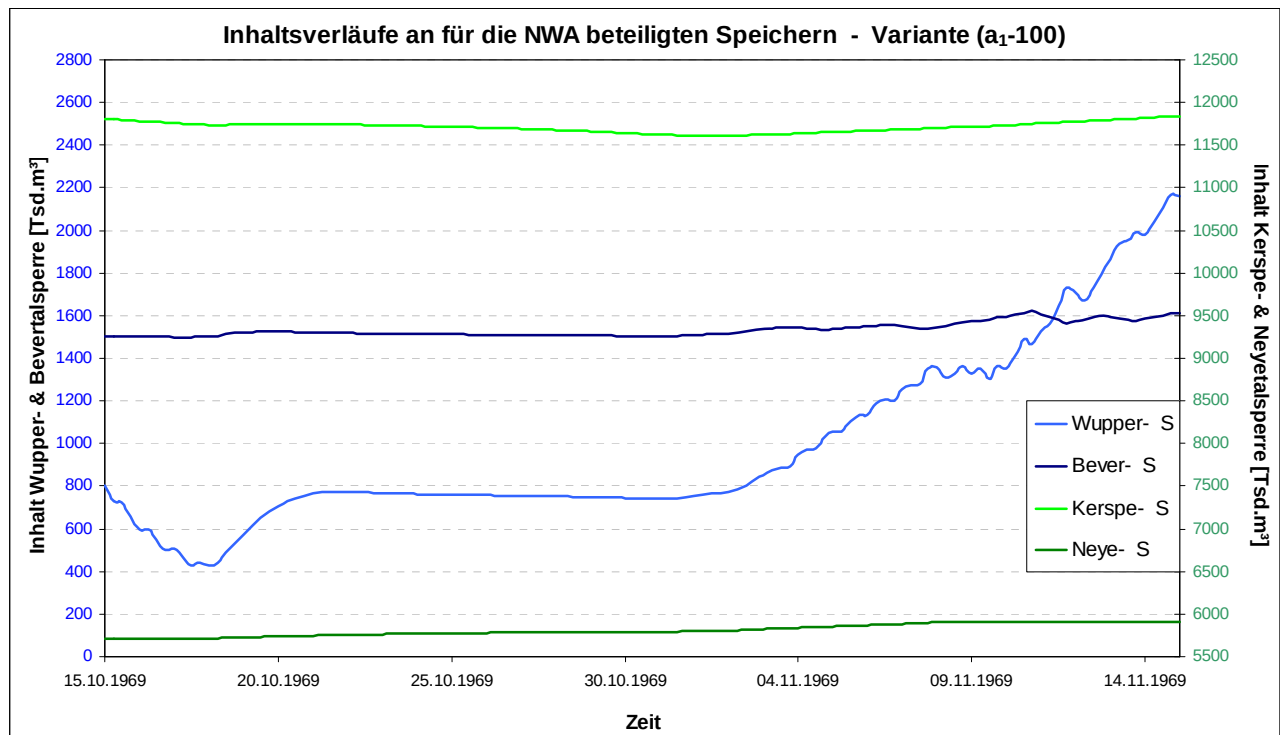
bbildung 39: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (b₁₀-100) Okt. 1969



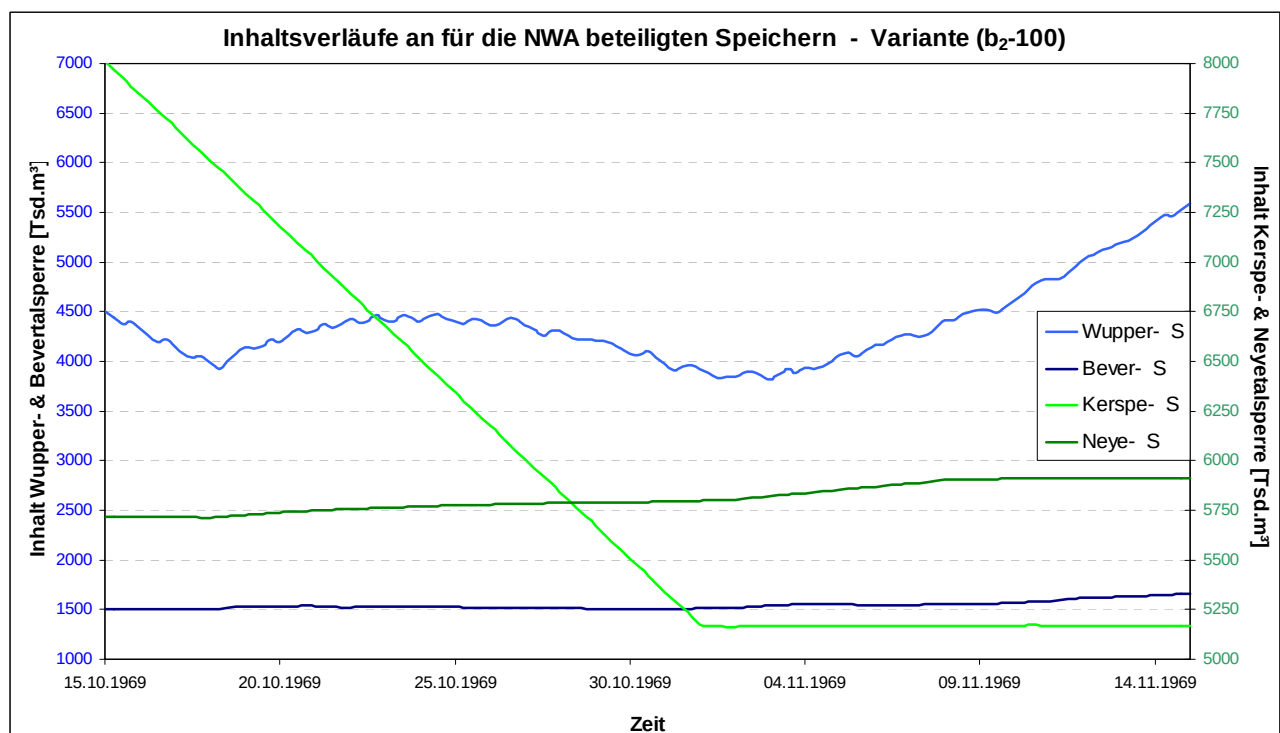
bbildung 40: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (d₃-100) Okt. 1969



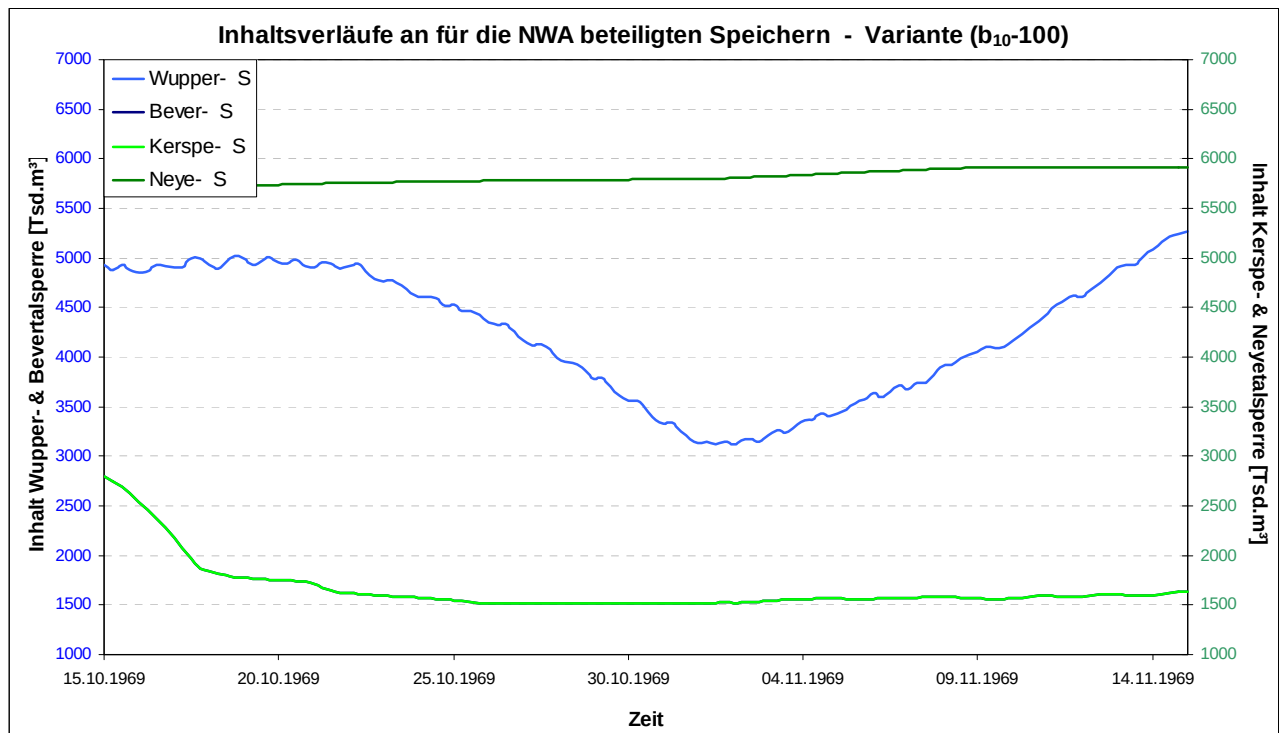
bbildung 41: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (e₁-100) Okt. 1969



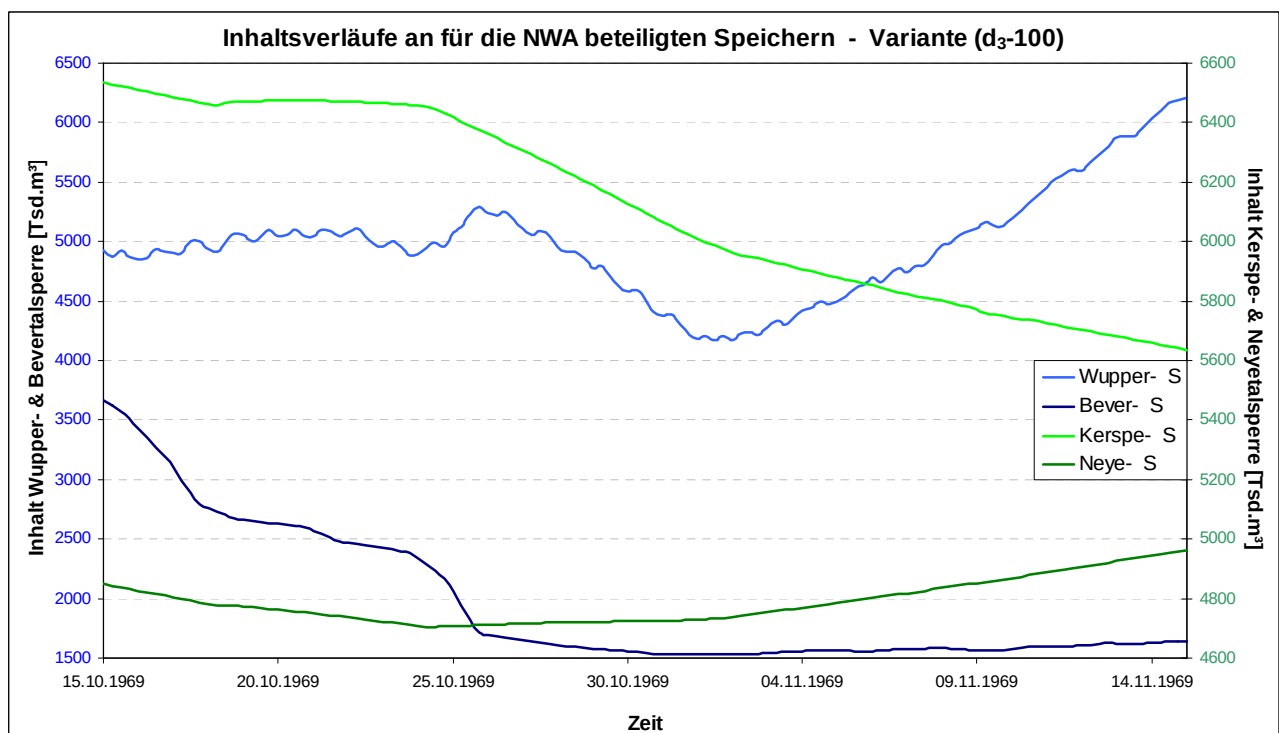
bbildung 42: Speicherinhaltsverläufe: ariante (a₁-100) Okt. 1969



bbildung 43: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₂-100) Okt. 1969



bbildung 44: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₁₀-100) Okt. 1969



bbildung 45: Speicherinhaltsverläufe: ariante (d₃-100) Okt. 1969

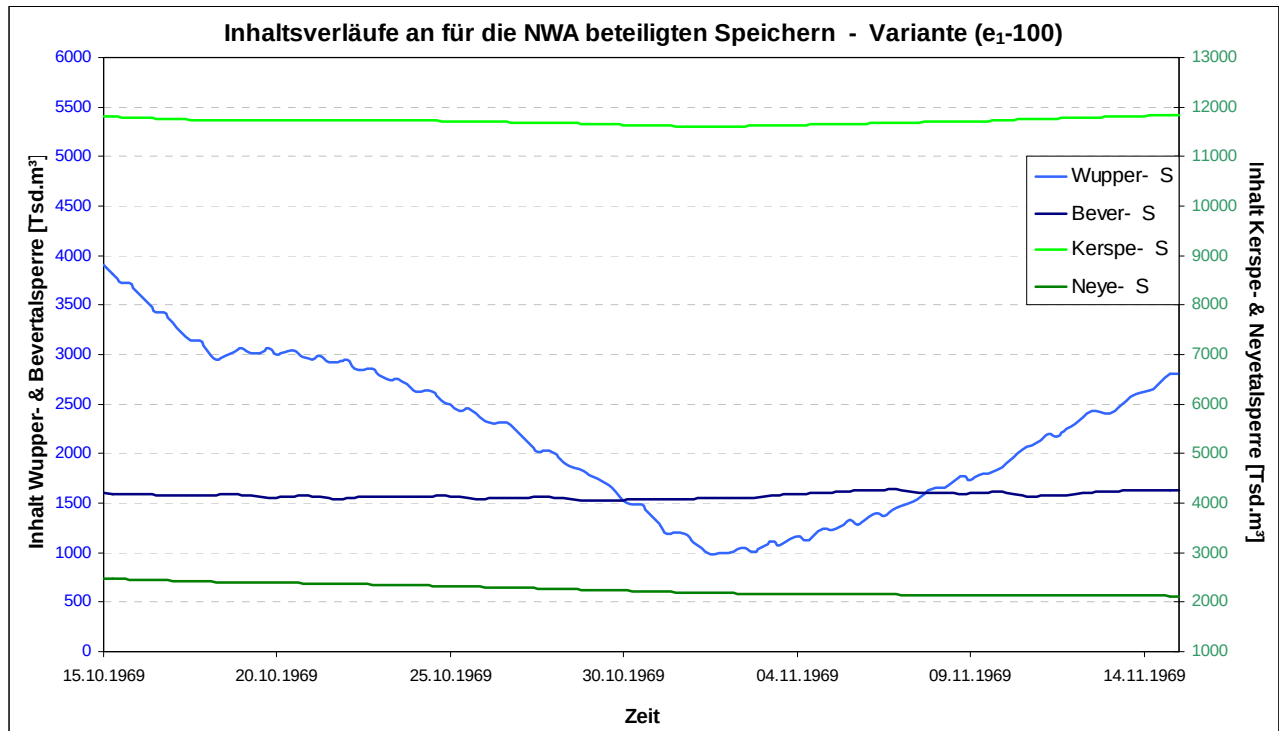


Abbildung 46: Speicherinhaltsverläufe: Variante (e₁-100) Okt. 1969

2.2.4 Oktober bis November 1976

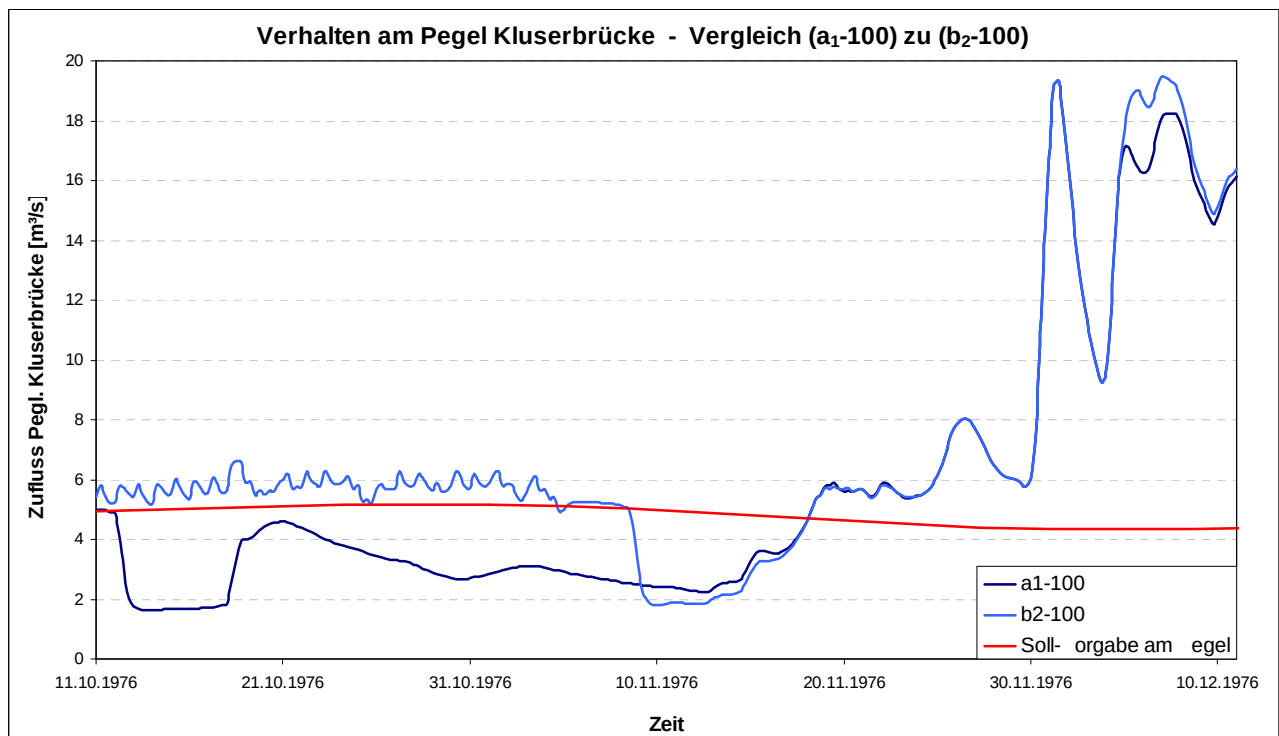
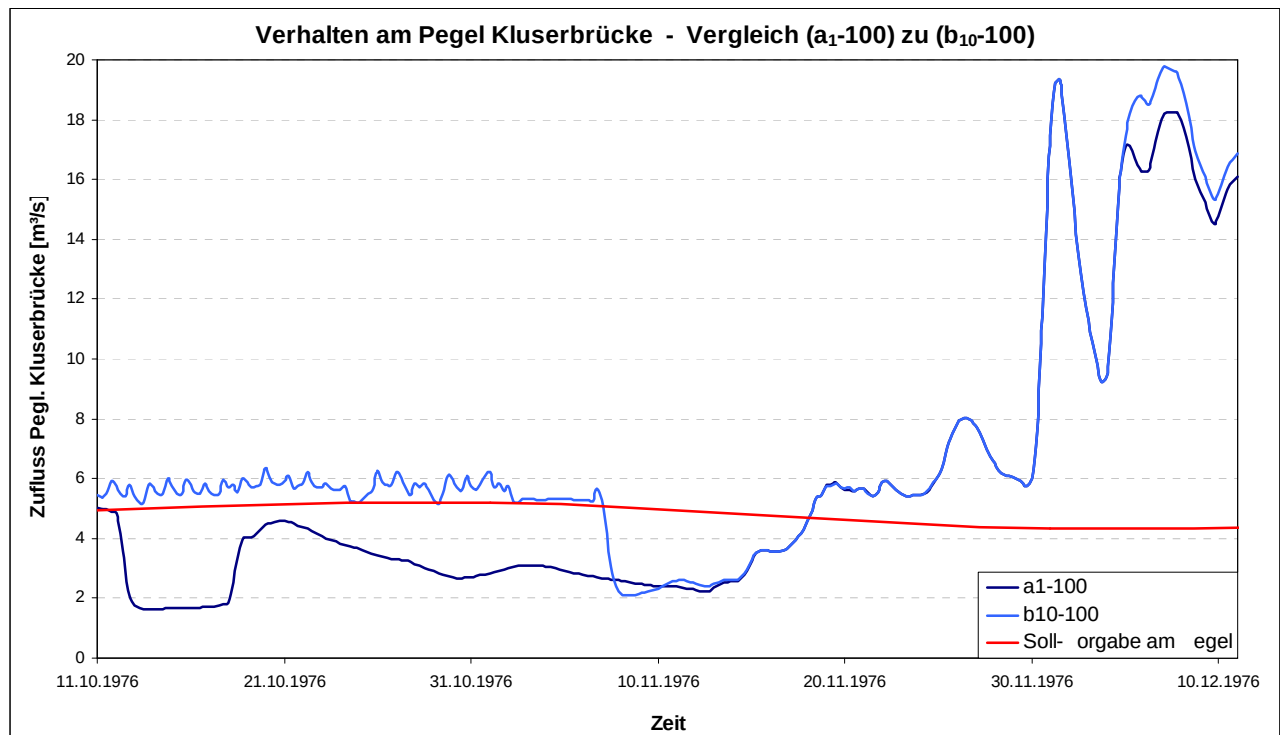
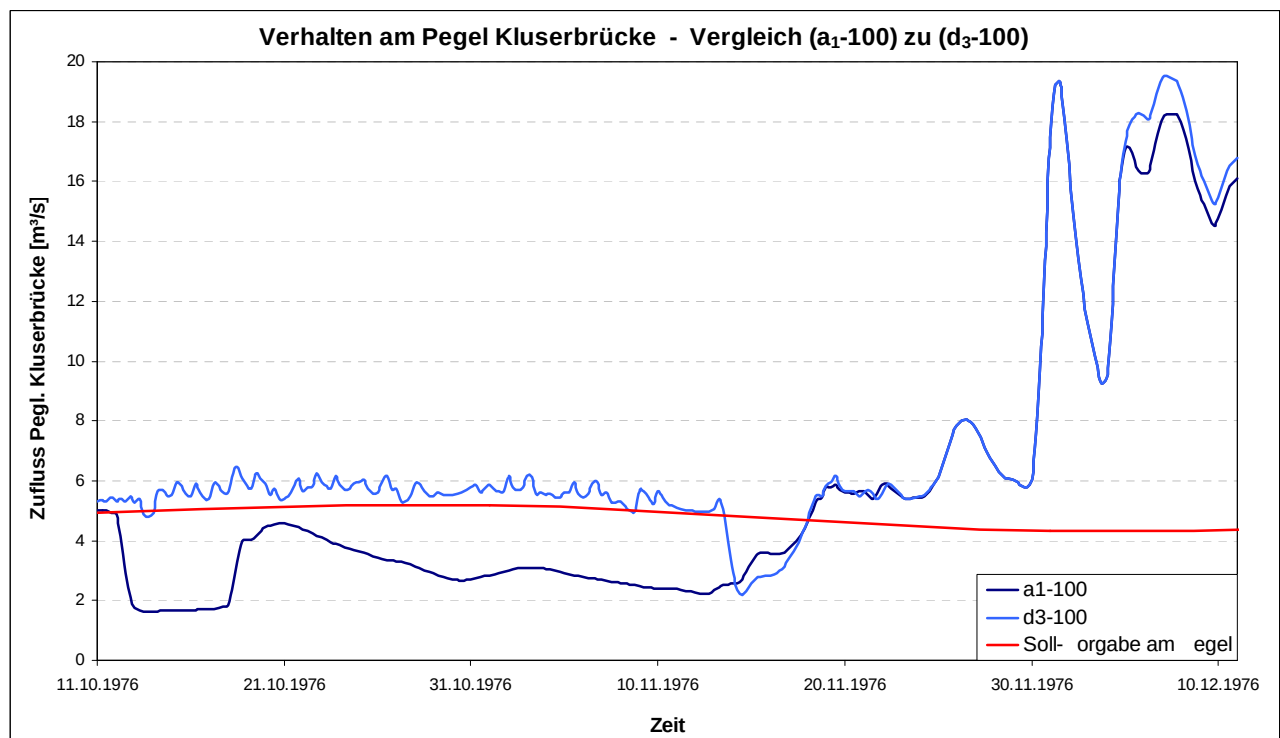


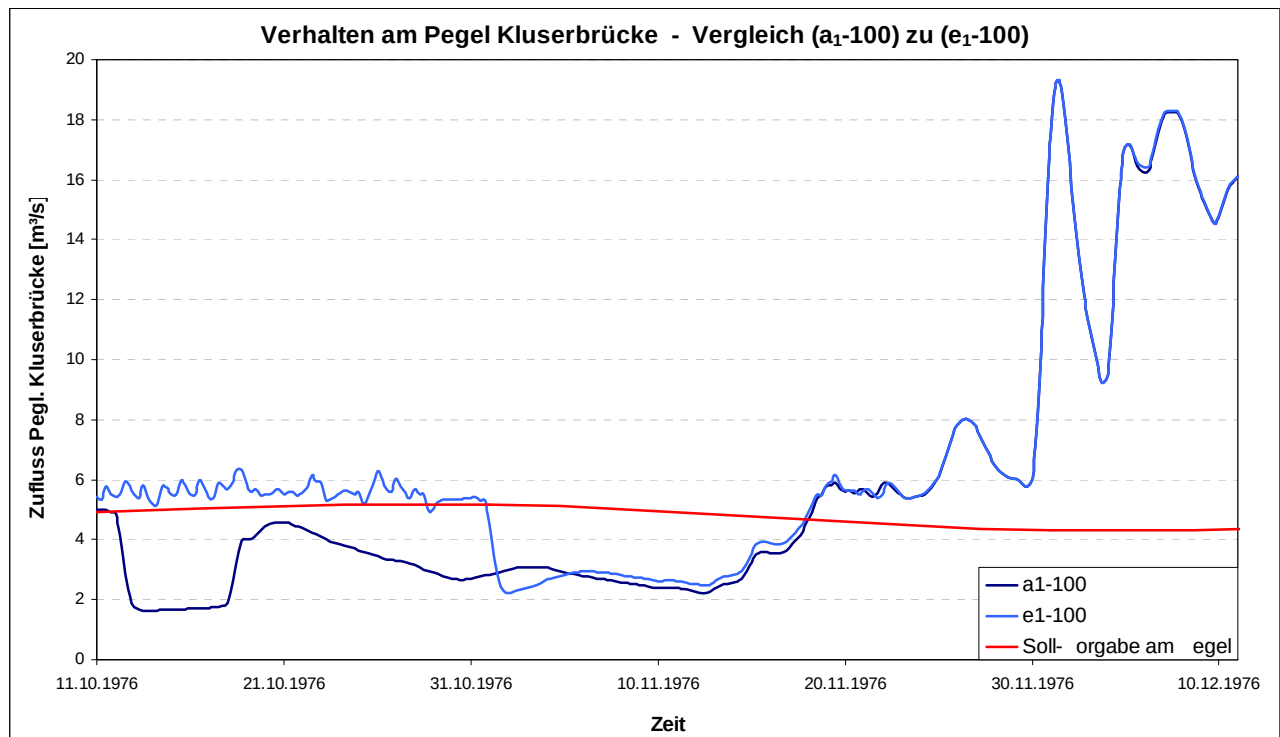
Abbildung 47: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (b₂-100) Okt. Nov. 1976



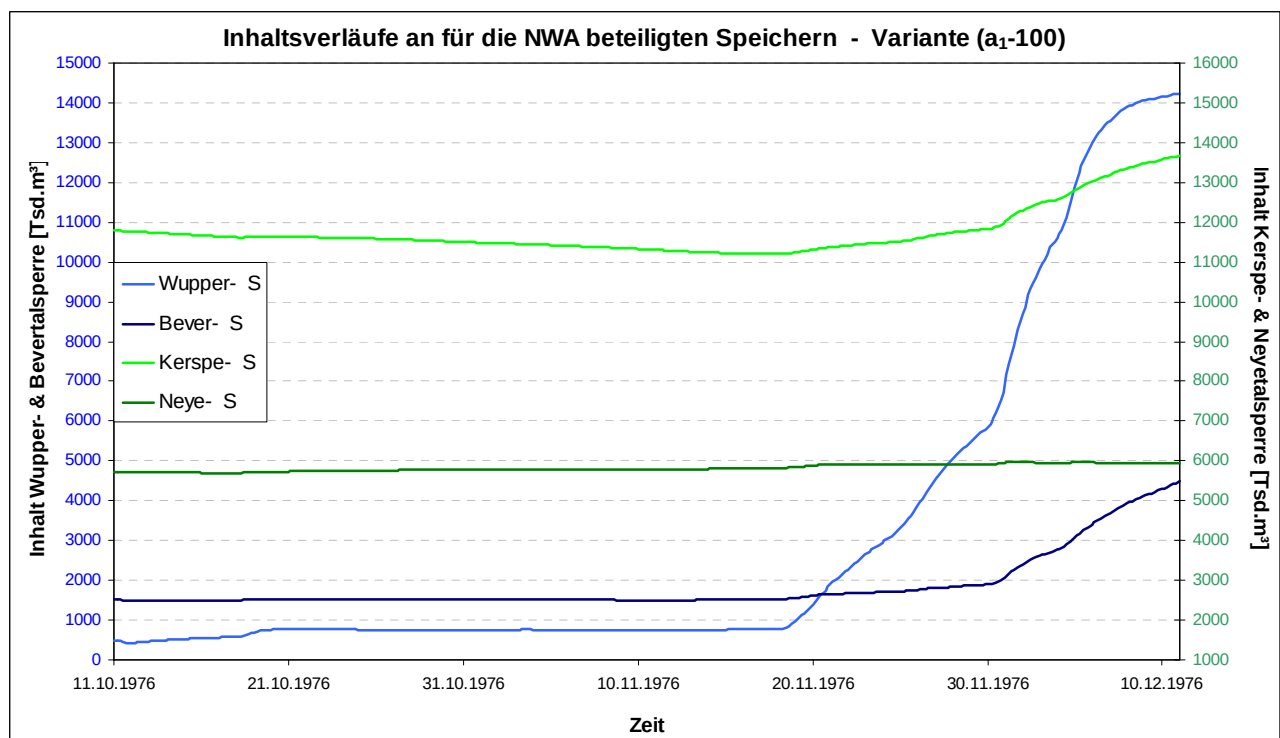
bbildung 48: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (b₁₀-100)
Okt. Nov. 1976



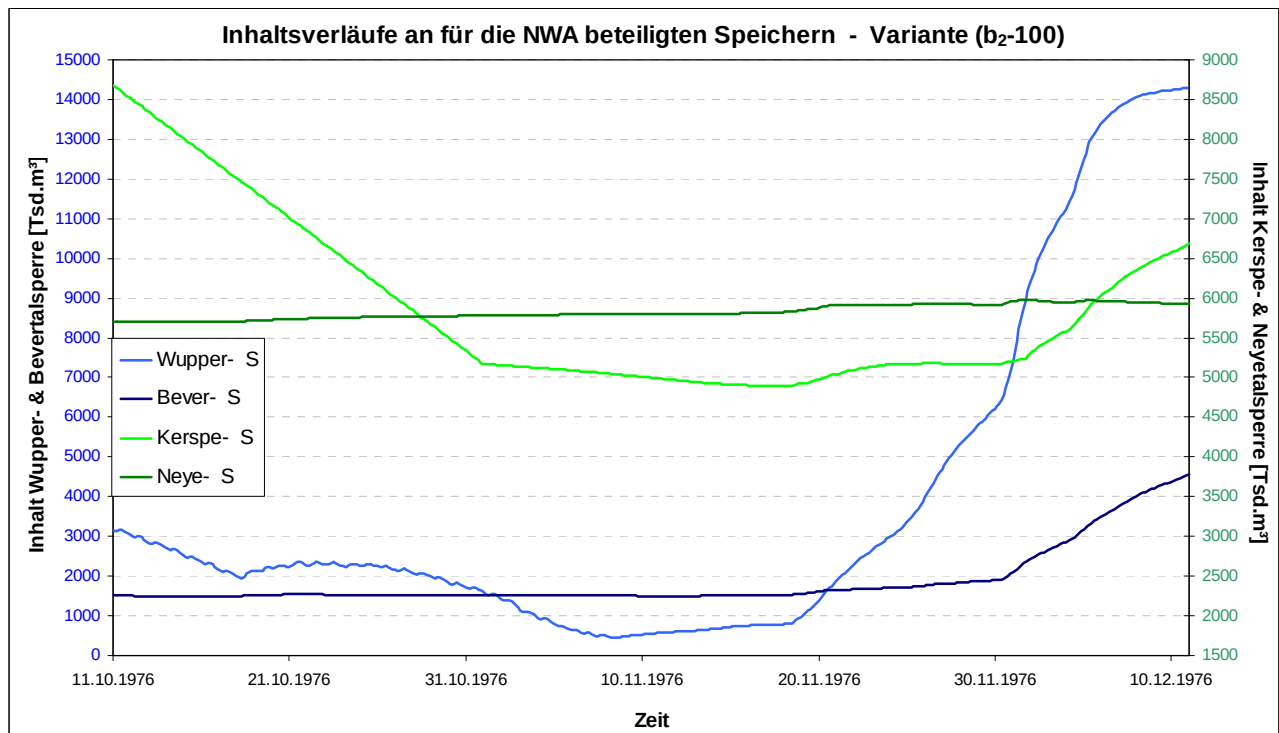
bbildung 49: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (d₃-100)
Okt. Nov. 1976



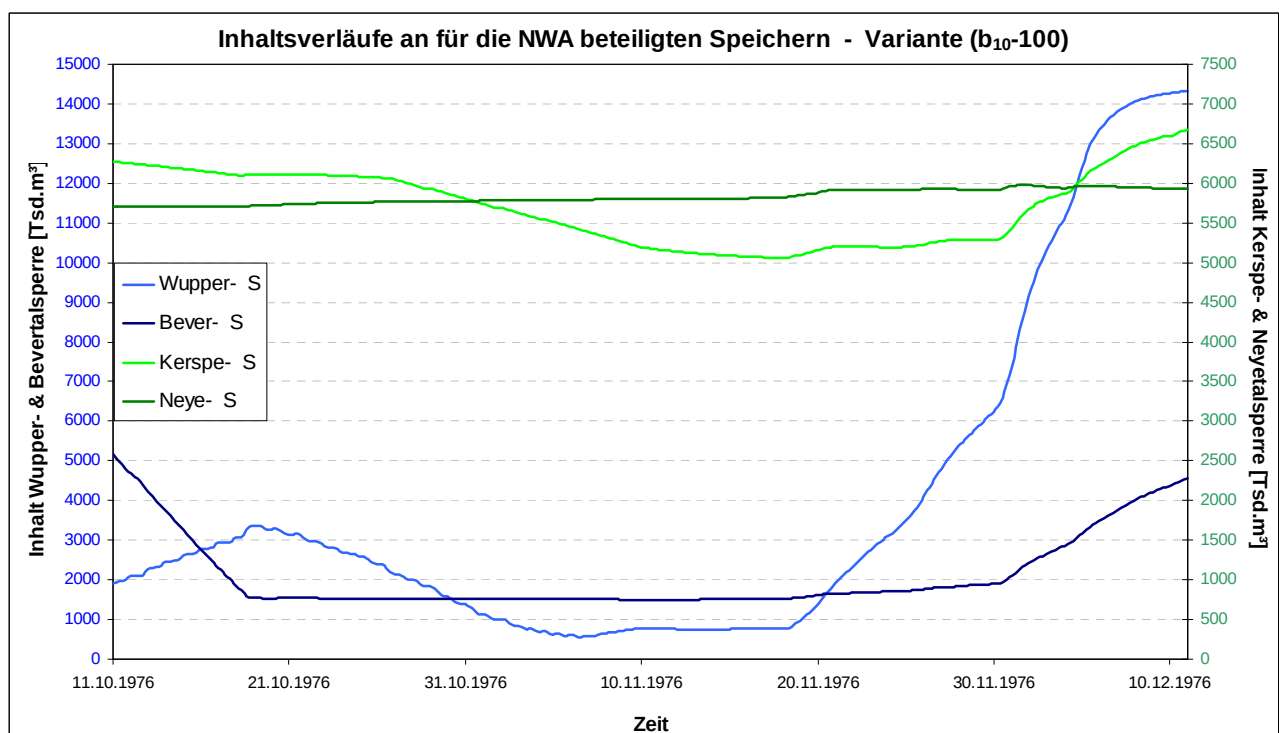
bbildung 50: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (e₁-100)
Okt. Nov. 1976



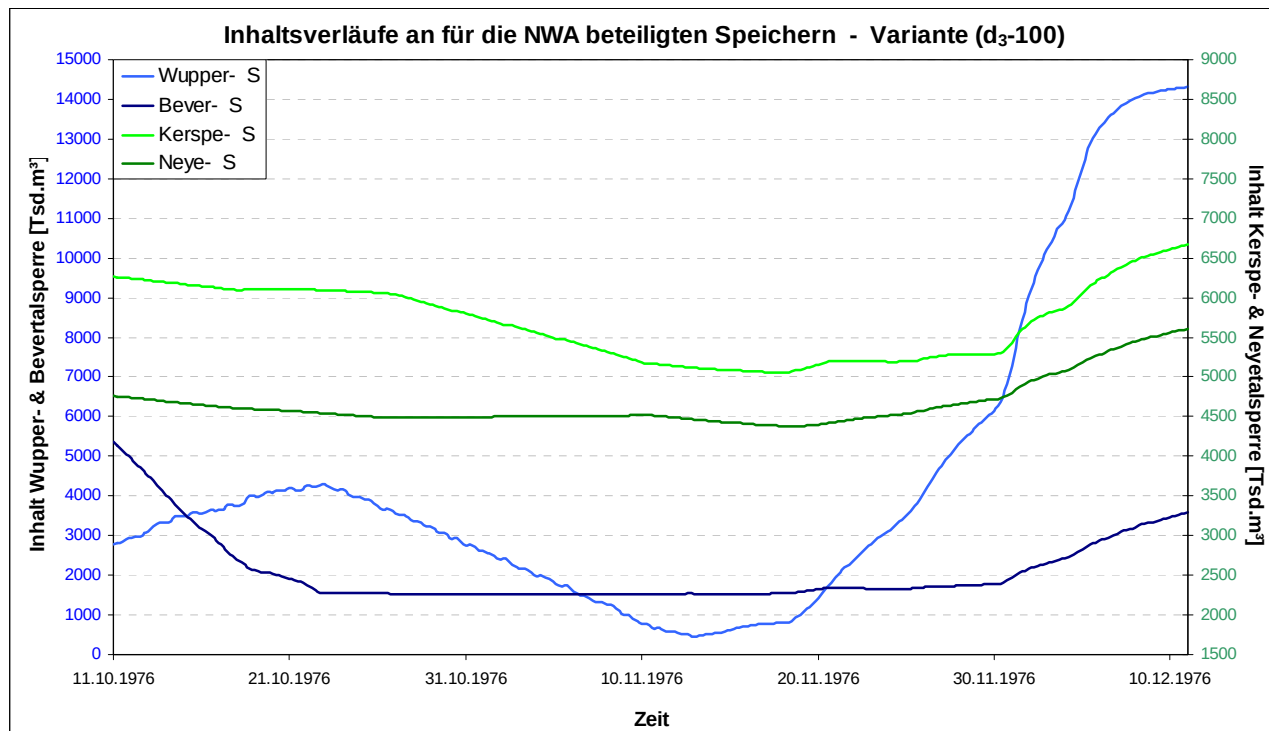
bbildung 51: Speicherinhaltsverläufe: ariante (a₁-100) Okt. Nov. 1976



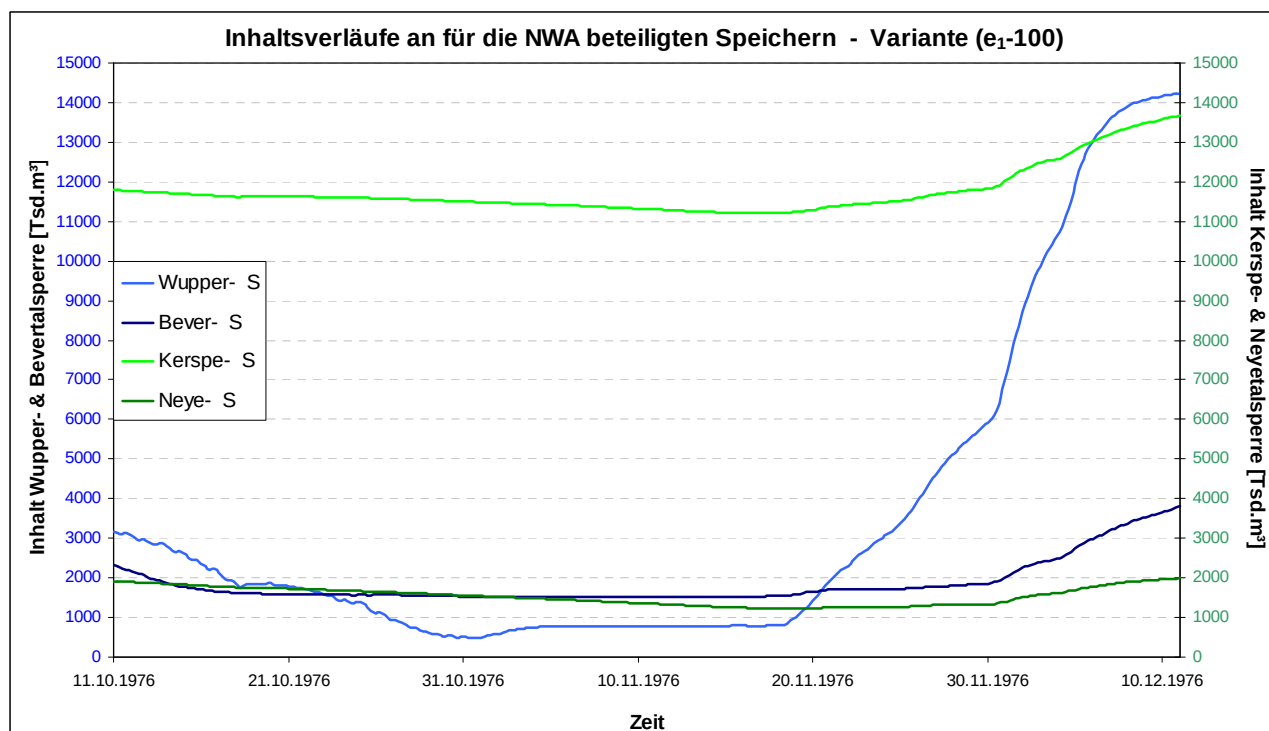
bbildung 52: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₂-100) Okt. Nov. 1976



bbildung 53: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₁₀-100) Okt. Nov. 1976

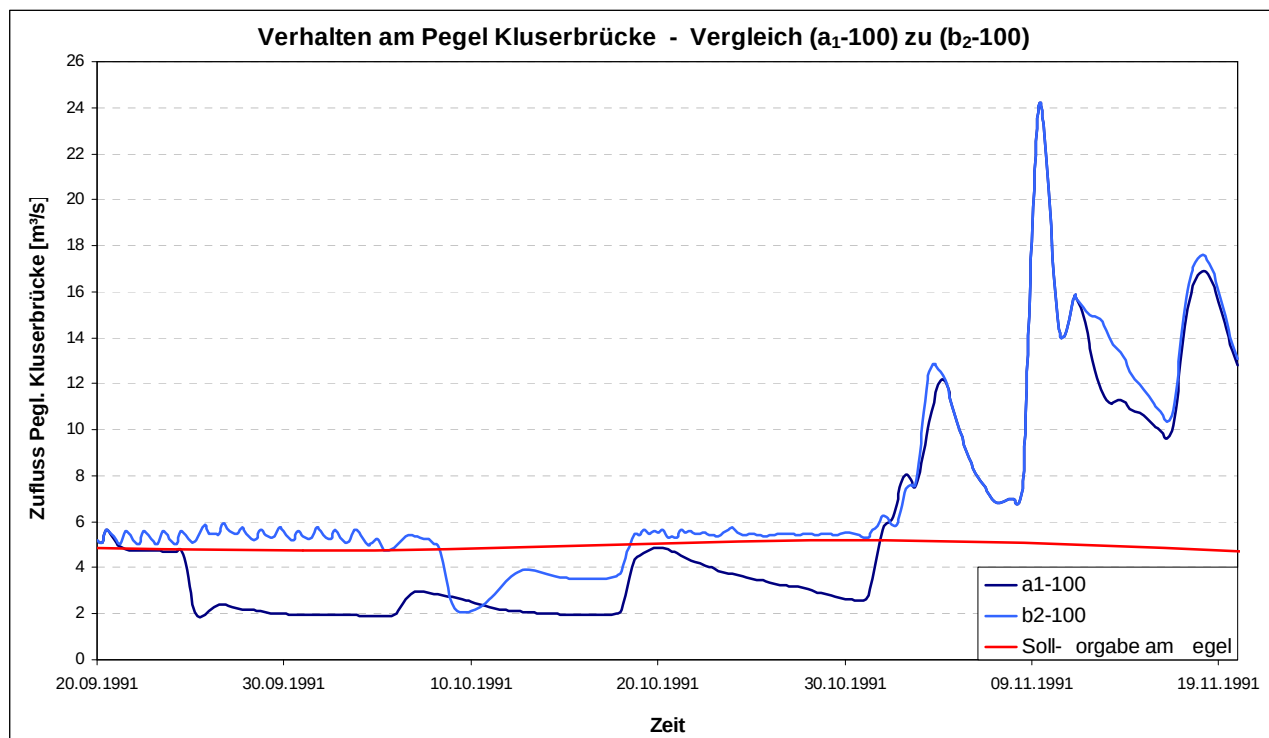


bbildung 54: Speicherinhaltsverläufe: ariante (d₃-100) Okt. Nov. 1976

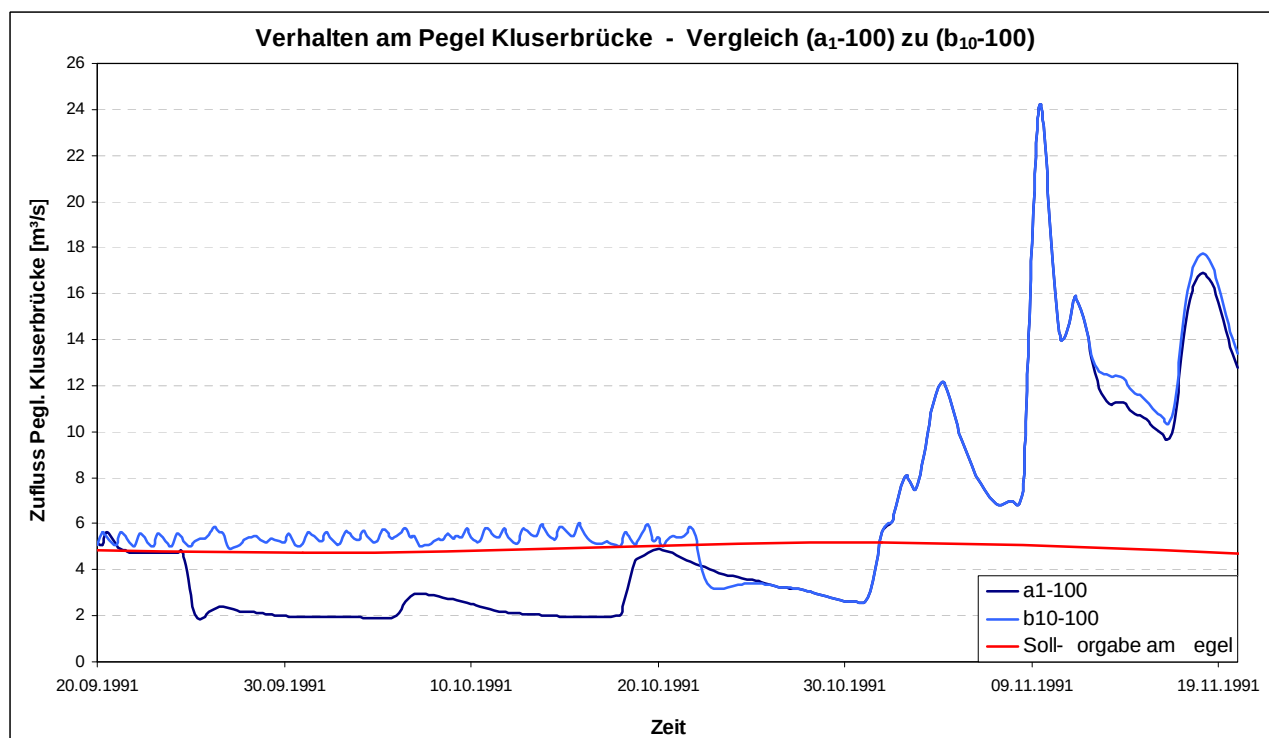


bbildung 55: Speicherinhaltsverläufe: ariante (e₁-100) Okt. Nov. 1976

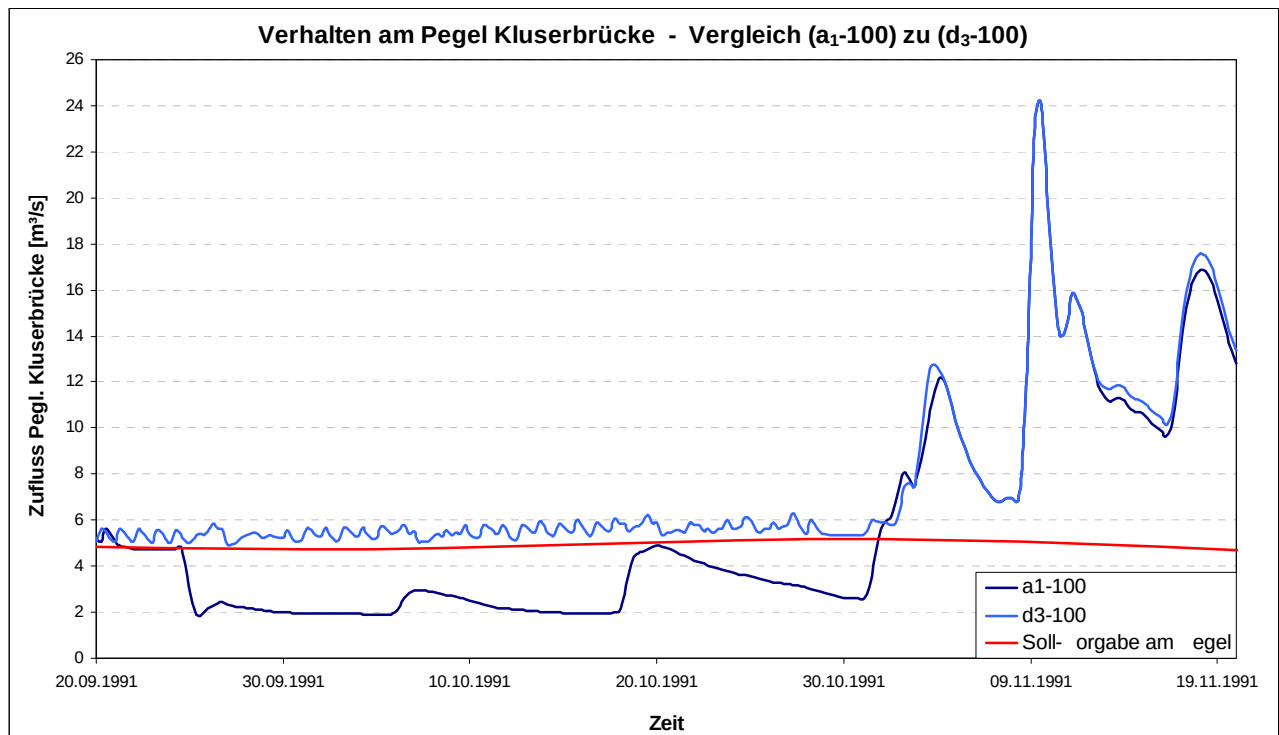
2.2.5 Oktober bis November 1991



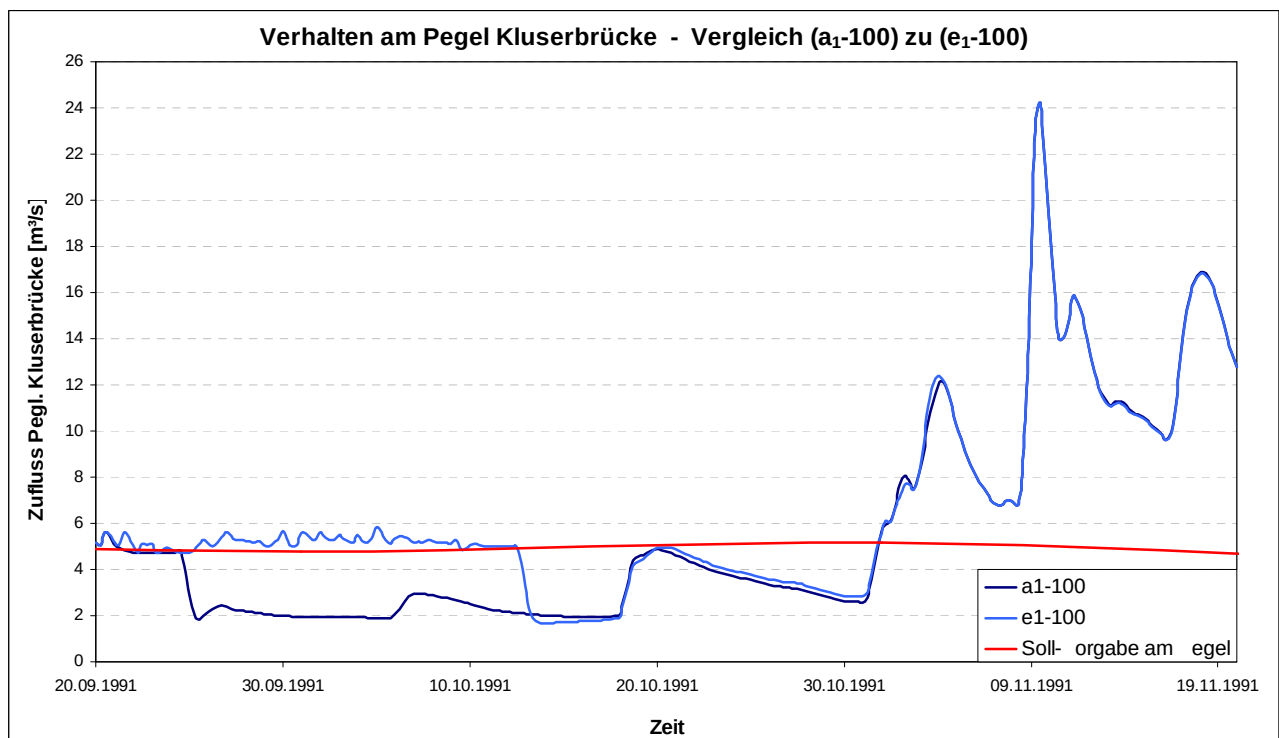
bbildung 56: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a_1-100) mit (b_2-100) Okt. Nov 1991



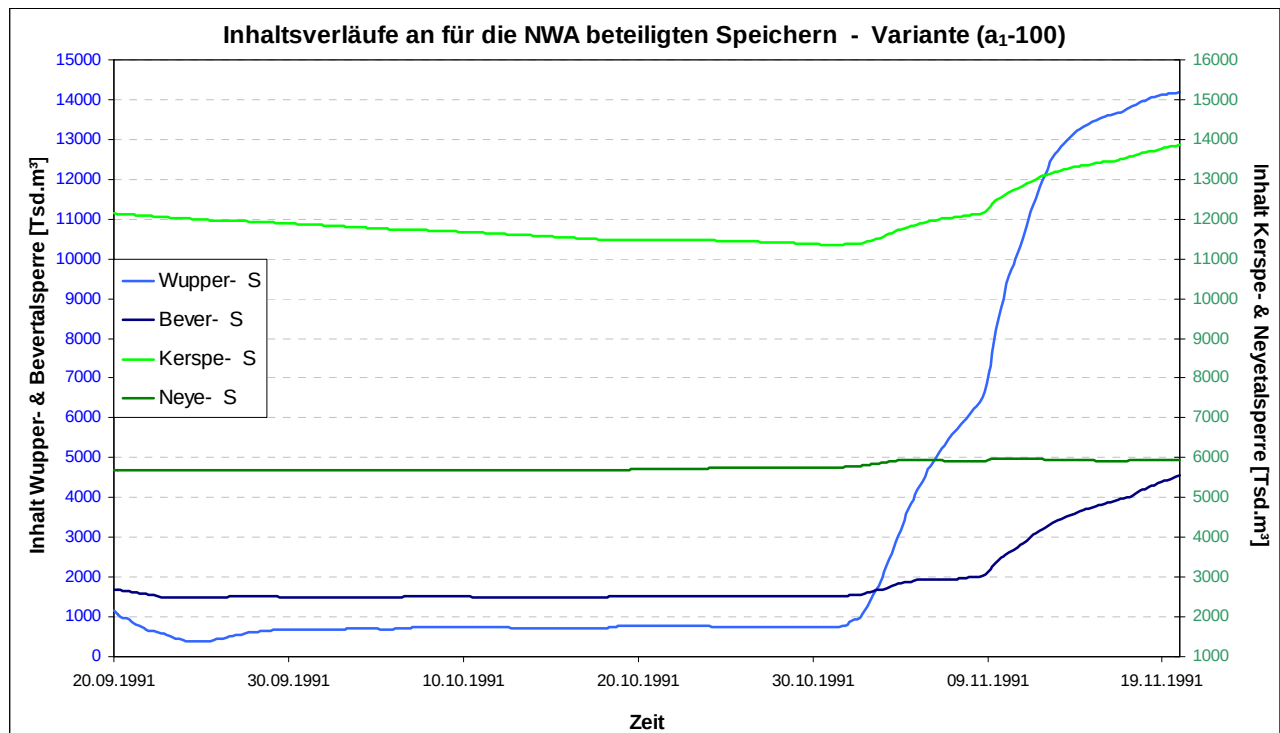
bbildung 57: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a_1-100) mit ($b_{10}-100$) Okt. Nov 1991



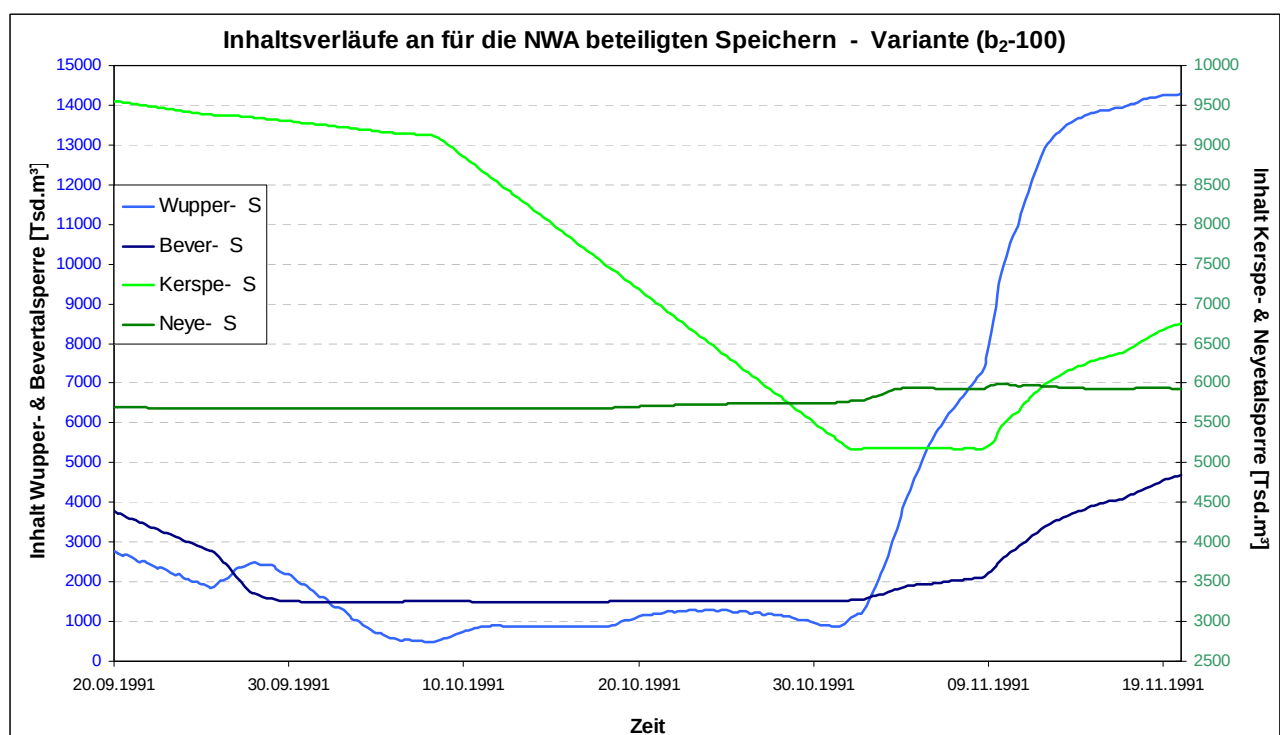
bbildung 58: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (d₃-100)
Okt. Nov 1991



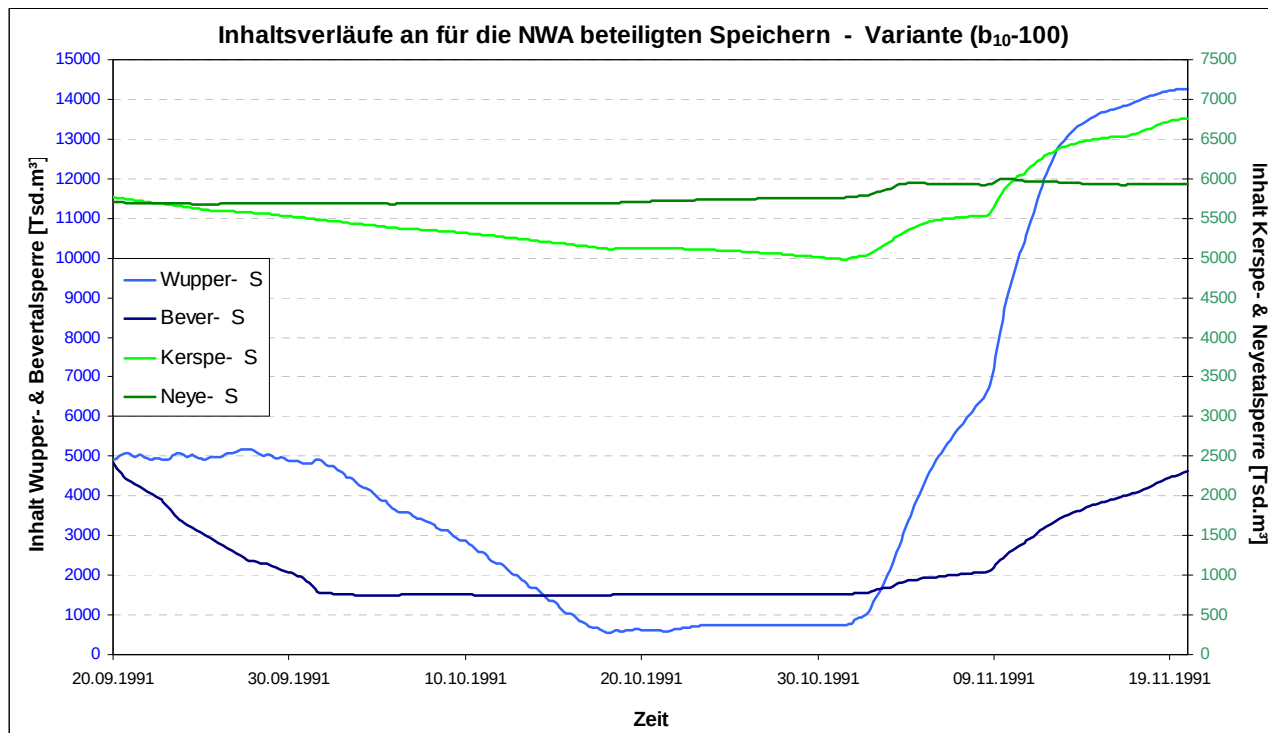
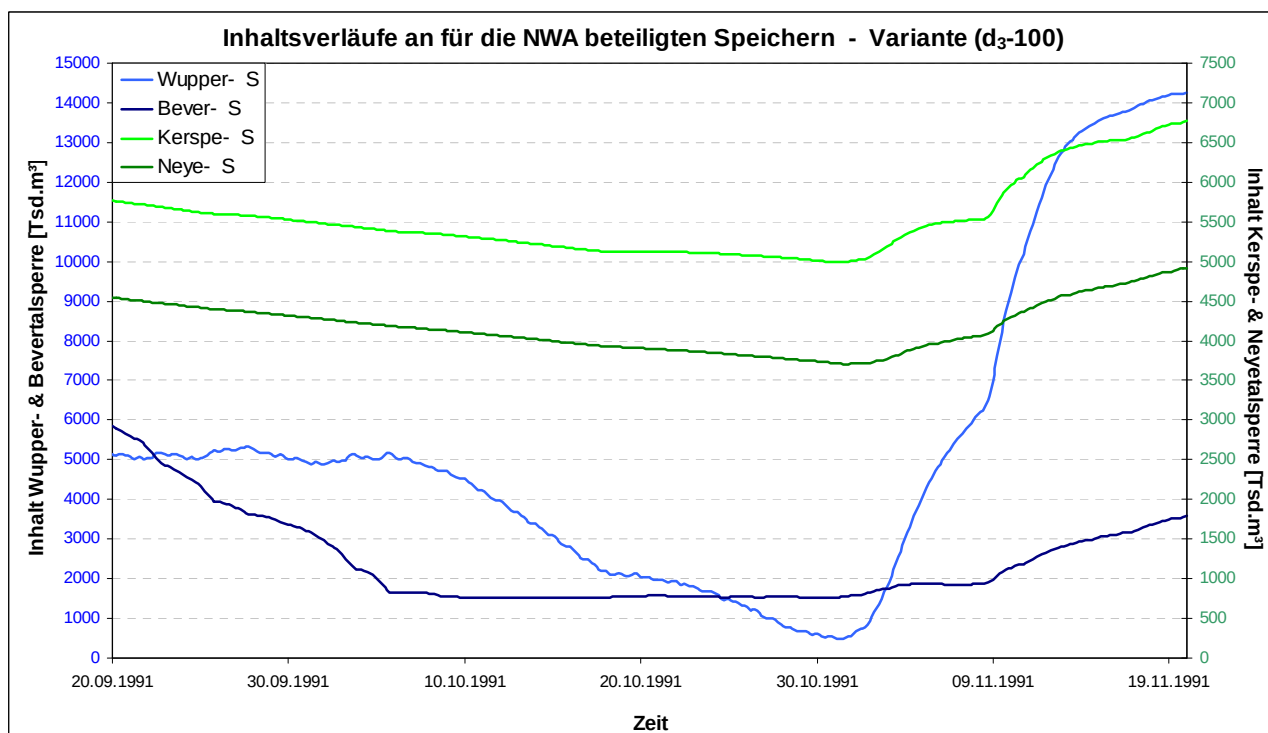
bbildung 59: Zulauf am egel Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (e₁-100)
Okt. Nov 1991



bbildung 60: Speicherinhaltsverläufe: ariante (a₁-100) Okt. Nov 1991



bbildung 61: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₂-100) Okt. Nov 1991

Abbildung 62: Speicherinhaltsverläufe: Variante (b₁₀-100) Okt. Nov 1991Abbildung 63: Speicherinhaltsverläufe: Variante (d₃-100) Okt. Nov 1991

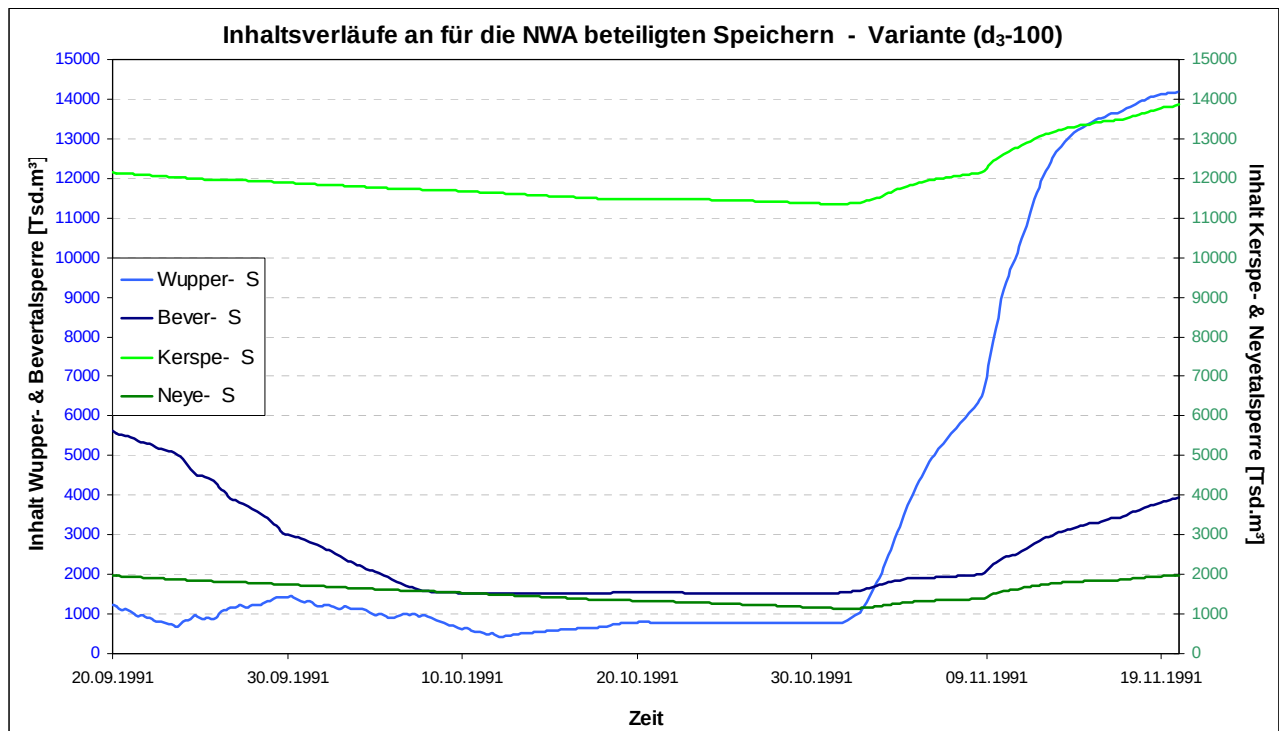


Abbildung 64: Speicherinhaltsverläufe: Variante (e₁-100) Okt. Nov 1991

2.2.6 Oktober 1996

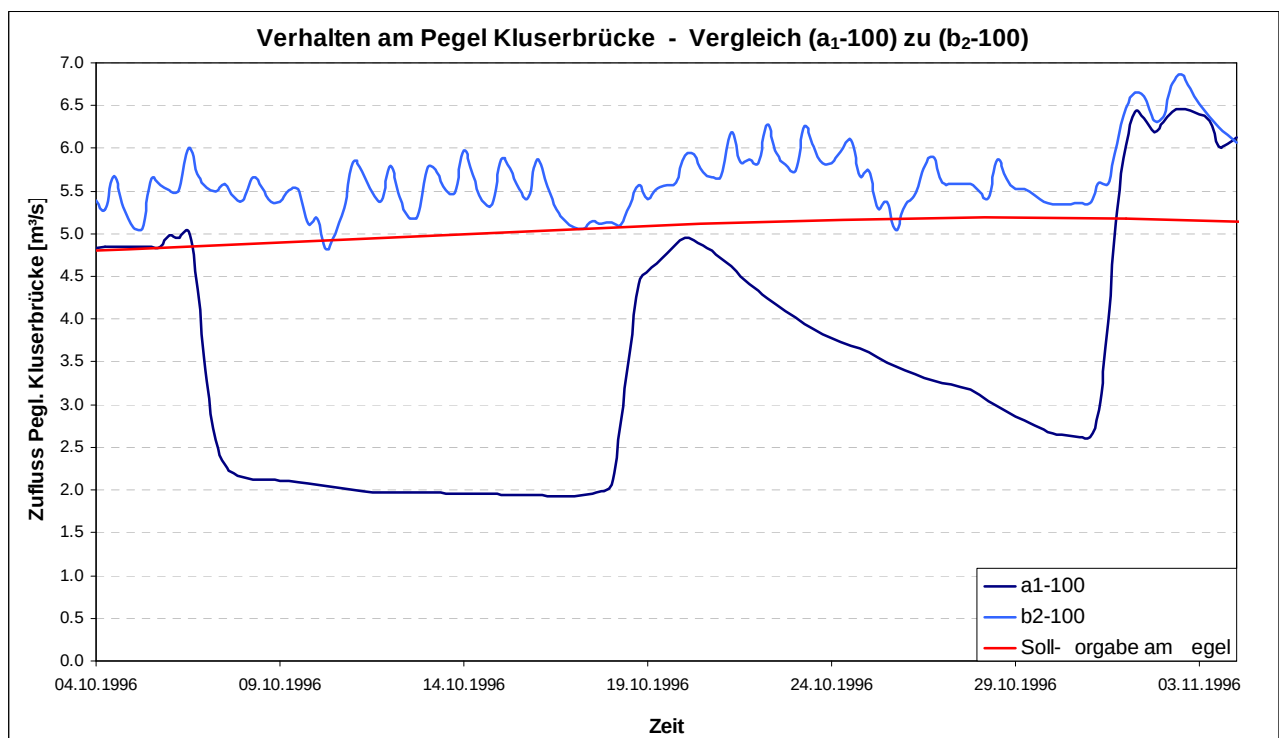
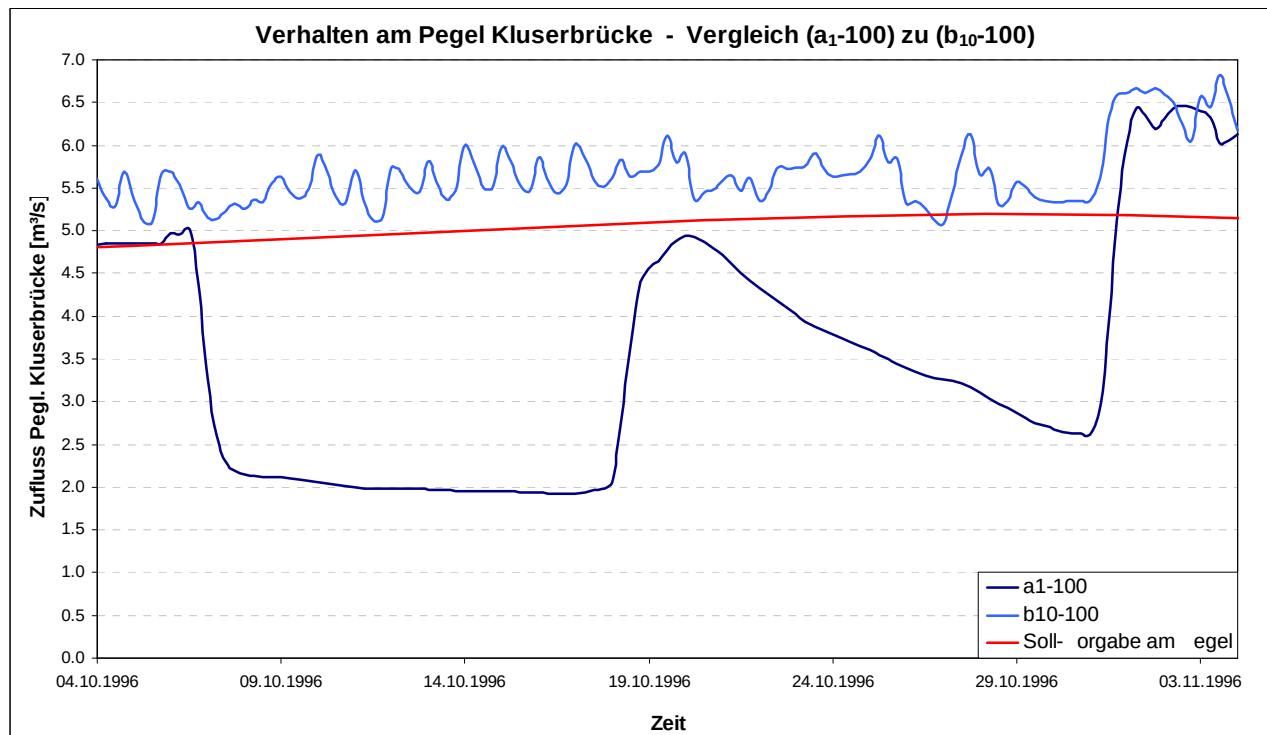
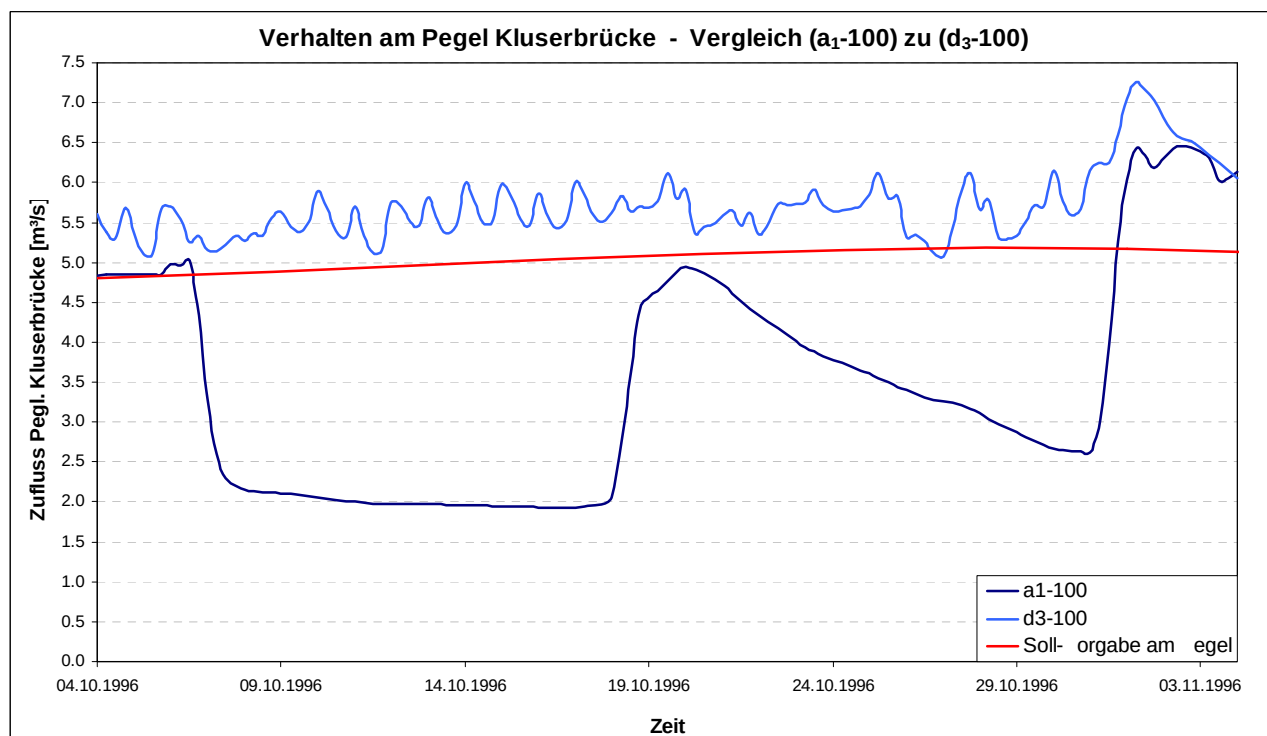


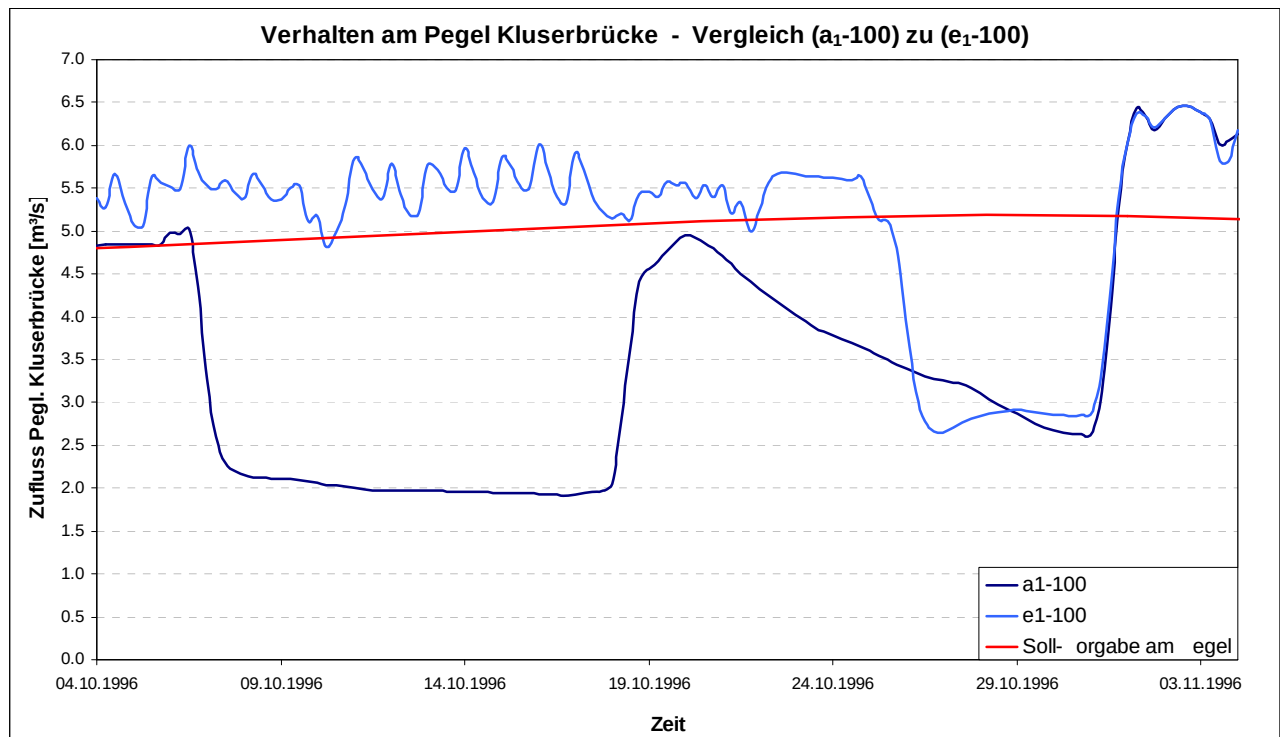
Abbildung 65: Zulauf am Pegel Kluserbrücke: Vergleich Variante (a₁-100) mit (b₂-100) Okt. 1996



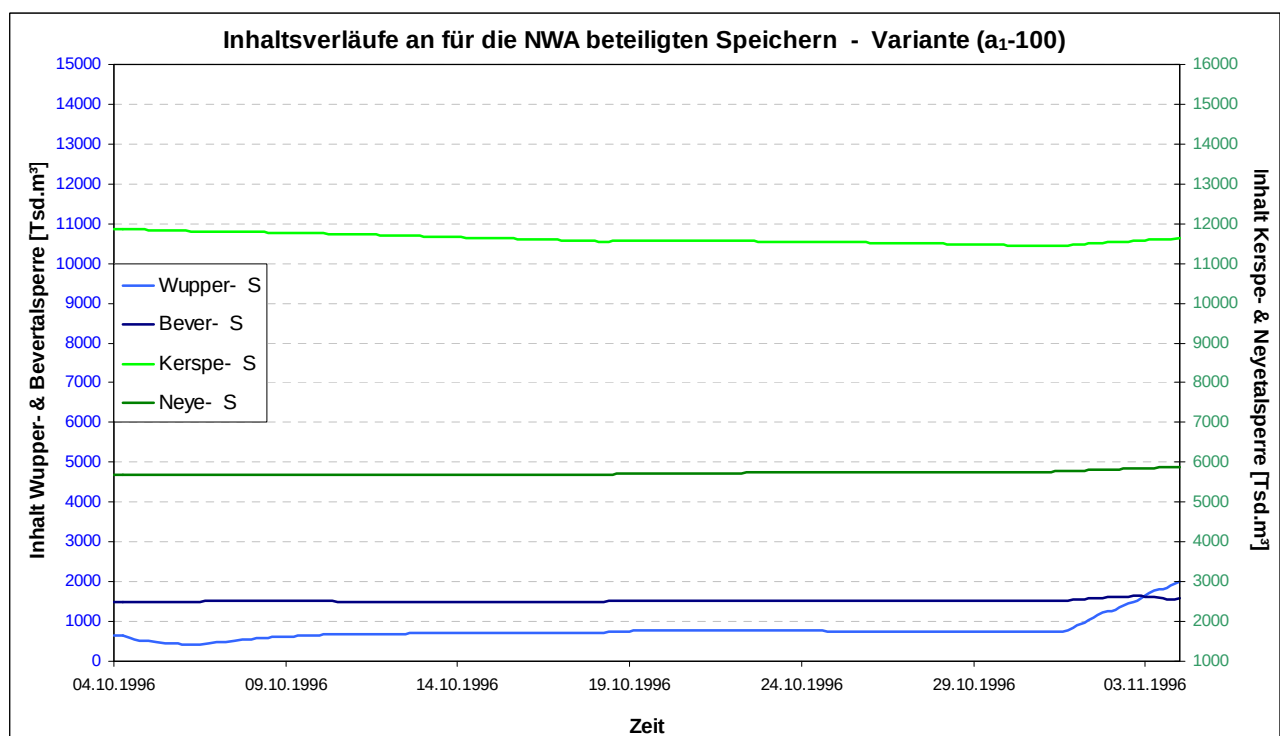
bbildung 66: Zulauf am eger Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (b₁₀-100) Okt. 1996



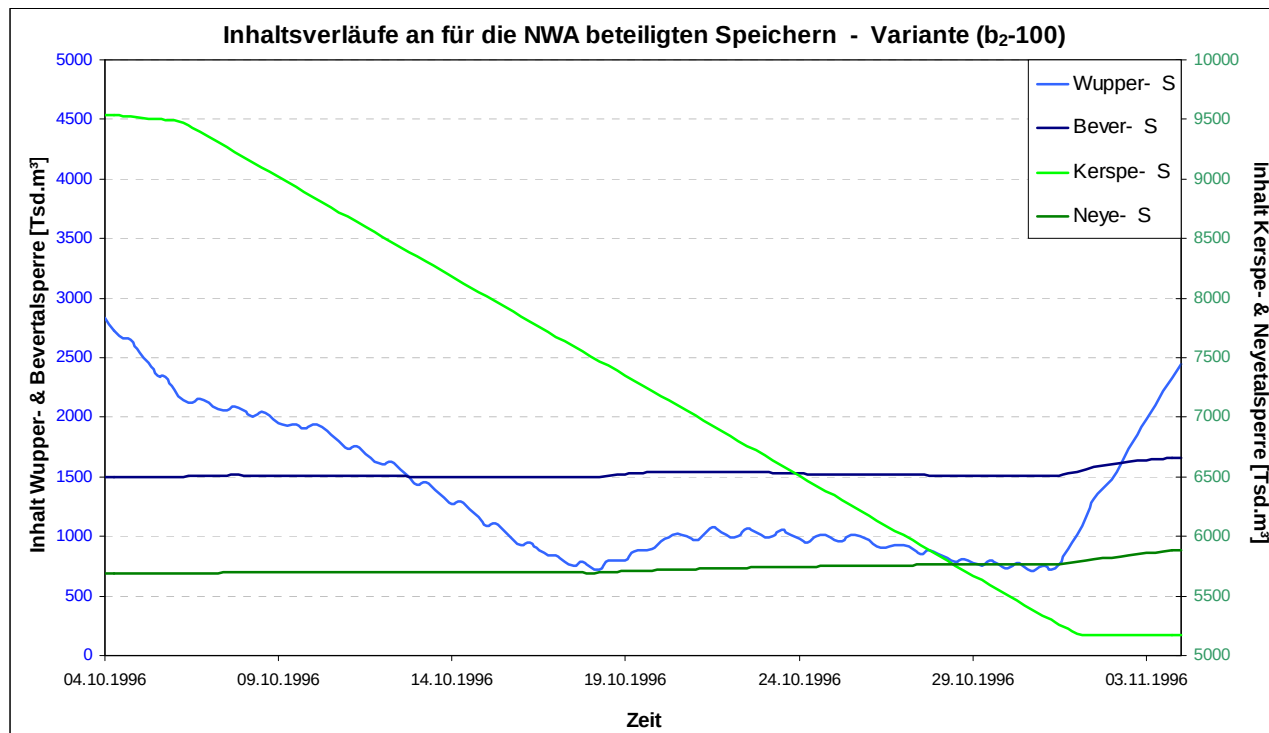
bbildung 67: Zulauf am eger Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (d₃-100) Okt. 1996



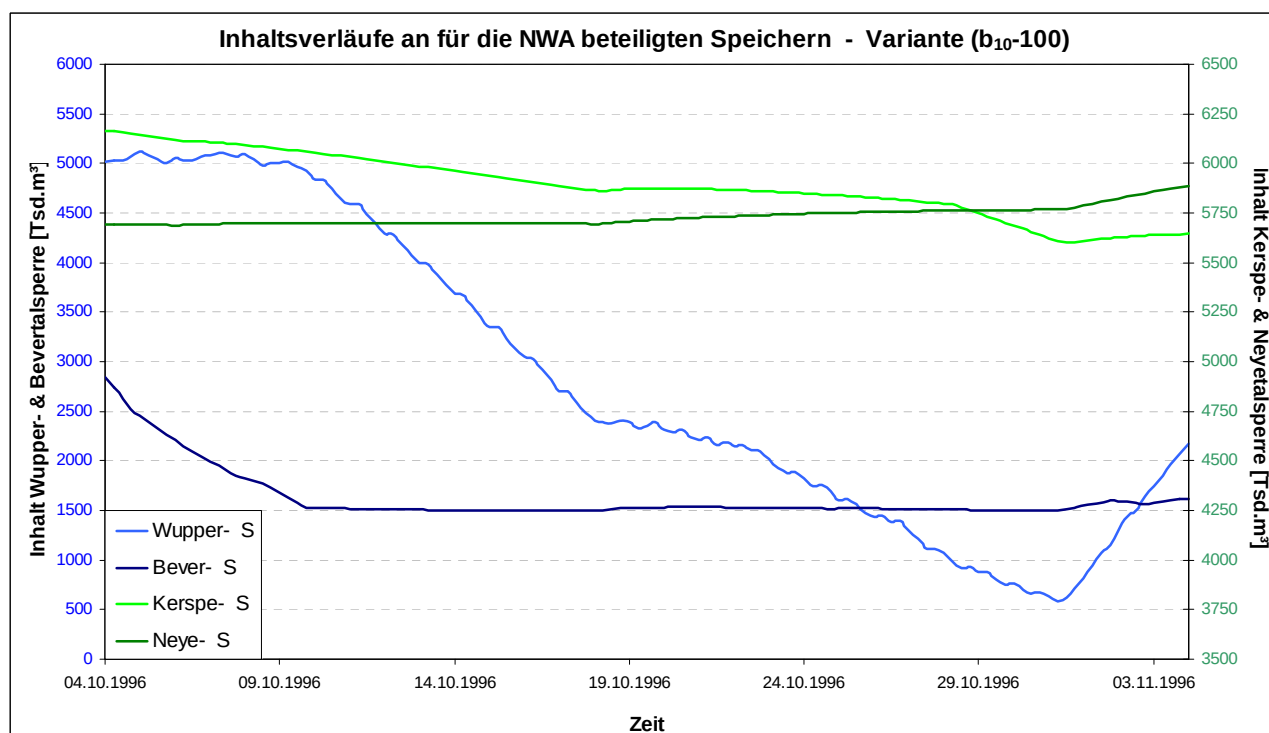
bbildung 68: Zulauf am ege Kluserbrücke: ergleich ariante (a₁-100) mit (e₁-100) Okt. 1996



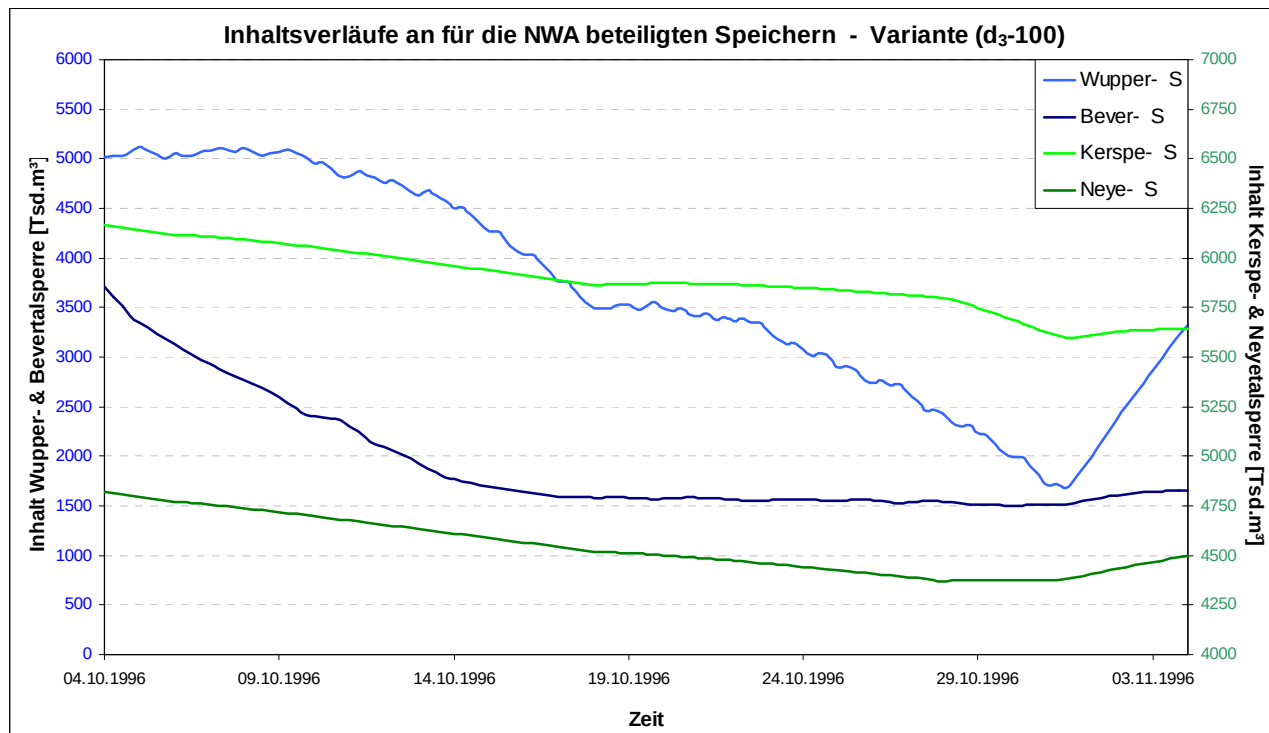
bbildung 69: Speicherinhaltsverläufe: ariante (a₁-100) Okt. 1996



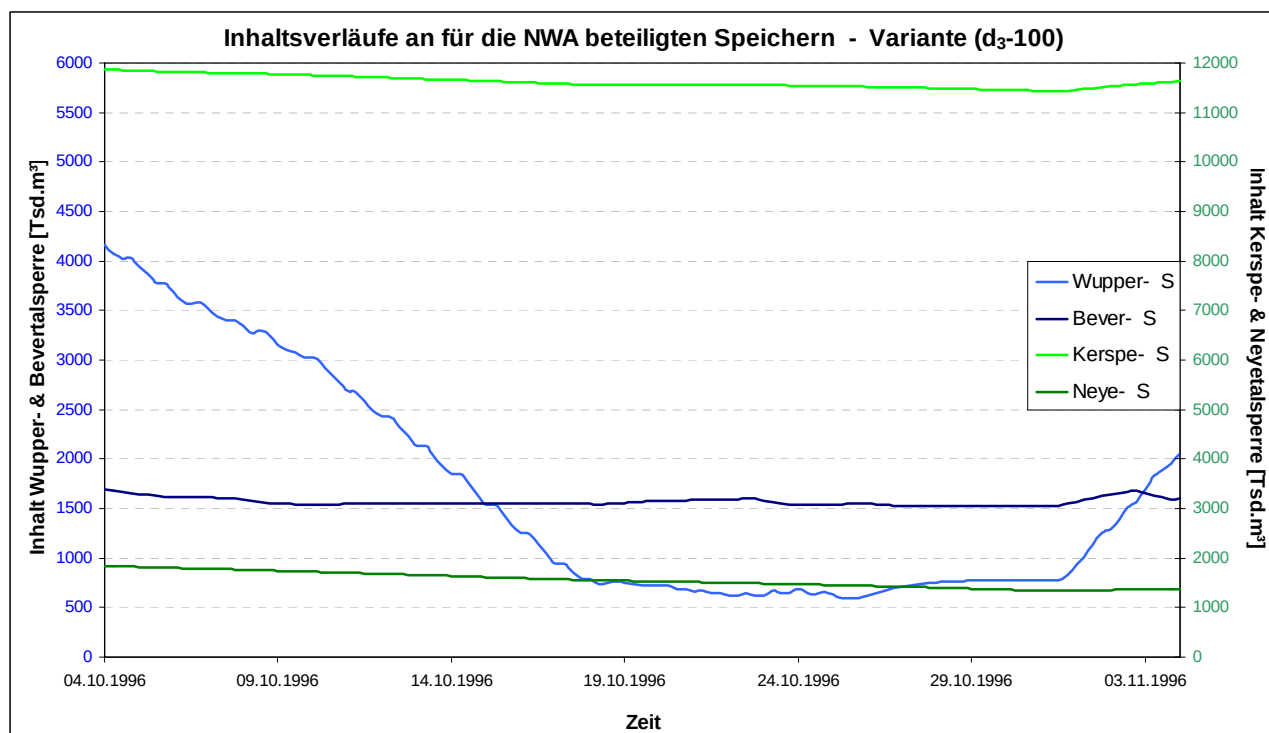
bbildung 70: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₂-100) Okt. 1996



bbildung 71: Speicherinhaltsverläufe: ariante (b₁₀-100) Okt. 1996



bbildung 72: Speicherinhaltsverläufe: ariante (d₃-100) Okt. 1996



bbildung 73: Speicherinhaltsverläufe: ariante (e₁-100) Okt. 1996

2.3 Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke

Abbildung 4: Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1901-2003

hydrologisches Jahr		Zuflussfracht am Pegel Kluserbrücke					
		a ₁ -100	b ₂ -100	b ₁₀ -100	d ₃ -100	e ₁ -100	f ₁ -100
von	bis	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[Mio.m³]	[Mio.m³]
Nov.1901	Okt.1902	229,963	232,961	232,961	232,961	232,955	207,537
Nov.1902	Okt.1903	230,736	228,889	234,710	236,359	231,540	245,682
Nov.1903	Okt.1904	246,399	245,326	241,966	240,751	242,766	251,287
Nov.1904	Okt.1905	177,016	178,463	178,340	178,624	178,463	154,441
Nov.1905	Okt.1906	269,782	268,245	270,243	270,389	268,424	293,075
Nov.1906	Okt.1907	252,553	252,571	248,808	248,213	252,592	250,962
Nov.1907	Okt.1908	215,829	215,829	215,480	215,368	215,829	201,760
Nov.1908	Okt.1909	255,328	253,935	254,455	254,360	255,352	256,494
Nov.1909	Okt.1910	213,614	216,833	219,241	219,241	214,938	220,654
Nov.1910	Okt.1911	303,447	301,652	299,152	299,323	302,158	310,103
Nov.1911	Okt.1912	235,120	241,011	240,965	242,532	239,545	216,255
Nov.1912	Okt.1913	261,360	255,488	260,248	259,009	257,292	279,441
Nov.1913	Okt.1914	272,567	272,553	268,022	267,753	272,401	268,885
Nov.1914	Okt.1915	366,665	366,640	366,665	366,640	366,640	357,744
Nov.1915	Okt.1916	198,562	194,014	200,345	198,025	194,014	191,415
Nov.1916	Okt.1917	314,628	319,075	312,959	315,212	319,074	323,560
Nov.1917	Okt.1918	255,058	254,993	254,121	254,121	254,993	253,865
Nov.1918	Okt.1919	199,021	199,021	201,872	201,872	198,918	197,657
Nov.1919	Okt.1920	212,959	217,441	218,051	219,168	217,514	203,692
Nov.1920	Okt.1921	268,697	264,164	265,983	265,295	264,377	289,709
Nov.1921	Okt.1922	171,879	176,414	176,053	178,129	176,510	151,687
Nov.1922	Okt.1923	232,474	229,049	232,344	234,168	232,445	244,443
Nov.1923	Okt.1924	297,729	296,658	290,472	286,537	293,355	304,979
Nov.1924	Okt.1925	353,402	353,402	353,402	353,402	353,402	353,450
Nov.1925	Okt.1926	313,324	313,324	313,324	313,324	313,324	300,193
Nov.1926	Okt.1927	361,973	361,973	361,967	361,967	361,974	368,352
Nov.1927	Okt.1928	344,031	344,031	344,031	344,031	344,031	339,739
Nov.1928	Okt.1929	274,223	274,223	273,877	273,877	274,223	271,712
Nov.1929	Okt.1930	203,367	209,403	211,713	215,033	208,001	194,671
Nov.1930	Okt.1931	230,922	226,220	230,790	231,805	230,881	244,425
Nov.1931	Okt.1932	308,728	307,473	301,583	297,432	304,394	315,865
Nov.1932	Okt.1933	347,581	347,581	347,581	347,581	347,581	335,963
Nov.1933	Okt.1934	265,116	265,116	265,085	265,085	265,116	263,444
Nov.1934	Okt.1935	201,905	207,974	210,006	213,347	206,593	193,418
Nov.1935	Okt.1936	307,420	301,435	300,002	299,276	302,912	328,016
Nov.1936	Okt.1937	274,748	274,748	274,620	272,146	274,748	270,179
Nov.1937	Okt.1938	260,412	260,412	259,433	259,194	260,412	252,098
Nov.1938	Okt.1939	196,267	196,267	199,525	195,908	196,267	192,484
Nov.1939	Okt.1940	232,834	232,553	234,251	234,179	232,834	242,917
Nov.1940	Okt.1941	215,763	216,127	213,228	215,251	215,772	207,225
Nov.1941	Okt.1942	272,938	272,844	272,007	273,530	272,930	287,169
Nov.1942	Okt.1943	243,269	243,269	243,269	243,270	243,269	231,865
Nov.1943	Okt.1944	206,855	204,124	206,357	206,357	206,791	202,795
Nov.1944	Okt.1945	277,141	279,746	277,837	277,837	277,341	278,992
Nov.1945	Okt.1946	353,292	353,335	353,076	353,101	353,158	353,800
Nov.1946	Okt.1947	318,894	318,865	318,893	318,866	318,894	331,386
Nov.1947	Okt.1948	177,170	180,158	180,031	180,031	180,031	153,758
Nov.1948	Okt.1949	310,089	307,102	307,299	307,604	307,410	332,510
Nov.1949	Okt.1950	242,961	247,849	247,326	247,537	247,283	221,631
Nov.1950	Okt.1951	246,667	242,018	245,860	247,504	246,418	249,729
Nov.1951	Okt.1952	321,470	321,245	318,077	316,088	317,577	328,698
Nov.1952	Okt.1953	276,169	276,169	276,169	276,169	276,169	272,847
Nov.1953	Okt.1954	233,338	233,338	233,457	233,334	233,459	244,874

Nov.1954	Okt.1955	286,267	286,267	286,147	286,267	286,147	274,433
Nov.1955	Okt.1956	262,060	262,060	261,875	261,875	262,060	262,401
Nov.1956	Okt.1957	307,514	307,510	307,678	307,679	307,517	320,352
Nov.1957	Okt.1958	329,357	329,357	329,350	329,350	329,358	329,096
Nov.1958	Okt.1959	330,581	330,581	330,573	330,573	330,582	330,320
Nov.1959	Okt.1960	170,220	174,656	176,526	177,826	174,994	151,284
Nov.1960	Okt.1961	313,577	309,146	307,255	306,011	308,914	331,663
Nov.1961	Okt.1962	323,899	323,899	323,890	323,889	323,900	323,616
Nov.1962	Okt.1963	269,409	269,409	269,343	269,343	269,409	264,212
Nov.1963	Okt.1964	233,073	238,927	239,063	239,232	237,447	217,933
Nov.1964	Okt.1965	140,011	140,627	140,581	146,140	141,800	141,357
Nov.1965	Okt.1966	300,942	296,204	295,991	292,866	297,846	306,993
Nov.1966	Okt.1967	316,388	316,388	316,514	314,243	313,862	328,262
Nov.1967	Okt.1968	289,337	289,337	289,320	289,320	289,337	275,810
Nov.1968	Okt.1969	320,459	320,459	320,464	320,464	320,459	323,537
Nov.1969	Okt.1970	233,554	236,259	236,175	236,175	236,259	220,759
Nov.1970	Okt.1971	280,224	277,494	278,492	278,552	277,940	302,476
Nov.1971	Okt.1972	230,622	236,408	235,599	237,881	234,820	213,085
Nov.1972	Okt.1973	210,272	210,659	213,586	215,197	211,874	201,300
Nov.1973	Okt.1974	193,802	193,889	195,328	196,253	194,124	198,643
Nov.1974	Okt.1975	330,675	324,682	323,134	318,518	324,774	336,980
Nov.1975	Okt.1976	238,829	238,953	238,794	239,176	238,938	239,963
Nov.1976	Okt.1977	222,358	227,169	227,200	226,737	226,834	212,388
Nov.1977	Okt.1978	243,429	238,716	242,713	244,576	243,534	248,742
Nov.1978	Okt.1979	216,965	218,842	218,463	218,619	216,993	225,820
Nov.1979	Okt.1980	251,778	249,753	246,953	245,283	247,625	232,201
Nov.1980	Okt.1981	290,905	291,011	290,566	290,541	290,994	315,806
Nov.1981	Okt.1982	321,570	321,570	321,556	321,555	321,567	321,287
Nov.1982	Okt.1983	268,320	268,320	268,369	268,369	268,320	263,034
Nov.1983	Okt.1984	282,430	282,430	282,371	282,371	282,430	274,136
Nov.1984	Okt.1985	304,858	304,858	304,865	304,865	304,858	318,107
Nov.1985	Okt.1986	270,196	270,196	270,206	270,206	270,145	258,849
Nov.1986	Okt.1987	249,619	249,619	249,353	249,353	249,672	255,566
Nov.1987	Okt.1988	343,043	343,043	343,382	343,382	343,043	336,840
Nov.1988	Okt.1989	295,929	295,929	295,473	295,473	295,929	293,353
Nov.1989	Okt.1990	231,740	231,740	232,097	232,028	231,740	243,652
Nov.1990	Okt.1991	217,047	217,047	217,917	217,921	216,913	206,302
Nov.1991	Okt.1992	204,625	210,456	210,127	212,371	209,308	197,883
Nov.1992	Okt.1993	248,724	243,039	246,627	247,479	248,741	250,360
Nov.1993	Okt.1994	289,189	288,994	285,143	282,217	284,819	305,627
Nov.1994	Okt.1995	352,497	352,497	352,702	352,733	352,497	344,656
Nov.1995	Okt.1996	368,770	368,770	368,549	368,422	368,770	370,261
Nov.1996	Okt.1997	231,738	237,557	237,424	237,632	236,117	217,670
Nov.1997	Okt.1998	203,883	204,478	207,425	211,288	205,578	200,122
Nov.1998	Okt.1999	278,636	272,512	273,523	270,774	273,102	300,939
Nov.1999	Okt.2000	349,914	349,914	347,820	346,906	349,914	349,868
Nov.2000	Okt.2001	331,901	331,901	331,903	331,903	331,902	331,781
Nov.2001	Okt.2002	304,952	304,952	304,964	304,964	304,952	304,796
Nov.2002	Okt.2003	326,325	326,325	326,313	326,313	326,326	326,197
Nov.2003	Okt.2004	252,922	252,922	252,920	252,920	252,921	251,201

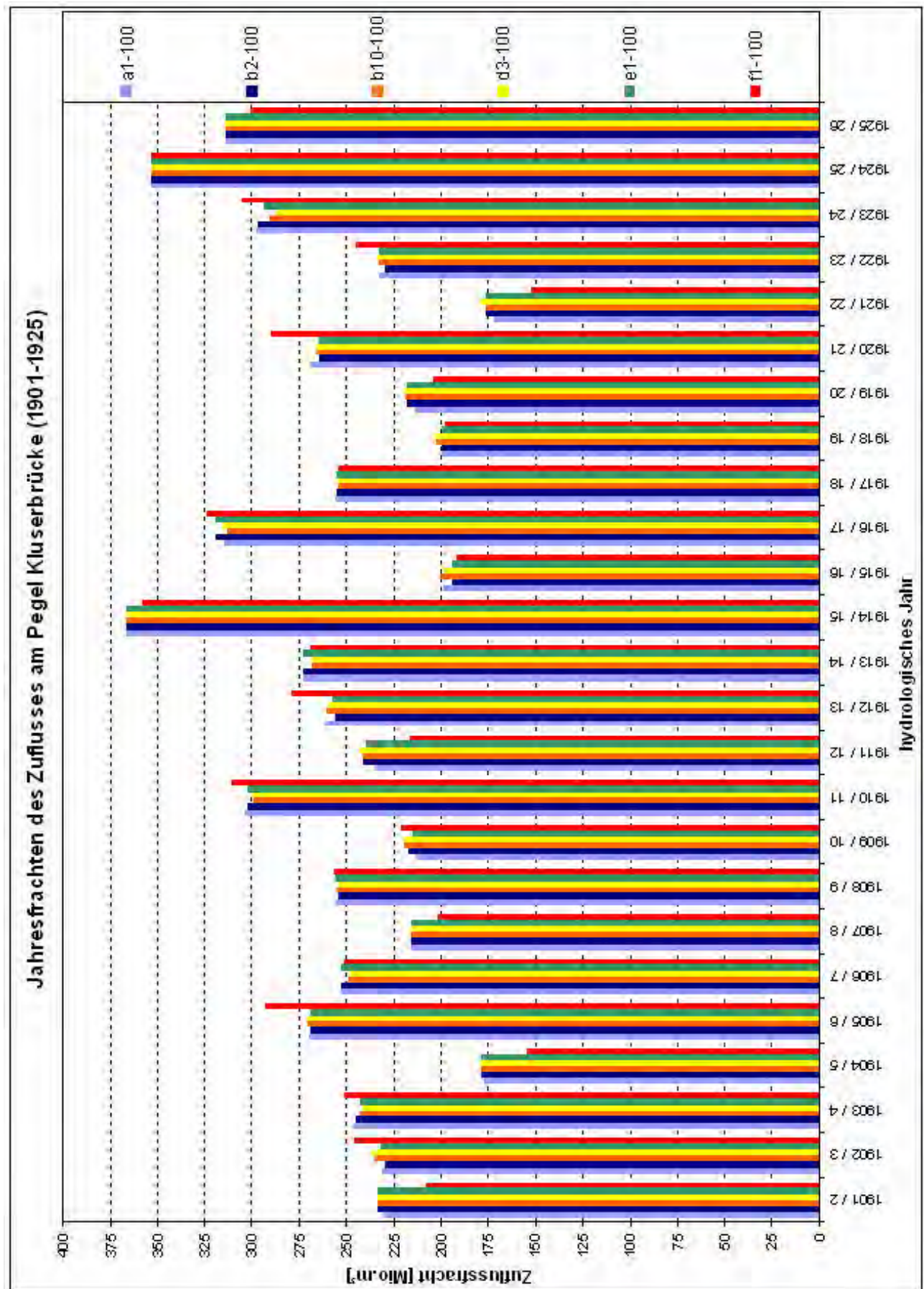


Abbildung 74: Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1901-1925

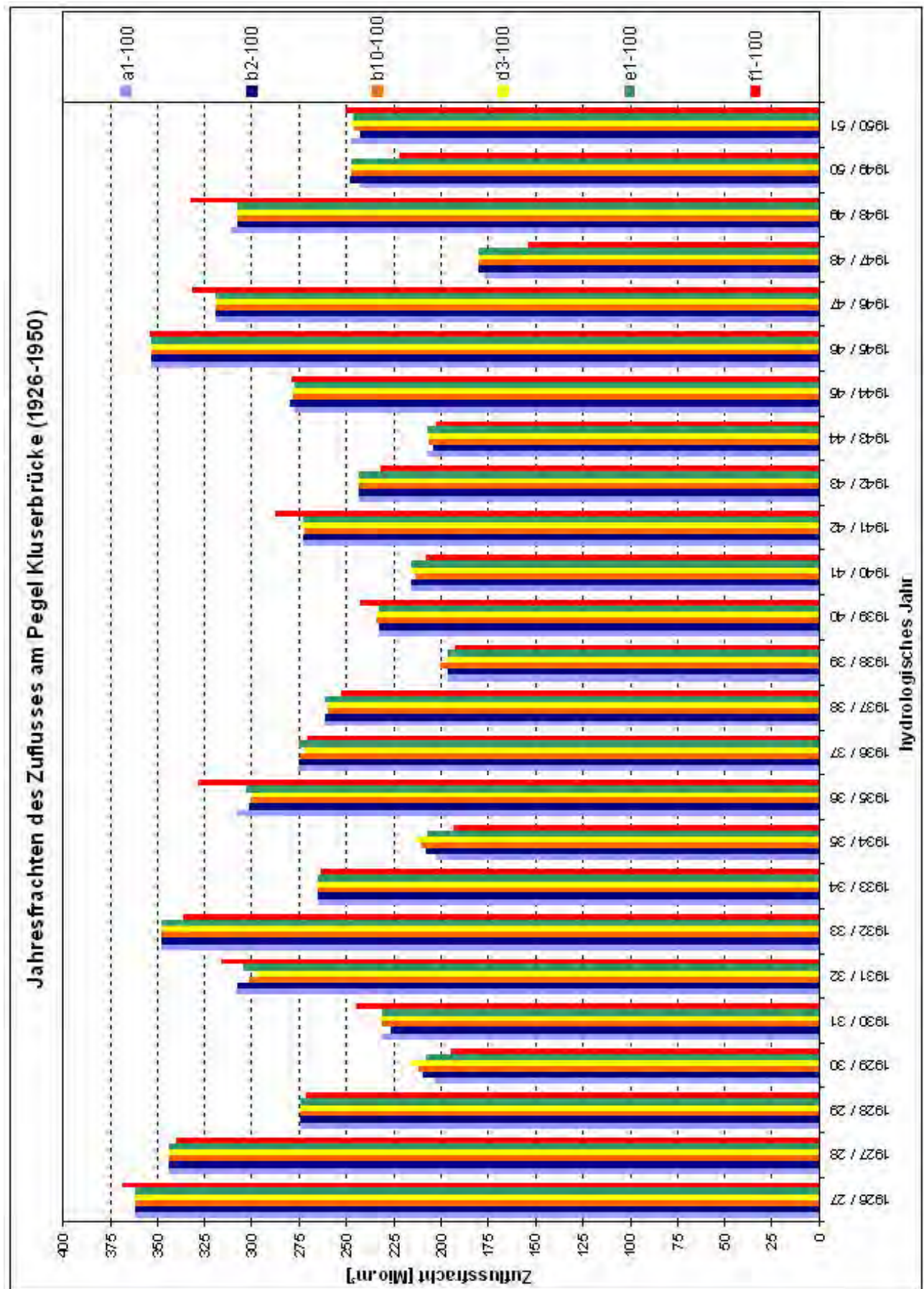


Abbildung 75: Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1926-1950

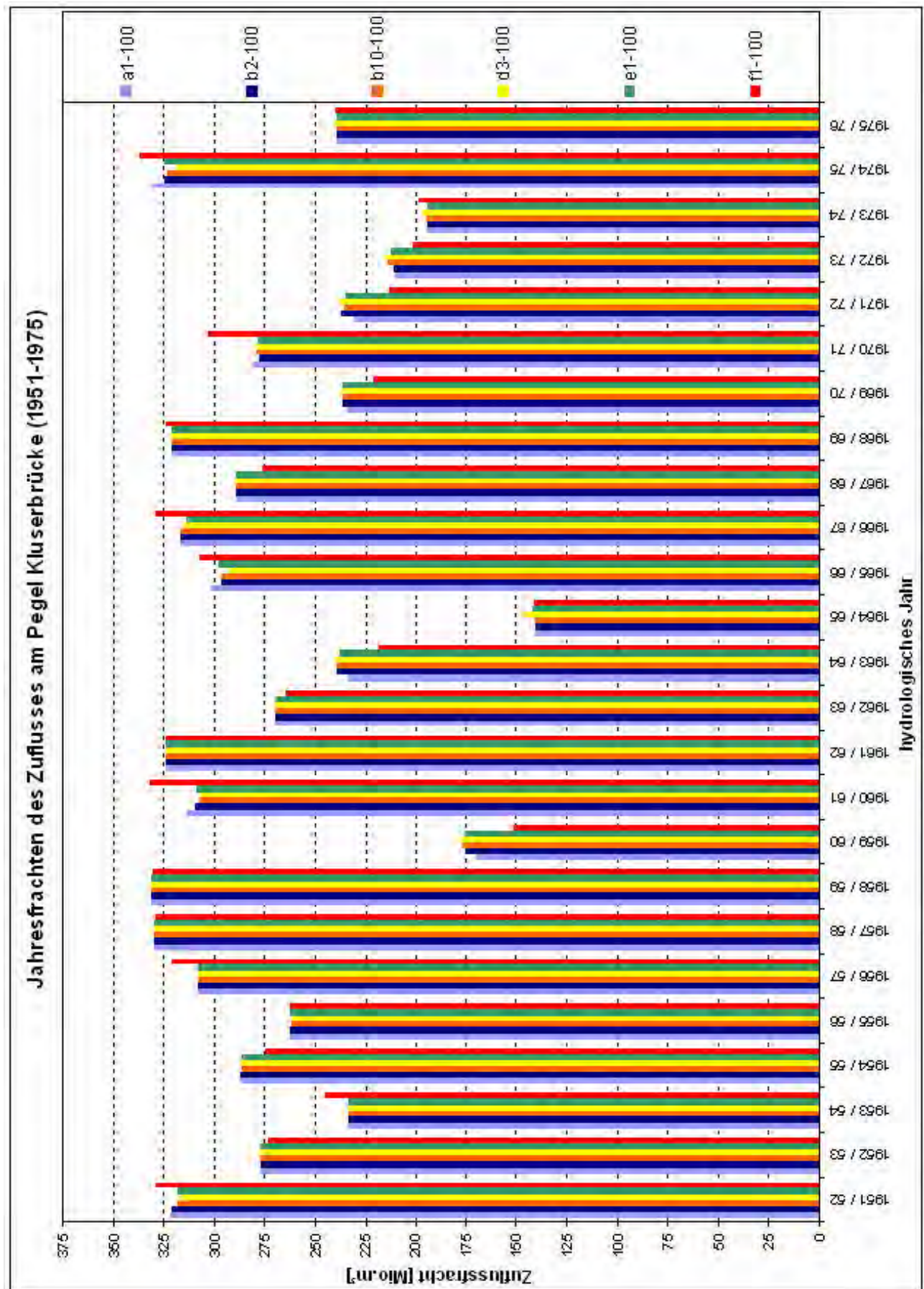


Abbildung 76: Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1951-1975

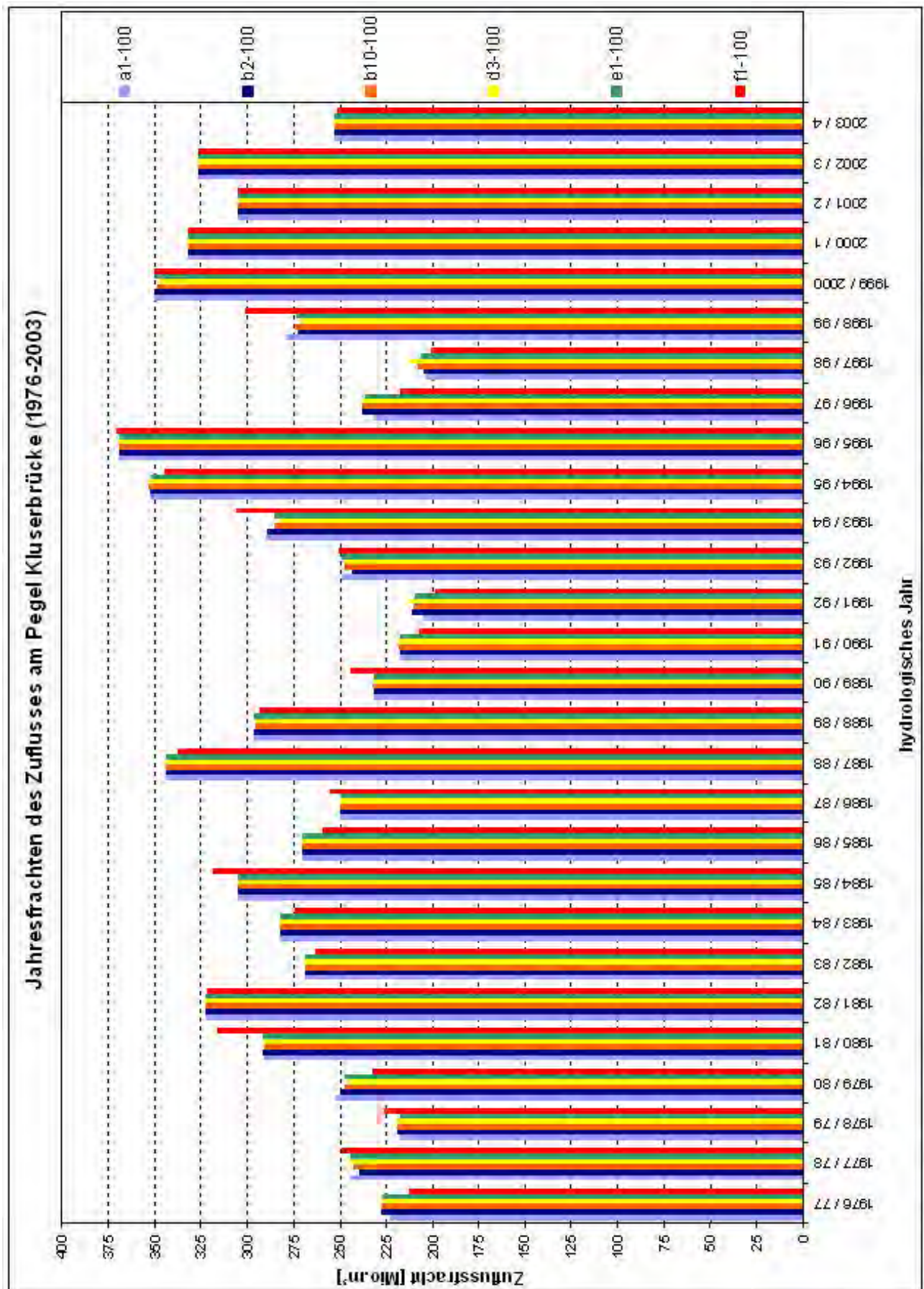
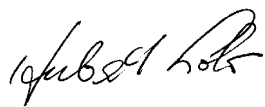


Abbildung 77: Jahresfrachten des Zuflusses am Pegel Kluserbrücke 1976-2003

Darmstadt, 10. Mai 2005



Dr.-Ing. Hubert Lohr

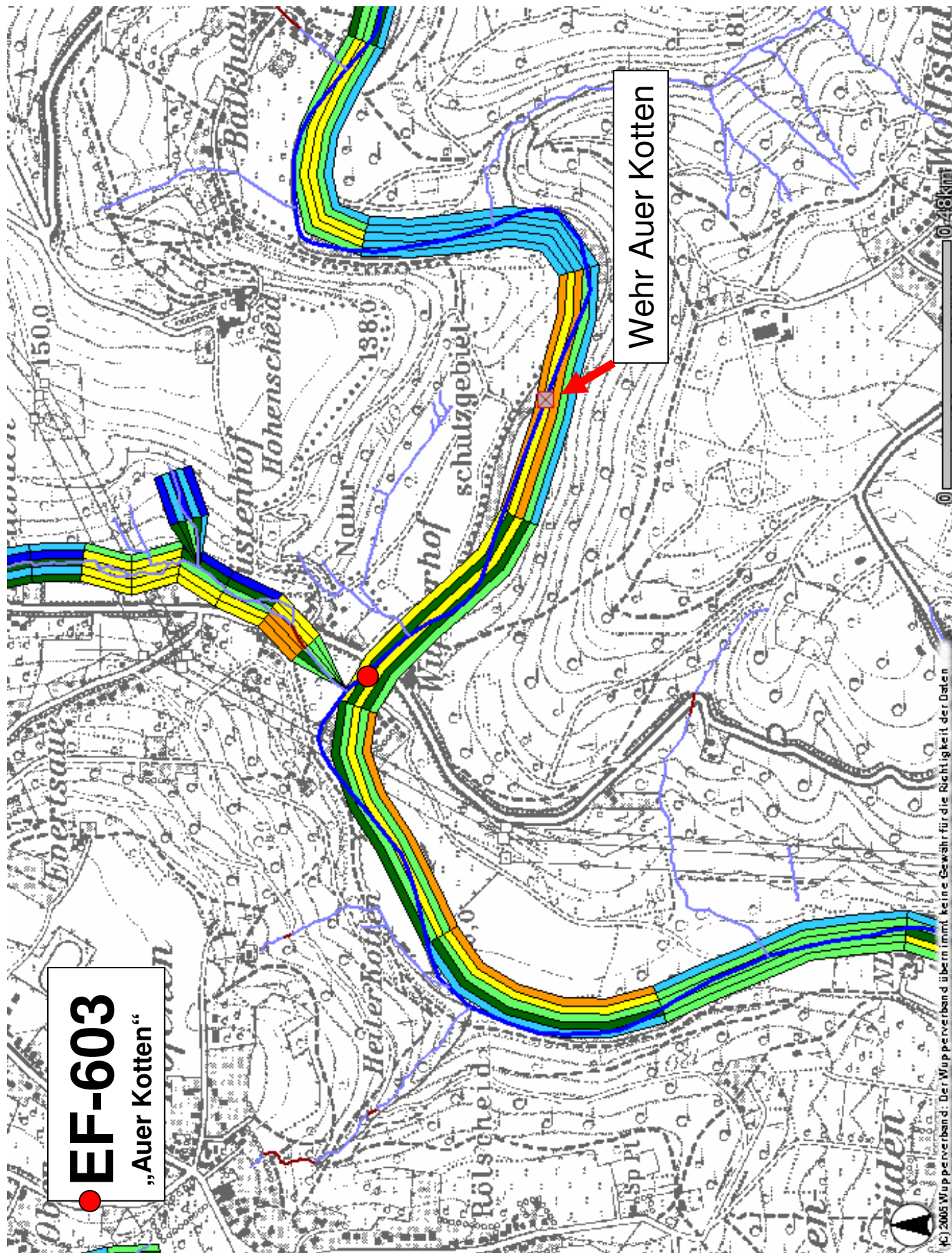


Dipl.-Ing. Eric Wehner

EF-603

„Auer Kotten“

Wehr Auer Kotten



EF-603

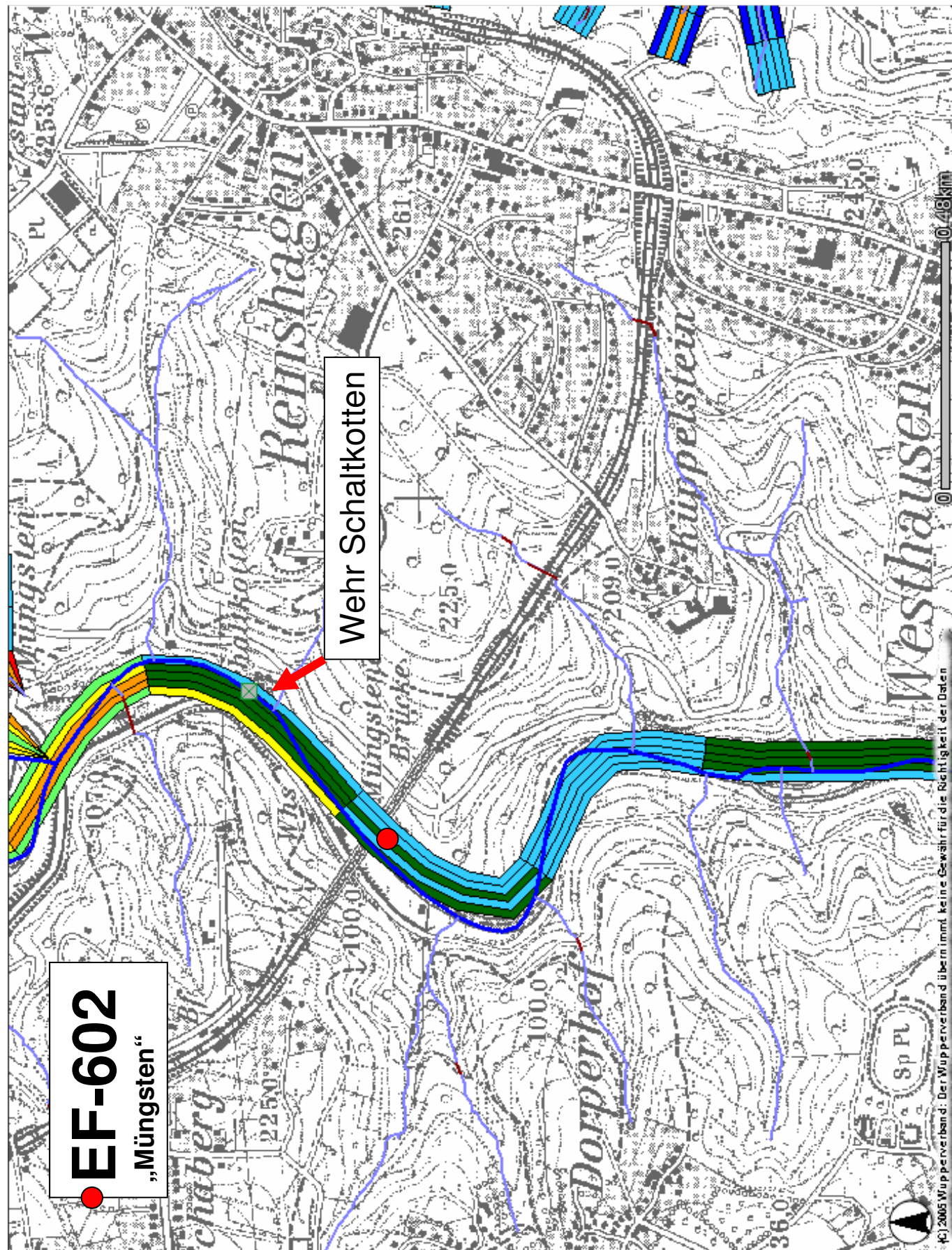
„Auer Kotten“

Wehr Auer Kotten



© 2005 Wuppertalverband. Der Wuppertalverband übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der Daten.

0 0,48 km



EF-602

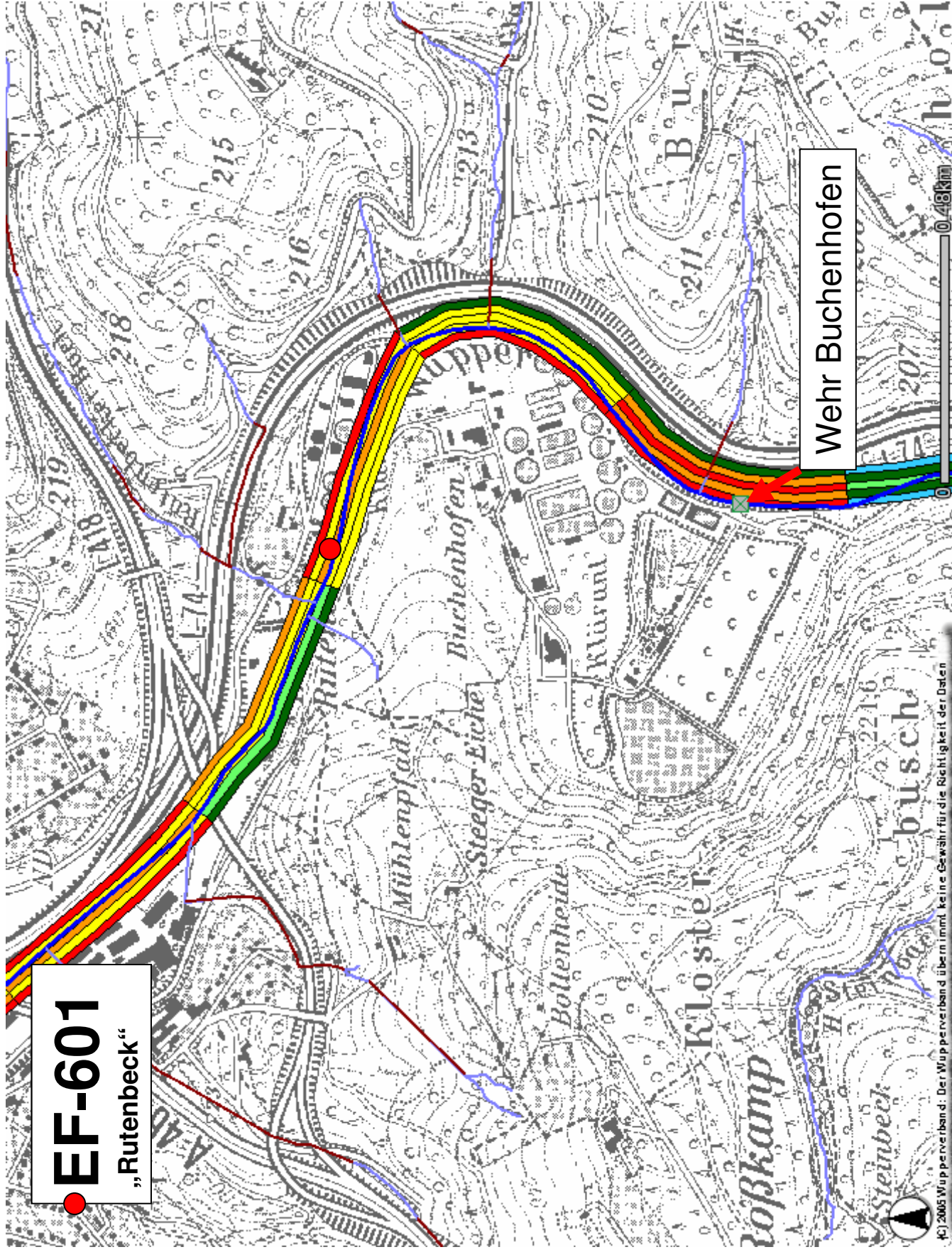
„Müngsten“

Wehr Schaltkotten

EF-601

„Rutenbeck“

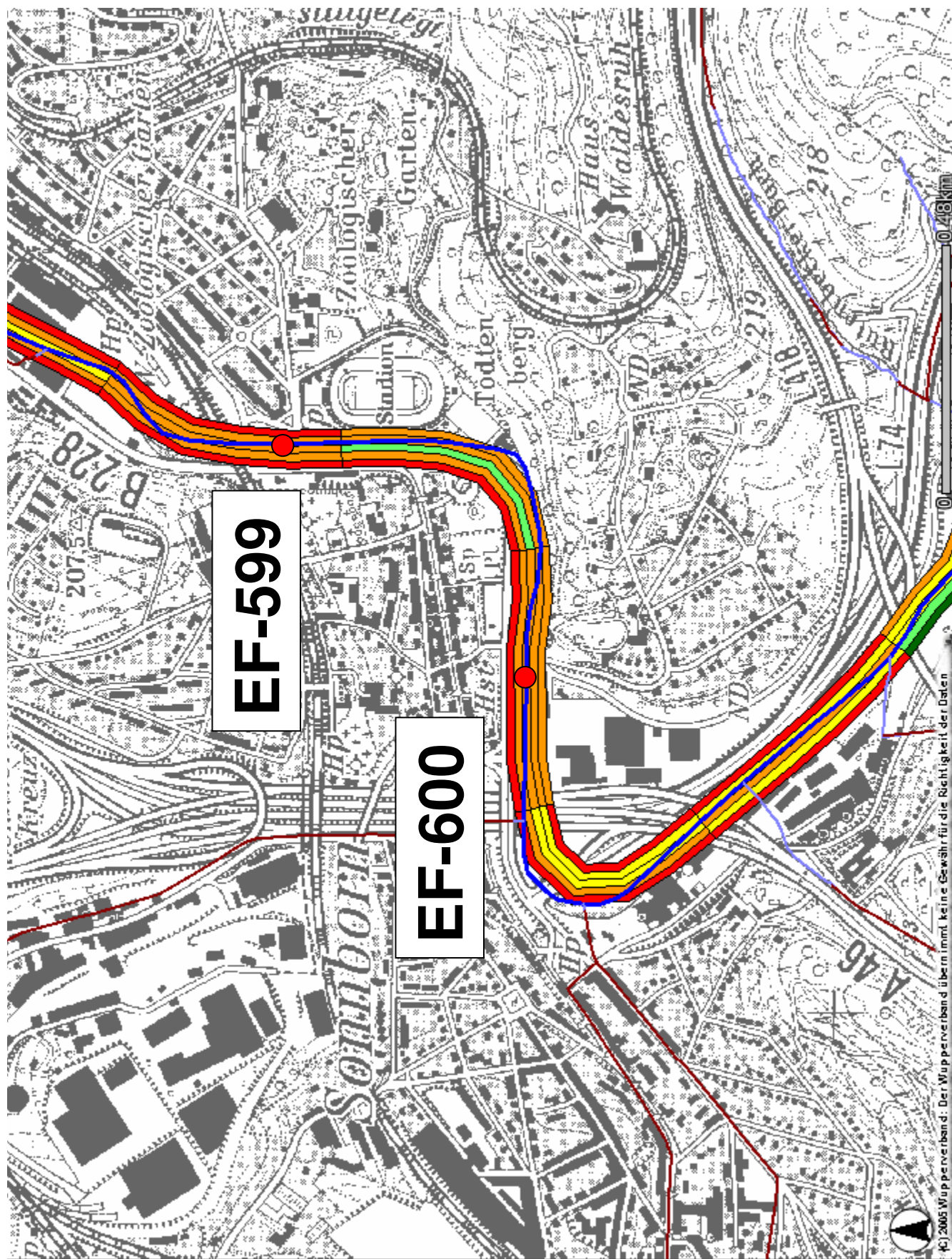
Wehr Buchenhofen



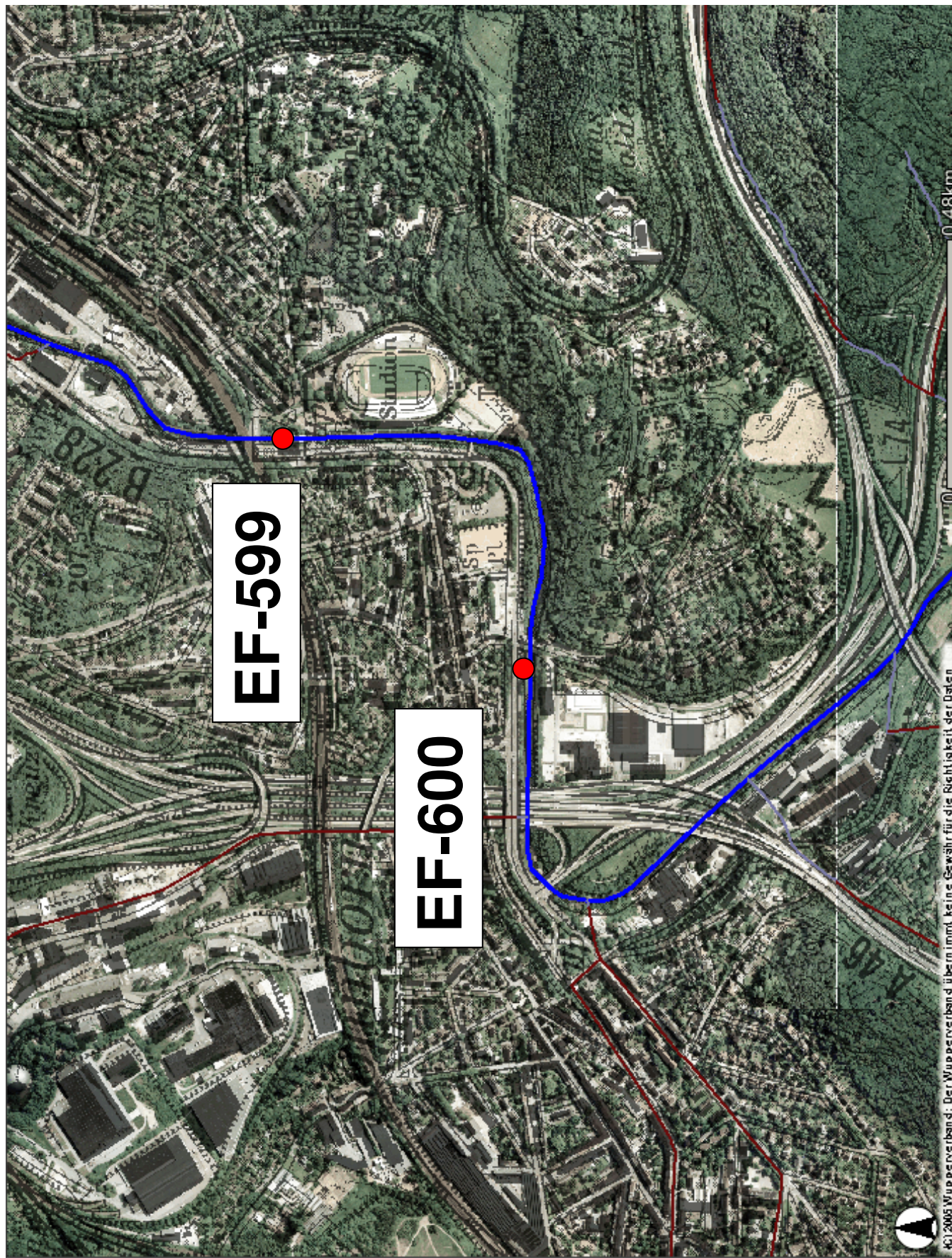
EF-601

„Rutenbeck“

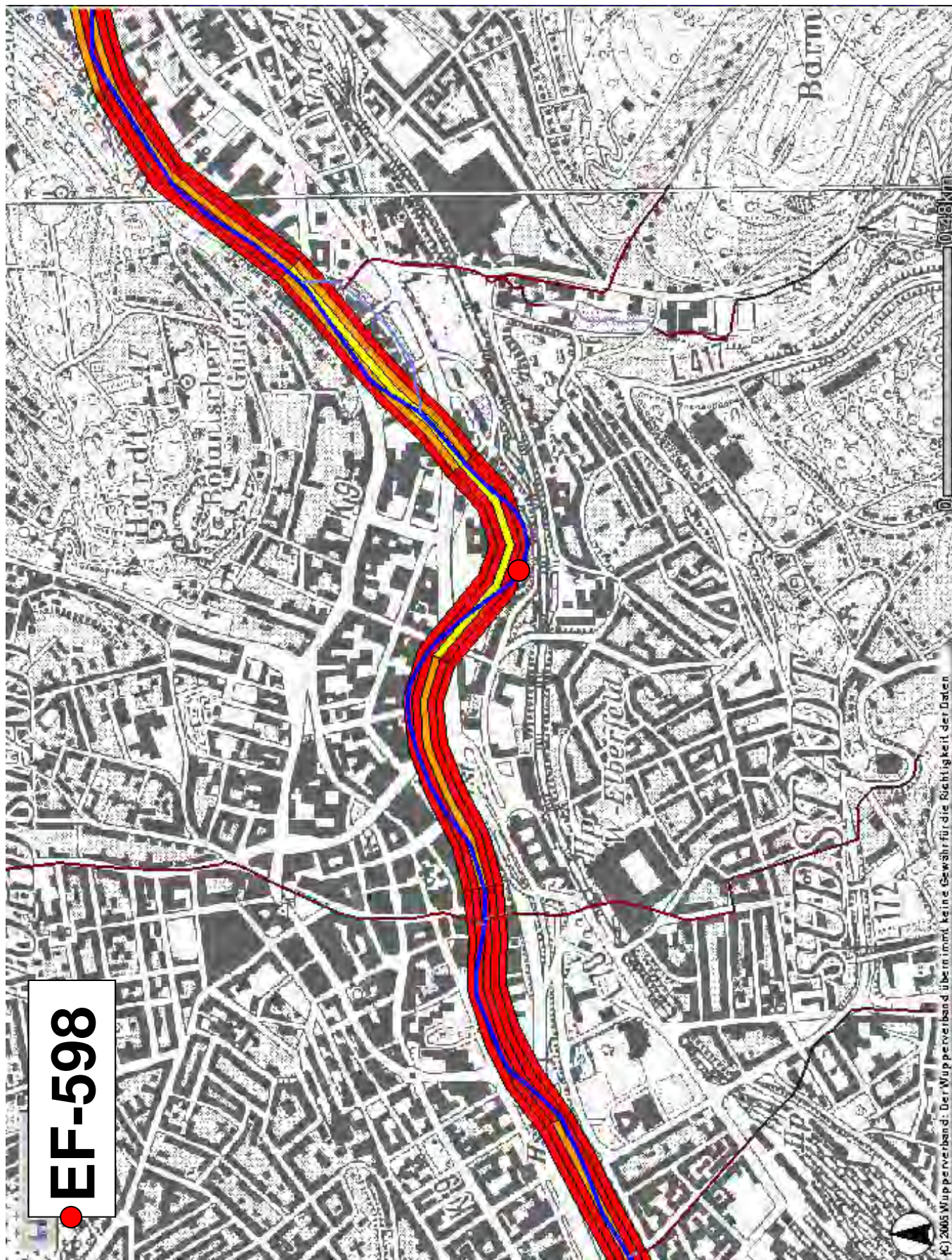
Wehr Buchenhofen



K) 2005 Wuppertal: Der Wuppertal-Verband übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit der Daten



EF-598



EF-598

