

Nationalpark Unteres Odertal (Hrsg.)

BEITRÄGE AUS DEM NATIONALPARK UNTERES ODERTAL - BAND 1/2016

**Daten vom Fluss: Wissenschaftliche Untersuchungen
und aktuelle Anwendungsaspekte in Auenlandschaften**

Unter der Schirmherrschaft der Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg, Frau Dr. Münch

Nationalpark
Unteres Odertal



INHALTSVERZEICHNIS

1	Internationale Auentagung im Nationalpark Unteres Odertal "Daten vom Fluss".....	1
	<i>Jana Chmielecki</i>	
2	Renaturierung des Wasserhaushalts im Nationalpark Unteres Odertal.....	3
	<i>Michael Tautenhahn, Michael Voigt</i>	
3	Zur Eiszeitlichen und Nacheiszeitlichen Genese des Unteren Odertals zwischen Hohensaaten und Gartz	11
	<i>Olaf Juschus</i>	
4	Deutsch-polnische Zusammenarbeit.....	15
	<i>Jana Chmielecki, Jens Meisel</i>	
5	Versuch der naturschutzfachlichen Bewertung von Fließgewässern mittels eines einfachen Verfahrens.....	19
	<i>Andrzej Jermaczek</i>	
6	Auveg - eine bundesweite Datenbank der Vegetation von Flussauen.....	26
	<i>Peter J. Horchler</i>	
7	Erfassungsmethoden für sich schnell ändernde Systeme - der "dynamische Methodenmix".....	32
	<i>Peter Fischer</i>	
8	Auenböden in Brandenburg.....	37
	<i>Beate Gall, Niko Roßkopf, Albrecht Bauriegel, Dieter Kühn</i>	
9	Spuremetalle in Auensedimenten des mittleren Abschnitts des Flusses Oder.....	42
	<i>Aleksandra Ibragimow, Barbara Walna, Marcin Siepak</i>	
10	Daten vom Fluss - Grenzen und Möglichkeiten einer Stickstoff- und Phosphorretentionsmodellierung in Auen auf Landschaftsebene.....	47
	<i>Stephanie Natho</i>	
11	Protection of alluvial wetlands in the mouth of the Warta river valley.....	53
	<i>Lesław Wolejko</i>	
12	Fledermäuse im Nationalpark Unteres Odertal.....	59
	<i>Jörn Horn</i>	
13	Ökosystemare Umweltbeobachtung in den Gewässern des Biosphärenreservates "Flusslandschaft Elbe - Brandenburg".....	63
	<i>Timm Kabus</i>	

14	Vegetationsentwicklung in der Aue des Nationalparks Unteres Odertal.....	67
	<i>Ninett Hirsch, Philipp Kohler, Jana Chmielecki</i>	
15	Lebensstrategien seltener Strompflanzen.....	74
	<i>Katja Geißler, Axel Gzik</i>	
16	Dynamische Graslandbiozönosen an der Elbe.....	79
	<i>Thomas Lüdicke, Oliver Brauner, Robert Probst, Vera Luthardt</i>	
17	Das Dynamische Grünlandmanagement im Nationalpark Unteres Odertal.....	85
	<i>Nanett Nahs</i>	
18	Master Plan Ems 2050.....	91
	<i>Peter Pauschert</i>	
19	Auwaldentwicklung im Deichvorland der Oder.....	96
	<i>Jens Thormann</i>	
20	Primärsukzessin und Initialbodenbildung.....	101
	<i>Marius Stapelfeldt</i>	
21	Analyse der Einnischung der Hohen Weide (<i>Salix rubens</i>) in den hydrologischen Gradienten an der Unteren Mittel- elbe.....	107
	<i>Julia Stäps, Peter Horchler</i>	
22	Die Entwicklung der Ufervegetation an Bundeswasserstraßen nach Einstellung anthropogener Aktivitäten.....	112
	<i>Sarah Harvolk-Schöning, Lisa Hauer</i>	
23	Was die Aue für uns leistet.....	118
	<i>Inga Willecke</i>	
24	Wetland products: Nachhaltiges Baumaterial aus Schilf und Rohrkolben.....	123
	<i>Aldert van Weeren</i>	
25	Einfluss der Landbedeckung auf die hydromorphologische Qualität ausgewählter Fließgewässer des Hügellandes in Polen.....	127
	<i>Rafał Kozłowski, Joanna Przybylska</i>	
26	Verbesserung des Auenwasserhaushaltes am Beispiel der Lippeaue im Kreis Soest.....	132
	<i>Joachim Drüke, Birgit Beckers, Roland Loerbrocks</i>	

6 Auveg - eine bundesweite Datenbank der Vegetation von Flussauen

Peter J. Horchler

Zusammenfassung

Die Datenbank „AuVeg“ der Bundesanstalt für Gewässerkunde enthält Vegetations- und Standortaufnahmen aus den Flussauen der großen, schiffbaren Flüsse Deutschlands. Sie liefert eine solide Grundlage zur Abschätzung der pflanzlichen Diversität der Flussauen. Erste Analysen zeigen, dass die Flussauen mindestens 27 % aller Pflanzenarten Deutschlands aufweisen. Ein Vergleich der Vegetation der Hartholzauenwälder von Rhein, Elbe und Donau zeigt deutliche Unterschiede in der lokalen (Alpha-) und regionalen (Gamma-) Diversität sowie der Heterogenität der Vegetationsausprägung (Beta-Diversität). Während an der Elbe die höchste und an der Donau die niedrigste Alpha-Diversität anzutreffen ist, weist die Donau die höchste Gamma- und Beta-Diversität auf.

Keywords: Flussauen, Vegetation, Datenbank, Diversität

Einleitung

Flussauen werden gerne als Hotspots der Biodiversität bezeichnet. Doch was bedeutet das in konkreten Zahlen? Trifft diese Aussage in einer anthropogen sehr stark überformten Landschaft zu? Brunotte et al. (2009) stellten eine ernüchternde Bilanz auf, nach der die Flussauen Deutschlands im Durchschnitt über 70 % ihrer ehemaligen Auenfläche durch Eindeichung verloren haben. Nur noch 2500 Kilometer von etwa 7300 Kilometern schiffbarer Flüsse sind in Deutschland freifließend. Selbst diese Abschnitte sind in ihrem Lauf erheblich verkürzt worden und in ihrem Bett fixiert. Sind die verbliebenen Auen also wirklich noch Hotspots der Biodiversität? Um diese Fragen beantworten zu können, bedarf es einer systematischen, verlässlichen und repräsentativen Erfassung der Organismenwelt der Auen. In der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wurde 2009 mit der Erfassung der Gefäßpflanzen von Flussauen begonnen. Die seither gesammelten Daten ermöglichen erste Aussagen zu den oben genannten Fragen.

Methoden

Erfassungsstandard

Da der Faktor „Wasser“ die prägende Umweltvariable für die räumlichen Anordnungsmuster der Pflanzen und Tierarten in Flussauen ist, wird als Mindestanforderung für die Erfassung der Pflan-

zenvorkommen eine möglichst genaue Verortung gefordert. Hierdurch wird es möglich, die Ergebnisse von flächendeckenden hydrologischen Modellrechnungen mit den Vorkommen der Arten in einem Geographischen Informationssystem (GIS) zu verschneiden. Seit 2009 wurden daher bundesweit Vegetationsaufnahmen zusammengetragen, die fast alle mit einem satellitengestützten Ortungssystem (GPS) verortet waren. In Einzelfällen wurden Aufnahmen verwendet, die manuell in einer Karte oder einem Luftbild eingetragen wurden. Die Aufnahmen wurden überwiegend nach der Standardmethode der Pflanzensoziologie (Braun-Blanquet 1964) oder leichten Abwandlungen (z.B. Londo 1975, Reichelt & Wilmanns 1973) erfasst.

Datenherkunft

Der größte Teil der Daten stammt aus wissenschaftlichen Vorhaben von Universitäten und Forschungseinrichtungen. Zu nennen sind hier zahlreiche Dissertationen (Baufeld 2005, Franke 2002, Harvolk 2015, Kosack 2014, Leyer 2002, Ludewig 1999, Mosner 2012, Redecker 2001, Schmitz 2002, Weber 2005), eine Masterarbeit (Kahlert 2014), sowie andere Forschungsarbeiten z.B. vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ (Elbe), der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg FVA (Oberrhein) und dem Bundesamt für Naturschutz (Oberrhein). Ein weiterer großer Teil der Daten wurde im Rahmen von Ausbau- und Unterhal-

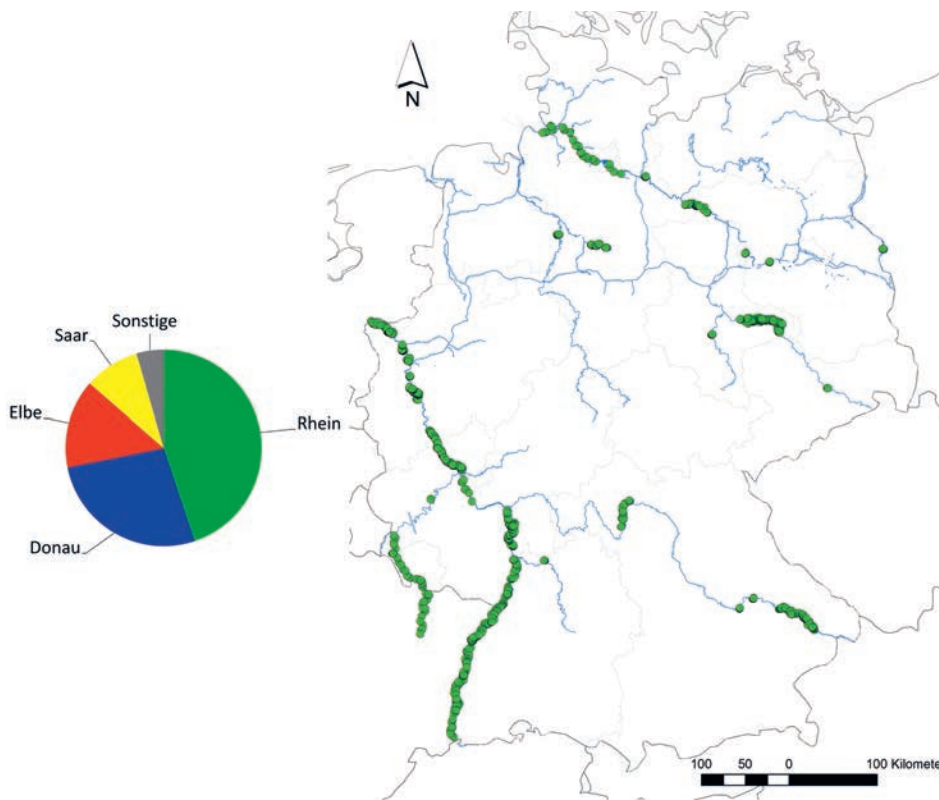


Abbildung 1: Datenbank AuVeg (Stand: August 2016). Links: Anteile der Vegetationsaufnahmen an den Flüssen. Rechts: Karte der räumlichen Verteilung der Vegetationsaufnahmen im Untersuchungsgebiet.

tungsmaßnahmen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) an Rhein, Main, Donau und Elbe erfasst.

Datenhaltung

Fast alle Daten, die nicht von der BfG selbst erfasst wurden, lagen als MS-Excel Tabelle oder MS-Access Datenbank vor. Alle Daten wurden in eine Turboveg-Datenbank (Hennekens & Schaminee 2001, <http://www.synbiosys.alterra.nl/turboveg/>) importiert. Wo es erforderlich war, wurden handschriftlich vorliegende Daten manuell eingegeben.

Taxonomische Harmonisierung

Da die Daten unterschiedlich alt sind und die Bearbeiter unterschiedliche Vorlieben bei der Benennung der Artnamen haben, musste eine taxonomische Harmonisierung erfolgen. Dies geschah mit Hilfe der Software R (R Core Team 2016) und dem Paket „vegdata“ (Jansen & Dengler 2010). Alle Vegetationsaufnahmen aus Turboveg wurden in R importiert und die Artnamen mit Hilfe des Paktes „vegdata“ mit der Referenzliste GermanSL 1.3 (<http://geobot.botanik.uni-greifswald.de/reflist>) verglichen. Als Zwischenprodukt

wurde eine von „vegdata“ erzeugte Tabelle mit Vorschlägen für die Umwandlung von Artnamen vom Datenbankhalter überprüft und manuell geändert. Im zweiten Arbeitsschritt erfolgte die endgültige Anpassung der Artnamen der unterschiedlichen Bearbeiter in eine gemeinsame Bezeichnung und die Erzeugung einer konsistenten Vegetationstabelle. Hierbei mussten Arten (z.B. *Galium mollugo* ssp. *mollugo* und *Galium mollugo* ssp. *album*) teilweise auf das Niveau von Artaggregaten „angehoben“ werden, falls bestimmte Bearbeiter nur auf diesem Niveau (z.B. *Galium mollugo* agg.) erfasst haben.

Berechnung der Artenarealkurve und anderer Diversitätsindices

Da bei zunehmender Fläche die Artenzahl nicht linear, sondern zumeist asymptotisch zunimmt, kann eine Artenarealkurve (z.B. Arrhenius 1921, Rosenzweig 1995) u.a. einen Hinweis darauf geben, wie komplett ein Gebiet erfasst wurde. Artenarealkurven sind Summenkurven, die den Zuwachs der Artenzahlen mit zunehmender Flächengröße zeigen. Berechnet werden zumeist geglättete Artenarealkurven. Hierbei wird der Zuwachs der Artenzahl zufällig ausgewählter Aufnahmeflächen unterschiedlicher Flächengröße aufsummiert und gegen die anwachsende Flächengröße grafisch aufgetragen. Das Ganze wird einhundertmal wiederholt und anschließend eine mittlere Summenkurve berechnet. Diese bildet die Grundlage für den Vergleich z. B. von unterschiedlichen Flussgebieten wie Rhein, Donau und Elbe. Hierdurch kann eine grobe Abschätzung der jeweiligen (erfassten) Gesamt-Diversität getroffen werden. Whittaker (1960) bezeichnet diese als Gamma-Diversität. Durch den Vergleich der mittleren Artenzahlen auf einer bestimmten Flächengröße (hier 100 m²) wird die lokale Alpha-Di-

versität (Whittaker 1960) abgeschätzt. Nach Whittaker (1960) kann ferner durch das Verhältnis $\text{Gamma} / \text{Alpha} - 1$ die Beta-Diversität, ein Maß für die Vielfalt der Artengemeinschaften bestimmt werden.

Klassifikation der Daten

Für die Betrachtung der Diversität ist es sinnvoll, homogene Vegetationsklassen getrennt voneinander zu betrachten. Daher wurde der Datensatz aller betrachteten Flüsse mit transformierten Deckungsgraden (Bray-Curtis 1957) einer Clusteranalyse unterzogen. Hierbei kam das Ward-Verfahren zum Einsatz (Ward 1963). Der Datensatz wurde in vier große Cluster geteilt. Mit Hilfe der Indikatoranalyse (De Caceres & Legendre 2009) wurden typische Arten für die Cluster identifiziert.

Verwendete Software

Alle Analysen wurden mit Hilfe der Software R und den Paketen „base“ (R Core Team 2016), „vegdata“ (Jansen & Dengler 2010), „vegan“ (Oksanen et al. 2016), „cluster“ (Maechler et al. 2015) und „indicspecies“ (De Caceres & Legendre 2009) durchgeführt. Für die Berechnung der geglätteten Artenarealkurven unter Berücksichtigung unterschiedlicher Flächengrößen wurde von Daniel Esser (BfG) ein R-Skript geschrieben.

Ergebnisse

Im August 2016 umfasste die Datenbank 7841 Vegetationsaufnahmen mit 1131 Arten an Gefäßpflanzen. Die ältesten Aufnahmen stammen aus dem Jahr 1981. Die meisten Aufnahmen wurden jedoch ab den 1990er Jahren erfasst. Die räumliche Verteilung der Aufnahmen sowie die Zuordnung zu den Flüssen ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zu erkennen ist, dass allein der Rhein und die Saar einigermaßen repräsentativ erfasst wurden. Durch die notwendige Harmonisierung der Taxonomie der Arten wurde die Artenzahl der Rohdaten von über 1500 auf 1131 reduziert. Dies entspricht etwa 27 % der Gesamtartenzahl (4100) der Gefäßpflanzenflora Deutschlands (Wisskirchen & Haeupler 1998). Von den 1131 Arten in der Datenbank sind 10 % Neophyten, von denen ca. 1 % als invasiv eingestuft wird.

4492 der Vegetationsaufnahmen (mit 1013 Arten)

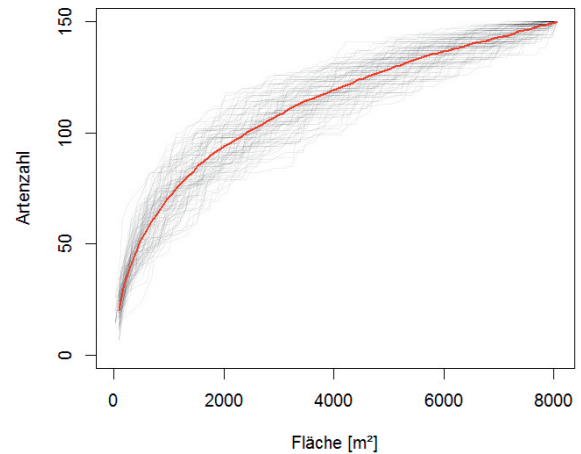


Abbildung 2: Artenarealkurven für die Vegetation des Hartholzwaldes am Rhein. Graue Linien: Summenkurven, die den Zuwachs der Artenzahlen mit zunehmender Flächengröße zeigen. 100 Kurven mit zufälliger Auswahl der Aufnahmeflächen. Rote Linie: Mittelwert der 100 Summenkurven.

hatten eine ausreichende Erfassungsqualität sowie eine Angabe zur Aufnahmefläche. Anhand dieser Daten konnten korrekte Artenarealkurven ermittelt werden. Die asymptotische Kurve für alle 4492 Vegetationsaufnahmen (nicht abgebildet) weist zwar eine deutliche Abflachung auf, erreicht jedoch keine Sättigung. Vier Großgruppen konnten durch die automatische Clusterung unterschieden werden: Ufervegetation und Wasserpflanzen, Weidenbestände und ruderal Hochstauden, Hartholzwald und Grünland. Aufgrund der relativ großen Homo-

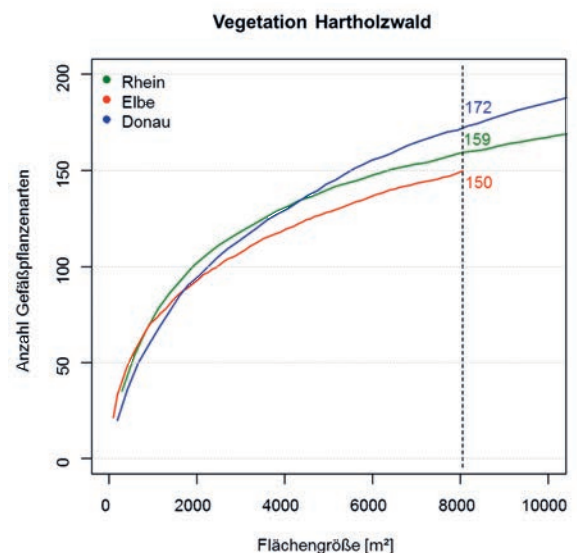


Abbildung 3: Vergleich der geglätteten Artenarealkurven für die Vegetation des Hartholzwaldes an Rhein, Elbe und Donau. Gestrichelte Linie: Schnittlinie entlang der kleinsten Flächengröße (Elbe). Hier ist ein absoluter Vergleich der Artenzahlen möglich.

genität (d.h. Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung) innerhalb der Gruppe Hartholzwälder, wurde diese Gruppe für Diversitätsunterschiede zwischen den Flussgebieten Rhein, Donau und Elbe herangezogen. Abbildung 2 verdeutlicht das Prinzip der geglätteten Artenarealkurve.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich der Artenarealkurven der drei Flussgebiete: Bei gleicher Fläche an Hartholzaue weist die Donau die höchste Artenanzahl und die Elbe die niedrigste Artenanzahl auf. Die Alphadiversität zeigt jedoch auf einer kleinen Fläche (hier 100 m²) einen umgekehrten Trend (Abbildung 4, links): An der Elbe findet sich die höchste Vielfalt (22 Arten), während an der Donau, im Mittel, nur 12 Arten angetroffen werden. Am Rhein sind es ca. 16 Arten. Die Betadiversität ähnelt wiederum dem Trend der Gamma-Diversität (bei 8000 m²). Sie ist an der Donau (13,9) am höchsten, gefolgt vom Rhein (9,6). und an der Elbe am niedrigsten (Abbildung 4 rechts).

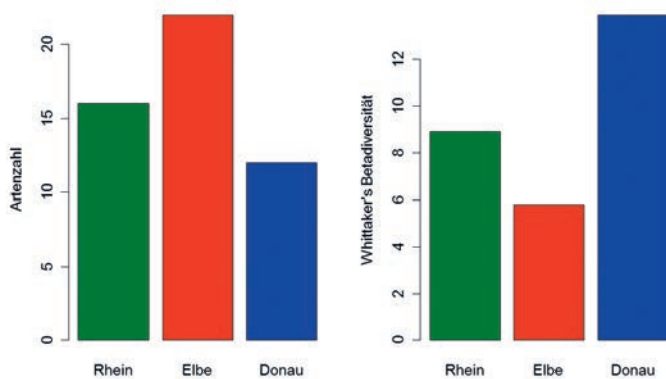


Abbildung 4: Links: Vergleich der mittleren Artenzahlen (Alphadiversität, auf einer Fläche von 100 m²) sowie rechts, der Betadiversität (nach Whittaker 1960) der Vegetation von Hartholzwald an Rhein, Elbe und Donau.

Diskussion

Die eingangs erwähnte allgemeine Einschätzung, dass Flussauen Hotspots der Biodiversität seien, lässt sich nicht abschließend klären, da dem Autor weder repräsentative Vergleichsdaten außerhalb der Flussauen noch Vegetationsdaten aus von Menschen ungestörten, vergleichbaren Flussauen Mitteleuropas vorliegen. Der vorliegende Datensatz ermöglicht aber den Vergleich von Artenzahlen in unterschiedlichen Flussgebieten. Hier wird als Beispiel die Vegetation der Hartholzaue des

Rheins, der Elbe und der Donau verglichen. Da an der Elbe nur recht wenige Aufnahmen dieses Vegetationstyps (83) vorliegen, muss der Vergleich der „Gesamtartenzahl“ auf einer relativ kleinen Fläche von 8000 m² vorgenommen werden. Die Daten (Abbildung 3) zeigen, dass insgesamt eine ähnlich hohe Zahl an Gefäßpflanzenarten zu erwarten ist, an der Donau jedoch die meisten Arten (172) auftreten, gefolgt vom Rhein (159) und der Elbe (150). Hierfür können folgende Erklärungsansätze in Betracht gezogen werden: Alle Daten der Donau stammen aus einem einzigen Gebiet, dem letzten freifließenden Abschnitt (Flusskilometer 2330-2248). Dieser Auenabschnitt liegt in der Nähe eines biogeographischen Übergangsbereiches mit alpinen, subkontinentalen, pannonischen und submediterranen Florenelementen. Er hat zudem zahlreiche Zuflüsse aus den Alpen aber auch aus dem Bayerischen Wald, die jeweils Arten als Schwemmlinge (z. B. *Carduus personata*, *Carex alba*, *Chaerophyllum aureum*, *Gentiana verna*) mitführen können.

Auf der räumlichen Skala der einzelnen Aufnahmefläche (100 m², Alphadiversität) werden jedoch deutlich mehr Arten an der Elbe (22) gefunden gefolgt vom Rhein (16) und der Donau (12). Es ist denkbar, dass dieser Befund zum Teil durch die intensivere Forstwirtschaft an der Elbe begründbar ist. Außerdem sind viele Hartholzwälder an der Elbe relativ licht, so dass eine höhere Anzahl an Arten in der Krautschicht angenommen werden kann. Dies bedarf einer genaueren Überprüfung.

Die deutlich höhere Betadiversität an Donau und Rhein im Vergleich zur Elbe spiegelt zweifellos die Einflüsse der umgebenden heterogenen Landschaft (z.B. Gebirge, kalkreiche und kalkarme Zuflüsse) an Donau und Rhein wider.

Die aufgrund der taxonomischen Harmonisierung reduzierte Gesamtartenzahl von 1131 Gefäßpflanzenarten ist sicher deutlich unterschätzt. Da die Daten jedoch eine unterschiedliche taxonomische Bearbeitungstiefe aufweisen und die Bearbeiter zudem persönliche Schwerpunkte der Datensammlung hatten, ist eine genaue Angabe der Gesamtartenzahl nicht möglich. Der Anteil von ca. 27 % der Gesamtflora Deutschlands erscheint recht hoch. Es muss jedoch angenommen werden, dass

Flussauen aufgrund ihrer standörtlichen Heterogenität und Vielfalt per se viele Arten aufweisen. Um dieses zu bewerten, würde eine Analyse von Vergleichsdaten aus intakten Auenlandschaften sowie Nicht-Auenlandschaften Klärung bringen.

Ausblick

Trotz der Mängel aufgrund der unterschiedlichen heterogenen Datenquellen, bietet die Datenbank AuVeg zweifellos ein hohes Potenzial für weitere Analysen der pflanzlichen Diversität. Ferner eröffnet die Verschneidung der verorteten Vegetationsaufnahmen mit hydrologischen Daten und Daten der Landnutzung weitere Möglichkeiten der standortkundlichen Analyse. Zahlreiche Aufnahmen weisen zudem eine parallele Bodenansprache (z. B. Textur, Humusgehalt) auf, so dass auch lokal kalibrierbare Nischenmodelle erstellt werden können (siehe Guisan & Zimmermann 2000, Booth & Loheide 2012, Mosner et al. 2015, Horchler 2016). Diese können wertvolle Beiträge z. B. zu Renaturierungsmaßnahmen oder bei der Abschätzung von Vegetationsänderungen durch den Klimawandel liefern.

Danksagung

Dank gebührt vor allem allen Datenlieferanten, auch denen, die von der Bundesanstalt für Gewässerkunde beauftragt wurden. Zu nennen sind hier u.a. Antje Birger, Rainer Cezanne, Udo Christiansen, Volker Dittmann, Judith Gläser, Alfons Heinrichfreise, Sylvain Hodvina, Franziska Löffler, Katharina Nabel, Mathias Scholz, Peggy Seltmann, André Terwei, Immo Vollmer und Guido Warthemann. Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Kollegen Daniel Esser, der das R-Skript zur Berechnung der Artenarealkurven unter Berücksichtigung unterschiedlicher Flächengrößen der Vegetationsaufnahmen geschrieben hat. Wertvolle Kommentare zur taxonomischen Harmonisierung und zur Verwendung des R-Paketes „vegdata“ kamen von Florian Jansen.

Literatur

- Arrhenius, O. (1921): "Species and Area" *J. Ecol.* 9: 95–99.
- Baufeld, R. (2005): GIS-gestützte Prognose der Biotopentwicklung auf Grundlage von Biotoptypen- und Vegetationserhebungen auf geplanten Rückdeichungsflächen an der Mittleren Elbe in Sachsen-Anhalt. Dissertation an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam. 229 S.
- Booth, E.G. & Loheide, S.P. (2012): Hydroecological model predictions indicate wetter and more diverse soil water regimes and vegetation types following floodplain restoration. *Journal of Geophysical Research - Biogeosciences*. 117(G2).
- Braun-Blanquet, J. (1964): *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. (3. Auflage). Springer Verlag, Wien, 865 Seiten.
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957): An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Brunotte, E., Dister, E., Günther-Diringer, D., Koenzen, U. & Mehl, D. (2009): Flussauen in Deutschland - Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 87.
- De Caceres, M. & Legendre, P. (2009): Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, URL <http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/>.
- Franke, C. (2002): Grünland an der unteren Mittel-Elbe - Vegetationsökologie und landwirtschaftliche Nutzbarkeit. Dissertation im Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Gesamthochschule Kassel. 185 S.
- Guisan, A. & Zimmermann, N.E. (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, Volume 135, Issues 2–3, 5 December 2000, Pages 147–186.
- Harvolk, S. (2015): Anthropogenic influence on the distribution patterns of plant species and habitat diversity along German Federal Waterways. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen, 129 S.
- Hennekens, S.M. & Schaminee, J.H.J. (2001): Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12: 589–591.

- Horchler, P. (2016): Modellierung der Veränderung von Pflanzenhabitaten im Untersuchungsgebiet des Pilotprojektes „Klöden“ Elbe-Km: 185,5 – 196,7. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG-1900) im Auftrag des Wasser- und Schifffahrts-amtes Dresden. 49 Seiten mit Anhang.
- Jansen, F., Dengler, J. (2010): Plant names in vegetation databases - a neglected source of bias. *Journal of Vegetation Science*, 21 (6), 1179-1186.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E. (1989): The flood pulse concept in riverfloodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110–127.
- Kahlert, Y. (2014): Änderung der Pflanzenartenzusammensetzung entlang von drei Staustufen am Main – ein Effekt der Stauregulierung? Masterarbeit an der Universität Koblenz-Landau.
- Kosack, L. (2014): Hemerobe Uferstrukturen des Unteren Mittelrheins und ihre vegetationskundliche Bedeutung. Dissertation an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen-Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. 285 S.
- Leyer, I. (2002): Auengrünland der Mittelbe Niederung. Vegetationskundliche und ökologische Untersuchungen in der rezenten Aue, Altaue und am Auenrand der Elbe. *Dissertationes Botanicae* 363, 193 S.
- Londo, G. (1975): De decimale schaal voor vegetatiekundige opnamen van permanente kwadraten. *Gorteria* 7: 101–106.
- Ludewig, E. (1999): Direkte und indirekte anthropogene Beeinflussung und Veränderung der Ufervegetation der Saar; *Dissertationes Botanicae*, Band 301.
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., Hornik, K. (2015): Cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.0.3.
- Mosner, E. (2012): Habitat distribution and population genetics of riparian *Salix* species in space and time – a restoration framework for softwood forests along the Elbe River. Dissertation am Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg. 178 S.
- Mosner, E., Weber, A., Carambia, M., Nilson, E., Schmitz, U., Zelle, B., Donath, T., Horchler, P. (2015): Climate change and floodplain vegetation – future prospects for riparian habitat availability along the Rhine River. *Ecological Engineering* 82, 493-511. doi:10.1016/j.ecoleng.2015.05.013
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H. & Wagner, H. (2016): *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reichelt, G. & Wilmanns, O. (1973): *Vegetationsgeographie*. Westermann, Braunschweig.
- Redecker, B. (2001): Schutzwürdigkeit und Schutzperspektive der Stromtal-Wiesen an der unteren Mittelbe – Ein vegetationskundlicher Beitrag zur Leitbildentwicklung. 186 S.
- Rosenzweig, M. (1995): *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press.
- Schmitz, U. (2002): Untersuchungen zum Vorkommen und zur Ökologie neophytischer *Amaranthaceae* und *Che-nopodiaceae* in der Ufervegetation des Niederrheins. *Dissertationes Botanicae* 364, 140 S., Cramer (Berlin, Stuttgart).
- Tockner, K., Stanford, J.A. (2002): Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29(3): 308–330.
- Weber, R.P. (2005): Möglichkeiten und Grenzen der Integration des Vertragsnaturschutzes in die Grünlandbewirtschaftung am Beispiel des Biosphärenreservates Flusslandschaft Mittlere Elbe Berlin 2005, 201 S.
- WARD, J.H., Jr. (1963): Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, *Journal of the American Statistical Association*, 48: 236–244.
- Whittaker, R.H. (1960): Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30, 279-338.
- Wisskirchen, R. & Haeupler, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Mit Chromosomenatlas. Herausgegeben vom Bundesamt für Naturschutz (= Die Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Band 1). Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim) 1998, ISBN 3-8001-3360-1.