

# HYDREG – Ein Verfahren zur Natürlichkeitsbewertung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie

## Teil 1: Hintergrund, Zielstellung und Grundlagen<sup>\*)</sup>

Dietmar Mehl, Tim G. Hoffmann (Bützow), Mathias Weiland und Christiana Mühlner (Magdeburg)

### Zusammenfassung

Deutschlandweit bestand bislang kein Verfahren für die Bewertung der „Wasserhaushaltsgrößen“ als hydromorphologische Qualitätskomponenten für die ökologische Zustandsbewertung nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Vor diesem Hintergrund hat der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt eine „Bewertungsmethodik zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades des Wasserhaushalts der Oberflächenwasserkörper (Fließgewässer und Seen) gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie im Land Sachsen-Anhalt“ entwickeln lassen. Der Beitrag stellt Hintergrund, Grundlagen und Methoden im Überblick vor.

**Schlagwörter:** Wasserwirtschaft, Güterwirtschaft, Europäische Wasserrahmenrichtlinie, Bewertung, Hydromorphologie, Wasserhaushalt, Fließgewässer, Seen, Wasserkörper, Sachsen-Anhalt, HYDREG-Verfahren

DOI: 10.3243/kwe2010.06.003

### Abstract

**HYDREG – A Method for Assessing the Naturalness of the Hydrological Regime of Surface Water Bodies according to the European Water Framework Directive  
Part 1: Background, Objectives and Basics**

So far, in Germany there is no method for the assessment of “water balance components” as hydro-morphological quality components in order to assess the ecological status according to the European Water Framework Directive. Against this background, the Saxony-Anhalt Flood Control and Water Management Authority has commissioned an evaluation method for the assessment of the degree of naturalness of the water balance of surface water bodies (flowing waters and lakes) according to the European Water Framework Directive for the Federal State of Saxony-Anhalt. The paper describes the background, fundamental principles and methods.

**Key words:** water management, quality management, European Water Framework Directive, assessment, hydro-morphology, water balance, flowing water, lakes, water body, Saxony-Anhalt, HYDREG method

## 1 Einleitung

### 1.1 Anforderungen

Eine wesentliche Anforderung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) [1] zur Umsetzung der ambitionierten Gewässerschutzziele für die Fließ- und Standgewässerkörper

bildet die ökologische Zustandsbewertung. Als Qualitätskomponenten für die Einstufung des ökologischen Zustands sind im Anhang V WRRL aufgeführt:

- a) Biologische Komponenten,
- b) hydromorphologische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten sowie

<sup>\*)</sup> Teil 2 folgt in einer der folgenden KW-Ausgaben. Dort werden die Methoden und die landesweiten Ergebnisse dokumentiert.

c) chemische und physikalisch-chemische Komponenten in Unterstützung der biologischen Komponenten

Bei den hydromorphologischen Qualitätskomponenten sind folgende, als nicht näher definierte „Wasserhaushalts-“ bzw. hydrologische Größen angegeben:

Flüsse:

- Abfluss und Abflussdynamik sowie
- Verbindung zum Grundwasser.

Seen:

- Wasserstandsdynamik (Pegel),
- Verweildauer/Wassererneuerungszeit sowie
- Verbindung zum Grundwasser.

Da deutschlandweit für diesen Teilaspekt der Zustandsbewertung kein anwendungsbereites Verfahren bestand, hat der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt (LHW) die „Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Beurteilung des Natürlichkeitsgrades des Wasserhaushalts der Oberflächenwasserkörper (Fließgewässer und Seen) gemäß Europäischer Wasserrahmenrichtlinie im Land Sachsen-Anhalt“ beauftragt. Dabei war es das Ziel, eine allgemein anwendbare und vor allem belastbare Bewertungsmethodik für alle 348 Oberflächenwasserkörper (OWK) entsprechend Anhang II WRRL (dies umfasst Fließgewässer mit einem Eigeneinzugsgebiet von  $\geq 10 \text{ km}^2$  und Seen mit einer Flächengröße von  $\geq 0,5 \text{ km}^2$ ) in Sachsen-Anhalt zu entwickeln.

Von den insgesamt 25 Fließgewässer- und 14 Seentypen zur Richtlinienumsetzung in Deutschland [2] kommen in Sachsen-Anhalt aufgrund des hohen landschaftlichen Kontrastes zwischen Mittelgebirge und Tiefland immerhin rund 2/3 aller Fließgewässertypen vor (insgesamt 16) sowie – auch wenn die Seen überwiegend als Folge des Bergbaues und damit künstlich entstanden sind – immerhin 8 der 14 deutschen Seentypen. Damit ist eine Bewertungsmethodik für dieses Bundesland grundsätzlich räumlich übertragbar.

Ausgehend von der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie wurde folgende Zielbestimmung vorgenommen: Die zu entwickelnde Bewertungsmethodik zum Wasserhaushalt

1. soll als Teilkomponente der hydromorphologischen Qualitätskomponenten zur Festlegung von Referenzbedingungen dienen (= sehr guter Zustand nach Europäischer Wasserrahmenrichtlinie = Güteklasse 1, bestimmt über die relevanten biologischen Qualitätskomponenten),
2. soll eine gemeinsame Begriffsbestimmung zur Beschreibung des Zustandes von Gewässern sowohl im Hinblick auf die Güte als auch auf die Menge (einleitender Grund Nr. 25 der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie) ermöglichen,
3. soll der Verifizierung bzw. Unterstützung der Verfahren zur Einstufung des ökologischen Zustands der Oberflächengewässer nach Anhang V dienen; hier bestehen bei aktuellen Verfahren nach wie vor Unsicherheiten, die deshalb im Hinblick auf die Ergebnisse einer entsprechenden Absicherung/Verifizierung bedürfen (insbesondere auf Grund hoher ökologischer Komplexität und nicht ausreichend regionalspezifisch bzw. detailliert unteretzter Gewässertypen und der darauf abgestimmten Verfahren),

4. kann und soll eine Festlegung der geeigneten räumlichen und zeitlichen Auslösung einer Überwachung der hydromorphologischen Teilkomponente des ökologischen Zustands nach Anhang V WRRL unterstützen (Überwachungsstellen und -frequenz der Überblicksüberwachung, der operativen Überwachung sowie der Überwachung zu Ermittlungszwecken, vergleiche Punkt 1.3, Anhang V WRRL),
5. soll den Zustand der gewässerangrenzenden Feuchtgebiete als ökologischer und funktioneller Teil der Gewässerumgebung (Artikel 1 a WRRL) mit einbeziehen, um diesem übergreifenden umweltfachlichen Aspekt entsprechend gerecht zu werden (insbesondere Feuchtgebietszustand als Teil einer Bewirtschaftungsstrategie zur Erreichung der Richtlinienziele sowie Feuchtgebietszustand im Rahmen der NATURA-2000-Verpflichtungen: FFH-Lebensraumtypen, Lebensraum für FFH-/SPA-Arten),
6. soll als hydromorphologische Teilkomponente auch eine Teilbegründung zur gegebenenfalls notwendigen Ausweisung erheblich veränderter Wasserkörper liefern,
7. soll Möglichkeiten einer kausalen Analyse (Ursache-Wirkung) und einer weiteren räumlichen Auflösung von Oberflächenwasserkörpern (Detailbetrachtung) aufzeigen (so sollen unter anderem entsprechend des einleitenden Grundes Nr. 41 der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie Prinzipien für die Wasserentnahme und die Aufstauung festgelegt werden, um die ökologische Nachhaltigkeit für die betroffenen Wassersysteme zu sichern),
8. soll Bewertungsergebnisse liefern, die eine sachgerechte Berücksichtigung als hydromorphologischer Aspekt bei der Aufstellung der Maßnahmenprogramme entsprechend Europäischer Wasserrahmenrichtlinie (bis 2012) ermöglichen.

## 1.2 Hintergrund ökohydrologischer Betrachtung

Die Ökohydrologie bildet ein Teilgebiet der Hydrologie bzw. der Hydrowissenschaften, das sich zielgerichtet mit den Zusammenhängen und Wechselwirkungen zwischen hydrologischen und ökologischen Strukturen und Prozessen befasst. Unter diesen Begriff fallen deshalb insbesondere diejenigen hydrologischen Arbeitsweisen und Arbeitstechniken, die

- einem landschaftsökologischen Ansatz folgen,
- spezielle geoökologische Erklärungsansätze für bioökologische Systeme und deren Zustand liefern oder
- einer Analyse der wassergebundenen Stoffströme in Einzugsgebieten oder kleineren Raumeinheiten dienen.

Aus einer integrierenden ökologischen Betrachtung heraus wirken hydrologische Prozesse mehrheitlich vor allem durch die Überlagerung mit parallelen physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen, so dass bei Bewertungsfragen die Wirkungskomplexitäten, der zeitliche Wandel (Instationarität) und der Raumbezug als Prozessdimension entsprechende Beachtung finden müssen. In Fließgewässern ist die bioökologisch relevante Vielfalt und Komplexität hydrologischer Prozesse ungleich höher als in Seen, so dass wichtige Fragestellungen ökohydrologischer Zustandsbewertung nachfolgend anhand der Fließgewässer aufgezeigt werden können.

Die Herausarbeitung ökologischer Grundregeln, die Existenz und Verbreitung der Lebewesen und ihrer Gemeinschaften

regeln, geht maßgeblich auf [3] zurück. Gegenstand der (Bio-) Ökologie sind Systeme oder Gefüge bzw. Beziehungsgefüge, deren Komponenten Organismen und Kollektive von Organismen sowie Außenbedingungen und Komplexe derartiger Bedingungen sind [4]. Der Lebensraum der Organismen vereint die auf sie wirkenden ökologischen Faktoren, die sich in abiotische, biotische und trophische Faktoren differenzieren lassen. Die Verbreitung von Arten wird unter anderem durch die ökologische Potenz der Organismen und den Konkurrenzdruck durch andere Arten bestimmt.

Natürliche (zumindest naturnahe) hydrologische, geohydrologische und hydrodynamische Prozesse bilden die Grundlage funktionsfähiger geoökologischer Prozesse und Strukturen in den Fließgewässern und deren Auen, welche den abiotischen Rahmen für die Lebewelt setzen. Die hohe Variabilität in Fluss-Ökosystemen (physikalisch, chemisch, ökologisch), die folglich vielen Variablen und die Bedeutung von Raum und Zeit sind unbestritten (unter anderem [5, 6, 7]).

Generell kommt den hydrologischen Verhältnissen eine zentrale Funktion zu. Das „Paradigma des natürlichen Durchflusses“ ist als Bewertungsrahmen weitgehend akzeptiert, wobei fünf wesentliche Komponenten des natürlichen Abflussregimes im Vordergrund stehen [8]:

- 1) Größe,
- 2) Frequenz,
- 3) Dauer,
- 4) Zeitpunkt und
- 5) Veränderungsrate der hydrologischen Bedingungen.

Andere Autoren [9] verweisen zu Recht auf die „Nichtlinearität des Abflussprozesses“ und die damit verbundenen analytischen Schwierigkeiten.

Natürliche dynamische hydrologische Strukturen sind vor allem notwendig zur Erhaltung einer selbsttragenden Biokomplexität in den Fließgewässersystemen [10]. Eine Wiederherstellung der natürlichen Abflussdynamik bzw. -variabilität in anthropogen veränderten Gewässersystemen ist damit eine essentielle Grundlage für die natürliche Gewässer- und Auenlebewelt [11]. Die hydrologische Konnektivität als Ausdruck lateraler und vertikaler Beziehungen zu den Auen und dem Grundwasser gerät immer mehr in den Fokus ökosystemarer Forschung. Die Konnektivität hat unter anderem hohen Einfluss auf die Nahrungsketten und die trophische Stellung der Arten, zum Beispiel für die Fischfauna [12].

## 2 Vorarbeiten und bestehende Ansätze

Eine Einbeziehung hydrologischer Zustands- und Prozessgrößen zur komplexen oder spezifischen Bewertung ökologischer Zusammenhänge in Gewässer- und Auensystemen ist international etabliert (vergleiche beispielsweise [13]). In Deutschland sind in dieser Hinsicht vor allem drei Punkte zu benennen:

1. Verfahren zur Ermittlung eines Mindestabflusses bzw. einer Mindestwasserführung

Diese Verfahren sollen sicherstellen, dass in Ausleitungsstrecken, nach Wasserentnahmen und anderen vergleichbaren Eingriffen ausreichend Wasser nach Höhe und Dynamik im Ge-

wässerbett verbleibt, um die ökologischen Funktionen aufrecht erhalten zu können. Verfahrensbeispiele sind die Ermittlung ökologisch begründeter Mindestabflüsse nach [14] und [15], die Methode zur Mindestwasserermittlung für heimische Fischarten in Sachsen-Anhalt [16] oder Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug [17].

2. Verfahren im Zusammenhang mit der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie

Bereits in den Jahren 2002 bis 2004 wurde ein Verfahren zur Bewertung des Abflusses und der Abflussdynamik für das Land Baden-Württemberg im Sinne der Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie entwickelt, das aus drei Komponenten besteht [18]: 1) Beschaffenheit des Einzugsgebietes, 2) Abflussdynamik und 3) Stoffhaushalt und Wasserqualität. Das Verfahren bietet interessante Ansätze, ist aber in den drei Komponenten nicht überschneidungsfrei zu den anderen Qualitätskomponenten nach Anhang V WRRL.

Als weiteres Beispiel kann die Teilbewertung „Ermittlung der mittleren hydrologischen Zustandsklasse eines Oberflächenwasserkörpers“ im Rahmen der Aufstellung von Gewässerentwicklungskonzepten (GEK) nach Europäischer Wasserrahmenrichtlinie im Land Brandenburg genannt werden [19]. Hier ist zu ermitteln, inwieweit

- die Kontinuität des Abflusses und
- die Fließgeschwindigkeit bei in etwa mittleren Abflüssen ( $MQ_{\text{August}} \pm 20\%$ )

im jeweiligen Wasserkörper verändert sind. Das Verfahren setzt stark auf die direkte Messung von Fließgeschwindigkeiten im Niedrigwasserbereich und ist damit sehr aufwändig.

Ebenfalls ausgehend von den Zielen der Richtlinie wurden Modellierungsansätze zur ökologisch orientierten Bewirtschaftung von Hochwasserschutzräumen in Talsperren im Sinne einer Minderung ökologisch nachteiliger Mengenbewirtschaftung entwickelt [20] (vergleiche zur Thematik auch [21]).

3. Ansätze und Verfahren im Rahmen der Zustandsbewertung von Fluss- und Stromauen

Das Bundesamt für Naturschutz hat zahlreiche Aktivitäten in einem „Nationalen Auenprogramm“ gebündelt, in dem durch aufeinander abgestimmte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wesentliche Fachdaten und -verfahren für die Auen der großen Flüsse und Ströme aufbereitet bzw. entwickelt werden. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes sind für eine räumliche Kulisse von ca. 10 000 km Fließgewässer in Deutschland abgeschlossen. Ergebnisse und Methoden können [22] entnommen werden.

## 3 Grundlegende Verfahrensansätze

Bei Bewertungsverfahren sind generell vor allem folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Objektivität und Plausibilität,
- Transparenz und Nachvollziehbarkeit,

- Eindeutigkeit und Reproduzierbarkeit,
- Stabilität bzw. Belastbarkeit,
- Verfügbarkeit der erforderlichen Daten und Informationen sowie
- Angemessenheit des Aufwandes.

Auch bei einer Bewertung hydrologischer Zusammenhänge ist grundsätzlich zwischen induktivem und deduktivem Herangehen zu unterscheiden. Die induktive (genetische) Methode zielt auf eine Bestimmung der für die hydrologischen Prozesse maßgebenden Systemeigenschaften und damit der Einzugsgebietscharakteristika. Sie baut maßgeblich auf der „regionalen Verteilung der Einflussfaktoren“ [23] auf. Im Gegensatz dazu fußen deduktive (empirische) Methoden auf ermittelten hydrologischen Kenngrößen, vor allem auf Abflussdaten. Bei derartigen Verfahren muss aus der „Gebietsreaktion“ auf die hydrologischen Prozesse und ihre Kennzeichen geschlossen werden.

Bei der Fragestellung einer hydrologischen Natürlichkeitsbewertung als Teil der hydromorphologischen Qualitätskomponenten nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie sprechen folgende Gründe für ein induktives Vorgehen und damit den Weg, der beispielsweise auch in [18] gegangen wurde:

- Der vergleichsweise hohen Zahl an zu bewertenden Wasserkörpern steht nur eine bescheidene Zahl an Pegeln mit Durchfluss- und/oder Wasserstandsdaten gegenüber, so dass das grundsätzliche räumliche Übertragungsproblem besteht.
- Selbst langjährige Pegelratenreihen integrieren bis auf wenige Ausnahmen bereits anthropogene Regimeveränderungen und direkte Eingriffe in den Landschaftswasserhaushalt, so dass Daten zum „ursprünglichen“ Abflussregime fehlen.
- Eine induktive Bewertung bietet den Vorteil, strukturiert und systematisch die maßgeblichen Einzugsgebiets- und Wasserkörperkenngrößen und deren anthropogene Beeinflussung zu analysieren und somit eine kausale Betrachtung vor dem Hintergrund des Bewirtschaftungsansatzes entsprechend der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie zuzulassen.
- Ein induktiver Ansatz bietet zudem Möglichkeiten einer Validierung mit empirischen Daten.

Um begriffliche Überschneidungen zum Abflussregime zu vermeiden, das gemäß [24] als der charakteristische und von den Eigenschaften des zugehörigen Einzugsgebietes abhängige Gang des Abflusses eines Gewässers bezeichnet wird, wird für das Bewertungsverfahren der Begriff „hydrologisches Regime“ (HYDREG) eingeführt. Das hydrologische Regime eines Oberflächenwasserkörpers beschreibt dabei Prozess- und Zustandsgrößen des Abflusses (Fließgewässer), des Wasserstandes bzw. Volumens (Seen) und der hydrologischen Konnektivität der Oberflächengewässer zu Auen und Grundwasser. Die Natürlichkeit des hydrologischen Regimes wird gemessen an der Intensität anthropogen verursachter Veränderungen der Prozess- und Zustandsgrößen bezüglich ihrer natürlichen Referenzbedingungen.

Der induktive Bewertungsansatz konzentriert sich mithin auf die Einflussfaktoren des Regimes, die Regimefaktoren, die jeweils auf anthropogen induzierte Eingriffe hin untersucht und bewertet werden. Grundsätzlich stehen dabei diejenigen Faktoren im Fokus der Betrachtung, die für die Transformation des Niederschlages in den Gebietsabfluss und den resultierenden Gewässerdurchfluss verantwortlich sind. Beim Nieder-

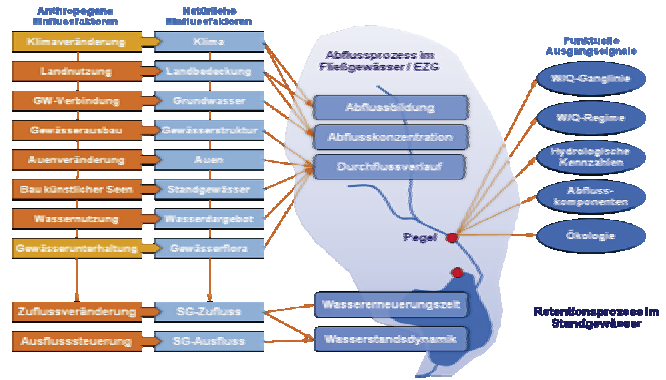


Abb. 1: Einflussfaktoren und Ausgangssignale des hydrologischen Regimes der Fließ- und Standgewässer

schlags-Abfluss-Prozess lassen sich folgende drei Hauptphasen unterscheiden [25]:

1. Abflussbildung in den Einzugsgebieten (Landphase),
2. Abflusskonzentration im Gewässernetz der Abflussbildungsgebiete (Flussbettphase) und
3. Durchflussverlauf in den Wasserläufen (Wellenabflachungsphase).

Dieser Prozessstruktur folgt die Auswahl der Indikatoren des Bewertungsansatz (Abbildung 1) mit folgenden weiteren Grundsätzen:

- **Unabhängigkeit:** Jeder Indikator sollte möglichst überschneidungsfrei zu anderen Indikatoren den anthropogenen Einfluss auf das hydrologische Regime beschreiben.
- **Systembezug:** Der maßgebliche hydrologische Systembezug sollte durch den Indikator abgedeckt werden (zum Beispiel kumuliertes oberliegendes Einzugsgebiet).
- **Dimensionstreuung:** Die verwendeten Indikatoren sollten in räumlicher und zeitlicher Auflösung der gewählten Betrachtungsdimension (hier meso- bis makroskalig) entsprechen.

Entscheidend ist, dass das HYDREG-Verfahren nicht auf einer Auswertung der punktuellen Ausgangssignale basiert (deduktive Analyse), sondern einzugsgebietsbezogene, anthropogene Einflussfaktoren als Systemeingangssignale bewertet (induktive Analyse). Die punktuellen Ausgangssignale in Form von Pegelraten werden statt dessen zur unabhängigen Validierung der Bewertungsergebnisse herangezogen. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Indikatoren sowie der dafür verwendeten Methoden und Grenzkriterien folgt im zweiten Teil [26] des Beitrags. Fließ- und Standgewässer-Oberflächenwasserkörper werden prinzipiell getrennt bewertet, wobei viele Indikatoren der Fließgewässerbewertung aus dem hydrologischen Systembezug heraus bei der Standgewässerbewertung mit genutzt werden.

Als anthropogene Einflussfaktoren mit relevanten Auswirkungen werden mit dem HYDREG-Ansatz Landnutzung, Grundwasserbindung, Gewässerausbau, Auenveränderung, Bau künstlicher Seen und Wassernutzung bei Fließgewässern sowie Zuflussveränderung und Abflusssteuerung bei Seen analysiert und bewertet. Die Verfahren für natürliche sowie künstliche und stark veränderte Wasserkörper sind grundsätzlich identisch. Unterschiede ergeben sich nur bei der zugrundeliegen-

den richtlinienkonformen Bewertungsskala (fünfstufig = natürliche Oberflächenwasserkörper, vierstufig = künstliche und erheblich veränderte Oberflächenwasserkörper).

Entsprechend des oben genannten Prinzips der Dimensionstreue wurden die anthropogenen Einflussfaktoren „Klimaveränderung“ und „Gewässerunterhaltung“ aufgrund ihrer zu groben, globalen bzw. zu feinen, gewässerabschnittswisen Raum-Zeit-Betrachtungsebene von weiteren Untersuchungen bezüglich der hydrologischen Regime im Land Sachsen-Anhalt ausgeschlossen. Ein zusätzlicher Ausschlussgrund des anthropogenen Einflussfaktors „Gewässerunterhaltung“ besteht in der fehlenden, zentralen Verfügbarkeit landesweiter Daten.

## Anmerkung

Das der Veröffentlichung zugrunde liegende Vorhaben wurde aus Mitteln des Landes Sachsen-Anhalt finanziert (Auftraggeber: Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt).

Der vollständige Projektbericht zur Verfahrensentwicklung einschließlich Ergebnisdarstellung ist auf der Internetseite des LHW unter [www.lhw.sachsen-anhalt.de](http://www.lhw.sachsen-anhalt.de) veröffentlicht.

## Literatur

- [1] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-Rahmenrichtlinie), Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22. Dezember 2000
- [2] Umweltbundesamt: Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen sowie Standgewässertypen nach abiotischen Kriterien in Deutschland (WRRL-Umsetzung), Stand: 24. Januar 2007 ([www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl\\_ftyp.htm](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl_ftyp.htm) sowie [www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl\\_styp.htm](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl_styp.htm)), Download am 27. März 2007
- [3] A. Thienemann: Grundzüge einer allgemeinen Ökologie, *Arch. f. Hydrobiol.* 35/1939, S. 267-285
- [4] F. Schwerdtfeger: Autökologie – Die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt, Paul Parey Verlag (Hamburg, Berlin), 1977
- [5] J. V. Ward: The four-dimensional nature of lotic ecosystems, *J. N. Am. Benthol. Soc.* 8/1989, S. 2-8
- [6] B. D. Richter, J. V. Baumgartner, R. Wigington, D. P. Braun: How much water does a river need?, *Freshwater Biology* 37/1997, S. 231-249
- [7] M. C. Thoms: Variability in riverine ecosystems, *River Res. Applic.* 22/2006, S. 115-121
- [8] N. L. Poff, J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks, J. C. Stromberg: The natural flow regime, *BioScience* 47/1997, S. 769-784
- [9] A. Porporato, L. Ridolfi: Detecting determinism and nonlinearity in river-flow time series, *Hydrological Sciences – Journal-des Sciences Hydrologiques* 48, 5/2003, S. 763-780
- [10] J. H. Thorp, M. C. Thoms, M. D. DeLong: The riverine ecosystem synthesis: Biocomplexity in river networks across space and time, *River Res. Applic.* 22/2006, S. 123-147
- [11] P. Merot, L. Hubert-Moy, C. Gascuel-Oudou, B. Clement, P. Durand, J. Baudry, C. Thenail: Environmental Assessment: A method for improving the management of controversial wetland, *Environmental Management* 37, 2/2006, S. 258-270
- [12] K. A. Roach, J. H. Thorp, M. D. DeLong: Influence of lateral gradients of hydrologic connectivity on trophic positions of fishes in the Upper Mississippi River, *Freshwater Biology* 54/2009, S. 607-620
- [13] R. E. Tharme: A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers, *River Research and Applications* 19/2003, S. 397-441
- [14] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, Hrsg.): Die Ermittlung ökologisch begründeter Mindestabflüsse – Grundlagen, ausgearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis „Mindestwasserführung in Fließgewässern“, 1995
- [15] U. Pabstmann, M. Prüß, U. Büttner: Das Abflußregime als Grundlage für ökologisch begründete Mindestwasserabflüsse für Ausleitungsstrecken von Kleinwasserkraftanlagen, *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* 42/1998, S. 195-200
- [16] G. Ebel, A. Gluch: Eine Methode zur Mindestwasserermittlung für heimische Fischarten, Staatliches Amt für Umweltschutz Halle/Saale (Hrsg.), 1998
- [17] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, Hrsg.): Empfehlungen zur Ermittlung von Mindestabflüssen in Ausleitungsstrecken von Wasserkraftanlagen und zur Festsetzung im wasserrechtlichen Vollzug, Kulturbuch-Verlag GmbH, 31 S., 2001
- [18] C. Leibundgut, M. Eisele: Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens „Hydrologische Güte“ als Expertensystem zum operationellen Einsatz im Flussgebietsmanagement, Abschlussbericht zum Projektvorhaben BWC 21013, Forschungszentrum Karlsruhe, [www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/hydgue/BW-Plus-Endbericht-2005-BWC-21013.pdf](http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/hydgue/BW-Plus-Endbericht-2005-BWC-21013.pdf), 2005
- [19] Landesumweltamt Brandenburg: Leistungsbeschreibung zur Aufstellung von Gewässerentwicklungskonzepten (GEK) nach WRRL im Land Brandenburg, Anlage 7: Ableitung von Bewirtschaftungs- und Handlungszielen, Stand 2. März 2009
- [20] M. Ostrowski, F. Froehlich: Ansätze zur ökologisch orientierten Bewirtschaftung von Hochwasserschutzräumen in Talsperren, Tag der Hydrologie 2006, Tagungsband, 12 S., 2006
- [21] K. Jorde: Ökologisch begründete, dynamische Mindestwasserregelungen bei Ausleitungskraftwerken, *Mitteilungen des Institutes für Wasserbau, Universität Stuttgart* 90/1997, S. 1-158
- [22] E. Brunotte, E. Dister, D. Günther-Diringer, U. Koenzen, D. Mehl: Flusssauen in Deutschland. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes, Schriftenreihe Naturschutz und biologische Vielfalt, Hrsg.: Bundesamt für Naturschutz, 2009, in Druck
- [23] S. Dyck et al.: Angewandte Hydrologie. Teil 2, Verlag für das Bauwesen (Berlin), 2. überarbeitete Auflage, 544 Seiten, 1980
- [24] DIN 4049 Teil 1: Hydrologie – Begriffe, quantitativ, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- [25] S. Dyck, G. Peschke: Grundlagen der Hydrologie, Verlag für Bauwesen (Berlin), 388 Seiten, 1983
- [26] T. G. Hoffmann, D. Mehl, M. Weiland, C. Mühlner: HYDREG – Ein Verfahren zur Natürlichkeitsbewertung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper gemäß Europäischer Wasser-Rahmenrichtlinie, Teil 2: Methodik und Ergebnisse, *KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 2010, in Vorbereitung

## Autoren

Dr. rer. nat. Dr. agr. Dietmar Mehl

Dr. rer. nat. Tim G. Hoffmann

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH  
Nebelring 15  
18246 Bützow

Dipl.-Geogr. Mathias Weiland

Dipl.-Geogr. Christiana Mühlner

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft  
Sachsen-Anhalt  
Postfach 4064  
39015 Magdeburg

E-Mail: [postmaster@institut-biota.de](mailto:postmaster@institut-biota.de)

