

**Christian Albert, Benjamin Burkhard, Sabrina Daube, Katharina Dietrich,
Barbara Engels, Jakob Frommer, Martin Götzl,
Adrienne Grêt-Regamey, Beate Job-Hoben, Roger Keller, Stefan Marzelli,
Christoph Moning, Felix Müller, Sven-Erik Rabe, Irene Ring,
Elisabeth Schwaiger, Burkhard Schweppe-Kraft und Henry Wüstemann**

Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen

Diskussionspapier



Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen

Diskussionspapier

**Christian Albert
Benjamin Burkhard
Sabrina Daube
Katharina Dietrich
Barbara Engels
Jakob Frommer
Martin Götzl
Adrienne Grêt-Regamey
Beate Job-Hoben
Roger Keller
Stefan Marzelli
Christoph Moning,
Felix Müller
Sven-Erik Rabe
Irene Ring
Elisabeth Schwaiger
Burkhard Schweppe-Kraft
Henry Wüstemann**

Titelbild: Oberlauf (B. Schweppe-Kraft)

Adressen der Autorinnen und Autoren:

Burkhard Schweppe-Kraft	Bundesamt für Naturschutz, Kompetenzzentrum Naturkapital, Bonn
Katharina Dietrich	
Barbara Engels	
Beate Job-Hoben	
Stefan Marzelli	Ifuplan – Institut für Umweltplanung und Raumentwicklung, München
Sabrina Daube	
Christoph Moning	
Adrienne Grêt-Regamey	ETH Zürich, Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung
Sven Erik Rabe	
Jakob Frommer	Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
Roger Keller	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern
Martin Götzl	Umweltbundesamt, Wien
Elisabeth Schwaiger	
Christian Albert	Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung und Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Leipzig
Felix Müller	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Ökosystemmanagement
Benjamin Burkhard	
Irene Ring	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Leipzig
Henry Wüstemann	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsökonomie

Fachbetreuung im BfN:

Dr. Burkhard Schweppe-Kraft	Fachgebiet I 2.1 „Recht, Ökonomie und naturverträgliche regionale Entwicklung“
-----------------------------	---

Diese Veröffentlichung wird aufgenommen in die Literaturdatenbank „DNL-online“ (www.dnl-online.de).

BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich. Eine pdf-Version dieser Ausgabe kann unter <http://www.bfn.de> heruntergeladen werden.

Institutioneller Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
URL: www.bfn.de

Der institutionelle Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des institutionellen Herausgebers übereinstimmen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des institutionellen Herausgebers unzulässig und strafbar.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: Druckerei des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Gedruckt auf 100% Altpapier

ISBN 978-3-89624-145-0

Bonn - Bad Godesberg 2015

Gliederung

Vorbemerkung zum Status des vorliegenden Papiers / Danksagung	4
1 Einleitung	5
- Erfassung von Ökosystemleistungen im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Biodiversitätsstrategie	5
- Entwicklung von Ansätzen zur bundesweiten Erfassung von Ökosystemleistungen in Deutschland	5
- Ergänzung zur Landschaftsplanung auf der Ebene der Länder, Regionen und Kommunen	7
2 Vorschläge für Indikatoren für Ökosystemleistungen auf der Ebene des Bundes	8
2.1 Indikatoren für Versorgungsleistungen	9
2.1.1 Natürliche Fruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden – landwirtschaftliche Pflanzenproduktion	12
2.1.2 Anteil Grünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche – Tierproduktion	15
2.1.3 Holzvorrat im Wald – Holzproduktion	16
2.2 Indikatoren für Regulationsleistungen	18
2.2.1 Selbstreinigungspotenzial von Fließgewässern	18
2.2.2 Schutz der Grundwasserqualität	21
2.2.3 Erosionsminderung	24
2.2.4 Verminderung von Hochwassergefahren durch Wasserretention in Auen	27
2.2.5 Bestäubung und biologische Schädlingskontrolle – natürliche und halbnatürliche Flächen und Kleinstrukturen in Agrarlandschaften	30
2.2.6 Minderung von Klimagasemissionen (insbes. Wiedervernässung von Moorböden)	32
2.2.7 Mikroklimatische Puffer- und Ausgleichsfunktionen und Luftfilterwirkung städtischer Grünflächen	33
2.3 Indikatoren für kulturelle Ökosystemleistungen	35
- Probleme bezüglich einheitlicher Definitionen einzelner Leistungen	35
- Vorläufige Konzentration auf Erholung in Verbindung mit Naturerleben und Ästhetik	37
2.3.1 Erholungseignung in der Landschaft	37
2.3.2 Erholungseignung im urbanen Bereich	40
- Ergänzung durch eine repräsentative Stichprobenerfassung von Angebot und Nachfrage nach Erholungsflächen	41
3. Erläuterungen zu ausgewählten übergreifenden Fragestellungen bei der Auswahl der Indikatoren – Hinweise zur Weiterentwicklung	41
3.1 Anforderungen an die Genauigkeit der Erfassung und Bewertung: Warnsystem oder Beitrag zu einem Wohlfahrtsindex	41
3.2 Indikatoren für Zustände und/oder Entwicklungsmöglichkeiten von Ökosystemleistungen	42
3.3 Berücksichtigung von Angebot und Nachfrage	42
3.4 Aktuelle, zukünftige oder potenzielle Leistungen	43
3.5 Abgrenzung zwischen Ökosystemleistung und Produkt	44
3.6 Intermediäre und finale Ökosystemleistungen – Vermeidung von Doppelzählungen	44
3.7 Verwendung einfacher Daten oder komplexe Modellierung	45
3.8 Bisher unberücksichtigte Ökosystemleistungen	46
Literatur / Quellen	50

Vorbemerkung zum Status des vorliegenden Papiers

Die in diesem Papier formulierten Empfehlungen zielen auf eine erste Umsetzung der Anforderungen und Ziele von Ziel 2, Maßnahme 5 der europäischen Biodiversitätsstrategie: „Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services“ bis 2014.

Im Auftrag des deutschen Bundesamtes für Naturschutz wurden seit Ende 2011 im Rahmen eines Forschungsprojektes Grundlagen entwickelt, die es ermöglichen sollen, Ziel 2, Maßnahme 5 in Deutschland auf nationaler Ebene umzusetzen (Ifuplan et al. 2014). Der vorliegende Text macht auf dieser Basis erste Vorschläge für bundesweite Indikatoren und kartographische Darstellungen.

Die Ökosystemleistungen von Meeren und Küsten sind in diesem Vorschlag noch nicht berücksichtigt. Es wird auch noch kein systematischer Vorschlag für die Darstellung des Zustands der Ökosysteme vorgelegt. Beide Aufgaben müssen noch im weiteren Verlauf der Umsetzung in Angriff genommen werden.

Das Papier ist zu verstehen als **fachliche Grundlage für die weitere Diskussion** zur Umsetzung von Ziel 2, Maßnahme 5 **auf nationaler und europäischer Ebene** und liegt in deutscher und englischer Fassung vor.

Als „Work in Progress“ werden gerne laufend Kommentare und Änderungsvorschläge angenommen. Nach den derzeitigen Planungen ist mit einer Entscheidung über das erste Indikatorenset nicht vor Ende 2015 zu rechnen.

Anmerkungen zum Diskussionspapier sind deshalb willkommen.

BfN, Juni 2015

Danksagung

Die Autoren danken allen, die an der Erarbeitung der vorliegenden Empfehlungen durch fachliche und konzeptionelle Hinweise, durch Fragen und durch Diskussionsbeiträge mitgearbeitet haben. Ganz besonderen Dank auch an die Kolleginnen und Kollegen vom Kompetenzzentrum Naturkapital des Bundesamtes für Naturschutz und vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Ohne diese Hilfe hätte das vorliegende Diskussionspapier nicht die jetzt erreichte Qualität erhalten.

1 Einleitung

Erfassung von Ökosystemleistungen im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Biodiversitätsstrategie

Ökosystemleistungen werden seit dem weltweiten Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005) und der internationalen TEEB Studie (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (TEEB 2010) weltweit die Leistungen genannt, die die Ökosysteme dem Menschen zur Verfügung stellen. Man unterscheidet in der Regel: Versorgungsleistungen (z.B. Bereitstellung von Nahrungsmitteln, Holz, Trinkwasser), Regulationsleistungen (z.B. Hochwasserschutz durch Wasserrückhaltung in Auen, Selbstreinigungsfunktion von Gewässern, Erosionsschutzfunktion von Gehölzen, Insektenbestäubung) und kulturelle Leistungen (z.B. Landschaftsästhetik, Bedeutung von Landschaftselementen für das Gefühl von Heimat, Funktion von Ökosystemen und Landschaften für die Erholung). Das MA und die TEEB-Studie haben gezeigt, dass diese Leistungen weltweit gefährdet sind und dass ihr anhaltender Rückgang auch wirtschaftliche Nachteile hat.

Häufig beruht der Rückgang der genannten Leistungen auf einer einseitigen Ausbeutung einzelner Leistungen der Natur, ohne Berücksichtigung der ökologischen Zusammenhänge bei gleichzeitigem Verlust an wildlebenden Pflanzen und Tieren und ihren Lebensräumen. Seit 2010 ist die Erhaltung von Ökosystemleistungen deshalb ein explizites Ziel der Konvention über die biologische Vielfalt (CBD 2010). Die Europäische Union hat das Ziel der Erhaltung von Ökosystemleistungen in die europäische Biodiversitätsstrategie aufgenommen, die Teil der übergreifenden Leitinitiative für ein ressourcenschonendes Europa ist (Europäische Kommission 2011a und b). Ziel 2, Maßnahme 5 der EU-Biodiversitätsstrategie fordert die Mitgliedsländer der EU auf, die Ökosysteme und ihre Leistungen bis 2014 zu erfassen, kartographisch darzustellen, zu bewerten und deren Nutzen für die Gesellschaft bis 2020 in die volkswirtschaftlichen und umweltökonomischen Rechnungssysteme zu integrieren.

Entwicklung von Ansätzen zur bundesweiten Erfassung von Ökosystemleistungen in Deutschland

Im Auftrag des deutschen Bundesamtes für Naturschutz wurden seit Ende 2011 im Rahmen eines Forschungsprojektes Indikatoren entwickelt, die es ermöglichen sollen, Ziel 2, Maßnahme 5 in Deutschland auf nationaler Ebene umzusetzen (Ifuplan et al. 2014). Der vorliegende Text macht auf dieser Basis erste Vorschläge für bundesweite Indikatoren und kartographische Darstellungen, mit denen die Entwicklung von Ökosystemleistungen erfasst und soweit wie möglich kartographisch dargestellt werden kann.

Das Bundesamt für Naturschutz steht bei der Entwicklung von Indikatoren für Ökosystemleistungen in regelmäßigem Austausch mit dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem österreichischen Umweltbundesamt (UBA), die beide bereits Indikatoren für Ökosystemleistungen entwickelt haben (Staub et al. 2011, Götzl et al. 2011). Bei der Entwicklung des vorliegenden Indikatorensatzes (siehe Kapitel 2) haben sich Vertreter von UBA und BAFU im Rahmen der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe einbringen können. Bei den vorliegenden Empfehlungen flossen die Rückmeldungen aus UBA und BAFU insbesondere in Kapitel 3 ein. Gemeinsam formulierte Perspektiven zum Umgang mit dem Ökosystemleistungsansatz wurden zudem jüngst in Natur und Landschaft publiziert (Keller, Schweppe-Kraft, Schwarzl 2014). In der Schweiz wird derzeit geprüft, welche Daten vorliegen, um das dort entwickelte Inventar von Ökosystemleistungen zu erfassen und auch kartographisch darzustellen.

Die Ökosystemleistungen von Meeren und Küsten sind in dem hier vorliegenden Vorschlag noch nicht berücksichtigt. Weiterhin wird der Zustand der Ökosysteme bei der Darstellung ihrer Leistungen aufgrund mangelnder räumlich explizit erfasster Daten noch nicht systematisch berücksichtigt. Letzteres kann bei der Erfassung von Ökosystemleistungen gerechtfertigt sein, wenn diese Leistungen stark vom jeweiligen Ökosystemtyp abhängen (z.B. Wald oder Acker), weniger dagegen von der speziellen Ausprägung des Ökosystemtyps (z.B. Laub- oder Nadelwald). Durch eine zusätzliche Einbeziehung bisher nicht berücksichtigter Zustandsdaten ließen sich die Indikatoren aber möglicherweise weiter verbessern (vgl. 3.1). Abgesehen davon ist die Erfassung des Zustandes der Ökosysteme nach Maßnahme 5 aber auch eine von der Erfassung von Ökosystemleistungen unabhängige Aufgabe, die noch zu leisten ist.

Die Definition und Abgrenzung von Ökosystemleistungen lehnt sich – wie in der MAES-Arbeitsgruppe bei der Generaldirektion-Umwelt vereinbart (Maes et al. 2013) – an die Kategorisierung der Ökosystemleistungen der Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, Haines-Young & Potschin 2013). An begründeten Stellen, z. B. bei der Erfassung von Versorgungsleistungen, wird hiervon jedoch abgewichen (vgl. 2.1.1. und 3.1.5).

Grundsätzlich wird empfohlen, nicht nur die aktuellen Leistungen der Ökosysteme zu erfassen, die sich aus der derzeitigen Nachfrage, einschließlich öffentlicher Nachfrage, ergeben, sondern zusätzlich auch die Leistungsfähigkeit bzw. das Angebot an Leistungen (Schweppe-Kraft 2013, Burkhard et al. 2014, Von Haaren et al. 2014). Die aktuelle Leistung kann auch durch zunehmende Belastung und Inanspruchnahme steigen (z.B. höherer Nitratabbau in einem Fluss aufgrund zusätzlicher Nitrateinträge, vgl. auch 3.3). Hohe heutige Leistungen können außerdem zu niedrigen zukünftigen Leistungen führen (vgl. 2.2.2 und 3.4). Für eine Politik zur Erhaltung der Leistungen der Natur ist deshalb die Analyse der Entwicklung der Leistungsfähigkeit bzw. des Angebotes an Ökosystemleistungen (bzw. Potential, Kapazität) mindestens genauso wichtig, wie die Analyse der Entwicklung in Anspruch genommener Leistungen.

Darüber hinaus ist für einige Ökosystemleistungen eine räumlich differenzierte Darstellung von Angebot und Nachfrage von hoher Aussagekraft, für andere Ökosystemleistungen ist dies verzichtbar. Aufgrund immer geringer werdender Kosten für Transportleistungen ist der Ort der Produktion für den Wert insbesondere vieler Versorgungsleistungen heute wirtschaftlich immer weniger relevant. Berücksichtigt man neben den betriebswirtschaftlichen Kosten des Transportes auch dessen externe Effekte, so kommt räumlich enger verflochtenen Beziehungen zwischen Nachfrage und Angebot auch ökonomisch wieder eine höhere Bedeutung zu. Zurzeit werden jedoch insbesondere landwirtschaftlich produzierte Güter – zumindest in den Industrieländern – zum allergrößten Teil für einen weltweiten Markt hergestellt. Die Marktpreise dieser Güter sind deshalb von örtlichen Unterschieden in der Nachfrage (z.B. Siedlungsschwerpunkte versus ländliche Räume) weitgehend unabhängig. Bei vielen Regulations- und kulturellen Leistungen aber auch bei Versorgungsleistungen, deren Preis in erheblichem Maße von Transportkosten beeinflusst wird, wie z.B. beim Wasser, hängt der Wert dagegen stark davon ab, ob am Ort des Angebots auch eine hohe Nachfrage besteht, die auf dieses spezifische örtliche Angebot ausgerichtet ist. Ein Beispiel für eine entsprechende Regulationsleistung ist die Wasserretention in Auen. Deren Bedeutung für den Hochwasserschutz hängt ganz speziell von der Art und der Intensität der Nutzung der Flächen ab, deren Schutzniveau durch die erhöhte Wasserretention in der Aue verbessert wird. Sind diese Flächen dicht besiedelt, so ist die „Nachfrage“ nach Wasserretention auf den schützenden Flächen hoch. Bestünde keinerlei Besiedlung oder Nutzung, würde auch keine Nachfrage nach der Retentionsleistung bestehen. Ähnlich ist es bei den Erosionsschutzwir-

kungen von Hecken, die insbesondere auf solchen landwirtschaftlich genutzten Flächen benötigt werden, die stark durch Erosion gefährdet sind. Sauberes Grundwasser sollte zwar überall geschützt werden; faktisch hat der Schutz vor Verunreinigungen aber dort seine höchste Bedeutung, wo es derzeit oder in Zukunft für Trinkwasserzwecke genutzt wird. Es wird deshalb bei Ökosystemleistungen mit einer entsprechenden besonderen räumlichen Nachfrage vorgeschlagen, der Darstellung des Angebotes einen ebenfalls räumlich differenzierten Indikator für die Nachfrage gegenüberzustellen. Dadurch kann deutlich gemacht werden, an welchen Orten bestimmte Ökosystemleistungen von der Nachfrage her von besonderer Bedeutung sind, und an welchen Orten ihnen von der Nachfrage her geringere Bedeutung zukommt (vgl. auch 3.3).

Dort wo die aktuellen Leistungen aufgrund mangelnder Daten nur schwer oder gar nicht direkt erfasst werden können, kann die Gegenüberstellung des häufig einfacher erfassbaren räumlichen Angebots mit der auf dieses Angebot gerichteten spezifischen räumlichen Nachfrage auch dazu genutzt werden, die nicht direkt erfasste aktuelle Nutzung indirekt abzubilden, z.B. durch eine Gegenüberstellung der Erholungseignung mit der Bevölkerungsdichte als einem Indikator für die Nachfrage nach Erholung im jeweiligen Raum.

Für einige Ökosystemleistungen, die in der CICES-Liste genannt werden, wurden keine Indikatoren entwickelt, weil zumindest auf nationaler Ebene kein politischer Handlungsbedarf hierfür gesehen wurde. Die entsprechenden Ökosystemleistungen kommen in Deutschland praktisch nicht vor, haben nur eine sehr geringe Bedeutung oder sind nicht gefährdet (vgl. u.a. 2.1 und 3.8). Im Rahmen des europäischen Abstimmungsprozesses sollte geklärt werden, ob ihre zusätzliche Erhebung dennoch erforderlich ist, um eine harmonisierte Umsetzung von Maßnahme 5 auf europäischer Ebene zu ermöglichen.

Ergänzung zur Landschaftsplanung auf der Ebene der Länder, Regionen und Kommunen

Bei der Entwicklung nationaler Indikatoren für Ökosystemleistungen zur Umsetzung von Maßnahme 5 der europäischen Biodiversitätsstrategie ist zu berücksichtigen, dass Deutschland ein föderaler Staat ist, in dem wesentliche Entscheidungen auf subnationaler Ebene von den Ländern und den Kommunen getroffen werden. Die nationale Ebene hat deshalb bei vielen Entscheidungen, die Ökosystemleistungen direkt oder indirekt betreffen, z. B. im Rahmen der Naturschutzplanung, der landwirtschaftlichen Förderpolitik, der Flächennutzungsplanung oder der Gewässerunterhaltung und -gestaltung nur indirekte oder informelle Einflussmöglichkeiten.

Weiterhin existiert in Deutschland seit 1976 auf der Ebene der Länder, Landkreise und Kommunen das System der Landschaftsplanung (BNatSchG, §§ 8-12), das die Zielsetzung hat, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der Natur und die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter zu erhalten und zu entwickeln. Diese Planung leistet auf subnationaler Ebene bereits heute viele Aufgaben, die mit der Umsetzung von Maßnahme 5 auf nationaler und europäischer Ebene verbunden werden. Die Landschaftsplanungen weichen allerdings in ihren Erhebungszeitpunkten und -zeiträumen stark voneinander ab. Sie bieten deshalb derzeit keine gemeinsame Grundlage für eine nationale Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen.

Im Rahmen der ersten Umsetzung muss die bundesweite Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen deshalb weitgehend unabhängig von den Landschaftsplanungen in den Bundesländern, Landkreisen und Kommunen erfolgen. Dabei sollte die nationale Erfassung und Bewertung so beschaffen sein, dass sie den kleinräumigeren Planungen perspektivisch zusätzliche Informationen und Orientierungsdaten aus übergeordneter Sicht zur Ver-

fügung stellen kann. Die Genauigkeit der Daten sollte sich an den Erfordernissen einer übergeordneten Sichtweise orientieren, sie braucht nicht notwendigerweise denselben Detaillierungsgrad zu haben, der auf den kleinräumigeren Ebenen notwendig ist, um dort konkrete Planungsentscheidungen zum Beispiel zur optimalen Standortauswahl für Infrastrukturen oder Siedlungserweiterungen zu treffen. Die vorgeschlagenen Indikatoren sind zwar als relativ grob einzustufen (vgl. 3.1), sie dürften aber im Rahmen der dargestellten Mehrstufigkeit des deutschen Planungssystems als erster Ansatz für eine bundesweite Erfassung der Entwicklungstrends von Ökosystemleistungen geeignet sein. Längerfristig ist zu wünschen und zu erwarten, dass nationale und subnationale Ansätze zur Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen sich zunehmend stärker aufeinander beziehen werden.

2 Vorschläge für Indikatoren für Ökosystemleistungen auf der Ebene des Bundes

Die folgenden Vorschläge zielen auf eine erste Umsetzung der Anforderungen und Ziele von Maßnahme 5 der europäischen Biodiversitätsstrategie. Sie berücksichtigen die in der MAES-Arbeitsgruppe entwickelten Vorschläge zur Umsetzung von Maßnahme 5 (Maes et al. 2013 und 2014), angepasst an die spezifischen ökologischen, sozio-ökonomischen und institutionellen Bedingungen in Deutschland (vgl. Kap 1 und 3.8). Da die erste Umsetzung von Maßnahme 5 bereits 2014 erfolgen soll, wird im Wesentlichen auf Daten zurückgegriffen, die bereits vorliegen oder aus vorhandenen Daten synthetisiert werden können. Dieses Vorgehen ist zwangsweise mit gewissen Abstrichen bei der Genauigkeit verbunden. Dabei sei darauf verwiesen, dass es bei Ziel 2, Maßnahme 5 weniger um die Erfassung der exakten Höhe der Ökosystemleistungen geht, sondern die Änderungen im Vordergrund stehen. Die verwendeten Methoden und Daten müssen deshalb in erster Linie daraufhin überprüft werden, ob sie Änderungen von Ökosystemleistungen im Zeitverlauf einigermaßen zuverlässig wiedergeben können. Mit zunehmender Datenverfügbarkeit und mit zunehmenden Erkenntnissen aus der Vielzahl laufender internationaler und nationaler Forschungen zur Erfassung und Bewertung von Ökosystemleistungen wird es möglich sein, die Indikatoren im Hinblick auf ihre Aussage- und Zielgenauigkeit weiterzuentwickeln.

Die Autoren und das Bundesamt für Naturschutz verstehen diesen Vorschlag als eine fachliche Grundlage für die weitere Diskussion zur Umsetzung von Ziel 2, Maßnahme 5 der europäischen Biodiversitätsstrategie auf nationaler und europäischer Ebene. Im weiteren Prozess der Umsetzung von Maßnahme 5 wird sich zeigen, welche Indikatoren für administrative und politische Entscheidungsprozesse besonders wichtig sind, ob noch wichtige Indikatoren fehlen, ob aus europäischer Sicht Indikatoren ergänzt werden sollten und bei welchen Indikatoren eine inhaltliche Weiterentwicklung besonders dringlich erscheint.

Für die folgenden Indikatoren ist jeweils eine zusammenfassende quantitative Größe auf Bundesebene vorgesehen, sowie eine kartographische Darstellung der Indikатораusrprägungen für verschiedene Raumeinheiten. Für die genaue Definition der Indikatoren lassen die Vorschläge häufig noch Spielräume. Die hier dargestellten Karten sind als erste Veranschaulichung zu verstehen. Sie sind in einigen Fällen noch nicht vollständig überprüft und können Fehler enthalten. Indikatoren und kartographische Darstellungen sollten in regelmäßigen Abständen fortschreibungsfähig sein, um ein kontinuierliches Monitoring der Entwicklung zu ermöglichen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die vorgeschlagenen Indikatoren, die im Folgenden näher erläutert werden.

2.1 Indikatoren für Versorgungsleistungen

Die intensive Nutzung von Versorgungsleistungen führt häufig zu Einbußen bei der biologischen Vielfalt (MA 2005). Die Darstellung von Indikatoren für Versorgungsleistungen im Rahmen eines Satzes von Indikatoren zur Umsetzung der europäischen Biodiversitätsstrategie könnte außerdem zu dem Missverständnis führen, dass die Nutzung der Natur für land-, forst- und fischereiwirtschaftliche Zwecke ein Ziel sei, dass als Teil von Naturschutzstrategien gleichberechtigt neben der Erhaltung der biologischen Vielfalt im Rahmen des Naturschutzes aktiv zu verfolgen sei. Diesen Eindruck könnte man vermeiden, wenn man die betreffenden Ökosystemleistungen aus der Umsetzung von Maßnahme 5 ausgrenzen würde. Eine alternative Lösung bestünde für terrestrische Ökosysteme darin, die Erhaltung land- und forstwirtschaftlich nutzbarer Standorte durch einen Indikator abzubilden, der das Potenzial für eine land- und forstwirtschaftliche Nutzung summativ durch die Erfassung von Änderungen des Umfangs der nicht-besiedelten Fläche misst. Ein solcher Indikator („Flächeninanspruchnahme“) ist heute schon Teil der deutschen Biodiversitätsstrategie (BMUB 2013). Eine noch weitergehende Alternative bestünde darin, im Bereich der Versorgungsleistungen statt der Leistungen der Natur, die Intensität der Nutzung dieser Leistungen zu betrachten oder die Belastungsfaktoren für die biologische Vielfalt und andere Ökosystemleistungen die sich durch diese Intensität ergeben. Solche Indikatoren wären z.B. Nitratüberschüsse in der Landwirtschaft, verengte Fruchtfolgen oder eine rein am Ertrag ausgerichtete Baumartenauswahl.

Entscheidet man sich trotz dieser Bedenken dennoch dafür, auch den Bereich Versorgung mit Indikatoren für Ökosystemleistungen abzudecken, so könnten hierzu folgende Größen genutzt werden:

- die natürliche Fruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden als Indikator für den Beitrag der Ökosysteme zur landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion,
- der Anteil von Grünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche als Teilindikator für die Tierproduktion,
- der Holzvorrat im Wald sowie ggf. der Holzeinschlag als Indikatoren für die Bereitstellung und Nutzung von Holzprodukten.

Ein Indikator für den Beitrag der Ökosysteme zur quantitativen Versorgung mit Trink- und Brauchwasser (Grundwasserneubildung) wurde zwar entwickelt. Auf eine Aufnahme dieses Indikators in den Indikatorensatz könnte aber ggf. verzichtet werden. Deutschland ist bezüglich der verfügbaren Wassermengen im Vergleich zum Verbrauch gut ausgestattet. Es wird lediglich 17,6 % der verfügbaren Wassermenge genutzt, der Wasserverbrauch hat sinkende Tendenz (BDEW 2013). Probleme bestehen aber bezüglich der Rohwasserqualität, die insbesondere durch Einträge aus dem Ackerbau beeinträchtigt ist. Die Grundwasserqualität und das Zusammenwirken zwischen unterschiedlichen Nutzungen der Ökosysteme (u. a. Ackerbau, Grünland, Wald, Siedlungen) und natürlichen Bedingungen wie Böden und geologischen Schichten beim Schutz des Grundwassers werden durch Indikatoren im Bereich Regulationsleistungen erfasst.

Für Sammelprodukte (Pilze, Beeren, etc.), kommerziellen und Freizeit-Fischfang in Süßwasserökosystemen und für die Fischproduktion in der Teichwirtschaft wurden bisher aus verschiedenen Gründen keine Indikatoren erarbeitet. Vgl. hierzu Kapitel 3.8.

Tabelle 1: Vorschlag für Indikatoren für Angebot und Nachfrage (einschließlich öffentlicher Nachfrage) nach Ökosystemleistungen

CICES „Kategorie“	CICES „Bereich“	Indikatorenvorschlag		Nr. der CICES „Klassen“ nach Tabellen 2 und 3; 1*)	
		Angebotsindikator			Nachfrageindikator Besteht eine besondere räumlich differenzierte Nachfrage nach dem spezifischen räumlichen Angebot?
Versorgungsleistungen ^{2*)}	Nahrungsmittel	Natürliche Fruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden		3*)	1, 32, 9b, 10a, 14b
	Rohstoffe	Anteil Grünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche		3*)	2, 9, 10b
	Energie	Holzvorrat im Wald		3*)	9a, 14a,
Regulationsleistungen	Regulierung (Abbau, Festlegung etc.) von Schadstoffen und Abfällen	Selbstreinigungspotenzial von Fließgewässern		Abweichung von gewünschter Wasserqualität (z.B. nach Wasserrahmenrichtlinie)	17a, 19, 34
		Grundwasserqualität	Anteil von Wald und Grünland	Grundwassernutzung (Trinkwasserförderung, Wasserschutzgebiete, Wassereinzugsgebiete)	17b, 18b, 33
	Schutz durch Böden und geologische Schichten				
	Regulierung von Massenbewegungen	Vermeidung von Erosion durch durchgehende Vegetationsbedeckung 5*)		Erosionsgefährdung / Bedarf nach Erosionsschutz	22b, 22c
		Anteil von natürlichen und halbnatürlichen Kleinstrukturen in Agrarlandschaften (Beitrag zur Erosionsminderung)		Erosionsgefährdung / Bedarf nach Erosionsschutz	22b, 22c
		Verminderung von Hochwassergefahren durch Wasserretention in Auen		4*)	25b
	Erhaltung von physikalischen, chemischen und biologischen Bedingungen	Anteil von natürlichen und halbnatürlichen Kleinstrukturen in Agrarlandschaften (Bestäubung, natürliche Schädlingsbekämpfung)		Anteil von Anbaufrüchten mit Insektenbestäubung	28, 30
		Fläche entwässerter bzw. wiedervernässter Moorböden (Speicherung von Klimagasen)		3*)	36
		Beitrag von Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft zur Minderung von Klimagasemissionen		3*)	36
		Anteil von Grünflächen an der Siedlungsfläche (Lokalklima und Luftqualität)		Bevölkerungsdichte, Siedlungsgröße, Belastung durch Luftschadstoffe und ungünstige stadtklimatische Effekte	27, 37b, 38c, 39
Kulturelle Leistungen	Physische und kognitive Erfahrung von Lebewesen, Lebensräumen und Landschaften	Indikatoren für die Erholungsfunktion veränderbarer Eigenschaften der Ökosysteme der freien Landschaft (Natürlichkeit, Vielfalt, Ungestörtheit, Angebote für spezielle Nutzungen etc.)		Bevölkerungsdichte, Nähe zu Siedlungsschwerpunkten, Erholungsregionen/-schwerpunkte	38b, 42, 44
		Anteil von Grünflächen am Stadtgebiet Erreichbarkeit städtischer Grünflächen 4*)		Bevölkerungsdichte, Siedlungsgröße	39

1*) Siehe Tabelle 2, S.11 und Tabelle 3, S. 48.

2*) Die Darstellung von Indikatoren für Versorgungsleistungen im Rahmen der Umsetzung der europäischen Biodiversitätsstrategie könnte zu dem Missverständnis führen, dass die Nutzung der Natur für land-, forst- und fischereiwirtschaftliche Zwecke als gleichberechtigtes Ziel neben der Erhaltung der biologischen Vielfalt im Rahmen des Naturschutzes aktiv zu verfolgen sei. Vorschläge für Alternativen siehe Text.

3*) Weltweite Nachfrage, räumliche Differenzierung nicht sinnvoll oder nicht erforderlich.

4*) Zusammenhang zwischen Wasserretention und vermindertem Schaden derzeit nur ungenau modellierbar.

5*) Indikator drückt teilweise nicht nur das Angebot, sondern auch die tatsächliche Leistung aus.

Tabelle 2: Klassifikation der Ökosystemleistungen nach CICES (leicht verändert nach Ring et al. 2015)

Bereich	Gruppe	Klasse	Nr.
Kategorie: Versorgungsleistungen			
Nahrungsmittel	Pflanzliche und tierische Nahrungsmittel	Kulturpflanzen und deren Produkte	1
		Nutztiere und deren Produkte	2
		Wildpflanzen, Algen und deren Produkte	3
		Wildtiere und deren Produkte	4
		Pflanzen und Algen aus in-situ Aquakultur	5
		Tiere aus in-situ Aquakultur	6
	Trinkwasser	Trinkwasser aus Oberflächengewässern	7
		Trinkwasser aus Grundwasservorkommen	8
Rohstoffe	Pflanzliche und tierische Rohstoffe	Pflanzliche und tierische Rohstoffe (Holz, Fasern, etc.) für direkte Nutzung und Verarbeitung	9
		Pflanzliche und tierische Rohstoffe zum Einsatz in der Landwirtschaft	10
		Genetische Ressourcen	11
	Brauchwasser	Brauchwasser aus Oberflächengewässern	12
		Brauchwasser aus Grundwasservorkommen	13
Energie	Energetische Biomasse	Pflanzliche Energierohstoffe	14
		Tierische Energierohstoffe	15
	Mechanische Energie	Energiegewinnung durch Tiereinsatz	16
Kategorie: Regulierungs- & Erhaltungsleistungen			
Regulierung (Abbau, Festlegung etc.) von Schadstoffen und Abfällen	Regulierung durch Lebewesen	Biologische Sanierung von Umweltbelastungen durch Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Tiere	17
		Filtration/ Festlegung/ Speicherung/ Akkumulation durch Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Tiere	18
	Regulierung durch ökosystemare Prozesse	Filtration/ Festlegung/ Speicherung/ Akkumulation durch Ökosysteme	19
		Verdünnung durch Atmosphäre, Süßwasser- und marine Ökosysteme	20
		Minderung von Geruch/ Lärm/ visuellen Störungen	21
Regulierung von Massenbewegungen	(Fest) Massenbewegung	Stabilisierung von Festmassen (Erde, Sand, Schnee etc.) und Regulierung von Bodenerosion	22
		Stabilisierung und Verminderung von Sediment- und Gesteinsbewegungen	23
	Wasserhaushalt und -abfluss	Erhalt des Wasserhaushalts und des Abflussregimes	24
		Hochwasserschutz	25
	Luft- und Gasmassenbewegung	Schutz vor Sturmgefahren	26
		Luftaustausch und Verdunstung	27
Erhaltung von physikalischen, chemischen und biologischen Bedingungen	Erhaltung von Lebenszyklen, Habitaten und Genpool	Bestäubung und Diasporenverbreitung	28
		Erhaltung von Aufzuchtpopulationen und -habitaten	29
	Schädlings- und Krankheitskontrolle	Kontrolle von Schädlingen	30
		Kontrolle von Krankheitserregern	31
	Bodenbildung, -aufbau und -zusammensetzung	Verwitterungsprozesse und Bodenaufbau	32
		Zersetzung und Fixierung organischer Substanz	33
	Wasserqualität	Wasserqualität von Süßwasser (-ökosystemen)	34
		Wasserqualität von Salzwasser (-ökosystemen)	35
	Luftqualität und Klimaregulierung	Globale Klimaregulierung durch Reduktion von Treibhausgasen	36
Regulierung von Mikro-, Lokal- und Regionalklima		37	
Kategorie: Kulturelle Leistungen			
Physische und kognitive Erfahrung von Lebewesen, Lebensräumen und Landschaften	Physische und erlebnisbasierte Erfahrungen	Erleben von Tieren, Pflanzen und Landschaften	38
		Nutzung von Landschaften zum Wandern, Sportangeln etc.	39
	Kognitive und emotionale Interaktion	Wissenschaft	40
		Bildung	41
		Natur- und Kulturerbe	42
		Naturvermittlung, Unterhaltung durch Medien	43
		Ästhetik	44
Spirituelle, symbolische Bedeutung von Lebewesen, Lebensräumen und Landschaften	Spirituelle und symbolische Bedeutung	Symbolische Bedeutung	45
		Spirituelle Bedeutung	46
	Andere kulturelle Leistungen	Existenzwert	47
		Vermächtnis an zukünftige Generationen	48

2.1.1 Natürliche Fruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden - landwirtschaftliche Pflanzenproduktion

Die Fruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden wird nach der international anwendbaren Methode des Müncheberger Soil Quality Ratings (SQR, Müller et al. 2007)) in Punkten von 0 bis 102 erfasst (vgl. Abbildung 1). Die Punkte entsprechen den durchschnittlich zu erwartenden Erträgen bei getreidedominierten Fruchtfolgen. Änderungen des Indikators ergeben sich im Wesentlichen durch die Umwidmung von Flächen, z.B. in Siedlungs- und Verkehrsflächen. Erosionsprozesse sind aufgrund der Methodik des Indikators zeitnah nicht erfassbar. Deshalb werden sie weiter unten durch spezielle Indikatoren im Bereich der Regulationsleistungen abgebildet.

Der Indikator

► **Natürliche Fruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden (vgl. Abbildung 2)**

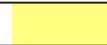
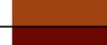
ergibt sich als Summe der jeweiligen Flächengrößen multipliziert mit dem Wert für die Fruchtbarkeit nach SQR. Dieser Wert kann für Deutschland und für Teilregionen berechnet und dargestellt werden. In Abbildung 2 sind durchschnittliche Fruchtbarkeiten der Böden in den verschiedenen Kreisen dargestellt. Sie sollten um Darstellungen der absoluten Werte der Änderungen aus Fruchtbarkeit und Umfang der zur Verfügung stehenden Böden ergänzt werden.

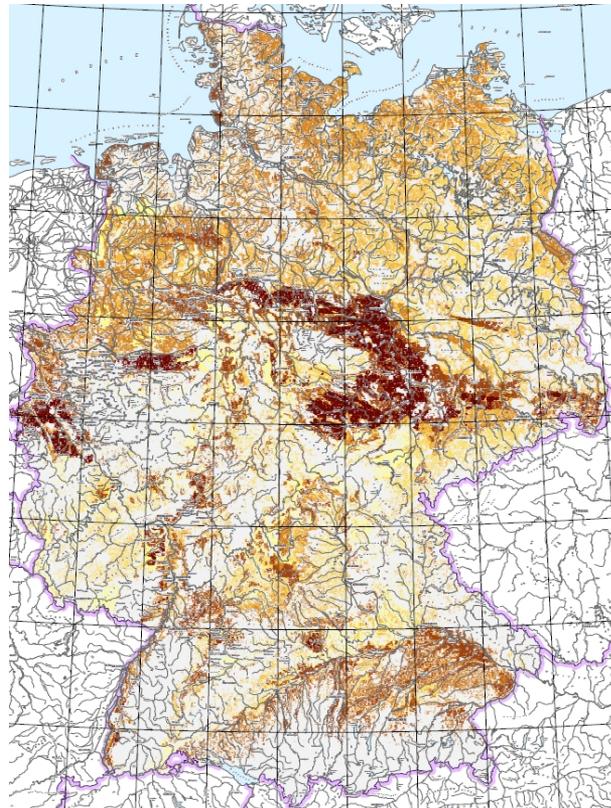
Der Indikator stellt die Nutzbarkeit der Böden dar und bildet damit das in diesem Bereich bestehende „Angebot“ der Natur bzw. das „Naturkapital“ ab. Da geeignete Böden in Deutschland in aller Regel auch entsprechend ihrer Möglichkeiten landwirtschaftlich genutzt werden, sind die Ergebnisse des SQR aber auch eine Näherungsgröße für die aktuelle Nutzung der Böden und für den jeweiligen landwirtschaftlichen Ertrag.

Landwirtschaftliche Erträge könnten alternativ auch durch einen Index der landwirtschaftlich erzeugten Produkte dargestellt werden (vgl. Abbildung 3). Ein solcher Index würde aber – anders als der Indikator „Natürliche Fruchtbarkeit ...“ – abhängig von wechselnden klimatischen Bedingungen von Jahr zu Jahr in den verschiedenen Regionen unterschiedlich ausfallen. Auf nationaler Ebene würden in einen zeitlichen Index der Agrarproduktion außerdem Ertragssteigerungen eingehen, die sich aus der (regelmäßigen) Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Techniken ergeben. Ein solcher zeitlicher Index könnte deshalb auch bei Verlust an landwirtschaftlich nutzbaren Böden aufgrund von Produktivitätsfortschritten steigen. Der Indikator „Natürliche Fruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden“ dürfte deshalb den Beitrag von Ökosystemen zur landwirtschaftlichen Produktion besser ausdrücken als ein Index des Umfangs landwirtschaftlich erzeugter Produkte.

Die Einteilung der Ökosystemleistungen nach dem CICES-Katalog der Ökosystemleistungen, der die gemeinsame Grundlage für die Erfassung von Ökosystemleistungen auf europäischer Ebene darstellt, sieht vor, Agrargüter weiter zu klassifizieren hinsichtlich ihrer Verwendung für Ernährungszwecke, für eine weitergehende landwirtschaftliche oder industrielle Verwendung und zur Energieproduktion. Häufig kann allerdings ein und dieselbe Anbaufrucht für unterschiedliche Zwecke verwendet werden. Mais wird zum Beispiel für alle drei genannten Zwecke angebaut. Eine zusätzliche räumlich differenzierte Darstellung einzelner Anbauzwecke liegt für die Ebene der Bundesländer teilweise vor, ist aber generell schwierig, da der einzelne Landwirt, soweit er nicht langfristig vertraglich gebunden ist, jeweils selber entscheiden kann, an wen und damit zu welchem Zweck er seine jährliche Ernte weiterverkauft. Auf eine entsprechend differenzierte Erfassung wird deshalb zunächst verzichtet.

Abbildung 1: Ackerbauliches Ertragspotenzial nach dem Müncheberger Soil Quality Rating – Rohdaten

	Klasse	SQR Rating
	äußerst gering	< 35
	sehr gering	35 - < 50
	gering	60 - < 60
	mittel	60 - < 70
	hoch	70 - < 85
	sehr hoch	≥ 85
	nicht bewertet	



Quelle: © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2013.
 Geobasisinformationen: DTK 1000; © Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2004

Abbildung 2: Ackerbauliches Ertragspotenzial nach dem Müncheberger Soil Quality Rating gemittelt über die landwirtschaftlich genutzten Flächen innerhalb des Kreises

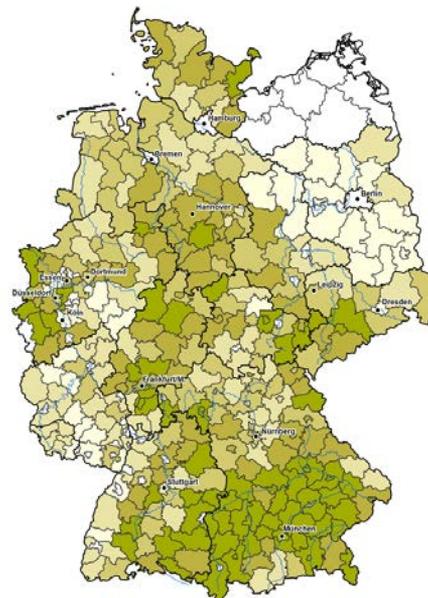


Legende:

-  27 - 51
-  52 - 57
-  58 - 64
-  65 - 71
-  72 - 91
-  keine Daten

Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich (2014).
 Daten: BGR 2013: Ackerbauliches Ertragspotential der Böden, Statistisches Bundesamt 2012: Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche und: Bevölkerung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 3: Durchschnitt des Indexes des Ertrages der landwirtschaftlich genutzten Flächen pro Kreis



Legende:

-  < 87
-  88 - 97
-  98 - 103
-  104 - 108
-  109 - 136
-  keine Daten

Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich (2014).
 Daten: Statistisches Bundesamt 2013: Agrarstatistik und Erntestatistik; Statistisches Bundesamt 2012: Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche und: Bevölkerung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Um für andere Ökosystemleistungen und die biologische Vielfalt möglicherweise konfliktträchtige zukünftige Intensivierungen bei der Nutzung der Böden abschätzen zu können, kann es aber durchaus sinnvoll sein, die Entwicklung der unterschiedlichen Verwendungszwecke zumindest auf nationaler Ebene zu untersuchen, weil so die Treiber möglicher positiver oder negativer Entwicklungen besser erkannt werden können (vgl. Abbildung 4: Anbau nachwachsender Rohstoffe). Wenn die Weiterverwendung der landwirtschaftlichen Produkte an örtliche Produktionsanlagen gebunden ist, kann es zusätzlich auch sinnvoll sein, die räumliche Verteilung solcher Nachfragefaktoren zu erfassen (vgl. Abbildung 5: Verteilung von Biogasanlagen).

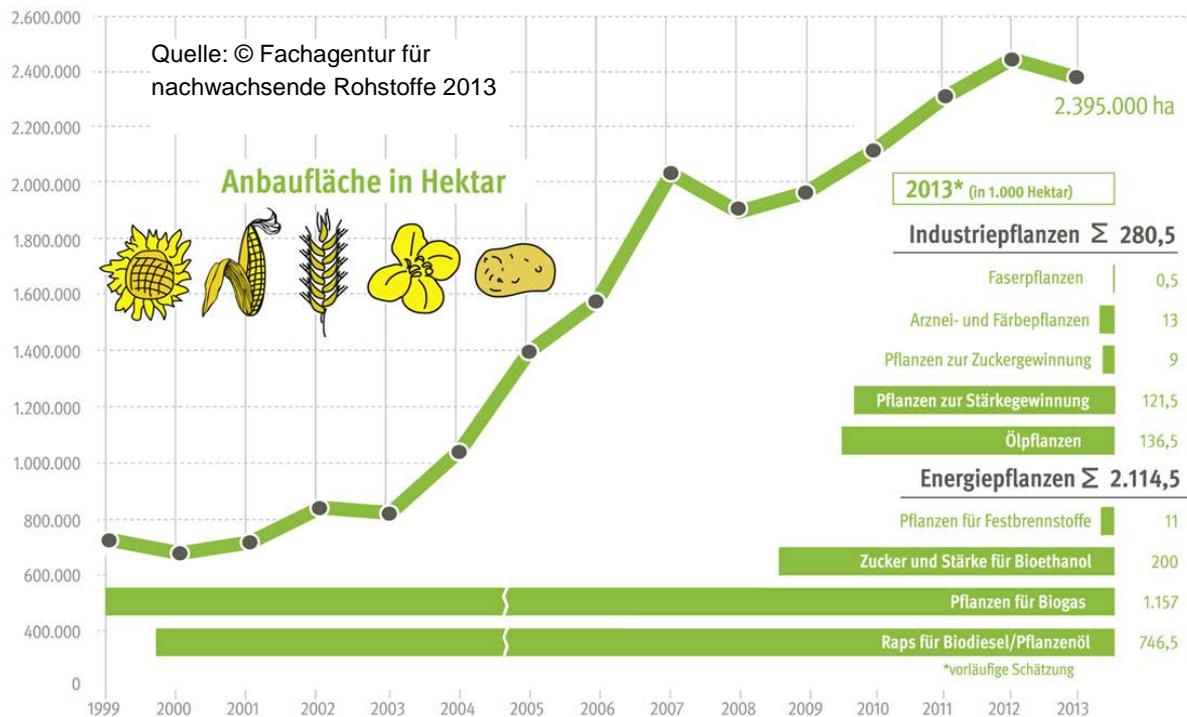
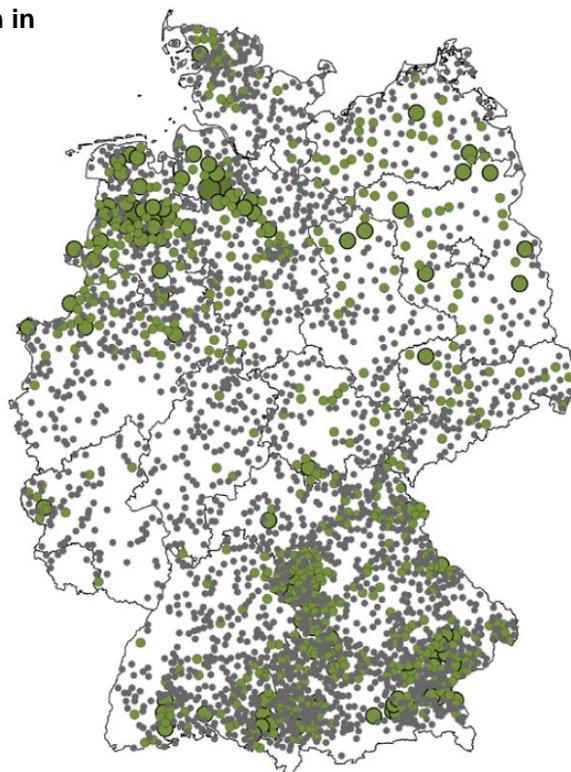
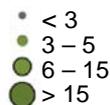


Abbildung 5: Verteilung von Biogasanlagen in Deutschland

Legende:

(Anzahl der Anlagen)



Quelle: © Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH 2012

2.1.2 Anteil Grünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche / Tierproduktion

Der Grünlandanteil zeigt an, welcher Teil der Bodenressourcen über die Produktion von Grünfutter zur Erzeugung von Fleisch, Milchprodukten und anderen tierischen Erzeugnissen beiträgt. In Deutschland werden über das Grünfutter hinaus auch große Teile der Ackerfläche (ca. 45%) für Futtermittel (z. B. Silomais) verwendet. Weiterhin wird ein erheblicher Teil der Futtermittel importiert. Das Bundeslandwirtschaftsministerium schätzt den Importfutteranteil auf ca. 10% bezogen auf die Futtermittelenergie (Deutscher Bundestag 2012). Bezogen auf den Eiweißgehalt liegt er sogar bei 27% (BMELV 2013). Die deutsche Tierproduktion verwendet also in großem Umfang Bodenressourcen, die außerhalb Deutschlands liegen. Der

► Anteil von Grünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (vgl. Abbildung 6)

als Indikator für den Beitrag der Ökosysteme zur Tierproduktion muss deshalb immer im Zusammenhang mit den anderen verwendeten Futtermittelressourcen interpretiert werden.

Konflikte mit anderen Ökosystemleistungen – z. B. bei der Verwertung der anfallenden Gülle – finden häufig dort statt, wo die Tierproduktion in großem Maßstab unabhängig von der örtlichen Futtermittelproduktion auf der Grundlage von Importen stattfindet. Um solche Konflikte darzustellen ist es nötig, auch die importabhängige, nicht auf regionalen Ökosystemleistungen basierende Produktion darzustellen. Hierzu kann z.B. eine flächenbezogene Darstellung der Viehdichte Hinweise geben (vgl. Abbildung 7).

Neben seinem Teilbeitrag zur Tierproduktion hat der Grünlandanteil weitere zusätzliche Effekte, die in anderen Indikatoren Berücksichtigung finden. Unter Grünlandnutzung ist der Eintrag von Nitraten und ggf. auch Pestiziden ins Grundwasser im Durchschnitt deutlich geringer als bei Ackerbau. Es findet bei Dauergrünland praktisch keine Bodenerosion statt und ein gewisser Grünlandanteil wird in der Regel als Bereicherung des Landschaftsbildes wahrgenommen (vgl. 2.2.2, 2.2.3, 2.3.1).

Eine direkte Beziehung zur biologischen Vielfalt hat der Indikator allerdings nicht, da er in großem Ausmaß auch artenarmes intensiv genutztes Grünland sowie regelmäßig umgebrochenes Saatgrasland umfasst.

Abbildung 6: Grünlandanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche

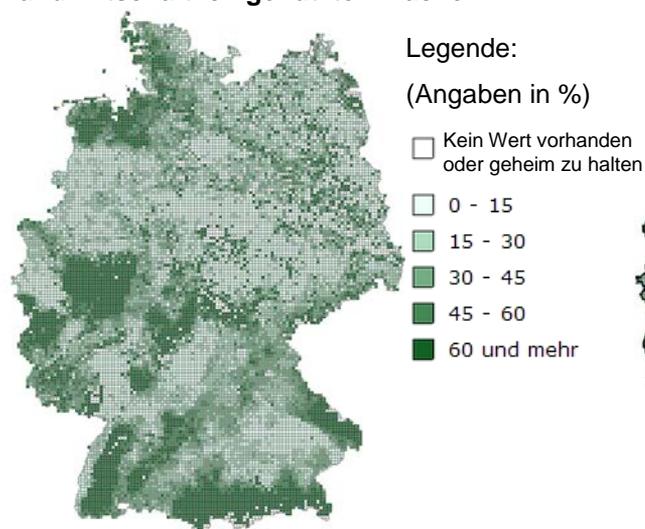
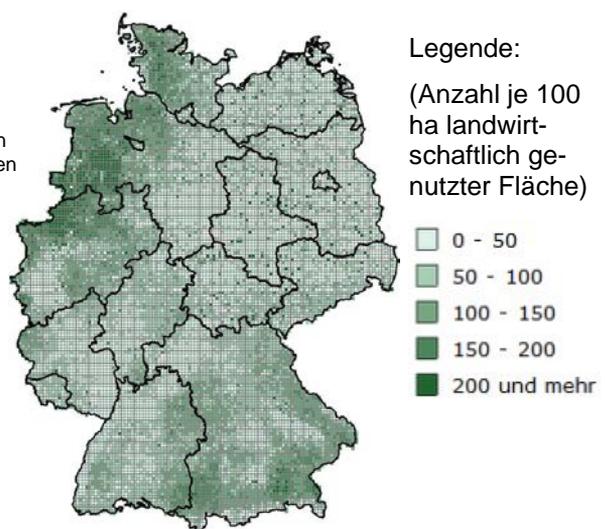


Abbildung 7: Dichte der Großvieheinheiten



Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Atlas Agrarstatistik.
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

2.1.3 Holzvorrat im Wald / Holzproduktion

Wälder müssen in Deutschland nach gesetzlich festgelegten Regeln nachhaltig bewirtschaftet werden. Verluste von Waldflächen sind durch Aufforstungsmaßnahmen an anderer Stelle auszugleichen.

Ein zur landwirtschaftlichen Produktionseignung analoger Indikator würde die relativen Erträge auf den verschiedenen waldbaulich genutzten Standorten zeigen. Entsprechende Größen werden zwar von den meisten Forstbetrieben erhoben, sie sind aber nicht flächendeckend verfügbar.

Als Indikatoren für die Versorgungsleistung der Wälder mit Holzprodukten und ihre diesbezügliche Kapazität deshalb ersatzweise Größen in Frage, wie z.B. die Waldfläche, der Holzzuwachs, der Holzeinschlag oder die Entwicklung der Holzvorräte. Die genannten Größen betragen für den Zeitraum der dritten Bundeswaldinventur (2002 – 2012): eine Zunahme der Waldfläche um 49.597 ha; ein Holzzuwachs von durchschnittlich 11,23 m³ pro ha und Jahr; eine verwertete Entnahme pro ha und Jahr von 8,8 m³; die Holzvorräte nahmen in diesem Zeitraum um ca. 6 % zu (BMEL 2012).

Der Holzeinschlag hatte nach Statistischem Bundesamt im Jahre 2012 einen Umfang von insgesamt 53,2 Mio. m³ (vgl. Abbildung 9).

Als Hauptindikator für den Bereich Holzprodukte der Wälder wird als erste Annäherung der Indikator

► Holzvorrat im Wald

vorgeschlagen, der ggf. um den direkt nutzungsorientierten Indikator „Holzeinschlag/entnahme“ ergänzt werden könnte.

Der Indikator „Holzvorrat im Wald“ (vgl. auch Abbildung 8) kann sowohl Auskunft geben über das Angebot bzw. die zukünftige Nutzbarkeit der Ökosystemleistung als auch – in längerfristiger Betrachtung – über die Nachhaltigkeit der tatsächlichen Nutzung. Zieht man Vorratsänderungen durch Kalamitäten sowie Änderungen in der Bestandsstruktur der Wälder oder Änderungen durch eine abweichende Baumartenzusammensetzung ab, so weisen die restlichen Änderungen auf Erhöhungen oder Senkungen der Nutzungsintensität hin, die Rückwirkungen auf Fragen der Nachhaltigkeit und auch auf die biologische Vielfalt haben können.

Mit der Auswertung der dritten Bundeswaldinventur werden auch Daten für die neuen Bundesländer vorliegen. Es sollte geprüft werden, ob die Daten ausreichen, um die Indikatoren auch für kleinere Raumeinheiten als die Bundesländer zu berechnen.

Generell sei darauf verwiesen, dass das Verhältnis zwischen den genannten Indikatoren und der Bedeutung von Wäldern zur Sicherung der biologischen Vielfalt, durchaus konfliktträchtig sein kann. Verstärkter Holzeinschlag und vermehrte Entnahme können dazu führen, dass weniger – für die biologische Vielfalt wichtiges – Altholz und Totholz im Wald verbleibt. Auch hinter einer Erhöhung des Indikators „Holzvorrat“ können negative Entwicklungen für die biologische Vielfalt stehen; wenn etwa Laubbaumbestände oder Fichtenbestände durch nicht-heimische Baumarten, z. B. die Douglasie, ersetzt werden.

Alternativ zur vorgeschlagenen einfachen Gegenüberstellung von Bestand und Nutzung könnte man deshalb bei der weiteren Entwicklung auch versuchen, einen komplexen Indikator für die Nachhaltigkeit der aktuellen Nutzung zu konstruieren, der weitere Parameter einschließlich biologischer Vielfalt in einer Größe zusammenfasst. Hierbei wäre auf die Verständlichkeit einer solchen Größe zu achten.

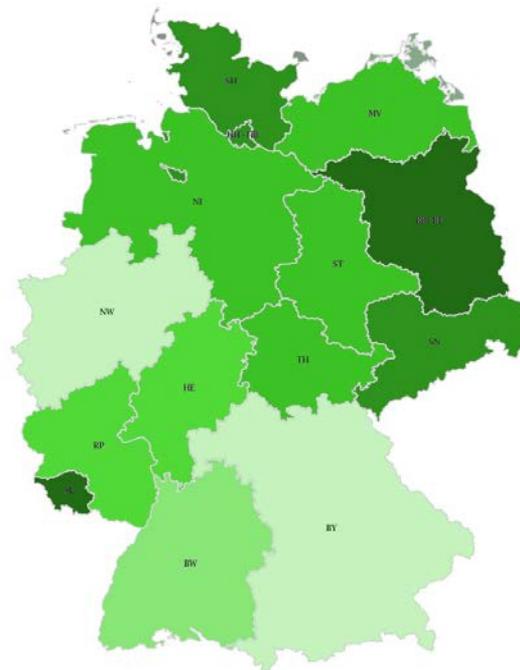
Aus ähnlichen Gründen wie bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung, wird auch beim Indikator „Holzvorrat im Wald“ auf eine räumliche Differenzierung nach dem Nutzungszweck – energetisch oder zur Weiterverarbeitung – verzichtet. Eine entsprechende Differenzierung der Nutzungstrends kann aber auf nationaler Ebene durchaus sinnvoll sein, um z. B. frühzeitig mögliche Nutzungskonflikte zu erkennen. Die dazu erforderlichen Zahlen werden im Rahmen der Statistik ermittelt (Statistisches Bundesamt 2015). In 2014 wurden 11,1 Millionen Kubikmeter (20 % des gesamten Holzeinschlags) als Energieholz genutzt. 2002 waren es erst 4,3 Millionen Kubikmeter. Da in der Holzeinschlagsstatistik bestimmte Verwendungen nicht berücksichtigt werden, liegt der tatsächliche Brennholzverbrauch noch höher (Bormann et al. 2006).

Abbildung 8: Entwicklung des Holzvorrats im Wald

Legende:

Index des Holzvorrates 2002 – 2012
(2002 = 100)

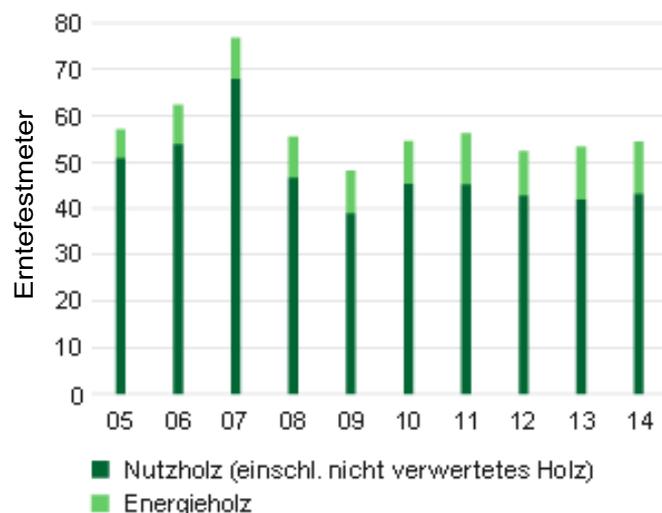
 > 95 – ≤ 100	 > 110 – ≤ 115
 > 100 – ≤ 105	 > 115 – ≤ 120
 > 105 – ≤ 110	 > 120 – ≤ 125



Quelle: Erstellt mit Hilfe der Ergebnisdatenbank der Bundeswaldinventur 3
Daten: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2015: Bundeswaldinventur 3;
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 9: Entwicklung des Holzeinschlags und der Holznutzung 2005 bis 2014

(Angaben in Mio. m³; Daten nach Holzeinschlagsstatistik, der tatsächliche Brennholzverbrauch liegt höher, vgl. Text; die Daten sind aufgrund einer abweichenden Erhebungsmethode mit den Daten der Bundeswaldinventur nicht vollständig vergleichbar)



Quelle: © Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015

2.2 Indikatoren für Regulationsleistungen

Im Bereich der Regulationsleistungen werden sieben Bereiche für Indikatoren vorgeschlagen:

- Selbstreinigungspotenzial von Fließgewässern,
- Schutz der Grundwasserqualität,
- Erosionsminderung,
- Verminderung von Hochwassergefahren durch Wasserretention in Auen,
- Bestäubung und biologische Schädlingskontrolle durch natürliche und halbnatürliche Kleinstrukturen in Agrarlandschaften,
- Minderung von Klimagasemissionen (durch Waldbewirtschaftung, Landnutzungsänderungen und Wiedervernässung von Moorböden),
- Mikroklimatische Puffer- und Ausgleichsfunktionen und Luftfilterwirkung städtischer Grünflächen.

2.2.1 Selbstreinigungspotenzial von Fließgewässern

Fließgewässer können anorganische und organische Belastungen, wie z. B. Stickstoff- und Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft oder aus Restbelastungen von Kläranlagen durch chemische und biologische Prozesse abbauen, neutralisieren oder langfristig im Sediment festlegen. Wichtig hierfür sind naturnahe Zustände u. a. der Ufer und der Gewässersohle sowie eine möglichst breite überflutbare naturnahe Aue. Saubere, strukturreiche Gewässer bringen Nutzen für die Erholung, mindern Kosten für die Trinkwasseraufbereitung, sind Voraussetzung für eine reichhaltige Flora und Fauna und tragen dazu bei, die europarechtlich festgelegten Ziele zum Schutz der Binnengewässer und der Meere zu erreichen.

Die Datengrundlage für den vorgeschlagenen Indikator ist die in den Bundesländern nach vergleichbarer Methodik erhobene Gewässerstrukturkartierung. Als Ausdruck für das Selbstreinigungspotenzial dient der

- ▶ Anteil der Gewässerabschnitte guter Strukturgüte an der Gesamtlänge der Gewässer (vgl. Abbildung 10).

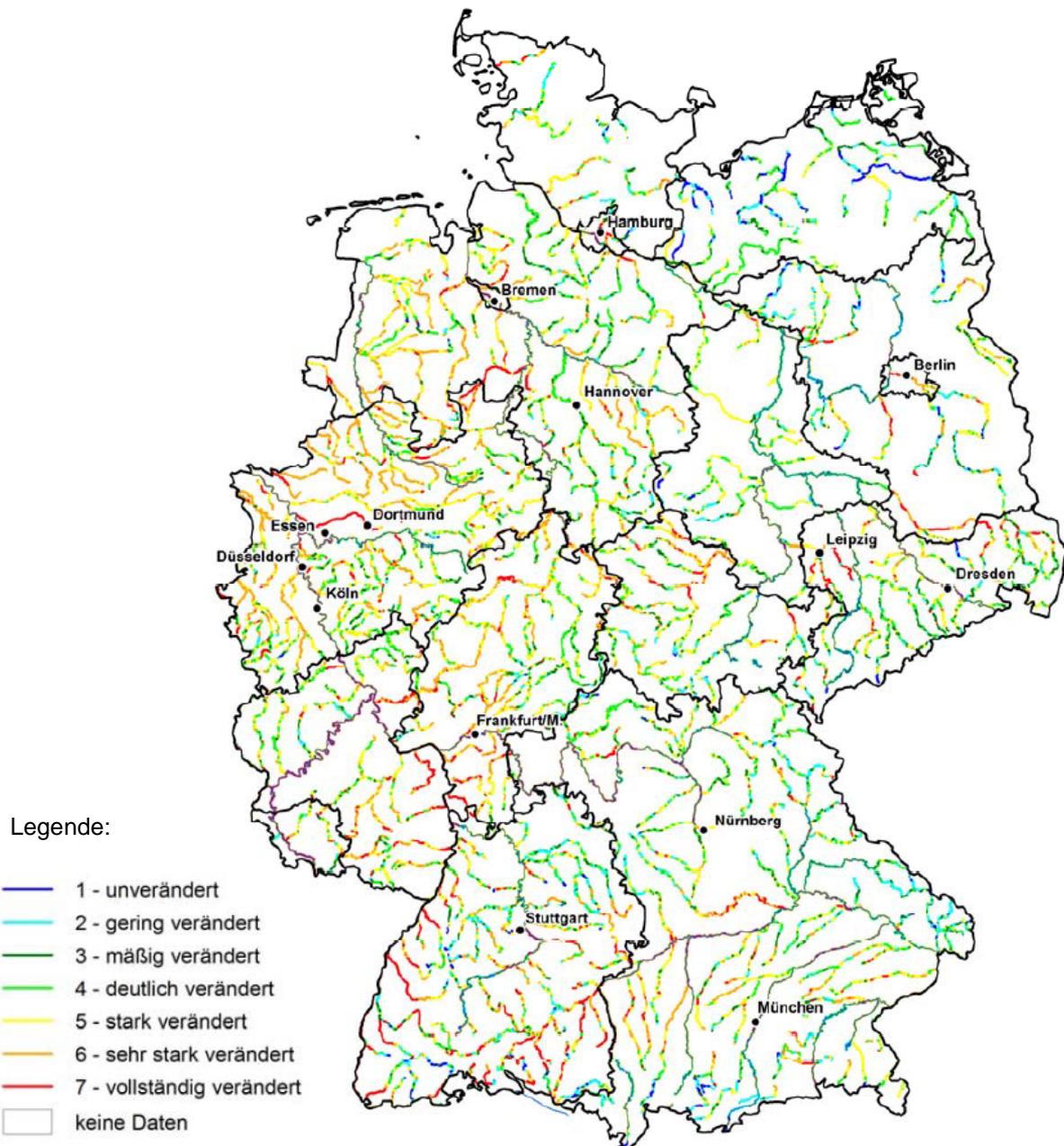
Der exaktere Indikator für Selbstreinigungswirkungen im Gewässer wäre der tatsächliche Abbau von Belastungen. Eine solche Größe wäre allerdings nur grob abschätzbar. Bei einigermaßen intakten Gewässern würde außerdem bei einer Zunahme der Verschmutzung die Abbauleistung steigen. Verbesserungen beim Indikator wären dann mit einer Verschlechterung der Umweltsituation verbunden, was der eigentlichen Zielsetzung des Monitorings von Ökosystemleistungen zuwiderlaufen würde.

Unterschiede in der tatsächlichen Abbauleistung zwischen Gewässern mit gleicher Strukturgüte und Unterschieden in der Wasserqualität könnten man auch (grob) dadurch berücksichtigen, dass man dem Selbstreinigungspotential einen Bedarfsindikator gegenüberstellt, der deutlich macht, wo die Erhaltung oder Verbesserung solcher Reinigungspotenziale von besonderer Bedeutung sind. Ein solcher Bedarfsindikator wäre z.B. die Wasserqualität des jeweiligen Fließgewässerabschnittes. Mit diesem Bedarfsindikator könnte man gleichzeitig auch deutlich machen, dass bei hoher Belastung eine Verbesserung aus Sicht der Wasserreinigung in der Regel dringlicher erscheint als bei einem bereits erreichten niedrigeren Belastungsniveau.

Mit einfachen Gegenüberstellungen von Potenzial und Bedarf lässt sich dann darstellen, ob Änderungen des Selbstreinigungspotenzials dort stattgefunden haben, wo die Wasserqualität bereits einen relativ guten Wert erreicht hat, oder dort, wo noch ein hoher Bedarf an Reinigungsleistungen existiert.

Aufgrund einer Konzentration auf die Anforderungen der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie haben einige Bundesländer beschlossen, die Gewässerstrukturgütekartierung vorerst nicht mehr weiterzuführen. Es ist deshalb zu entscheiden, ob man stattdessen zukünftig in diesen Fällen vergleichbare Indikatoren aus der Umsetzung der Gewässerstrukturgütekartierung verwendet.

Abbildung 10: Gewässerstrukturgüte (nach BfN & LAWA 2006)



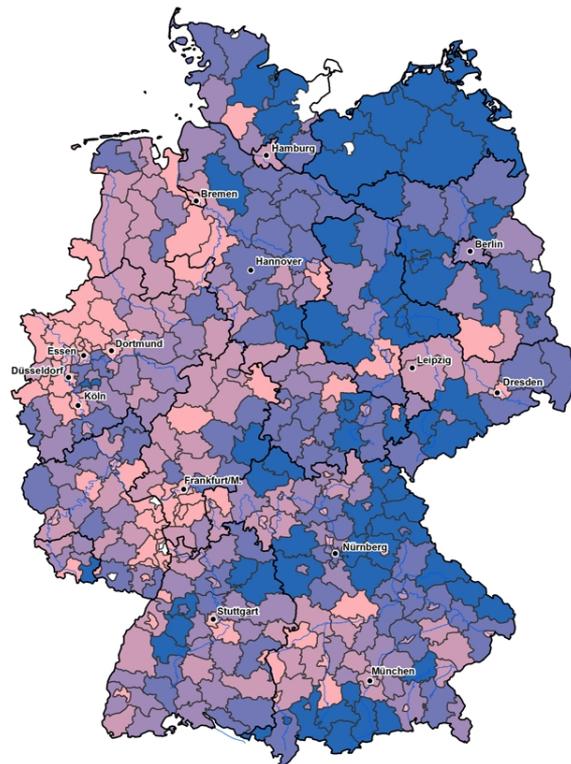
Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.

Daten: BfN & LAWA 2006: Gewässerstrukturgütekartierung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Anmerkung:

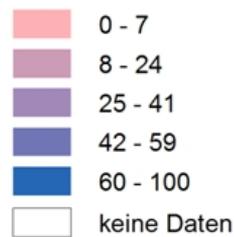
Die Karte zeigt die generalisierte Darstellung der Gewässerstrukturgüte auf Bundesebene. Für kleinere Gewässer und im Bereich der Oberläufe ist die Darstellung unvollständig. Detailliertere Darstellungen können den Länderberichten entnommen werden.

**Abbildung 11: Anteil der Gewässerabschnitte guter
Strukturgröße an der Gesamtlänge der Gewässer im Kreis**



Legende:

(Angaben in %)



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.

Daten: BfN & LAWA 2006: Gewässerstrukturgütekartierung;
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Anmerkung:

Die Karte ist in Zusammenhang mit Abb. 10 zu sehen.
Bei der Interpretation dieser Darstellung ist zu
beachten, dass nicht differenziert wird, ob in einem
Landkreis viele oder nur wenige Gewässer existieren.

2.2.2 Schutz der Grundwasserqualität

Neben anderen belastenden Stoffen, die derzeit allerdings nur in relativ geringen Konzentrationen vorkommen, ist die Leistung der Ökosysteme, sauberes Grundwasser bereitzustellen, insbesondere durch zu hohe Nitratkonzentrationen gefährdet. Dies führt zu zusätzlichen Kosten u. a. durch verstärkte Nutzung unbelasteter Wasservorkommen und zusätzliche technische Aufbereitungsmaßnahmen.

Eine wesentliche Quelle der Nitratbelastung ist die landwirtschaftliche Produktion. Spezielle Bewirtschaftungsmaßnahmen, eine gezieltere Steuerung des Düngemiteleinsatzes und die Umstellung auf ökologischen Landbau können Nitrateinträge in das Grundwasser mindern bzw. vermeiden.

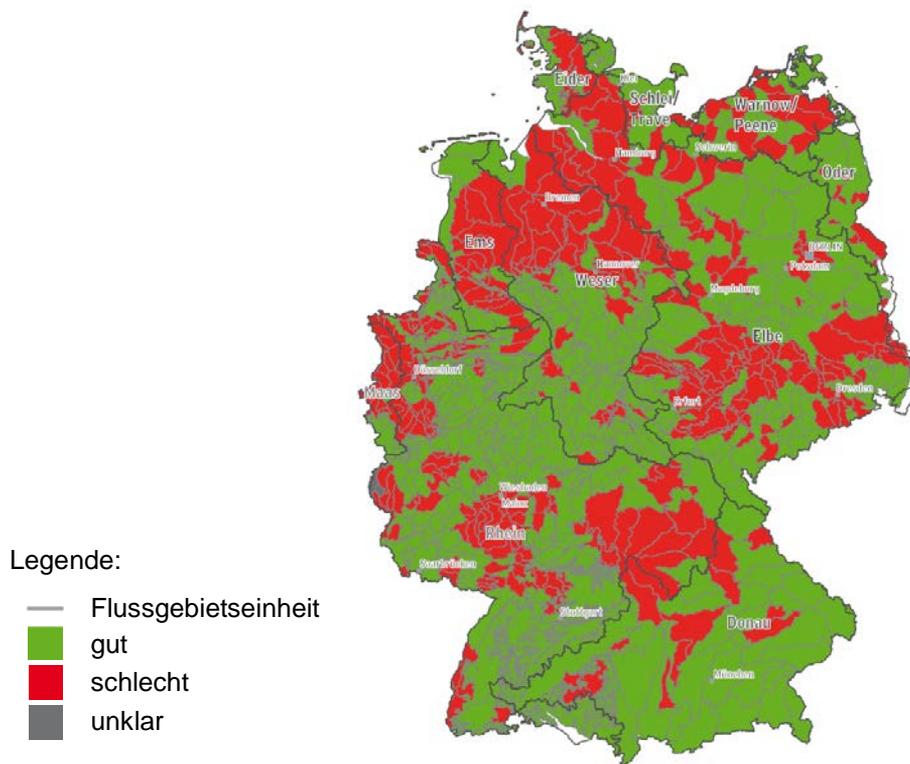
Die Gefahr von Nitrateinträgen ist unter Äckern und besiedelten Flächen besonders groß. Unter Grünland und im Wald ist sie gering (vgl. Abbildung 14).

Natürliche Bedingungen, die auf Nitrateinträge mindernd einwirken, wie z. B. eine hohe Pufferkapazität der Böden und schützende geologische Schichten, stellen moderierende Regulationsleistungen dar, die die Nährstoffbelastung des Grundwassers vermindern können. Anhaltend hohe Nährstoffeinträge können allerdings zu einem Zusammenbruch dieser Filter und Puffer führen, mit der Wirkung, dass sich die Konzentration im Grundwasser dann plötzlich erhöhen kann.

Angesichts des Zusammenwirkens unterschiedlicher anthropogener und natürlicher Faktoren, die für sauberes Grundwasser ausschlaggebend sind, wird vorgeschlagen, die Leistung des Dargebots sauberen Grundwassers durch mehrere Teilindikatoren darzustellen:

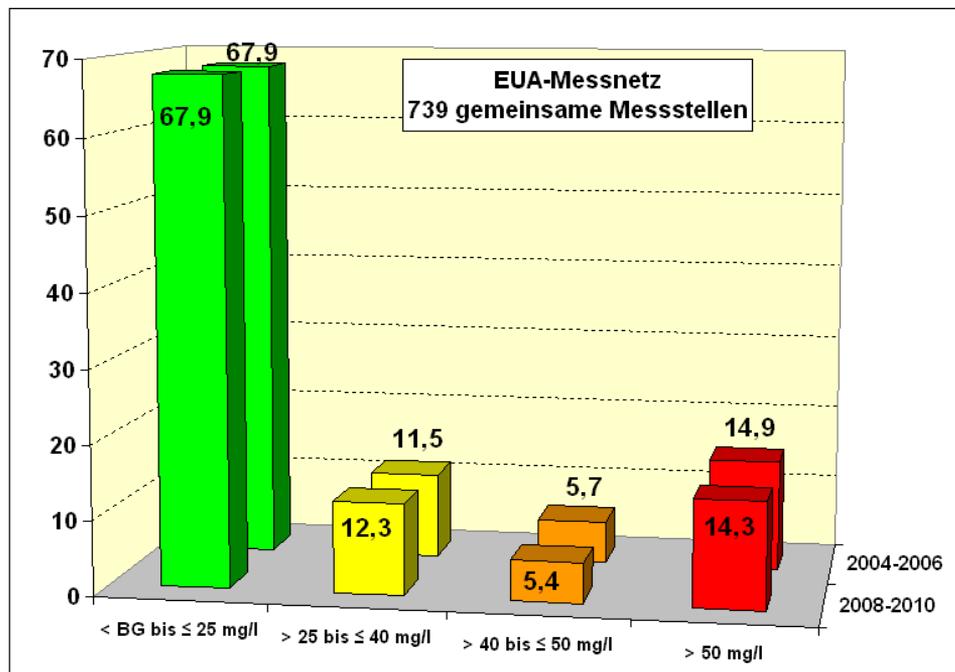
- ▶ Der Anteil der Grundwasserkörper mit gutem chemischen Zustand (oder alternativ, nicht flächenscharf definiert, ein Kennwert der Nitratbelastung im deutschen EU-Messnetz) (vgl. Abbildung 12 und Abbildung 13) ist der eigentliche Zielindikator.
- ▶ Das Schutzpotenzial durch Grundwasserüberdeckung (Böden und geologische Schichten, vgl. Abbildung 15) verdeutlicht natürliche Pufferfunktionen zwischen einem Eintrag in die Böden und einer Grundwasserbelastung. Dieses Potenzial kann durch Schadstoffbelastungen reduziert oder zerstört werden. Allerdings lassen sich auf der derzeitigen Datengrundlage aktuelle Schädigungen des Potenzials in der dargestellten Karte nicht abbilden.
- ▶ Der Anteil von Grünland und Wald an der Gesamtfläche spricht Ökosysteme an, unter denen der Schadstoffeintrag in den Boden am geringsten ist. Der Grund sind allerdings nicht besondere Ökosystemleistungen sondern in erster Linie die Tatsache, dass auf diesen Ökosystemen der anthropogene Schadstoffeintrag am geringsten ist. Umgekehrt ist ein hoher „Anteil von Ackerland und Siedlungsflächen“ (vgl. Abbildung 16) ein Indikator, für hohe Belastungen des Grundwassers. Es wäre zu prüfen, ob im Indikator zusätzlich noch der Anteil an Ökolandbau-Flächen berücksichtigt werden sollte.
- ▶ Um Maßnahmen gezielter in Bereiche mit aktuell dringendem Bedarf lenken zu können, ist es darüber hinaus sinnvoll, die oben dargestellten Daten mit räumlichen Angaben über die Nutzung von Grundwasservorkommen als Nachfrageindikatoren zu verschneiden (z. B.: Wasserschutzgebiete, -schongebiete, -einzugsgebiete).

Abbildung 12: Chemischer Zustand der Grundwasserkörper



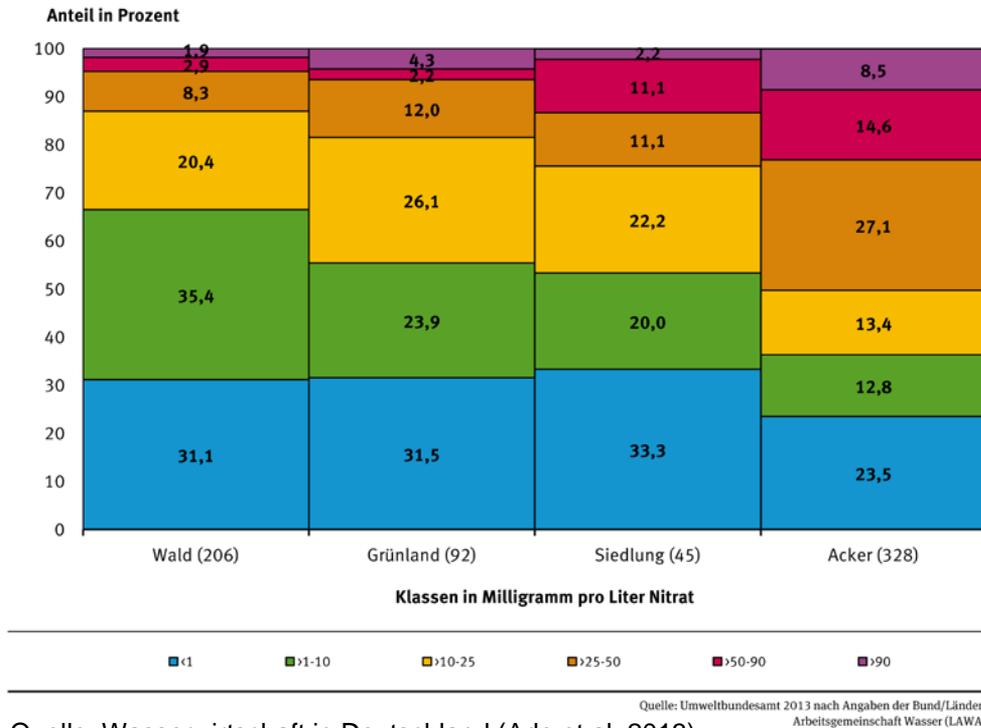
Quelle: Wasserwirtschaft in Deutschland (Arle et al. 2013).
 Daten: Umweltbundesamt, Daten der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Berichtsportal WasserBLICK/BfG, Stand 22.01.2010

Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der mittleren Nitratgehalte für den Zeitraum 2008-2010 und für den Zeitraum 2004-2006 in % von 739 gemeinsamen Messstellen des EUA-Messnetzes



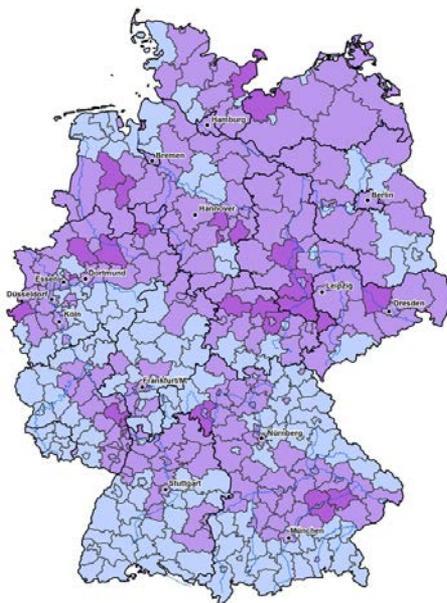
Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2012

Abbildung 14: Verteilung der Nitratgehalte unter verschiedenen Landnutzungen (2010)



Quelle: Wasserwirtschaft in Deutschland (Arle et al. 2013)

Abbildung 15: Anteil von Ackerland und Siedlungsfläche an der Gesamtfläche



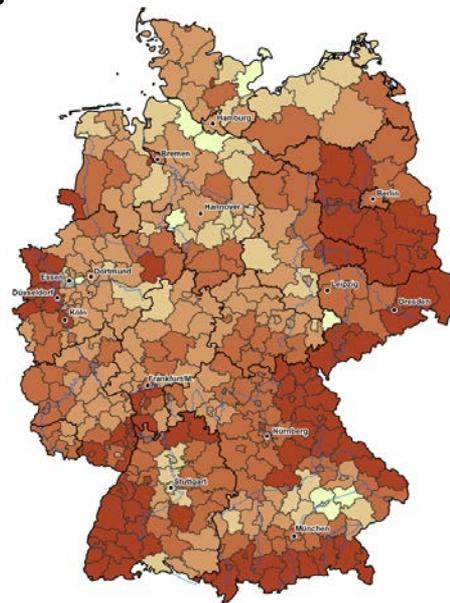
Legende:

0 - 33
33 - 66
66 - 100

(Angaben in %)

Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.
 Daten: DLR-DFD 2009: CORINE Land Cover (CLC 2006);
 Statistisches Bundesamt 2012: Kreisfreie Städte und
 Landkreise nach Fläche und: Bevölkerung;
 Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 16: Sicherung der Grundwasserqualität durch Böden und geologische Deckschichten



Legende:

günstig
günstig bis mittel
mittel
mittel bis ungünstig
ungünstig

Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.
 Daten: BGR & SGD 2005 Schutzpotential der
 Grundwasserüberdeckung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE /
 BKG 2013

2.2.3 Erosionsminderung

Wind- und Wassererosion vermindern die Eignung der Böden für eine land- und forstwirtschaftliche Produktion und können darüber hinaus auch Schäden an Siedlungen und im Bereich der Infrastruktur auslösen sowie zu negativen Sedimentationseffekten im Bereich der Gewässer führen.

Erosion findet im Wesentlichen auf vegetationsfreien Flächen statt. Betroffen sind deshalb vor allem Ackerflächen. Etwa 14% der Ackerflächen Deutschlands weisen eine langjährige mittlere Bodenerosion durch Wind oder Wasser von mehr als 3 Tonnen pro Hektar und Jahr auf. Die durchschnittliche jährliche Bodenbildungsrate liegt demgegenüber bei nur etwa 2 Tonnen pro Hektar (Umweltbundesamt 2010, Graßl 1997).

Möglichkeiten zur Vermeidung oder Minderung sind die Umwandlung von Acker in andere Nutzungstypen, wie z.B. Wald oder Grünland, Änderungen in der ackerbaulichen Nutzungsweise (z.B. pfluglose Bearbeitung, Anbau von Zwischenfrüchten, hangparallele Bearbeitung) sowie die Anlage von Kleinstrukturen, insbesondere von Hecken, die je nach Gestaltung und Ausrichtung die Windgeschwindigkeit verringern und bei einer hangparallelen Ausrichtung oder Pflanzung in Erosionsrinnen auch Wassererosionsprozesse vermindern können. Die derzeitige Orientierung an Flurgrenzen kann Wassererosionsprozesse nur geringfügig mindern.

Über Art, Ort und Umfang erosionsmindernder Bewirtschaftungsformen liegen derzeit nur durchschnittliche, aber keine flächenscharfen Daten vor (vgl. Abbildung 18).

Als Indikatoren für Ökosystemleistungen zur Minderung von Erosionsprozessen werden vorgeschlagen:

- ▶ Verminderung der Wassererosion durch ganzjährige Vegetationsbedeckung (insbes. Wald, Grünland) im Vergleich zu einer alternativen Ackernutzung (vgl. Abbildung 19);
- ▶ Anteil der Flächen mit ganzjähriger Vegetationsbedeckung (insbes. Wald, Grünland) an den winderosionsgefährdeten Flächen (vgl. Abbildung 20);
- ▶ Der Anteil von Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft (vgl. Abbildungen 23 und 24).

Bei Wassererosion sind die Prognosemodelle soweit fortgeschritten, dass sich der Umfang der Erosion bei einer normalen Ackernutzung in t Bodenabtrag pro ha und Jahr ausdrücken lässt (vgl. Abbildung 17). Unter Wald und Dauergrünland findet praktisch kein Abtrag statt. Durch eine Überlagerung der tatsächlichen Nutzung mit der Karten der Bodenerosionsgefährdung lässt sich deshalb quantitativ berechnen, wieviel Bodenabtrag durch eine entsprechende Nutzung im Vergleich zu einer Ackernutzung reduziert werden kann.

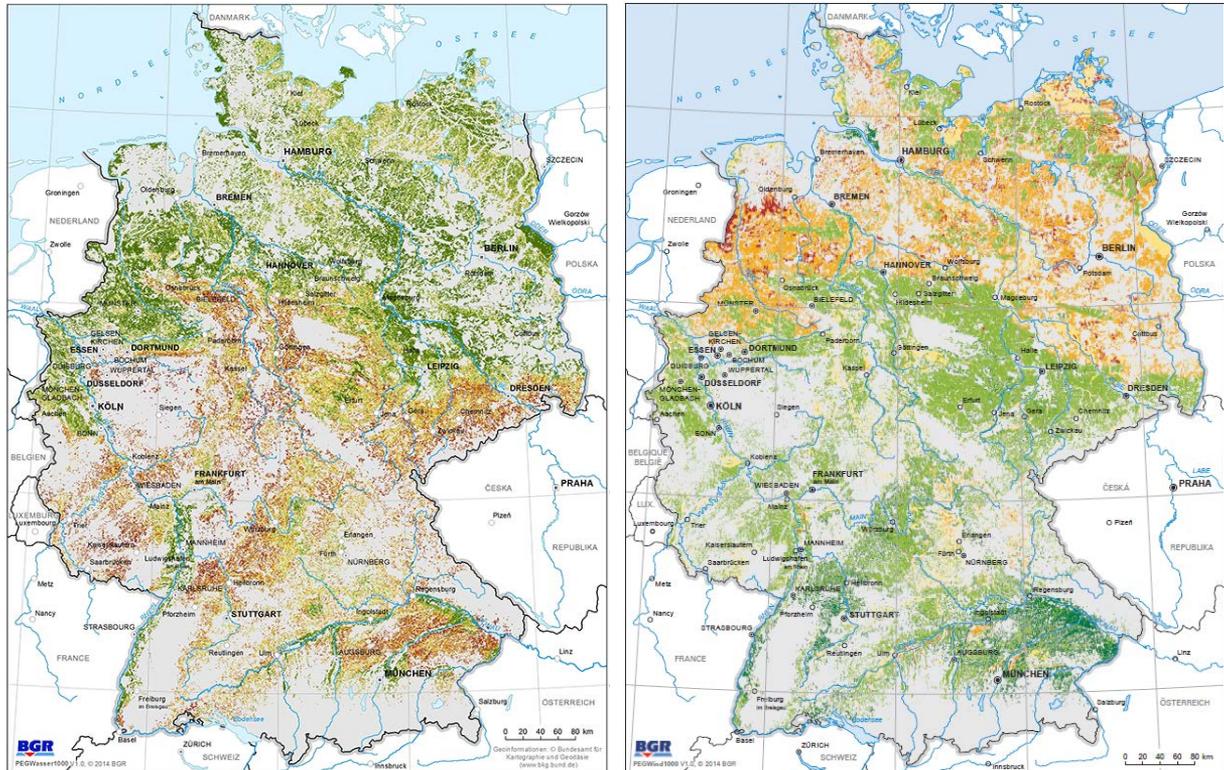
Für die Winderosion liegen flächendeckende Gefährdungseinschätzungen bisher nur auf ordinaler Skala vor („kleiner – größer“). Deshalb ist eine quantitative Abschätzung analog zur Bodenerosion derzeit nicht möglich. Der vorgeschlagene Anteilswert (Anteil der Flächen mit ganzjähriger Vegetationsbedeckung) ist eine Hilfsgröße. Nach Vorlage neuer Berechnungen durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, sollte überprüft werden, ob der Indikator weiter verbessert werden kann.

Flächendeckende quantitative Wirkungsabschätzungen fehlen auch für die Erosionsschutzwirkung von Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft. Deshalb wird auch hier vorläufig nur ein einfacher Anteilsindikator vorgeschlagen. Derzeit wird am Umweltbundesamt eine Studie über Winderosionsgefährdung unter Einschluss von Windhindernissen und Kleinstrukturen durchgeführt. Danach sollte überprüft werden, ob auch hier eine weitere Verbesserung des Indikators sinnvoll ist. Analog dem Vorgehen beim Selbstreinigungspotenzial von Gewäs-

sein, sollten Änderungen beim Indikator „Anteil von Kleinstrukturen“ getrennt für Flächen mit hoher und geringerer Nachfrage nach Erosionsschutzwirkungen ermittelt werden. Entsprechende Nachfrageindikatoren wären der in Abbildung 17 dargestellte

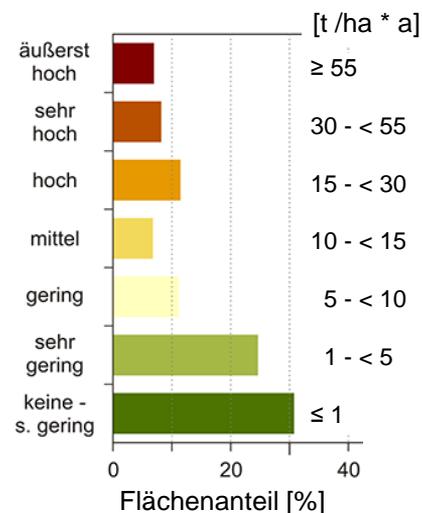
- ▶ Risiko des Bodenabtrags durch Wassererosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die in Abbildung 20 (dort nur für die Kategorien hoch und sehr hoch) dargestellte
- ▶ Gefährdung durch Winderosion.

Abbildung 17a und b: Potenzielle Gefährdung der Ackerböden durch Wassererosion und Winderosion



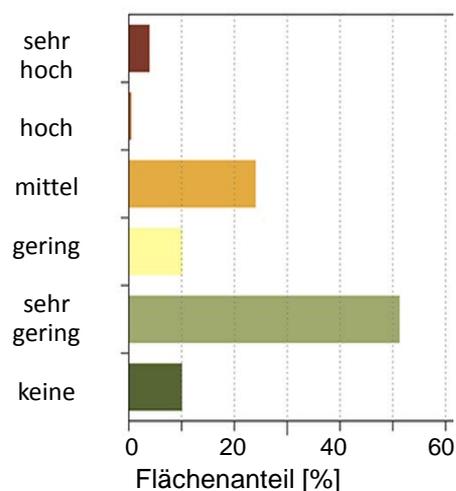
Legende:

potenzielle Erosionsgefährdung durch Wassererosion



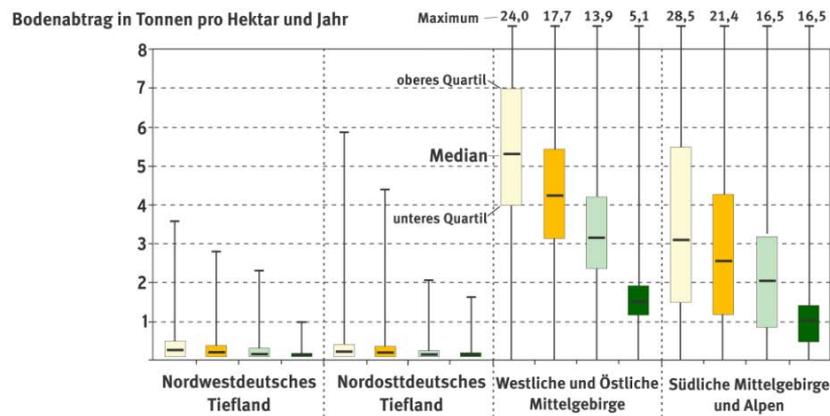
Legende:

potenzielle Erosionsgefährdung durch Winderosion



Quelle: © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2013, 2014.
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 18:
Anteil der
Bodenbearbeitung in
den natürlichen
Haupteinheiten

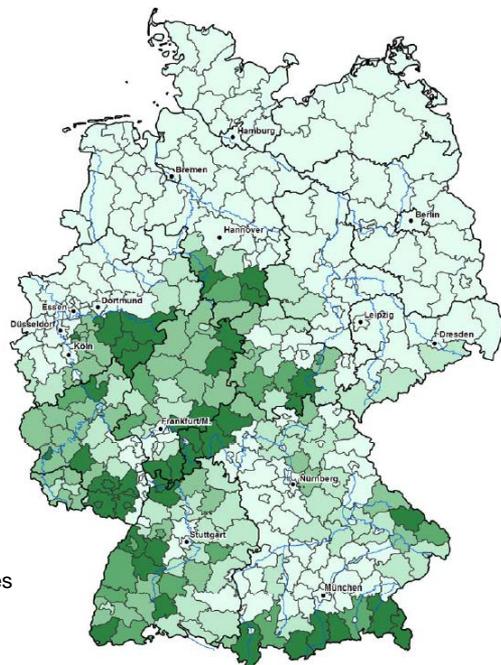
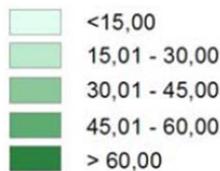


Quelle: nach Wurbs und Steinger 2011

100 % konventionell 25 % konservierend 50 % konservierend 100 % konservierend

Abbildung 19: Verminderung der Bodenerosion
durch ganzjährige Vegetationsbedeckung im
Vergleich zu einer alternativen Ackernutzung

Legende: Alternativ vermiedener
 Bodenabtrag pro ha und Jahr
 im jeweiligen Kreis



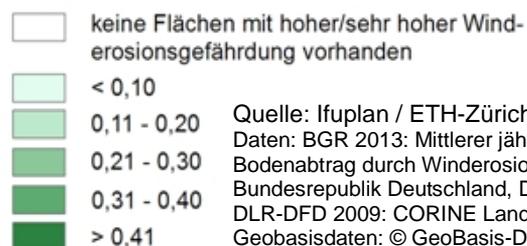
Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.
 Daten: BGR 2013: Mittlerer jährlicher potentieller Bodenabtrag durch Wassererosion, Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, Digitales Arciv FISBo BGR; DLR-DFD 2009: CORINE Land Cover (CLC 2006); Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 20: Anteil ganzjährig
vegetationsbedeckter Flächen an Flächen mit
hoher und sehr hoher
Winderosionsgefährdung im Landkreis

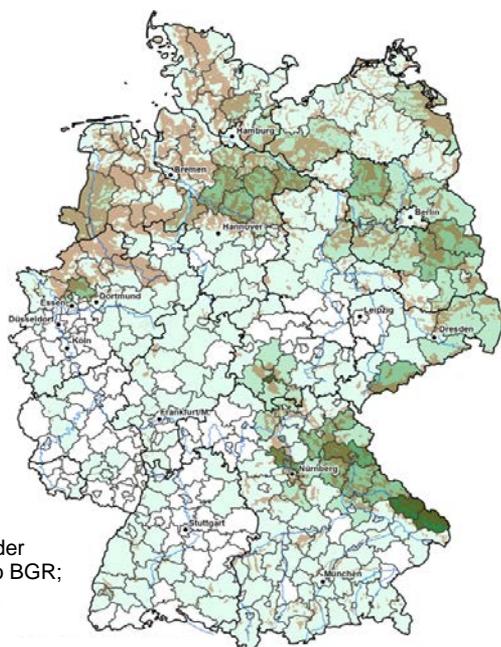
Legende:

Flächen hoher/sehr hoher Winderosionsgefährdung

Quotient: Anteil naturnaher vegetationsbedeckter Flächen an winderosionsgefährdeten Flächen (hoch/sehr hoch) bezogen auf winderosionsgefährdete Flächen (hoch/sehr hoch) im Landkreis



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.
 Daten: BGR 2013: Mittlerer jährlicher potentieller Bodenabtrag durch Winderosion, Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, Digitales Arciv FISBo BGR; DLR-DFD 2009: CORINE Land Cover (CLC 2006); Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013



2.2.4 Verminderung von Hochwassergefahren durch Wasserretention in Auen

Durch Begradigungen von Wasserläufen und Eindeichungen wurde der natürliche Überflutungsraum von Flüssen immer mehr verengt. Ca. zwei Drittel der natürlichen flussbegleitenden Überschwemmungsgebiete Deutschlands sind auf diese Weise verloren gegangen. Dies hat zur Folge, dass Hochwasserwellen zunehmend höher auflaufen und die Gefahr von Überflutungen steigt.

Natürliche Überflutungsflächen in der Aue eines Flusses nehmen während eines Hochwasserereignisses Wasser auf, gleichzeitig läuft das Wasser in den seitlichen Auebereichen im Vergleich zum Hauptgerinne eines Flusses verzögert ab. Dadurch wird die Scheitelhöhe einer Hochwasserwelle längs und quer zum Fluss vermindert.

Die Leistung überflutungsfähiger Aueflächen zur Wasserretention und Verminderung von Hochwassergefahren kann ausgedrückt werden durch den Indikator

- Fläche der nicht durch Dämme abgetrennten, frei überflutbaren Aue außerhalb von Siedlungsflächen.

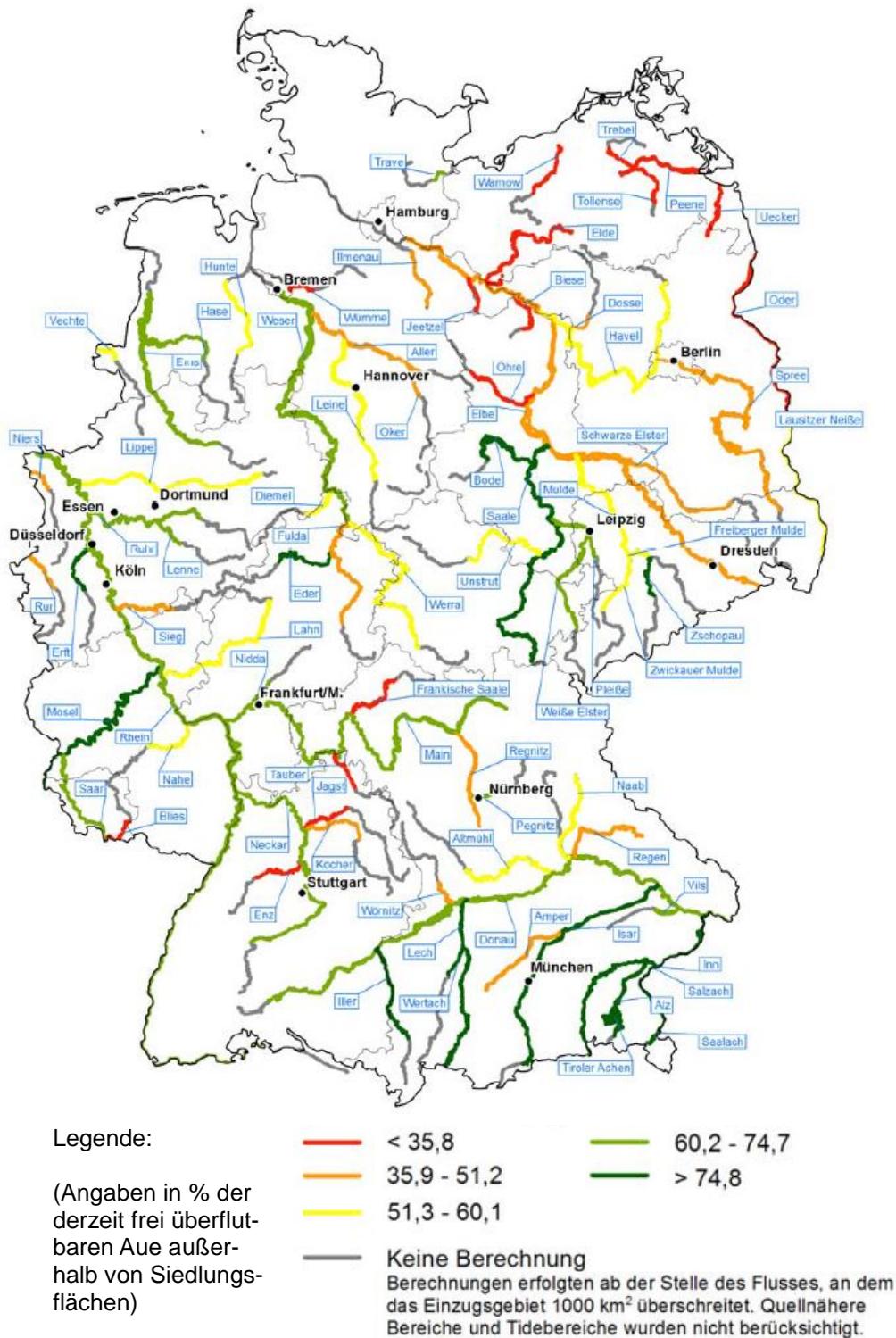
In Abbildung 21 wird diese Fläche für ausgewählte Flussgebiete als Anteilswert dargestellt. Es sollte geprüft werden, ob – um Fehlinterpretationen zu vermeiden – auch bei der kartographischen Darstellung Absolutwerte statt Anteilswerte verwendet werden sollten.

Durch Rückdeichungen und Renaturierungen kann die Wasserretentionsfähigkeit der Auen erhöht werden. Das Potenzial, das hierzu zur Verfügung steht, entspricht dem Verlust an überflutbarer Aue (vgl. Abbildung 21), abzüglich der heutigen Siedlungsflächen. Dieses Potenzial ist eine wertvolle Information, um deutlich zu machen, in welchem Umfang diese Ökosystemleistung wiederherstellbar ist.

Gesellschaftlich am stärksten nachgefragt sind Überflutungsflächen, die eine hohe Schadensvermeidungswirkung haben. Die Schadensvermeidungswirkung ist von der Lage der Fläche und vom jeweiligen Retentionsvolumen abhängig. Das Retentionsvolumen wurde bisher nicht flächendeckend ermittelt. Es ist u. a. vom Relief der jeweiligen Fläche und vom Ausmaß der jeweiligen Hochwasserereignisse abhängig. Da sich die hydrologische Wirkung von Überflutungsflächen außerdem über den Flussverlauf erstreckt, wäre eine einfache Überlagerung von Flussabschnitten mit hoher „Nachfrage“ nach Schadensvermeidung und großer Überflutungsfläche nur wenig geeignet, um hieraus Konsequenzen für räumliche Prioritäten für Maßnahmen zur Erhaltung oder Neuentwicklung von Überflutungsflächen abzuleiten. Deshalb werden derzeit Flächen für Rückdeichungsmaßnahmen einzeln im Hinblick auf ihr Schadenvermeidungspotential eingeschätzt.

Es sollte bei der Weiterentwicklung der Indikatoren geprüft werden, ob vereinfachte Simulationsmodelle angewandt werden können, um die Hochwasserschadensvermeidungswirkung überflutbarer Auen auch stärker quantitativ erfassen zu können (Nedkov und Burkhard 2012).

Abbildung 21: Fläche der nicht durch Dämme abgetrennten, frei überflutbaren Aue außerhalb von Siedlungsflächen



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.

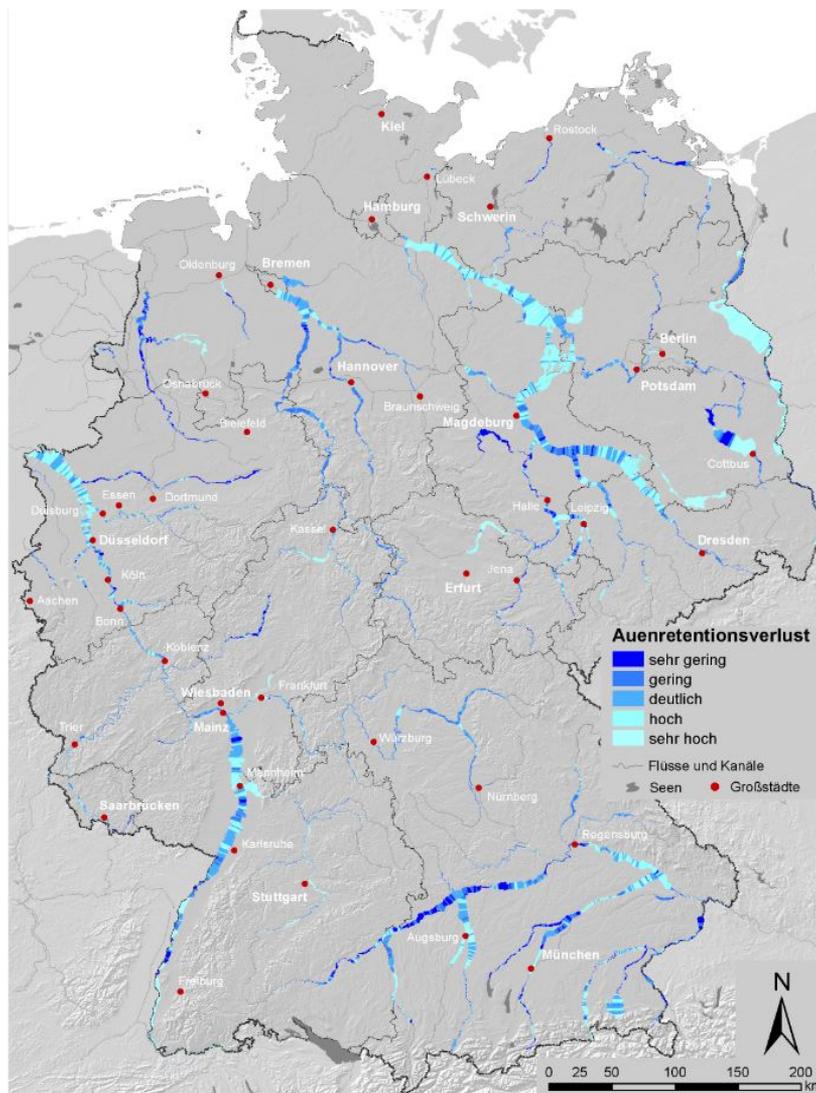
Daten: BfN 2009: Auenbereiche und Landnutzung für 79 Flüsse in Deutschland (Daten zum Auenzustandsbericht)

Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Anmerkung:

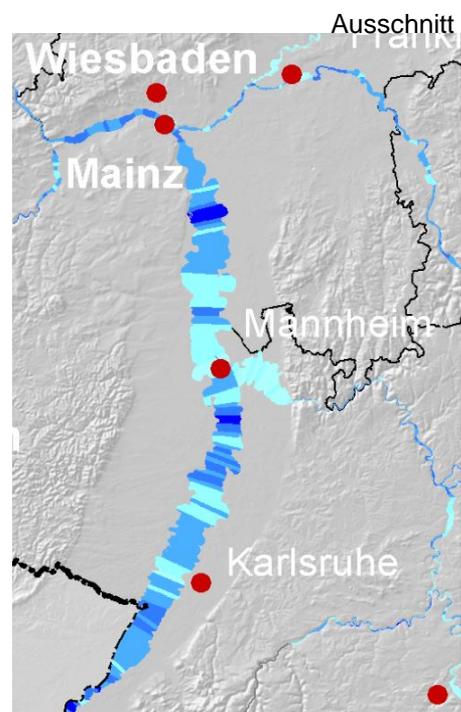
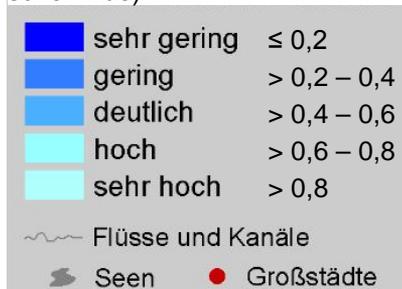
Bei der Interpretation der Karte ist zu bedenken, dass kleine verbliebene Reste einer ursprünglich breiten überflutbaren Aue zu hohen Werten führen können, wenn diese Reste frei oder nur gering bebaut sind. Deshalb sollte diese Karte nicht ohne die folgende Darstellung der Auenverluste interpretiert werden (vgl. Abbildung 22). In einer Folgekarte sollten eher die absolute und nicht die relative Größe der überflutbaren Flächen pro Flussabschnitt dargestellt werden.

Abbildung 22: Verlust von Auenretention / Retentionspotenzial



Legende: Die Breite der Streifen entlang der Flüsse entspricht der Retentionsfunktion der morphologischen Aue

Auenretentionsverlust
(Verlust an Fläche und Rauigkeit im Vergleich zur morphologischen Aue)



Quelle: Scholz et al. 2012; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2009, Höhenmodell: srtm.csi.cgiar.org

2.2.5 Bestäubung und biologische Schädlingskontrolle - natürliche und halbnatürliche Flächen und Kleinstrukturen in Agrarlandschaften

Neben ihren Leistungen bei der Verminderung von Bodenerosion (vgl. 2.2.3) und ihrer Funktion für die Erholung (vgl. 2.3) sind Strukturen wie Hecken, Feldgehölze und Ackersäume sowie artenreiche Flächen Lebensräume für Bestäuberpopulationen und haben eine wichtige Funktion im Rahmen einer natürlichen Schädlingskontrolle.

- ▶ Der Anteil von natürlichen und halbnatürlichen Flächen und Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft

wird in Deutschland auf Bundes- und Landesebene im Rahmen der Erfassung natürlicher und naturnaher Biotop der Agrarlandschaft (High-Nature-Value Farmland) für Ackerland und Grünland mit Hilfe repräsentativer Stichproben ermittelt (vgl. Abbildung 23). Aufgrund des Stichprobenumfanges ist eine räumliche Zuordnung nur auf Ebene der Länder möglich.

Eine methodisch abweichende Erfassung von Kleinstrukturen speziell im Bereich von Ackerflächen, Gartenflächen und Sonderkulturen und erfolgt für das sogenannte „Verzeichnis regionalisierter Kleinstrukturanteile“ (Julius Kühn-Institut, vgl. Abbildung 24). In diese Erfassung gehen auch Waldränder ein. Gemeinden, die in dieser Erhebung unter einem Sollwert für Kleinstrukturanteile liegen, haben ein Interesse und die Möglichkeit, Kleinstrukturen, die mit der betreffenden Methodik nicht erfasst wurden, „nachzumelden“. Die veröffentlichten Ergebnisse der Kleinstrukturanteile sind deshalb zwischen Gebieten mit hohem und geringem Kleinstrukturanteil nicht vollständig vergleichbar. Aufgrund abweichender Methodik, der Einbeziehung von Waldrändern und der Beschränkung auf Ackerland bestehen in den Ergebnissen erhebliche Unterschiede zur HNV-Farmland-Kartierung.

Ähnlich wie beim Selbstreinigungspotenzial von Gewässern können zusätzliche Erkenntnisse über die Bedeutung der Bestäubungsleistung von Kleinstrukturen gewonnen werden, wenn sie dem Nachfrageindikator

- ▶ Anteil an bestäubungsabhängigen Agrarprodukten

gegenübergestellt und getrennt jeweils für hohe und niedrige Nachfragesituationen ermittelt werden. Hierzu müsste der Anteil an bestäubungsabhängigen Agrarprodukten aber noch kleinräumiger als in Abbildung 25 dargestellt werden.

Abbildung 23: Entwicklung von HNV-Farmland an der Landwirtschaftsfläche 2009 - 2013



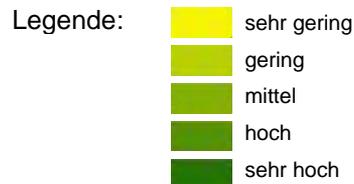
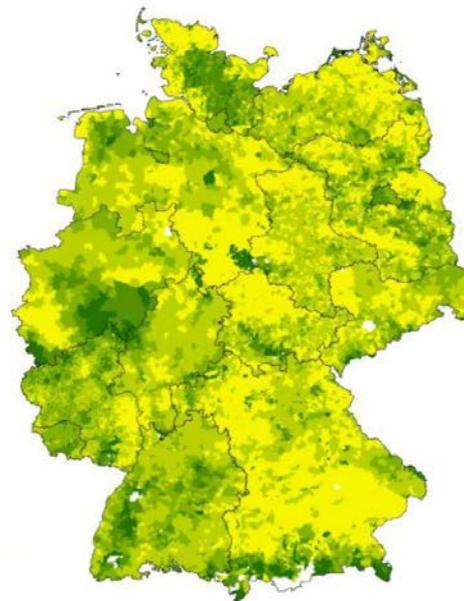
* Nordrhein-Westfalen 2012

Legende:

- HNV 1 – äußerst hoher Naturwert
- HNV 2 – hoher Naturwert
- HNV 3 – mäßig hoher Naturwert

Quelle: Bundesamt für Naturschutz 2014

Abbildung 24: Dichte von Kleinstrukturen in der Ackerlandschaft



Quelle: Neukampf 2010, Julius Kühn-Institut

Abbildung 25: Ertrag an Produkten, die abhängig sind von Bestäubung durch Insekten

Legende:

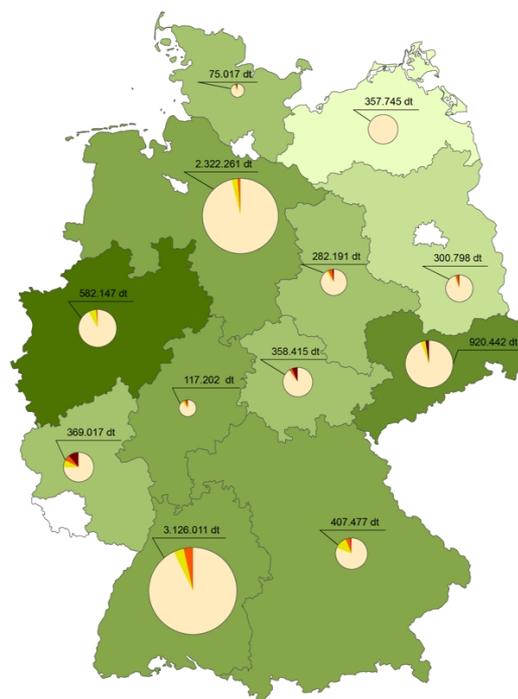
Absolute Erntemengen nach Arten

- Anteil der Art an Gesamternte
 - Apfel
 - Birne
 - Süßkirsche
 - Sauerkirsche
- Größe entsprechend der Erntemenge des Bundeslandes in dt

Ernteerträge Baumobst [dt/ha]

- 50,0 - 75,0
- 75,1 - 100,0
- 100,1 - 125,0
- 125,1 - 150,0
- 150,1 - 175,0
- 175,1 - 200,0

Durchschnitt 2012-2013; Daten für SL, HH, HB und BE unvollständig



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.
 Daten: (Statistisches Bundesamt 2013: Wachstum und Ernte Baumobst; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013)

2.2.6 Minderung von Klimagasen (insbesondere durch Wiedervernässung von Moorböden)

Der Effekt von Landnutzungen und Landnutzungsänderungen sowie der Waldwirtschaft auf die Treibhausgasbilanz wird regelmäßig im Rahmen der Berichterstattung unter dem Kyoto-Protokoll im Sektor LULUCF (Land use, land-use change and forestry) erfasst (Umweltbundesamt 2012). Die Erfassung basiert auf statistischen Erhebungen. Eine flächenscharfe Darstellung der Wirkungen innerhalb der verschiedenen Nutzungen liegt bisher nicht vor.

Die Waldwirtschaft scheint derzeit so strukturiert zu sein, dass bei der derzeitigen Kombination aus Kohlenstoffspeicherung im Waldbestand, Kohlenstoffspeicherung im sogenannten Holzproduktespeicher und CO₂-Vermeidung durch Holzverwendung statt anderer Materialien (u.a. bei der Energieproduktion) eine Verbesserung des Treibhausgasemissionseffektes durch Änderungen der Umtriebszeiten kaum möglich erscheint. Daten für eine kartographische Darstellung des in Pflanzen gebundenen Kohlenstoffs, zu dem die Waldbestände wesentlich beitragen, liegen vor (vgl. Abbildung 26). Angesichts der genannten Situation und des starken Schutzes von Waldbeständen in Deutschland erscheint ein regelmäßiges Monitoring zum Ziel der Erhaltung oder Verbesserung dieser Ökosystemleistung jedoch nicht erforderlich. Potenziale gibt es in der Waldwirtschaft noch in begrenztem Umfang durch Aufforstung und eventuell auch – im Bereich des Bodenspeichers – durch Wiedervernässung von Moorstandorten (Naturkapital Deutschland 2014).

In der Landwirtschaft ergeben sich die derzeitigen Klimagasemissionen zu jeweils ca. einem Drittel durch die Nutzung entwässerter Moorböden, durch Düngung und durch die Tierhaltung einschließlich Mist und Güllelagerung (vgl. ebd.). Ein weiterer Faktor ist der Umbruch von Grünland zu Ackerland (vgl. ebd., zum Grünlandanteil siehe 2.1.2).

Treibhausgasemissionen im Rahmen von Düngung und Tierhaltung sind eher Reduzierungen negativer externer Effekte, weniger aber Ökosystemleistungen. Eine wichtige Ökosystemleistung ist dagegen die Fähigkeit von Mooren und Moorböden, in großem Umfang Klimagase zu speichern.

Die Gesamtfläche der Moorböden wird in Deutschland je nach Quelle und Abgrenzung auf 1,4 bis 1,8 Mio. ha geschätzt, dies entspricht ca. 4 - 5% der Fläche Deutschlands. In diesen Böden sind etwa 1,2 bis 2,4 Mrd. t Kohlenstoff (entsprechend ca. 4,3 bis 8,6 Mrd. t CO₂-Äquivalente) gespeichert. Ca. 99% der ehemaligen Moore sind durch Entwässerung geschädigt, mit der Folge, dass sich die organischen Verbindungen, in denen der Kohlenstoff gespeichert ist, zersetzen und dadurch das Klimagas CO₂ emittiert wird. Die landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Moorböden emittieren ca. 41 Mio. t CO₂-Äquivalente pro Jahr, was ca. 4,3 % der jährlichen deutschen Brutto-Gesamtemissionen entspricht. (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein 2012, Naturkapital Deutschland 2014).

Durch eine Wiedervernässung der Moorböden kann die weitere Zersetzung der organischen Substanzen gestoppt und der Kohlenstoffspeicher erhalten werden. Wiedervernässte Moorböden können durch Nutzungssysteme mit hohen Wasserständen, sogenannte „Paludikulturen“, nachhaltig genutzt oder aber zu naturnahen Lebensräumen weiterentwickelt werden.

Als Indikator für die Leistung von Mooren und Moorböden zu langfristiger Kohlenstoffspeicherung wird vorgeschlagen, vereinfachend die

- ▶ Fläche noch intakter Moore und wiedervernässter Moorböden

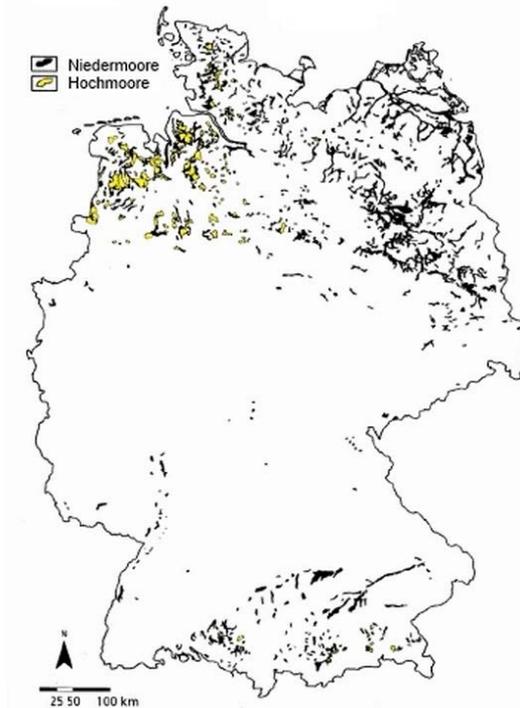
zu ermitteln. Diese Fläche wurde in 2012 in den „Moorländern“ Deutschlands: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Bayern und Niedersachsen auf 90.412 ha geschätzt. Eine grobe Verteilung der Moorbodenstandorte in Deutschland zeigt Abbildung 27.

Abbildung 26: In lebender pflanzlicher Biomasse festgelegter Kohlenstoff



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.
 Daten: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)
 2013: New IPCC Tier 1 Global Biomass Carbon Map;
 Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 27: Verteilung von Moorbodenstandorten in Deutschland



Quelle: nach Schopp-Guth 1999.
 Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

2.2.7 Mikroklimatische Puffer- und Ausgleichsfunktionen und Luftfilterwirkung städtischer Grünflächen

Waldränder, Hecken und Gewässer haben mikroklimatische Auswirkungen, die sich u. a. auch auf die Erträge benachbarter landwirtschaftlich genutzter Flächen auswirken. Höhe und Richtung der Auswirkungen sind u.a. von den jeweiligen Böden, der Lage des jeweiligen Elements zur Hauptwindrichtung und der Ackerfrucht abhängig. Eine flächendeckende Modellierung dieser Effekte wäre sehr aufwändig und erscheint angesichts des eher geringen Umfanges der Wirkungen und der aus Bundessicht begrenzten Steuerbarkeit derzeit nicht prioritär.

Eine hohe Bedeutung für Gesundheit und menschliches Wohlbefinden haben dagegen die kleinklimatischen Effekte und die Luftfilterwirkung von urbanen Grünelementen (Parkanlagen, Straßenbäume etc.). In Städten führen dichte Bebauung und mangelnder Luftaustausch zu einer deutlichen Erhöhung der Temperaturen im Vergleich zum Stadtumland. Städtische "Hitzeinseln" wirken sich negativ auf die menschliche Gesundheit aus. Besonders gefährdet sind Personen mit Kreislauferkrankungen. Pflanzenbewuchs in der Stadt einschließlich Fas-

saden- und Dachbegrünung senkt die Lufttemperatur unter anderem durch die Verdunstungswirkung der Vegetation. Straßenbäume kühlen zusätzlich die Umgebung, indem sie den Boden beschatten. Stadtbäume und Grünanlagen filtern die Luft und können dadurch u.a. die Konzentration gesundheitsschädlicher Feinstäube vermindern. Insbesondere bei Straßenbäumen ist darauf zu achten, dass im Straßenraum eine ausreichende Luftzirkulation gewährleistet bleibt.

Als erster grober Indikator für die genannten kleinklimatischen und Luftfilterwirkungen der Vegetation in Städten dient der

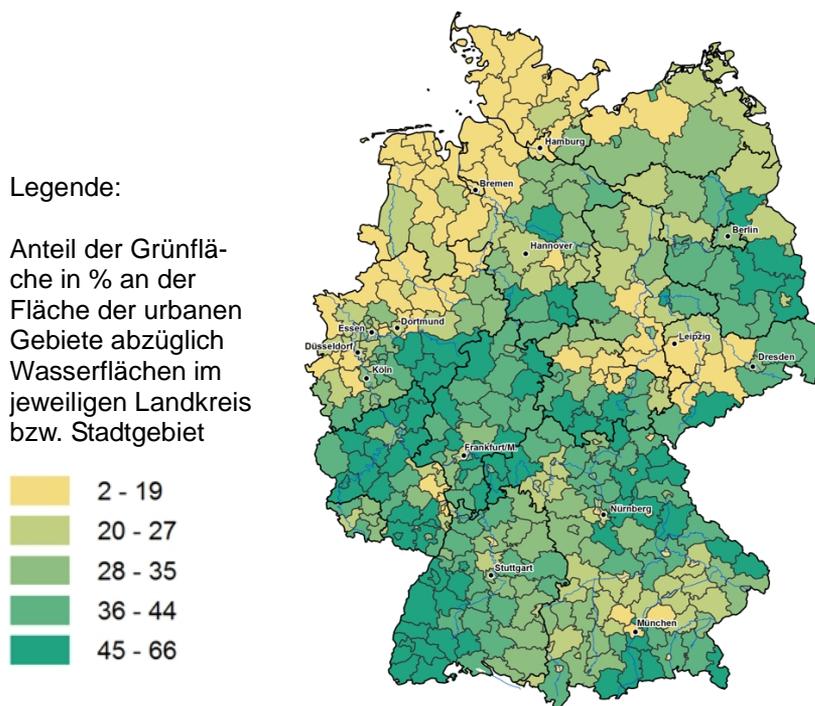
- ▶ Anteil von Grünflächen (Erholungsflächen, Friedhöfe und städtische Wälder) in Städten.

Der Indikator ließe sich durch eine Analyse des kompletten Grünanteils von Siedlungsflächen mittels Fernerkundungsdaten wesentlich verbessern. Auf dieser Datengrundlage könnten zusätzlich auch räumliche Unterschiede in der Grünausstattung zwischen unterschiedlichen Stadtgebieten analysiert werden (vgl. Abbildung 28).

- ▶ Die Bevölkerungsdichte, die Schadstoffbelastung der Luft und die Häufigkeit klimatisch ungünstiger Situationen

wären Indikatoren, mit der man die Nachfrage nach der betreffenden Leistung von städtischen Grünflächen beschreiben könnte.

Abbildung 28: Grünflächenanteil in urbanen Gebieten¹⁾



1) Urbane Gebiete sind die sogenannten 35 „large cities“ und 14 „medium sized cities“ nach dem Urban Audit (Office for Official Publications of the European Communities 2004). Der Grünflächenanteil umfasst auch Privatgärten, Straßenbegleitgrün oder begrünte Dächer. Die minimale Flächenauflösung der Analysegrundlage beträgt 0,25 ha.

Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.

Daten: Destatis 2013: Regionalstatistik Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

2.3 Indikatoren für kulturelle Ökosystemleistungen

Im Bereich der kulturellen Ökosystemleistungen werden nach der internationalen Klassifikation von Ökosystemleistungen „CICES“ folgende Teilleistungen unterschieden: Naturerleben, Erholungsaktivitäten, wissenschaftliche Bedeutung, Bedeutung für Bildung und Erziehung, Naturerbe / kulturelle Bedeutung, Nutzung für Unterhaltungszwecke, Naturästhetik, symbolische Bedeutung von Natur, spirituelle und religiöse Bedeutung von Naturelementen, Eigenwert der Natur (Existenzwert), Wert der Natur als Vermächtnis an zukünftige Generationen (vgl. Tabelle 2).

Probleme bezüglich einheitlicher Definitionen einzelner Leistungen

Die Bedeutung für die Erhaltung des Kultur- und Naturerbes hat sich im deutschen Naturschutzrecht u. a. im Schutz „historisch gewachsener Kulturlandschaften“ niedergeschlagen. Bei der Festsetzung von Schutzgebietsgrenzen ist die Erhaltung von Kulturlandschaften häufig ein einzelnes Kriterium neben anderen.

Man könnte für Deutschland alle Schutzgebiete darstellen, die auch zum Schutz des Kultur- und Naturerbes ausgewiesen wurden. Die Gesamtfläche dieser Schutzgebiete würde einen relativ großen Anteil der Bundesrepublik ausmachen. Aufgrund der Zuständigkeit der Länder wäre unklar, ob die Ausweiskriterien direkt vergleichbar wären. Außerdem würde ein Vergleich unterschiedlicher Zeitpunkte in erster Linie Erfolge bei der Ausweisung von Schutzgebieten messen. Ob damit auch zusätzliche Leistungen von Ökosystemen verbunden sind, wäre unsicher. Bisher hat sich für die Funktion von Landschaften zur Erhaltung des Natur- und Kulturerbes noch keine ausreichend operationalisierte Definition durchgesetzt, die es ermöglichen würde, eine nach einheitlichen Kriterien abgegrenzte Karte entsprechender Landschaften für Deutschland zu erstellen.

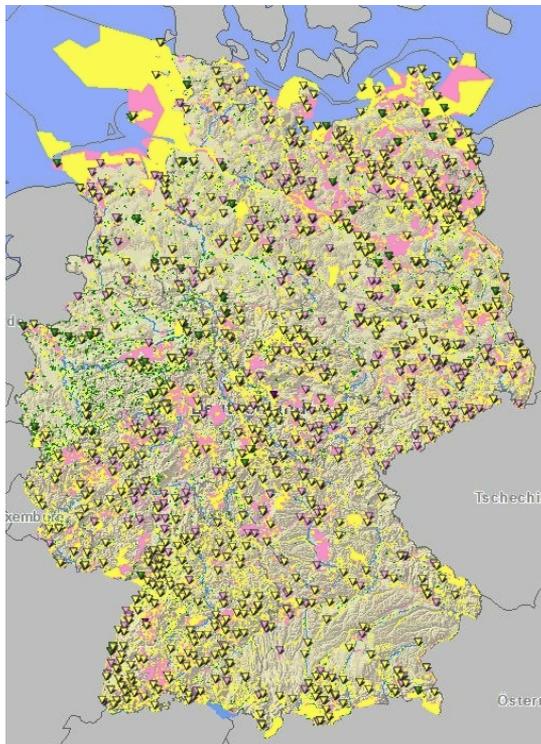
In Zusammenhang mit der kulturellen Bedeutung von Landschaften steht auch ihre identitätsstiftende Funktion als Teil der Heimat. Auch für die identitätsstiftende Funktion wurden bisher noch keine für eine Kartierung ausreichenden bundesweit einheitlichen Erfassungs- und Bewertungskriterien entwickelt.

Das Kriterium fehlender bzw. unvollständiger Definitionen für eine kartographische Abgrenzung gilt auch für die Funktion von Ökosystemen für Wissenschaft und Erziehung (Angaben existieren hier u. a. für Biosphärenreservate), für die symbolische Bedeutung von Natur und für ihre Nutzung oder Nutzbarkeit für Unterhaltungszwecke.

Zum Eigenwert der Natur, der in praktischen Analysen kaum zu trennen ist vom Wert der Natur als Erbe, das an zukünftige Generationen weitergegeben werden soll, gibt es in Deutschland eine Vielzahl von monetär bewertenden Analysen. Diese Analysen beziehen sich auf Naturschutzprogramme, auf bestimmte Landnutzungstypen (z.B. Erhaltung von Grünland), auf die Schaffung von Lebensräumen (z.B. für den Biber) oder die Erhaltung bestimmter Landschaftstypen (z.B. reich strukturierter Kulturlandschaften) (vgl. Zusammenstellung in Bundesamt für Naturschutz 2012, Meyerhoff et al. 2012).

Der Versuch einer flächendeckenden Einstufung von Ökosystemen nach ihrer Bedeutung für die Erhaltung biologischer Vielfalt als Wert an sich oder als Erbe für zukünftige Generationen würde auf eine Erfassung von Schutzgebieten (vgl. Abbildung 28), Vernetzungsflächen und –korridoren (vgl. Abbildung 29) und darüber hinaus auf die Anwendung naturschutzfachlicher Klassifikationsschemata hinauslaufen (vgl. Abbildung 30), die auch zur Umsetzung der deutschen Eingriffsregelung genutzt werden.

Abbildung 29: FFH- und Vogelschutzgebiete, Naturschutzgebiete und Nationalparke in Deutschland



Quelle: Bundesamt für Naturschutz 2014;
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

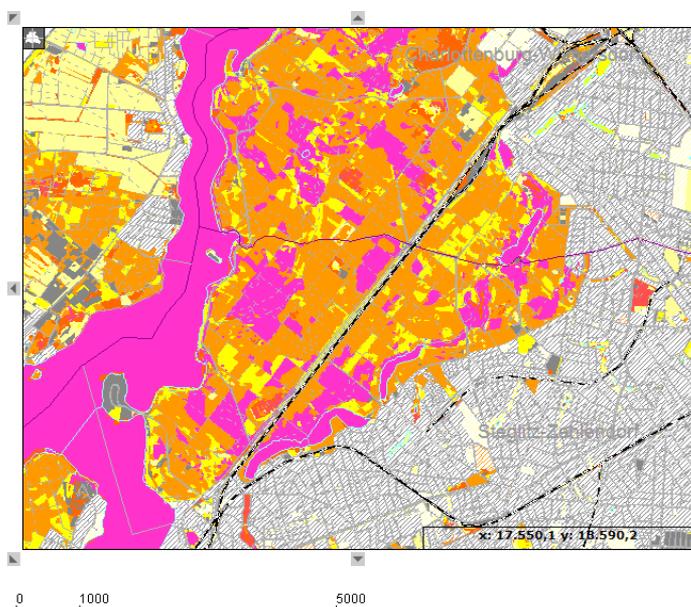
Durch Überlagerung mit FFH- und Vogelschutzgebieten werden Nationalparke und Naturschutzgebiete nur teilweise dargestellt.

Abbildung 30: Bestehende Flächen mit länderübergreifender Bedeutung für den Biotopverbund



Quelle: Fuchs et al. 2010, aktualisiert durch Bundesamt für Naturschutz 2013;
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 31: Biotopwertkarte einer Teilfläche von Berlin



Legende:

Kartierungsdaten	Sekundärdaten	BW-Klasse	Biotopwert bzw. Konfliktpotenzial	BW von	BW bis
		1	klein	0	0
		2	sehr gering	1	5
		3	gering	6	10
		4	mittel	11	15
		5	mittelhoch	16	23
		6	hoch	24	34
		7	sehr hoch	35	45
		8	extrem hoch	46	60

Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin 2014

Da unklar ist, ob eine solche naturschutzfachlich ausgerichtete Bewertung der Intention der Erfassung von Ökosystemleistungen im Rahmen von Maßnahme 5 entspricht, wird hier zunächst auf den Vorschlag eines entsprechenden Indikators verzichtet.

Vorläufige Konzentration auf Erholung in Verbindung mit Naturerleben und Ästhetik

Aufgrund der oben genannten Definitionsprobleme wird empfohlen, zunächst die Funktionen der Landschaft für Naturerleben, Erholungsaktivitäten und Ästhetik zu erfassen.

Für Erholung sind individuell in unterschiedlichem Maße sowohl Naturerleben als auch die Möglichkeit konkreter Erholungsaktivitäten sowie ästhetische Aspekte der Natur wesentlich. Es wird hier deshalb der Weg gegangen, bei der Bewertung der Erholungsfunktion von Ökosystemen die genannten Aspekte mit zu berücksichtigen und keine getrennte Erfassung z.B. der ästhetischen Funktion von Natur zu versuchen.

Neben der Eignung der Ökosysteme sind bei einer Erfassung der Leistung für die Erholung auch menschliche Störeinflüsse wie Lärm und visuelle Störwirkungen durch Siedlungen, Verkehrswege und andere Infrastrukturen (z. B. Stromleitungen) zu beachten.

Aufgrund jeweils unterschiedlicher Verhaltensmuster und Ansprüche sollte weiterhin unterschieden werden in „Feierabenderholung“ in direkter Nähe zum Wohnort, „Wochenend- und Tageserholung“ im Umkreis von max. 30 - 60 km um den Wohnort – die genaue Abgrenzung wäre noch aufgrund von Fachliteratur und ggf. Umfragen festzulegen – und „Ferienerholung“ mit Zielorten, die mehr oder weniger unabhängig von der Entfernung vom Wohnort sind.

Tages- und Wochenenderholungsgebiete können – wenn eine gute Erreichbarkeit gegeben sein soll – insbesondere in Regionen knapp sein, die durch eine intensive Landwirtschaft geprägt sind. „Feierabenderholung“ ist an das nahe Umfeld um die Wohnung gebunden, eine Substitution gegen weiter entfernte Flächen ist aufgrund der begrenzten Zeit am Feierabend kaum möglich.

Trotz dichter Besiedlung hat Deutschland eine Vielzahl attraktiver Standorte für die Ferienerholung. Dennoch können trotz des Eigeninteresses der jeweiligen Gemeinden an der Erhaltung der landschaftlichen Attraktivität externe Treiber wie z.B. Änderungen landwirtschaftlicher Produktionsstrukturen (z.B. Aufgabe von Grenzertragsflächen in Mittelgebirgen, Verstärkung des Maisanbaus) auch hier zu einer Verschlechterung des Angebots an erholungsrelevanten Ökosystemleistungen führen.

2.3.1 Erholungseignung in der Landschaft

Der Umfang von Erholungsaktivitäten in der Landschaft und die Auswahl von Erholungsflächen und Erholungsorten durch Erholungssuchende hängt nicht nur von natürlichen Bedingungen ab, sondern in erheblichem Umfang auch von sozio-ökonomischen Voraussetzungen, wie z. B. der Bevölkerungsdichte, der Erholungsinfrastruktur einschließlich Verkehrsanbindung, dem Bekanntheitsgrad von Gemeinden als attraktive Erholungsregionen etc. Weiterhin sind in erheblichem Umfang auch solche natürlichen Bedingungen für die Auswahl von Landschaften für die Erholung maßgeblich, die durch menschlichen Einfluss nicht oder nur in begrenztem Maße beeinflusst werden können, wie z.B. das Vorhandensein von Wasserflächen (Seen, Meer) und Bergen (Mittelgebirge, Alpen).

Beeinflussbare Ökosystemparameter der Erholungseignung sind u.a. die Wasserqualität von Fließ- und Stillgewässern und die Art und Vielfältigkeit der verschiedenen Landnutzungen (Acker, Grünland, Wald, Mischungsverhältnis der genannten Nutzungstypen, strukturierende Landschaftselemente etc.). Weiterhin wäre zu berücksichtigen, dass die positiven Wirkungen

von Landschaftselementen, Ökosystemen und Landschaften durch anthropogen verursachte Belastungsfaktoren, ausgehend etwa von Verkehrsinfrastruktur und Siedlungen zum Teil wieder unwirksam gemacht werden können.

Damit Indikatoren für Ökosystemleistungen im Bereich Erholung nicht zu komplex werden und der Indikator politikrelevant formuliert werden kann, sollte geprüft werden, ob man für das Angebot an Ökosystemleistungen nur beeinflussbare Parameter (einschließlich anthropogener Störeffekte) betrachtet und die übrigen Determinanten in einem zweiten Indikator zusammenfasst, der die spezielle räumliche Nachfrage nach einer guten Ausstattung mit (beeinflussbaren) erholungsrelevanten Strukturen zum Ausdruck bringt (vgl. Abbildungen 32 und 33). Ausgehend von einem solchen Vorgehen könnte man – wie in den oben stehenden Kapiteln erläutert – auch im Bereich Erholung analysieren, ob Änderungen im Angebot entsprechender Ökosystemleistungen an Orten hoher oder geringer Nachfrage stattfinden.

Bisher wurden für den Bereich Erholung in der Landschaft die beiden Teilindikatoren „Erreichbarkeit von Gewässern mit Badegewässerqualität“ und „Erreichbarkeit von Naturschutzgebieten“ ermittelt (vgl. Abbildungen 34 und 35). Es wird empfohlen, diese beiden Indikatoren im beschriebenen Sinne zu erweitern und zu ergänzen.

Abbildung 32: Bildung von Indikatoren für das Angebot und die Nachfrage nach Ökosystemleistungen im Bereich Erholung

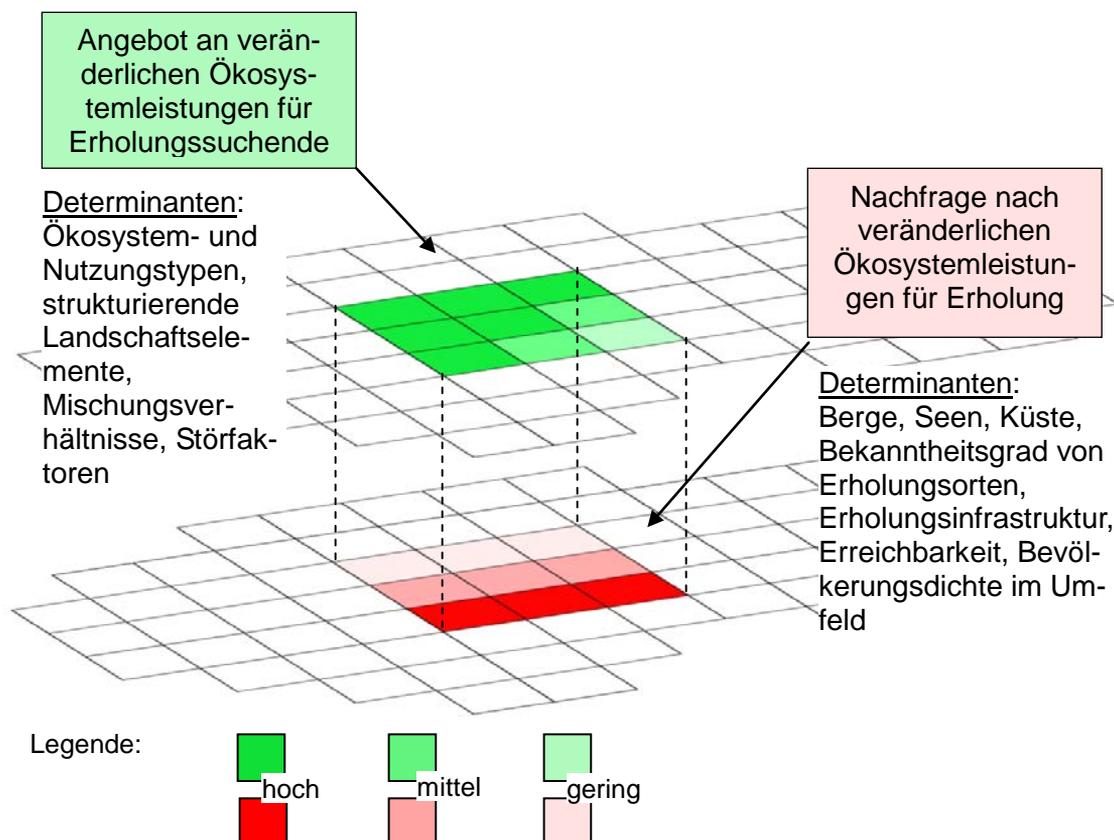


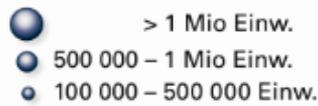
Abbildung 33: Bevölkerungsdichte – Beispiel für einen Indikator für die Nachfrage nach Erholungsleistungen

Legende:

Bevölkerungsdichte



Großstädte



Quelle: © mr-kartographie, Gotha, Bevölkerungsdaten 2007

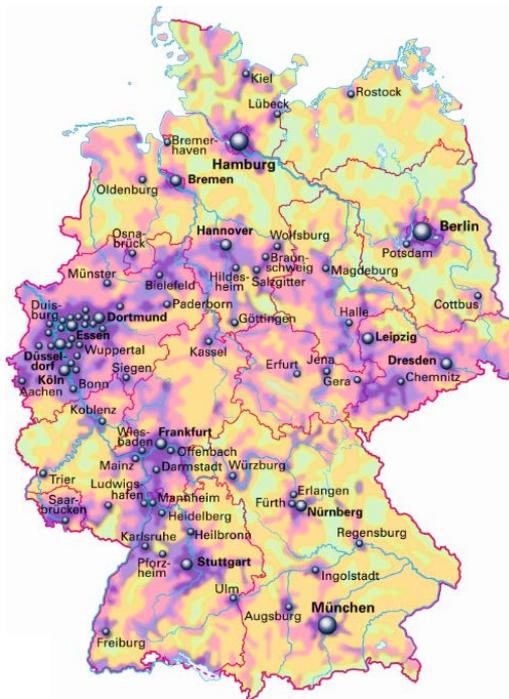
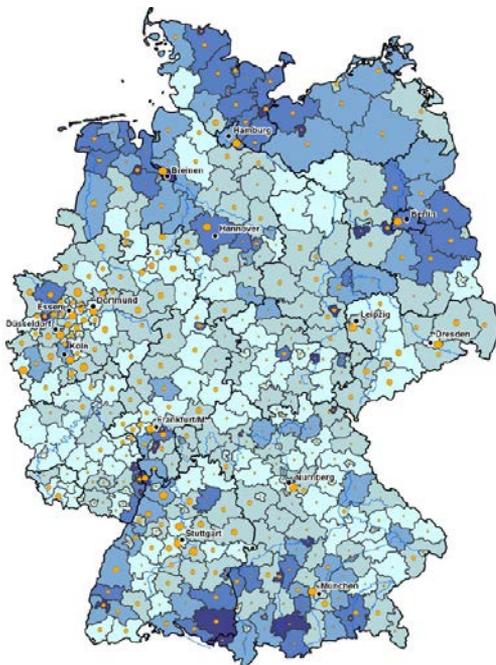
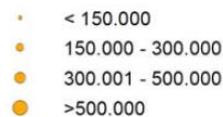


Abbildung 34: Versorgung mit Badegewässern, die der EU-Badegewässerrichtlinie entsprechen



Legende:

Einwohner

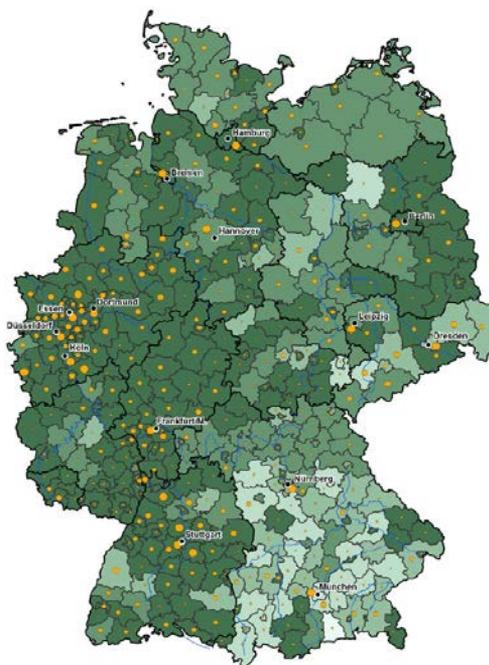


Versorgungsgrad der Siedlungsflächen [%] (Versorgungsradius 6km)



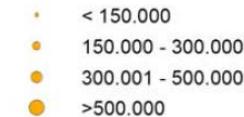
Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014. Daten: EEA 2011: Status of bathing water; Statistisches Bundesamt 2012: Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche und: Bevölkerung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

Abbildung 35: Versorgung durch erholungsrelevante Schutzgebiete



Legende:

Einwohner



Versorgungsgrad der Siedlungsflächen [%] (Versorgungsradius 6km)



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014. Daten: Bundesamt für Naturschutz 2013: Schutzgebiete; Statistisches Bundesamt 2012: Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche und: Bevölkerung; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013

2.3.2 Erholungseignung im urbanen Bereich

Für den urbanen Raum wird als erster einfacher Indikator

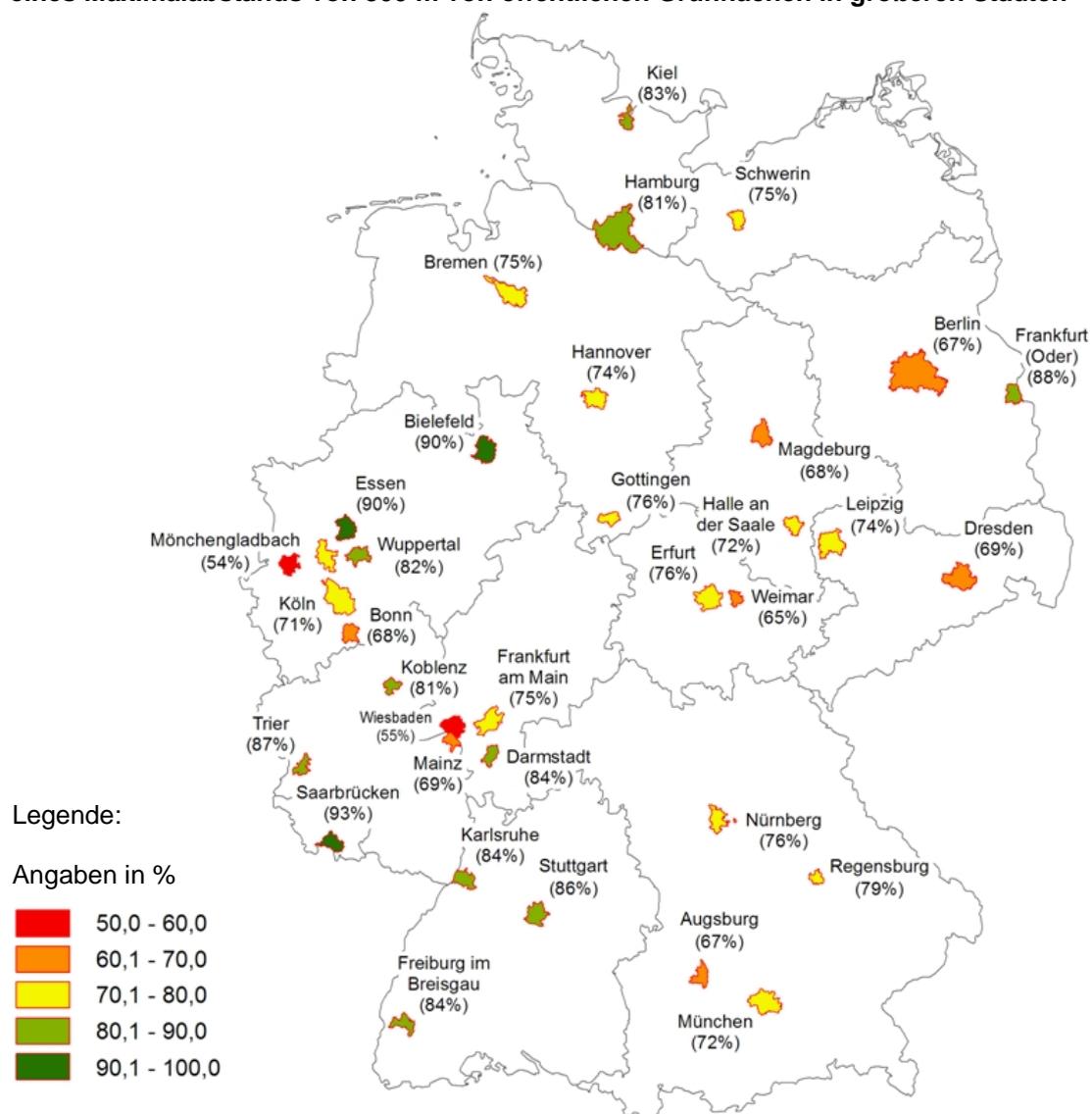
- ▶ der Anteil von Grünflächen am Gemeindegebiet (gleicher Indikator wie oben für Luftreinhalt- und Klimafunktion) und ergänzend
- ▶ die Erreichbarkeit von Grünflächen (vgl. Abbildung 36)

vorgeschlagen.

Da bei kleineren Gemeinden das Gemeindeumland für die Feierabenderholung eine überproportional hohe Bedeutung hat, wird vorgeschlagen, beide Indikatoren erst für Städte ab einer bestimmten Mindestgröße zu erfassen (z.B. 50.000 oder 100.000 Einwohner).

Der Erreichbarkeitsindikator kann treffsicherer formuliert werden, wenn statt eines pauschalen Mindestabstandes die tatsächliche Erreichbarkeit zu Fuß, mit dem Rad, mit dem ÖPNV oder mit dem PKW berechnet wird. Insbesondere beim Erreichbarkeitsindikator wäre es wichtig, auch Qualitäten der verschiedenen Grünflächen (wie z.B. Größe) in die Betrachtung einzubeziehen.

Abbildung 36: Erreichbarkeit von Grünflächen – Anteil der Siedlungsflächen innerhalb eines Maximalabstands von 300 m von öffentlichen Grünflächen in größeren Städten



Quelle: Ifuplan / ETH-Zürich 2014.

Daten: EEA 2010: GMES Urban Atlas; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG 2013, Digitales Basis-DLM

Ergänzung durch eine repräsentative Stichprobenerfassung von Angebot und Nachfrage nach Erholungsflächen

Indikatoren, die von der Erfassung der Erholungseignung von Ökosystemen ausgehen, haben den Nachteil, dass Aspekte der Nutzung und des Bedarfs nur über grobe Hilfsgrößen mitberücksichtigt werden können (z. B. Bevölkerungsdichte wie oben). Eine exakte Erfassung der Versorgung der Einwohner Deutschlands mit Flächen für die Feierabend- sowie Tages- und Wochenenderholung wäre möglich, wenn man nicht vom Flächenangebot ausgeht sondern von den Bedürfnissen des einzelnen Bewohners. Es wird deshalb vorgeschlagen zusätzlich zu den oben genannten Indikatoren (und deren Weiterentwicklung) die Entwicklung des Angebots geeigneter Flächen für den einzelnen Bewohner mit Hilfe einer deutschlandweiten repräsentativen Stichprobe zu erfassen. Grundlage wäre eine repräsentative Stichprobe von Wohnstandorten, sowie die anschließende GIS-gestützte Analyse der Erholungsangebote in unterschiedlichen Entfernungen vom jeweiligen Wohnstandort. Hierbei könnten auch detaillierte Nutzungs- und Bedarfsdaten erfasst werden, die auch die erholungsrelevante anthropogene Infrastruktur miterfassen (z. B. Radwege, Möglichkeiten für Freizeitsport u. ä.).

3. Erläuterungen zu ausgewählten übergreifenden Fragestellungen bei der Auswahl der Indikatoren – Hinweise zur Weiterentwicklung

3.1 Anforderungen an die Genauigkeit der Erfassung und Bewertung: Warnsystem oder Beitrag zu einem Wohlfahrtsindex

Indikatoren für Ökosystemleistungen können als eine Art Warnsystem verstanden werden, dass die Funktion hat, früh genug auf mögliche Probleme hinzuweisen. Stellen sich anhaltend negative Trends ein oder werden Warnschwellen überschritten, könnte mithilfe detaillierter Folgeuntersuchungen überprüft werden, ob wirklich aktuelle oder zukünftige Wohlfahrtsverluste durch einen Rückgang von Ökosystemleistungen zu erwarten sind und wie schwerwiegend diese Probleme sind. Solche Warnindikatoren würden die geringsten Anforderungen an die Genauigkeit der Erfassung und Bewertung stellen. Die oben vorgeschlagenen Indikatoren dürften die Anforderungen an eine entsprechende Zielsetzung für die behandelten Themenbereiche erfüllen.

Höhere Anforderungen stellen dagegen Indikatoren, die mit dem Umfang an aktuellen oder zukünftigen Wohlfahrtsverlusten oder –gewinnen so genau korrelieren, dass zumindest Entscheidungen darüber unterstützt werden können, wo der Bedarf zum Gegensteuern am höchsten erscheint. Solche Indikatoren müssten z. B. dazu geeignet sein, unterschiedliche räumliche Ausprägungen miteinander zu vergleichen. Der vorgeschlagene Indikatorsatz dürfte die entsprechenden Anforderungen zumindest in einigen Fällen erfüllen.

Die höchsten Anforderungen an die Erfassung und Bewertung bestehen dann, wenn Indikatoren Wohlfahrtsänderungen durch den Verlust oder den Zuwachs an Ökosystemleistungen so abbilden sollen, dass sie untereinander und auch mit Wohlfahrtsänderungen auf den Gütermärkten verglichen werden können. Diesen Anspruch haben die oben genannten Indikatoren in ihrer derzeitigen Formulierung nicht. Sie könnten aber möglicherweise wichtige Eingangsinformationen für entsprechende Indikatoren bilden.

Maßnahme 5 sieht neben der Erfassung und Bewertung der Ökosystemleistungen auch die Erfassung des Zustandes der Ökosysteme vor. Sobald flächenbezogene Zustandsdaten

bundesweit vorliegen, sollte geprüft werden, ob durch ihre zusätzliche Berücksichtigung auch die Aussagen zu den Ökosystemleistungen verbessert werden können.

3.2 Indikatoren für Zustände und/oder Entwicklungsmöglichkeiten von Ökosystemleistungen

Häufig konzentrieren sich die Umweltindikatoren darauf, den derzeitigen Zustand der Umwelt darzustellen; im vorliegenden Fall wären dies die derzeitigen Leistungen bzw. Potentiale der Ökosysteme. Ziel ist es hierbei insbesondere, bei negativen Trends oder anhaltenden Belastungen gezielt Gegenmaßnahmen zu initiieren. Eine nur die derzeitigen Zustände darstellende Betrachtung ist aber gerade bei Ökosystemleistungen nicht ausreichend.

Indikatoren für Ökosystemleistungen sollten nicht nur die Abhängigkeit des Menschen von der Natur verdeutlichen sondern auch die Funktion haben, der Gesellschaft die Möglichkeiten, die ihr die Natur bietet, besser vor Auge zu halten. Dabei ist es das Ziel, Natur und Ökosysteme zum Wohle heutiger und zukünftiger Generationen langfristig und nachhaltig zu nutzen und zu schützen, ohne sie zu zerstören. Bei einer solchen Perspektive sollte nicht allein die derzeitige Leistung von Ökosystemen betrachtet werden, sondern es müssen auch Entwicklungsmöglichkeiten berücksichtigt werden. Wenn z.B. Auen ihre Funktion zum Wasserrückhalt durch den Bau enger Deichlinien bereits weitgehend verloren haben, reicht es nicht aus, sich darauf zu konzentrieren, eine noch weiter gehende Einengung der Flüsse zu verhindern. Vielmehr ist es sinnvoll, darüber hinaus die Möglichkeiten zu betrachten, die eine Wiederherstellung von Auen für den Hochwasserschutz und andere Ökosystemleistungen bietet. Entsprechendes gilt für die Funktion von Moorrenaturierungen beim Klimaschutz. Indikatoren für Ökosystemleistungen sollten deshalb nach Möglichkeit so beschaffen sein, dass sie nicht nur auf Verluste, sondern auch auf günstige bisher nicht genutzte Entwicklungspotenziale hinweisen.

Die Darstellung von Entwicklungspotenzialen bietet auch zusätzliche Möglichkeiten, Synergien zwischen Schutz und Entwicklung von Ökosystemleistungen und der Entwicklung günstiger Bedingungen für die Entfaltung biologischer Vielfalt zu verdeutlichen.

3.3 Berücksichtigung von Angebot und Nachfrage

Bei einigen Ökosystemleistungen reichen die heutigen Daten nicht aus, um zuverlässige Indikatoren für die tatsächliche Nutzung der Ökosystemleistungen bilden zu können. Beispiele sind die Wirkung von Wasserretention auf Hochwasserschäden, die Wirkung der Bestäubungs-, Pflanzenschutz und Erosionsschutzleistungen von Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft auf die Agrarproduktion und der Beitrag der Ökosysteme zur tatsächlichen Erholungsnutzung.

Der Erholungsnutzen von Landschaften für die Gesellschaft muss beispielsweise nicht unbedingt dort besonders hoch sein, wo die Landschaft besonders vielfältig und attraktiv ist. Auch weniger attraktive Landschaften können wichtig für die Erholung sein, wenn sie nahe an Ballungszentren liegen, wo ein hoher Bedarf nach Erholung besteht. Eine ähnliche Beziehung gilt zwischen Wasserretention und dem Nutzen durch vermiedene Hochwasserschäden. Ein relativ kleines Volumen an zusätzlicher Wasserretention kann für die Gesellschaft sehr wichtig sein, wenn es in der speziellen hydrologischen und siedlungsgeografischen Situation besonders teure Hochwasserschäden vermeidet.

In solchen Fällen, in denen dem räumlich spezifischen Angebot an Ökosystemleistungen eine räumlich spezifische Nachfrage gegenübersteht, wird vorgeschlagen, dem Indikator für das Angebot an Ökosystemleistungen (bzw. für die Eignung eines Ökosystems für eine bestimmte Nutzung) einen zweiten Indikator entgegen zu stellen, der die spezielle Nachfrage nach der Ökosystemleistung an diesem Ort abbildet.

Hierdurch werden Aussagen möglich, welche Veränderungen des Angebotes von Ökosystemleistungen in Bereichen mit hoher und welche in Bereichen mit geringer Nachfrage stattgefunden haben, was für die gesellschaftliche Bewertung wesentlich sein kann.

Alternativ könnte man auch versuchen, die Beziehungen zwischen Angebot und Nachfrage zu modellieren und auf dieser Grundlage einen komplexen Indikator für den Wert einer tatsächlich in Anspruch genommenen Leistung zu bilden. Hilfreich ist ein solches Vorgehen nur, wenn die Modellierung ausreichend wissenschaftlich abgesichert ist und der resultierende komplexe Indikator leicht verständlich bleibt.

Es sollte geprüft werden, in welchen Bereichen hier in Zukunft entsprechende Fortschritte erzielt werden können.

3.4 Aktuelle, zukünftige oder potenzielle Leistungen

Ökosystemleistungen sind nach vorherrschender Definition Güter und Leistungen der Natur, die zu individueller und gesellschaftlicher Wohlfahrt beitragen. Bei dieser Definition ist noch nicht a priori festgelegt, ob es lediglich um den aktuell genutzten oder auch um den zukünftigen Beitrag geht oder – noch weitgehender – um die Erfassung der zukünftigen Nutzungsfähigkeit (Potenzial) im Sinne eines sogenannten Optionswertes.

Für staatliche Entscheidungen sind in der Regel immer auch die langfristigen Wirkungen entscheidend. Um diese abschätzen zu können, ist es u.a. erforderlich, zukünftige Änderungen im Dargebot und bei der Nachfrage nach Ökosystemleistungen zu prognostizieren. Auf dieser Grundlage ließen sich alternative Szenarien entwerfen, die langfristige Entscheidungen besser unterstützen könnten als eine einfache Erfassung der heutigen Situationen. Es wäre zu prüfen, in welchen Bereichen solche Szenarien in Zukunft besonders wichtig sind.

Eine leicht umsetzbare Empfehlung, die sich aus der Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung ergibt, ist es, neben den aktuell in Anspruch genommenen Leistungen immer auch das (heutige und zukünftige) Angebot an Leistungen zu betrachten, bzw. – um verwandte Begriffe zu benutzen – die Leistungsfähigkeit, das Potential oder die Kapazität. Eine solche Vorgehensweise entspricht auch der Forderung des deutschen Naturschutzgesetzes nach Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts. Darüber hinaus entspricht es auch den Anforderungen an eine vollständige volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung umfasst zusätzlich zur sogenannten „Einkommensrechnung“, die die aktuellen Transaktionen der letzten Wirtschaftsperiode enthält, immer auch eine sogenannte „Vermögensrechnung“. In der Vermögensrechnung werden der Umfang und die Änderungen der verschiedenen Kapitalien wiedergegeben. Wenn ein hohes Einkommen dadurch erzielt wird, dass Kapital abgebaut wird, bedeutet dies in der Regel geringere Möglichkeiten der Einkommenserzielung in den zukünftigen Perioden. Solche Beziehungen gelten auch zwischen der heutigen Nutzung und dem zukünftigen Angebot an Ökosystemleistungen.

Im vorgeschlagenen Set von Indikatoren wird in der Regel auch immer das Angebot an Ökosystemleistungen dargestellt.

3.5 Abgrenzung zwischen Ökosystemleistung und Produkt

Ökosystemleistungen sind bei der Erzeugung einer Vielzahl von Produkten beteiligt. Bei der Erzeugung des Trinkwassers, das zu jedem einzelnen Haushalt geleitet wird, ebenso wie bei land-, forst- und fischereiwirtschaftlichen Produkten. Häufig wird die – meist bereits ohnehin statistisch erfasste – Menge an erzeugten Produkten als Indikator für die Ökosystemleistung verwendet. Dies kann problematisch sein.

Eine durch Erosion verringerte Bodenfruchtbarkeit oder ein durch Siedlungstätigkeit erzeugter Verlust landwirtschaftlich nutzbarer Böden kann durch die Erhöhung der Intensität der Produktion an derselben bzw. an anderer Stelle kompensiert werden. Ein Indikator, der nur die Produktmenge erfasst, würde dann den Verlust der Bodenfruchtbarkeit nicht oder nur unzureichend wiedergeben.

Besser geeignet für die Darstellung von Ökosystemleistungen sind deshalb Indikatoren, die nicht den Umfang der Produktion messen, sondern lediglich den Beitrag der Natur zur Herstellung der Produkte innerhalb einer umfassenderen Produktionsfunktion, die auch weitere anthropogene Beiträge berücksichtigt.

Ein solcher Indikator ist beispielsweise das Müncheberger Soil Quality Rating, das historisch und konzeptionell an die Bodenwertpunkte der Reichsbodenschätzung anknüpft. Hierbei werden Bodenmerkmale mit anderen für die Produktion wichtigen Standortbedingungen mathematisch so verknüpft, dass der resultierende Gesamtwert mit dem durchschnittlichen Ertrag eines entsprechenden Standortes korreliert. Bodenwerte von 40 bzw. 80 sagen dann beispielsweise aus, dass auf einem 80er Boden üblicherweise der doppelte Ertrag erwirtschaftet wird wie auf einem 40er Boden. Die Werte sind zwar möglicherweise nicht völlig unabhängig von Veränderungen beim menschlichen Einsatz ermittelt, da es vielleicht betriebswirtschaftlich optimal ist, den Input in Abhängigkeit von der Bodenfruchtbarkeit zu variieren. Zumindest verhindert die Nutzung dieses, nur von den naturwissenschaftlich erfassten Bodenbedingungen abhängigen Indikators aber Fehlinterpretationen, wenn Ertragsänderungen auf Änderungen des menschlichen Einsatzes zurückzuführen sind.

Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass in der ökonomischen Betrachtung der Wert des Beitrags von Böden bzw. Flächen zur Produktion in der Regel in der sogenannten Bodenrente gesehen wird, die sich im Pachtpreis ausdrückt. Die Bodenrente umfasst immer nur einen Teil des Produktpreises. Auch in der ökonomischen Betrachtung ist der Wert der Ökosystemleistung also nicht der Gesamtwert des Produktes, sondern er macht immer nur einen Teil des Produktpreises aus.

3.6 Intermediäre und finale Ökosystemleistungen – Vermeidung von Doppelzählungen

Ein weiterer häufig diskutierter Aspekt ist die Abgrenzung zwischen intermediären und finalen Ökosystemleistungen. Hecken und Feldgehölze in Agrarlandschaften können die Wasser- und Winderosion vermindern und dadurch den Beitrag der Böden zur Pflanzenproduktion bzw. die Bodenfruchtbarkeit erhalten. Einer der Indikatoren für die zukünftige Entwicklung der Fruchtbarkeit von Böden in erosionsgefährdeten Landschaften ist deshalb ihre Ausstattung mit erosionsmindernden Landschaftselementen. Man kann die Fruchtbarkeit von Böden und ihre Entwicklung aber auch direkt, beispielsweise durch Bodenproben, messen.

Der Beitrag von Landschaftselementen zur Verminderung von Bodenerosion ist eine intermediäre Ökosystemleistung. Die Bodenfruchtbarkeit bzw. der Beitrag der Böden zur Pflan-

zenproduktion wäre in diesem Fall die finale Leistung. Misst man sowohl intermediäre als auch finale Leistungen, so muss man darlegen, ob es dadurch möglicherweise zu Doppelzählungen kommen kann.

Beim vorgeschlagenen Indikator „Fruchtbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden“ besteht diese Gefahr nicht, da das Müncheberger Soil Quality Rating auf bodenkundlichen Daten basiert, die keine aktuellen Veränderungen der bodenkundlichen Gegebenheiten wieder spiegeln. Die Werte sind sozusagen „fest“. Eine Änderung der Indikatorwerte ergibt sich allein durch die Umnutzung landwirtschaftlicher Böden zu Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Eine Abschätzung von Erosionsprozessen ist deshalb dazu geeignet, zusätzliche Informationen über die weitere Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit zu geben, die durch die Daten des Soil Quality Ratings nicht abgebildet werden.

Ein entgegengesetztes Problem kann auftreten, wenn ein einzelner Indikator für unterschiedliche Leistungen steht. Der Anteil von Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft steht für Bestäubung, Schädlingskontrolle, Vermeidung von Wind- und Bodenerosion und Erholungseignung. Der Anteil von öffentlichen Grünflächen an der Stadtfläche wird als (sehr) grober Indikator für die Erholungsleistungen städtischer Grünflächen vorgeschlagen und auch als Indikator für Luftfilter- und kleinklimatische Wirkungen, die positive Wirkungen auf die Gesundheit haben. Diese Vielfalt an Leistungen sollte bei der Interpretation der Indikatorwerte und deren Veränderungen mitberücksichtigt werden.

3.7 Verwendung einfacher Daten oder komplexe Modellierung

Im vorgeschlagenen Indikatorensatz werden nur an wenigen Stellen Modellierungen verwendet. Eine Modellierung ökologischer Wirkungszusammenhänge steht nur hinter dem Müncheberger Soil Quality Rating, hinter dem Indikator für den relativen Schutz von Grundwasservorkommen durch Böden und geologische Deckschichten sowie der Abschätzung des Bodenabtrags durch Wassererosion. In den übrigen Fällen werden nur „einfache“ Daten dargestellt.

Eine Modellierung von ökologischen Zusammenhängen oder Angebots-Nachfrage-Beziehungen (siehe auch oben) kann dazu beitragen, die Erfassung von Leistungen zu verbessern. Beispiele wären:

- Hochwassermodellierung in Abhängigkeit von der Kapazität zur Wasserretention;
- Modellierung von Bestäuberleistungen in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Bestäuberpopulation und Anbaufläche bei unterschiedlichen Anbaufrüchten;
- Modellierung der Erosionsminderung durch lineare Strukturen in Abhängigkeit von Hangneigung, Anbaufrucht und Ausrichtung der Struktur etc.;
- Wirkung von städtischen Grünbeständen auf maximale Temperaturwerte;
- Modellierung des Besuchs von Erholungsflächen in Abhängigkeit von Erholungseignung, Erreichbarkeit und Bevölkerungsdichte.

Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von Modellierungen zur besseren Information politischer Entscheidungen sind ausreichende Datengrundlagen, ein angemessener Modellierungsaufwand und ausreichend zuverlässige Modellierungsansätze, die sowohl in Expertenkreisen als auch von Nicht-Experten anerkannt sind und die zu Ergebnissen führen, die einfach interpretiert werden können. Bei den beiden im Indikatorensatz angewandten Modellierungen wurden diese Voraussetzungen als gegeben angesehen. Für die oben aufgelistete-

ten Modellierungsmöglichkeiten ist dies aber, zumindest was die bundesweite Anwendbarkeit angeht, derzeit noch fraglich.

Ebenso wie bei den Angebots-Nachfrage-Beziehungen sollte deshalb auch bezüglich der ökologischen Wirkungen geprüft werden, an welchen Stellen Modellierungen zukünftig die Aussagekraft von Indikatoren verbessern können.

3.8 Bisher unberücksichtigte Ökosystemleistungen

Die oben dargestellten Indikatoren decken direkt und indirekt einen großen Teil der in der CICES-Klassifikation aufgeführten Ökosystemleistungen ab (vgl. Tabelle 3). Die verbleibenden Lücken erklären sich im Wesentlichen dadurch, dass

- einige Ökosystemleistungen bisher ungenügend definiert sind (z. B. viele kulturelle Leistungen, vgl. oben 2.3);
- bestimmte Ökosystemleistungen in Deutschland nicht gefährdet sind oder ihre Nutzung bereits soweit geregelt ist, dass ein weiterer Bedarf an staatlicher Intervention fraglich ist (z. B. jagdbares Wild; in lebender pflanzlicher Biomasse gespeicherter Kohlenstoff, vgl. Kapitel 2.2.5 und Abbildung 26; aufgrund des hohen Angebotes und sinkender Nachfrage auch das quantitative Wasserangebot, vgl. Kapitel 2.1);
- einige Ökosystemleistungen für Deutschland eine so geringe Bedeutung haben, dass eine Erfassung durch nationale Indikatoren nicht sinnvoll erscheint (z. B. kommerzieller Fischfang in Binnengewässern, kommerzielles Sammeln von Wildfrüchten) und
- Ökosystemleistungen, deren Erfassung weitgehend einer Einstufung nach dem Gefährdungsgrad bzw. nach dem Beitrag zur Erhaltung gefährdeter Arten gleich käme, hier nicht betrachtet wurden.

Bei der Auswahl der relevanten Ökosystemleistungen wurde bisher nur eine relativ kleine Gruppe von Experten beteiligt. Die Liste sollte deshalb noch einmal durch eine breitere Expertenbefragung überprüft werden.

Spezielle Ökosystemleistungen der Meere und der Küsten sind bei der Erarbeitung des vorgeschlagenen Indikatorensatzes nicht berücksichtigt worden. Dies müsste noch in einem weiteren Schritt geleistet werden.

Generell ist im Rahmen des europäischen Abstimmungsprozesses zu klären, ob die zusätzliche Erhebung weiterer Ökosystemleistungen dennoch erforderlich ist, um eine harmonisierte Umsetzung von Maßnahme 5 auf europäischer Ebene zu ermöglichen.

Wie in Kapitel 2.1.2 am Beispiel der Tierproduktion gezeigt wurde, ist Deutschland in erheblichem Maße von Ökosystemleistungen in anderen Ländern abhängig und beeinflusst dadurch gleichzeitig auch den Zustand der Ökosysteme und deren Leistungen. Diese Abhängigkeit und ihre globalen Wirkungen sollten ein wesentlicher Bestandteil zukünftiger Studien sein.

Tabelle 3: Auswahl relevanter Ökosystemleistungen / Indikatoren – Prioritätensetzung

Nr.	Ecosystem service (CICES 4.3: class-level)	Spezifikationen für Deutschland		Criteria							
				OC	R	E	A	SC	C	P	
1	Kulturpflanzen und deren Produkte			32	X	-	X	C	-		
2	Nutztiere und deren Produkte	(Wiesen und Weiden)			X	-	X	C	-		
3	Wildpflanzen, Algen und deren Produkte				o	o	X	SC	X	I	
4a	Wildtiere und deren Produkte	Fisch			o	X	X	C	X	1*	
4b		Wild			o	-	X	SC	-		
5	Pflanzen und Algen aus in-situ Aquakultur				-	-	X	-	-		
6	Tiere aus in-situ Aquakultur				o	-	X	SC	-		
7	Trinkwasser aus Oberflächengewässern			18b	X	-	X	S	X		
8	Trinkwasser aus Grundwasservorkommen			18b	X	-	X	SC	X		
9a	Pflanzliche und tierische Rohstoffe (Holz, Fasern, etc.) für direkte Nutzung und Verarbeitung	von Pflanzen	Holz	14a	X	-	X	SC	X		
9b			andere	32	X	-	X	C	-		
9c		von Tieren		2	X	-	X	C	-		
10a	Pflanzliche und tierische Rohstoffe zum Einsatz in der Landwirtschaft	von Pflanzen		32	X	-	X	-	-		
10b		von Tieren		2	X	-	X	C	-		
11	Genetische Ressourcen				o	X	X	-	X	I, 2*	
12	Brauchwasser aus Oberflächengewässern				X	o	X	C	-		
13	Brauchwasser aus Grundwasservorkommen			8	-	-	-	-	-		
14a	Pflanzliche Energierohstoffe	Holz			X	-	X	SC	-		
14b		andere		32	X	-	X	SC	-		
15	Tierische Energierohstoffe				o	-	X	S	-		
16	Energiegewinnung durch Tiereinsatz				-	-	-	-	-		
17a	Biologische Sanierung von Umweltbelastungen durch Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Tiere	Wasser		19	X	X	X	S	X		
17b		Boden		18b	o	o	X	-	-		
18a	Filtration/ Festlegung/ Speicherung/ Akkumulation durch Mikroorganismen, Algen, Pflanzen und Tiere	Wasser		17a	X	X	X	S	X		
18b		Boden, geol. Schichten			X	X	X	S	X		
19	Filtration/ Festlegung/ Speicherung/ Akkumulation durch Ökosysteme (Wasser)				X	X	X	S	X		
20	Verdünnung durch Atmosphäre, Süßwasser- und marine Ökosysteme				X	-	X	C	-		
21	Minderung von Geruch/ Lärm/ visuellen Störungen				o	o	X	S	X	M	
22a	Stabilisierung von Festmassen (Erde, Sand, Schnee etc.) und Regulierung von Bodenerosion	Lawinen, Muren.			X	-	o	SK	X		
22b		Erosion	Wind		X	X	X	S	X		
22c			Wasser		X	X	X	S	X		
23	Stabilisierung und Verminderung von Sediment- und Geschiebebewegungen				o	o	X	S	-	M	
24	Erhalt des Wasserhaushalts und des Abflussregimes				o	o	X	S	-	M	
25a	Hochwasserschutz	Küste			X	-	-	S	X	1*	
25b		Inland			X	X	X	S	X		
26	Schutz vor Sturmgefahren				X	o	X	SC	-	1*	
27	Luftaustausch und Verdunstung			37b	X	o	SC	-	-		
28	Bestäubung und Diasporenverbreitung				X	o	X	S	X		
29a	Erhaltung von Aufzuchtpopulationen und -habitaten (nur kommerzielle Nutzung)	Gewässer	Meer		X	X	o	S	X	1*	
29b			Flüsse und Seen		o	X	X	S	X		
29c		Land		o	-	X	S	-			
30	Kontrolle von Schädlingen				o	o	X	S	X		
31	Kontrolle von Krankheitserregern				-	-	-	-	-		
32	Verwitterungsprozesse und Bodenaufbau (speziell Bodenfruchtbarkeit)				X	X	X	S	X		
33	Zersetzung und Fixierung organischer Substanz			18b	o	o	X	-	-		
34	Wasserqualität von Süßwasser (-ökosystemen)			17a	X	X	X	S	X		
35	Wasserqualität von Salzwasser (-ökosystemen)				X	X	o	S	X	1*	
36	Globale Klimaregulierung durch Reduktion von Treibhausgasen				X	X	X	S	X		
37a	Regulierung von Mikro-, Lokal- und Regionalklima	Landschaft			o	X	X	S	-	M	
37b		Urban			X	X	X	S	X		
38a	Erleben von Tieren, Pflanzen und Landschaften	Private Gärten			X	-	X	SC			
38b		Öffentliches Grün	Landschaft			X	X	X	SC	X	3*
38c			Urban		37b	X	X	X	SC	X	
39	Nutzung von Landschaften zum Wandern, Sportangeln etc.			38	X	X	X	SC	X		
40	Wissenschaft				o	o	o	SC	-	I, D	
41	Bildung				o	o	o	SC	X	I, D	
42	Natur- und Kulturerbe			38b	X	X	X	SC	X	D	
43	Naturvermittlung, Unterhaltung durch Medien				o	-	X	SC	-	D	
44	Ästhetik			38b	X	X	X	SC	X	M	
45	Symbolische Bedeutung				X	o	o	SC	X	D	
46	Spirituelle Bedeutung				-	-	-	-	-		
47	Existenzwert				X	X	X	S	X	2*	
48	Vermächtniswert			47	X	X	X	S	X	2*	

Legende zu Tabelle 3: „Auswahl relevanter Ökosystemleistungen / Indikatoren – Prioritätensetzung“

Nr. :	Laufende Nummer der Ökosystemleistung	
OC :	Überschneidung / Zusammenfassung mit Ökosystemleistung der angegebenen Nummer	
R :	Bedeutung für Wirtschaft und Gesellschaft:	- : keine o : eher gering X : eher hoch
E :	Gefährdung / Knappheit und Bedarf an staatlicher Intervention:	- : keine o : eher gering X : eher hoch
A :	Räumliche Relevanz in Deutschland:	- : nur in Teilräumen o : großräumig X : flächendeckend
SC :	Synergien und Konflikte mit Naturschutzziele:	- : keine / gering S : Synergien C : Konflikte
C :	Eignung für Kommunikation über Ökosystemleistungen:	- : keine besondere Eignung X : gut geeignet
P :	Probleme bezüglich Daten, Modellierung, unklare Definition, weitere Hinweise:	I : Datenprobleme M : Modellierungsprobleme D : Definitionsprobleme 1* : weitere Hinweise, siehe unten
	Sollte im Indikatorenset berücksichtigt werden	
	Wird ganz oder teilweise bei der in Spalte OC genannten Ökosystemleistung mitberücksichtigt	
	Wichtigster Grund für Nicht-Berücksichtigung	
1*	Ökosystemleistungen der Meere wurden bisher noch nicht betrachtet	
2*	Eigenwerte (bzw. Existenzwerte) und Vermächtniswerte von Arten sowie ihre potentielle Funktion als Quelle genetischen Materials werden im Indikatorenset nicht berücksichtigt	
3*	Die fünf mit 3* markierten Ökosystemleistungen werden ganz oder teilweise durch den Indikator "Anteil natürlicher und halbnatürlicher Flächen und Kleinstrukturen in Agrarlandschaften" abgebildet	

Literatur / Quellen

- Arle, J.; Blondzik, K; Claussen U.; Duffek, A.; Grimm, S.; Hilliges, F.; Hoffmann, A.; Leujak, W.; Mohaupt, V.; Naumann, S.; Pirntke, U.; Richter, S.; Schilling, P.; Schroeter-Kermani, C.; Ullrich, A.; Wellmitz, J.; Werner, S.; Wolter R.: (2013): Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 2 – Gewässergüte. Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- Burkhard, B.; Kandziora, M.; Hou, Y.; Müller, F. (2014): Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online* 34:1-32 (2014).
- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) 2013: Wasserfakten im Überblick. <http://abwasser-online.de/internet.nsf/id/> / <http://www.bdew.de/internet.nsf/id> (Abfrage: 11.03.2014).
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Bundeswaldinventur. <https://www.bundeswaldinventur.de/index.php?id=2.html> sowie <https://bwi.info/>, Aufruf: 22.07.2015
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.) (2013): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2012. Münster-Hiltrup (Landwirtschaftsverlag).
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2013): Gemeinsam für die biologische Vielfalt. Rechenschaftsbericht 2013. http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/bmu-hintergrundpapier/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=289
- BMU und BMELV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.) (2012): Nitratbericht 2012. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, S. 37/38). http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nitratbericht_2012_bf.pdf
- BNatSchG: Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)
- Bormann, K.; Dieter, M.; Englert, H.; Küppers, J.-G.; und Rosin, A. (2006): Die Waldgesamtrechnung als Teil einer integrierten ökologischen und ökonomischen Berichterstattung. Hamburg (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg – Institut für Ökonomie) und Wiesbaden (Statistisches Bundesamt). <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Waldgesamtrechnung.html>
- Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2008): Daten zur Natur 2008. Münster, Landwirtschaftsverlag.
- Bundesamt für Naturschutz (2014): Kartendienst. <http://www.geodienste.bfn.de/schutzgebiete/> Aufruf 14.07.2014
- Bundesamt für Naturschutz (2014): High Nature Value Farmland-Indikator - Ein Indikator für Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Deutschland. http://www.bfn.de/0315_hnv.html Aufruf 30.07.2014
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Ackerbauliches Ertragspotential der Böden in Deutschland. http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung-management/Ertragspotential/Ertragspotential_node.html, Aufruf: 13.06.2014
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser. http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung-management/Bodenerosion/Wasser/Karte_Erosionsgefahr_node.html, Aufruf 13.06.2013

- CBD 2010: Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, including Aichi Biodiversity Targets.
<http://www.cbd.int/sp/targets/>
- CICES siehe: Haines-Young und Potschin 2013.
- Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (Hrsg.) (2013): Stromerzeugung aus Biomasse, 03MAP250, Zwischenbericht. Projektleitung: M. Scheftelowitz, Projektbearbeitung: J. Daniel-Gromke et al.
https://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Referenzen/Berichte/biomassemonitoring_zwischenbericht_bf.pdf, Aufruf: 13.06.2014
- Europäische Kommission (2011a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020 Brüssel, den 26.01.2011, KOM(2011) 21, ec.
http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/index_de.htm
- Europäische Kommission (2011b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020, Brüssel, den 25.10.2011, KOM(2011) 244 endgültig/2. <http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/2020.htm>
- Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe: Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe.
<http://mediathek.fnr.de/grafiken/pressegrafiken.html>, Aufruf: 13.06.2014
- Fuchs, D., Hänel, K., Lipski, A., Reich, M., Finck, P., Riecken, U. (2010): Länderübergreifender Biotopverbund in Deutschland. Grundlagen und Fachkonzept. Ergebnisse aus den Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Länderübergreifende Achsen des Biotopverbunds“ (FKZ 804 85 005) und „Biotopverbundachsen im europäischen Kontext“ (FKZ 08 85 0400) im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, Naturschutz und Biologische Vielfalt 96, 191 S.
Aktualisierte Karte, Bundesamt für Naturschutz 2013:
http://www.bfn.de/0311_karte_nat_biotopverbund.html, Aufruf: 14.06.2014
- Götzl, M.; Schwaiger, E.; Sonderegger, G.; Süßenbacher, E. (2011): Ökosystemleistungen und Landwirtschaft. Erstellung eines Inventars für Österreich. Wien (Umweltbundesamt) Report REP-0355.
- Graßl, H. (1997): Brisante Mischung – Böden und globaler Wandel. In: Kümmerer, K./ Schneider, M./ Held, M. (Hrsg.): Bodenlos – Zum nachhaltigen Umgang mit Böden. Politische Ökologie 15, Sonderheft 10. München (ökom-Verlag), S. 12-16.
- Haines-Young, R. und Potschin, M. (2013): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003. <http://www.cices.eu> und Tabelle, Aufruf: 13.06.2014.
- Ifuplan, ETH-Zürich, Universität Bayreuth (2014): TEEB-Deutschland Übersichtsstudie, Teil A: Bilanzierung von Ökosystemleistungen. F+E Vorhaben 3510 81 0500 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. Ifuplan Institut für Umweltplanung, München (Ifuplan); ETH-Zürich, Institut für Raum und Landschaftsentwicklung; Universität Bayreuth – Lehrstuhl für Ökosystemleistungen.
- Julius Kühn Institut (Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen): Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft.
http://www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/fachinformationen/pflanzenschutz/pflanzenschutzverfahren/kleinstrukturen.html, Aufruf: 13.06.2014
- Keller, R.; Scheweppe-Kraft, B. und Schwarzl, B. (2014): Perspektiven des Ökosystemleistungsansatzes – Ergebnisse aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. Natur und Landschaft 89 (2014): 03.

- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (Endredaktion und Herausgabe) (2012): Eine Vision für Moore in Deutschland. Potentiale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz. Gemeinsame Erklärung der Naturschutzbehörden. Flintbek (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein).
<https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/moore/moorresolution.pdf>
- MA – Millenium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-Being – Synthesis. Washington, D. C. <http://www.maweb.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Maes, J. et al. (2013): Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg.
http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAE_SWorkingPaper2013.pdf
- Maes, J. et al. (2014): Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. 2nd Report – Final, February 2014. European Commission, Publications Office, Technical Report 2014 – 080.
http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/2ndMAESWorkingPaper.pdf
- Meyerhoff, J., Angeli, D., Hartje, V. (2012): Valuing the benefits of implementing a national strategy on biological diversity - the case of Germany. Environmental Science & Policy 23, 109-119.
- Mueller, L.; Schindler, U.; Behrendt, A. Eulenstein, F.; Dannowski, R. (2007): The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR). Field manual for Detecting and Assessing Properties and Limitations for Cropping and Grazing. Muencheberg, Leibniz-Zentrum fuer Agrarlandschaftsforschung (ZALF). https://www.zalf.de/forschung/institute/lwh/mitarbeiter/lmueller/Documents/field_mueller.pdf
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2014): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig. <http://www.naturkapital-teeb.de/publikationen/projekteigene-publikationen.html>
- Nedkov, S. und Burkhard B. (2012): Flood regulating ecosystem services - Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. - Ecological Indicators 21: 67-79.
- Neukampf, R. (Julius Kühn Institut, Braunschweig 2010): Monitoring von Kleinstrukturen – Berechnung des Anteils von Wiedererholungsflächen auf der Basis von Atkis. Vortrag zum 2. Dresdner Flächennutzungssymposium 17./18. Juni 2010.
http://www.ioer-monitor.de/fileadmin/Dokumente/Symposium_2010/NEUKAMPF_Wiedererholungsflaechen.pdf
- Office for Official Publications of the European Communities (ed.) (2004): Urban Audit 2 – Methodological Handbook. Luxembourg.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-BD-04-002/EN/KS-BD-04-002-EN.PDF, Aufruf: 08.08.2014
- Ring, I.; Wüstemann, H.; Bonn, A.; Grunewald, K.; Hampicke, U.; Hartje, V.; Jax, K.; Marzelli, S.; Meyerhoff, J.; Osterburg, B.; Röder, N.; Schweppe-Kraft, B. (2015): Methodische Grundlagen von Ökosystemleistungen und ökonomischer Bewertung. In: Naturkapital Deutschland – TEEB DE (in Vorbereitung): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Hrsg. von Volkmar Hartje, Henry Wüstemann, Aletta Bonn. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.
<http://www.naturkapital-teeb.de/publikationen/projekteigene-publikationen/bericht-1.html>
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt: Umweltatlas Berlin, Karte 05.08 Biotoptypen: Biotopwerte. <http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp> Listenabschnitt „Umweltatlas“ Karte: „Biotoptypen: Biotopwerte“, Aufruf 27.08.2014.

- Scholz, M.; Mehl, D.; Schulz-Zunkel, C.; Kasperidus, H.D.; Born, W. und Henle, K. (2012): Ökosystemfunktionen von Flussauen - Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 124: 257 S.
- Schwepe-Kraft, B. (2013): Europäische Biodiversitätsstrategie, Ziel 2 - Maßnahme 5: Neue Impulse für die Landschaftsplanung. *BBN-Mitteilungen* 2013, Bundesverband Beruflicher Naturschutz e.V., Bonn.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Atlas Agrarstatistik. <http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/GenesisUebersicht.asp>, <http://www.atlas-agrarstatistik.nrw.de/>, Aufruf: 13.06.2014
- Schopp-Guth, A. (1999): Renaturierung von Moorlandschaften. In *BfN-Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, Heft 57, 219 S.
- Statistisches Bundesamt 2015: Wald und Holz. www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/WaldundHolz/Aktuell.html, Aufruf: 14.07.2015
- Staub, C.; Ott, W. et al. (2011): Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Wissen* Nr. 1102: 106 S.
- TEEB (2010): Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität: Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren. Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB – eine Synthese. http://www.teebweb.org/Portals/25/TEEB%20Synthesis/TEEB_Synthesis_german_web%5B1%5D.pdf
- Umweltbundesamt (2010): Die Böden Deutschlands. Ein Reiseführer - Sehen, Erkunden, Verstehen. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4161.pdf>, Aufruf: 28.01.2013
- Umweltbundesamt (2012): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2010. Dessau-Roßlau (Umweltbundesamt), *Climate Change* 08/2012. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-klimarahmenkonvention-1>
- Von Haaren, C.; Albert, C.; Barkmann, J.; de Groot, R. S.; Spangenberg, H. J.; Schröter-Schlaack, C.; Hansjürgens, B. (2014) From Explanation to Application: Introducing a Practice-Oriented Ecosystem Services Evaluation (PRESET) Model Adapted to the Context of Landscape Planning and Management. *Landscape Ecology*, Vol. 29, S. 1335-1346.
- Wurbs, D. und Steininger, M. (2011): Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden – Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser. *UBA-Texte*, 16/2011. Dessau-Roßlau.