

Moderne gewässerbiologische Methoden zur Gewässerbeurteilung und Identifikation von Belastungsquellen

Konferenzbeitrag zur Aqua Urbanica 2013

S. Hocevar¹

¹H2Ocevar GmbH, Bauma

*Email des korrespondierenden Autors: shocevar@h2ocevar.ch

Kurzfassung

Im dicht verbauten Siedlungsraum werden die Belastungen in Gewässern immer komplexer und grösser. Neben morphologischen Beeinträchtigungen, spielt die Belastung durch die Siedlungs- und Strassenentwässerung eine entscheidende Rolle. Um geeignete Massnahmen zum Schutz der Gewässer ergreifen zu können, ist die Bestimmung der wesentlichen Belastungsarten und -quellen entscheidend. Die Überprüfung der Einleitungsbedingungen (Emissionen) alleine greift zu kurz. Es ist wichtig, die Belastungen im Gewässer selber (Immissionen) unter Berücksichtigung der Gesamtbelastung im Einzugsgebiet zu untersuchen. Gewässerökologische Methoden in Kombination mit Emissions /Immissionsmodellierungen sind gut geeignet die Belastungsart zu ermitteln, die Quellen zu lokalisieren und geeignete Lösungen zu finden. Vor allem die Untersuchung der Makrozoobenthoslebensgemeinschaft ist eine vielversprechende gewässerökologische Methode mit grossem Potential insbesondere für die vielfältigen Belastungen der Siedlungsentwässerung.

Schlagwörter: Makrozoobenthos, STORM, Siedlungsentwässerung, biologische Untersuchungsmethoden

1 BELASTETE GEWÄSSER IM SIEDLUNGSRAUM

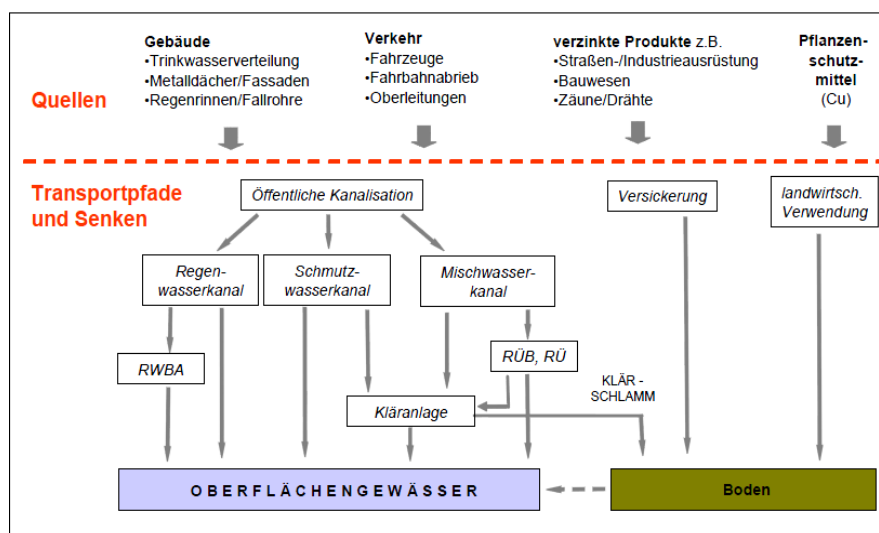
Aufgrund der engen räumlichen Verhältnisse sind die Gewässer im Siedlungsraum oft stark und naturfern verbaut. Damit sind sie in ihrer ökologischen Funktion und als Lebensraum stark eingeschränkt (Abbildung 1). Zusätzlich zu dieser morphologischen werden sie durch viele weitere Arten von Belastungen aus verschiedensten Ursprungs (Quellen) im Siedlungsgebiet beeinträchtigt.



Abbildung 1 Verbautes Gewässer im urbanen Gebiet

Zum Beispiel können Mischwasserentlastungen eine grosse Belastungsquelle darstellen: Sie leiten bei Regenwetter verdünntes Abwasser in die Vorfluter und verursachen neben stofflichen auch hydraulische Belastungen. Meteorleitungen schwemmen Feinstoffe, Schwermetalle und andere Stoffe von befestigten Oberflächen in die Gewässer und können Stress durch schnelle Temperaturveränderungen verursachen. Hinzu kommen diffuse stoffliche Einträge aus der Landwirtschaft.

Abbildungen 2 und 3 zeigen stellvertretend für eine Vielzahl von Stoffen die verschiedenen Quellen und Eintragungswege der Schwermetalle Zink, Kupfer und Blei.



Legende: RWBA: Regenwasserbehandlungsanlage, RÜB: Regenüberlaufbecken, RÜ: Regenüberlauf

Abbildung 2 Berücksichtigte Schwermetallquellen, Transportpfade und Senken (aus Umweltbundesamt Deutschland (2005))

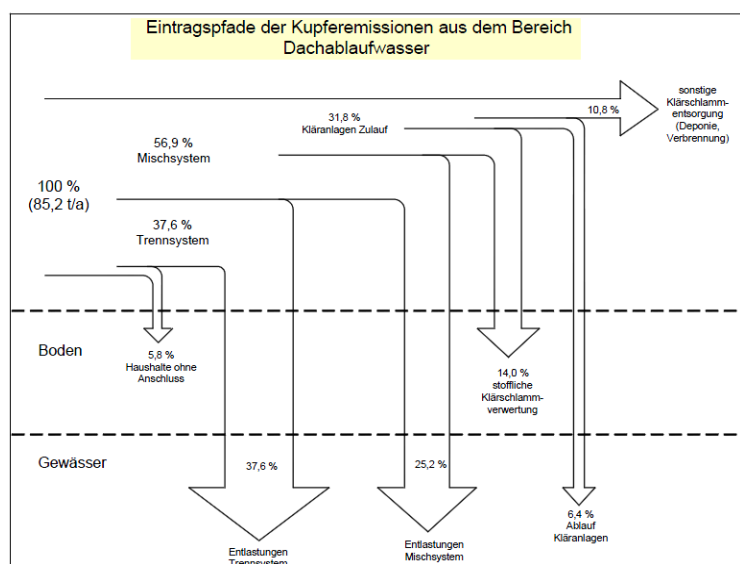


Abbildung 3 Anteilmässiger Eintrag von Kupfer aus verschiedenen Quellen der Siedlungsentwässerung (aus Umweltbundesamt Deutschland (2005))

1.1 Auswirkungen der Belastungen im Gewässer

Je nach Art, Stärke und Kadenz der Belastung (morphologisch, hydraulisch, toxisch, Eintrag von sauerstoffzehrendem Schlamm, Kolmation usw.) wird das Gewässer unterschiedlich beeinträchtigt.

Feinstoffe, organische Stoffe, Schwermetalle, toxische Stoffe und Mikroverunreinigungen belasten das Gewässer akut oder reichern sich am Gewässergrund an. Feinstoffe kolmatieren den Gewässergrund, das heisst, sie verschliessen das Lückensystem der Sohle. Die Gewässersohle (Interstitial) ist jedoch für Juvenilstadien vieler Gewässerlebewesen einer der wichtigsten Lebensräume. Der Abbau organischer Stoffe benötigt Sauerstoff und kann zu Sauerstoffmangel im Sediment führen. Schwermetalle, Pestizide (seien das nun Herbizide, Insektizide oder Algizide) und Mikroverunreinigungen beeinträchtigen die Gewässerorganismen entsprechend ihrer Konzentration und Wirkung. Das Ausmass der Beeinträchtigung der einzelnen Arten, akut oder langfristig durch Akkumulation, hängt stark von deren Empfindlichkeit und Lebensweise ab. Einleitungen verursachen jedoch auch hydraulische Belastungen sowie Stress durch Temperaturveränderungen.

Die Belastungen der Gewässer gefährden ihre Nutzung als Lebensraum, Fischgewässer, Trinkwasser, Badegewässer, Erholungsraum oder wertvolles Naturschutzgebiet.

2 BEURTEILUNG DER BELASTUNG DES VORFLUTERS

Bis anhin wurde der Gewässerschutz in der Praxis überwiegend durch die Festlegung genereller Einleitbedingungen sowie Auflagen betreffend der Verwendung von Stoffen (chemische Stoffe, Dünger, Pestizide) umgesetzt. In urbanen Gebieten reicht dies nicht mehr aus, denn die Gewässer werden oft von ganzen Siedlungsentwässerungssystemen aus allenfalls verschiedenen Gemeinden belastet. Die Gesamtbelastung im Einzugsgebiet spielt eine wesentliche Rolle in der Beurteilung der Situation. Je nach dem können bereits einzelne – gesetzeskonforme - Einleitungen nicht geeignete oder stark vorbelastete Vorfluter erheblich beeinträchtigen. Die heutigen Einleitungsanforderungen und Richtlinien berücksichtigen die Gewässergrösse, den Gewässertyp und die Gesamtbelastung des Gewässers in urbanen Gebieten nicht genug.

Hinzu kommt, dass das Belastungsgemisch und seine Auswirkungen auf der Emissionsseite nicht ausreichend durch einfache Methoden erfasst werden können. Die Wechselwirkung der verschiedenen eingeleiteten Stoffe und ihrer Abbauprodukte unter Beeinflussung von Temperatur, pH-Wert und anderen physikalischen Grössen haben in ihrer Gesamtheit schwer vorhersehbare Auswirkungen auf das Gewässerökosystem.

Im urbanen Raum wird es deshalb immer wichtiger, die Belastung im Gewässer selbst zu untersuchen. Berechnungen der voraussichtlichen Belastung sowie Emissions / Immissionsmodelle können eine gute quantitative Abschätzung liefern. Allerdings werden nur wenige Belastungsarten analysiert und nur einzeln beurteilt. Unsere Erfahrungen zeigen zudem, dass geplante Bauwerke, die geplante Wirkung oder der geplante Unterhalt nicht immer mit der Realität vor Ort übereinstimmen.

Aus diesen Gründen sind gewässerökologische Untersuchungen im Vorfluter entscheidend.

3 BIOLOGISCHE METHODEN ZUR GEWÄSSERBEURTEILUNG UND ZUR IDENTIFIKATION VON BELASTUNGSQUELLEN

Bewährt hat sich aus Gründen des Aufwandes ein gestuftes Vorgehen.

In einer ersten Beurteilungsstufe wird der so genannte Äussere Aspekt erhoben (optische Beurteilung der Auswirkungen anhand von Abwasserpilzen, Algen usw.). Teils wird die Erhebung mit einer groben Untersuchung des Makrozoobenthos kombiniert. Während mit dem Äusseren Aspekt eher die kurzfristigen Immissionen erfasst werden, zeigt die Makrozoobenthoslebensgemeinschaft die Lebensverhältnisse über einen längeren Zeitraum an. Mit dieser wenig zeitintensiven Methode können die bedeutenden und die unwesentlichen Belastungsquellen rasch ermittelt werden.

Im Rahmen von detaillierteren Abklärungen in unklaren Situationen werden je nach Fragestellung genauere biologische oder chemische Untersuchungen durchgeführt.

Chemische Konzentrationsmessungen bieten den Vorteil der quantitativen Aussage, allerdings nur als Momentaufnahme und nur hinsichtlich der ausgewählten Substanzen. Besonders wertvoll sind sie in Ergänzung zu biologischen Methoden um die Belastung zu quantifizieren.

Einfacher ist es den Gewässerlebensraum als „Ökotestsystem“ zu nutzen. Wo das Gewässer nicht völlig verbaut ist, bewährt sich die Erhebung der Makrozoobenthoslebensgemeinschaft, da sie sensibel sowohl

auf kurze stossweise Belastungen wie auch am breitesten auf die vielfältigen Belastungsarten (Kolmation, sauerstoffzehrende Belastung usw.) der Siedlungsentwässerung reagiert. Als Bioindikatoren bewährt sich auch die Erhebung der Kieselalpengemeinschaft. Sie erlauben eine vergleichsweise einfache Interpretation der durchschnittlichen Wasserqualität (organische Belastung und kieselalgenspezifische Toxizität) der letzten Monate. Je nach Belastung beziehungsweise Fragestellung ist es sinnvoll auch den Wasserpflanzenbestand (Makrophyten) oder Fische als Indikatoren zu verwenden um spezifische Belastungsfragen zu klären.

Wieso die Makrozoobenthoserhebung am besten geeignet ist zur Beurteilung der Belastung der Siedlungsentwässerung:

Die wirbellosen Kleinlebewesen (Makrozoobenthos) sind als Indikatoren zur Beurteilung eines Gewässers insbesondere für die vielfältigen Belastungsarten der Siedlungsentwässerung hervorragend geeignet. Einerseits sind es tierische Lebensformen und ihre Reaktion auf die eingeleiteten Stoffe ist somit für uns Menschen relevanter als z.B. die von Algen. Andererseits handelt es sich um eine breite Palette von Kleinlebewesen von den niederen Turbellarien und Würmern bis zu den hoch entwickelten Insekten. Die verschiedenen Tierarten weisen grundsätzlich unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber verschiedenen toxischen Substanzen, Temperaturveränderungen, Sauerstoffgehalt, Kolmation, Verschlammung und hydraulischen Stress auf. Hinzu kommt dass, unterschiedliche Arten verschiedene Lebensräume und Nahrungsquellen nutzen und dadurch unterschiedlich stark verschiedenen Belastungsarten ausgesetzt sind. Zum Beispiel sind Schlammbewohner und -fresser tendenziell stärker den negativen Auswirkungen von Kolmation und Schlamm ausgesetzt, als auf Steinen aufsitzende Lebewesen.

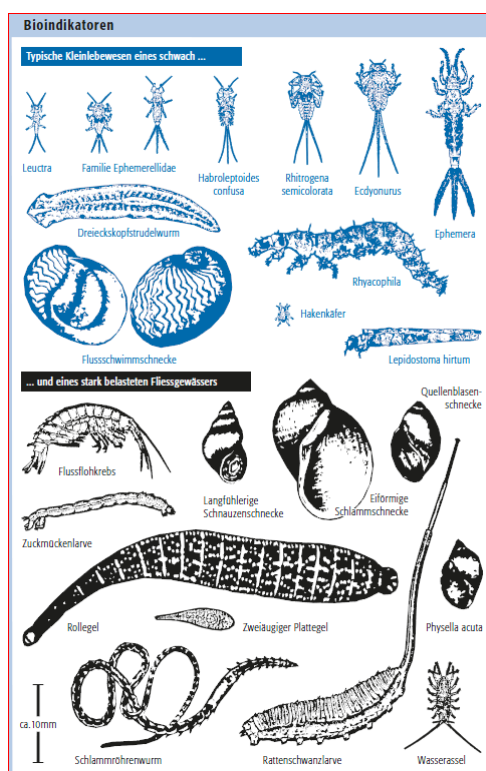


Abbildung 4: Beispiel für Tierarten, die in einem schwach und einem stark organisch belasteten Fließgewässer vorkommen.

Aus den verschiedenen Reaktionen der unterschiedlich empfindlichen Makrozoobenthostaxa kann deshalb auf die Art einer Belastung geschlossen werden (Abbildung 4).

Ihre Zusammensetzung und Abundanz weist auf die kurzzeitigen und langfristigen Verhältnisse im Gewässer, die Stärke und Art der Belastungen im Gewässer und in seinem Einzugsgebiet hin und damit auf den ökologischen Gesamtzustand des jeweiligen Gewässerabschnittes.

Kurz: Die Makrozoobenthoslebensgemeinschaft widerspiegelt alle auf sie einwirkenden Umweltfaktoren am Fundort aber auch im Einzugsgebiet. Mit Beizug weiterer gewässerbiologischer Methoden wie Kieselalgen, Fische, Makrophyten ergibt sich ein noch differenzierteres Bild des Vorfluters.

3.1 Auswertung der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft

Da die biologischen Methoden und insbesondere die Makrozoobenthoslebensgemeinschaft stark auf verschiedene Umweltfaktoren reagieren, ist die Auswertung der Daten entscheidend. Wird der Makrozoobenthos nur nach vereinfachten Methoden ausgewertet oder werden die Rahmenbedingungen zu eng abgesteckt, sind die Resultate häufig wenig aussagekräftig.

Bis vor wenigen Jahren wurden hauptsächlich Bewertungsindices verwendet, die auf die damals massgebende organische Belastung von Gewässern zugeschnitten waren. Ein Beispiel ist der in Deutschland entwickelte Saprobienindex.

Inzwischen sind differenziertere Methoden gefordert. Dies, weil die heutigen ausgebauten Kläranlagen organische Stoffe viel effizienter aufbereiten und einzelne bedeutende Belastungsquellen saniert worden sind. Trotzdem sind nicht in allen Gewässern die Verbesserungen im erwarteten Ausmass eingetreten. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass nach Sanierung der organischen Belastung die Auswirkungen von anderen Belastungsursachen erst sichtbar wurden: Gewässerverbauungen, Kolmation, Schwermetalle und -in letzter Zeit vermehrt diskutiert - die Mikroverunreinigungen.

Die Auswertung der Makrozoobenthosgemeinschaft erfolgt heute in der Schweiz standardisiert mittels der Methoden Stufe F des BAFU. Die Anwendung ist noch nicht geeicht auf die neuen Belastungsarten und die verschiedenen Gewässertypen in der Schweiz. Wahlweise werden weitere bewährte Auswertungsmethoden herangezogen, welche häufig auf denselben Bewertungsprinzipien basieren.

Wesentlich präzisere Aussagen können Spezialisten aufgrund der Ökologie der Taxa und ihrer Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Belastungen machen. Fehlen typische empfindliche Taxa ohne ersichtliche Ursache oder kommen sie in wesentlich geringer Abundanz als erwartet vor, so können daraus Rückschlüsse auf die Art der Belastung gezogen werden.

Diese Methode setzt jedoch langjähriges Fachknowhow und viel Felderfahrung voraus, und kann nur von wenigen Spezialisten zuverlässig ausgeübt werden. Es werden deshalb neue einfache und standardisierte Beurteilungsmethoden benötigt, welche differenzierte Aussagen zu den verschiedenen Belastungsquellen ermöglichen.

Die Verbesserung der Auswertungsmethoden wird von verschiedenen Seiten angegangen.

Einerseits werden differenzierte, rein biologische Auswertungsmethoden entwickelt, welche sich an der Ökologie bzw. Empfindlichkeit der Gewässerlebewesen orientiert. In diese Richtung gehen die sich in der Entwicklung beziehungsweise im Praxistest befindenden, standardisierten Methoden wie der SPEARS Index oder der GAMTOX. Der GAMTOX arbeitet nur mit Flohkrebse und konzentriert sich auf toxische Belastungen. Der SPEARS Index aus Österreich wird derzeit für Pestizide entwickelt. Er soll jedoch weiter ausgebaut und für verschiedene Belastungsarten geeicht werden. Man steht hier erst am Anfang der Möglichkeiten.

Andererseits werden zur unterstützenden Auswertung gerade bei unklar belasteten Stellen vermehrt physikalische Parameter herangezogen, um die physikalischen Belastungen und Eckdaten von den chemisch stofflichen einfacher abstrahieren zu können. Dazu gehören Abschätzungen der Belastungen durch Temperaturschwankungen, hydraulische Modelle sowie Modelle, welche Habitate modellieren (z.B. Fischlaichplätze).

Neu werden standardmässig auch Modellberechnungen der Belastungen im Vorfluter (Immissionen) herangezogen, um die Art der Belastung besser zu ermitteln und die langfristigen Schäden abschätzen zu können.

In der Schweiz wurde dazu die VSA Richtlinie STORM (2007) entwickelt. STORM zieht für die Beurteilung der Belastung des Vorfluters durch die jeweilige Einleitung den Gewässertyp (physikalische Eckdaten), biologische Felderhebungen sowie Modellberechnungen der Belastungen Emission / Immission hinzu. STORM ermöglicht Fachleuten bereits eine gute Abschätzung der kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen der Belastung.

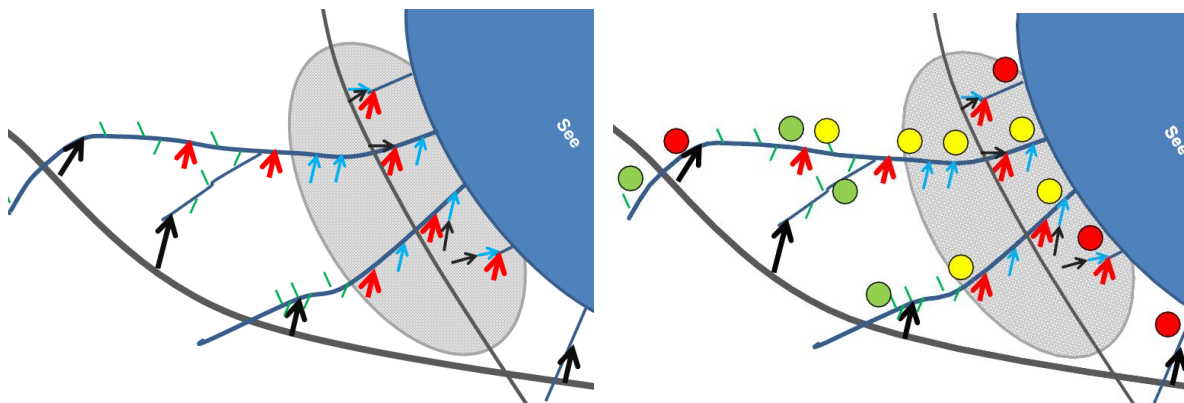
Wir erwarten, dass die Erfahrungswerte der Modellierungsberechnungen langfristig helfen werden, den biologischen Gewässerzustand präziser einem numerischen Belastungswert oder einer Kategorie zu zuordnen.

Sehr erfolgversprechend sind die ersten Ansätze von Modellierungsmodellen, welche auf der aufgefundenen Makrozoobenthosgemeinschaft oder Leitarten basieren und die verschiedenen beschriebenen Ansätze integrieren. Sie hätten den Vorteil, dass man alle relevanten Parameter wie Gewässertyp, physikalische Eckdaten und aufgefundenen Makrozoobenthos usw. eingeben könnte, und die Modellierung mit einfachen komplexen Belastungssituationen stofflicher, toxischer und physikalischer Natur laufen lassen könnte. Die Modellierungen stehen allerdings erst am Anfang und müssen noch mit viel Aufwand geeicht werden.

Neu sollte standardmässig auch das Einzugsgebiet in die Gewässergütebeurteilung mit einbezogen werden. Der Zustand des restlichen Einzugsgebietes bestimmt massgeblich die Auswirkungen der Belastungen in einem Gewässerabschnitt, die Regenerationsfähigkeit respektive die Selbstreinigungskraft des betroffenen Gewässerabschnitts. Zum Beispiel können mangelhafte Vernetzung und Durchgängigkeit bei Ereignissen wie Starkhochwasser oder flächige Gewässerverschmutzungen zum Verlust von ganzen (bereits geschwächten) Populationen führen. Viele davon sind selbsterklärend auf der Roten Liste.

3.2 Beispiel für eine Beurteilung eines Vorfluters und Identifikation der Belastungsquellen

Abbildung 5 zeigt schematisch eine Gewässergütebeurteilung in einer über mehrere Jahre betreuten Gemeinde. Die Vorfluter wurden mehrfach anhand des Äusseren Aspektes sowie grobbiologisch untersucht, teils auch im Detail anhand der Makrozoobenthoslebensgemeinschaft, Kieselalgen und chemischen Erhebungen.



Legende: Gewässergüte als Kreise blau: unbelastet, grün: wenig; gelb: mässig; orange: unbefriedigend, rot: schlechte Gewässergüte; Schwarze Pfeile Autobahnenentwässerung, Graue Pfeile Kantonsstrassenentwässerung, Rote Pfeile: Mischwasserentlastung, Blaue Pfeile: Einleitung aus Trennsystem, grüne Striche: Drainagen Landwirtschaft)

Abbildung 3 Beispielhafte Darstellung der Belastungen von Vorflutern in einem Einzugsgebiet

Die Darstellung zeigt die verschiedenen grossen bekannten Belastungsquellen in der Gemeinde: Sonderbauwerksentlastungen, Autobahnenentwässerungen, Meteorwasserentwässerungen sowie Drainagen aus der Landwirtschaft. Zu Beginn und ausserhalb des Siedlungsgebietes kann ein Teil der Belastung durch Selbstreinigung wieder abgebaut werden. Dabei handelt es sich um die Belastungen aus der Autobahnenentwässerung, Mischwasserentlastungen sowie Einträge aus der Landwirtschaft. Wo die Belastungen zu dicht und zu gross werden, allenfalls kombiniert durch eine harte Verbauung des Vorfluters, genügt die Selbstreinigung nicht mehr. Die Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft im Gewässer werden gravierend.

Einige Einleitungen zeigen eine wesentliche gewässerökologische Belastung an und müssen somit saniert werden. Damit ist das Problem im dichten Siedlungsgebiet jedoch unter Umständen noch nicht gelöst. Selbst wenn jede einzelne Einleitung den Gesetzen und Richtlinien entspricht (Emission auch Immission), so kann der ein Vorfluter dennoch stark beeinträchtigt sein. Dies hat verschiedene Gründe. Einer ist in der

Akkumulation von schädlichen Stoffen im Gewässerverlauf zu suchen, welche ihre negativen Auswirkungen erst über einer bestimmten Grenzkonzentration zeigen.

Die Abschätzung der Schwermetallbelastung im Einzugsgebiet ergab eine übermässige Belastung jeweils alleine durch die Autobahn-, die Strassen- und Meteorwassereinleitungen sowie die Mischwasserentlastung, nicht zu reden von der Gesamtbelastung inklusive Landwirtschaft.

In Zukunft braucht es deshalb in komplexen, urbanen Gebieten vermehrt ein Einzugsgebietsmanagement, welches die einzelnen Einleitungsbedingungen gemäss der Gesamtbelastung im Einzugsgebiet definiert und themenübergreifende Lösungen zur Verbesserung der Wasser- und Gewässerqualität vorschlägt.

4 FAZIT

Die ursprünglich rein rechnerische Festlegung der Einleitbedingungen durch Ingenieure wird heute vermehrt abgelöst durch eine kombinierte Emission / Immissionsbetrachtung. Die gewässerökologische Beurteilung nimmt dabei einen wichtigen Platz ein.

Obwohl gewässerökologische Beurteilungsmethoden vorhanden oder in Entwicklungen sind, sind die Möglichkeiten noch lange nicht ausgeschöpft. Insbesondere die Beurteilung anhand der Makrozoobenthoslebensgemeinschaft birgt noch sehr viel Potenzial, welches derzeit nur von Spezialisten mit langjähriger Erfahrung genutzt werden kann. Es sind deshalb neue differenzierte und gleichzeitig umfassende standardisierte Beurteilungsmethoden gefragt und glücklicherweise auch in Entwicklung.

Wir sehen die grössten Erfolgsaussichten in der Integration von gewässerökologischen Erhebungen mit weiterer differenzierender Bewertungsmethodik (z.B. SPEARS, GamTox) basierend auf den vorgefundenen Arten und Gewässertypen (Grösse, Höhe, Gefälle, Region) und kombiniert mit der Modellierung von Belastungen (STROM) und Habitaten unter Berücksichtigung des gesamten Einzugsgebietes (Einzugsgebietsmanagement).

Idealerweise steht am Ende der Entwicklung ein gewässerökologisches Berechnungsmodell basierend auf Gewässertaxa, welches alle Parameter integriert und Aussagen zu verschiedenen Belastungsarten ermöglicht.

5 REFERENZEN

- Umweltbundesamt Deutschland (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden - Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen.
- BAFU (1998): Modul Stufen Konzept
- BAFU (2011): Makrozoobenthos Stufe F
- BAFU (2007): Kieselalgen Stufe F
- BAFU (2010): Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe
- Spear online-Rechner: www.systemecology.eu: Liess, M., Schäfer, R., Schriever, C. (2008): the footprint of pesticide stress in communities –species traits reveal community effect of toxicants. Science of the Total Environment, 406, 484-490
- Gerhardt, A. (2011a): GamTox: A Low-Cost Multimetric Ecotoxicity Test with Gammarusspp. for In and Ex Situ Application. Hindawi Publishing corporation. International Journal of Zoology. Volume 2011, Article ID 574536, DOI:10.1155/2011/574536
- VSA (2007): Abwassereinleitung in Gewässer bei Regenwetter (STORM), VSA Richtlinie.
- Krejci V., Frutiger A., Kreikenbaum S. und Rossi L. (2004): «STORM: Abwassereinleitungen aus Kanalisationen bei Regenwetter», Gewässerbelastungen durch Abwasser aus Kanalisationen bei Regenwetter. EAWAG, BAFU.
- Fankhauser, R., Kreikenbaum, S., Krejci, V., Rossi, L. and Rauch, W. (2004). RebeKa II – a stochastic software tool for assessing impacts of urban drainage on receiving waters. 6th Int. Conf. on Urban Drainage Modelling (UDM), pp. 175–184, Dresden, Germany.