

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Christoffels, Ekkehard

Monitoring der Einträge und stofflichen Belastungen in Fließgewässern am Beispiel der Erft

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103415>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Christoffels, Ekkehard (2015): Monitoring der Einträge und stofflichen Belastungen in Fließgewässern am Beispiel der Erft. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Messen und Überwachen im Wasserbau und am Gewässer. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 53. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 571-580.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Monitoring der Einträge und stofflichen Belastungen in Fließgewässern am Beispiel der Erft

Ekkehard Christoffels

Um die Vielschichtigkeit der Stoffeinträge und Wirkungen auf Fließgewässer erfassen zu können, ist es wesentlich, einen systematischen Überblick zu den Stoffeinträgen zu gewinnen. Der Eintragspfad schafft die Verbindung zwischen Emission und Immission. An einem Fallbeispiel für ein Emissionsmonitoring wird eine Methode zur Erfassung der Entlastungen aus der Mischwasserkanalisation in die Fließgewässer vorgestellt. Der Verbleib der in die Fließgewässer eingetragenen Stoffe kann an Hand der Ergebnisse aus den Gewässeruntersuchungen überprüft werden. Dabei muss nach dem jeweiligen Kompartiment (Wassersäule, Gewässersediment), welches untersucht wird, die Aussagekraft unterschiedlich bewertet werden. Neben manuellen Untersuchungen werden an ausgewählten Standorten automatische Messstationen zur Erlangung kontinuierlicher Informationen eingesetzt. Emissions- und Immissionsuntersuchungen unterscheiden sich je nach Art der Untersuchungsstrategie deutlich hinsichtlich der räumlichen und zeitlichen Auflösung. Ein integrales System aus Emissions- / Immissions-Monitoring macht sich die jeweiligen Vorteile der eingesetzten Methoden zu Nutze und ermöglicht damit belastbare Aussagen, wie sie heute und künftig in der Flussgebietsbewirtschaftung gefordert werden.

Stichworte: Stoffeintrag, Eintragspfad, Emission, Immission, Mischwasserentlastung, Gewässergütemessstation

1 Stoffeinträge und Eintragswege

Fließgewässer nehmen auf ihrem Verlauf Stoffe aus dem sie umgebenden Raum auf und geben auch wieder Stoffe an diesen ab. Den Übergang der Stoffe aus der an die Gewässer angrenzenden Kulturlandschaft, aus den Siedlungsgebieten und aus der Atmosphäre in die Fließgewässer beschreibt man als Stoffeintrag. Der Stofftransport in die Gewässer kann an einem räumlich definierten Punkt erfolgen oder die Stoffe gelangen ohne eine eindeutige räumliche Abgrenzung in die Gewässer. Man unterscheidet deshalb punktförmige und diffuse Einträge (Tabelle 1).

Tabelle 1 Unterscheidung der Stoffeinträge in die Fließgewässer nach räumlichen Kriterien

Stoffeintrag	
punktförmig	diffus
Kommunale Kläranlage	Abschwemmung
Industrielle Direkteinleiter	Erosion
Mischwasserentlastung	Dränung
Regenwasserkanal	Grundwasser
	Urbane Fläche
	Atmosphärische Direktdeposition

In der Regel wird mit dem Begriff *Stoffeintrag* mehr verbunden als nur der Übergang der Stoffe aus dem unmittelbar angrenzenden Raum in das Gewässer. Deshalb spricht man in diesem Zusammenhang auch vom Eintragungsgeschehen. Gemeint ist dabei das Freisetzen der Stoffe am jeweiligen Herkunftsbereich, der Transport bzw. der Rückhalt der Stoffe auf dem Weg zum Gewässer und letztlich der Übergang der Substanzen in das Gewässer. Da die Stoffe eine Wegstrecke zurücklegen, bevor sie in das Gewässer gelangen, verwendet man den Begriff *Eintragungspfad* (Abbildung 1).

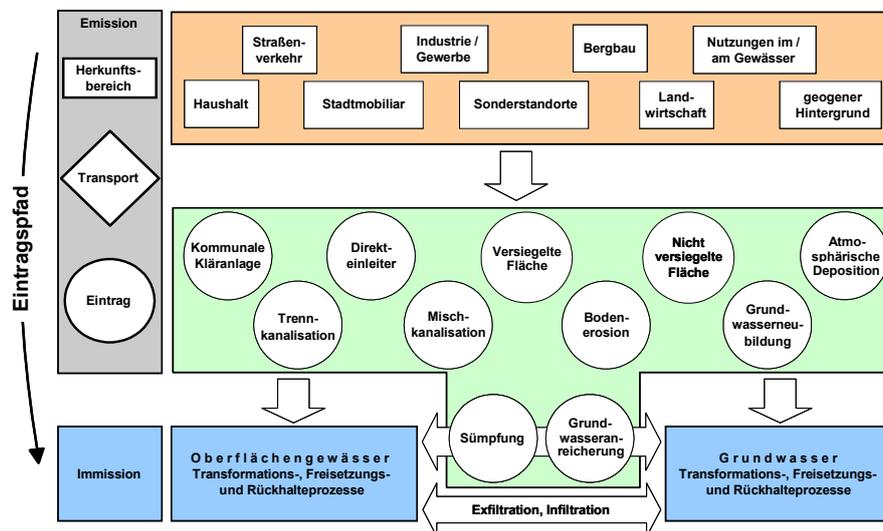


Abbildung 1: Eintragungspfade in die Gewässer, *SAFE (2005)*

Der Eintragungspfad schafft die Verbindung zwischen Emission und Immission. Unter Emission versteht man die Freisetzung von Stoffen an einem definierten Herkunftsbereich. Je nach Eigenschaft des Transportmediums und der Einflüsse auf der Transportstrecke gelangen mehr oder weniger der freigesetzten Stoffe

häufig in veränderter Form in die Gewässer und können dort Wirkungen (Immissionen) entfalten.

Im Folgenden werden Beispiele vorgestellt, wie mit Monitoringmaßnahmen Stoffeinträge und die sich einstellenden Zustände im Gewässer erfasst werden können.

2 Monitoring zur Erfassung der Emissionssituation

Nähere Kenntnis über die Art der Stoffe und die Stofffrachten, die in die Gewässer eingetragen werden, können mit Hilfe von Monitoringmaßnahmen gewonnen werden. Monitoringmaßnahmen zur Erfassung der Stoffeinträge z.B. aus Kläranlagen, Mischwasserentlastungen oder aus dem Landschaftswasserhaushalt sind entweder gängige Praxis oder auf ihre Praxistauglichkeit hin erprobt. An Hand der Entlastungen aus dem System der Mischwasserkanalisation soll ein Beispiel für ein Monitoringsystem zur Erfassung der Emissionssituation vorgestellt werden.

2.1 Monitoring der Mischwasserentlastungen zur Erfassung der Stoffkonzentrationen

Monitoringmaßnahmen zur Feststellung der Stoffkonzentrationen an den Entlastungsbauwerken der Mischwasserkanalisation sind sehr selten, *Appel, Pl., Hurdak, Pf. (2001)*. Grundsätzlich lässt sich dies damit begründen, dass Entlastungsereignisse

- unvorhersehbar,
- in einem engen Zeitfenster,
- mit hoch instationärem Entlastungsverhalten,
- dynamisch hinsichtlich der Stoffkonzentrationen,
- mit stark wechselnder Intensität,
- und unterschiedlicher Ergiebigkeit

vonstatten gehen. Nur eine automatisierte Technik ist in der Lage, adäquate Probenahmen von Entlastungsereignissen zu ermöglichen (Abbildung 2). Damit ergeben sich folgende Anforderungen an ein Probenahmesystem:

- Der Beginn der Probenahme muss zur Erfassung möglicher First-Flush-Effekte exakt mit dem „Anspringen“ des Entlastungsereignisses übereinstimmen.

- Der Probenahmezyklus muss wegen der zu erwartenden dynamischen Konzentrationsverläufe so konfiguriert werden, dass die Gewinnung zeitlich hoch aufgelöster Mischproben möglich ist.
- Die Probenahmedauer ist so auszulegen, dass die Mehrheit der Entlastungsereignisse in ihrer Gänze erfasst werden kann.
- Eine weitere Bedingung ist, dass mit dem Beginn eines Entlastungsereignisses eine qualifizierte Meldung fernübertragen werden kann.

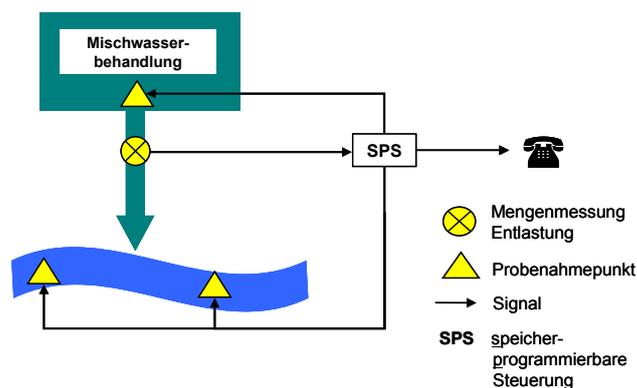


Abbildung 2: Monitoringsystem zur Erfassung der Stoffkonzentrationen in Mischwasserentlastungen

In der Abbildung 2 sind die wesentlichen Merkmale einer automatischen Probenahmeeinrichtung zur Erfassung der Mischwasserentlastungen dargelegt. Das „Anspringen“ des Beckenüberlaufs wird an der Mengensmesseinrichtung des Mischwasserabschlags registriert. Das Signal wird aufgenommen und zu einer Steuereinrichtung (SPS) übertragen. Dieses Steuerelement aktiviert eine Vakuumpumpe. Die Pumpe entnimmt ausschließlich das Mischwasser aus dem Entlastungsstrom des Bauwerks. Das Probengut wird von der Probestelle zu den jeweiligen Auffanggefäßen geführt. Die Gefäße sind in einem Probenschrank angeordnet, der zur Steigerung der Haltbarkeit der Probe abgedunkelt und gekühlt ist. Die Probenahmeschränke sind zum Beispiel so programmiert, dass in jedem von 12 vorgesehenen Probenahmegefäßen eine 2 Liter-Mischprobe eines 12-Minuten-Zeitintegrals aufgefangen wird. An den ausgewählten Entlastungsbauwerken können z. B. zwei Probenahmeschränke hintereinander geschaltet angeordnet sein. Damit können 24 x 12-Minuten-Mischproben eines Entlastungsereignisses gewonnen werden und Ereignisse mit einer Dauer von 288 Minuten vollständig erfasst werden. Zeitgleich mit dem Beginn der Probenahme erfolgt eine qualifizierte Meldung (Ort der Probenahme, Datum und Uhrzeit des Ereignisses) über den mobilen Telefonfunk (SMS) an das Probenahmeteam. Die Proben können dann rasch abgeholt und im Labor analysiert werden. Optional werden korrespondierend zu den Entlastungsereignissen im aufnehmenden

Gewässer unterhalb nach Durchmischung und oberhalb der Einleitung ebenfalls automatisch Proben gewonnen.

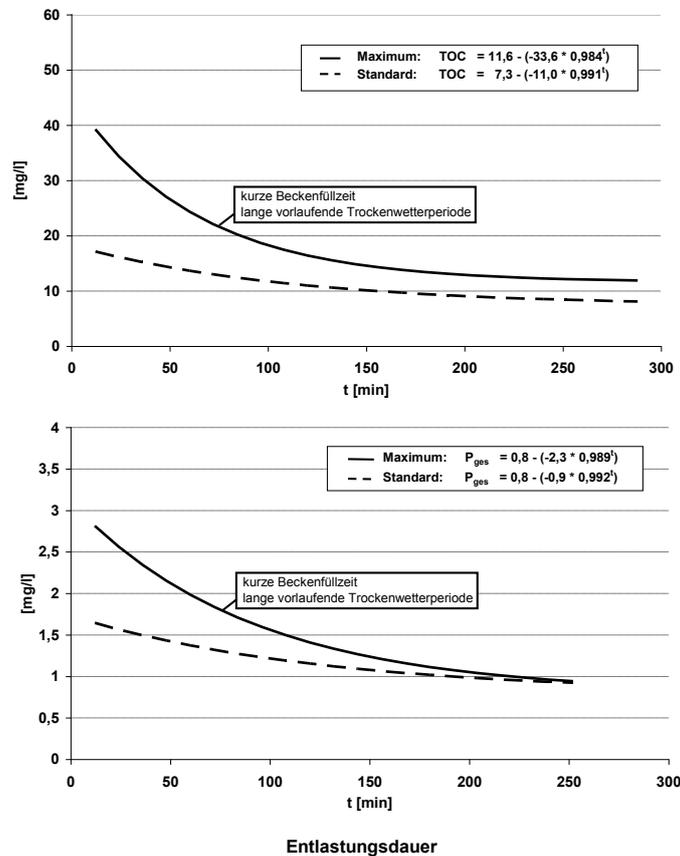


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Stoffkonzentrationen in Mischwasserentlastungen am Beispiel TOC und P_{gesamt} , Regenüberlaufbecken Flerzheim, Methode: Σ min. quadratische Abweichung je Zeitintervall (12 min.) aus 16 Entlastungsereignissen

Das Ergebnis einer Monitoringkampagne (Zeitraum 2002 bis 2005) ist in Abbildung 3 für das Regenüberlaufbecken Flerzheim im Flussgebiet Swist dargestellt. Für das Regenüberlaufbecken wurden von 16 Mischwasserentlastungen die Stoffkonzentrationen zeitlich hoch aufgelöst registriert. First-flush-Effekte konnten für wasserwirtschaftlich bedeutsame Parameter regelmäßig beobachtet werden. In der Abbildung sind die Parameter TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) und $\text{Phosphor}_{\text{gesamt}}$ dargestellt. Die First-flush-Effekte waren umso ausgeprägter, wenn die Beckenfüllzeiten sehr kurz (< 2 Stunden) waren. Außerdem sind die Höhen der Anfangskonzentrationen des Entlastungswassers im Zusammenhang mit den Dauern der Vorregenperioden zu betrachten. Als Worst-Case-Szenario mit den maximalen Stoffkonzentrationen zu Beginn der Mischwasserentlastungen ist folgender Fall anzusehen: Starkregenereignis mit kurzen Beckenfüllzeiten nach einer langen Trockenwetterperiode in einem Kanalnetz mit

geringem Gefälle. Aus diesem Grund werden bei der Auswertung der Monitoringergebnisse ein Basisszenario (Standardentlastungsfall) und ein Worst-Case-Szenario unterschieden.

3 Monitoring zur Erfassung der Immissionsituation

Aussagen über den Verbleib der in die Fließgewässer eingetragenen Stoffe und die Stoffumsatzprozesse stützen sich in der Regel auf Gewässeruntersuchungen im Rahmen von Monitoringprogrammen. Zur Feststellung der Immissionsituation, die sich durch Stoffeinträge und aufgrund von Stoffumsetzungsvorgängen einstellt, werden biologische und chemisch-physikalische Untersuchungen durchgeführt. Biologische Untersuchungen der Fließgewässer geben Hinweise auf die Effekte, häufig auf summarische Effekte bei wassergebundenen Lebewesen, die auf vorherrschende oder bereits länger zurückliegende Milieubedingungen zurückzuführen sind. Eine Ursache-Wirkungsbeziehung, die durch Stoffeinträge ausgelöst wird, lässt sich aber meist nur eindeutig nachzuweisen, wenn zum Zeitpunkt einer Wirkung auf die Wasserorganismen parallel zu biologischen Untersuchungen gezielte chemisch-physikalische Untersuchungen durchgeführt werden.

Bei den Gewässeruntersuchungen kann man unterscheiden nach dem Kompartiment, welches untersucht wird. Für die chemisch-physikalischen Untersuchungen im Rahmen von Routinemessungen werden meist Wasserproben verwendet, die aus der durchflossenen Wassersäule stammen. Streng genommen besitzen diese nur eine Aussagekraft für den Zeitraum, in welchem die Proben geborgen werden. Die Untersuchungen im Fließgewässer, die an einem Medium durchgeführt werden, welches sich im Bereich der Probestelle über einen längeren Zeitraum entwickelt hat, z.B. die Gewässersedimente, ermöglichen Aussagen zur Wasserbeschaffenheit über länger zurückliegende Zeiträume. Zur Feststellung von Wirkungen im Fließgewässer können Untersuchungen der Gewässersedimente die entscheidenden Informationen liefern. Viele Schadstoffe adsorbieren nämlich an die im Gewässer transportierten Feststoffe. Je nach Strömungsbedingungen lagern sich die mit Schadstoff beaufschlagten Feststoffe am Gewässerboden ab. Schadstoffe können dort noch längerfristig nach einem Eintragsereignis nachgewiesen werden. Dabei ist zu bedenken, dass das Sand-Lückensystem am Gewässerboden für die meisten Fließgewässerbewohner der bevorzugte Lebensraum darstellt. Das jeweilige Zeitfenster, welches mit den verschiedenen Gewässeruntersuchungen erfasst werden kann, ist in Abbildung 4 dargestellt.

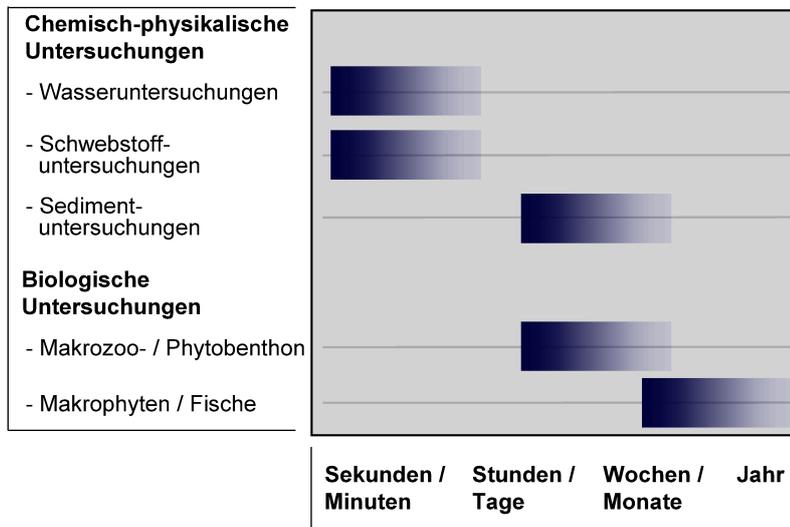


Abbildung 4: Zeitliche Repräsentativität von Gewässeruntersuchungen

Neben den in der Abbildung 4 aufgeführten manuellen Untersuchungen werden auch automatische Messstationen eingesetzt (Abbildung 5). Im Betrieb von Gewässergütemessstationen werden ständig Wasserproben aus der freien Wassersäule mit Hilfe von automatischen Analysengeräten oder Messsonden untersucht.

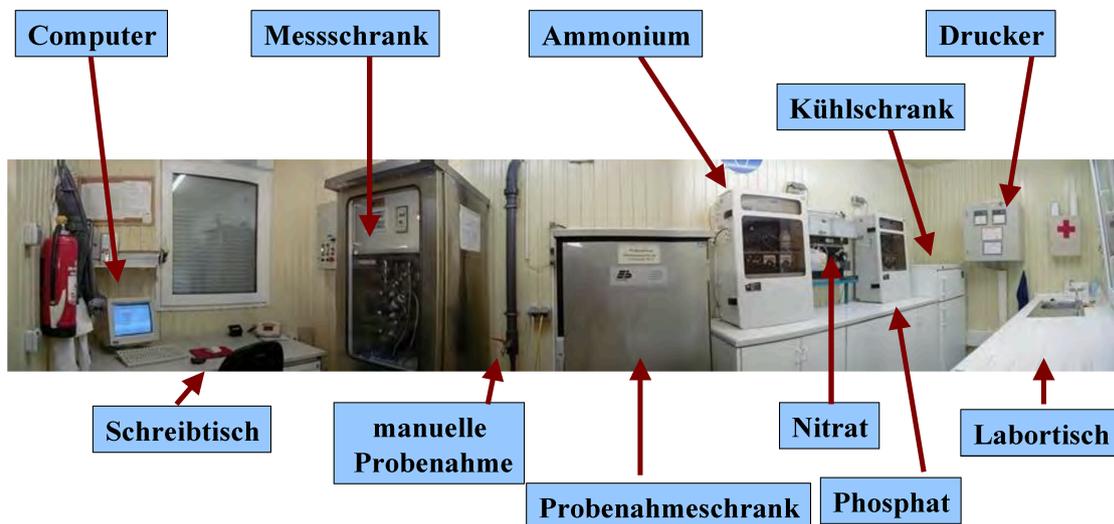


Abbildung 5: Innenansicht (360° Rundumblick) der Gewässergütemessstation Münchrath, *Christoffels (2008)*

Die Messergebnisse können als kontinuierliche Konzentrationsverläufe angegeben werden. Die Ergebnisse der kontinuierlich betriebenen Einrichtungen besitzen eine hohe zeitliche Repräsentativität und geben für den Ort der Messungen wichtige Hinweise auf die von oberhalb der Messstelle gelegenen Einleitungen

und die sich einstellenden Milieubedingungen. In Abbildung 6 sind beispielhaft die Häufigkeitssummen für den Sauerstoffgehalt der Erft aus dem Jahr 2003 dargestellt. Die sauerstoffarmen Sumpfwassereinleitungen im Zusammenhang mit dem dort betriebenen Braunkohlentagebau haben den Sauerstoffgehalt im Mittel- und Unterlauf der Erft deutlich beeinflusst. Die in der Fischgewässerverordnung festgelegten Sauerstoffgehalte sind zur Orientierung eingetragen. Demnach ist eine Wirkung auf die Lebensansprüche der Fischfauna im Mittel- und Unterlauf der Erft für das Beobachtungsjahr nicht in jedem Fall auszuschließen.

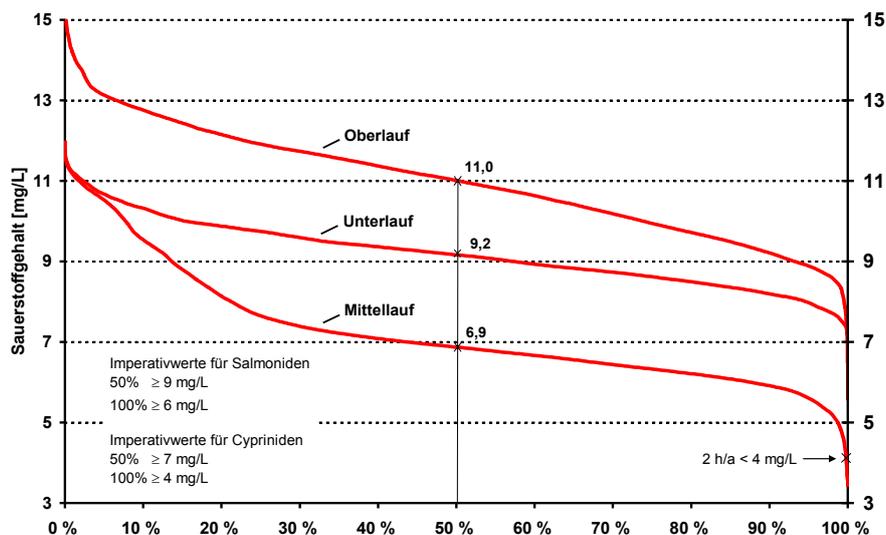


Abbildung 6: Häufigkeitssummen für den Sauerstoffgehalt im Ober-, Mittel- und Unterlauf der Erft für das Jahr 2003 mit Konzentrationsangaben zum Sauerstoffgehalt gemäß *Fischgewässerverordnung, NRW (2006)*

4 Fazit

Die Stoffeinträge und Wirkungen auf Fließgewässer lassen sich mit Hilfe von verschiedenen Monitoringmaßnahmen abschätzen. Jedes einzelne Monitoringinstrument besitzt seine methodischen Vorteile und ermöglicht spezifische Aussageinhalte. Die verwendeten Werkzeuge haben aber auch ihre jeweiligen Nachteile. Nachteil bei Gewässergütemessstationen ist zum Beispiel der begrenzte Parameterkanon. Nachteil bei den Stichproben der üblichen Messkampagnen ist, dass die gewonnenen Aussagen nur für ein enges Zeitfenster repräsentativ sind. Ein integrales System aus Emissions- / Immissions-Monitoring, welches gegebenenfalls durch die Modellierung der Gewässerbeschaffenheit unterstützt wird, macht sich die jeweiligen Vorteile der eingesetzten Methoden zu Nutze und ermöglicht damit belastbare Aussagen, wie sie heute und künftig in der Flussgebietsbewirtschaftung gefordert werden.

5 Literatur

- Appel, Pl., Hudak Pf. (2001): Automated sampling of stormwater runoff in an urban watershed, north-central Texas. J. Environ Sci Health Part A Tox Hazard Subst Environ Eng. 2001; 36(6):897-907
- Christoffels, E. (2008): Monitoring und Modellanwendung – Entwicklung eines Immissionsinventars am Beispiel der Erft, Erftverband Bergheim 2008, ISBN 978-3-00-024445-2
- Fischgewässerverordnung, NRW (2006): Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 78/659/EWG des Rates vom 18. Juli 1987 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- und verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten, 27.08.1997 GV NRW S. 286 zuletzt geändert am 10.02.2006 GV NRW S. 52
- SAFE (2005): Stoff- und Datenmanagement in Flusseinzugsgebieten am Beispiel von Schwermetallen in der Erft (SAFE), BMBF-Forschungsvorhaben der RWTH Aachen und des Erftverbands, Förderkennzeichen 0330063 / 0330063A

Autor:

Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. Ekkehard Christoffels

Erftverband
Am Erftverband 6
50126 Bergheim

Tel.: +49 2271 881109
Fax: +49 2271 881210
E-Mail: ekkehard.christoffels@erftverband.de