

Herleitung siedlungswasserwirtschaftlicher Maßnahmen aus Defiziten der Gewässerbiozönose, Sedimentuntersuchungen und hydrologischer Modellierung vor dem Hintergrund der EU-WRRL

K. Böcker^{1,*}, Dr. W. Scharf¹,

¹ Wupperverband, Körperschaft des Öffentlichen Rechts, Untere Lichtenplatzer Straße 100, D-42289 Wuppertal

* Email des korrespondierenden Autors: bk@wupperverband.de

Kurzfassung Der Wupperverband hat an der Wupper und am Morsbach umfangreiche Untersuchungen zur Beurteilung von Urbanisierungseinflüssen auf diese Gewässer durchgeführt. Bewährt haben sich u. a. Makrozoobenthos-Untersuchungen. Eine vergleichende Untersuchung verschiedener Nachweisverfahren nach den BWK-Merkblättern M3/M7 ergab, dass ein detaillierter hydrologischer Nachweis mittels kalibriertem Wasserbilanzmodell – ggf. an Hand biologischer Untersuchungen angepasst an örtliche Verhältnisse – häufig eine qualifizierte Beurteilung des hydraulischen Einflusses von Einleitungen ermöglicht. Ein „vereinfachter Nachweis“ nach BWK M3 oder ein Nachweis über die Sohlschubspannung sind dagegen problematisch. Trotz „gelungenem“ vereinfachten stofflichen Nachweis können Schwebstoffeinträge (AFS) eine Gewässerbiozönose beeinträchtigen. Eintragschwerpunkte können mittels Modellierung lokalisiert werden. Sedimentfallen erscheinen eher geeignet, Schadstoffbelastungen von Schwebstoffen zu messen als biologische Auswirkungen und Kolmation zu beurteilen.

Schlagwörter: WRRL, Makrozoobenthos, hydrologischer Nachweis, Schwebstoffe, AFS, Schwermetalle,

1 EINLEITUNG

Der Wupperverband ist u. a. für Abwasserreinigung, Ausbau und Unterhaltung von Gewässern sowie Ausgleich der Wasserführung im gesamten Einzugsgebiet der Wupper, einer Mittelgebirgsregion mit etwa 800 km² Einzugsgebiet und 900.000 Einwohnern verantwortlich. Wie in vergleichbaren Regionen ist nur ein kleiner Teil der Gewässer in einem guten Zustand. Nach bisherigen Kriterien (ohne Betrachtung von Quecksilber in Biota und Pharma-Wirkstoffen) sind die Defizite überwiegend biologischer Art.

Zu den Gewässern mit der schlechtesten Bewertung (insbes. bereichsweise Makrozoobenthos im unbefriedigenden oder schlechten Zustand) zählen die Wupper ab dem Wuppertaler Stadtgebiet sowie der Morsbach. Hauptstressoren an der Unteren Wupper sind neben dem kanalartigen Ausbau in Wuppertal siedlungswasserwirtschaftliche Einträge und die Abwärme von 2 Heizkraftwerken. Zwecks Differenzierung dieser Einflüsse und Abwägung, ob Maßnahmen zur Erreichung des guten Zustands respektive Potenzials verhältnismäßig sind, laufen bis Ende 2013 ein naturwissenschaftliches FuE-Vorhaben [1] und eine Kosten-Nutzen-Analyse.

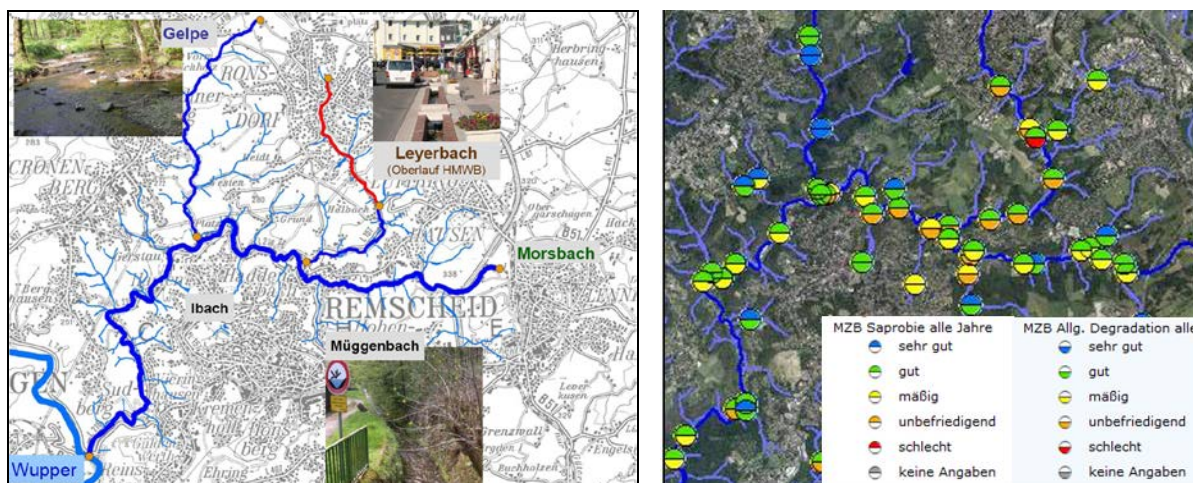


Abbildung 1: Morsbachsystem / Bewertung des Makrozoobenthos nach PERLODES/ASTERICS

Das etwa 48 km² große Morsbacheinzugsgebiet mit ca. 100.000 Einwohnern (ca. 720 ha versiegelter Fläche, je etwa 50 % Misch- und Trennsystem) ist überwiegend durch eine starke Urbanisierung gekennzeichnet, enthält allerdings auch einen Wasserkörper im guten Zustand. Im Zuge einer Kanal-Netzplananzeige wurden immissionsbezogene Nachweise nach dem BWK-Merkblatt M3 gefordert. Der „vereinfachte stoffliche Nachweis“ nach M3 konnte für alle Einleitungsstellen geführt werden. Parallel wurde das MZB (Makrozoobenthos) nach PERLODES untersucht. Saprobie und Allgemeine Degradation wurden nach ASTERICS bewertet (siehe Abb. 1). Um Belastungen dezidiert zu bewerten, wurden zwei vom nordrhein-westfälischen Umweltministerium geförderte FuE-Vorhaben durchgeführt.

2 WEITERGEHENDE AUSWERTUNG DER MAKROZOOBENTHOS-PROBEN

Ergänzend zu der nach WRRL etablierten Bewertung nach PERLODES mit der Software ASTERICS wurden funktionale Verteilungen des MZB wie Strömungspräferenz, Habitatpräferenz und Ernährungstypen bewertet. Diese Untersuchungen weisen darauf hin, dass neben morphologischen Defiziten bei einigen Gewässerabschnitten des Morsbachsystems Einträge von abfiltrierbaren Stoffen (erkennbar an einem erhöhten Anteil von Sedimentfressern) und hydraulischer Stress relevante Stressoren sein könnten. Darüber hinaus haben vermutlich auch niedrige Fließgeschwindigkeiten bei Trockenwetter einen negativen Einfluss. Hauptursachen hierfür sind eine deutliche Reduzierung der Grundwasserneubildung, da auf Grund der Versiegelung Regenabflüsse sehr schnell über die Kanalisation abgeführt werden, und die ungewollte Ableitung von Bodenwasser als Fremdwasser über die Mischwasserkanalisation zur Kläranlage außerhalb des Morsbach-Einzugsgebiets. (Böcker, Halle et al. 2009)

3 HYDROLOGISCHE UND HYDRAULISCHE NACHWEISE NACH BWK M3

Im ersten Vorhaben wurden mit Förderung des nordrhein-westfälischen Umweltministeriums Verfahren zur Bewertung von hydraulischem Stress für die Biozönose verglichen. Hierzu wurde mit dem Programm NASIM ein kalibriertes Wasserbilanzmodell aufgestellt, das auch die versiegelten Flächen einschließlich Sonderbauwerken (RÜ, RÜB, RRB, HRB ...) detailliert abbildet. Basierend auf diesem Modell wurden auch Sohlschubspannungen beim 1-jährlichen Hochwasser HQ₁ in den wichtigsten Bächen berechnet. Folgende allgemeinen Erkenntnisse wurden abgeleitet:

- Der „vereinfachte hydrologische Nachweis“ nach dem BWK-Merkblatt M3 ist vor allem bei Nachweisstellen mit größeren Einzugsgebieten nicht plausibel, da abflussbildende Prozesse wie Fließzeiten im Gewässer nicht abgebildet werden. Die Ergebnisse sind stark von der keineswegs trivialen Abgrenzung „geschlossener Siedlungsgebiete“, für die Einleitungsabflüsse direkt aufsummiert werden, abhängig ist. Für kleine „Kopfgebiete“ kann dieser Nachweis allerdings geeignet sein.
- Der „detaillierte hydrologische Nachweis“ mittels eines kalibrierten Wasserbilanzmodells liefert hydrologisch plausible Ergebnisse. Allerdings deutet der Vergleich mit den biologischen Untersuchungen darauf hin, dass die Gewässerbiozönose von Mittelgebirgsbächen bei gutem Wiederbesiedlungs- und Ausuferungspotenzial höhere Abflüsse als nach „M3/M7-Standard“ vorgegeben verkraftet. Bei günstigen Randbedingungen darf HQ_{1,1st} bis zu 1,4 * HQ_{2,pnat} bzw. etwa HQ₅ betragen, was bei Mittelgebirgsbächen, die auch natürlicherweise starke Abflussspitzen aufweisen, plausibel ist.
- Der hydraulische Nachweis über die Sohlschubspannung erwies sich als wenig praktikabel für Mittelgebirgsbäche, da keine klaren Grenzwerte bekannt sind und zudem vorhandene Fließgeschwindigkeit und Sohlschubspannung im Verlauf eines solchen Bachs eine hohe natürliche Variabilität aufweisen.

Auf der Grundlage der hydrologischen Längsschnitte aus dem NASIM-Modell für verschiedene Varianten wurde eine kosteneffiziente Maßnahmenkombination entwickelt, die veränderte Drossелеinstellungen an Becken, den Bau einiger zusätzlicher Rückhaltevolumina sowie morphologische Maßnahmen zur Verbesserung von Ausuferungs- und Wiederbesiedlungspotenzial, wo die Bebauung dies zulässt, beinhaltet (Böcker, Halle et al. 2009). Nach diesen Berechnungen reichen im Gesamtsystem einschl. Hochwasserrückhaltebecken ca. 136.000 m³ Beckenvolumina aus, während ohne die morphologischen Maßnahmen rechnerisch ca. 166.000 m³ erforderlich wären.

4 ABFILTRIERBARE STOFFE – QUELLEN UND MINDERUNGSPOTENZIALE

In einem zweiten ebenfalls vom nordrhein-westfälischen Umweltministerium geförderten FuE-Vorhaben wurden die Eintragspfade von AFS (abfiltrierbare Stoffe), vor allem deren organische Komponente, und Potenziale zur Reduzierung der Einträge untersucht (Zumbroich et al., 2011). Einträge aus der Siedlungsentwässerung wurden im NASIM-Modell abgebildet, wobei Konzentrationen aus Literaturwerten herangezogen wurden. AFS-Einträge aus Erosion von land- und forstwirtschaftlichen Flächen wurden mittels der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung modelliert. Die Simulationen ergaben für dieses stark urbanisierte Einzugsgebiet, dass die AFS-Frachten aus Regen- und Mischwassereinleitungen deutlich höher als die aus Bodenerosion sind, was plausibel ist, da sich im Morsbachsystem kaum Ackerflächen befinden (siehe Abbildung 2). Allerdings ist bzgl. der Zahlenwerte zu berücksichtigen, dass das Modell bzgl. Konzentrationen zwar an Hand einiger Messungen auf Plausibilität geprüft, jedoch nicht kalibriert wurde.

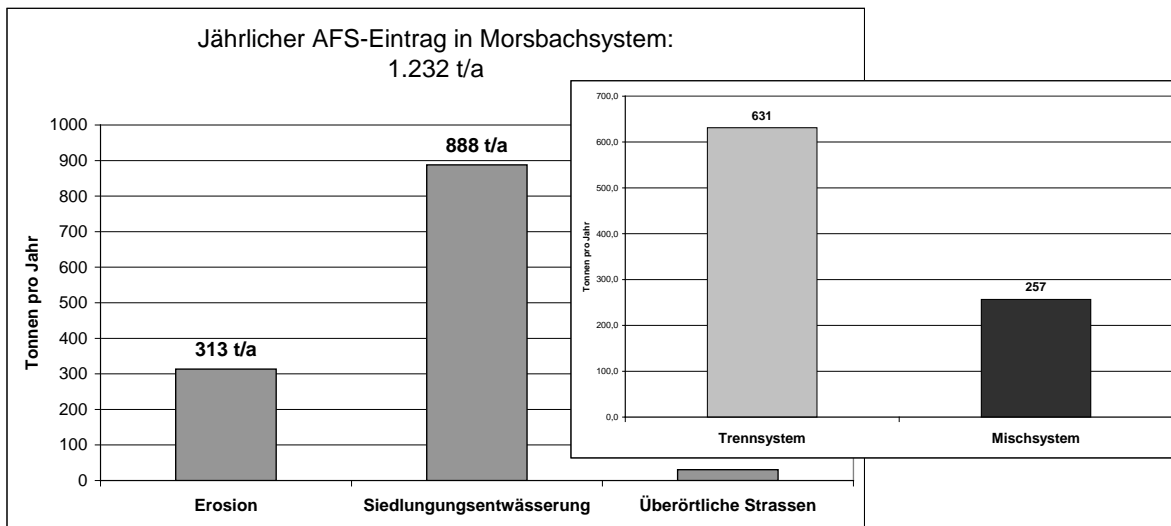


Abb. 2: Modellierte AFS-Einträge im Morsbachsystem

Wichtig war die Identifizierung der Einleitungen mit den höchsten AFS-Frachten. Bei den Mischsystem-Einleitungen konnte vor allem ein dominierendes Becken identifiziert werden, das allein 37 % zur eingeleiteten Mischwasser-Fracht beiträgt. Klar wurde, dass auch die Trennsystem-Einleitungen einen wichtigen Pfad darstellen, selbst wenn die Frachtwerte mangels Daten über die Frachtreduzierung durch Sedimentation in RKB und RRB mit einer beträchtlichen Ungenauigkeit behaftet sind.

Zur Absicherung der Modellierung, vor allem auch um die Relevanz von Regenwassereinleitungen aus Trennsystemen im Vergleich zu Mischsystemen zu prüfen, wurden Vor-Ort-Untersuchungen durchgeführt.

An 6 ausgewählten Punkten wurden mittels Gefrierkernen ungestörte Bodenproben aus der Gewässersohle entnommen und auf ihre Zusammensetzung untersucht.



Abbildung 3: Gefrierkernentnahme und entnommener Kern

Um den Eintrag von AFS zu bestimmen, wurden mit Kies gefüllte „Sedimentfallen“ an etwa 10 Stellen im Gewässersystem eingebaut und jeweils über Perioden von 2 Wochen in der Gewässersohle belassen und dann ausgetauscht.



Abbildung 4: Sedimentfalle mit gereinigtem Ausgangssubstrat vor Einbau in die Gewässersohle

Der Eintrag von AFS, getrennt nach verschiedenen Kornfraktionen, und deren Glühverlust (GV) wurde daraus im Labor bestimmt. Im Vergleich zu Grenzwerten eines NRW-Leitfadens für Salmonidenlaichgewässer (MUNLV NRW 2006) wurden in einigen Proben kritische Gehalte an Feinsedimenten < 2 mm gemessen. Allerdings wurde auch - ebenso wie bei einer begleitend durchgeführten Kolmationskartierung - eine sehr hohe zeitliche und räumliche Varianz der FS festgestellt, was auf Kolmations- und Dekolmationsvorgänge bei Hochwasserereignissen hinweist. An einer Sedimentfalle in einem biologisch guten Bach schwankten organischer und anorganischer Feinsedimentanteil in einer ähnlichen Größenordnung wie in biologisch unbefriedigenden Gewässerabschnitten. Möglicherweise stellt die Herkunft der AFS – z. B. Falllaub oder Siedlungswasserwirtschaft – einen entscheidende Faktor dar, der analytisch nicht nachvollzogen werden konnte. Hierdurch wird es erschwert, Schlüsse aus diesen Untersuchungen zu ziehen.

Weiterhin wurde mittels eines automatischen ereignisgesteuerten Probennehmers die größte Mischwassereinleitung beprobt. Aus einem Bach, der im wesentlichen aus Regenwassereinleitungen im Trennsystem gespeist wird, und einem anderen Bach mit Mischsystemeinleitungen wurden nach einem am KIT (Karlsruher Institut für Technologie) entwickelten Verfahren Wasser- und Sedimentproben aus der fließenden Welle entnommen. AFS-Konzentration und Glühverlust der AFS wiesen bei den Proben aus dem „Trennsystem-Bach“ ebenso wie bei der Mischsystem-Einleitung eine hohe Varianz mit ähnlichem Schwankungsbereich auf.

Wichtigste Maßnahmen, die aus den stofflichen Untersuchungen resultieren, sind eine Erhöhung der Weiterleitung Q_{Dr} von einigen RÜB zur Kläranlage sowie Behandlungsanlagen an Regenwassereinleitungen, deren Sinnhaftigkeit vorher in Frage gestellt worden war (Böcker, 2012).

5 SCHWERMETALLE IN SCHWEBSTOFFEN UND SEDIMENTEN

Bei dem operativen Monitoring des Landes NRW zur Umsetzung der WRRL (EU-Wasserrahmenrichtlinie) wurden in Wupper und Morsbach - ebenso wie in anderen Gewässern mit urbanisiertem Einzugsgebiet - in einigen Schwebstoff-Proben Kupfer- und Zink-Konzentrationen festgestellt worden, die die Grenzwerte der OberflächengewässerV als Umweltqualitätsnorm im Sinne der WRRL überschreiten. Nahe der Wuppermündung wurden vom Labor des Landes in mittels Zentrifuge separierten Schwebstoffen bei unterschiedlichen Abflüssen Konzentrationen von etwa 350-300 mg/kg Cu (UQN 160 mg/kg) und etwa 750-1.200 mg/kg Zn (UQN 800 mg/kg) gemessen. Von Scharf wurden mittels Sedimentfallen im Belastungsschwerpunkt Wuppertaler Stadtgebiet in der Fraktion $< 63 \mu\text{m}$ etwas höhere Konzentrationen bestimmt (Scharf 2013). Diese Ergebnisse erscheinen plausibel und repräsentativ.

Im Morsbachsystem wurden sowohl vom Land als auch vom Wupperverband in einem Forschungsvorhaben Schwermetallkonzentrationen in Schwebstoffen hilfsweise aus Analysen von Metallen in gelöster und homogenisierter Probe und AFS berechnet. Die Berechnung war allerdings nur zu Zeitpunkten hoher Schwebstoffführung – wohl maßgeblich beeinflusst durch Niederschlagswassereinleitungen – möglich, da

die Schwebstoffkonzentration bei Trockenwetter unter der Bestimmungsgrenze lag. Die so ermittelten Ergebnisse ergaben Cu- und Zn-Konzentrationen deutlich über den UQN-Grenzwerten mit einer hohen Streuung und erscheinen nicht repräsentativ. Exemplarische Messungen von Cu und Zn mittels Sedimentfallen ergaben für Zn Konzentrationen unter und für Cu nahe dem UQN-Grenzwert. Direkt von der Gewässersohle entnommene Proben wiesen ähnliche Konzentrationen auf.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Untersuchungen des Makrozoobenthos, möglichst mit Bewertung funktionaler Eigenschaften des MZB, sind geeignet, mit mäßigem Aufwand Hinweise auf Stressoren aus der Urbanisierung zu geben. Zur dezierten Beurteilung der hydraulischen Auswirkungen von Niederschlagswassereinleitungen ist ein – ggf. auf der Basis von MZB-Untersuchungen an die regionalen Verhältnisse angepasster – Nachweis mittels kalibriertem Wasserbilanzmodell geeignet, während ein Nachweis über die Sohl Schubspannung zumindest bei Mittelgebirgsbächen in der Praxis kaum möglich und ein „vereinfachter Nachweis“ nach BWK M3 häufig zu ungenau ist.

Die Modellierung von abfiltrierbaren Stoffen aus siedlungswasserwirtschaftlichen Einleitungen und Bodenabtrags von landwirtschaftlichen Flächen erlaubt die Lokalisierung von AFS-Eintragsschwerpunkten. Allerdings erscheinen die Unwägbarkeiten der Modellierung zu groß, um derart berechnete Werte an „Grenzwerten“ zu messen.

Kolmationskartierungen, Untersuchungen der Sohl-Substratzusammensetzung anhand von Gefrierkernen und die Erfassung von Schwebstoffeinträgen mittels Sedimentfallen weisen eine sehr hohe zeitliche und räumliche Varianz auf. Da somit die Repräsentativität von Proben kaum sichergestellt werden kann und die Bewertung an Hand von Grenzwerten aus der Literatur problematisch ist, erscheinen sie nur bedingt zur Beurteilung von Schwebstoffeinträgen und deren Wirkungen auf die Biozönose geeignet.

Im untersuchten Morsbachsystem wurde ein Bündel an Maßnahmen mit dem Ziel der Erreichung des guten Zustands nach WRRL geplant. Dies sind insbes. eine Erhöhung der Weiterleitung zur Kläranlage an RÜB, der Bau von RKB, die Schaffung zusätzlicher RRB- und HRB-Volumina, eine Optimierung der Drosselabgabe vorhandener RRB und HRB sowie morphologische Maßnahmen vor allem zur Verbesserung der Durchgängigkeit, Reduzierung der Fließgeschwindigkeit durch Profilvergrößerung, Anbindung der Aue etc.

7 REFERENZEN

- Böcker, Halle, Sobolewski et al (2009). Vergleich detaillierter Nachweisverfahren nach BWK-Merkblatt M3 (hydrologisch-hydraulisch-biologisch) für das Morsbach-Einzugsgebiet – Abschlussbericht, GWA Nr. 216
- Böcker (2012). Immissionsorientierte Bewirtschaftung am Morsbach; Wassertage Münster 28./29.8.2012
- MUNLV NRW (Hrsg., 2006). Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern in NRW
- Scharf (2012) : Investigatives Monitoring- und Forschungsprojekt Untere Wupper; Vortrag auf 15. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband, www.wupperverband.de
- Scharf (2013). Stand des investigativen Monitoring-Forschungsvorhabens IMF, Vortrag auf 16. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband
- Zumbroich et al (2011): Ermittlung von störenden Stressoren hinsichtlich der Wirksamkeit von morphologischen Maßnahmen zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele gemäß EU-WRRL; www.wupperverband.de,