

# Analyse und Bewertung von Ökosystemfunktionen und -leistungen großer Flussauen

Dietmar Mehl (Bützow), Mathias Scholz, Christiane Schulz-Zunkel, Hans Dieter Kasperidus (Leipzig), Wanda Born (Potsdam) und Thomas Ehlert (Bonn)

## Zusammenfassung

Der Beitrag stellt zusammenfassend Ergebnisse einer bundesweiten Analyse und Bewertung von vier zentralen Ökosystemfunktionen und -leistungen großer Flussauen vor, die andernorts ausführlich als Studie veröffentlicht wurden. Erstmals wurden die vier Auenfunktionen (1) Hochwasserretention, (2) Nährstoffrückhalt, (3) Kohlenstoffvorrat/Treibhausgasemissionen und (4) Habitatfunktion mit Hilfe spezifischer Methoden als Ökosystemleistungen abschätzend quantifiziert und soweit möglich monetär in Wert gesetzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass nur intakte Flusslandschaften ökologisch funktionsfähig sind und dabei auch erhebliche ökonomische Vorteile für die Gesellschaft mit sich bringen. Die 79 untersuchten Flussauen besitzen durch ihre noch in das Überschwemmungsregime einbezogenen Flächenanteile (rezente Auen) beispielsweise ein aktuelles Gesamtpotenzial für den Rückhalt von Stickstoff von bis zu 42.000 t/a und für den Phosphorrückhalt von bis zu 1.200 t a/a. Dies entspricht einem Wert an Reinigungsleistung von ca. 500 Mio. Euro pro Jahr. Damit wird vor allem deutlich, welches enorme Potenzial in Maßnahmen zur Verbesserung des Auenzustandes, insbesondere im Hinblick auf eine Rückgewinnung von naturnaher Überschwemmungsfläche liegt. Die Bewertung der Ökosystemfunktionen und -leistungen von Flussauen erfährt daher gerade im Hinblick auf die Umsetzung europäischer Richtlinien des Gewässer-, Hochwasser- und Naturschutzes sowie im Hinblick auf die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt eine große Bedeutung.

**Schlagwörter:** Aue, Ökosystemleistung, Hochwasser, Nährstoffrückhalt, Treibhausgas, Habitat, Moor

DOI: 10.3243/kwe2013.09.001

## Abstract

### Analysis and Assessment of Ecosystem Functions and Goods and Services of large Floodplains

The paper summarizes the results of a nation-wide analysis and assessment of four central ecosystem functions and goods and services provided by large floodplains; a complete study is published elsewhere. For the first time, the four functions of large floodplains, i.e. (1) flood retention, (2) nutrient retention, (3) carbon storage/greenhouse gas emissions and (4) habitat function were quantified as ecosystem services by using specific methods and were assigned monetary values, as far as possible. Results show that only intact stream landscapes are ecologically viable and they provide considerable economic benefits for society. Thanks to those sections that are also included in the flood regime (extant floodplains) the 79 floodplains under review, for example, offer a total retention potential of up to 42,000 t a/a of nitrogen and of up to 1,200 t a/a for phosphorus. This corresponds to a purifying capacity of approx. 500 million € per year. This illustrates above all the tremendous potential of measures to improve the status of floodplains, in particular with a view to the recovery of near-natural inundation areas. The assessment of the ecosystem functions and services of floodplains is of great importance, above all with a view to the implementation of the European Directives on water bodies, flood control, and nature protection and the national biological diversity strategy.

**Key words:** flood plain, ecosystem service, flood, nutrient retention, greenhouse gas, habitat, swamp

## 1 Vorwort

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) wurden vier wichtige Ökosystemfunktionen bzw. -leistungen der Flussauen analysiert und bewertet: Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat/Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. Methodik und Ergebnisse sind als umfangreiche Studie veröffentlicht worden [1]. Die räumliche Kulisse bildeten dabei die Auen von 79 Flüssen in Deutschland an ca. 10.000 km Fließge-

wässerstrecke, die bereits in früheren Vorhaben des BfN ermittelt und bewertet wurden [2, 3].

Nachfolgend soll ein zusammenfassender Überblick zur Studie gegeben werden, auch und vor allem um auf den möglichen Beitrag entsprechender Erkenntnisse im Gewässerschutz hinzuweisen. Neben den wasser(güte)wirtschaftlichen Kriterien für die Gewässer sowie der Bewertung des chemischen und ökologischen Zustandes sollte deshalb auch der Wert der Ökosystem-

Leistungen der Gewässer und ihrer Auen für Bewertungen und Entscheidungsfindungen stärker in den Fokus rücken [4].

## 2 Einleitung

### 2.1 Ökosystemfunktionen und Ökosystemleistungen

Ökosystemfunktionen lassen sich danach unterscheiden, ob „sie alleine zur Sicherung der Existenz der Prozesse innerhalb des Ökosystems und zu dessen Entwicklung einen Beitrag leisten – dann sind es Ökosystemfunktionen – oder ob durch diese Funktionen auch Nutzen für den Menschen generiert werden – dann handelt es sich um ökologische (Dienst-)Leistungen. Dabei ist es möglich, dass mehrere Ökosystemleistungen aus einer Ökosystemfunktion entstehen, aber auch für nur eine Ökosystemleistung können teils mehrere Ökosystemfunktionen erforderlich sein“ [5].

Das Konzept der Ökosystemleistungen (engl. ecosystem services) wurde entwickelt, um die enorme Vielzahl an Leistungen systematisch zu erfassen [6]. Es soll helfen, die Vor- und Nachteile der durch Änderungen der Landnutzung und der Bewirtschaftung hervorgerufenen Folgen für die Gesellschaft umfassender abzuschätzen, indem auch eine ökonomische Bewertung von Ökosystemleistungen eingesetzt werden kann.

Der Begriff der Ökosystemleistungen erhielt vor allem durch das Millennium Ecosystem Assessment [7] internationale Aufmerksamkeit. Im Focus stehen insbesondere Dienstleistungen von Ökosystemen und der Biodiversität, die dem Wohlergehen des Menschen dienen. Das Millennium Ecosystem Assessment stellt eine Grundkonzeption für die Beziehungen zwischen multifunktionalen Landschaften bzw. Ökosystemen und menschlichem Wohlbefinden dar, um die globale Erhaltung der Biodiversität zu unterstützen.

### 2.2 Hintergrund in Flussauen

Die Zielkonflikte zwischen dem Erhalt der Biodiversität in Gewässern und Auen und der wirtschaftlichen Nutzung und intensiven Inanspruchnahme der Güter und Dienstleistungen dieser Ökosysteme durch den Menschen sind ein weltweit zu beobachtendes Phänomen [7]. So bieten die Auenlandschaften der Flüsse dem Menschen eine bemerkenswerte Vielfalt und Fülle von natürlichen Funktionen und Dienstleistungen, die in dieser Art und Weise von keinem anderen Ökosystem im mitteleuropäischen Raum geleistet werden (z. B. [8]). Diese Ökosystemfunktionen in Auen sind als besondere Leistungen der Natur innerhalb des Naturschutzes und der Wissenschaft bereits weitreichend erkannt. So können Auen, die dem natürlichen Wechsel von Trockenfallen und Überflutung unterliegen, ihre Funktion als Räume zur Hochwasserrückhaltung, als Grundwasserreservoir, als Filter für Sedimente und gelöste Nähr- bzw. Schadstoffe, als lebendige Kohlenstoffspeicher, als Erholungsraum und als natürliche Lebensräume für hoch spezialisierte Pflanzen- und Tierarten besser erfüllen als Auenbereiche, die vom Hochwasserregime abgeschnitten sind. Der gesellschaftliche Mehrfachnutzen der Auen kann dauerhaft jedoch nur dann erbracht werden, wenn die Funktionsfähigkeit im Naturhaushalt langfristig erhalten wird.

Die vielfältige Nutzung von Flüssen und ihren Auen durch den Menschen hat zu erheblichen Beeinträchtigungen geführt. An den großen Flüssen in Deutschland stehen heute nur noch ca.

30 Prozent der ursprünglichen Überschwemmungsflächen zur Verfügung [3]. Dieser Verlust an Retentionsraum, der oftmals aus Gründen des lokalen Hochwasserschutzes erfolgte, hatte häufig unbeabsichtigte Nebeneffekte, wie z. B. die Verschlechterung des überregionalen Hochwasserschutzes sowie den Verlust anderer wertvoller Ökosystemleistungen. Dennoch sind die noch verbliebenen naturnahen Flüsse und Flussauen nationale „Hot Spots“ der Artenvielfalt, die es zu schützen und zu entwickeln gilt.

Von der großen Bandbreite relevanter Auenfunktionen und Ökosystemleistungen wurden für das Vorhaben vier Funktionen ausgewählt, die aktuell besonders im gesellschaftlichen Diskussionsprozess stehen:

- Hochwasserretention,
- Nährstoffrückhalt,
- Kohlenstoffvorrat und Minderung der Treibhausgasemissionen,
- Habitatfunktion.

## 3 Grundlagen und Methoden

Das Vorhaben baut auf Datengrundlagen und Ergebnissen von zwei durch das Bundesamt für Naturschutz geförderten Vorgängerprojekten auf: „Bilanzierung der Auen und Überschwemmungsgebiete“ und „Zustandsbewertung der Fluss- und Stromauen in Deutschland“ [3]. Insgesamt wurde eine Fläche von rund 15.000 km<sup>2</sup> an 79 Flüssen (Altaue, rezente Aue und Fluss) betrachtet.

Für die einzelnen Auenfunktionen wurden Methoden entwickelt, die eine überregionale Einschätzung der Hochwasserretention, des Nährstoffrückhaltes, des Kohlenstoffvorrates, der Treibhausgasemissionen und des Beitrages der Flussauen zum Erhalt der biologischen Vielfalt ermöglichen. Die Analyse und Auswertung erfolgte in Anlehnung an [3] für die 1-km-Auensegmente auf Grundlage bundesweiter und flächendeckender Datensätze. Für die Berechnung der Auenfunktionen wurden verschiedene, in Geographischen Informationssystemen (GIS) vorliegende Merkmale miteinander verknüpft. Wesentliche Auenprozesse lassen sich nur mit hoch auflösenden Daten darstellen. So ist die für Auen typische Vielfalt von der Geländetopographie, den Überschwemmungshäufigkeiten, Grundwasserflurabständen, Bodenformen und Landnutzungen abhängig, die den kleinräumigen Wechsel unterschiedlicher Standorte und Lebensräume bestimmen. Detaillierte Informationen sind für eine deutschlandweite Bearbeitungskulisse nicht verfügbar. Aufgrund der verfügbaren Eingangsdaten mussten zahlreiche, bei solchen Skalenebenen übliche Verallgemeinerungen und Aggregierungsschritte vorgenommen werden. Werden die Flächen im Detail mit räumlich hoch auflösenden Daten betrachtet, so ist mit einer starken Streuung der Ergebnisse zu rechnen. Diese Diskrepanz muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. In einigen Gebieten wurden die bundesweiten Abschätzungen durch Literaturstudien oder Fallstudien auf ihre Plausibilität überprüft. Die Ergebnisse stellen somit die generelle Situation dar, die eine bundesweite Potenzialabschätzung ermöglicht. Sie sind Grundlage für programmatische und strategische Entscheidungen auf Bundes- und Landesebene. Für detaillierte Beurteilungen und planerische Aussagen müssen ergänzende Informationen herangezogen werden.

Soweit es möglich war, wurde ausgehend von der Quantifizierung der einzelnen Ökosystemfunktionen eine ökonomische

Bewertung des Nutzens der damit verbundenen Ökosystemleistungen vorgenommen. Die monetäre Bewertung der Nährstoffretention der Auen greift auf die Ersatzkostenmethode zurück. Die ökonomische Bewertung der Treibhausgasemissionen wurde mittels Marktpreisen und Schadenskosten ermittelt. Aufgrund der großen Unsicherheit in der Beziehung von Schadenspotenzial und dem tatsächlichen Schaden im Überflutungsfall, ist auf eine Monetarisierung der Ökosystemfunktion Hochwasserretention verzichtet worden. Vielmehr erfolgte hier eine Abschätzung der Vermögenswerte der Siedlungsflächen innerhalb der Flussauen.

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Hochwasserretention

Die Hochwasserretention der verbliebenen rezenten Auen ist im Hochwasserfall die wichtigste Ökosystemleistung für die entlang von Flüssen lebenden Menschen. Die Bestandserfassung der Flussauen hat eindrücklich vor Augen geführt, dass nur noch ein Drittel aller Auenflächen überflutet werden können und diese Hochwasserschutzfunktion erfüllen [3]. Allerdings stoßen die Hochwasserschutzsysteme und die verbliebenen Retentionsräume bei extremen Abflüssen immer wieder auch an ihre Grenzen, wie die großen Hochwasserereignisse an Rhein, Oder, Donau und Elbe in den letzten 20 Jahren gezeigt haben.

Um eine Aussage zur Hochwasserretention für die Flussauen zu erhalten, wurde ein qualitatives Schätzverfahren angewandt, das den Grad des anthropogenen Retentionsverlustes ermittelt [9, 10]. Der hydraulisch begründete Auenretentionsverlust beschreibt das Verhältnis der Retentionsvolumina von rezenter und morphologischer Aue und bezieht neben der Fläche auch die Rauigkeit mit ein. Die deutschlandweite Analyse des Auenretentionsverlustes ergab, dass 9 Prozent der Flächen einen sehr geringen Verlust der Auenretention aufweisen, 21 Prozent einen geringen und 27 Prozent einen deutlichen Verlust. Für 29 Prozent der rezenten Flussauen wurde ein hoher und für 14 Prozent ein sehr hoher Verlust festgestellt (Abbildungen 1 und 2). Somit weisen 70 Prozent der Flussauen nur noch eine deutlich eingeschränkte bis keine Retentionsleistung im Hochwasserfall auf. Gleichzeitig liegen in den durch Deiche geschützten Altauen der betrachteten Flüsse Vermögenswerte von 267 Mrd. Euro. Der Anteil der Vermögenswerte in der rezenten Aue ist mit 35 Mrd. Euro vergleichsweise gering. Insgesamt liegen Vermögenswerte in Höhe von 302 Mrd. Euro in den betrachteten deutschen Flussauen. Allein für den Rhein wurden Vermögenswerte von 75 Mrd. Euro ermittelt. Bei einem extremen Hochwasser ( $>HQ_{100}$  bzw.  $HQ_{500}$ ) besteht nach Berechnungen der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins das Risiko von Sachschäden in einer Höhe von 34 Mrd. Euro [11]. Insbesondere der Verlust weitläufiger Überschwemmungsflächen, der an den großen Strömen in Deutschland bei 75 bis 90 Prozent liegt, zeigt die Notwendigkeit der Wiederherstellung von Retentionsflächen, beispielsweise durch Rückdeichungen auf.

### 4.2 Nährstoffrückhalt

Die Retention und Akkumulation von Sedimenten und Nährstoffen aus den Fließgewässern ist eine weitere wichtige Ökosystemfunktion in Auen für die Regulation der Biomasseproduktion

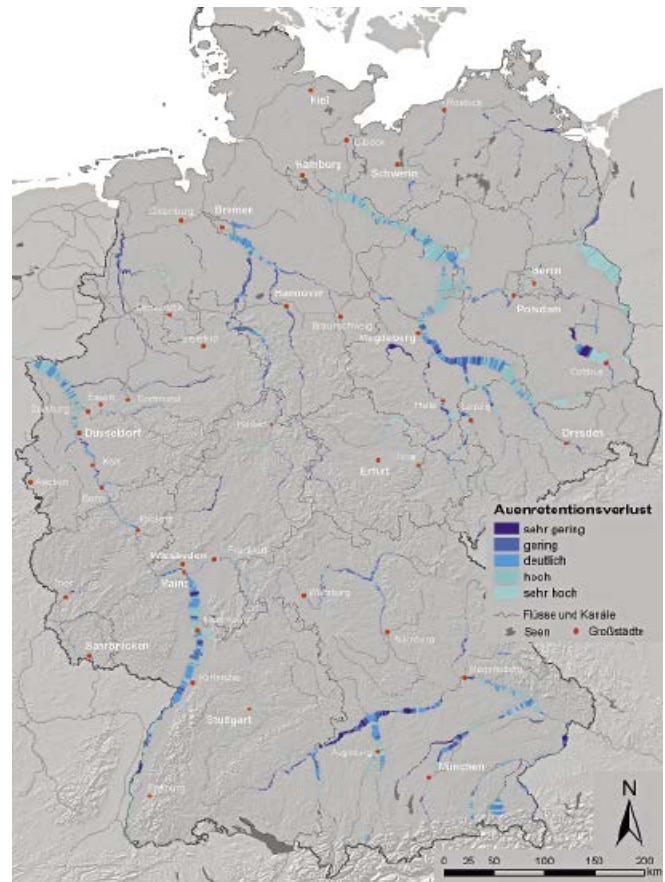


Abb. 1: Verlust der Retentionsfähigkeit durch menschliche Eingriffe (Auenretentionsverlust), Darstellung aus [1]

und nicht zuletzt für die Verbesserung der Wasserqualität der Flüsse (im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie) sowie für den Schutz der Meeresumwelt (Meeresschutz-Richtlinie). Wesentliche ökosystemare Prozesse, auf denen der Nährstoffrückhalt in Auen basiert, sind im Stickstoffkreislauf die Denitrifikation und im Phosphorhaushalt die Sedimentation. Beide Prozesse hängen maßgeblich von den hydrologischen Verhältnissen der untersuchten Standorte ab, die sich allerdings auf einer bundesweiten Skalenebene nur sehr vereinfacht darstellen lassen. Nach der Methode von [12] wurden für Bodentypen nach der Bodenübersichtskarte (BÜK1000) sowie für Gewässer Denitrifikationsraten zugeordnet und somit der Stickstoffrückhalt in Auen ermittelt. Der Phosphorrückhalt wurde über Sedimentationsraten abgeleitet, die auf Rauigkeitsbeiwerten und aus der Literatur abgeleiteten Faustzahlen basieren.

Insgesamt weisen die 79 Flussauen ein Gesamtpotenzial für den Stickstoffrückhalt von bis zu 41.860 t N/a in der rezenten Aue auf. Das Stickstoffretentionspotenzial der größten Flussauen ist in Abbildung 3 dargestellt. Der durchschnittliche Stickstoffrückhalt im Fluss-Auen-Ökosystem beträgt bis zu 14 Prozent der jährlich in den Flüssen transportierten Stickstofffracht, wobei davon ca. fünf Prozent auf die Reinigungsleistung im Fluss selber und weitere ca. sieben bis neun Prozent auf die rezente Aue entfallen. Die Berechnungen für die Phosphorretention haben unter den aktuellen Ausdehnungen der rezenten Auen und Flächennutzungen einen Rückhalt von 1.200 t P/a ergeben, was einem mittleren prozentualen Anteil von ca. elf Prozent an der jährlich transportierten Fracht in deutschen Flüssen entspricht. Darüber hinaus halten die ufernahen Berei-

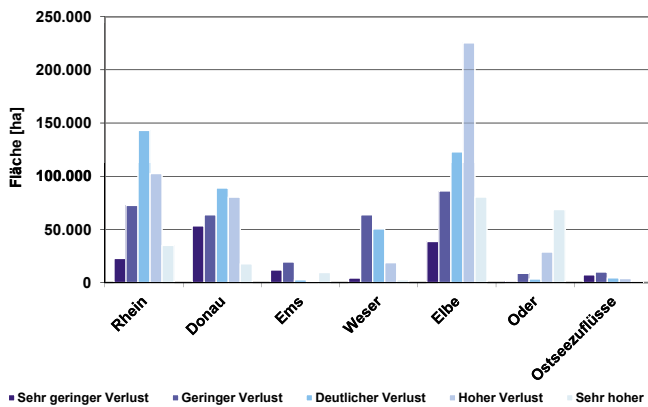


Abb. 2: Auenretentionsverlust nach Flusseinzugsgebieten bezogen auf die morphologische Aue (15.535 km<sup>2</sup>) an 79 Flüssen in Deutschland, Darstellung aus [1]

che im Mittel nochmals knapp drei Prozent der Phosphorfracht zurück. Für die Elbe wurde auf Grundlage ereignisbezogener Messwerte eine jährliche P-Retention durch Sedimentation bei Hochwasser von bis zu 48 Prozent der mittleren jährlich transportierten Fracht ermittelt, was die große Bedeutung der Ausuferung von Flüssen für den Phosphorrückhalt unterstreicht. Auenböden wirken in Bezug auf den Nährstoffrückhalt als wichtige Stoffsenken in der Landschaft.

Eine Monetarisierung wurde mittels Grenzkostenberechnung durchgeführt. Die Grenzkosten liegen bei landwirtschaftlichen Strategien für Stickstoff bei 6 Euro/kg N und für Phosphor bei 60 Euro/kg P. Für die ermittelten Retentionspotenziale von Fluss und rezenten Flussauen liegt der Nutzen bei bis zu 451 Mio. Euro pro Jahr für den Stickstoffrückhalt und bei 89 Mio. Euro pro Jahr für den Phosphorrückhalt.

### 4.3 Kohlenstoffvorrat und Treibhausgasemissionen

Vor allem die organischen Moorböden in den Auenlandschaften sind in der Lage, auf natürliche Weise große Mengen an klimarelevanten Treibhausgasen wie Kohlendioxid zu binden. Aufgrund von intensiver Landnutzung und Entwässerungsmaßnahmen haben sie häufig ihre natürliche Funktion als Kohlenstoffsenke verloren und stellen nun weltweit eine bedeutende Quelle für Treibhausgase dar (z.B. [13]). Dies trifft insbesondere für die Niederungslandschaften Nordostdeutschlands mit überwiegend Moorböden zu. Auch mineralische Auenböden, die den weitaus größten Anteil der Böden der rezenten Flussauen in Deutschland ausmachen, weisen im Vergleich zur umgebenden Landschaft hohe Kohlenstoffvorräte auf. In Verbindung mit dem in der oberirdischen Biomasse gebundenen Kohlenstoff von Auenwäldern werden Werte erreicht, die weit über denen anderer Waldökosysteme liegen.

Der errechnete Kohlenstoffvorrat der Böden der rezenten Flussauen ergibt insgesamt 157 Mio. t Kohlenstoff (entspricht 549 Mio. CO<sub>2</sub> e (e = Äquivalent)), wobei den organischen Böden der Hoch- und Niedermoore aufgrund des hohen organischen Anteils der größte Anteil mit 70 Prozent (109 Mio. t C) zukommt. Für die mineralischen Auenböden und Gleye wurden 41 Mio. t C (entspricht 26 Prozent) errechnet. Für Auenwälder in den rezenten Flussauen auf Auenböden/Gleye wurde ein Gesamtvorrat von 8,6 Mio. t C an oberirdischem Kohlenstoff berechnet. Verrechnet mit dem unterirdischen Bodenvor-

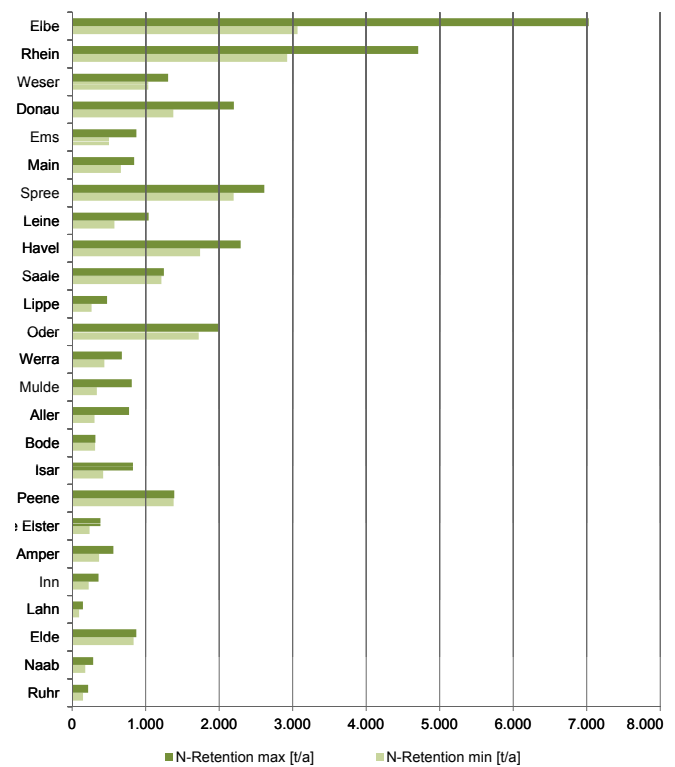


Abb. 3: Stickstoffretentionspotenzial in den 25 flächenmäßig größten Flussauen in t/a; dargestellt ist der Maximalwert (dunkelgrün) und der Minimalwert (hellgrün) der errechneten Spanne des Denitrifikationspotenzials in der rezenten Aue, Darstellung aus [1]

rat (6,8 Mio. t) ergibt sich für Auenwälder somit ein Gesamtvorrat von 15,4 Mio. t C (entspricht 56,5 Mio. t CO<sub>2</sub> e). Aufgrund des erheblichen Einspeicherungspotenzials an Kohlenstoff sollte die Neubegründung von Auenwäldern als Kohlenstoffsenke verstärkt in die Klimadiskussion eingebracht werden.

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen für Moore innerhalb der morphologischen Flussauen erfolgte auf Grundlage der Geologischen Übersichtskarten (GÜK200). 6,7 Prozent (1.312 km<sup>2</sup>) der morphologischen Auen werden von organischen Böden (Niedermoor-, Anmoor- und Hochmoorböden) eingenommen. Für diese Fläche wurde eine Freisetzung von 2,53 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Jahr nach der Methode von [14] bzw. modifiziert nach [15] errechnet (Tabelle 1). Dies entspricht dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, den 1.265.750 Autofahrer mit ihrem PKW jährlich erzeugen. Durch Renaturierungsmaßnahmen, Wiedervernässungen und angepasste Bewirtschaftung ließe sich folglich eine erhebliche Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen. Um die Treibhausgasemissionen in einen monetären Wert umzuwandeln, wurde zum einen der Marktpreis genutzt, zu dem ein Marktteilnehmer an der Börse in der Lage ist, den Ausstoß von einer Tonne CO<sub>2</sub> zu kompensieren. Dieser Marktpreis lag im Jahr 2011 im Mittel bei 13,82 Euro/t CO<sub>2</sub>. Zum anderen wurde mit Schadenskosten von 70 Euro/t CO<sub>2</sub> gerechnet, die externe Umweltkosten, wie z. B. von Luftschadstoffen verursachte Gebäudeschäden, beinhaltet. Bezogen auf die Moorböden in Flussauen belaufen sich die Kosten der jährlichen Freisetzung von 2,53 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten auf 35 Mio. Euro pro Jahr (Marktpreis) bzw. 177 Mio. Euro pro Jahr bei der Verwendung von Schadenskosten.



Bundesland	Fläche (ha)	Fläche (%)	CO <sub>2</sub> e (t a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> e (%)
Baden-Württemberg	5.501	4,2	106.976	4,2
Bayern	15.363	11,7	312.225	12,3
Berlin	1.716	1,3	29.010	1,1
Brandenburg	52.285	39,8	1.029.930	40,7
Bremen	1.308	1,0	24.841	1,0
Hessen	1.240	0,9	27.938	1,1
Mecklenburg-Vorpommern	25.607	19,5	422.961	16,7
Niedersachsen	10.327	7,9	208.144	8,2
Nordrhein-Westfalen	1.664	1,3	29.291	1,2
Rheinland-Pfalz	308	0,2	3.920	0,2
Sachsen	107	0,1	1.684	0,1
Sachsen-Anhalt	15.350	11,7	327.427	12,9
Schleswig-Holstein	415	0,3	6.780	0,3
Thüringen	16	0,0	390	0,0
<b>Gesamt</b>	<b>131.207</b>	<b>100,0</b>	<b>2.531.517</b>	<b>100,0</b>

Tabelle 1: Flächengröße und Treibhausgasemissionen von Moorböden in Flussauen nach Bundesländern

**4.4 Biologische Vielfalt (aumentypische Arten- und Lebensraumvielfalt)**

Deutschlandweit hat der Verlust an aumentypischen Lebensräumen und Arten dramatische Ausmaße angenommen [16], was als eine Folge des Verlustes an Überschwemmungsflächen, intensiven Landnutzungen und Eingriffen in die Hydromorphologie der Fließgewässer zu betrachten ist. Nur elf Prozent der rezenten Flussauen besitzen eine geringe bis sehr geringe Nutzungsintensität, aber über die Hälfte werden intensiv bis sehr intensiv genutzt. Zahlreiche Flüsse und Auen werden durch Querbauwerke gestaut und hinsichtlich ihrer Habitatfunktion eingeschränkt. Dennoch besitzen die verbliebenen rezenten Auen für die Biodiversität in Deutschland einen hohen Wert mit einer Vielzahl an bundesweit geschützten Arten und Lebensräumen. So weisen Hartholz-Auenwälder eine doppelt so hohe Brutvogeldichte wie Wirtschaftswälder auf und eine zehnmal höhere Siedlungsdichte wie Grün- und Ackerland. Insgesamt sind etwa 50 % der rezenten Flussauen in Deutschland Teil des Natura 2000-Netzes, 75 Prozent aller 1-km-Auensegmente haben Anteil am europäischen Schutzgebietssystem. Die Verbreitung und der Erhaltungszustand von Hartholz-Auenwäldern ist in Abbildung 4 dokumentiert. Der Flächenanteil aller betrachteten FFH-Lebensraumtypen in Flussauen summiert sich auf 132.400 ha, was neun Prozent der morphologischen Auen entspricht. Den größten Flächenanteil besitzen magere Flachland-Mähwiesen (LRT 6510), Erlen-Eschen-Auenwälder und Weiden-Auenwälder (LRT 91E0), natürlich eutrophe Seen mit Verlandungsvegetation (LRT 3150) und Hartholz-Auenwälder (LRT 91F0).

Aus der Verknüpfung von bundesweit vorliegenden Merkmalen zum Flächenanteil an Natura 2000-Gebieten sowie Feuchtlebensräumen und geschützten Biotopen, zur Landnutzungsintensität und zu Rückstaubereichen wurde die sogenannte „Habitatfunktion“ ermittelt. Sie stellt eine Maßzahl für eine aumentypische Arten- und Lebensraumvielfalt der Kulturlandschaft dar. Der zusammenfassende Überblick ergab, dass deutschlandweit vier Prozent der noch verbliebenen Überschwemmungsauen eine sehr hohe Bedeutung

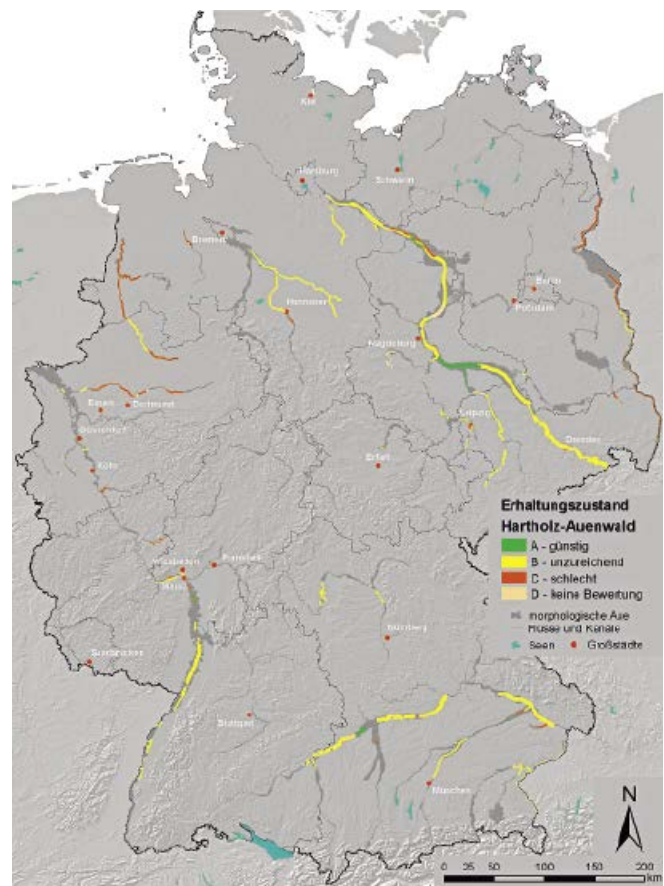


Abb. 4: Verbreitung und Erhaltungszustand von Hartholz-Auenwäldern (LRT 91F0) in FFH-Gebieten der Flussauen

für aumentypische Arten- und Lebensräume aufweisen. 27 Prozent der rezenten Flussauen erreichten eine hohe und 22 Prozent eine mittlere Bedeutung. Für 47 Prozent der rezenten Flussauen konnte derzeit eine geringe bzw. sehr geringe Bedeutung als Lebensraum aumentypischer Biozöosen festgestellt werden. Sehr gut und gut bewertete Bereiche sind in allen Einzugsgebieten anzutreffen, insbesondere an frei fließenden

Flussabschnitten mit noch breiten rezenten Auen. Allerdings sind diese häufig stark fragmentiert, so dass insgesamt ein großer Bedarf für Maßnahmen des Biotopverbundes und für eine naturnahe Entwicklung von Flussauen besteht.

## 5 Szenarien künftiger Auenentwicklung

In vielen planungsorientierten Wissenschaftsdisziplinen werden in zunehmendem Maße Szenarien als Instrument eingesetzt, um die Effekte zukünftiger Entwicklungen aufzuzeigen. Die Ausgestaltung von Szenarien erfolgt im Lichte vergangener Entwicklungen sowie aktueller Entwicklungstrends bzw. bildet fiktive Zustände ab. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge und der prinzipiellen Unvorhersagbarkeit von interagierenden Systemen ist dies ein generell schwieriger Prozess, der umfangreiche systematische Ursache-Wirkungsanalysen sowie Trendanalysen der wichtigsten Systemparameter erforderlich macht. Um dennoch Szenarien im Rahmen dieser Studie einsetzen zu können, wurde ein vereinfachter Ansatz für die Entwicklung der Szenarien angewendet. Dazu sind generelle Annahmen gemacht worden, die aufgrund des aktuellen Kenntnisstandes plausibel erscheinen. Die Annahmen wurden so gestaltet, dass sie prinzipiell auf die Gesamtheit der Flussauenkulisse angewendet werden konnten und gleichzeitig für einen Kommunikationsprozess nachvollziehbar sind. Bei einer regionalen oder auch lokalen Betrachtung mit höherer Detailschärfe der Eingangsinformationen zu den einzelnen Funktionen können die Analysen von den hier dargestellten Ergebnissen abweichen. Obwohl versucht wurde, die räumlichen Bezüge in den Szenarien so weit wie möglich zu berücksichtigen, können aufgrund der hoch aggregierten Eingangsdaten die getroffenen Abschätzungen nur für die Gesamtkulisse gemacht werden. Auch war es nicht möglich, in den einzelnen Szenarien alle Funktionen zu berechnen.

Für die Berechnung der Auenfunktionen der unten genannten Szenarien wurden, soweit möglich, die vorher entwickelten Herangehensweisen verwendet. Das Ziel der Szenarienbetrachtung ist es, Veränderungen bezogen auf die Gesamtkulisse

deutlich zu machen bzw. den aktuellen Zustand mit einem Naturzustand als Referenz zu vergleichen, um den Verlust einzelner Auenfunktionen einordnen zu können.

Folgende Entwicklungsvarianten der Auen wurden für eine Szenariendarstellung gewählt:

- 1) Ist-Zustand – richtet sich an den vorherigen Ergebnissen aus.
- 2) „Biologische Vielfalt 2020“ – in Anlehnung an die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung [17]: zehn Prozent mehr Überflutungsauen, angepasste Nutzungen und 20 Prozent natürliche Entwicklung von Moorstandorten.
- 3) Referenzzustand – ein Landschaftskonstrukt nach [18] für die gesamte morphologische Aue, das das typspezifische, heutige Naturpotenzial des Auenökosystems beschreibt.

Im Szenario „Biologische Vielfalt 2020“ wird von einem Zuzug von 46.000 ha neuen Überflutungsauen ausgegangen, was eine deutliche Aufwertung und Neuschaffung von Auenlebensräumen bedeuten würde. Der Nährstoffrückhalt würde um ca. 20 Prozent für die Stickstoff- und die Phosphorretention gesteigert. Insbesondere die Moorböden in den Flussauen tragen zu einer erheblichen Reduzierung der Treibhausgasemissionen von insgesamt 848.500 t CO<sub>2</sub> e bei, was einer Verringerung um 34 Prozent im Vergleich zum Ist-Zustand entspricht.

Mit Szenario „Referenzzustand“ war es möglich, die Ökosystemleistungen im aktuellen Zustand mit einem naturnahen Referenzzustand zu vergleichen. Die meisten natürlichen und naturnahen Auenlebensräume nehmen in heutigen Flussauen nur noch einen sehr geringen Anteil ein und sind Relikte einer ehemals hoch diversen Naturlandschaft. Allein die Waldbedeckung ist um mehr als 83 Prozent innerhalb der morphologischen Aue zurückgegangen, ehemals hoch dynamische vegetationslose bzw. mit Pioniervegetation bestandene Standorte um 99 Prozent oder Auengewässer um mehr als 50 Prozent. Der Vergleich von Ist-Zustand und Referenzzustand zeigt, in welchem Ausmaß ein Verlust an natürlichen Lebensräumen und von Auenfunktionen in den Flussauen stattgefunden hat. Der Verlust liegt für die Hochwasserretention bei 65 Prozent, für den Nährstoffrückhalt bei 80 Prozent und für den Treibhausgasrückhalt bei 74 Prozent in organischen Böden sowie bei 80 Prozent für den Kohlenstoffspeicher in der oberirdischen Biomasse, die ursprünglich in Auenwäldern eingelagert wurde [1].

Das Szenario „Biologische Vielfalt 2020“ zeigt, dass durch die Wiederherstellung von Überschwemmungsflächen eine naturnahe Gewässer- und Auenentwicklung und auenangepasste Nutzungen ein Teil des Verlustes an Biodiversität und Auenfunktionen rückgängig gemacht werden kann und die Wohlfahrtswirkungen der Ökosystemleistungen wieder steigen.

## Zusammenfassung und Ausblick

In der hier im Überblick vorgestellten Studie [1] wurden die Funktionen und der Wert der Auen mit einem Spektrum an methodischen Herangehensweisen ermittelt und bewertet und aus naturschutzfachlicher, ökologischer und ökonomischer Perspektive diskutiert. Dadurch konnten Ergebnisse zu Ökosystemleistungen von Flussauen generiert werden, wie sie in landschaftsökologischen und ökonomischen Studien in Deutschland bisher nicht vorliegen bzw. aufgrund ihrer aufwändigen

### Unser Expertentipp



Seminar  
**Ökologische Baubegleitung**  
20.02.2014 in Hannover  
€ 310,00/€ 260,00

für DWA-Mitglieder



Merkblatt DWA-M 607  
**Altgewässer – Ökologie, Sanierung und Neuanlage**  
Juni 2010,  
83 Seiten, DIN A4,  
ISBN 978-3-941897-25-0  
€ 62,00/€ 49,60<sup>\*)</sup>



Merkblatt DWA-M 619  
(Entwurf)  
**Ökologische Baubegleitung bei Gewässerunterhaltung und -ausbau**  
Mai 2012,  
58 Seiten, DIN A4,  
ISBN 978-3-942964-36-4  
€ 63,00/€ 50,40<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup> für fördernde DWA-Mitglieder

Quantifizierung meist nicht ökonomisch bewertet wurden. Insgesamt konnten vier Ökosystemfunktionen quantifiziert und für zwei Funktionen ein ökonomischer Nutzen ermittelt werden – Stickstoff- und Phosphorretention sowie Kohlenstoffsenke. Anschließend wurde untersucht, wie sich diese Auenfunktionen unter den Annahmen und Bedingungen unterschiedlicher Szenarien in ihrer Ausprägung verändert haben bzw. sich verändern würden. Es konnte gezeigt werden, dass sich Auen-schutz und -entwicklung nicht nur aus Sicht des Naturschutzes lohnt, sondern deutliche Synergien mit Zielen des Hochwasserschutzes, der Wasserrahmenrichtlinie oder des Klimaschutzes bestehen. Insgesamt unterstreichen die hohen Werte der vier betrachteten Ökosystemleistungen gerade in der rezenten Aue, welchen hohen gesellschaftlichen Gesamtwert dem immer knapper werdenden Gut Überflutungs-aue zukommt.

Mit den Ergebnissen ist eine umfangreiche Grundlage für die Darstellung und Bewertung von Ökosystemleistungen in Flussauen auf einer deutschlandweiten flächenbezogenen Datenbasis geschaffen, die als Ausgangspunkt für weiterführende Entwicklungen und Analysen auf diesem Gebiet zu verstehen ist.

Weiterhin lassen sich aus den gewonnenen Erkenntnissen Empfehlungen für den weiteren Schutz der Auen z. B. im Rahmen von Schutz- und Entwicklungsprogrammen des Bundes und der Länder ableiten. Diese fokussieren aus der Sicht des Naturschutzes und im Hinblick auf eine Förderung auenangepasster Nutzungen auf eine nachhaltige Entwicklung der Flussauen in Deutschland und ihrer auentypischen Lebensräume und die damit verbundene Sicherung und Förderung einer entsprechenden Artenvielfalt. Allerdings ist zur konkreten Umsetzung generell eine Untermauerung durch verbesserte Eingangsdaten und durch fallbezogene Studien und Messprogramme unabdingbar.

**Literatur**

[1] M. Scholz, D. Mehl, C. Schulz-Zunkel, H. D. Kasperidus, H. D., W. Born, K. Henle: *Ökosystemfunktionen in Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Treibhausgas-Senken-/Quellenfunktion und Habitatfunktion*, Schriftenr. Naturschutz und biologische Vielfalt 124, 257 S., 2012.

[2] T. Ehlert, B. Neukirchen: *Zustand und Schutz der Flussauen in Deutschland*, Natur und Landschaft 87 (4), S. 161–167, 2012.

[3] E. Brunotte, E. Dister, D. Günther-Diringer, U. Koenzen, D. Mehl: *Flussauen in Deutschland. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes*, Schriftenr. Naturschutz und biologische Vielfalt 87, 141 S. + Kartenband, 2009.

[4] D. Mehl: *Technische Maßnahmen im Gewässerschutz zum Schutz von Ökosystemleistungen – Ansatzpunkte für ökonomische Bewertungen*, BfN-Skripten 319, S. 30–40, 2012.

[5] B. Hansjürgens: *Bewertung von Wasser in Landschaften – Konzepte, Ansätze und Empfehlungen*, achatech Materialien Nr. 8, München, 2011.

[6] TEEB: *The Economics of Ecosystems & Biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB* [http://www.teebweb.org/Portals/25/TEEB%20Synthesis/TEEB\\_SynthReport\\_09\\_2010\\_online.pdf](http://www.teebweb.org/Portals/25/TEEB%20Synthesis/TEEB_SynthReport_09_2010_online.pdf), 2010.

[7] MA: *Millennium Ecosystem Assessment 2005*. General Synthesis Report, World Resources Institute, Washington, DC, 2005.

[8] E. Maltby, C. J. Baker, T. Barker, U. Digby, U., D. V. E. Hogan, R. J. McInnes, K. H. Bishop, M. S. A. Blackwall, B. Clément, D. Papadimos, M. Scholz, C. Schulz-Zunkel, M. Seferlis, J. Tellam, J. T. A. Verhoeven, M. L. Verhoeven: *Functional Assessment of Wetlands. Towards evaluation of ecosystem services*, CRC Press, Boston, 2009.

[9] D. Mehl, T. G. Hoffmann, M. Weiland, C. Mühlner: *HYDREG – Ein Verfahren zur Natürlichkeitsbewertung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper gemäß EU-WRRL. 1. Hintergrund, Zielstellung und Grundlagen*, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 3 (6), S. 300–304, 2010.

[10] T. G. Hoffmann, D. Mehl, M. Weiland, C. Mühlner: *HYDREG – Ein Verfahren zur Natürlichkeitsbewertung des hydrologischen Regimes der Oberflächenwasserkörper gemäß EU-WRRL. 2. Methoden und Ergebnisse*, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 3 (9), S. 474–484, 2010.

[11] IKS (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins): *Atlas der Überschwemmungsgefährdung und möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein*, <http://www.iks.org/index.php?id=212>, 2001.

[12] S. Gäth, F. Anthony, K.-W. Becker, H. Gerjes, H. Höper, C. Kersebaum, R. Nieder: *Bewertung der standörtlichen Denitrifikationsleistung und N-Vorratsveränderung von Böden und Bodennutzungssystemen*, Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 85, S. 1373–1376, 1997 (modifiziert von H. Höper, unveröffentlicht, 2005).

[13] A. Kaat, H. Joosten: *Fact book for UNFCCC policies on peat carbon emissions*. – Wetlands International, Ede, 26 S., 2008.

[14] H. Höper: *Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren*, TELMA 37, S. 85–116, 2007.

[15] A. Schäfer: *Moore und Euros – die vergessenen Millionen*, Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie 43(4), S. 156–160, 2009.

[16] G. Ellwanger, P. Finck, U. Riecken, E. Schröder: *Gefährdungssituation von Lebensräumen und Arten der Gewässer und Auen in Deutschland*, Natur und Landschaft, 87(4), S. 150–155, 2012.

[17] BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: *Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt*, [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere\\_biolog\\_vielfalt\\_strategie\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf), 178 S., 2007.

[18] U. Koenzen: *Fluss- und Stromauen in Deutschland. Typologie und Leitbilder.*, Angewandte Landschaftsökologie 65, 327 S., 2005.

**Autoren**

Dr. Dr. Dietmar Mehl  
biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH  
18246 Bützow, Nebelring 15

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

Dipl.-Ing. Mathias Scholz  
Dipl.-Geoökol. Christiane Schulz-Zunkel  
Dipl.-Ing. Hans Dieter Kasperidus  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
04318 Leipzig  
Permoserstraße 15

E-Mail: [mathias.scholz@ufz.de](mailto:mathias.scholz@ufz.de)

Dr. Wanda Born  
born to consult – Büro für Umweltpolitik und Umweltökonomie  
Carl-von-Ossietzky-Straße 17  
14471 Potsdam

E-Mail: [born@bornctoconsult.de](mailto:born@bornctoconsult.de)

Dr. Thomas Ehlert  
Bundesamt für Naturschutz  
53179 Bonn  
Konstantinstraße 110

E-Mail: [thomas.ehlert@bfn.de](mailto:thomas.ehlert@bfn.de)

