
Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Immissionsorientierte Bewertung von Einleitungen in Gewässer: Mischzonen oder Opferstrecken, wo gelten die Gütekriterien?

Tobias Bleninger, Gerhard H. Jirka (Karlsruhe), Dieter Leonhard (Frankfurt a. M.), Ingbert Hauschild (Weimar) und Andreas Schlenkhoff (Wuppertal)

Der Wortlaut in der EG – Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie den zugehörigen bisher veröffentlichten Arbeitshilfen und Handlungsempfehlungen zur immissionsorientierten Bewertung von Auswirkungen von Punkteinleitungen ist vage und unvollständig. Es fehlt die Definition, wo im Gewässer die Umweltqualitätsnormen gelten, was zu willkürlichen und widersprüchlichen Interpretationen führt, die wiederum weder der physikalischen Realität der allmählich ablaufenden Mischprozesse noch der Intention des „kombinierten Ansatzes“ Rechnung tragen. Eine klare Mischzonendefinition ist erforderlich.

1. Einleitung

Einleitungen aus Punkt- bzw. diffusen Quellen müssen infolge des „kombinierten Ansatzes“ der WRRL [1] anhand der Begrenzung der Belastung an der Quelle durch die Vorgabe von Emissionsgrenzwerten als auch durch die Festlegung von Umweltqualitätsnormen (Immissionsgrenzwerten) kontrolliert und bewertet werden.

Emissionsgrenzwerte beschränken die Konzentration oder den Massenfluss von spezifischen Schadstoffen am Einleitungspunkt und sind durch Probenahmen einfach zu überprüfen. Aus ökologischer Sicht ist deren alleinige Anwendung aber unlogisch und defizitär, da sie nicht den Respons im Gewässer selbst berücksichtigen. Mehrere Punktquellen oder eine große Punktquelle an einem kleinen Vorfluter, die alle ihre jeweiligen Emissionsgrenzwerte erfüllen mögen, aber kumulativ das Gewässer über Gebühr belasten, sind einfache Beispiele hierzu.

Umweltqualitätsnormen (d. h. Immissionswerte) beschränken die Konzentrationswerte für Schadstoffe im Gewässer selbst. Sie berücksichtigen hierbei die physikalischen, chemischen

und biologischen Responsscharakteristiken infolge der Einleitung. Deren alleinige Anwendung würde aber dazu führen, dass Einleiter die Belastbarkeit eines Gewässers bis hin zu den Maximalwerten ausschöpfen würden. Außerdem sind diese schwierig zu überprüfen (wo im Gewässer und wie oft soll wann gemessen werden?).

Die Kombination beider Ansätze vereint deren Vorteile und minimiert deren Nachteile. Für die meisten europäischen Länder, so auch Deutschland, bedeutet dies jedoch eine beträchtliche Abweichung von der bisherigen Vorgehensweise, bei der Einleitungen fast ausschließlich durch Emissionsgrenzwerte, die zumeist nach dem Stand der Technik im Sinne des § 7 a Abs. 1 Satz 3 WHG in Verbindung mit der Abwasserverordnung festgelegt sind, gesteuert wurden. Aus diesem Grund beinhalten selbst aktuelle Umsetzungsvorschläge der WRRL Defizite bei der Interpretation der immissionsorientierten Bewertung von Gewässern. Spezifisch werden im folgenden zwei Fragen im Falle von Punkteinleitungen in Fließgewässer analysiert: Wo im Gewässer und in welcher Entfernung zum Einleitungspunkt gelten die Umweltqualitätsnormen? Wie und wann soll bei einem Genehmigungsverfahren oder der Ermittlung der signifikanten Belastungen die Beweisführung erfolgen, dass eine Einleitung zusätzlich zu den Emissionsgrenzwerten die relevanten Umweltqualitätsnormen erfüllt?

2. Mischvorgänge bei Punktquellen in Flüssen

Das Mischungsverhalten einer punktförmigen Abwassereinleitung in einen Fluss wird gesteuert durch das Zusammenwirken der Strömungsbedingungen im Fluss und der Charakteristik der Einleitung selbst. Für eine „passive“ Quelle, bei der Einleitungsimpuls und eventuelle Auftriebseffekte (Dichteunterschiede) eine untergeordnete Rolle spielen, wird die Mischung durch die advektiven und diffusen Eigenschaften der Flussströmung getrieben [2]. Wird nun zum Beispiel eine kontinuierliche Einleitung an der Wasseroberfläche und am Flussufer in einer breiten Flussströmung betrachtet, so ergibt sich eine Stofffahne, die in der Draufsicht in Abbildung 1 dargestellt ist.

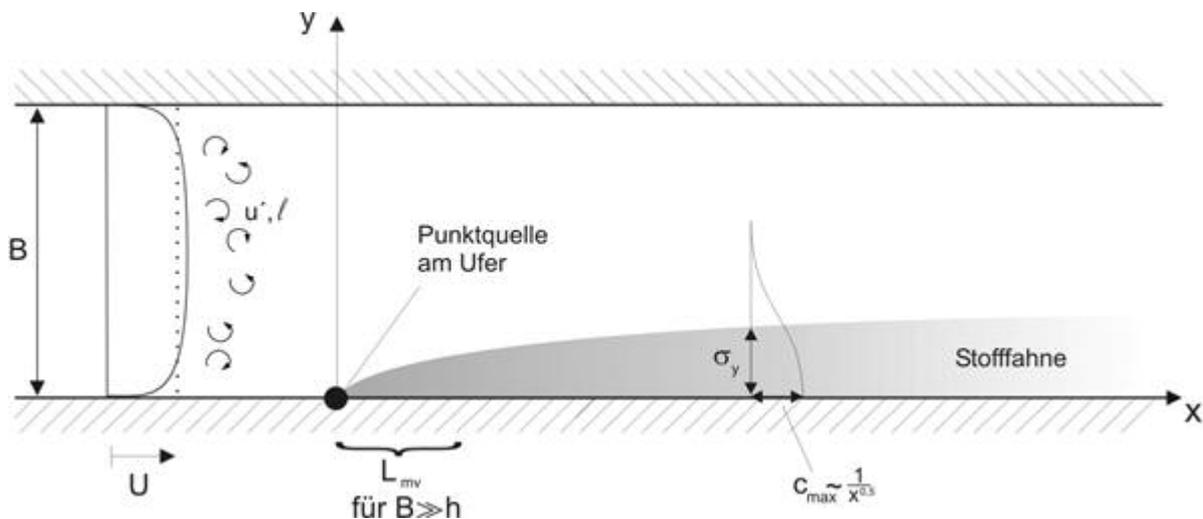


Abb. 1: Transversale Ausbreitung für kontinuierliche Punktquelle am Ufer einer breiten Flussströmung, $B \gg h$ (Draufsicht)

Der Fließweg L_{mv} bis zum Ort, wo die Stofffahne den Flussquerschnitt vertikal voll durchmischt hat ist proportional zur Wassertiefe h und beträgt bei starker Rauheit [3], [4]:

$$L_{mv} \approx 50h \quad (1)$$

Der Fließweg L_{mh} bis zum Ort, wo die Stofffahne den Flussquerschnitt in horizontaler Richtung voll durchmischt hat, ist abhängig von der Breite B und beträgt für Flüsse mit moderater Variabilität, also ohne starke Krümmungen und ohne seitliche Totwasserzonen [3], [4]:

$$L_{mh} \approx 7\left(\frac{B}{h}\right)B \quad (2)$$

Ungeachtet anderer Einleitungskonfigurationen bzw. Fließbedingungen (siehe [2]) ist bemerkenswert bei diesen Formeln zur Abschätzung der Durchmischung, dass sie

- a) unabhängig von der Fließgeschwindigkeit sind und
- b) vor allem von der Flussmorphologie

beeinflusst werden. Die Gegenüberstellung beider Formeln zeigt des Weiteren, dass der Fließweg bis zum Ort vertikaler Durchmischung immer relativ kurz (maximal ein paar dutzend Wassertiefen), verglichen mit dem horizontaler Durchmischung ist, welche sich für

typische Flussmorphologien ($B/h = 10$ bis 100) über 100 bis $1\,000$ Flussbreiten hinzieht (siehe auch [5]).

Zur Illustration werden zwei Fallbeispiele herangezogen: A) Großer Fluss (etwa Rhein bei Karlsruhe bei mittlerem Abfluss), $B = 250$ m, $h = 3$ m, $B/h \sim 80$ und B) Kleiner Fluss, $B = 5$ m, $h = 0,5$ m, $B/h=10$. Die vertikale Durchmischung benötigt kurze Fließwege: 150 m bzw. 25 m. Die laterale Durchmischung jedoch beträchtliche Fließwege: 145 km bzw. $0,35$ km. Diese Vorhersagen zur verzögerten lateralen Durchmischung, werden durch unzählige Feldbeobachtungen bestätigt (Abbildung 2).



Abb. 2 Industrielle Abwassereinleitung nahe Flussmitte in den regulierten Alpenrhein oberhalb des Bodensees

Das in diesem alten Luftbild (ca. 1960, mit freundlicher Genehmigung von *D. Vischer*, Zürich) gut sichtbare, langsame, laterale Wachstum der Stofffahne ist typisch für Mischprozesse in Flüssen. Wo sind Umweltqualitätsnormen zu messen, bzw. einzuhalten? Über den Querschnitt gemittelt? In der Fahne? Nach einer „gewissen“ Distanz?

3. Immissionsorientierte Bewertung der Auswirkungen von (signifikanten) Belastungen

Emissionsgrenzwerte und Umweltqualitätsnormen zu diversen Stoffen finden sich in den Verordnungen der EG (siehe z. B. Anhang IX der WRRL) bzw. der nationalen Behörden und Länderbehörden. Beispielhaft sind in Tabelle 1 die Richtwerte für zwei chemische Schadstoffe zusammengestellt. Das Verhältnis Emissionsgrenzwerte/Umweltqualitätsnormen beträgt 10 für Trichlorethan und 500 für Cadmium. Allgemein ist der Bereich von 5 bis 1 000 typisch für die meisten chemischen und auch physikalischen Parameter.

Schadstoff	Emissionsgrenzwert ELV	Umweltqualitätsnorm EQS	$\frac{ELV}{EQS}$
Cadmium	0,5 mg/l (83/513/EWG)	1 µg/l (76/464/EWG)	500
Trichlorethan	0,1 mg/l (AbwV, 2000)	10 µg/l (76/464/EWG)	10

Tabelle 1: Beispiele zu Emissionsgrenzwerten und Umweltqualitätsnormen für zwei Schadstoffe

Der Art. 2 (40) der WRRL besagt:

„Die Emissionsgrenzwerte für Stoffe gelten normalerweise an dem Punkt, an dem die Emissionen die Anlage verlassen, wobei eine etwaige Verdünnung bei der Festsetzung der Grenzwerte nicht berücksichtigt wird“.

Diese „End-of-pipe“-Regelung, wo die Emissionsgrenzwerte anzuwenden sind ist unmissverständlich. Überraschenderweise, und aus Sicht der physikalischen Realität der Mischvorgänge völlig unlogisch, gibt die WRRL weder Vorgaben zur räumlichen Gültigkeit der Umweltqualitätsnorm noch Anweisungen an die nationalen Behörden solche Vorgaben zu entwickeln. Aus Diskussionen mit Vertretern von Behörden zu diesem Dilemma sind den Verfassern zwei extreme Auslegungen zur Umsetzung bekannt:

- 1) Die Umweltqualitätsnorm soll so nahe wie möglich beim Einleitungspunkt gelten, um einen guten Zustand möglichst überall zu erreichen. Diese Auslegung negiert die Tatsache, dass der physikalische Mischvorgang nicht auf kleinste Bereiche (im Limit steht hier die „end-of-pipe“ Forderung) reduziert werden kann, sondern einen gewissen Raum benötigt. Eine Konsequenz wäre die Notwendigkeit einer Aufrüstung der

Kläranlagen, um die Ablaufwerte den Immissionsgrenzwerten anzupassen.

- 2) Der Wert der Umweltqualitätsnorm- gilt nach *völliger Durchmischung im Gewässer*. Wie aber im vorigen Abschnitt gezeigt, kann der Fliessweg der Stofffahne bis zur völligen, insbesondere lateralen Durchmischung selbst in kleinen Flüssen beträchtlich sein. Dies könnte dazu führen, dass große Bereiche innerhalb einer Stofffahne mit Konzentrationswerten über der Umweltqualitätsnorm belastet wären und demnach „Opferstrecken“ gleichkämen.

Die Folgen einer unterschiedlichen Auslegung für die Gewässer, für die Einleiter und Genehmigungsbehörden, wie auch für die Erstellung der Bewirtschaftungspläne und die Bewertung der Auswirkungen von (signifikanten) Belastungen (bis zum Jahr 2005) werden in Deutschland unterschätzt, obwohl die für die Umsetzung der WRRL entwickelten Arbeitshilfen und Handlungsempfehlungen die dringende Notwendigkeit einer Klärung fordern:

- LAWA-Arbeitshilfen [6, Anhang 3, S. 28]: *„Die Abschätzung, ob eine Belastung für einen Wasserkörper signifikant ist, muss die Belastung in Relation zum Wasserkörper setzen, (d. h. die gleiche Einleitung hat auf einen kleinen Wasserkörper eine größere Wirkung als auf einen großen).“*
- CIS (Common Implementation Strategy) – Papiere der Arbeitsgruppe IMPRESS [7, S. 35]: *„. . . if an effluent is discharged to a river, lake, or coastal water, there is likely to be at least a local change in the water quality, which might be adequately estimated by a conservative mixing model. In many situations a simple approach of this type may be completely suitable for assessing the impact of a pressure.“*

Folgerichtig ist zu fordern, dass eine zukünftige Novelle der WRRL bzw. nationaler Umsetzungsverordnungen etwa folgenden Artikel beinhalten:

„Die Umweltqualitätsnormen gelten bei Punktquellen außerhalb und am Rande einer Mischzone. Die Mischzone ist ein räumlich beschränkter Bereich um den Einleitungspunkt, dessen Dimension je nach Gewässertyp oder im ad-hoc Fall festgelegt wird.“

Die so definierte Mischzone ist ein gesetzliches bzw. behördliches Konstrukt, das folgende Attribute erfüllt: 1) Der Begriff „räumlich beschränkt“ soll sicherstellen, dass im Sinne des Umweltqualitätszieles die Mischzone vom Gesetzgeber bzw. von der Behörde minimiert

wird, während aber durch den Begriff „Mischzone“ explizit anerkannt wird, dass Mischvorgänge einen gewissen Raum benötigen. 2) Die Mischzone schließt einen Teil, der Mischvorgänge ein, diese laufen aber darüber hinausgehend noch weiter ab, wo sie dann zu weiterer Konzentrationsverminderung in der Stofffahne unter die Werte der Umweltqualitätsnorm führen. 3) Die Definition beschränkt sich auf „Punktquellen“, da bei diffusen Quellen meist keine klar beschreibbaren Mischvorgänge ablaufen.

Bei der Festlegung der Mischzone stehen der Behörde folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- a) Festlegung der Dimensionen nach Gewässertyp und biologischen Charakteristiken (s. Abbildung 3):

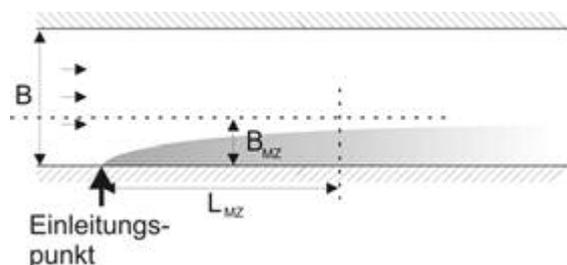


Abb. 3: Beispiel einer Mischzonendefinition (gestrichelte Linie): Breite der Mischzone (B_{MZ}), Länge der Mischzone (L_{MZ}) in Abhängigkeit der Flussbreite (B)

Z. B. die Breite der Mischzone B_{MZ} (transversale Ausdehnung) auf einen Bruchteil der Flussbreite beschränken, z. B. $B_{MZ} = 0,25 B$, mit dem Ziel, dass im Großteil des Flussquerschnitts eine ungehinderte Passage für Flussfauna gewährleistet ist. Oder die Länge der Mischzone, z. B. $L_{MZ} = (1 \text{ bis } 5) B$, mit dem Ziel hohe Belastungen im Uferbereich zu beschränken. Oder beide Vorgaben können gemeinsam wirken.

- b) Festlegung der Dimensionen im Ad-hoc-Fall: Der Einleiter kann bei der Behörde aufgrund von vorhergehenden Untersuchungen bzw. Vorhersagen eine Mischzone mit bestimmter Größe beantragen. Die Behörde kann aufgrund eigener Überlegungen diesem Antrag stattgeben oder aber weitere Einschränkungen abverlangen. Diese Vorgehensweise wird eher für größere Punktquellen wie z. B. Industrieeinleitungen in Frage kommen. Für die Vielzahl von Mischwasserentlastungen wäre der Genehmigungsaufwand i. A. zu hoch.

Weitere Beispiele zur praktischen Umsetzung einer Mischzonenregelung finden sich bei Umweltbehörden aus dem außereuropäischen Raum, z. B. in Brasilien [8] und den USA [9], bei denen teilweise langjährige Anwendungserfahrung vorliegt, die auch für Einleitungen in Küstengewässer Anwendung findet [10].

4. Schlussfolgerungen

Um willkürlichen und widersprüchlichen Interpretationen zur immissionsorientierten Bewertung von Einleitungen in Gewässer vorzubeugen und dem kombinierten Ansatz Rechnung zu tragen ist die behördliche Definition einer Mischzone, z. B. vier Flussbreiten nach der Einleitungsstelle, notwendig. Am Rand und außerhalb dieser Mischzone müssen die Umweltqualitätsnormen immer eingehalten werden, wohingegen innerhalb der Mischzone, welche durch die Emissionsgrenzwerte vor akuten Belastungen geschützt ist die Umweltqualitätsnormen überschritten werden dürfen.

Diese Regelung trägt der physikalischen Tatsache Rechnung, dass die Mischvorgänge, in denen der Übergang von Emissionsgrenzwerten zu Umweltqualitätsnorm-Werten stattfindet, nur allmählich ablaufen und einen gewissen Raum benötigen.

Bei bestehenden Einleitungen sind Feldmessungen zum Überprüfen der Umweltqualitätsnormen möglich, die durch Modellresultate zu begleiten sind, einerseits um eine sichere Zuordnung zur betrachteten Einleitung machen zu können (insbesondere bei mehreren Einleitungen), andererseits um Variabilitäten in den hydrologischen Bedingungen bzw. den Emissionsraten erfassen zu können.

Bei der Genehmigung von *neuen* Punkteinleitungen sind Modellvorhersagen die einzig mögliche Vorgehensweise, um das Mischverhalten zu erfassen und das Einhalten der Werte für Umweltqualitätsnormen- zu gewährleisten (z. B. [2]). Die Bewertung der Signifikanz einer Einleitung kann nach ähnlichen Verfahren durchgeführt werden.

Literatur

[1] WRRL (Wasserrahmenrichtlinie), 2000, Amtsblatt Europäische Gemeinschaft, L327, Brüssel

[2] Jirka, G. H., Bleninger T., Leonhard D., Hauschild I.: „Umweltqualitätsnormen in der

EG-Wasserrahmenrichtlinie: Sinnvolles oder lästiges Attribut für Gewässermanagement?“, *KA-Abwasser, Abfall*, 50. Jahrgang, Nr. 3, März 2003

- [3] *Fischer, H. B., List, E. J., Koh, R. C. Y., Imberger, J., und Brooks, N. H.*: "Mixing in Inland and Coastal Waters, Academic Press, New York, 1979.
- [4] *Rutherford, J. C.*: „River Mixing“, John Wiley, Chichester, 1994.
- [5] *Endrizzi, S., Tubino, M., und Zolezzi, G.*: „Lateral Mixing in meandering channels: a theoretical approach“, *Proceedings River Flow 2000, International Conference on Fluvial Hydraulics*, *Bousmar, D. and Zech, Y.*, Ed. s, Louvain-La-Neuve, Belgien, 2002.
- [6] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): „Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie“, <http://www.wasserblick.net>, 30. April 2003.
- [7] IMPRESS: Guidance for the analysis of Pressures and Impacts in accordance with the Water Framework Directive, <http://www.wasserblick.net>, 21. November 2002.
- [8] CONAMA 20, Artikel 23, § 3, Conselho Nacional do Meio Ambiente (Nationaler Umweltrat), Ministerio do Meio Ambiente (Umweltministerium), Brasilia, Brasilien, 2000.
- [9] USEPA (U.S. Environmental Protection Agency): „Water Quality Standards Handbook: Second Edition“, EPA 823-B-94-005 a, Washington, DC, USA, 1994.
- [10] *Jirka G. H., Bleninger T., Burrows R., and Larsen T.*: „Environmental Quality Standards in the EC-Water Framework Directive: Consequences for Water Pollution Control for Point Sources“, *European Water Management Online (EWMO)*, Januar 2004.

Diese Veröffentlichung ist im Rahmen der Arbeiten der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe WW-3.4 „Ausbreitungsprobleme von Einleitungen“ entstanden.

Autoren

Prof. Gerhard Jirka, Ph. D., Dipl.-Ing. Tobias Bleninger, Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe, Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe; E-Mail: jirka@uka.de, bleninger@ifh.uka.de

Prof. Dr.-Ing. Dieter Leonhard, Fachhochschule Frankfurt am Main, Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt a. M.; E-Mail: leonhard@fb1.fh-frankfurt.de

*Regierungsrat Dipl.-Ing. Ingbert Hauschild, Thüringer Landesverwaltungsamt, Postfach
22 49, 99403 Weimar; E-Mail: IHauschild@tlvwa.thueringen.de*

*Prof. Dr.-Ing. Andreas Schlenkhoff, Bergische Universität Wuppertal, Lehr- und
Forschungsgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft, Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal,
E-Mail: schlenkh@uni-wuppertal.de*