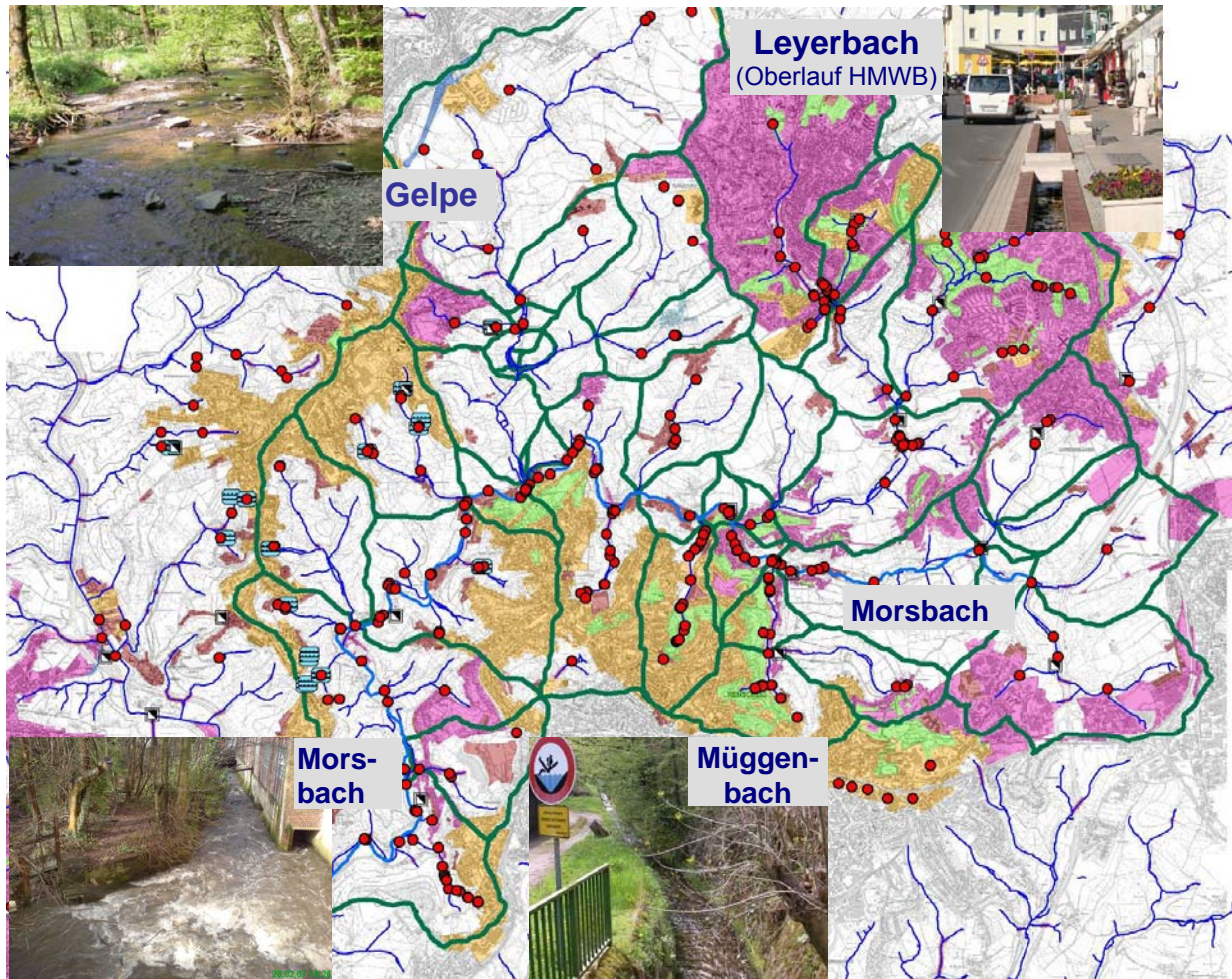


# Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 (hydrologisch-hydraulisch-biologisch)

für das Morsbacheinzugsgebiet

## Abschlussbericht



**WUPPERVERBAND**

für Wasser, Mensch und Umwelt

Gefördert durch das Land NRW



## **Autoren des Abschlussberichts:**

### **Wupperverband**

Dipl.-Ing. Karl Böcker

Dipl.-Ing. Marc Scheibel

### **WiW Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH**

Dr. Ing. Inka Hobus

### **umweltbüro essen**

Dipl. Biol. Martin Halle

### **Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH**

Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt

Dipl.-Ing. Dirk Sobolewski

## **Wichtige Grundlagen haben erarbeitet:**

### **Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG**

(Siedlungswasserwirtschaftliche Grundlagen)

### **Ingenieurbüro Bernd Harmuth**

(Messdatenerhebung – Mengenmessungen / F&E-Vorhaben im Morsbach-Einzugsgebiet)

## **Für eine konstruktive Begleitung des Projekts in zahlreichen Projektsitzungen sowie die Bereitstellung von Daten danken wir:**

Bezirksregierung Düsseldorf / Dezernat 54

LANUV NRW

Stadt Remscheid / Untere Wasserbehörde

Stadt Wuppertal / Ressort Umweltschutz

Universität Duisburg-Essen / Abteilung Angewandte Zoologie/Hydrobiologie

Remscheider Entsorgungsbetriebe

Wuppertaler Stadtwerke Energie und Wasser AG

**Wupperverband**

**Wuppertal, im September 2008**

# INHALT

1	Einleitung.....	5
2	Durchführung des Forschungsvorhabens.....	5
2.1	Untersuchungsgebiet / siedlungswasserwirtschaftliche Grundlagen.....	5
2.2	Physikalische und chemische Messungen im Kanalnetz.....	6
2.3	Physikalische und chemische Messungen im Gewässer.....	7
2.4	Vereinfachte Nachweise nach BWK-Merkblatt M3.....	8
2.4.1	Anwendungsgrenzen .....	8
2.4.2	Vereinfachter stofflicher Nachweis:.....	8
2.4.3	Vereinfachter hydraulischer Nachweis / Abflussspenden nach BWK M3 und nach „Regionalisierungsverfahren“:.....	9
2.4.4	Problematik der Abgrenzung geschlossener Siedlungsgebiete: .....	10
2.5	Detaillierte hydrologische Nachweise nach BWK M7 mittels Wasserbilanzmodell im Vergleich zum vereinfachten Nachweis .....	14
2.6	Hydraulischer Nachweis über Sohlschubspannung .....	17
2.7	Biologische Untersuchungen des Makrozoobenthos .....	22
2.7.1	Bewertung nach PERLODES / ASTERICS.....	22
2.7.2	Erläuterung des Bewertungsverfahrens CausaLim und Vergleich mit PERLODES / ASTERICS für hydromorphologische Gesamtbelastung .....	22
2.7.3	Bewertung hydromorphologischer Teilbelastungen im Morsbachsystem .....	26
2.8	Elektrobefischungen zur Bewertung der Fischfauna .....	28
3	Bewertung rechnerischer Nachweise an Hand von biologischen Untersuchungen .....	30
3.1	Vereinfachter hydrologischer Nachweis nach BWK M3.....	30
3.2	Detaillierter hydrologischer Nachweis nach BWK M3 / M7 .....	32
3.3	Hydrologischer Nachweis mit Berücksichtigung des Ausuferungspotenzials .....	33
3.4	Hydrologischer Nachweis nach BWK M7 mit angepasster Jährlichkeit .....	36
3.5	Einfluss der Gewässermorphologie auf den Zustand des Makrozoobenthos.....	37
3.6	Wiederbesiedlungspotenzial .....	38
4	Varianten zur Maßnahmenplanung .....	39
4.1	Erforderliche Rückhaltevolumina nach vereinfachtem BWK M3 Nachweis.....	39

4.2	Erforderliche Rückhaltevolumina nach detailliertem Nachweis .....	41
4.2.1	<i>Berechnungsgrundlagen / Rechenweg</i> .....	41
4.2.2	<i>Vorgabe <math>HQ_{1,Prog} &lt; HQ_{2,pnat}</math> nach M7 für mind. mittleres Wiederbesiedlungspot.</i> .....	42
4.2.3	<i>Erforderliche Rückhaltevolumina nach vorgeschlagener Regel unter Berücksichtigung des Ausuferungspotenzials</i> .....	43
5	Bewertung von Kosten und Nutzen verschiedener Nachweisverfahren.....	44
5.1	Vereinfachter Nachweis nach BWK M3 .....	44
5.2	Detaillierter hydrologischer Nachweis nach BWK M7 kombiniert mit vereinfachtem stofflichen Nachweis nach BWK M3.....	44
5.3	Detaillierter hydraulischer Nachweis nach BWK M7 kombiniert mit vereinfachtem stofflichen Nachweis nach BWK M3 .....	45
5.4	Modifizierter hydrologischer Nachweis, unterstützt durch biologische Untersuchungen, kombiniert mit vereinfachtem stofflichen Nachweis .....	46
6	Vorschlag für eine Vorgehensweise bei der Bewertung von Misch- und Niederschlagswassereinleitungen zwecks Maßnahmenplanung nach WRRL.....	47
7	Resümee und Ausblick.....	49
8	Literatur .....	50
9	Anschriften der Verfasser: .....	51

### **Ergänzende Unterlagen (ggf. auf CD-ROM / über Wupperverband zu beziehen)**

Auswertung der Messkampagne am Morsbach Gewässer / RÜB Nüdelshalbach (WiW - Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH)

Messdatenerhebung (Mengenmessungen) F&E-Vorhaben im Morsbach- Einzugsgebiet (Ing.-Büro Harmuth)

Vereinfachter Nachweis nach BWK – Merkblatt 3 für Einleitungen in den Morsbach (WiW - Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH)

Aufstellung des kombinierten Schmutzfracht- und Wasserbilanzmodells Morsbach und Nachweisverfahren nach DWA A-128 und BWK M3/M7 (Ing.-Büro Hydrotec)

Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 für das Morsbacheinzugsgebiet - Gewässerökologischer Fachbeitrag (umweltbüro essen)

Stellungnahme zu dem Gutachten: Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 für das Morsbacheinzugsgebiet / Gewässerökologischer Fachbeitrag (Universität Duisburg-Essen / Abteilung Angewandte Zoologie/Hydrobiologie)

Potenzialabschätzung zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern (PNEF) im Einzugsgebiet Morsbach (Wupperverband)

# **Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 (hydrologisch-hydraulisch-biologisch) für das Morsbacheinzugsgebiet Abschlussbericht**

## **1 Einleitung**

Im Rahmen dieses vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV) geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens hat der Wupperverband in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen, der Bezirksregierung Düsseldorf und mehreren Büros (siehe Autorenverzeichnis) die Anwendbarkeit des aktuell im Gelbdruck befindlichen BWK-Merkblatts M7 [1] zur immissionsorientierten Beurteilung von Regen- und Mischwassereinleitungen erprobt. Während das BWK-Merkblatt M3 [2] die Ziele, Grundsätze und Prinzipien einer immissionsorientierten Nachweisführung im Allgemeinen sowie einen konkreten Vorschlag zur vereinfachten Nachweisführung im Speziellen beschreibt und den detaillierten Nachweis nur anreißt, stellt BWK M7 darauf aufbauend einen Leitfaden zur detaillierten Nachweisführung dar.

Das FuE-Vorhaben dient dazu, am Beispiel des morphologisch für eine nordrhein-westfälische Mittelgebirgsregion typischen Einzugsgebiets des Morsbachs die Anwendung beider Merkblätter zu testen sowie die jeweiligen Konsequenzen für den Nachweis- und Maßnahmenaufwand aufzuzeigen. Der Schwerpunkt lag dabei auf hydrologischen, hydraulischen und biologischen Nachweisen. Ergebnisse des Vorhabens werden bei Netzplanungen für das Einzugsgebiet der Kläranlage Wuppertal-Kohlfurth zeitnah berücksichtigt.

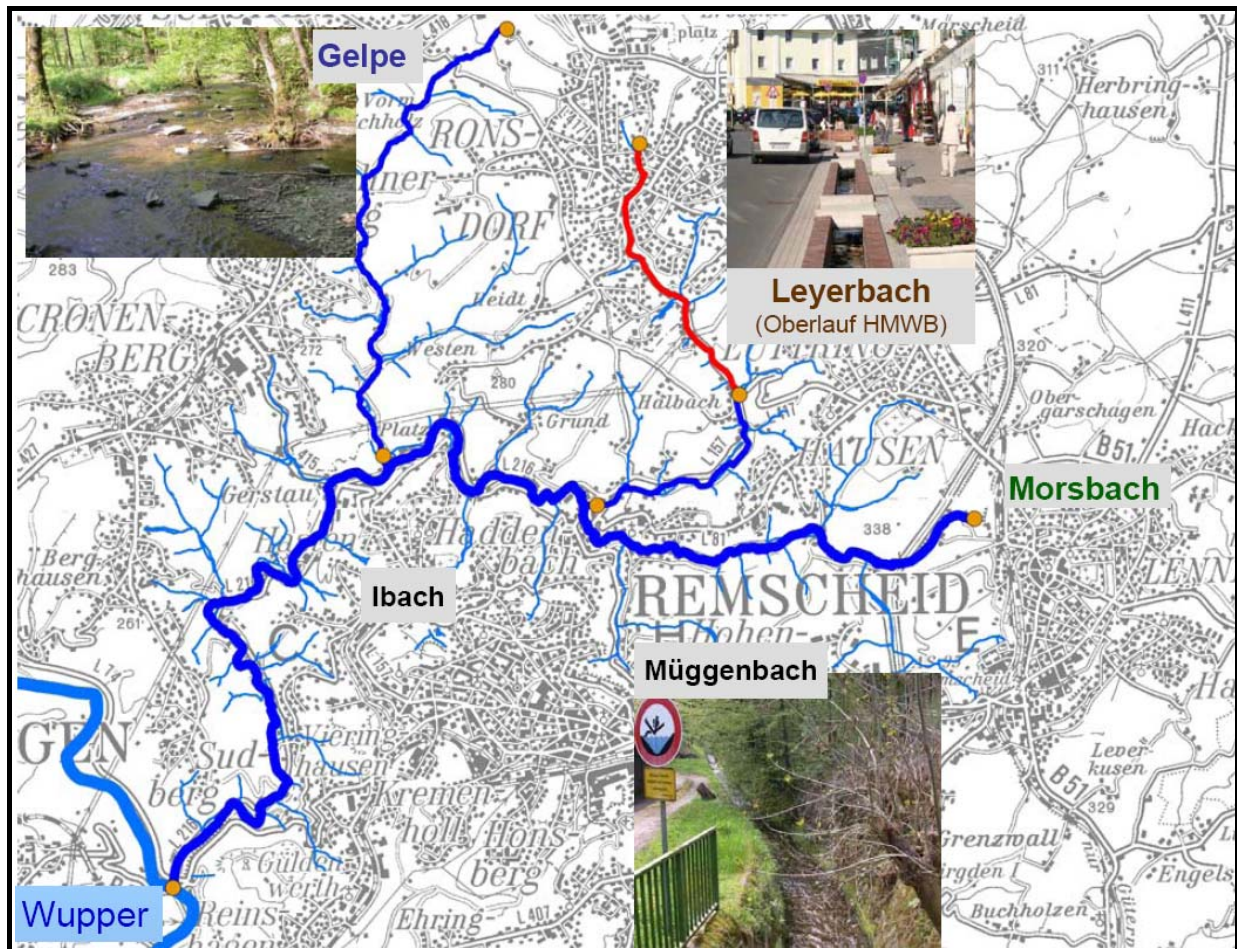
## **2 Durchführung des Forschungsvorhabens**

### **2.1 Untersuchungsgebiet / siedlungswasserwirtschaftliche Grundlagen**

Das stark urbanisierte Untersuchungsgebiet mit einer Fläche von 47,3 km<sup>2</sup> ist Teil des Wupper-Einzugsgebietes. Der Morsbach fließt auf längeren Strecken im Bereich der Stadtgrenze zwischen Wuppertal und Remscheid und mündet bei Müngsten östlich von Solingen in die Wupper. Das Morsbach-Einzugsgebiet beinhaltet 3 Gewässer > 10 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet mit vier Wasserkörpern.

Der Morsbach ist auf langen Fließstrecken begradigt und eingetieft; streckenweise weist er Ufermauern auf. Naturnahe Bereiche befinden sich im Oberlauf und an kurzen Abschnitten des Mittel- und Unterlaufs. Während die Gelppe großteils morphologisch naturnah ist und auch Klausener Bach und der Unterlauf des Leyerbachs lange Strecken mit geringem Degradationsgrad aufweisen, sind Müggenbach und Ibach massiv durch technischen Ausbau an Ufern und Sohle sowie Einleitungen aus dem Trennsystem beeinträchtigt. Der Quellbereich des Leyerbachs ist verrohrt, ein städtebaulich gestalteter Streckenabschnitt und ein Hochwasserrückhaltebecken im Nebenschluss, in das das größte RÜB (Regenüberlaufbecken) des Morsbachgebiets entlastet, schließen sich an, was eine vorläufige Ausweisung als erheblich verändert im Sinne der EG-WRRL zur Folge hat.





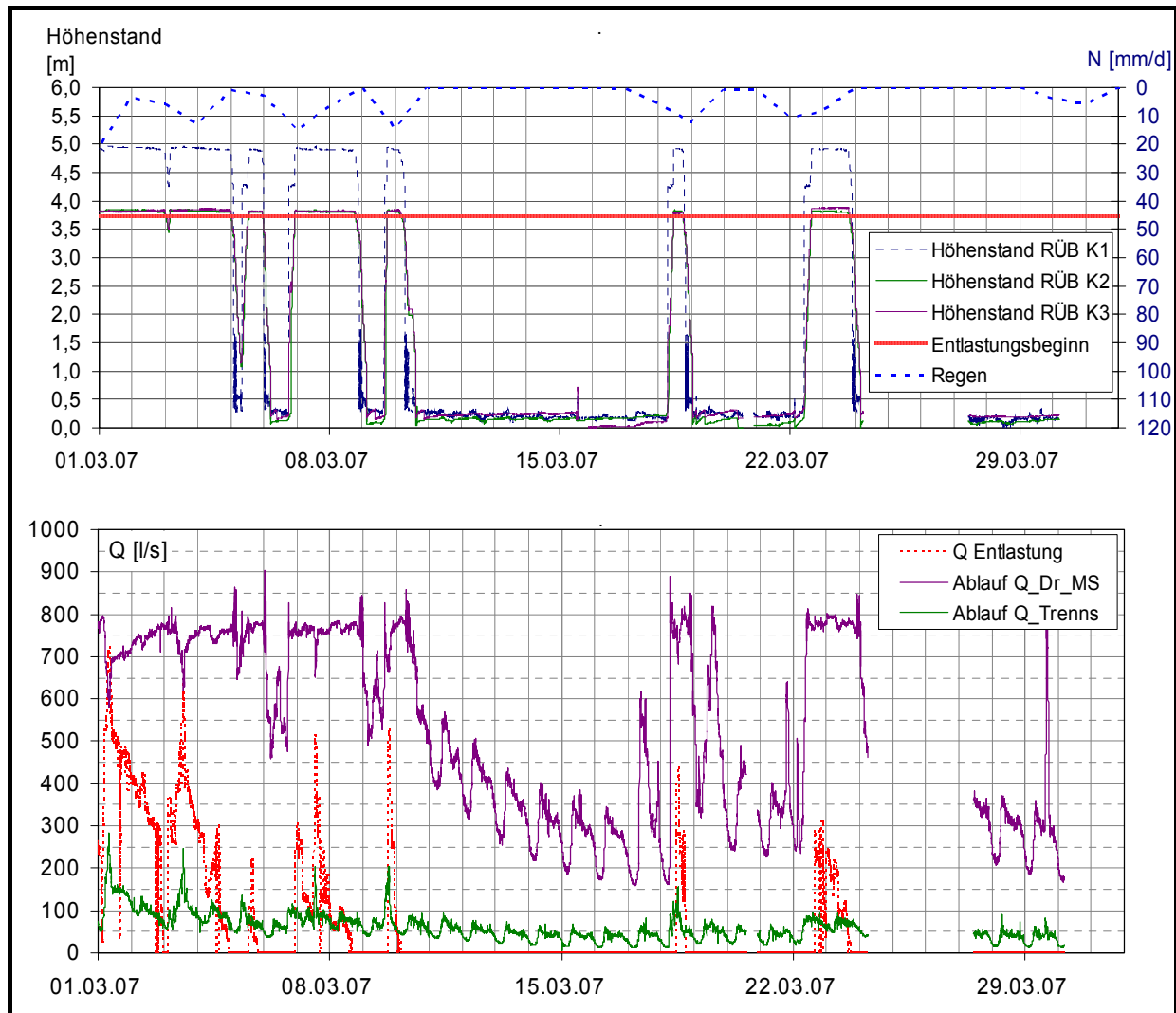
**Bild 1:** Morsbach-System mit Nebenbächen und Wasserkörpergrenzen nach WRRL

Das Einzugsgebiet des Morsbaches weist eine versiegelte Fläche von ca. 720 ha auf, von der jeweils etwa 50 % im Mischsystem bzw. im Trennsystem entwässert werden. Das Abwasser fließt der Kläranlage Kohlfurth zu, die in die Wupper einleitet.

## 2.2 Physikalische und chemische Messungen im Kanalnetz

Sowohl die Gewässer als auch das Kanalnetz mit allen Sonderbauwerken wurden mit der Software NASIM hydrologisch abgebildet. Zur Kalibrierung des Modells wurden Messdaten über etwa 3 Jahre von stationären Messungen an 12 Regenbecken sowie einem Gewässerpegel und 11 Niederschlagsmessstationen ausgewertet. Ergänzend wurden 2 temporäre Gewässerpegel und Durchflussmesseinrichtungen an 5 Regenüberlaufbecken für etwa 1 Jahr betrieben.

An einem RÜB wurden exemplarisch durch einen automatischen Probenehmer bei Regenerignissen Mischproben (5 Min bis 15 Min) aus der Entlastung entnommen. Die gemessenen  $\text{NH}_4\text{-N}$  (Ammonium) und  $\text{BSB}_5$ -Konzentrationen liegen in der gleichen Größenordnung wie die nach BWK M3 berechneten Entlastungskonzentrationen. Die Konzentration abfiltrierbarer Feststoffe AFS unterschreitet die nach BWK M3 zu erwartende Konzentration [5].



**Bild 2:** *Beispiel für Auswertung von Daten des RÜB Breitenbruch*

In Bild 2 sind beispielhaft für das RÜB Breitenbruch Drosselabfluss, Entlastung und Beckenfüllstände dargestellt. Beim Drosselabfluss  $Q_{DR-MS}$  ist ein durch Fremdwasser bedingter mehrtägiger Nachlauf nach Regenende deutlich zu erkennen. Dieser wird vor allem dadurch verursacht, dass vor Jahrzehnten in Teileinzugsgebieten Quellen und Bäche verrohrt und an das Kanalnetz angeschlossen wurden bzw. in undichte Kanäle Grundwasser eintreten kann.

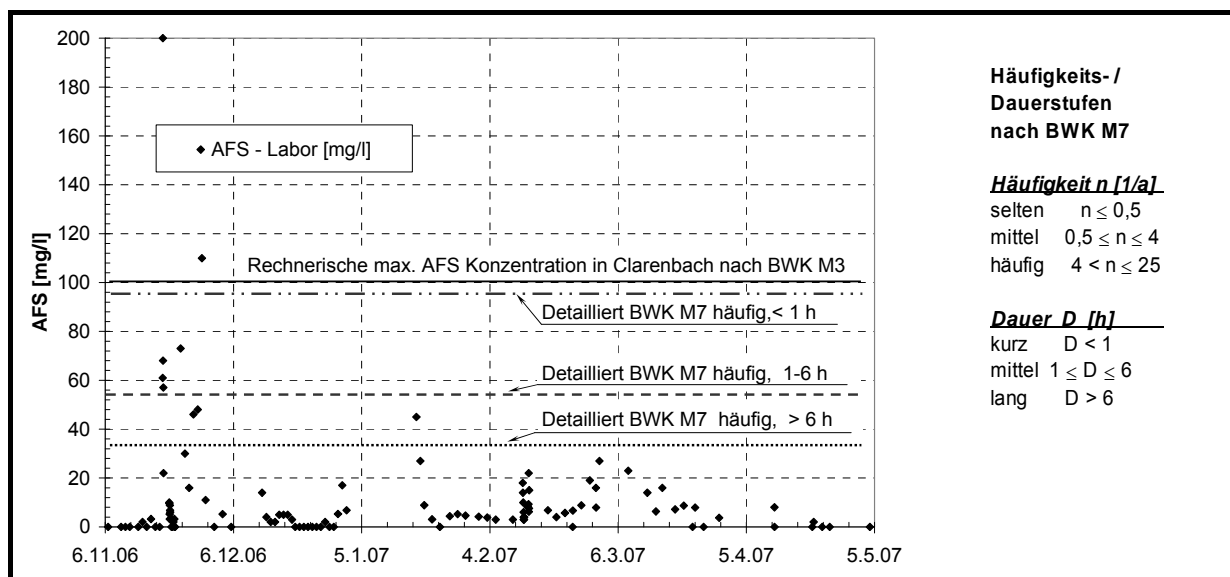
### 2.3 Physikalische und chemische Messungen im Gewässer

In einem durch Einleitungen stark belasteten Bereich des Morsbachs bei Clarenbach unterhalb der Mündung des Leyerbachs wurden über einen Probenehmer sowohl kontinuierlich bei Trockenwetter 24 h-Mischproben als auch ereignisorientiert bei Regenwetter 30 Min-Mischproben gezogen. Neben Laboruntersuchungen (N, CSB, ...) erfolgten Onlinemessungen auf Leitfähigkeit, Wasserstand, T, pH-Wert,  $O_2$ , Nitrat und Trübung.

Während Niederschlagsereignissen wurde erwartungsgemäß ein durch Mischwassereinleitungen bedingter Anstieg der  $NH_4$ -Konzentration im Morsbach gemessen. Während bei Trockenwetter mehr als die Hälfte der  $NH_4$ -N-Messwerte 0,2 mg/l unterschritt, lag bei Regen das  $NH_4$ -N-50-Percentil bei etwa 0,4 mg/l, das 90-Percentil bei 0,8 mg/l und der Maximalwert bei

1,3 mg/l. Während des Untersuchungszeitraums wurden keine kritischen  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen (Ammoniak) beobachtet. Die gemessene  $\text{NH}_3$ -N-Konzentration unterschreitet sowohl den im 95-Percentil einzuhaltenden Grenzwert der EG-Fischgewässerrichtlinie von 0,02 mg/l als auch den BWK M3-Grenzwert von 0,1 mg/l. [5].

Der Eintrag von abfiltrierbaren Stoffen AFS kann zu einer Kolmation der Gewässersohle und in Folge zu Sauerstoffmangel im Interstitial (Kieslückensystem der Gewässersohle) führen und damit sowohl kieslaichende Fischarten als auch Makrozoobenthos-Organismen beeinträchtigen. Die nach dem vereinfachten Verfahren berechnete maximale Konzentration an AFS nach BWK M3 liegt an der Probenahmestelle bei 109 mg/l.



**Bild 3:** Abfiltrierbare Stoffe aus Probenahmen im Morsbach (Clarenbach) im Vergleich zu BWK M7 Grenzwerten für Großsalmonidenlaichgewässer

Grenzwerte für AFS werden in BWK M3 [2] nicht genannt. Im M7 Gelbdruck [1] werden für den detaillierten stofflichen Nachweis Grenzwerte für Großsalmoniden-Laichgewässer in Abhängigkeit von der Anzahl der Ereignisse und der Länge des Ereignisses festgelegt. Nach diesen Kriterien ist die Belastung des Morsbachs an dieser Stelle relativ gering [5].

## 2.4 Vereinfachte Nachweise nach BWK-Merkblatt M3

### 2.4.1 Anwendungsgrenzen

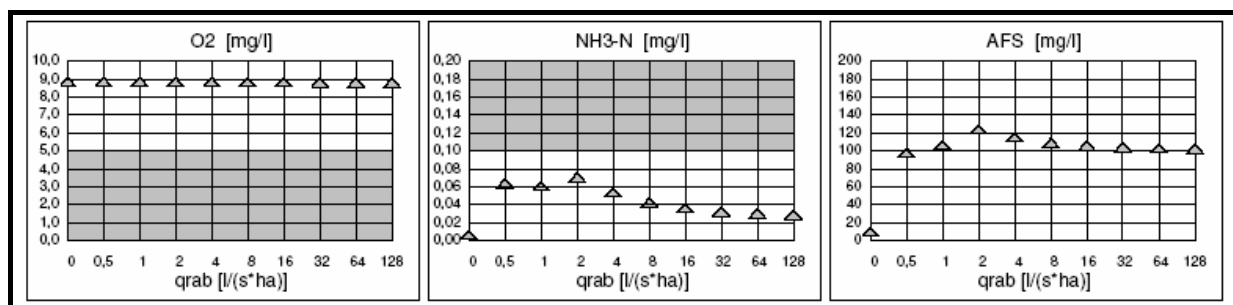
Das BWK-Merkblatt M3 [2] beschreibt sowohl für stoffliche als auch für hydraulische Nachweise standardisierte „vereinfachte“ Berechnungsverfahren. Die Anwendungsgrenzen der vereinfachten Verfahren nach BWK M3 lassen Interpretationsspielräume zu bzw. bedürfen einer sachkundigen Abwägung. Im Morsbachsystem werden auf Grund von Größe, Struktur und Komplexität des Morsbach-Einzugsgebiets die Anwendungsgrenzen zumindest näherungsweise erreicht.

### 2.4.2 Vereinfachter stofflicher Nachweis:

Für den vereinfachten stofflichen Nachweis wurden ein pH-Wert von 8 und eine Wassertemperatur von 20°C als ungünstigster Fall angesetzt. Diese Standardwerte von BWK M3 für Bä-



che des Grundgebirges werden nach den vorliegenden Messungen im Morsbach mit hoher Wahrscheinlichkeit unterschritten. Der stoffliche Nachweis ist an allen Einleitungsstellen eingehalten. Beispielhaft sind die Ergebnisse an der Einleitung des RÜB Ronsdorf über das HRB Leyerbach in Bild 4 dargestellt.



**Bild 4: Stofflicher Nachweis an Einleitung RÜB Ronsdorf / HRB Leyerbach**

Für den stofflichen Nachweis werden die eingeleiteten Frachten auf MNQ im Gewässer bezogen, was zur Folge hat, dass im Morsbachsystem an nahezu allen Einleitungen der Einleitungsabfluss den Gewässerabfluss deutlich übersteigt. Die berechnete AFS-Konzentration im Gewässer schwankt an nahezu allen Nachweispunkten zwischen 80 und 120  $mg/l$ . Der vereinfachte Nachweis ermöglicht somit hinsichtlich AFS keine deutliche Differenzierung zwischen schwächer oder stärker belasteten Gewässerabschnitten.

#### 2.4.3 Vereinfachter hydraulischer Nachweis / Abflussspenden nach BWK M3 und nach „Regionalisierungsverfahren“:

Die Rechenregel zur Ermittlung des zulässigen Einleitungsabflusses nach BWK M3 wird oft, wenn keine anderen regionalspezifisch ermittelten Werte vorliegen, auf der sicheren Seite mit einem Verhältnis von 1,1 zwischen  $H_{q2,pnat}$  und  $H_{q1,pnat}$  angewendet. Bei Mittelgebirgsgewässern wie dem Morsbach liegt das Verhältnis zwischen  $H_{q2,pnat}$  und  $H_{q1,pnat}$  jedoch häufig zwischen 1,2 und 1,3, in Abhängigkeit von Topographie, Bodenaufbau etc. eventuell sogar noch höher. Daher erfolgte die Ermittlung von  $H_{q1,pnat}$  nach Abbildung 4.2 des Merkblattes BWK 3 [2] und zusätzlich nach dem so genannten Regionalisierungsverfahren [7] (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:  $H_{q1,pnat}$  und  $x_{zul}$  nach BWK M3 und Regionalisierungsverfahren**

Einzugsgebietsfläche	Einzugsgebietsfläche	BWK M3 Abb. 4.2		Regionalisierungsverfahren	
		$H_{q1,pnat}$		$H_1 / H_2 = 45 \text{ mm} / 50 \text{ mm}$	
		mittel	hoch	$H_{q1,pnat}$	$x_{zul}$
[km <sup>2</sup> ]	[km <sup>2</sup> ]	[l/(s*km <sup>2</sup> )]	[l/(s*km <sup>2</sup> )]	[l/(s*km <sup>2</sup> )]	[-]
0 -3,6	1,3	430	580	820	0,32
3,6-7,25	6	400	550	777	0,31
7,25-12,5	11	390	500	734	0,31
12,5-25	21	320	430	640	0,29
25-50	38	295	390	504	0,27

Ein Vergleich der nach dem Regionalisierungsverfahren ermittelten  $H_{q1,pnat}$  mit den Werten aus dem Wasserbilanzmodell zeigen deutliche Abweichungen. Beim Regionalisierungsverfahren ergibt sich am Pegel Beckeraue (Einzugsgebiet 43,3 km<sup>2</sup>) eine Spende  $H_{q1,pnat}$  von 504  $l/(s \cdot km^2)$ , während die 1-jährliche potenziell natürliche Abflussspende nach Niederschlagsabflussmodell nur bei 270  $l/(s \cdot km^2)$  liegt. Aufgrund dieser Problematik ist der Einsatz

des Regionalisierungsverfahren für Mittelgebirgsbäche zu überprüfen bzw. zu modifizieren. Festgestellt wurde während dieser Untersuchung, dass der Parameter „Niederschlag“ in dem Verfahren ein zu sensibler Parameter ist und auch die Topographie nicht ausreichend berücksichtigt scheint. Eine realistischere Größe ergeben im Fall des Morsbachs die Angaben nach Abbildung 4.2 des Merkblattes BWK 3.

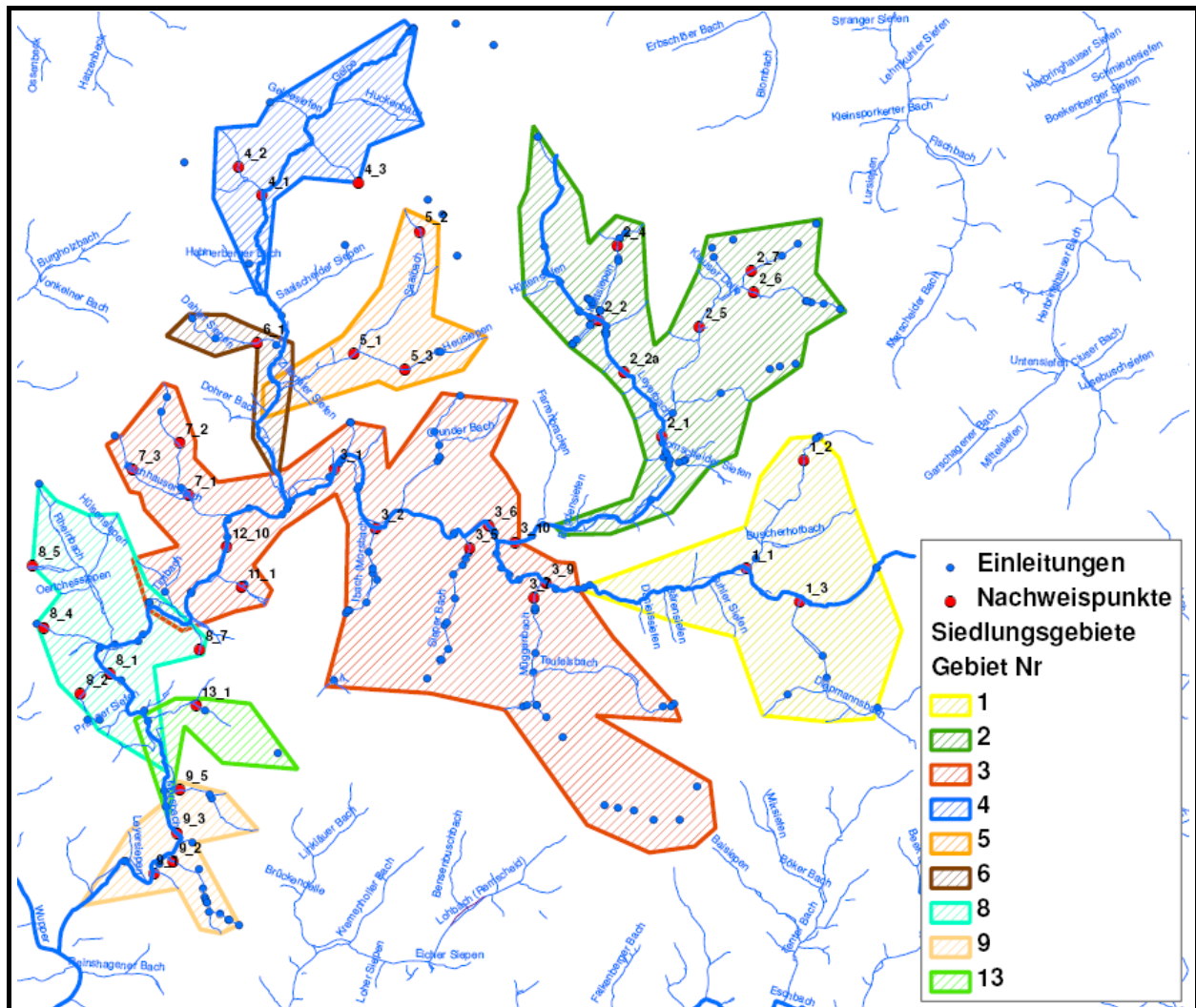
Die Nachweisformel nach M3 lautet:  $Q_{E1,zul} < 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{red} / 100 + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} \text{ [l/s]}$   
Nachweisstellen liegen an den letzten Einleitungen vor dem Zusammenfluss von Gewässern sowie an der letzten Einleitungsstelle eines geschlossenen Siedlungsgebiets.

Die Struktur der Formel und die Lage der Nachweisstellen führen dazu, dass der vereinfachte Nachweis in bestimmten Fällen günstigere Ergebnisse als der detaillierte Nachweis ergeben kann. Insbesondere können große Einleitungen in einen Oberlauf (Verhältnis  $A_{red}/A_{E0}$  groß) im detaillierten Nachweisverfahren (dort jede Einleitungsstelle Nachweisort) zu einem hohem Rückhaltevolumen führen, während im vereinfachten Nachweisverfahren durch den dort geltenden Bewirtschaftungsansatz die erlaubte Einleitungsmenge an einer eventuell viel weiter unterhalb liegenden Nachweisstelle durch das größer anzusetzende natürliche Einzugsgebiet höher ist.

#### **2.4.4 Problematik der Abgrenzung geschlossener Siedlungsgebiete:**

Eine sehr wichtige Grundlage der vereinfachten Nachweise ist die Abgrenzung von „geschlossenen Siedlungsgebieten“. Nahe beieinander liegende Einleitungen aus dem kanalisiertem Einzugsgebiet, deren Auswirkungen auf das Gewässer sich überlagern, müssen zusammenhängend als geschlossenes Siedlungsgebiet betrachtet werden. Die für die Abgrenzung von Siedlungsgebieten maßgeblichen maximalen Einflussbereiche von Einleitungen wurden in M3 aus Betrachtungen für stoffliche Belastungen abgeleitet [Quelle – DWA AG: „weitergehende Anforderungen“] und sind für die praktische Anwendung mit dem Faktor 0,4 zu multiplizieren [2]. Da im Morsbach und seinen Nebenbächen bei MNQ die Wassertiefe unter 0,1 m und die Fließgeschwindigkeit unter 0,5 m/s liegt, wurde für alle Einleitungen ein rechnerisch anzusetzender Einflussbereich von 1,6 km ermittelt.

In der Praxis ist es oft problematisch, alle relevanten Einleitungen zu ermitteln. Während Daten zu Einleitungen aus kommunalen Kanalisationsnetzen i. d. R. zur Verfügung stehen, ist es häufig schwierig, Daten zu Straßeneinleitungen und zu privaten Einleitungen z. B. von Gewerbebetrieben, zu recherchieren, obwohl diese durchaus eine relevante Gewässerbelastung verursachen können. Des Weiteren erhebt sich die Frage, ob sehr kleine Einleitungen bei der Abgrenzung der Siedlungsgebiete zu berücksichtigen sind, wozu BWK M3 keine „Bagatellgrenze“ angibt. Im Fall des Morsbachs wurden durch Hilfe der unteren Wasserbehörde und intensiven Gewässerbegehungen sehr detailliert auch die Einzeleinleitungen erfasst. Für die Abgrenzung der geschlossenen Siedlungsgebiete wurde in Ermangelung einer Bagatellgrenze hier jedoch pragmatisch vorgegangen. Damit ergibt sich die in Bild 5 dargestellte Abgrenzung der geschlossenen Siedlungsgebiete [6].



**Bild 5: Geschlossene Siedlungsgebiete nach BWK M3**

Die Abgrenzung zwischen den Siedlungsgebieten 3 und 8 im Unterlauf des Morsbachs ist nicht eindeutig, da sich zwischen diesen Gebieten zwei sehr kleine Privateinleitungen befinden. Ebenfalls kritisch ist die Abgrenzung zwischen den Siedlungsgebieten 2 und 3 im Unterlauf des Leyerbachs, da sich im Grenzbereich Notentlastungen befinden, die sehr selten abschlagen.

In den Tabellen 2 und 3 sind die Ergebnisse des vereinfachten hydrologischen Nachweises im Vergleich zu der mittels kalibriertem Wasserbilanzmodell ermittelten Kenngröße  $HQ_{1, \text{Ist}}/HQ_{2, \text{pnat}}$  an ausgewählten Punkten im Gewässersystem, an denen auch die biologischen Untersuchungen durchgeführt wurden (siehe Kap. 2.7), dargestellt um Plausibilität und Sensitivität des vereinfachten Verfahrens zu visualisieren.

**Tabelle 2: Vereinfachter Nachweis im Vergleich zu Berechnung mit Wasserbilanzmodell (Grenze Siedlungsgebiete zwischen Mo19A und Mo20)**


KUERZE L	STATIONSNAME	Stationie- rung [km]	Vereinf. Nachweis $Q_{E1,ist} / Q_{E1,zul}$		Detaillierter Nachweis	
			mit $H_{q1,pnat}$ M3; $x_{zul}=0,1$	Regionali- sierungs v.	$\frac{HQ_{1,ist}}{HQ_{2,pnat}}$	$\frac{HQ_{v,ist}}{HQ_{2,pnat}}$
	<b>Morsbach</b>					
Mo_22A	vor Mündung in die Wupper	0,373	0,7	0,2	1,10	1,20
Mo_22	unterhalb RUEB Morsbachtal	1,851	0,7	0,2	1,08	1,08
Mo_21B	unterhalb Rheinbach	4,191	0,5	0,1	1,09	1,09
Mo_21	unterhalb Breitenbruch	4,419	0,4	0,1	1,10	1,10
Mo_20	oberhalb Breitenbruch	4,776	0,3	0,1	1,09	1,09
Mo_19A	uh. Gerstau bei Felder Siefen	5,992	5,1	1,9	1,09	1,09
Mo_17	oberhalb Gelpe	7,241	6,7	2,0	1,16	1,16
Mo_16	bei Muendung Ibach	8,669	5,9	1,8	1,20	1,20
Mo_14	unterhalb Sieper Bach	9,161	5,8	1,7	1,31	1,43
Mo_07	oberhalb Leyerbach	10,449	1,5	0,4	1,40	1,57
Mo_04A	vor Muendung Mueggenbach	11,013	2,1	0,5	0,98	1,14
Mo_04	Danielshammer	11,896	5,0	1,9	1,06	1,06
Mo_03	unterhalb Luettringhauser Bach	12,897	5,4	2,1	1,21	1,21
Mo_02	oberhalb Luettringhauser Bach	13,365	1,1	0,4	0,98	0,98
Mo_01	<b>Diepmannsbach</b> (Quellbach des Morsbachs)					
	oberhalb Ueberfeld	1,028	0,0	0,0	0,62	0,72
	<b>Rheinbach</b>					
Mo_21A	vor Mündung in Morsbach	0,064	1,0	0,3	1,26	1,26
	<b>Gelpe</b>					
Mo_19	Muendung	0,188	0,3	0,1	0,93	0,93
Mo_18	Oberlauf	2,959	0,6	0,1	0,93	0,93
	<b>Leyerbach</b>					
Mo_11	vor Muendung	0,025	0,1	0,0	1,42	1,65
Mo_10A	unterhalb Hilbertshammer	1,200	2,4	1,0	1,61	1,61
Mo_09	unterhalb HRB	2,923			1,58	1,86
Mo_08	oberhalb Kottsieper B.	3,975	0,2	0,1	0,48	0,52
	<b>Klausener Bach</b>					
Mo_10	Unterlauf	0,488	2,9	1,4	2,72	2,72
Mo_09A	oh. Kl.Delle uh. RÜB Großhülsb.	1,598	1,2	0,7	1,90	3,04
	<b>Müggenbach</b>					
Mo_06	vor Muendung	0,093			3,25	3,52
Mo_05	Oberlauf	0,873	24,4	10,0	4,41	4,90
	<b>Sieper Bach</b>					
Mo_13	vor Mündung	0,108	15,6	7,8	7,67	8,72
Mo_12	Oberlauf	1,035	17,0	9,5	12,03	13,12
	<b>Ibach</b>					
Mo_15	Oberlauf	0,844	3,2	2,0	7,36	8,07

#### LEGENDE:


**Oberhalb Mo06** erfolgt eine Rückhaltung durch ein HRB im Bach, dessen  $Q_{Dr}$  zwar den Anforderungen von BWK M3 entspricht, das jedoch zu häufig überläuft.


**Oberhalb Mo09** erfolgt eine Drosselung durch ein HRB mit variablem Drosselabfluss. Beide HRB können im vereinfachten Nachweis nicht realitätsnah berücksichtigt werden.


**Beim detaillierten Nachweis** sind in der linken Spalte Verhältniswerte ohne Berücksichtigung des Wiederbesiedlungspotenzials angegeben. In der rechten Spalte ist nach den Vorgaben von M3/M7 bei geringem Wiederbesiedlungspotenzial  $HQ_{2,ist}/HQ_{2,pnat}$  bei mittlerem bis gutem Wiederbesiedlungspotenzial  $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$  angegeben.


 Grenze geschloss. Siedlungsgebiet


#### Nachweis

 x,y eingehalten

 x,y um Faktor 1 bis 1,4 überschritten

 x,y um Faktor 1,4 bis 2 überschritten

 x,y um Faktor 2 bis 3 überschritten

 x,y um Faktor >3 überschritten

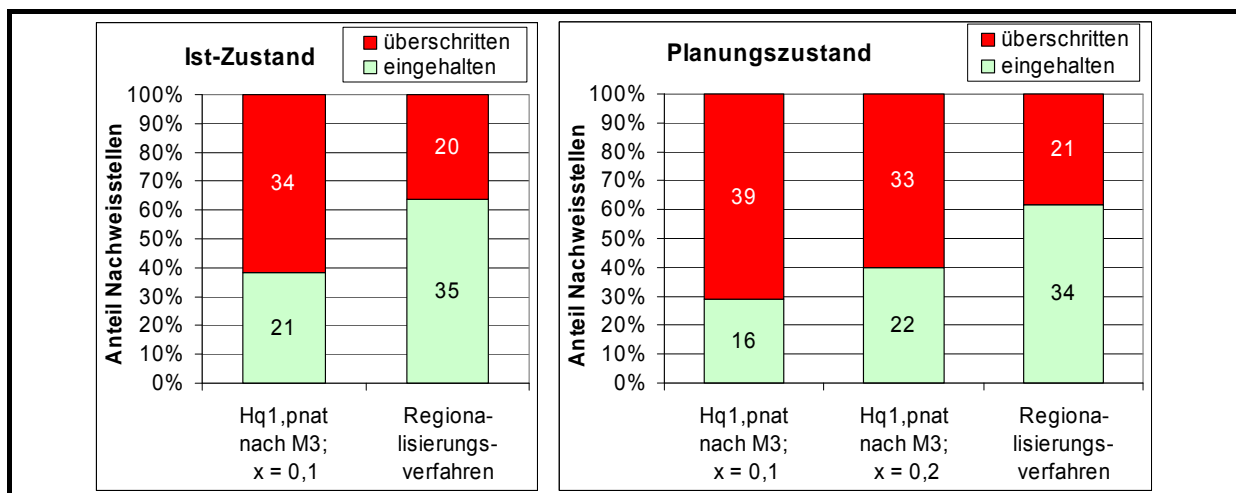
Das vereinfachte hydraulische Nachweisverfahren liefert in Bachoberläufen und sehr kurzen Bachläufen häufig plausible, konsistente Ergebnisse. Bei Nachweispunkten in Bachunterläufen, die zahlreiche oberhalb liegende Einleitungen aufweisen, reagiert das vereinfachte Verfahren extrem sensitiv auf die Abgrenzung der geschlossenen Siedlungsgebiete. Auf der einen Seite werden alle Einleitungen bis zur Nachweisstelle (Ende des geschlossenen Siedlungsgebietes) aufaddiert ohne Berücksichtigung der Retentionswirkung innerhalb des Gewässers und unterschiedlicher Fließzeiten und auf der anderen Seite erfolgt ein „Bruch“ zum nächsten Siedlungsgebiet, wo die Aufsummierung der Einleitungsabflüsse „plötzlich“ wieder bei Null beginnt. Beides spiegelt nicht die realen Verhältnisse im Gewässer wieder. Im Morsbach wird dies etwa bei km 11 oberhalb Mo04A und bei km 5 oberhalb Mo20 deutlich (siehe Tab. 2). Bei lang gestreckten „geschlossenen Siedlungsgebieten“ ergeben sich damit am Ende des Siedlungsgebietes hohe Überschreitungen. Dies wird in Tab. 3 deutlich, bei der das oberhalb der Probenahmestelle Mo04A beginnende geschlossene Siedlungsgebiet bis unterhalb Mo21B „verlängert“ wurde.

**Tabelle 3: Vereinfachter Nachweis im Vergleich zu Berechnung mit Wasserbilanzmodell (geschlossenes Siedlungsgebiet von Mo04A bis Mo21B)**

			Vereinf. Nachweis $Q_{E1,ist} / Q_{E1,zul}$		Detaillierter Nachweis		<b>Hinweis:</b> Bei dieser Variante werden zum Aufzeigen der Sensitivität des vereinfachten Verfahrens kleine Privateinleitungen zwischen Mo19A und Mo20 zum Anlass genommen, die geschlossenen Siedlungsgebiete hier <b>nicht</b> abzugrenzen. Nachweise für Mo1 bis Mo19A wie in Tabelle 2.
KUERZE L	STATIONSNAME	Stationierung [km]	mit $Hq_{1,pnat}$ ; M3; $x_{zul}=0,1$	Regionalisierungs-v.	$HQ_{1,ist} / HQ_{2,pnat}$	$HQ_{v,ist} / HQ_{2,pnat}$	
<b>Mo_22A</b>	<b>Morsbach</b> vor Mündung in die Wupper	<b>0,373</b>	0,7	0,2	1,10	1,20	
<b>Mo_22</b>	unterhalb RUEB Morsbachtal	<b>1,851</b>	0,7	0,2	1,08	1,08	
<b>Mo_21B</b>	unterhalb Rheinbach	<b>4,191</b>	4,8	1,8	1,09	1,09	
<b>Mo_21</b>	unterhalb Breitenbruch	<b>4,419</b>	5,0	1,8	1,10	1,10	
<b>Mo_20</b>	oberhalb Breitenbruch	<b>4,776</b>	4,9	1,8	1,09	1,09	
<b>Mo_19A</b>	uh. Gerstau bei Felder Siefen	<b>5,992</b>	5,1	1,9	1,09	1,09	
<b>Mo_17</b>	oberhalb Gelpe	<b>7,241</b>	6,7	2,0	1,16	1,16	

Im Bereich der Probenahmestellen Mo20 bis Mo22A erscheinen beim vereinfachten Nachweis weder die Ergebnisse der Tab. 2 noch die von Tab. 3 plausibel, während der detaillierte Nachweis mittels Wasserbilanzmodell für diesen Bereich hydrologisch plausibler ist.

Mit  $Hq_{1,pnat}$  nach BWK M3 und  $x_{zul} = 0,1$  wird im Ist-Zustand an 34 von 55 Nachweisstellen des Morsbachsystems der vereinfachte Nachweis nicht eingehalten, mit Kenngrößen aus dem Regionalisierungsverfahren dagegen an nur 20 Stellen. Ein ähnliches Bild ergibt sich für einen Prognosezustand, in dem geplante Maßnahmen der Kommunen berücksichtigt sind (Bild 6).



**Bild 6: Ergebnisse des vereinfachten hydrologischen Nachweises nach BWK M3**

Somit weist der vereinfachte Ansatz bei Ermittlung von  $Hq_{1,pnat}$  mittels Regionalisierungsverfahren an deutlich weniger Einleitungsstellen einen Bedarf an zusätzlichen Rückhaltevolumina aus. Allerdings ist festzustellen, dass der vereinfachte Nachweis mit Wahl von Spenden und dem Faktor  $x$  nach Regionalisierungsverfahren im Vergleich zum detaillierten Nachweis nicht immer „auf der sicheren Seite liegt“. Einerseits ist dies durch die „Nullung“ der Einleitungen an der Grenze zwischen geschlossenen Siedlungsgebieten bedingt (siehe oben). Andererseits liefert das Regionalisierungsverfahren speziell bei Einleitungen in den Oberlauf kleiner Bäche, die quellnah ein geringes Gefälle aufweisen, bevor sie eine „Hochfläche“ verlassen, deutlich höhere zulässige Spenden als der detaillierte Nachweis mit Wasserbilanzmodell (siehe [12]). Dies bedeutet allerdings nicht automatisch eine Schädigung der Gewässerbiozönose, da auch das detaillierte Nachweisverfahren Sicherheiten enthält.



## 2.5 Detaillierte hydrologische Nachweise nach BWK M7 mittels Wasserbilanzmodell im Vergleich zum vereinfachten Nachweis

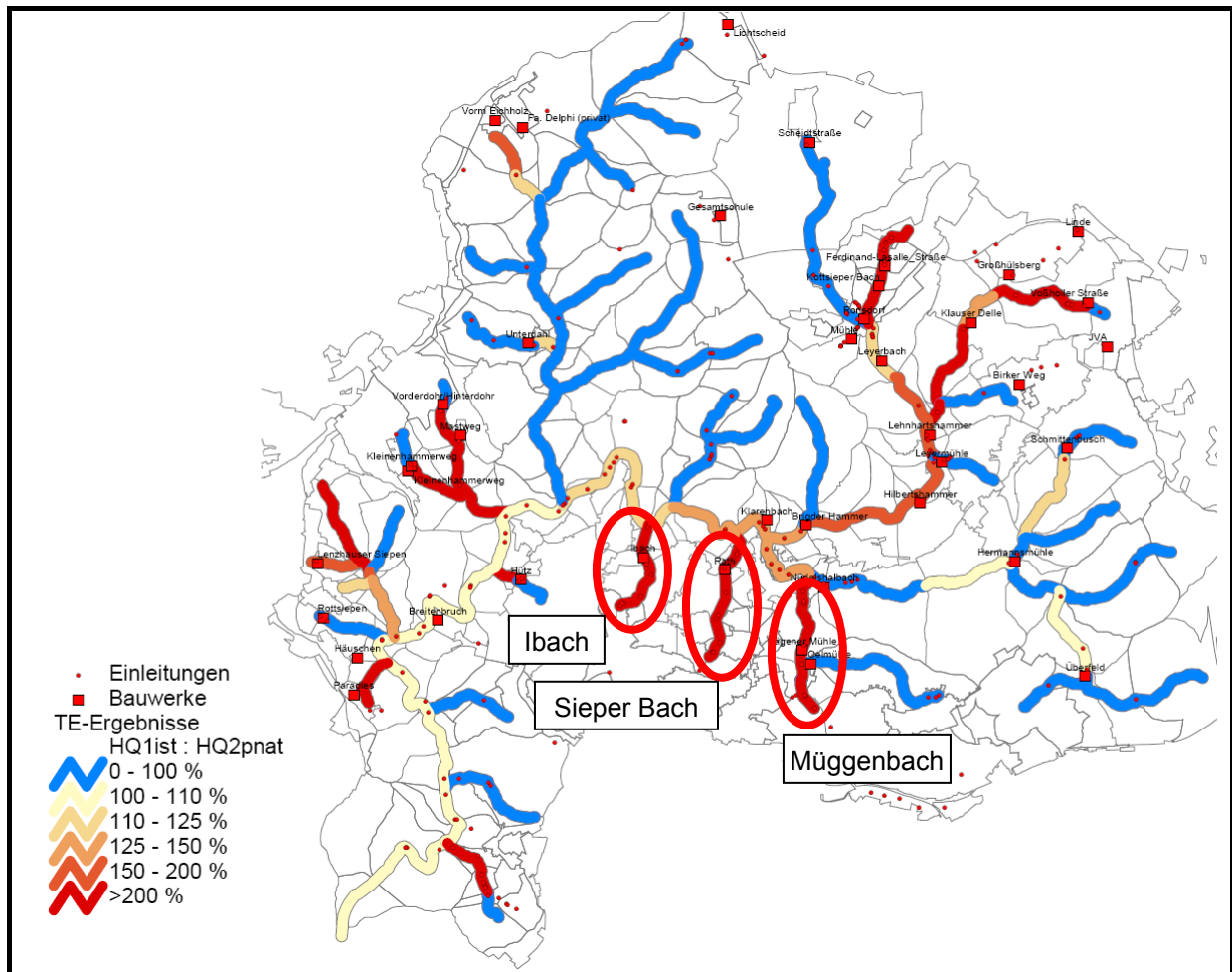
Für das Einzugsgebiet des Morsbachs wurde vom Ingenieurbüro Hydrotec, Aachen mit der Software NASIM, Version 3.6.1 ein detailliertes hydrologisches Modell aufgestellt, das sowohl das Gewässersystem mit Speicherbauwerken (wie HRB - Hochwasserrückhaltebecken oder Teichen) als auch das Kanalisationsnetz mit Regenbecken (wie RÜB - Regenüberlaufbecken oder RRB - (Regenrückhaltebecken) realitätsnah abbildet [12].

Das Modell wurde durch Auswertungen der in 2.2 beschriebenen Messungen kalibriert und validiert. Hierbei erfolgte ein Abgleich der Schmutzwassertagesgänge wie auch der Wasserbilanz der Gewässer. Ebenso wurden die Spitzen (Niederschlagsereignisse) abgeglichen, um auch für die Einleitungen und den zugehörigen Gewässerabfluss Aussagen treffen zu können.

BWK M3/M7 fordert im detaillierten hydrologischen Nachweis formal für Nachweisstellen mit mittlerem bis gutem Wiederbesiedlungspotenzial  $HQ_{1,Prog} \leq HQ_{2,pnat}$ , bei schlechtem Wiederbesiedlungspotenzial dagegen  $HQ_{2,Prog} \leq HQ_{2,pnat}$ . Nachweisorte sind nach BWK M7 **alle Einleitungsstellen** sowie das Ende des Nachweisraums (*zum Vergleich: im vereinfachten Nachweisverfahren sind Nachweise nur an den letzten Einleitungen vor dem Zusammenfluss von Gewässern sowie an der letzten Einleitungsstelle eines geschlossenen Siedlungsgebiets zu führen*).

Anders als beim vereinfachten Verfahren erfolgt damit der Nachweis nicht durch Ermittlung des zulässigen Einleitungsabflusses, sondern direkt über einen Vergleich des Gewässerabflusses bei Einleitungssituation und dem Gewässerabfluss im naturnahen Zustand. Hierfür wird der kalibrierte Ist-Zustand unter Zurücknahme der anthropogenen Einflüsse modelltechnisch in einen potenziell naturnahen Gewässerzustand transponiert. Somit erfolgt die Ermittlung des Vergleichswertes  $HQ_{2,pnat}$  nicht mehr aus Tabellen oder indirekt mittels Regionalisierungsverfahren sondern unter Berücksichtigung der Abflusssituation vor Ort. Der Wert selbst wird aus der Langzeitsimulation und mittels statistischer Auswertungen ermittelt.

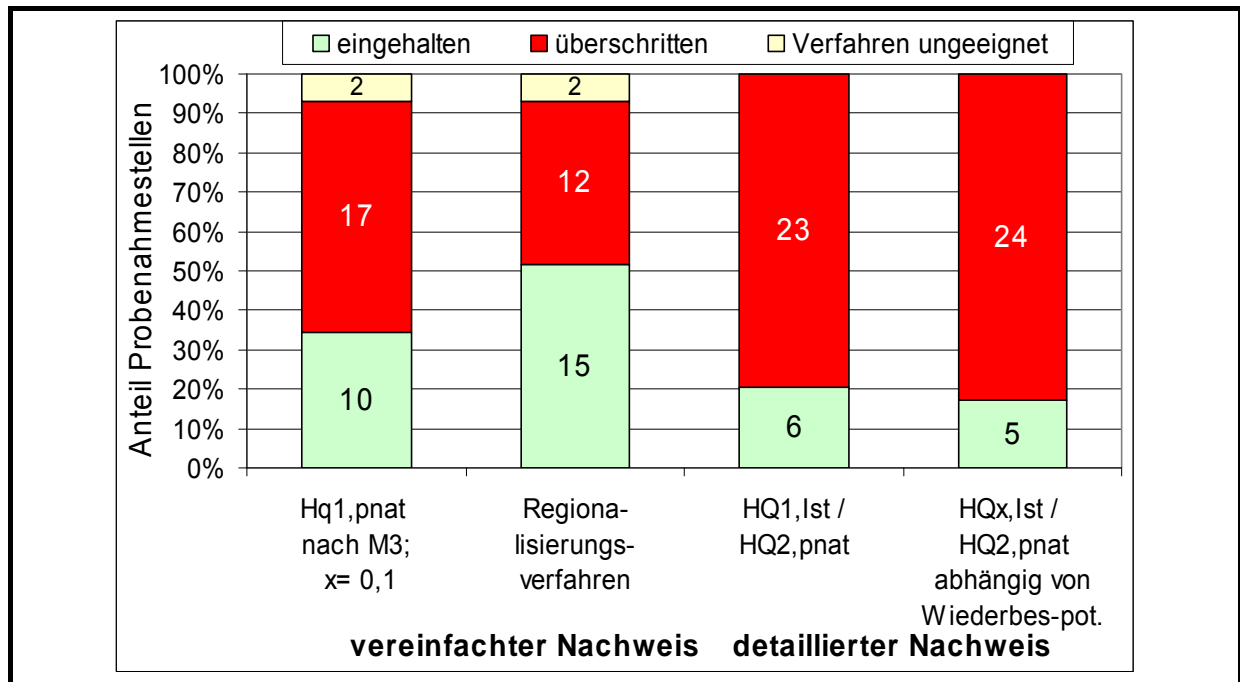
Das Bild 7 zeigt das Verhältnis  $HQ_{1,ist} / HQ_{2,pnat}$ .



**Bild 7:**  $HQ_{1,ist} / HQ_{2,pnat}$  im Ist-Zustand

An den durch Trennsystem-Einleitungen belasteten südlichen Nebenbächen Müggenbach, Sieper Bach und Ibach liegt das Verhältnis  $HQ_{1,ist} / HQ_{2,pnat}$  mit 700 bis 1.000 % am höchsten. Insgesamt überschreitet  $HQ_{1,ist}$  auf 46 % der gesamten Gewässerlänge  $HQ_{2,pnat}$  (*Kriterium bei anzustrebendem mittlerem bis hohem Wiederbesiedlungspotenzial*). Bei Berücksichtigung des vorhandenen Wiederbesiedlungspotenzials und damit Anwendung des Kriteriums  $HQ_2 \leq HQ_{2,pnat}$  bei geringem Wiederbesiedlungspotenzial würde sich der Anteil der „Überschreitungsstrecken“ noch geringfügig erhöhen.

Um trotz je nach Verfahren unterschiedlicher Nachweisstellen die Anzahl eingehaltener bzw. überschrittener Stellen beim vereinfachten und detaillierten Nachweis direkt gegenüberstellen zu können, wurden die hydrologischen Nachweise nach beiden Verfahren zusätzlich an den Probenahmestellen der Makrozoobenthosuntersuchungen geführt (Bild 8).



**Bild 8:** Vergleich vereinfachter / detaillierter hydrologischer Nachweis an den 29 Makrozoobenthos-Probenahmestellen im Istzustand

Im Fall des Morsbach-Systems ergibt der detaillierte hydrologische Nachweis an weniger Stellen als der vereinfachte Nachweis eine Einhaltung des jeweiligen Kriteriums. Dafür dürften u. a. die folgenden Ursachen verantwortlich sein:

- Hohe Einleitungsmengen in Oberläufe führen beim detaillierten Nachweis noch im Morsbach-Unterlauf zu (geringen) Überschreitungen, während beim vereinfachten Nachweis nur Einleitungen im jeweiligen „geschlossenen Siedlungsgebiet“ berücksichtigt werden.
- Das kalibrierte Wasserbilanzmodell ergab im Vergleich zu anderen Mittelgebirgsbächen relativ niedrige  $Hq_{1,pnat}$ -Spenden und x-Werte, liegt aber gut im Bereich der Werte der Grafiken aus M3.
- Im detaillierten Nachweis liegen zahlreiche Nachweispunkte an Einleitungen in Oberläufe kleiner Nebenbäche, während beim vereinfachten Nachweis an den gleichen Bächen Nachweise erst oberhalb des Zusammenflusses mit einem anderen Bach (Stellen mit größerem  $A_{E0}$ ) zu führen sind.

Eine im Vergleich zum vereinfachten Nachweisverfahren deutlich größere Realitätsnähe und Plausibilität der hydrologischen Ergebnisse des detaillierten Nachweisverfahrens ergibt sich vor allem bei größeren Einzugsgebieten durch folgende Aspekte:

- Durch die Kalibrierung wird sichergestellt, dass  $HQ_{1,pnat}$  und x an die realen Gegebenheiten im Einzugsgebiet angepasst werden und der Bearbeiter nicht auf reine Literaturwerte angewiesen ist, deren Streubreite aus Tab. 1 ersichtlich ist.
- Retentionseffekte im Gewässer sowie die unterschiedlichen Fließzeiten, mit denen Wellen aus einzelnen Teilgebieten des Kanalnetzes und dem Gewässersystem sich nur teilweise überlagern, werden berücksichtigt.
- Der Bearbeiter braucht bei kleinen Einleitungen nicht zu entscheiden, ob diese als Bagatteinleitungen unberücksichtigt bleiben oder Anlass sind, ein geschlossenes Siedlungsge-

biet „durchzuziehen“. Hierdurch werden die im vereinfachten Nachweis möglichen „Sprünge“ an der Grenze von geschlossenen Siedlungsgebieten bei dem detaillierten hydrologischen Nachweis vermieden.

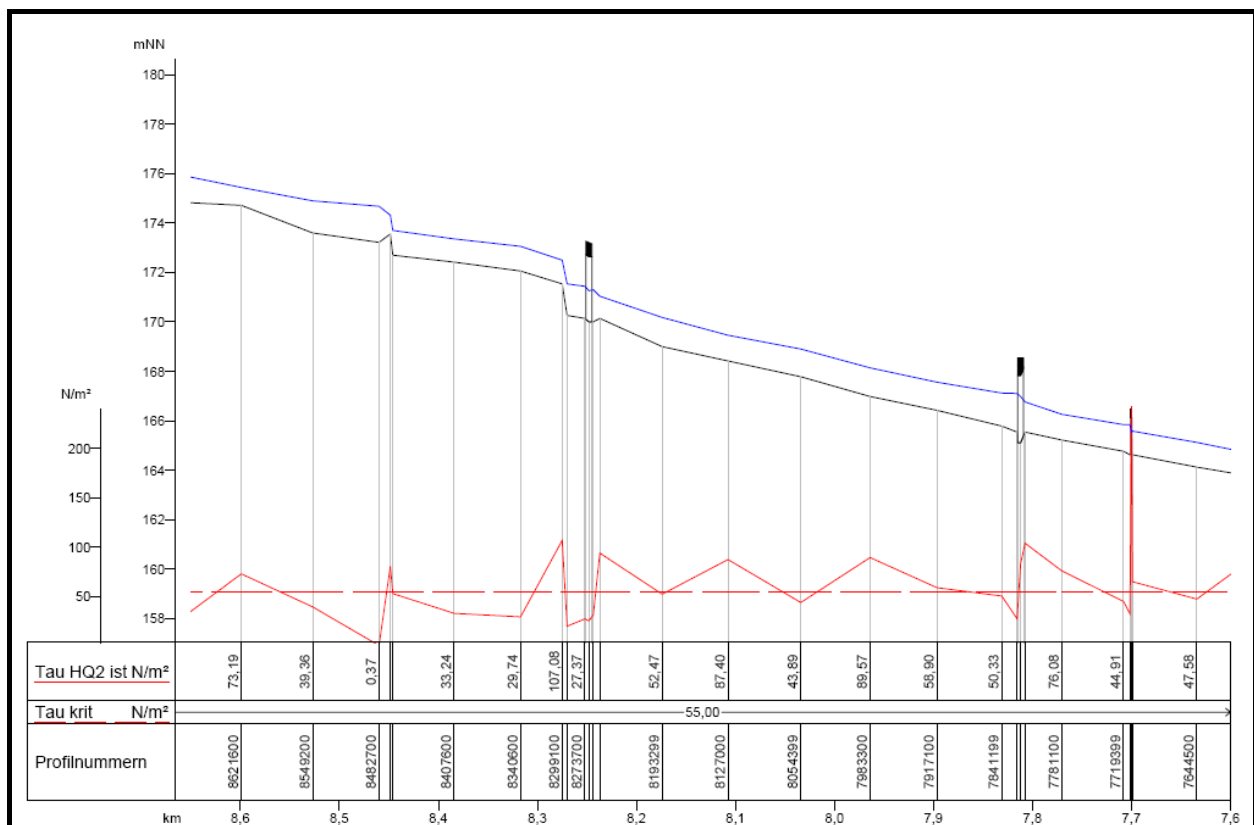
Allerdings enthält der detaillierte Nachweis nach BWK M7, wie in Kap. 3 gezeigt wird, beträchtliche Sicherheiten und ersetzt auch nicht lokale Detailuntersuchungen.

## 2.6 Hydraulischer Nachweis über Sohlschubspannung

Zentrales Kriterium des hydraulischen Nachweises ist nach BWK M7 Entwurf 2/2008 der Vergleich zwischen vorhandener Sohlschubspannung  $\tau$  und kritischer Sohlschubspannung  $\tau_{\text{krit}}$  für ein Sohlsubstrat, das dem Gewässertyp und den geologischen naturräumlichen Verhältnissen entspricht. Nach M7-Entwurf liegt ein relevantes Störereignis vor, wenn

1. auf über 30 % der Fließlänge des Nachweisraumes die kritischen Sohlschubspannungen überschritten werden **und**
2. Teilstrecken mit Überschreitung der kritischen Sohlschubspannungen länger als 500 m sind und weniger als 100 m voneinander entfernt liegen **und**
3. der zeitliche Abstand zum vorangegangenen Störereignis mehr als 5 Tage beträgt.

Die Anwendbarkeit des Kriteriums 2 auf Mittelgebirgsbäche erscheint fragwürdig. Bei Mittelgebirgsbächen sind häufig wechselnde Gefälle, Fließgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen typisch, so dass mit hoher Wahrscheinlichkeit auch bei Überschreitung eines Sohlschubspannungs-Grenzwerts auf einem großen Teil der Fließlänge in kurzen Abständen (< 500 m) immer wieder kurze Abschnitte mit Einhaltung eines Sohlschubspannungs-Grenzwerts vorliegen (siehe Sohlschubspannung eines Morsbach-Abschnitts in Bild 9).



**Bild 9: Ausschnitt hydraulischer Längsschnitt Morsbach, HQ<sub>2</sub> Ist-Zustand**

Warum Teilstrecken mit Überschreitung der kritischen Sohlschubspannungen nur dann relevant sind, wenn sie weniger als 100 m voneinander entfernt liegen, ist für den M7-Leser nicht nachvollziehbar.

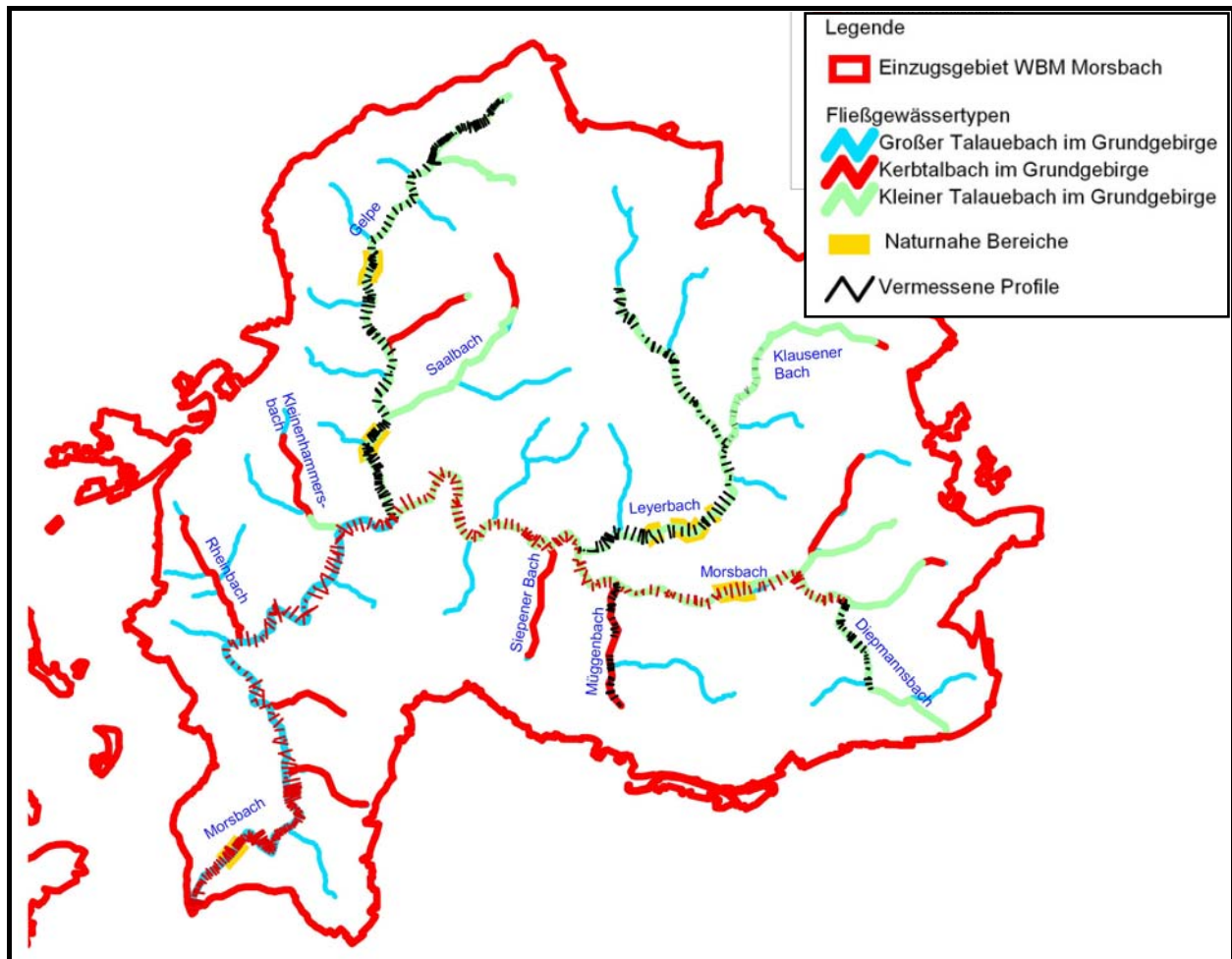
Der hydraulische Nachweis gilt nach M7-Entwurf als erbracht, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Das Wiederkehrintervall von Störereignissen ist  $T \geq 2$  a **und**
- am Endpunkt des Nachweisraumes ist der hydrologische Nachweis erbracht ... **und**
- die Längsdurchgängigkeit in den betroffenen Gewässerabschnitten ist gewährleistet.

Auch das Kriterium der Längsdurchgängigkeit ist kritisch zu sehen. Dieser Begriff ist nicht eindeutig definiert. Zu unterscheiden ist z. B. zwischen Aufwärts- und Abwärtsdurchgängigkeit und zwischen Durchgängigkeit für Wanderfische, für sonstige Fische und für Makrozoobenthos-Organismen. Bei anderen Nachweisen nach M3/M7 wird die Durchgängigkeit indirekt über das Wiederbesiedlungspotenzial berücksichtigt, ein Wanderhindernis ist aber kein Ausschlusskriterium für die Führung des Nachweises. Dass der hydraulische Nachweis nicht erbracht werden kann, wenn die Längsdurchgängigkeit in den „betroffenen Gewässerabschnitten“ nicht gewährleistet ist, hat bei strenger Auslegung (ein einziges Wanderhindernis = Ausschlusskriterium) zur Folge, dass dieser Nachweis in kaum einem Gewässer zu führen ist, da in Mittelgebirgsbächen Wanderhindernisse (insbes. Rohre und Wehre/Abstürze) sehr häufig sind. Warum dieses Knockout-Kriterium speziell für den hydraulischen Nachweis eingeführt werden soll, ist nicht nachvollziehbar.

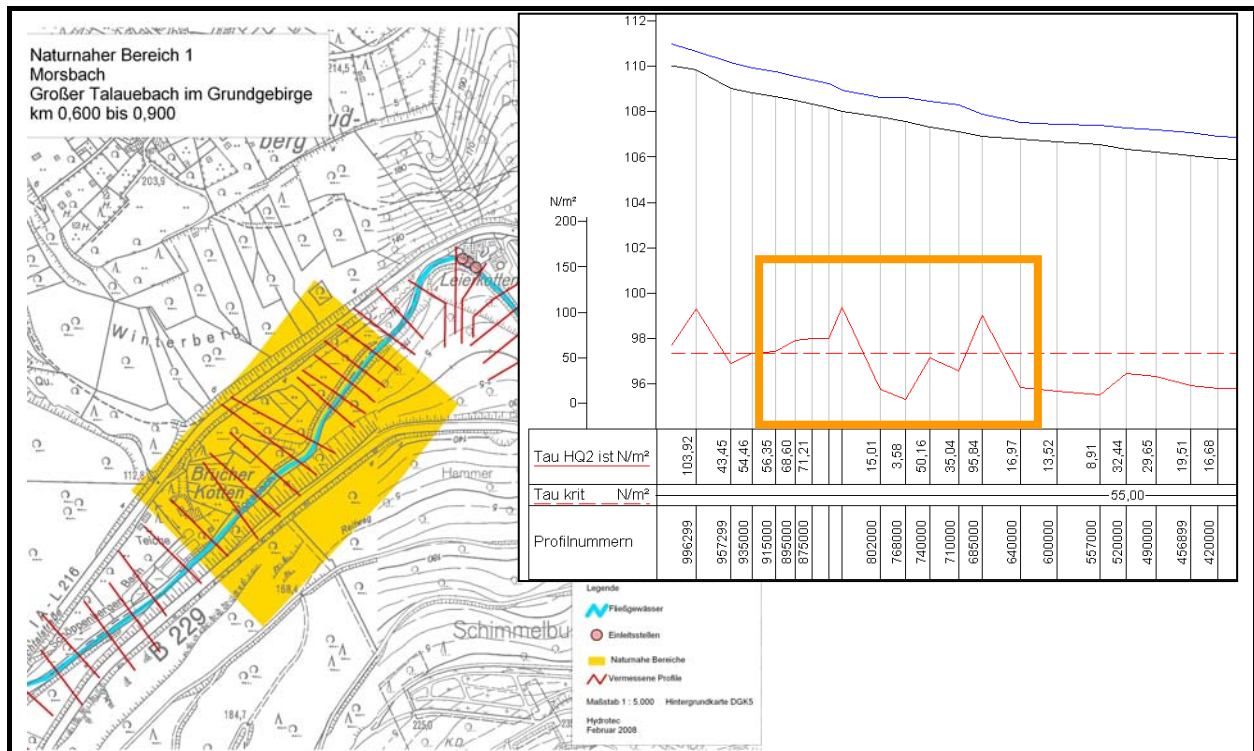
Da trotz dieser Fragen der hydraulische Nachweis als solcher in der Anwendung getestet werden sollte, ist er innerhalb des Projektes an den Hauptgewässern durchgeführt worden (siehe Bild 10). Hierzu wurden an diesen terrestrisch vermessenen Gewässern mit dem vom Ingenieurbüro Hydrotec mit der Software Jabron, Vers. 6.5 aufgestellten hydraulischen Modell Sohlschubspannungen berechnet.





**Bild 10: Vermessene Gewässer, für die  $\tau$  bei  $HQ_2$  berechnet wurde, und naturnahe Bereiche**

Keineswegs trivial ist die Ermittlung der kritischen Sohlschubspannung  $\tau_{\text{krit}}$ . In Erwägung gezogen wurde, auf Angaben im Merkblatt 16 „Fließgewässertypen“ des LUA NRW zurückzugreifen. Die dort angegebenen Spannen von 2 bis 60 N/m<sup>2</sup> für große Talauebäche und 30 bis 150 N/m<sup>2</sup> für kleine Talauebäche im Grundgebirge sind jedoch aufgrund der großen Streubreite zur Herleitung eines festen Grenzwertes für  $\tau_{\text{krit}}$  nur bedingt geeignet. Idee war daher zur weiteren Eingrenzung für insgesamt 7 noch vorhandene morphologisch naturnahe Gewässerabschnitte im Morsbachsystem die Sohlschubspannung  $\tau$  beim 2-jährlichen Hochwasser zu berechnen und diese als Vergleichsgrößen heranzuziehen (siehe Bilder 10 und 11). Die Ergebnisse sind in Tab. 4 dargestellt.



**Bild 11: Sohlschubspannung und Längsschnitt [m+NN] für naturnahen Bereich**

**Tabelle 4: Ableitung eines Grenzwerts für  $\tau_{krit}$  aus  $\tau$  in naturnahen Bereichen**

Lfd. Nr.	Gewässer mit Hydraulik	Fließgewässertyp	Bereich	Station (GSK)		Profile			Schubspannung bei HQ2,ist				Tau krit	
				von	bis	Anzahl	von	bis	von	bis	max (Glättung)	Mittelwert	Literatur	Tau krit WBM
Nr.	Name	Name	-	km	km	Stück	Nummer	Nummer	N/m²	N/m²	N/m²	N/m²	N/m²	N/m²
1	Morsbach	Großer Talauebach im Grundgebirge	Brucher Kotten	0,600	0,900	11	640000	915000	4	106	70	50	2 bis 60	55
2	Gelpe	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	OW Daniels-hammer	11,400	11,800	8	12420299	12842399	2	30	29	20	30 bis 150	55
3		Kleiner Talauebach im Grundgebirge	Westen-hammer	0,700	1,100	19	700000	1100599	8	59	57	46	30 bis 150	55
4	Leyerbach	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	Meisters-hammer	2,900	3,300	11	2930100	3249300	4	56	55	40	30 bis 150	55
5		Kleiner Talauebach im Grundgebirge	Birgden III	0,800	1,000	3	812600	973700	36	64	60	50	30 bis 150	55
6		Kleiner Talauebach im Grundgebirge	UW Hilberts-hammer	1,100	1,500	5	1135400	1482400	46	57	55	50	30 bis 150	55
7		Kleiner Talauebach im Grundgebirge	OW Hilberts-hammer	1,600	1,700	2	1624700	1739200	39	45	45	42	30 bis 150	55

Auch hier ergab sich eine große Bandbreite der vorhandenen Sohlschubspannungen, was aber durch den Fließgewässertyp als nicht außergewöhnlich angesehen werden kann. Wechselnden Fließbedingungen sind durch stark variierende Gefälle, Sohlstrukturen und -substraten natürlicher Bestandteil der Gewässer des Mittelgebirges. Als möglicherweise sinnvoller Bereich für den Grenzwert wurde  $\tau_{krit} = 55 \text{ N/m}^2$  bis  $60 \text{ N/m}^2$  aus diesen Ermittlungen abgeleitet.

Für die vermessenen Gewässerabschnitte des Morsbachsystems wurde  $\tau$  bei HQ<sub>2</sub> berechnet, ausgewertet und diesen „Grenzwerten“ gegenübergestellt (siehe Tab. 5).

**Tabelle 5: Gegenüberstellung berechnete/kritische Sohlschubspannung**

Gewässer mit Hydraulik	Fließgewässertyp Name	Bereich		Tau krit Literatur N/m <sup>2</sup>	Tau krit WBM Vorschlag N/m <sup>2</sup>	Schubspannung bei HQ2,prognose, Var 0					
		von km	bis km			Überschreitung bei Tau krit=55 N/m <sup>2</sup>		Unterschreitung bei Tau krit=55 N/m <sup>2</sup>		Überschreitung bei Tau krit=60 N/m <sup>2</sup>	
						m	%	m	%		%
Morsbach	Großer Talauebach im Grundgebirge	0,000	7,045	2 bis 60	55	2715,0	38,5	4329,5	61,5	29,5	
	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	7,045	13,827	30 bis 150	55	2139,5	31,5	4643,0	68,5	27,9	
Gelpe	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	0,000	4,619	30 bis 150	55	1226,5	26,6	3392,5	73,4	12,3	
Leyerbach	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	0,000	4,659	30 bis 150	55	722,0	15,5	3937,0	84,5	13,6	
Diepmannsbach	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	0,000	1,078	30 bis 150	55	419,0	38,9	659,0	61,1	38,9	
Dombach	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	0,000	1,123	30 bis 150	55	284,0	25,3	839,0	74,7	21,2	
Müggenbach	Kerbtalbach im Grundgebirge	0,000	1,369	30 bis 150	55	1083,5	79,1	285,5	20,9	75,2	
Klausener Bach	Kleiner Talauebach im Grundgebirge	0,000	1,201	30 bis 150	55	604,0	50,3	597,0	49,7	17,7	
Gesamt					55	9193,5	33,0	18682,5	67,0	25,4	
Wasserkörper	Gelpe und Dombach	0,000	5,742	2 bis 150	55	1510,5	26,3	4231,5	73,7	14,1	
	Morsbach bis Einmündung										
	Diepmannsbach	0,000	13,827	30 bis 150	55	4854,5	35,1	8972,5	64,9	28,8	
	Leyerbach UL	0,000	2,550	30 bis 150	55	545,5	21,4	2009,0	78,6	20,1	
	Leyerbach OL	2,550	4,659	30 bis 150	55	176,5	8,4	1928,0	91,6	5,7	
Gesamt					55	7087,0	29,3	17141,0	70,7	22,4	

In der Tabelle sind für den Unterlauf des Morsbachs (großer Talauebach), den Oberlauf des Morsbachs (kleiner Talauebach) sowie für wichtige Nebenbäche die prozentualen Überschreitungen der o. a. Sohlschubspannungs-„Grenzwerte“ dargestellt. Werden die Nebenbäche sowie die beiden nach LWA-Gewässertyp (kleine/großer Talauebach) abgegrenzten Morsbach-Abschnitte separat betrachtet, ist das Kriterium „ $\tau < 55 \text{ N/m}^2$ “ auf 30 % der Fließstrecke in 3 von 8 Gewässerabschnitten, „ $\tau < 60 \text{ N/m}^2$ “ auf 30 % der Fließstrecke dagegen in 6 von 8 Abschnitten eingehalten. Wird die Summe aller untersuchten Bäche als Nachweisraum betrachtet, gilt das Kriterium  $\tau < 55 \text{ N/m}^2$  mit 29 % Überschreitung und das Kriterium  $\tau < 60 \text{ N/m}^2$  mit 24 % Überschreitung für den gesamten Nachweisraum als eingehalten. Zu beachten ist dabei allerdings, dass es weder für die Festlegung des „ $\tau$ -Grenzwerts“ noch für die Abgrenzung von Betrachtungsräumen klare Vorgaben gibt.

Der hydraulische Nachweis über die Sohlschubspannung hat den theoretischen Vorteil, dass eine physikalische Größe betrachtet wird, deren Auswirkung auf Gewässerbett und Biozönose („hydraulischer Stress“) anschaulich vorstellbar ist. Am praktischen Beispiel des Morsbachs ist jedoch festzustellen, dass eine eindeutige und nachvollziehbare Nachweisführung in diesem Mittelgebirgsbachsystem nicht möglich ist. Einerseits erweist sich die Handhabbarkeit der Kriterien des M7 als problematisch. Andererseits bereitet die hohe Variabilität von Gefälle, Sohlstruktur, Querprofil und damit der Sohlschubspannung bei Mittelgebirgsbächen Probleme. Ein hoher Aufwand entsteht dadurch, dass zahlreiche Querprofile vermessen werden müssen. Bei Gewässern in ländlich strukturierten Flachlandregionen kann durch den dort vorhandenen Gewässertyp die Eignung besser aussehen. Hier wird durch die Projektbeteiligten ein weiterer Forschungsbedarf gesehen, da sich wie oben beschrieben das Verfahren grundsätzlich als der „Zielgröße Biologie“ am nächsten erweist, da der Abfluss als solcher (hydrologischer Nachweis) nur über die resultierende hydraulische Belastung im Gerinne selbst wirkt.

## 2.7 Biologische Untersuchungen des Makrozoobenthos

### 2.7.1 Bewertung nach PERLODES / ASTERICS

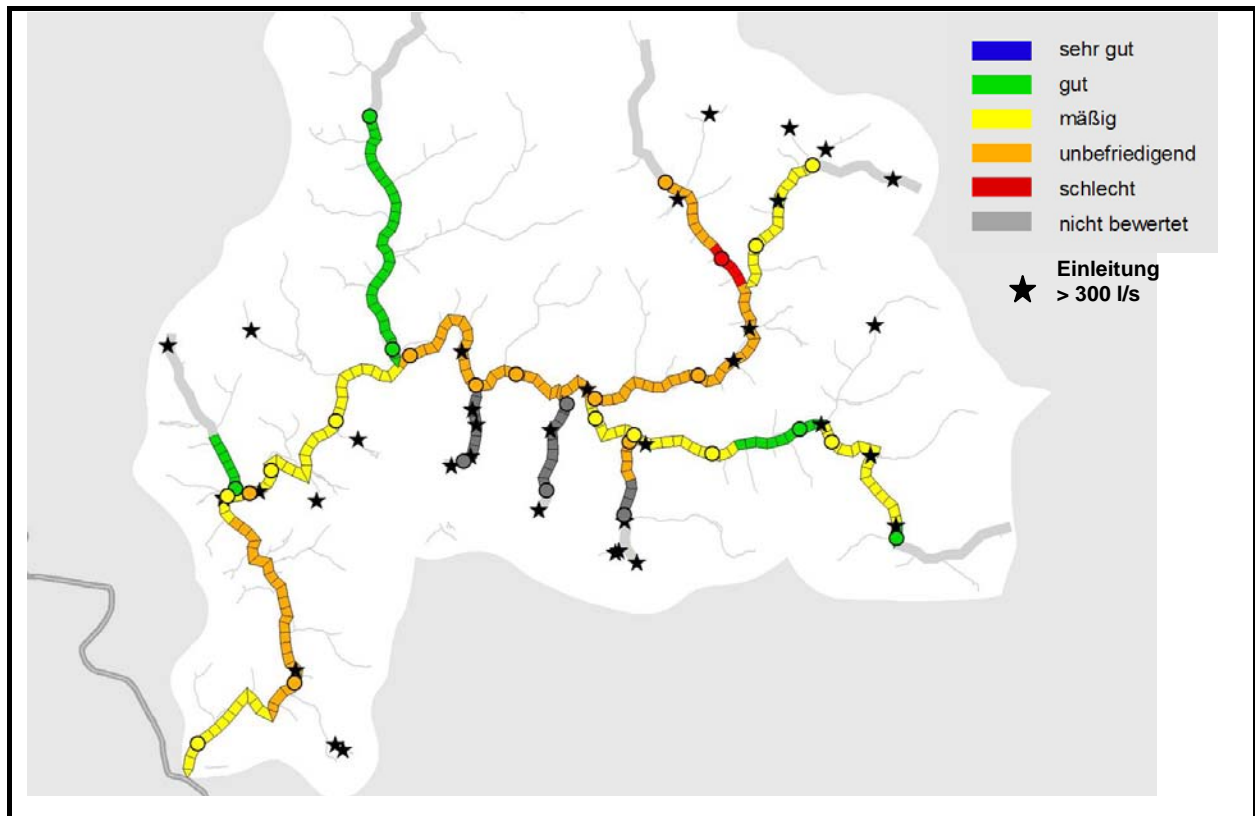
Die Untersuchung und Bewertung des Makrozoobenthos erfolgte zunächst nach dem Bewertungsverfahren PERLODES (siehe [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de) und [3]).

Die „alte Gewässergüte“ (7-stufige Skala) sowie das PERLODES-Modul „Saprobie“ reagieren überwiegend auf Sauerstoff zehrende Stoffe in der fließenden Welle; allerdings korreliert nach Erfahrungen des Wupperverbandes gerade im Grenzbereich zwischen gut und mäßig die Saprobie nicht immer mit Verbesserungen des Sauerstoffhaushalts. Komplexer sind die Reaktionen der Fischfauna sowie des PERLODES-Moduls „Allgemeine Degradation“ auf Belastungen. Verschiedene Autoren berichteten in jüngster Zeit, dass die Allgemeine Degradation nicht nur, wie eigentlich erwartet, auf hydrologische und morphologische, sondern auch auf stoffliche Belastungen reagiert. Während bei stofflich unbelasteten Gewässern eine deutliche Korrelation zwischen morphologischen Parametern und der Allgemeinen Degradation festgestellt wurde, ist das bei stofflich belasteten Probenahmestellen nicht der Fall [8]. Weiterhin ist zu beachten, dass Rechenwerte des PERLODES-Verfahrens nicht belastbar sind, wenn im Modul „Saprobie“ die Summe der Abundanzziffern kleiner 20 ist und für das Modul „Allgemeine Degradation“ die Abundanzsumme der im Deutschen Fauna Index eingestuften Taxa im Mittelgebirge die Zahl 20 unterschreitet (Hering, mündl. Mitteilung). Eine sehr geringe Artenzahl ist vor allem bei aus hydraulischen Gründen stark verbauten Gewässern und/oder extremen stofflichen Belastungen zu erwarten (hier z. B. Müggen- und Ibach). Die Untersuchungen wurden an insgesamt 29 Stellen im Mai 2006 und in Wiederholungsbeprobungen im August 2006 und März 2007 durchgeführt (siehe Bild 11).

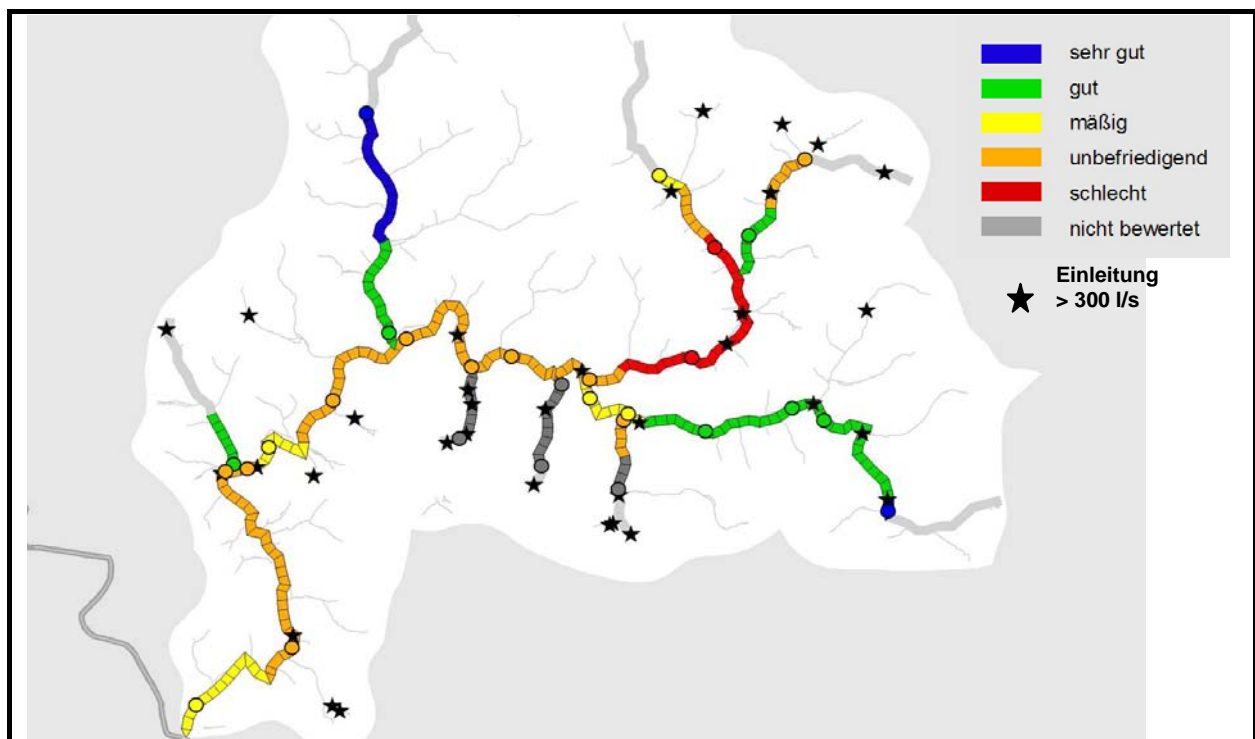
Obwohl zu den drei Beprobungszeitpunkten zum Teil erhebliche Unterschiede in den Artenlisten nachzuweisen sind, ergibt die Bewertung der Biozönosen zu den drei Terminen je Probe-stelle große Übereinstimmungen. Das PERLODES-Modul „Saprobie“ liegt nur an 2 von 29 Probenahmestellen bei mäßig, an allen anderen bei gut. Eine an wenigen Stellen mit geringen Taxazahlen indizierte Versauerung erscheint nicht plausibel. Das Modul „Allgemeine Degradation“ weist jeweils die schlechteste Bewertung der drei Module auf und ist so in allen Fällen für die Bewertung der „Ökologischen Zustandsklasse“ ausschlaggebend.

### 2.7.2 Erläuterung des Bewertungsverfahrens CausaLim und Vergleich mit PERLODES / ASTERICS für hydromorphologische Gesamtbelastung

Das für die Beurteilung des Gewässerzustandes im Rahmen der Umsetzung der WRRL (EU-Wasserrahmenrichtlinie) eingesetzte PERLODES-Modul „Allgemeine Degradation“ zeigt zwar Defizite der Makrozoobenthos-Fauna an, erlaubt jedoch keinen direkten Schluss auf die Ursachen dieser Defizite. Aus diesem Grund wurden zusätzlich zur Bewertung nach dem PERLODES-Verfahren die Taxalisten des Makrozoobenthos zur spezifischen Indikation von Belastungen mit einem derzeit beim *umweltbüro essen* in der Entwicklung befindlichen Expertensystem namens CausaLim untersucht. Während PERLODES Bäche im silikatischen Mittelgebirge an einer einheitlichen Referenz misst, sind in CausaLim unterschiedliche Referenzen für Gewässer mit Einzugsgebiet größer bzw. kleiner 10 km<sup>2</sup> vorgesehen. Die in Bild 13 dargestellte mit CausaLim indizierte hydromorphologische Gesamtbelastung korrespondiert weitgehend mit der PERLODES-Gesamtbelastung (Bild 12).



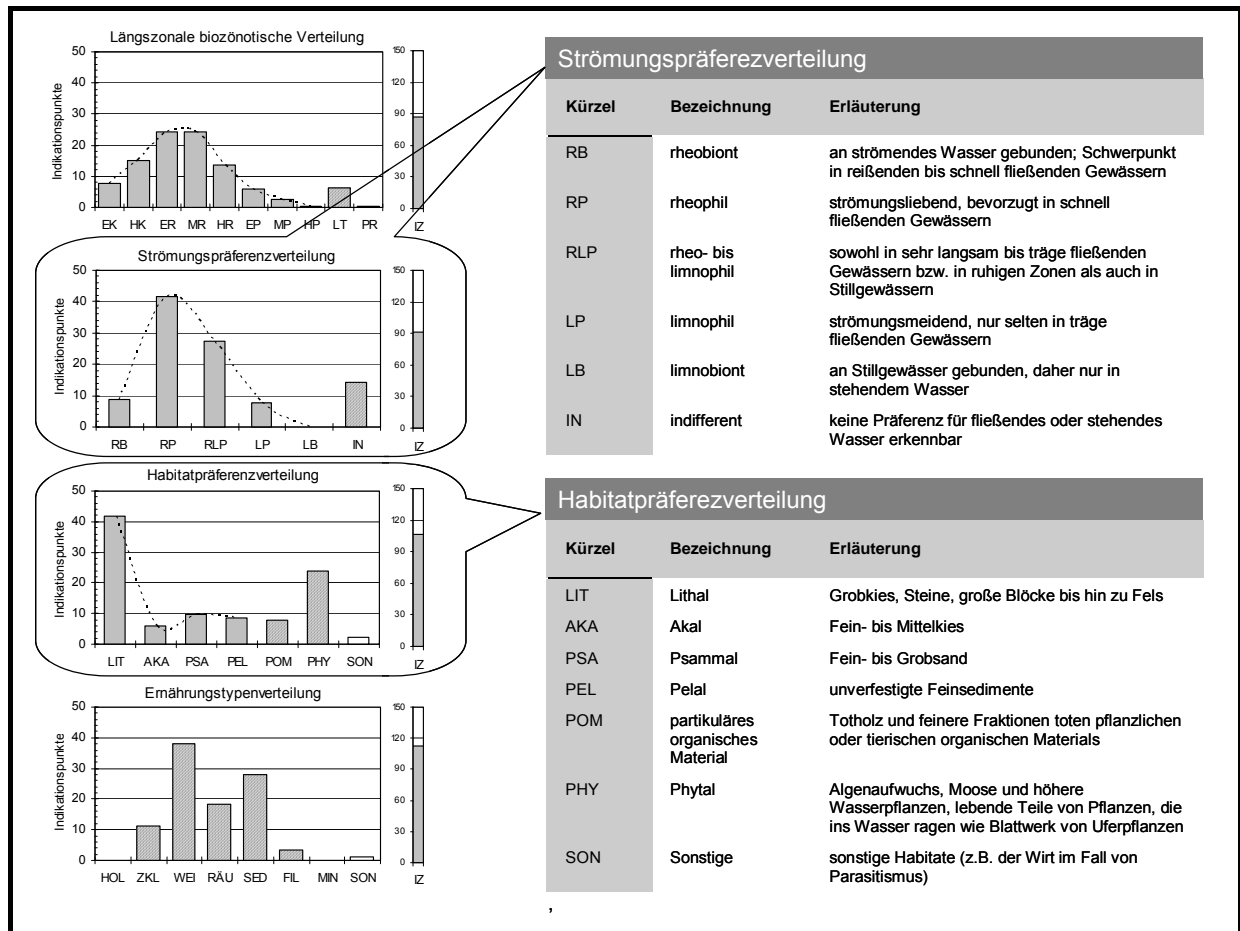
**Bild 12: Makrozoobenthos-Probestellen im Morsbach-System mit Bewertung der Ökologischen Zustandsklasse nach PERLODES**



**Bild 13: Makrozoobenthos-Probestellen im Morsbach-System mit Bewertung der hydromorphologischen Gesamtbelastung nach CausaLim**



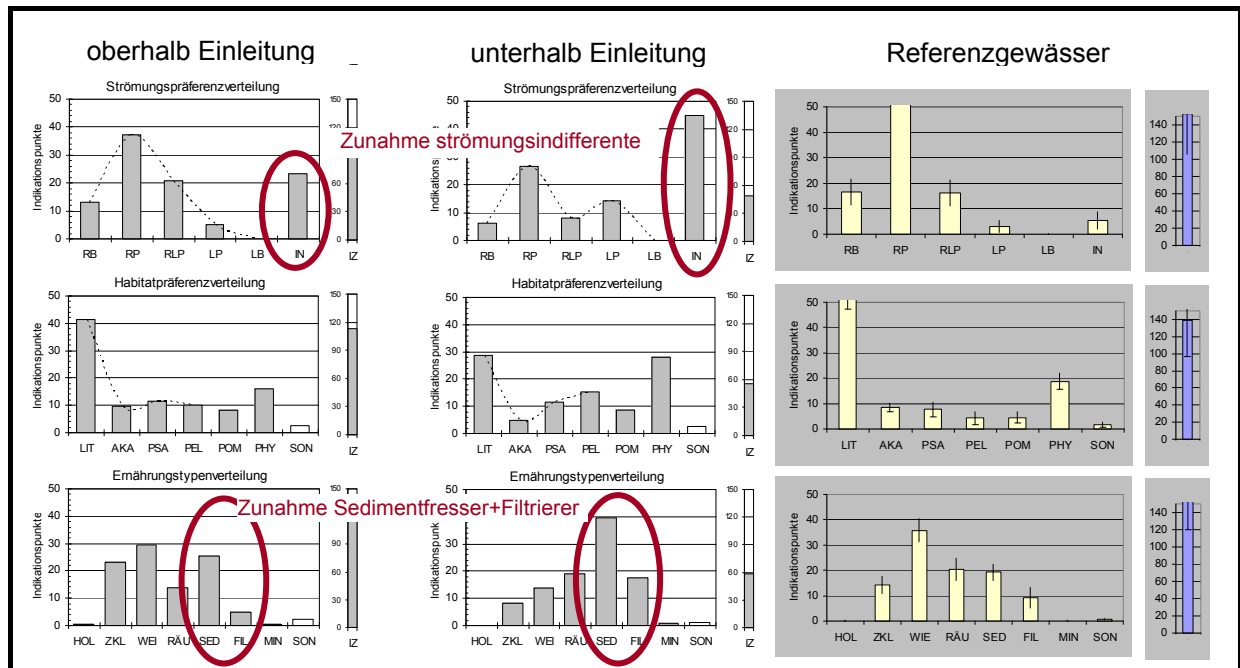
Über Verteilungshistogramme, in denen Makrozoobenthos-Organismen auf der Grundlage autökologisch-funktionaler Charakteristika, d.h. auf Basis der Kenntnis der Lebensraumsprüche bzw. ökologischen Valenzen der verschiedenen Arten, differenziert werden (Bild 14), können hydromorphologische Teilbelastungen (z. B. hydraulische Stoßbelastungen, verminderte Strömungsgeschwindigkeiten bei Niedrigwasser etc.) nach Belastungsart und -anteil indiziert werden.



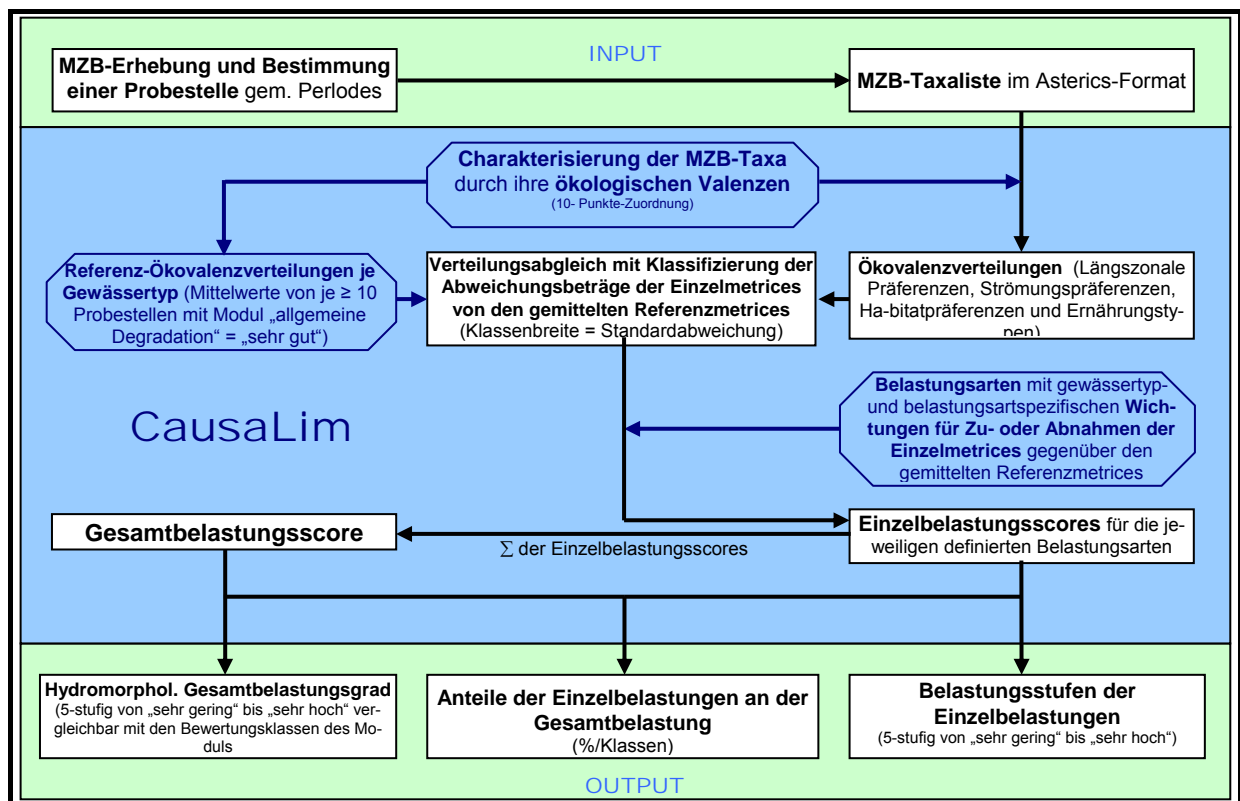
**Bild 14:** Beispiel für ein Verteilungshistogramm der Limnoverteilung mit exemplarischer Erläuterung der Abkürzungen und Fachbegriffe [3]

Die Auswirkungen einer Einleitung auf die funktionalen Verteilungen des Makrozoobenthos sind beispielhaft in Bild 15 erkennbar.

In CausaLim werden die Verteilungen der Strömungspräferenzen, Ernährungstypen etc. von den zu analysierenden Probenahmen mit gewässertypspezifischen, naturnahen Referenzverteilungen automatisch abgeglichen, Abweichungen ermittelt und je nach Charakteristik bestimmten Belastungsarten gewichtet zugeordnet. Das Verfahren ermittelt für jede vordefinierte Teilbelastung einen spezifischen Score-Wert, der es erlaubt, die hydromorphologische Gesamtbelastung (bewertet im PERLODES-Modul „Allgemeine Degradation“) auf die einzelnen Belastungsanteile aufzusplitten (siehe Bild 16).



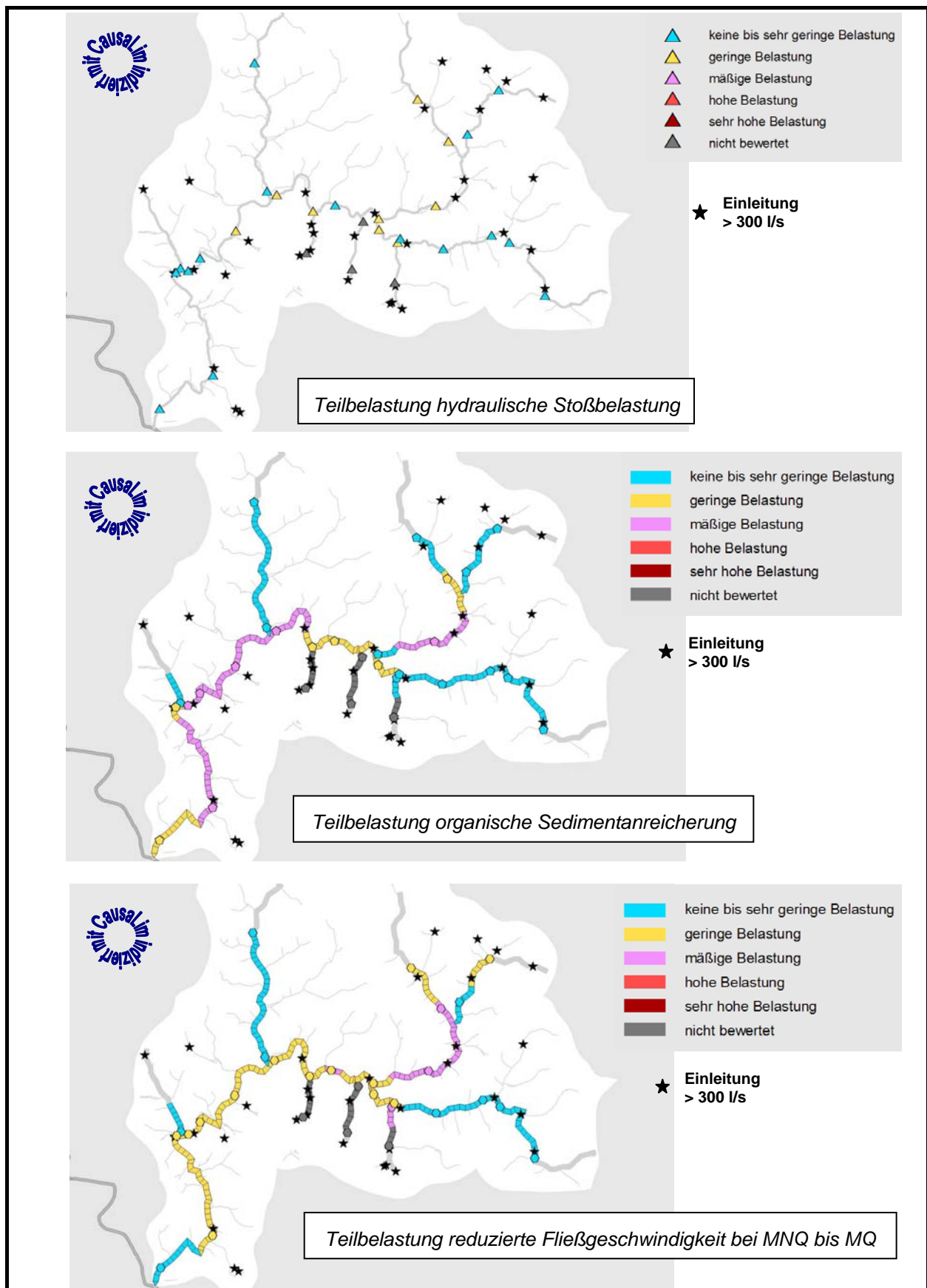
**Bild 15:** Funktionale Verteilungen des MZB ober- und unterhalb Einleitung sowie an Referenzgewässer



**Bild 16:** Verfahrensschema CausaLim

Durch die dargestellten Untersuchungen wird es möglich abzuschätzen, welches die Hauptprobleme eines Gewässerabschnitts sind und welche Maßnahmen eine Verbesserung des ökologischen Zustands erwarten lassen - eine wichtige Voraussetzung für Kosteneffizienzbeurteilungen und Maßnahmenpriorisierungen.

### 2.7.3 Bewertung hydromorphologischer Teilbelastungen im Morsbachsystem



**Bild 17: Durch CausaLim indizierte Teilbelastungen des Makrozoobenthos**

In den Untersuchungsabschnitten des Morsbachsystems zeigt die CausaLim-Auswertung, dass neben hydraulischen Spitzen der Eintrag organischer Feinsuspensa sowie Strömungsverlangsamungen bei Trockenwetter die Hauptbelastungen darstellen (siehe Bild 17). Dabei ist zu beachten, dass diese drei Belastungspfade insgesamt eine Folge der starken Urbanisierung und Versiegelung sind.

Im Vergleich zu naturnahen Referenzgewässern zu niedrige Strömungsgeschwindigkeiten sind im Wesentlichen auf folgende Effekte zurückzuführen:

- Niederschlagsabflüsse werden von befestigten Flächen im Kanalsystem schnell abgeleitet, was eine Verringerung der Grundwasserneubildung zur Folge hat.
- Auch nach Regenende führen Misch- und Schmutzwasserkanäle Grundwasser als Fremdwasser aus dem Morsbachsystem zur Kläranlage Kohlfurth an der Wupper ab.
- Die Bäche sind auf weiten Strecken mit breiter Sohle so ausgebaut (oder erodiert), dass sie hohe Abflüsse „schadlos“ abführen können.

Sowohl Belastungen durch hydraulische Spitzenabflüsse als auch die zu niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten bei Trockenwetter haben sowohl eine hydrologische als auch eine morphologische Komponente, was bei der Planung effizienter Maßnahmen zu beachten ist.

**Tabelle 6: Über die Probenahmezeitpunkte gemittelte Ergebnisse der Makrozoobenthos-Untersuchungen**

Probe- stellen	Saprobie	Hydromorphologie-Bewertung			CausaLim Teilbelastungs-Scores			
	PERLODES-Klassen "Saprobie"	"Allgemeine Degradation" PERLODES-Score	Hydromorph. Gesamtbelastung CausaLim-Score	Hydromorph. Gesamtbe- wertung	Hydraulische Stoßbelastung	Vermind. Fließge- schwindigkeit bei MNQ bis MQ	Erhöhte organische Feinsediment- belastung	Sonstige Struktur- belastungen
Mo01	I	0,61	161	I	67	94	0	0
Mo02	II	0,60	409	II	241	112	56	0
Mo03	II	0,64	353	II	97	102	26	128
Mo04	II	0,57	492	II	64	131	118	179
Mo04A	II	0,54	749	III	217	322	209	0
Mo05	kA	kA	kA	V	kA	kA	kA	kA
Mo06	II	0,29	1288	IV	452	634	202	0
Mo07	II	0,49	1071	II	312	337	422	0
Mo08	II	0,32	821	III	244	375	88	113
Mo09	III	0,12	2093	V	571	729	295	498
Mo09A	II	0,43	1438	IV	219	613	197	409
Mo10	II	0,60	580	II	183	140	212	45
Mo10A	II	0,34	1991	IV	443	690	678	180
Mo11	II	0,34	1337	IV	347	296	173	522
Mo12	kA	kA	kA	V	kA	kA	kA	kA
Mo13	kA	kA	kA	V	kA	kA	kA	kA
Mo14	II	0,31	1237	IV	212	613	412	0
Mo15	kA	kA	kA	V	kA	kA	kA	kA
Mo16	II	0,38	1223	IV	252	397	574	0
Mo17	III	0,28	1621	IV	269	429	844	79
Mo18	II	0,71	201	I	37	156	0	8
Mo19	II	0,68	450	II	98	125	71	156
Mo19A	II	0,45	1533	IV	292	385	856	0
Mo20	II	0,48	1159	III	146	309	703	0
Mo21	II	0,38	1443	IV	153	406	803	81
Mo21A	II	0,65	446	II	4	222	219	0
Mo21B	II	0,49	1240	III	208	397	588	47
Mo22	II	0,31	1392	IV	183	444	711	54
Mo22A	II	0,48	777	III	52	163	492	70

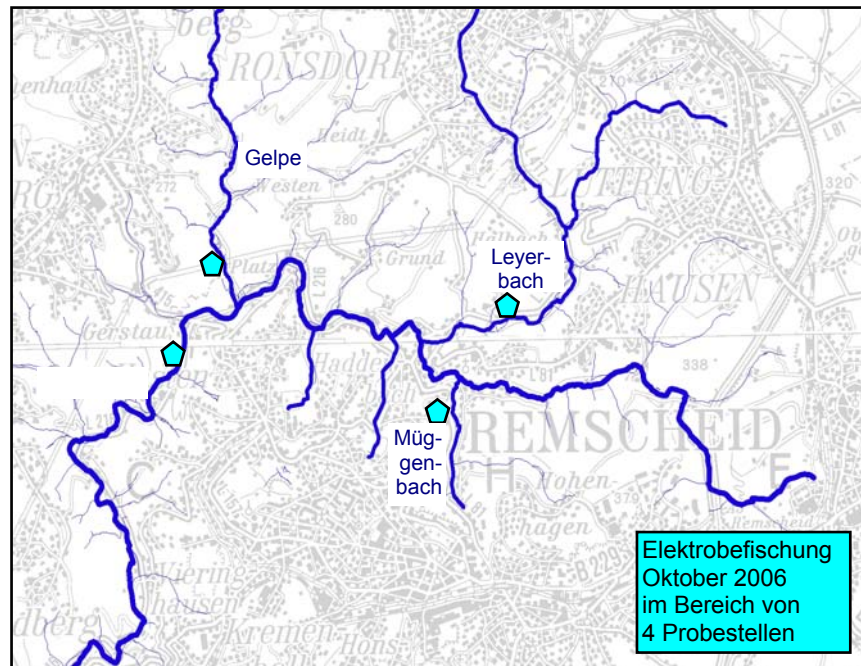
I	sehr gut	>0,8 bis 1	0 - <243	sehr gut	0 - <243	keine signifikante bis sehr geringe Belastung
II	gut	>0,6 bis 0,8	243 - <627	gut	243 - <627	geringe Belastung
III	mäßig	>0,4 bis 0,6	627 - <1160	mäßig	627 - <1160	mäßige Belastung
IV	unbefriedigend	>0,2 bis 0,4	1160 - <1841	unbefriedigend	1160 - <1841	hohe Belastung
V	schlecht	<=0,2	>=1841	schlecht	>1841	sehr hohe Belastung

Da es im Morsbach-Einzugsgebiet nur auf sehr wenigen Flächen Ackerbau gibt, ist anzunehmen, dass organische Feinsuspensa überwiegend aus der Siedlungsentwässerung in die Gewässer eingetragen werden. Welchen Anteil daran Mischsystem, Trennsystem und überörtliche Straßen haben, ist in weiteren Untersuchungen im Nachgang zu diesem FuE-Vorhaben

einzugrenzen, um möglichst effiziente Maßnahmen zu initiieren. Allerdings können auch von Grünlandflächen, insbes. von Pferdekoppeln, durchaus nennenswerte Suspensafrachten in Gewässer eingetragen werden. Auch gewässerinterne biologische Vorgänge prägen den Feinpartikelhaushalt eines Fließgewässers mit. So können zum Beispiel durch morphologische Einflüsse verursachte Defizite der Makrozoobenthosfauna über eine Reduzierung des Grazing ein starkes Algenwachstum, das wiederum zur Freisetzung partikulärer Stoffe (abgestorbene Algen) führt, zur Folge haben.

## 2.8 Elektrofischungen zur Bewertung der Fischfauna

Die Fischfauna ist eine wichtige Komponente bei der Bewertung des ökologischen Zustands eines Gewässers nach WRRL (EG-Wasser-Rahmenrichtlinie) und findet auch im BWK-Merkblatt M7 Erwähnung. Deshalb wurden im Morsbachsystem neben den Makrozoobenthos-Untersuchungen an 4 Stellen Elektrofischungen durchgeführt (siehe Bild 18).



**Bild 18: Probestellen der Elektrofischung**

Im **Leyerbach** wurde nach dem im Zuge des Monitorings nach WRRL etablierten Bewertungsverfahren FIBS (Stand 2007) ein mäßiger Zustand der Fischfauna festgestellt. Vorgefunden wurden Bachforellen; Mühlkoppfen (Groppen) fehlten. Als mögliche Ursachen können Wanderhindernisse, Einleitungen sowie ein Ereignis, bei dem durch die Verlegung eines Sammlers ungereinigtes Abwasser in den Bach gelangte, vermutet werden.

**Tabelle 7: Bewertung der Fischfauna des Leyerbachs**

Leyerbach, 10A		Größenklasse [cm]										Anz.
Art	wissenschaftlicher Name	0 bis 3	3,1 bis 5	5,1 bis 10	10,1 bis 15	15,1 bis 20	20,1 bis 25	25,1 bis 30	30,1 bis 35	35,1 bis 40	Summe	
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	0	0	32	15	19	4	2	0	1	73	
Dreistachl. Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Bewertung nach fiBS		Mäßig										

Im **Müggelbach** wurden erstaunlicherweise trotz mehrerer Abstürze an allen 4 Probenahmestellen Bachforellen und immerhin an 2 Probenahmestellen Mühlkoppfen vorgefunden, woraus sich ein guter Zustand nach FIBS ergab.



**Tabelle 8: Bewertung der Fischfauna des Müggenbachs**

Müggenbach		Größenklasse [cm]										Anz.
Art	wissenschaftlicher Name	0 bis 3	3,1 bis 5	5,1 bis 10	10,1 bis 15	15,1 bis 20	20,1 bis 25	25,1 bis 30	30,1 bis 35	35,1 bis 40	Summe	
Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	0	2	18	6	0	0	0	0	0	26	
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	0	1	62	48	65	10	3	0	2	191	
Bewertung nach fiBS		Gut										

In **Morsbach** und **Gelpe** wurden Bachforelle, Mühlkoppe und Lachs vorgefunden, im Morsbach zusätzlich Elritzen und Rotaugen in geringer Anzahl. Hieraus ergab sich nach FIBS für beide Probenahmestellen ein guter Zustand.

**Tabelle 9: Bewertung der Fischfauna der Gelpe**

Gelpe		Größenklasse [cm]									Anz
Art	wissenschaftlicher Name	0 bis 3	3,1 bis 5	5,1 bis 10	10,1 bis 15	15,1 bis 20	20,1 bis 25	25,1 bis 30	30,1 bis 35	35,1 bis 40	Summe
Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	0	3	6	1	0	0	0	0	0	10
Lachs	<i>Salmo salar</i>	0	0	0	11	0	0	0	0	0	11
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	0	0	17	30	19	3	3	0	1	73
Bewertung nach fiBS		Gut									

**Tabelle 10: Bewertung der Fischfauna des Morsbachs**

Morsbach		Größenklasse [cm]										Anz.
		0 bis 3	3,1 bis 5	5,1 bis 10	10,1 bis 15	15,1 bis 20	20,1 bis 25	25,1 bis 30	30,1 bis 35	35,1 bis 40	Summe	
Morsbach												
Mühlkoppe	<i>Cottus gobio</i>	5	5	55	13	0	0	0	0	0	78	
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>	0	0	12	0	0	0	0	0	0	12	
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Lachs	<i>Salmo salar</i>	0	0	0	21	0	0	0	0	0	21	
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	0	1	34	3	10	0	4	0	0	52	
Bewertung nach fiBS		Gut										

Zu Bewertung der Fischfauna nach FIBS wurden als Sensitivitätsanalyse mehrere alternative Berechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse im ausführlichen Gutachten des Umweltbüros essen [14] erläutert sind.

Die im Morsbachsystem vorgefundenen Junglachse stammen offensichtlich aus Besatz. Bei den gefundenen Bachforellen ist davon auszugehen, dass diese teils aus Besatz, teils aus Reproduktion im Morsbachsystem stammen. Dies deutet darauf hin, dass im Morsbachsystem Bereiche mit intaktem Interstitial (Kieslückenraum der Gewässersohle) existieren, die eine Brut von Salmoniden ermöglichen. Allerdings kann aus den Untersuchungen nicht auf Lage und Ausdehnung dieser Bereiche (Morsbach, Nebenbäche?) geschlossen werden.

Quellentfernung und Gewässergröße bieten im Mittel- und Unterlauf des Morsbachs die potenziell besten Voraussetzungen für die Ausbildung geeigneter Laichhabitats für Großsalmoniden, die sich durch flach überströmte, sauerstoffreiche Kiesbänke auszeichnen. Aber gerade der Mittellauf des Morsbachs (zwischen den Einmündungen von Müggenbach und Gelpe) zeichnet sich im Ist-Zustand durch eine erhebliche Gesamtbelastung aus, die sich aus starken strukturellen Defiziten, verminderten Fließgeschwindigkeiten bei Trockenwetter, erhöhter Feinsedimentbelastung und hydraulischen Stoßbelastungen zusammensetzt. [14]

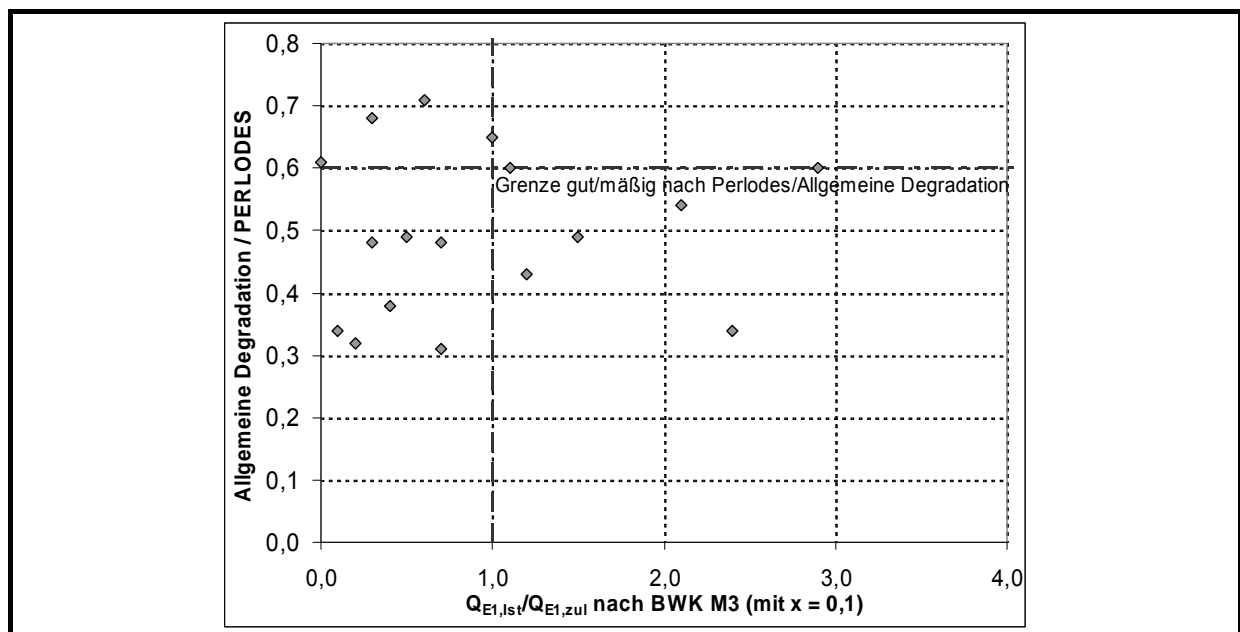
### 3 Bewertung rechnerischer Nachweise an Hand von biologischen Untersuchungen

#### 3.1 Vereinfachter hydrologischer Nachweis nach BWK M3

Einer der Kernpunkte dieses FuE-Vorhabens ist die Bewertung rechnerischer Nachweise nach BWK M3/M7 an Hand von biologischen Untersuchungen, da die Einstufung des ökologischen Zustandes nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie primär nach biologischen Kriterien erfolgt. BWK M3 fordert im vereinfachten hydrologischen Nachweis unabhängig vom Wiederbesiedlungspotenzial für die einzuleitende Wassermenge oberhalb einer Nachweisstelle:

$$Q_{E1,zul} < 1,0 \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{red} / 100 + x \cdot Hq_{1,pnat} \cdot A_{E0} \text{ [l/s]}.$$

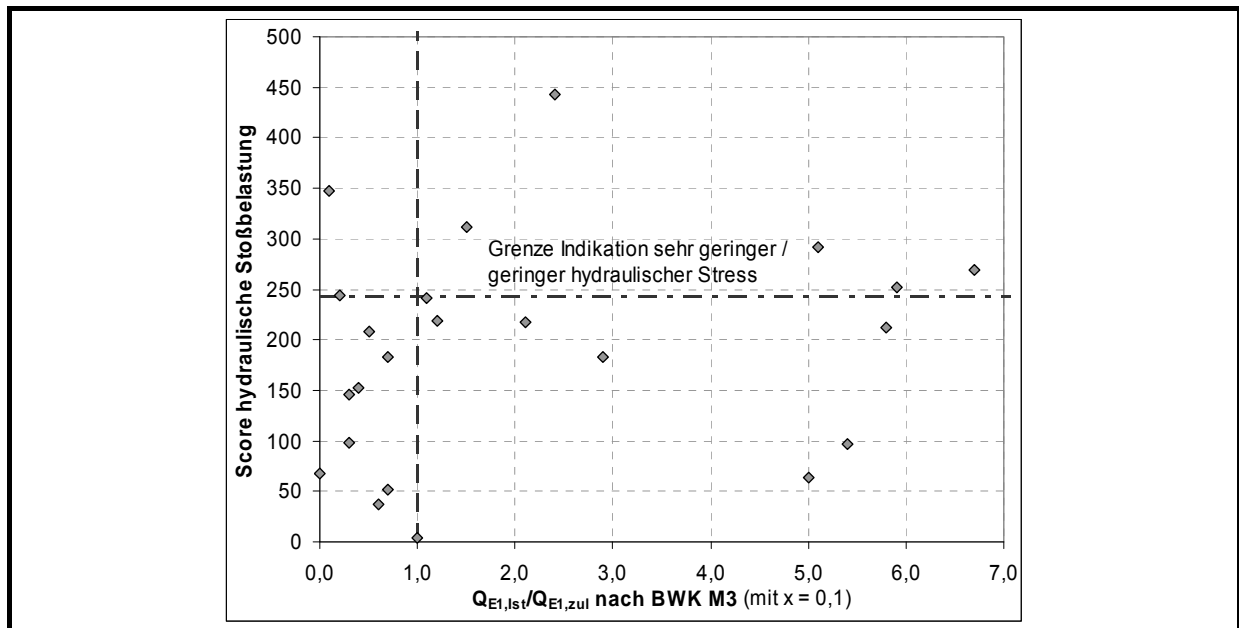
In der nachstehenden Grafik 19 ist die Allgemeine Degradation nach PERLODES gegen den Faktor  $Q_{E1,ist}/Q_{E1,zul}$  entsprechend BWK M3 aufgetragen. Diese Grafik lässt für die untersuchten Punkte keine Beziehung zwischen vereinfachtem hydrologischen Nachweis und Allgemeiner Degradation erkennen.



**Bild 19:** Gegenüberstellung Zustand des Makrozoobenthos (MZB) nach PERLODES / vereinfachter hydrologischer Nachweis nach BWK M3

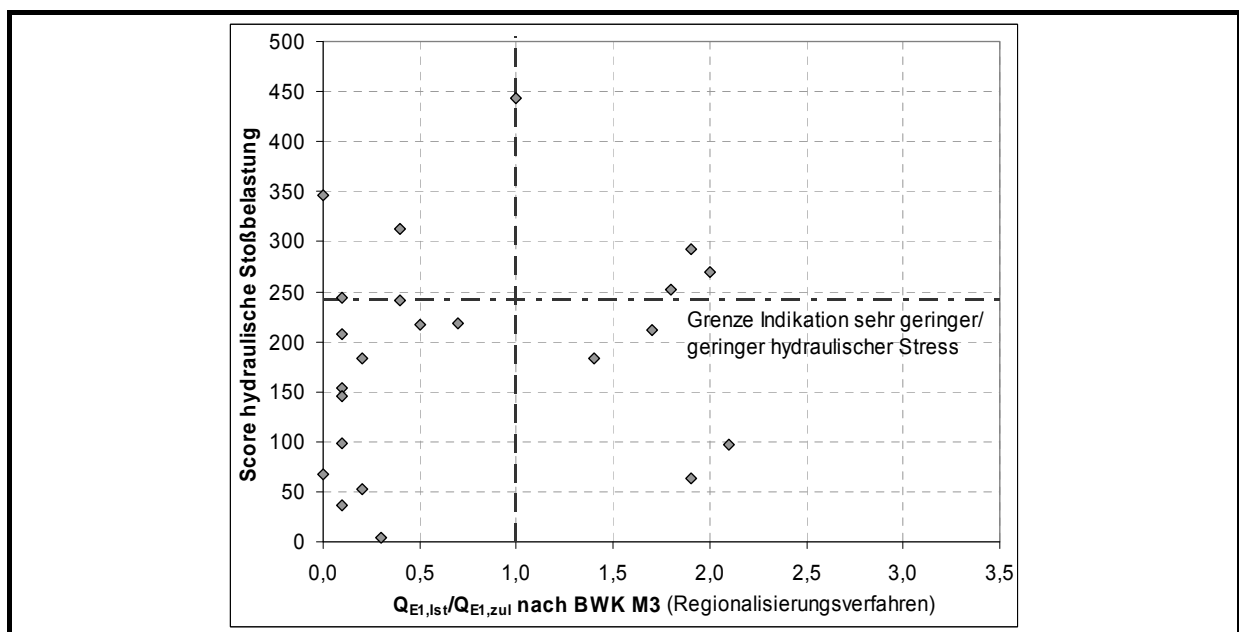
In Kap. 2.7.2 ist die Abschätzung hydromorphologischer Teilbelastungen wie z. B. hydraulischer Stoßbelastungen durch Auswertung von PERLODES-Taxalisten mit dem Verfahren CausaLim erläutert. In den Bildern 20 und 21 sind für die Makrozoobenthos-Probenahmestellen die Ergebnisse dieser biologischen CausaLim-Bewertung den Ergebnissen des vereinfachten hydrologischen Nachweises nach BWK M3 gegenübergestellt. Da in urbanen Gebieten i. d. R. verschiedene Teilbelastungen gleichzeitig auftreten, wird vom Umweltbüro essen vorgeschlagen, für eine einzelne Teilbelastung wie hydrologische Stoßbelastungen als Zielwert die Stufe „keine bis sehr geringe Belastung“ mit einem Score von maximal 244 anzusetzen. In Bild 20 ist immerhin festzustellen, dass bei  $Q_{E1,ist} < Q_{E1,zul}$  an allen Probenahmestellen mit einer Ausnahme biologisch kein hydraulischer Stress festzustellen ist; bei  $Q_{E1,ist} > Q_{E1,zul}$  ist

jedoch keine Korrelation zwischen rechnerischem Nachweis und biologischem Ergebnis mehr festzustellen.



**Bild 20:** *Belastung des MZB durch hydraulische Stoßbelastungen nach CausaLim im Vergleich zu vereinfachtem hydrologischen Nachweis nach BWK M3*

Bei Einhaltung des „Standardkriteriums“ nach BWK M3 mit  $x = 0,1$  wird lediglich an einer eingehaltenen Probenahmestelle hydraulischer Stress indiziert, was durchaus als ausreichende Sicherheit angesehen werden kann.

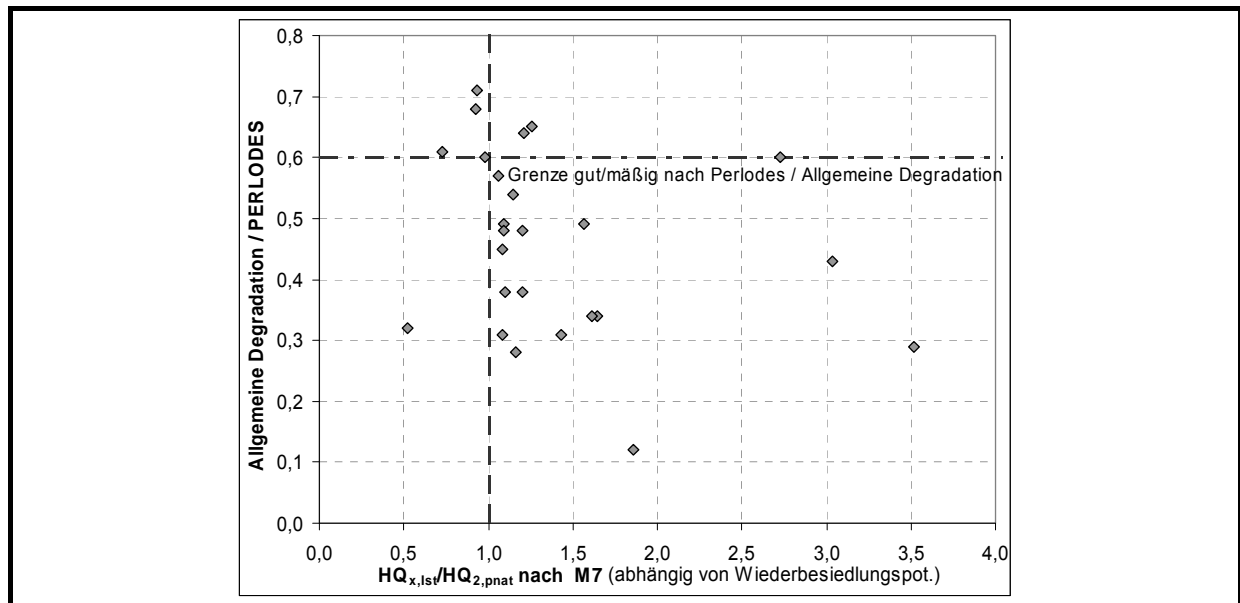


**Bild 21:** *Belastung des MZB durch hydraulische Stoßbelastungen im Vergleich zu vereinfachtem hydrologischen Nachweis / Regionalisierungsverfahren*

Beim „Regionalisierungsverfahren“ indizieren die biologischen Untersuchungen hydraulischen Stress an 3 Probenahmestellen, was eine deutliche geringere Sicherheit aufzeigt.

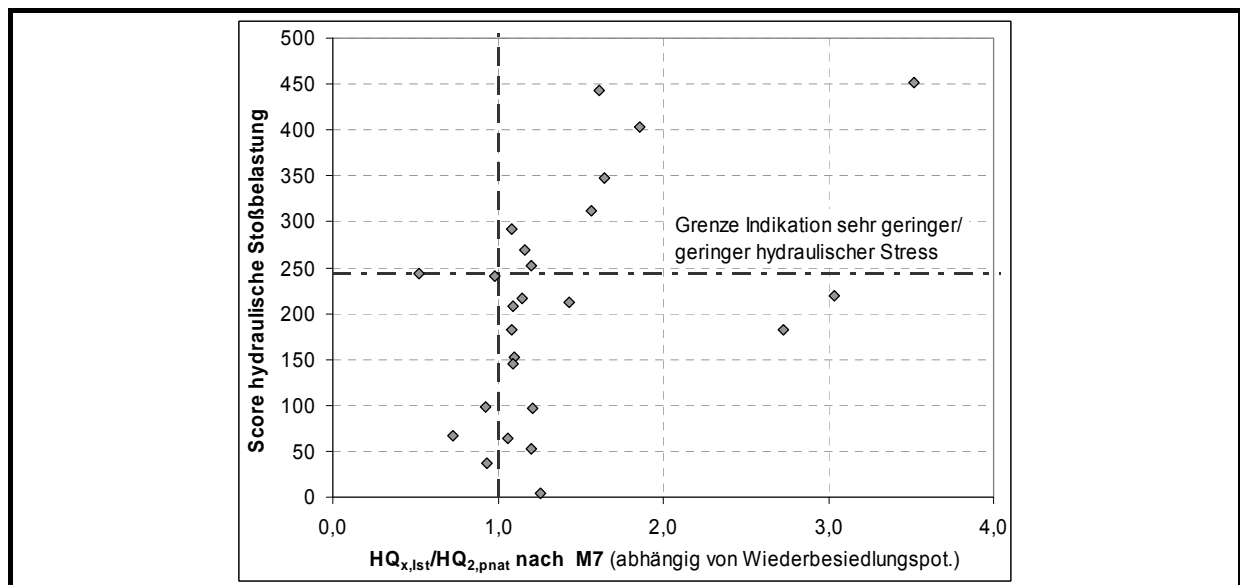
### 3.2 Detaillierter hydrologischer Nachweis nach BWK M3 / M7

In Bild 22 ist für die Makrozoobenthos-Probenahmestellen die Allgemeine Degradation dem detaillierten hydrologischen Nachweis gegenübergestellt. Dabei wurde entsprechend BWK M7 bei geringem Wiederbesiedlungspotenzial  $HQ_{2,ist}/HQ_{2,pnat}$  und bei mittlerem bis hohem Wiederbesiedlungspotenzial  $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$  angesetzt. Tendenziell ist eine gute Bewertung der Allgemeinen Degradation nach PERLODES/ASTERICS bei Einhaltung des detaillierten hydrologischen Nachweises wahrscheinlicher als bei Überschreitung.



**Bild 22:** *Beziehung zwischen Zustand des Makrozoobenthos (MZB) nach PERLODES und detailliertem hydrologischen Nachweis nach BWK M3 / M7*

Wird zur biologischen Bewertung statt PERLODES der mittels CausaLim ermittelte Score für hydraulischen Stress herangezogen, ergibt sich Bild 23.

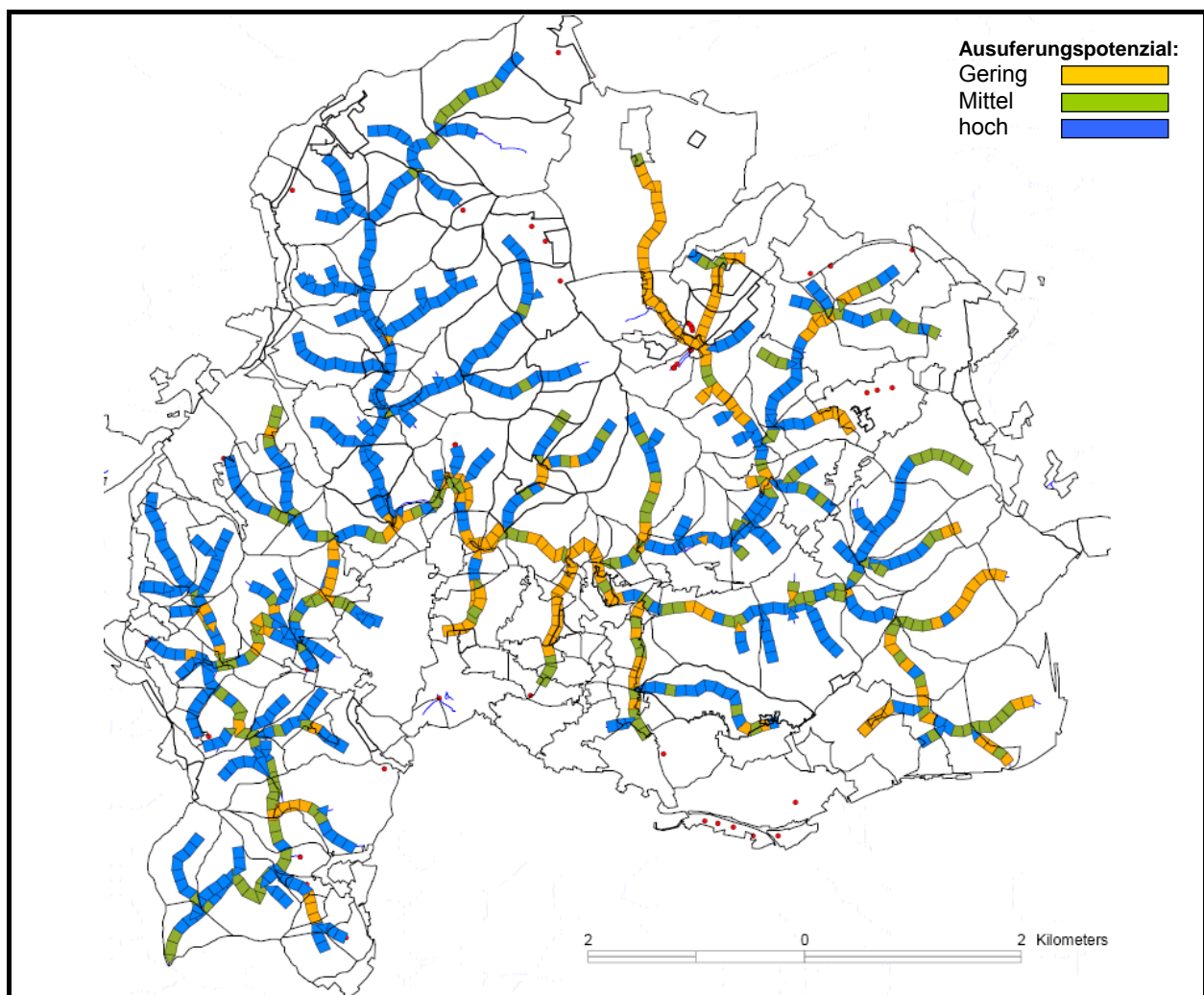


**Bild 23:** *Belastung des MZB durch hydraulische Stoßbelastungen nach CausaLim im Vergleich zu detailliertem hydrologischen Nachweis nach BWK M3/M7*

Nach diesem Kriterium ist bei Einhaltung des detaillierten hydrologischen Nachweises damit zu rechnen, dass CausaLim keine hydraulischen Stoßbelastungen indiziert. Allerdings existiert auch bei knapper Überschreitung des hydrologischen Nachweises eine beträchtliche Wahrscheinlichkeit, dass biologisch keine hydrologische Stoßbelastung indiziert wird.

### 3.3 Hydrologischer Nachweis mit Berücksichtigung des Ausuferungspotenzials

Da im Fall von Mittelgebirgsbächen, wie Bild 23 zeigt, auch bei moderater Überschreitung des hydrologischen Zielwerts nach BWK M7 die Biozönose an einem großen Teil der Probenahmestellen keinen hydraulischen Stress indiziert, wurde ein ergänzendes Kriterium gesucht, das die örtlichen morphologischen und hydraulischen Verhältnisse besser berücksichtigt und abbildet. Da ein hoher Abfluss vor allem dann zu hohen Fließgeschwindigkeiten und damit zu Verdriftung von Organismen etc. führt, wenn ein Gewässer bei Hochwässern kleiner Jährlichkeiten (0,5 bis 10) nicht ausufern und die Aue überfluten kann, wurde das „Ausuferungspotenzial“ mitberücksichtigt. Dieses kann aus Daten der Gewässerstrukturgütekartierung für jeden 100m-Abschnitt quantifiziert und z. B. in 3 Stufen bewertet werden (Details siehe Bericht über [14]). Für die Bäche des Morsbachsystems ist das Ausuferungspotenzial in Bild 24 dargestellt.



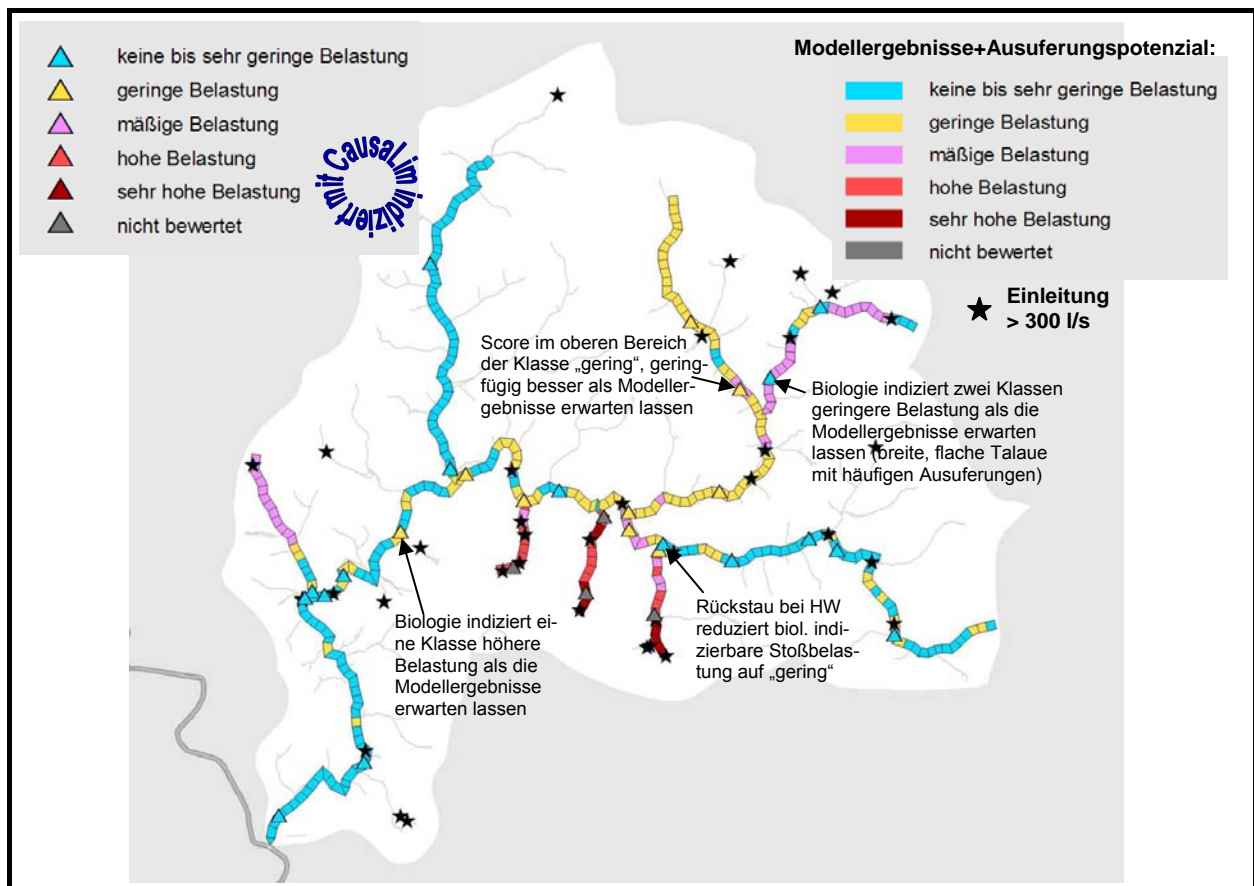
**Bild 24:** Ausuferungspotenzial der Bäche des Morsbachsystems

Aus den Daten des Morsbachs wurde abgeleitet, dass hydraulischer Stress für die Biozönose weitgehend vermieden werden kann, wenn folgende **Regel** eingehalten wird:

<b>Bachabschnitte mit geringem Ausuferungspotenzial:</b>	$HQ_{1,Prog} < HQ_{2,pnat}$
<b>Abschnitte mit mittlerem bis hohem Ausuferungspotenzial:</b>	$HQ_{1,Prog} < 1,4 \cdot HQ_{2,pnat}$

Dabei erhebt sich die noch nicht abschließend geklärte Frage, ob diese Regel für jeden 100 m-Abschnitt der untersuchten Gewässer eingehalten werden sollte oder analog zum hydraulischen Schubspannungsnachweis nach BWK M7 z. B. eine Überschreitung auf 30 % der Fließlänge eines Gewässers oder eines Gewässerabschnitts zugelassen werden sollte.

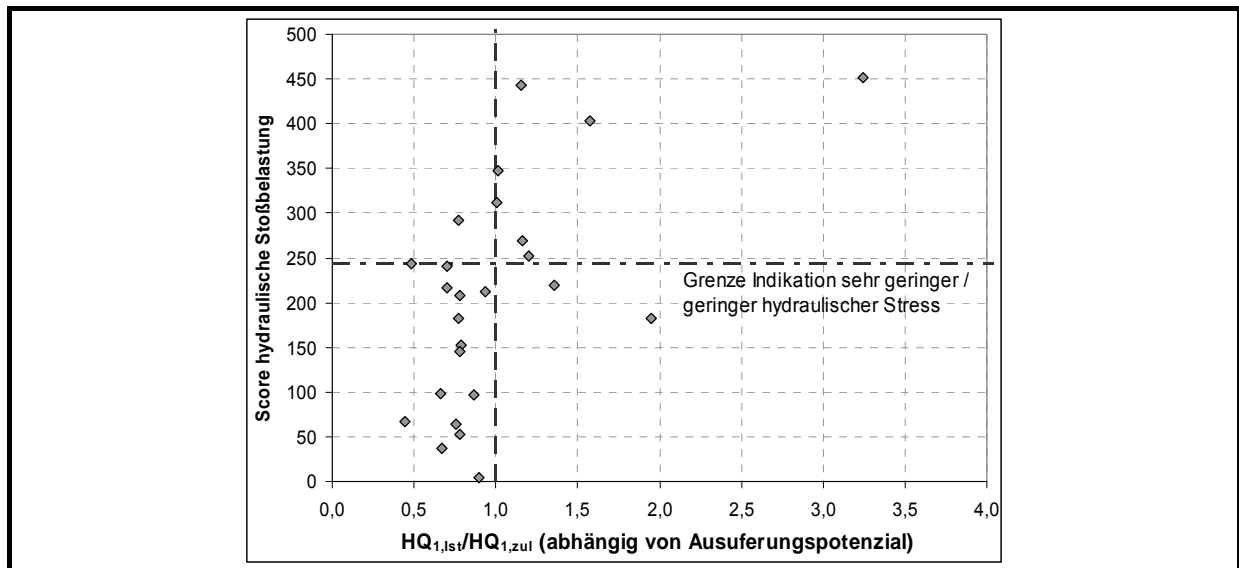
Bild 25 zeigt die Anwendung dieser Regel auf die Hauptgewässer des Morsbachseinzugsgebiets im Vergleich zu der biologischen Indikation von hydraulischen Spitzen nach CausaLim (siehe Kap. 2.7.2). Probenahmestellen, an denen die Regel nicht exakt zutrifft, sind in der Karte erläutert.



**Bild 25:** Teilbelastung hydraulische Stoßbelastung (regelbasiert vom Verhältnis  $HQ_{1,ist}/HQ_{2,pnat}$  und dem Ausuferungspotenzial abgeleitet) im Vergleich mit punktuellen CausaLim-Untersuchungen

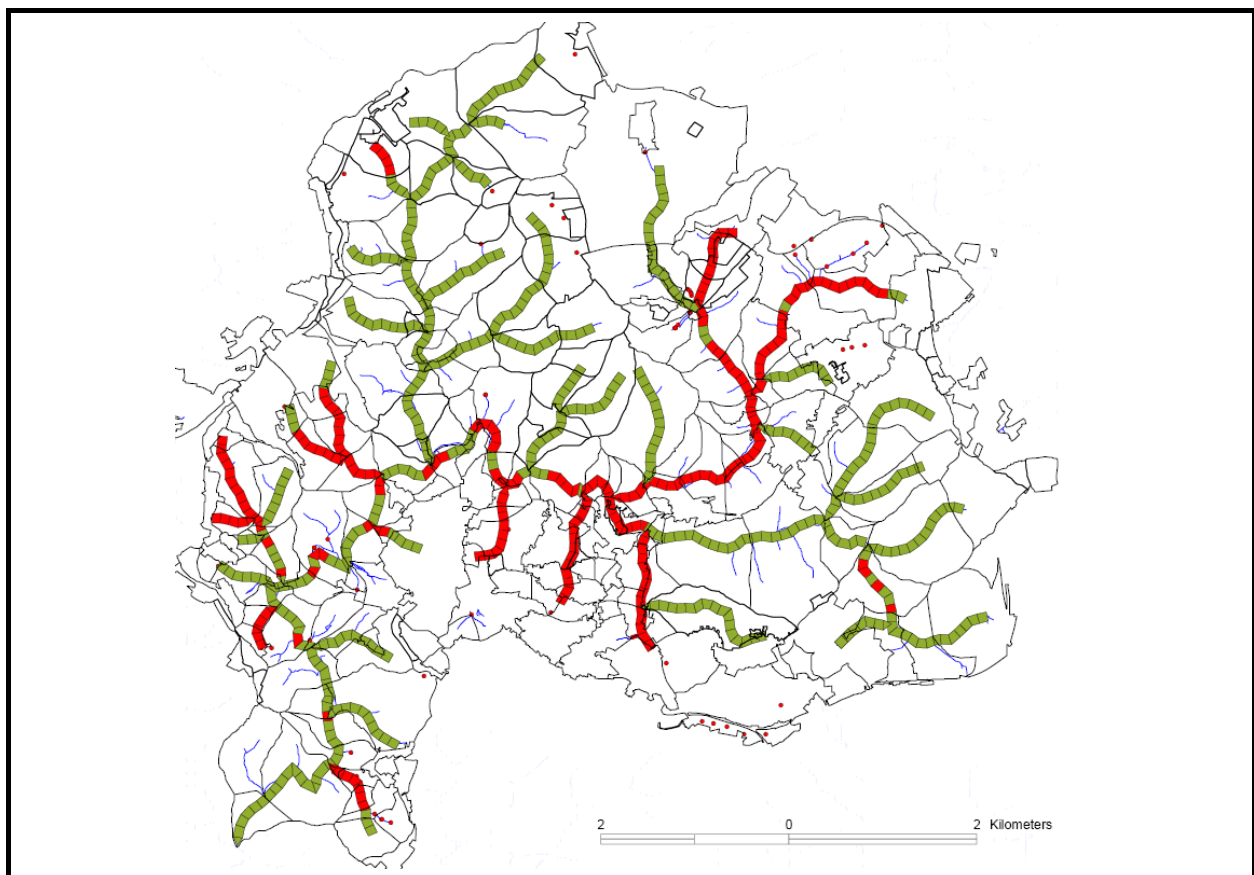
In Bild 26 ist die CausaLim-Indikationsziffer für hydraulische Stoßbelastung gegen das Verhältnis von vorhandenem  $HQ_{1,ist}$  /  $HQ_{1,zul}$  aufgetragen, wobei  $HQ_{1,zul}$  nach obiger Regel in Abhängigkeit vom Ausuferungspotenzial 100 % bzw. 140 % von  $HQ_{2,pnat}$  beträgt.





**Bild 26:** *Belastung des MZB durch hydraulische Stoßbelastungen nach CausaLim im Vergleich zum Verhältnis  $HQ_{1,Ist}/HQ_{1,zul}$  nach Regelvorschlag ube*

Die Grafik zeigt in Analogie zur Karte Bild 27, dass bei Einhaltung der vorgeschlagenen Regel für das zulässige  $HQ_1$  hydraulischer Stress für das Makrozoobenthos unwahrscheinlich ist. Diese Regel sollte an anderen Fließgewässertypen des Mittelgebirgsraumes verifiziert werden.



**Bild 27:** *Überschreitungen des zulässigen  $HQ_1$  nach Regel in Abhängigkeit vom Ausuferungspotenzial*

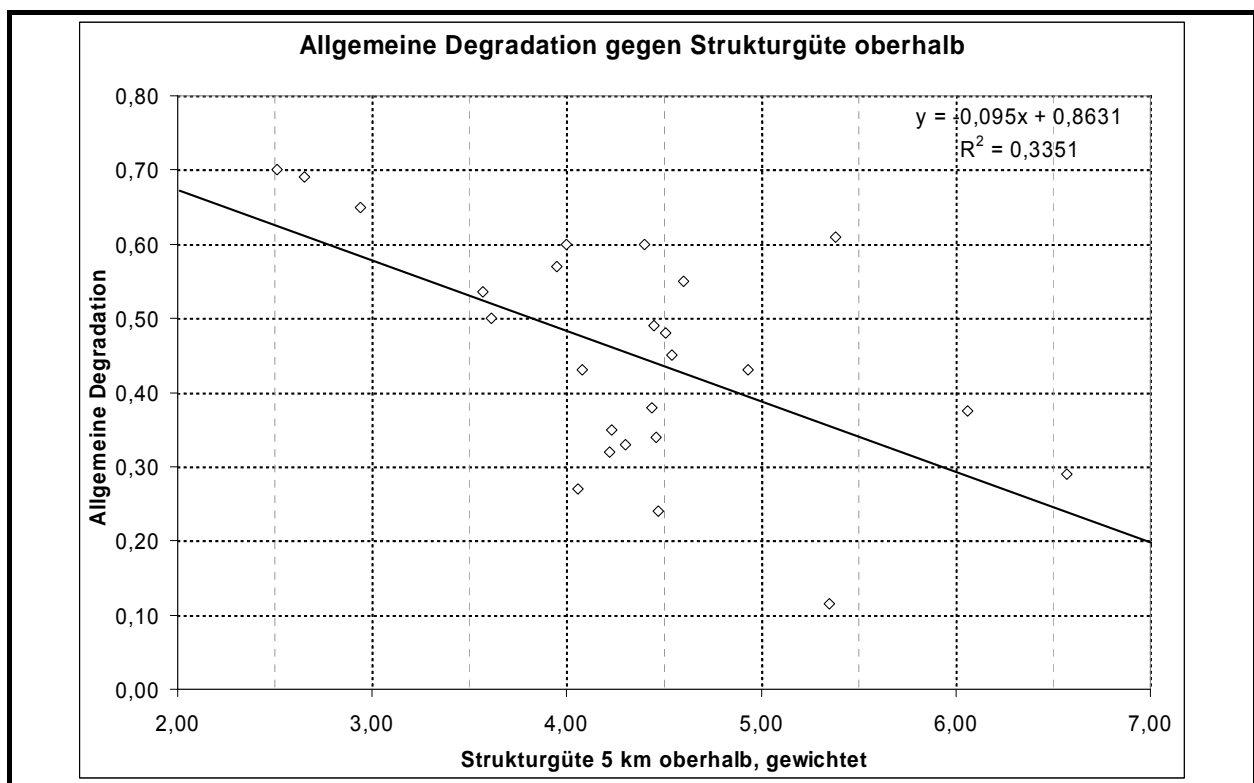
Die vorstehenden Ausführungen legen nahe, dass bei naturnahen, gegliederten Gewässerprofilen mit der Möglichkeit der Ausuferung der gewässertypspezifische Bezug auf die Jährlichkeit des bordvollen Abflusses mit Geschiebetrieb eine bessere Bezugsgröße für das Einsetzen signifikanter biologischer Effekte darstellen könnte als der statische Bezug auf  $HQ_{2,pnat}$ . Von Hydrotec wurde alternativ zu den vorstehenden Nachweisen unter anderem auch das Kriterium  $HQ_1 < HQ_{5,pnat}$  geprüft. Wie aus Bild 28 ersichtlich ist, ergeben sich nahezu für die gleichen Gewässerabschnitte Überschreitungen wie bei der von ube vorgeschlagenen Regel unter Einbeziehung des Ausuferungspotenzials. Dies liegt im Besonderen daran, dass eben für die Gewässertypen, welche hier vorzufinden sind, der bettbildende Abfluss zwischen 2- und 10-jährlich liegen kann. Bei anderen Gewässern würde sich dementsprechend ein Zusammenhang mit anderen Jährlichkeiten ergeben. Für den Morsbach ergab die Untersuchung konkret für den Faktor  $1,4 \cdot HQ_2$  eine Jährlichkeit zwischen 5 und 7 und liegt damit in der oben genannten Spanne.



Ähnliche Feststellungen wie im Morsbachsystem wurden von Wupperverband und Ube an der Linnefe, einem kleinen Talauebach im ländlichen Raum des Bergischen Landes getroffen. Dort wurde an zwei Probenahmestellen unterhalb eines RÜB ein guter Zustand des Makrozoobenthos nach PERLODES festgestellt, obwohl das M7-Kriterium  $HQ_{1,ist} < HQ_{2,pnat}$  deutlich überschritten wurde und  $HQ_{1,ist}$  in etwa  $HQ_{5,pnat}$  erreicht [10, 11]. Daher geht die Erkenntnis aus den verschiedenen Projekten dahin, an die örtlichen Gegebenheiten angepasste Grenzwerte zu verwenden (variabler bettbildender Abfluss), welche aus den Fließgewässertypen, hydrologischen Berechnungen und biologischen Untersuchungen abgeleitet werden können.

### 3.5 Einfluss der Gewässermorphologie auf den Zustand des Makrozoobenthos

Ergänzend zu den dargestellten hydrologischen Untersuchungen wurden Abhängigkeiten zwischen Morphologie und Zustand des Makrozoobenthos untersucht. Aus Bild 29 ist ein Zusammenhang zwischen der Allgemeinen Degradation nach PERLODES und der Gewässerstrukturgüte oberhalb der Untersuchungsstelle (gewichtet gemittelt) erkennbar.



**Bild 29: Korrelation zwischen Gewässerstrukturgüte und Allgemeiner Degradation**

Hierzu ist anzumerken, dass häufig, aber nicht immer, eine starke Urbanisierung in den gleichen Gewässerabschnitten sowohl zu morphologischen Defiziten als auch zu hydraulischen und stofflichen Belastungen führt.

### 3.6 Wiederbesiedlungspotenzial

Wie aktuelle Untersuchungsergebnisse eines FuE-Vorhabens des Bundesamtes für Naturschutz (KAIL 2008) zeigen, erstreckt sich der maximale Einflussbereich derartiger biologischer Strahlwirkungen bei Mittelgebirgsfließgewässern des Typs 5 über ca. 2,5 km. Es ist davon auszugehen, dass der Einfluss umso größer ist, je geringer die Entfernung zwischen einer derartigen Strahlquelle und dem betrachteten Wirkungsort ist. Indem das BWK Merkblatt 3 bei den morphologischen Bestimmungsverfahren für das Wiederbesiedlungspotenzial lediglich 300 m oberhalb und unterhalb der Einleitungsstelle berücksichtigt, wird demnach ein Bereich mit besonders hohem potenziellen Strahlwirkungseinfluss abgedeckt. [14]

Der Morsbach und seine Hauptzuflüsse Leyerbach und Gelpe zeichnen sich durch viele Seitenzuflüsse im Abstand von ca. 300 bis 1000 m aus. Eine längere Strecke ohne Zuflüsse ist lediglich im stark degradierten Oberlauf des Leyerbaches vorhanden. Im Leyerbach sowie in den südlichen Morsbachzuflüssen Müggenbach, Sieper Bach und Ibach, die bereits von Beginn an durch Einleitungen belastet werden und technisch ausgebaut sind, sowie im Morsbachabschnitt zwischen Gelpe- und Grunderbach-Mündung ist das Wiederbesiedlungspotenzial (im Sinne der BWK-M3-Doppelfunktion aus Refugialraumangebot innerhalb der belasteten Abschnitte und biologischer Strahlwirkung angrenzender Gewässerabschnitte) als gering einzustufen. Alle anderen Abschnitte der Hauptgewässer Morsbach und Gelpe zeichnen sich dagegen durch ein zumindest mittleres Wiederbesiedlungspotenzial aus (Biologische Beurteilung unter Berücksichtigung von Strahlwirkungen). Hohe Wiederbesiedlungspotenziale sind unmittelbar unterhalb von Abschnitten mit gering beeinträchtigten Besiedlungsverhältnissen gegeben, wie dies z. B. unterhalb der Gelpe- sowie der Rheinbachmündung innerhalb des Morsbachs der Fall ist. Ebenso ist auch von einem positiven Strahlwirkungseinfluss vom Klausener Bach auf das Wiederbesiedlungspotenzial des Leyerbachs sowie vom Morsbachoberlauf auf das Wiederbesiedlungspotenzial des Morsbachabschnitts kurz oberhalb der Müggenbach-Mündung auszugehen. In letzterem Fall werden die Besiedlungsverhältnisse allerdings unterhalb der Müggenbach-Mündung wieder erheblich durch den Müggenbach selbst, sowie die schlechten Strukturverhältnisse belastet.

Die schematisierte Berechnung des **Wiederbesiedlungspotenzials** nach BWK M3, das lediglich 300 m-Abschnitte oberhalb und unterhalb von Nachweispunkten berücksichtigt, ergibt im Vergleich zu diesen biologischen Betrachtungen mehr Stellen mit geringem Wiederbesiedlungspotenzial.

Das insgesamt große **Besiedlungspotenzial** der benthischen Wirbellosenfauna des Morsbachsystems ist ein Garant für die Wirksamkeit ökologischer Verbesserungsmaßnahmen in den meisten Gewässerabschnitten. Sobald die abiotischen Habitatbedingungen der betrachteten biologischen Qualitätskomponente innerhalb der heutigen belasteten und degradierten Gewässerabschnitte wieder naturnäher ausgeprägt sein werden, kann daher - von wenigen Ausnahmen abgesehen - von einer kurzfristigen Anpassung der lokalen Besiedlungsverhältnisse des Makrozoobenthos an die neuen Lebensraumbedingungen ausgegangen werden [14].

## 4 Varianten zur Maßnahmenplanung

### 4.1 Erforderliche Rückhaltevolumina nach vereinfachtem BWK M3 Nachweis

Im Zuge des vereinfachten Verfahrens wurden für alle Nachweispunkte, an denen der vereinfachte Nachweis nicht eingehalten war, erforderliche Rückhaltevolumina, i. d. R. als RRB mit Auslegung nach DWA A117, ermittelt. An den Einleitungsstellen RÜB Hermannsmühle und RRB Klauser Delle konnten die erforderlichen Rückhaltevolumina für Regenrückhaltebecken nicht mit dem vereinfachten Verfahren nach DWA A 117 bestimmt werden, da die Becken vor-entlastet sind und das Zuflussvolumen nicht über Spenden abgeschätzt werden kann. Hier wurden Daten aus der Langzeitsimulation (Wasserbilanzmodell) erforderlich. Weiterhin wurden, um das rechnerisch notwendige Retentionsvolumen bereitzustellen, an mehreren HRB'en die Drosselabflüsse geändert. Hierfür sind steuerbare Drosselorgane erforderlich um die Becken je nach Lastfall als HRB bzw. RRB zu nutzen.

In einem ersten Rechengang wurde das vorhandene Wiederbesiedlungspotential angesetzt. Die so ermittelten Rückhaltevolumina und die zugehörigen Drosselabflüsse sind in Tabelle 11 für die drei Varianten zur Bestimmung des zulässigen Einleitungsabflusses zusammengestellt.

**Tabelle 11: Erforderliche Maßnahmen zur Einhaltung des vereinfachten hydraulischen Nachweises mit dem vorhandenen Wiederbesiedlungspotential [6]**

Maßnahme	WBZ	Regionalisierungsverf.		$H_{q1,pot,nat,hoch}, x_{zul}=0,2$		$H_{q1,pot,nat,hoch}, x_{zul}=0,1$		nutzbares Volumen
		Drossel-abfluss	Volumen	Drossel-abfluss	Volumen	Drossel-abfluss	Volumen	
	[ - ]	[l/s]	[m³]	[l/s]	[m³]	[l/s]	[m³]	[m³]
RRB Schmittenbusch **	gering	420	2.468	100	2.731	100	2.731	
RRK Knusthöhe	-	50	373	50	373	50	373	
RRK Blume	-	200	1.492	200	1.492	200	1.492	
RRB Ibach	gering	250	4.607	250	4.607	150	6.308	3.570
RRB Rath	gering	475	7.088	300	8.786	150	13.504	
RRB Hägener Mühle	gering	230	28.454	230	28.454	230	29.124	4.800
RRB Müggenbach ***	n.e.	40	387	40	387	10	770	
RRB Büchel	gering	150	1.604	150	1.604	40	3.161	
RRB Nüdelshallbach	gering			250	725	50	1.198	
RRB Clarenbach	gering			500	4.267	250	6.163	
RRB Buscher Hof	mittel					150	307	
RRB Überfeld ****	gering					477	956	
RRB Hermannsmühle *	mittel	850	2.164	100	14.120	100	14.120	
RRB Kemmnast	gering	28	90	14	118	9	137	
RRB Holzer Delle	gering	35	652	20	870	20	870	
RRB Oberheidt ****	gering			25	54	18	231	
RRB Vorderdohr ****	mittel			175	1.670	155	2.033	
RRB Fürberg	mittel					20	14	
RRB Stockderstr	gering			80	89	40	116	
HRB Kuchhausen	-	450		290		250		
RRK Tannenbaumerweg	n.e.	50	686	30	919	24	1.014	
RRB Großhülsberg **	gering	280	4.675	150	6.433	100	7.736	
RRB Mühle	gering	90	1.568	40	2.325	23	2.892	
RRB Heidter Str	gering					25	358	
RRB Vorm Eichholz -3	gering			45	41	20	83	
RRB Heusiepen Heidt	gering			45	86	30	120	
RRB Klauser Deller *	gering	880	2.398	525	5.858	340	8.207	
Versickerung Holthäuser Str	-	0	n.e.	0	n.e.	0	n.e.	
HRB Kottsiepener Bach	-	260		350		350		
HRB Leyerbach	-	1.000		80		80		
RRB Gildenwerth	mittel	50	3.273	50	3.273	20	4.344	1.300
RBB Solinger Str	mittel	4	387	4	387	4	387	500
Retentionsraum Solingerstr.	mittel	29	587	27	610	20	707	500
Summe			62.952		90.280		109.457	10.670
<b>Gesamtvolumen (abzüglich nutzbares Volumen)</b>			<b>52.282</b>		<b>79.610</b>		<b>98.787</b>	

Unter Berücksichtigung des vorhandenen nutzbaren Volumens von 10.670 m<sup>3</sup> ergibt sich für den Nachweis mit dem Regionalisierungsverfahren ein erforderliches **zusätzliches Volumen** von 52.300 m<sup>3</sup> (Tabelle 11). **Bei Ansatz von  $H_{q1,pnat}$  und  $x = 0,1$  nach BWK M3 erhöht sich dieses auf 98.800 m<sup>3</sup>.**

In der Realität ist es in vielen Fällen sinnvoll, ergänzend zu siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen (teilweise Voraussetzung für Renaturierungen), das Wiederbesiedlungspotenzial eines Gewässers, vor allem durch morphologische Maßnahmen einschließlich der Beseitigung von Wanderhindernissen, zu verbessern. Strukturverbessernde Maßnahmen können in vielen Fällen auch die oft aufwändigen Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft reduzieren (Kostensparnis). Unter der hypothetischen Voraussetzung, dass dadurch an allen Nachweisstellen des vereinfachten Nachweises mindestens ein mittleres Wiederbesiedlungspotential erreicht wird, reduzieren sich daher die erforderlichen Volumina entsprechend Tab. 12:

**Tabelle 12: Erforderliche Maßnahmen zur Einhaltung des vereinfachten hydraulischen Nachweises bei einem mittleren Wiederbesiedlungspotential aufgrund von Verbesserungsmaßnahmen an den Einleitungsstellen [6]**

Maßnahme	WBZ	Regionalisierungsverf.		$H_{q1,pot,nat,hoch}, x_{zul}=0,2$		$H_{q1,pot,nat,hoch}, x_{zul}=0,1$		nutzbares Volumen
		Drossel-abfluss	Volumen	Drossel-abfluss	Volumen	Drossel-abfluss	Volumen	
	[ - ]	[l/s]	[m³]	[l/s]	[m³]	[l/s]	[m³]	[m³]
RRB Schmittbusch **	mittel	420	1.641	100	1.910	100	1.910	
RRK Knuthöhe	-	50	373	50	373	50	373	
RRK Blume	-	200	1.492	200	1.492	200	1.492	
RRB Ibach	mittel	250	3.961	250	3.961	150	5.165	3.570
RRB Rath	mittel	475	6.004	300	7.290	150	11.270	
RRB Hägener Mühle	mittel	230	24.105	230	24.105	230	24.695	4.800
RRB Müggenbach ***	mittel	40	320	40	320	10	637	
RRB Büchel	mittel	150	1.333	150	1.333	40	2.618	
RRB Nüdelshallbach	mittel			250	529	50	1.041	
RRB Clarenbach	mittel			500	3.530	250	5.059	
RRB Buscher Hof	mittel					150	307	
RRB Überfeld ****	mittel					477	4.071	
RRB Hermannsmühle *	mittel	850	1.551	100	11.828	100	11.828	
RRB Kemnastr	mittel	28	65	14	91	9	108	
RRB Holzer Delle	mittel	35	518	20	545	20	685	
RRB Oberheidt ****	mittel			25	45	18	183	
RRB Vorderdohr ****	mittel			175	1.670	155	2.033	
RRB Fürberg	mittel					20	14	
RRB Stockderstr	mittel			80	61	40	84	
HRB Kuchhausen	-	450		290		250		
RRK Tannenbaumerweg	mittel	50	452	30	653	24	724	
RRB Großhülsberg **	mittel	280	3.124	150	4.604	100	5.561	
RRB Mühle	mittel	90	1.050	40	1.661	23	2.139	
RRB Heidter Str	mittel					25	238	
RRB Vorm Eichholz -3	mittel			45	28	20	53	
RRB Heusiepen Heidt	mittel			45	56	30	76	
RRB Klausen Deller *	mittel	880	966	525	3.233	340	5.857	
Versickerung Holthäuser Str	-	0	n.e.	0	n.e.	0	n.e.	
HRB Kottsiepener Bach	-	260		350		350		
HRB Leyerbach	-	1.000		80		80		
RRB Gildenwerth	mittel	50	3.273	50	3.273	20	4.344	1.300
RBB Solinger Str	mittel	4	387	4	387	4	387	500
Retentionsraum Solingerstr.	mittel	29	587	27	610	20	707	500
Summe			51.201		73.588		93.659	10.670
<b>Gesamtvolumen (abzüglich nutzbares Volumen)</b>			<b>40.531</b>		<b>62.918</b>		<b>82.989</b>	

\* Langzeitsimulation zur Ermittlung des Volumen siehe Anhang  
 \*\* Drosselzuflüsse bei Bestimmung des Volumens vernachlässigt  
 \*\*\* Zusammenfassung mehrerer Einzeleinleitungen von Firmen im Oberlauf des Müggenbachs  
 \*\*\*\* Zusätzliches Volumen um Drosselabfluss zu reduzieren



Bei Ansatz der Standardvorgaben nach BWK M3 sowie eines mindestens mittleren Wiederbesiedlungspotenzials an allen Einleitungsstellen ist somit ein neu zu bauendes Volumen von ca. **83.000 m³** erforderlich.

## 4.2 Erforderliche Rückhaltevolumina nach detailliertem Nachweis

### 4.2.1 Berechnungsgrundlagen / Rechenweg

Mittels des kalibrierten Wasserbilanzmodells wurde zunächst eine Planungsvariante mit den nach A128 erforderlichen RÜB-Volumina sowie RKB aufgestellt und darauf basierend iterativ in einer „Max-Variante“ die Rückhaltevolumina ermittelt, die zur Einhaltung der Bedingung  $HQ_{1,Prog} \leq HQ_{2,pnat}$  erforderlich sind. Dies entspricht dem detaillierten hydrologischen Nachweis nach BWK M7 unter der Bedingung, dass an allen Einleitungsstellen mindestens ein mittleres Wiederbesiedlungspotenzial vorliegt bzw. geschaffen wird.

Als zusätzliche Variante wurden die Volumina ermittelt, die erforderlich sind, um die in Kap. 3.3 erläuterte Regel näherungsweise einzuhalten:

<b>R1: Bachabschnitte mit geringem Ausuferungspotenzial:</b>	<b><math>HQ_{1,Prog} &lt; HQ_{2,pnat}</math></b>
<b>R2: Abschnitte mit mittlerem bis hohem Ausuferungspotenzial:</b>	<b><math>HQ_{1,Prog} &lt; 1,4 * HQ_{2,pnat}</math></b>

Für die Berechnung wurde zunächst für jeden Bach ermittelt, ob der Anteil der 100 m-Abschnitte mit niedrigem Ausuferungspotenzial unter oder über 30 % liegt. Für Bäche mit > 30 % Abschnitten mit niedrigem Ausuferungspotenzial wurde die Einhaltung von R1, für die übrigen Bäche die Einhaltung von R2 angestrebt.

Die ermittelten Volumina sind in Tabelle 13 aufgelistet. Für die erforderliche Retention wurden weitestgehend RRB angesetzt, in Ausnahmefällen wurde die Erweiterung eines vorhandenen HRB vorgesehen. RKB-Volumina sind in der Tabelle 13 nicht berücksichtigt, da sie nicht aus M7 resultieren und nahezu keine hydraulische Pufferung von Spitzen bewirken. Analog zum vereinfachten Nachweis wird die Annahme getroffen, dass für die Begrenzung des Abflusses in Leyerbach, Kottsiepen und Kuchhauser Bach entsprechend den Vorgaben von M7 die Hochwasserrückhaltebecken Leyerbach mit einem Gesamtvolumen von 56.000 m³, Kottsiepen mit 3.000 m³ und Kuchhauser Bach mit 8.100 m³ durch eine Anpassung der Drosselfunktion genutzt werden können. Sollte das Volumen des HRB's Leyerbach vollständig für Hochwasserschutz zwecke benötigt werden, wäre zur „ökologischen“ Drosselung nach M7 zusätzlich der Bau eines RRB Ronsdorf/Leyerbach mit 21.000 m³ Volumen erforderlich. Auch an Kottsiepen und Kuchhauser Bach bedarf die Gewährleistung des Hochwasserschutzes noch der Überprüfung. . Gleiches gilt für die Annahmen im vereinfachten Verfahren und damit sind die Ansätze vergleichbar.

**Tabelle 13: Erforderliche Volumina zur Einhaltung von  $HQ_{1,Prog} \leq HQ_{2,pnat}$  (Max-Variante) bzw. der Regeln R1 und R2 (Ausuferbarkeitsvariante)**

Becken	EG versieg. Fläche	$Q_{Dr,max}$ Max-Variante	$Q_{Dr,max}$ Ausuferungs- variante	Volumen Ist-Zustand	Ges-Volumen Max-Variante	Ges-Volumen "Ausuferbar- keitsvariante"	zusätzl. Vol. Max-Variante	zusätzl. Vol. "Ausuferbar- keitsvariante"
	ha	l/s	l/s	m³	m³	m³	m³	m³
Summe unveränderte Becken				42.961	42.961	42.961	0	0
<b>HRB_HägerM</b>	<b>81,67</b>	<b>423</b>	<b>423</b>	<b>4.800</b>	<b>18.600</b>	<b>18.600</b>	<b>13.800</b>	<b>13.800</b>
<b>HRB_Ibach</b>	<b>25,63</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	<b>3.570</b>	<b>10.710</b>	<b>10.710</b>	<b>7.140</b>	<b>7.140</b>
HRB_Kottsieperb	10	184	184	3.000	3.000	3.000	0	0
HRB_Kuchhauser B.	22,36	42	121	8.100	7.480	3.980	0	0
HRB_Leyerbach	20,05	12.000	12.000	56.000	56.000	56.000	0	0
RBF_Unterdahl	0	15	15	1.215	2.540	2.540	1.325	1.325
RRB_Delphi	7,18	10	45	1.145	3.410	1.260	2.265	115
RRB_Güldenw	13,44	27	27	1.300	5.500	5.500	4.200	4.200
<b>RRB_Hütz</b>	<b>36,86</b>	<b>55</b>	<b>170</b>	<b>200</b>	<b>13.650</b>	<b>7.560</b>	<b>13.450</b>	<b>7.360</b>
<b>RRB_KlauserD</b>	<b>0</b>	<b>136</b>	<b>335</b>	<b>3.265</b>	<b>14.200</b>	<b>8.130</b>	<b>10.935</b>	<b>4.865</b>
RRB_Lenzhs	4,14	13	13	840	1.082	1.082	242	242
RRB_Mastweg	0	22	66	2.200	4.200	2.160	2.000	0
RRB_Paradies	4,06	10	32	560	1.290	600	730	40
RRB_Rath	11,24	40	40		2.010	2.010	2.010	2.010
RRB_Sieper Park	6,85	35	35		1.720	1.720	1.720	1.720
RRB_Solingstr	1,28	4	4	100	450	450	350	350
RRB_Tannenbw	3,39	33	33		900	900	900	900
RRB_VEichh	1,42	10	15	400	220	180	0	0
<b>RRB_Vorderdohr</b>	<b>30,91</b>	<b>30</b>	<b>84</b>	<b>7.600</b>	<b>14.500</b>	<b>8.370</b>	<b>6.900</b>	<b>770</b>
RRB_Überfeld	0	316	316	10.500	12.120	12.120	1.620	1.620
RRK_Blume	8,33	200	200		1.700	1.700	1.700	1.700
Retr_Solingstr	6,01	10	10		2.680	2.680	2.680	2.680
XRRB_Bergh	5,52	30	88		530	260	530	260
<b>XRRB_Heidhof</b>	<b>20,71</b>	<b>23</b>	<b>23</b>		<b>14.810</b>	<b>14.810</b>	<b>14.810</b>	<b>14.810</b>
XRRB_Rehsiepen	10	15	15		4.510	4.510	4.510	4.510
XRRB_Schmittenb	0	40	40		1.070	1.070	1.070	1.070
YRRB_Buschhof	1,59	47	47		50	50	50	50
YRRB_Nettenb	0,22	6	6		10	10	10	10
YRRB_Ronsdorf	0	118	118		21.000	21.000	21.000	21.000
ZRRB_Hermansm	0	400	400		4.240	4.240	4.240	4.240
ZRRB_Spelsberg	1	18	18		90	90	90	90
<b>Summe</b>				<b>147.756</b>	<b>267.233</b>	<b>240.253</b>	<b>120.277</b>	<b>96.877</b>
<b>Summe ohne RRB Ronsdorf</b>				<b>147.756</b>	<b>246.233</b>	<b>219.253</b>	<b>99.277</b>	<b>75.877</b>

#### 4.2.2 Vorgabe $HQ_{1,Prog} < HQ_{2,pnat}$ nach M7 für mind. mittleres Wiederbesiedlungspot.

Nach BWK M7 ergibt sich unter der Annahme, dass an allen Nachweisstellen mindestens ein mittleres Wiederbesiedlungspotenzial geschaffen werden kann, ein **zusätzliches Rückhaltevolumen von ca. 99.000 m³**. Von diesem Volumen entfallen allein 67.000 m³ auf 6 Einleitungen in kleine Bäche mit einem Einzugsgebiet < 2 km² an der Einleitungsstelle (in Tab. 13 fett gedruckt). Ein Extrembeispiel stellt das RRB Hütz mit einem Volumen von 13.650 m³ dar, das in einen Bach mit etwa 600 m Gesamtlänge, der von der Einleitung bis zur Mündung (ca. 300 m) vollständig ausgemauert bzw. verrohrt ist, einleitet. In derartigen Fällen ist im Sinne einer kosteneffizienten Planung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie zu überlegen, ob durch Alter-

nativlösungen, wie z. B. einen  $Q_{\max}$ -Sammler zum aufnehmenden Gewässer Morsbach, eine kostengünstigere Lösung zu erzielen ist oder im Sinne „erheblich veränderter Gewässer (HMWB)“ nach WRRL bei wenigen kurzen Bächen auf den Bau von Rückhaltevolumina sowie eine Renaturierung verzichtet werden kann. Dabei sind allerdings Schutzziele für unterhalb liegende Gewässer (Morsbach, Leyerbach) zu beachten.

*Zum Vergleich: Nach dem vereinfachten Nachweis wurden mit M3-Standardvorgaben 83.000 m<sup>3</sup> zusätzliches Volumen unter der Annahme eines mittleren Wiederbesiedlungspotenzials ermittelt.*

Die Differenz zwischen den errechneten Retentionsvolumina im detaillierten und vereinfachten Verfahren resultiert hier vornehmlich aus der abweichenden Anzahl der Nachweisstellen. Da im detaillierten Verfahren an jeder Einleitungsstelle nachgewiesen werden muss und im vereinfachten erst an der letzten vor Einmündung in das nächste Gewässer, sind hier vor allem die Auswirkungen von großen Einleitungen in Oberläufe zu spüren. Im vereinfachten Verfahren relativieren sich die Einflüsse, da weiter unterhalb die zulässige Einleitungsmenge durch das wachsende natürliche Einzugsgebiet größer ist

#### **4.2.3 Erforderliche Rückhaltevolumina nach vorgeschlagener Regel unter Berücksichtigung des Ausuferungspotenzials**

Nach der in Kap. 3.3 und Kap. 4.2.1 dargestellten Regel ergibt sich - wieder unter der Annahme, dass vorhandene HRB-Volumina durch eine Anpassung der Drosselfunktion ökologisch optimiert werden können - ein **zusätzliches Rückhaltevolumen von ca. 76.000 m<sup>3</sup>**. Von diesem Volumen entfallen allein 49.000 m<sup>3</sup> auf 6 Einleitungen in kleine Bäche mit einem Einzugsgebiet < 2 km<sup>2</sup> an der Einleitungsstelle.

*Zum Vergleich: Nach dem vereinfachten Nachweis wurden mit M3-Standardvorgaben 99.000 m<sup>3</sup> zusätzliches Volumen unter der Annahme des vorhandenen Wiederbesiedlungspotenzials ermittelt.*

## 5 Bewertung von Kosten und Nutzen verschiedener Nachweisverfahren

Aus den im durchgeführten Projekt angefallenen Kosten lassen sich in etwa die im Folgenden erläuterten Beträge für die Nachweisvarianten nach BWK M3 / M7 herleiten (jeweils einschl. MWSt). Der Nutzen kann sowohl monetär sein, als auch in der Sinnhaftigkeit der Maßnahmenwahl im Hinblick auf eine zielgerichtete Entwicklung der Gewässer auch im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie liegen.

### 5.1 Vereinfachter Nachweis nach BWK M3

Vereinfachter stofflicher und hydrologischer Nachweis ca. 35.000 €

Dieser Betrag enthält die rechnerische Nachweisführung sowie Begehungen gemeinsam mit dem Auftraggeber für 55 Einleitungsstellen. Nicht enthalten ist die Ermittlung der siedlungswasserwirtschaftlichen Grundlagen. Diese wurden als Grundlage für die M3/M7-Nachweise sowie für die Erstellung der Netzplananzeige vorab außerhalb des FuE-Vorhabens zusammengestellt.

Wie in Kap. 2 bis 4 dargestellt, liefert der vereinfachte hydrologische Nachweis bei einem relativ komplexen Einzugsgebiet wie dem des Morsbachs vor allem für Gewässerunterläufe keine plausiblen Ergebnisse. Ein Nachweis mit Standardvorgaben nach M3 enthält für die meisten Einleitungen hohe Sicherheiten, die keine Kosteneffizienz bei Investitionen erwarten lassen. Die Verbesserung der morphologischen Situation und damit einer Stärkung der Gewässer (auch für andere Zielgrößen) wird hier nur sehr vereinfacht über das Wiederbesiedlungspotenzial abgebildet. Effekte wie Retention der Wellen durch Auenanbindung sind so nicht abbildbar. Das Regionalisierungsverfahren zur Ermittlung von Hq1 hingegen zeigt teilweise unplausibel hohe Spenden und liefert damit keine gesicherten Ergebnisse.

### 5.2 Detaillierter hydrologischer Nachweis nach BWK M7 kombiniert mit vereinfachtem stofflichen Nachweis nach BWK M3

Vereinfachter stofflicher Nachweis nach BWK M3 ca. 30.000 €

Dieser Betrag enthält wie vor die rechnerische Nachweisführung einschl. Begehungen der Einleitungsstellen mit dem Auftraggeber. . Die Ersparnis liegt hier lediglich in der Auswertung der hydrologischen Ergebnisse, das Gesamtmodell muss auch hier aufgestellt werden (z. B. mit Software VERENA-M3).

Messungen in Gewässern zwecks Kalibrierung des Wasserbilanzmodells ca. 20.000 €

Detaillierter hydrologischer Nachweis nach BWK M7 mit Wasserbilanzmodell ca. 80.000 €

Dieser Betrag enthält im Wesentlichen die folgenden Leistungen:

- Übernahme von Daten (Niederschläge, Flächen etc. aus versch. Quellen
- Modellerstellung und Kalibrierung einschl. Bericht
- Simulation Ist-Zustand, pnat-Zustand, Prognosezustände incl. Bericht
- Nachweisführung einschl. Darstellung in Gewässerlängsschnitten für ca. 65 km Gewässer mit Einleitungen und Bericht

**Gesamtkosten vereinf. stofflicher + detaill. hydrologischer Nachweis ca. 130.000 €**

Ein kalibriertes Wasserbilanzmodell kann außer für Nachweise nach BWK M7 auch z. B. für Hochwasserschutzuntersuchungen oder - bei geeigneter Software wie im Fall des Morsbachs - für Schmutzfrachtnachweise genutzt werden (Synergieeffekte). Spezielle Kosten für diesbezügliche Berechnungen mit dem Modell sind in der o. a. Aufstellung nicht enthalten. Da jedoch bei Planungen innerhalb des Einzugsgebietes auch diese Faktoren (Abhängigkeiten untereinander) mit betrachtet werden müssen, sind hier ebenfalls direkte Einsparungen durch eine bereits von Anfang an geplante Gesamtbetrachtung und deren Synergieeffekte möglich.

Wie in Kap. 2 bis 4 dargestellt, wird die hydrologische Belastung von Gewässern, vor allem auf Grund von Kalibrierung und Verzicht auf willkürliche Schnitte zwischen „geschlossenen Siedlungsgebieten“, deutlich realistischer als beim vereinfachten Nachweis abgebildet. Das detaillierte Verfahren bietet einen Überblick über die Gewässersituation über den gesamten Gewässerverlauf (Stichwort: hydrologische und hydraulische Längsschnitte) und zeigt damit den Einflussbereich der einzelnen Einleitungen bis zu deren Abbau. Hier wird nicht wie beim vereinfachten Verfahren ein „willkürlicher Bruch“ zwischen „voller“ Wirkung und „null“ Wirkung vollzogen. Auf Grund örtlicher Gegebenheiten und der auch im detaillierten Nachweis enthaltenen beträchtlichen Sicherheiten ergeben sich im Fall des Morsbach-Einzugsgebiets beim strikt nach M7 durchgeführten hydrologischen Nachweis keine geringeren Rückhaltevolumina als aus dem vereinfachten Nachweis. Bei anderen Einzugsgebieten, wie z. B. dem Eschbach (benachbartes Einzugsgebiet), wurden mittels detaillierten Nachweises deutlich geringere Volumina als beim vereinfachten Nachweis ermittelt. Daher muss als Ergebnis aus dem Projekt gesehen werden, dass die Charakteristik eines Einzugsgebietes, so sehr sie auch einem anderen zu ähneln scheint doch starke Abweichungen in den Ergebnissen liefern kann. Die Vergleichbarkeit der Verfahren ist durch den unterschiedlichen Ansatz der Nachweisorte ebenfalls schwierig. Im Nachgang zu dem Projekt wird der Wupperverband intensive Analysen zur Ermittlung der Nachweisgrößen anstrengen und hofft hier auf Unterstützung.

### **5.3 Detaillierter hydraulischer Nachweis nach BWK M7 kombiniert mit vereinfachtem stofflichen Nachweis nach BWK M3**

Der detaillierte hydraulische Nachweis über Sohlschubspannungen baut auf dem hydrologischen Nachweis auf, so dass die Kosten für diesen ebenso wie für den vereinfachten stofflichen Nachweis einzukalkulieren sind.

Vereinfachter stofflicher Nachweis nach BWK M3 wie vor	ca. 30.000 €
Messungen in Gewässern zwecks Kalibrierung des Wasserbilanzmodells	ca. 20.000 €
Detaillierter hydrologischer Nachweis nach M7 wie vor	ca. 80.000 €
Hydraulische Berechnungen, Nachweisführung nach BWK M7 und Bericht	ca. 12.000 €
<u>Terrestrische Vermessung der Hauptgewässer für hydraulische Berechnung</u>	<u>ca. 25.000 €</u>
<b>Gesamtkosten vereinf. stofflicher + detaill. hydraulischer Nachweis</b>	<b>ca. 167.000 €</b>

Wie in Kap. 2.6 dargestellt, erlaubt der detaillierte hydraulische Nachweis nach BWK M7 im Fall des Morsbachs keine gesicherte, plausible Bewertung der Einleitungen. Insofern ist, zumindest für die hier direkt angewandte Nachweisführung, der Nutzen als gering einzustufen. Dies mag bei Flachlandgewässern mit relativ gleichmäßigem Gefälle, Querschnitt und Sohlsubstrat grundsätzlich anders sein. Ergänzend liefert er jedoch wertvolle Hinweise für die Be-

ziehung zwischen Abfluss und Biologie über die Sohlschubspannung. Auch hier sind im Weiteren Synergieeffekte nutzbar, da z.B. für eventuell folgende Gewässerausbaumaßnahmen auch hydraulische Überprüfungen notwendig sind. Eine Weiterentwicklung des hydraulischen Nachweises, erscheint aufgrund der Zusammenhänge (Biologie – Sohlsubstrat – Sohlschubspannung – Wasserstand - Abfluss) wünschenswert, bedeutet aus Sicht des Projektes allerdings noch Forschungsbedarf (dies zeigen auch andere Projekte, wie z.B. an der Niers). Hier sind Erweiterungen eventuell in Richtung 2D-Simulationen oder Substratdargebot denkbar.

#### **5.4 Modifizierter hydrologischer Nachweis, unterstützt durch biologische Untersuchungen, kombiniert mit vereinfachtem stofflichen Nachweis**

Nach dem Diskussionsstand 8/2008 zu BWK M7 ist vorgesehen, dass detaillierte hydrologische Nachweise statt mit einem einheitlichen Wiederkehrintervall von  $T = 2$  Jahren mit einem davon abweichenden, typspezifischen Wiederkehrintervall geführt werden können, wenn dies durch gesonderte biologisch-ökologische Untersuchungen begründet wird. Forschungsergebnisse zu derartigen Untersuchungen sind in Kap. 3.3, 3.4 und 4.2.3 sowie in den ausführlichen Berichten von ube und Hydrotec dargestellt. Im Zuge dieses FuE-Vorhabens entfiel ein beträchtlicher Teil der Kosten auf biologische Beprobungen, ihre Auswertung und wissenschaftliche Beurteilung einschl. Proheberechnungen. Für eine zukünftige Anwendung der in Kap. 3.3, 3.4, 4.2.3 und 6 vorgeschlagenen Methoden kann der Aufwand für biologische Untersuchungen bei einem dem Morsbach vergleichbaren Einzugsgebiet sehr grob auf etwa 30.000 bis 50.000 € für etwa 40 bis 50 Perodes-Beprobungen + Gutachten zur Kausalität der gefundenen biologischen Defizite und Abstimmung mit Hydrologen geschätzt werden.

Stofflicher Nachweis und hydrologische Berechnungen werden in etwa wie vor kalkuliert.

Vereinfachter stofflicher Nachweis nach BWK M3 wie vor	ca. 30.000 €
Messungen in Gewässern zwecks Kalibrierung des Wasserbilanzmodells	ca. 20.000 €
Detaillierter hydrologischer Nachweis (modifiziert)	ca. 85.000 €
<u>Biologische Untersuchungen geschätzt</u>	<u>ca. 40.000 €</u>

#### **Gesamtkosten stoffliche + hydrologische + biologische Untersuchungen ca. 175.000 €**

Bei dieser Vorgehensweise kann ggf. für Gewässer oder Gewässerabschnitte, an denen im Ist-Zustand keine signifikanten Beeinträchtigungen durch die Einleitungen biologisch festzustellen sind und die im Wesentlichen unverändert bleiben, der biologische Nachweis allein ausreichend sein. Für Gewässerabschnitte mit biologischen Defiziten können Hinweise auf die maßgeblichen Ursachen dieser Defizite abgeleitet und Maßnahmen an Einleitungen und in Gewässern sehr gezielt geplant werden. Die in Kap. 4.2.3 dargestellte systematische Bemessung unter Berücksichtigung des Ausuferungspotenzials der Gewässer ergab in Summe 76.000 m<sup>3</sup> zusätzliches Rückhaltevolumen im Vergleich zu 83.000 m<sup>3</sup> bis 99.000 m<sup>3</sup> aus dem vereinfachten Nachweis mit Standardvorgaben nach BWK M3. Dabei wurden morphologische Maßnahmen, z. B. zur Verbesserung der Retention im Gewässer als Alternative zu RRB, andere ortsspezifische Maßnahmen, die ein beträchtliche Kostensenkungspotenzial bieten, sowie eventuell verringerte Schutzziele für einzelne Nebengewässer mit geringem Entwicklungspotenzial als noch nicht berücksichtigt. Diese wären für die vereinfachte Nachweisführung auch anzustreben, sind allerdings wie beschrieben mit den dort zu Verfügung stehenden Mitteln nicht abzubilden oder gar zu entwickeln.



## **6 Vorschlag für eine Einbindung von Nachweisen nach den BWK-Merkblättern M3 / M7 in eine Maßnahmenplanung nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie**

Die EU-WRRL (Wasserrahmenrichtlinie), durch WHG und Landeswassergesetze in deutsches Recht umgesetzt, fordert für Fließgewässer als „Regelziel“ den guten ökologischen Zustand - respektive ein gutes ökologisches Potenzial - sowie einen guten chemischen Zustand. Der Gewässerzustand ist an für einen Wasserkörper repräsentativen Messstellen, also nicht an jedem Punkt im Gewässer, nachzuweisen. Der ökologische Zustand ist vor allem durch biologische Untersuchungen zu bewerten.

Defizite des biologischen Zustands können durch verschiedene Einflussfaktoren verursacht werden. Besonders häufig sind morphologische Defizite; in stark urbanisierten Gebieten werden häufig verschiedene Stressoren zusammenkommen. Vor diesem Hintergrund sollte bei anstehenden Entscheidungen über Regen- und Mischwassereinleitungen immer zuerst der biologische Zustand des aufnehmenden Gewässers betrachtet werden. Ist dieser gut, besteht i. d. R. kein Handlungsbedarf, es sei denn eine wesentliche Verschärfung der Einleitung wäre geplant.

Ist der ökologische Zustand eines von Einleitungen betroffenen Wasserkörpers schlechter als gut, sind im Regelfall als „investigatorisches Monitoring“ biologische Untersuchungen unterhalb und möglichst auch an Vergleichsstrecken oberhalb wesentlicher Einleitungen sinnvoll. Erfahrungen hierzu bestehen vor allem mit Makrozoobenthos-Untersuchungen; jedoch können auch andere Organismen Hinweise geben. Es ist sinnvoll, Proben nach dem Verfahren PERLODES zu sammeln, diese jedoch nicht ausschließlich mit der Software Asterics zu bewerten. Aus funktionalen Eigenschaften und autökologischen Lebensraumanprüchen der Makrozoobenthos-Fauna, wie z. B. Ernährungstypen oder Strömungspräferenzen, lassen sich Schlüsse auf relevante Stressoren ziehen. Zu beachten ist, dass Stressoren wie hohe Einleitungsabflüsse u. U. nicht unmittelbar an der Einleitungsstelle, sondern erst weiter unterhalb, z. B. in morphologisch schlechten Abschnitten, Auswirkungen auf die Biozönose zeigen.

Stellt hydraulischer Stress eine wesentliche Belastung dar, ist es i. d. R. sinnvoll, die Belastungsquellen durch ein kalibriertes Wasserbilanzmodell zu identifizieren. Dieses erlaubt auch Variantenberechnungen zur Planung ökonomisch und ökologisch sinnvoller Rückhaltemaßnahmen. Bei Mittelgebirgsgewässern kann es zweckmäßig sein durch biologisch-ökologische Untersuchungen zu prüfen, ob statt des von M7 als Standardwert vorgegebenen 2-jährlichen Wiederkehrintervalls für hydrologische Nachweise eine abweichende, typspezifische Jährlichkeit, ggf. noch differenziert in Abhängigkeit von Wiederbesiedlungspotenzial oder Ausuferungspotenzial, verwendet werden kann.

Ein vereinfachter hydraulischer Nachweis nach BWK M3 kann bei isolierten Einleitungen, vor allem in Bachoberläufe, sinnvolle Ergebnisse liefern. Bei lang gestreckten Einzugsgebieten mit zahlreichen Einleitungen dagegen liefert der vereinfachte Nachweis keine zuverlässigen Ergebnisse; nachteilig wirken sich u. a. die Sensitivität bzgl. der Abgrenzung von Siedlungsgebieten sowie die Nichtberücksichtigung von Fließzeiten im Gewässer aus.

In stark urbanisierten Gebieten wie dem Morsbach-Einzugsgebiet führen der hohe Versiegelungsgrad der Flächen und die Kanalisierung des Einzugsgebietes zu einem vielschichtigen komplexen Bild von Auswirkungen im Gewässer: Die Biozönose indiziert hydraulischen Stress, die Ansammlung organischer Suspensa (AFS) sowie verminderte Strömungsge-

schwindigkeiten bei Basisabfluss (Folge verringerter Niedrig- bis Mittelwasserabflüsse in Kombination mit an erhöhte Spitzenabflüsse angepassten Gewässerbetten). Sinnvolle Maßnahmen können sehr unterschiedlicher Art sein:

- Rückhalte- und Behandlungsmaßnahmen vor Einleitung zur Reduzierung der hydraulischen und stofflichen Belastung.
- Regenwasserbewirtschaftungs- und Fremdwasserreduzierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Grundwasserneubildung und damit des Gewässer-Basisabflusses.
- Schaffung naturnäherer Gewässerprofile mit einem relativ kleinen Niedrigwassergerinne, ggf. unter Bereitstellung von Sekundärauen, die ein frühzeitiges Ausufern bei Spitzenabflüssen erlauben.

Gerade der letzten Art von Maßnahmen kommt im Fall einer überwiegend hydraulischen Belastung häufig eine besondere Bedeutung zu, da hierdurch die Reduzierung der Extremwerte mit der Schaffung anspruchsvollen Lebensraumes für die Gewässerbiozönose verbunden ist. Maßnahmenvarianten aus den angeführten Handlungsfeldern können mit Hilfe eines Wasserbilanzmodells entwickelt werden.

Da auch bei Anwendung von Modellen nach dem Stand der Technik die Wirkungen von Maßnahmen nicht exakt vorhergesagt werden können, kann es, insbesondere bei starken Abweichungen vom guten ökologischen Zustand, sinnvoll sein schrittweise vorzugehen, indem zunächst der Erfolg eines ersten Maßnahmenpakets geprüft wird, bevor weitere kostenintensive Maßnahmen durchgeführt werden.

Weist ein längerer Gewässerabschnitt die Strukturgüteklasse 6 oder 7 auf, lässt ein Bau von Rückhaltevolumina im Kanalnetz allein keine wesentliche Verbesserung des biologischen Zustands erwarten. In solchen Fällen, die im Morsbachsystem z. B. an Müggenbach und Ibach vorliegen (siehe Bild 1 und Tab. 5), ist zu prüfen, ob eine Kombination von Rückhaltemaßnahmen und morphologischen Verbesserungen machbar und verhältnismäßig ist.

Bei neuen Einleitungen oder einer wesentlichen Änderung vorhandener Einleitungen sind biologische Untersuchungen allein i. d. R. nicht ausreichend, können aber durchaus hilfreich sein.

## 7 Resümee und Ausblick

In einem vom nordrhein-westfälischen Umweltministerium geförderten FuE-Vorhaben wurden detaillierte hydrologische, hydraulische und biologische Nachweise nach dem Gelbdruck des BWK-Merkblatts M7 mit dem vereinfachten Verfahren nach BWK M3 verglichen. Als wichtige Ergebnisse wurden festgestellt:

- Der biologische Gewässerzustand wird in urbanisierten Einzugsgebieten außer durch die von BWK M3/M7 erfassten Parameter maßgeblich auch durch andere Belastungen wie eine Verringerung des Gewässerabflusses durch Versiegelung und Defizite der Gewässermorphologie beeinflusst.
- Rechnerische hydrologische Nachweise liefern ein gutes Indiz dafür, ob eine Gewässerbiozönose durch hydraulischen Stress belastet wird. Kann der detaillierte hydrologische Nachweis nach BWK M7 mittels Wasserbilanzmodell geführt werden, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass hydraulischer Stress an den Nachweisstellen keine signifikante Belastung verursacht. Jedoch ist der Umkehrschluss, dass bei Überschreitung des Zielwerts zwangsläufig von einer wesentlichen Beeinträchtigung der Gewässerbiozönose auszugehen ist, nicht zulässig. Ähnliche Schlussfolgerungen gelten für den vereinfachten hydraulischen Nachweis nach BWK M3.
- Das detaillierte hydrologische Nachweisverfahren mittels Niederschlags-Abfluss-Modell liefert vor allem bei komplexen Situationen und in Gewässerunterläufen hydrologisch plausiblere Ergebnisse als das vereinfachte Nachweisverfahren.
- Ein rechnerisch relativ einfach über eindimensionale Berechnungen geführte hydraulischer Nachweis der kritischen Sohlschubspannung lieferte keine eindeutigen Ergebnisse. Probleme bereiten u. a. die große Variabilität der Sohlstrukturen und Strömungsgeschwindigkeit bei Mittelgebirgsbächen sowie fehlende nachvollziehbare Grenzwerte. Um als Bindeglied zwischen Abfluss und Biologie die Zusammenhänge allerdings nachvollziehbarer zu machen ist hier eine Weiterentwicklung angeraten.
- Beziehungen zwischen biologischen und hydrologischen Untersuchungen konnten nachgewiesen und bewertet werden. Vom Umweltbüro Essen wurde ein Bewertungsverfahren entwickelt, das systematisierte Rückschlüsse aus Makrozoobenthos-Untersuchungen auf Belastungsfaktoren ermöglicht.
- Hohe Sicherheiten sowohl beim vereinfachten Nachweisverfahren mit Standardwerten nach BWK M3 (durch Wahl niedriger Grenzwerte im Streubereich) als auch beim detaillierten hydrologischen Nachweis nach M7 führen zu einer unwirtschaftlichen Bemessung von Rückhaltebecken. Auf der Grundlage biologischer Untersuchungen können regional- und gewässertypspezifische Grenzwerte, die zu einer höheren Maßnahmeneffizienz führen, begründet werden.

Vor dem Hintergrund der EG-WRRL und einer zielgerichteten Gewässerentwicklung wird es zur Beurteilung von Niederschlagswassereinleitungen in vielen Fällen sinnvoll sein, zunächst den Zustand eines Wasserkörpers nach WRRL-Kriterien zu beurteilen. Wenn der ökologische Gewässerzustand schlechter als gut ist, können ergänzende biologische Untersuchungen die relevanten Stressoren indizieren. Für kleine Gewässer, die nicht unter das Wasserkörperkriterium fallen können wie gezeigt ähnliche bzw. gleiche biologische Verfahren verwendet werden. Kalibrierte Wasserbilanzmodelle ermöglichen eine genaue Lokalisierung hydrologischer Defizite (Niedrig- wie Hochwasser) und eine zielgerichtete Maßnahmenplanung durch Variantenberechnungen. Hydraulische Berechnungen liefern den Zusammenhang zwischen Hydrologie, Morphologie und Biologie.

## 8 Literatur

- [1] BWK: Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK Merkblatt 3 - Merkblatt 7, 2007
- [2] BWK (Hg.): Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse BWK Merkblatt 3, 2001
- [3] Böcker et al: Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 (hydrologisch-hydraulisch-biologisch) für das Morsbacheinzugsgebiet, Vortrag zum 7. IFWW - Fachkolloquium, GWA Nr. 2009, Aachen, 2007
- [4] Ing.-Büro Beck: Grundlagenermittlung für Einzugsgebiet GKW Kohlfurth, 2006
- [5] Hobus, I.: Auswertung der Messkampagne am Morsbach und am RÜB Nüdelshalbach, Wupperverbands-gesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbh (WiW), 2007
- [6] Hobus, I.: Vereinfachter Nachweis für das Morsbacheinzugsgebiet, Wupperverbands-gesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbh (WiW), 2008
- [7] Rothe et al: , Regionalisierungsverfahren zur Ermittlung des potenziell natürlichen jährlichen Abflusses in kleinen Einzugsgebieten, Wasser und Abfall 6, 2002
- [8] Koenzen, U.: Welchen Beitrag können Gewässerstrukturverbesserungen zur Erzielung des guten ökologischen Zustands leisten? Vortrag zum 8. Workshop „Flussgebietsmanagement im Zeichen der neuen Bewirtschaftungsplanung“, Essen 2007
- [9] Wagner, F.; Arle, J.: Zusammenhang zwischen ökologischem Zustand und der Gewässerstruktur – Hinweis auf eine mögliche Strahlwirkung, DRL-Deutscher Rat für Landespflege (2007), Kompensation von Strukturdefiziten in Fließgewässern durch Strahlwirkung, Heft 81
- [10] Boom, A. van den: Einfluss des RÜB Grünscheid auf den Murbach – Ergebnisse der Makrozoobenthos - Untersuchungen, Wupperverband 2004
- [11] Umweltbüro Essen (ube): MZB-Untersuchung der Linnefe bei Dabringhausen (Wermelskirchen) -Analyse des Einflusses des Regenüberlaufbeckens Cönenmühle auf die benthische Wirbellosenfauna, 2005
- [12] D. Sobolewski, F. Hatzfeld, T. Schaffmann, R. Mittelstädt: Aufstellung des kombinierten Schmutz-fracht- und Wasserbilanzmodells Morsbach und Nachweisverfahren nach DWA A-128 und BWK M3/M7
- [13] Harmuth: Messdatenerhebung (Mengenmessungen) F&E-Vorhaben im Morsbach- Einzugsgebiet, Leichlingen 2008
- [14] M. Halle, A. Müller: Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt 3 für das Morsbacheinzugsgebiet / Gewässerökologischer Fachbeitrag, Essen 2008
- [15] Kail, J.: The positive effect of adjacent, near-natural reaches on local ecological status: Using the "spreading effect" in stream restoration. Oral presentation, 4th ECRR International Conference on River Restoration, 16-21 June 2008, Venice, Italy.

## 9 Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Ing. Karl Böcker  
Dipl.-Ing. Marc Scheibel  
Wupperverband  
Untere Lichtenplatzer Str. 100  
42289 Wuppertal  
E-Mail: [bk@wupperverband.de](mailto:bk@wupperverband.de)  
[schei@wupperverband.de](mailto:schei@wupperverband.de)

Dipl. Biol. Martin Halle  
umweltbüro essen  
Rellinghauser Straße 334 F  
45136 Essen  
E-Mail: [martin.halle@umweltbuero-essen.de](mailto:martin.halle@umweltbuero-essen.de)

Dr.-Ing. Inka Hobus  
Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH  
Untere Lichtenplatzer Straße 100  
42289 Wuppertal  
E-Mail: [hob@wupperverband.de](mailto:hob@wupperverband.de)

Dipl.-Ing. Robert Mittelstädt  
Dipl.-Ing. Dirk Sobolewski  
Hydrotec  
Bachstr. 62-64  
52066 Aachen  
E-Mail: [robert.mittelstaedt@hydrotec.de](mailto:robert.mittelstaedt@hydrotec.de)  
[dirk.sobolewski@hydrotec.de](mailto:dirk.sobolewski@hydrotec.de)