

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>	

22 Die Entwicklung der Ufervegetation an Bundeswasserstraßen nach Einstellung anthropogener Aktivitäten

Sarah Harvolk-Schöning und Lisa Hauer

Zusammenfassung

Stark durch den Menschen veränderte Flüsse und ihre Auen werden von Hobbs et al. (2006) als Beispiel für Novel Ecosystems angeführt. Diese neuartigen Ökosysteme sind in der Natur nicht vorhanden, sondern entstehen durch menschlichen Einfluss, sie lassen sich nach dessen Beendigung nicht in einen natürlichen Zustand zurückversetzen. Ob dieses Konzept auf Bundeswasserstraßen zutrifft, wurde am Beispiel eines nicht mehr genutzten Hafens am Oberrhein untersucht. Die Ufervegetation des Hafens wurde mit der am verbauten Ufer des Rheins und der an einem naturnahen Altarm verglichen, um die Entwicklung etwa 100 Jahre nach Nutzungsaufgabe einzuordnen.

Die Artenzusammensetzung am Ufer des Hafens war der des Altarms ähnlicher als der des Rhein-Hauptstroms, insbesondere die strukturelle Vielfalt war höher. Sukzessionsstadien in Richtung eines Silberweiden-Auwalds waren erkennbar. Allerdings blieben künstliche Strukturen, wie Steilufer mit Steinschüttungen, immer noch sichtbar. Die Vegetation beinhaltete eine hohe Anzahl an Neophyten. Sowohl am Hafen als auch am Altarm waren Verlandungstendenzen zu erkennen. Daher lässt sich in Bezug auf die Einordnung nicht mehr genutzter Wasserstraßenabschnitte als Novel Ecosystems keine klare Aussage treffen. Die Entwicklung hin zu naturnäheren Zuständen ist in diesem Fall eingeschränkt möglich, der menschliche Einfluss ist allerdings weiterhin sichtbar und ließe sich sicher nur durch aktiven Rückbau der künstlichen Strukturen reduzieren.

Keywords: Anthropogener Einfluss, Renaturierung, Nutzungsaufgabe, Leopoldshafen, DCA

Einleitung

Neuartige Ökosysteme oder Novel Ecosystems sind solche Systeme, deren Artenkombination nicht natürlicherweise vorkommen, sondern sich aufgrund menschlicher Einflüsse entwickelt haben und auch nach Beendigung der menschlichen Einflüsse nicht mehr in einen natürlichen Zustand zurückkehren (Hobbs et al. 2006). Neben der Entstehung durch menschliches Handeln ist das Hauptmerkmal dieser Systeme, dass ihre neuen Artenkombinationen das Potential haben, Ökosystemfunktionen zu verändern. Als ein Beispiel führen Hobbs et al. (2006) Flüsse und Auensysteme an, die vom Menschen in ihrem Wasserhaushalt und ihrer Struktur verändert wurden.

Dies trifft für die meisten Fließgewässer in Mitteleuropa zu (Naiman & Decamps 1997), da Flüsse seit jeher vielfältiger Nutzung unterliegen (Scholz et al. 2012). In Deutschland sind nach Angaben im Auenzustandsbericht des Bundesamts für Naturschutz (Brunotte et al. 2009) aufgrund von Gewässerbegradigung, dem Bau von Staustufen und

verschiedener Hochwasserschutzmaßnahmen zwei Drittel der ursprünglichen Auenfläche verloren gegangen, nur 10 % der verbliebenen Flächen können die typischen Ökosystemfunktionen noch weitestgehend erfüllen. Aus diesem Grund, und da natürliche Flussauen zu den artenreichsten und wertvollsten Lebensräumen weltweit gehören (Naiman et al. 1993), sind diese Verluste besonders alarmierend.

Es stellt sich die Frage, ob anthropogen veränderte Flussauen tatsächlich Novel Ecosystems im Sinne von Hobbs et al. (2006) darstellen, also neuartige Artenkombinationen beinhalten, die Bestand haben, und demnach auch nach einer (hypothetischen) Aufgabe menschlicher Einflussnahme den natürlichen Zustand vor dem menschlichen Eingreifen nicht wieder erreichen können (Harvolk-Schöning et al. 2016). Dieser Frage wurde mittels einer Untersuchung der Phytodiversität an Bundeswasserstraßen nachgegangen. In einer deutschlandweiten Vergleichsstudie wurde untersucht, inwiefern natürliche und in der Nutzung der Bun-



Abbildung 1: Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets bei Eggenstein-Leopoldshafen (Baden-Württemberg). Datengrundlage: Google Maps, Luftbilder zur Verfügung gestellt von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Umriss: Auenzustandsbericht (Brunotte et al. 2009).

deswasserstraßen begründete Einflussfaktoren auf die Pflanzenartenzusammensetzung und -vielfalt wirken und ob die gefundenen Muster auch im überregionalen Vergleich Bestand haben (Harvolk et al. 2015). Weiterhin wurde die Lebensraumvielfalt an Bundeswasserstraßen anhand eines deutschlandweiten Biotoptypen-Datensatzes (Harvolk-Schöning et al. 2016) untersucht. Die Ergebnisse dieser Studien, sowie ein Vergleich der Artenzusammensetzung an den Uferbereichen eines Kanals im Vergleich zu der eines naturnahen Flusses (Harvolk et al. 2014), lassen vermuten, dass Bundeswasserstraßen zwischen Novel und Hybrid Ecosystems (sensu Hobbs et al. 2009) einzuordnen sind (Harvolk-Schöning et al. 2016). Um diese Einschätzung zu überprüfen, muss jedoch die Entwicklung dieser Lebensräume nach Aufgabe menschlicher Einflussnahme berücksichtigt werden. Dazu wurde in einer Fallstudie am Rhein bei Karlsruhe die Ufervegetation eines ehemaligen Hafens mit der eines als naturnah eingeschätzten Altarms und dem intensiv verbauten Ufer des Hauptstroms des Rheins verglichen, um durch diesen Raum-für-Zeit-Ansatz die Entwicklung stark

veränderter Uferbereiche nach Nutzungsaufgabe abzuschätzen.

In der Fallstudie wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Aus welchen Arten setzt sich die Ufervegetation am Hauptstrom des Rheins, an einem Altarm und einem ehemaligen Hafen zusammen?
- Ist die Ufervegetation des ehemaligen Hafens der des Hauptstroms oder der des Altarms ähnlicher, ist sie also eher in einem stark anthropogen geprägten oder eher in einem relativ naturnahen Zustand?

Methoden

Die Fallstudie wurde in einem der Abschnitte der deutschlandweiten Vergleichsstudie (Harvolk et al. 2015) durchgeführt. Das Gebiet umfasste etwa den Rheinkilometer 371 bei Eggenstein-Leopoldshafen in der Nähe von Karlsruhe und befindet sich im Naturraum Nördliche Oberrheinniederung (LUBW 2010). In diesem Gebiet wurden der Leopoldshafen (jetzt: Alter Hafen), ein bis 1902 als Hafen genutztes Stillgewässer, welches an den Rhein angebunden ist (Peter Hartleb, pers. Kommunikation), der Rhein-Hauptstrom sowie ein Altarm des Rheins hinsichtlich ihrer Vegetation untersucht.

Zur Erfassung der Ufervegetation wurden je 10 Vegetationsaufnahmen von 15 m² Größe durchgeführt. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten im Sommer 2016 nach einer langanhaltenden Hochwasserperiode, daher wurde vermutlich nur eine Teilmenge der im Gebiet vorhandenen Arten erfasst. Zunächst wurden die Artenzahlen zwischen den Gebieten mittels einer Kruskal-Wallis-ANOVA in der Statistiksoftware Statistica 13 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA) verglichen. Die Unterschiede in der Zusammensetzung wurden mittels einer Indikatorartenanalyse und einer Detrended Correspondence Analysis (DCA) mittels der Software PCOrd 5.32 (McCune & Mefford, 2006) ermittelt.

Ergebnisse

In den Vegetationsaufnahmen am Alten Hafen wurden im Mittel etwa 12,0 Arten gefunden, am Rheinufer sowie am Altarm lagen die mittleren Artenzahlen bei jeweils 8,7. Die Kruskal-Wallis-ANOVA zeigte keine signifikanten Unterschiede in den Artenzahlen der drei Gewässerabschnitte (Abbildung 2).

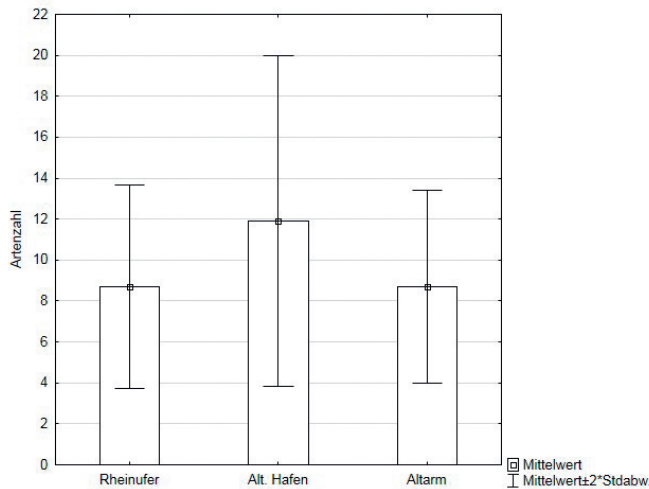


Abbildung 2: Artenzahlen in den untersuchten Abschnitten.

Die Vegetation des Rheinufers bestand hauptsächlich aus niedrigwüchsigen Arten (z.B. *Potentilla reptans*, Tabelle 1, Abbildungen 3 und 4), hier kamen im Gegensatz zum Ufer des Hafens und des Altarms keine Gehölze vor. *Salix alba* war die Art mit der höchsten Stetigkeit am Alten Hafen und kam auch am Altarm häufig vor, Tabelle 1.

Die Artenzusammensetzung differenzierte sich zwischen allen drei Abschnitten, wobei der Alte Hafen und der Altarm Überschneidungen aufwiesen, während der Rhein-Hauptstrom deutlich abgegrenzt war (Ergebnis der DCA, Abbildung 4). Auch die Indikatorartenanalyse bestätigte dieses Ergebnis: Während die Aufnahmen am Ufer des Rheins fünf Indikatorarten aufwiesen, wurden für den Hafen und den Altarm nur je eine Indikatorart identifiziert (Tabelle 2). Strukturell unterschieden sich beide Bereiche jedoch (Abbildung 3): Der Alte Hafen weist ein besonders steiles Uferprofil auf, die Vegetation entwickelt sich auf teils verwitterten Steinschüttungen. Hier war neben einem hohen Anteil an Gehölzen (ähnlich dem Altarm) der Anteil an Neophyten besonders hoch. Der Altarm ist durch ein recht flaches Uferprofil mit hohen Anteilen offenen Bodens geprägt.

Diskussion

Die Artenzusammensetzung in den Uferzonen des alten Hafens und des Altarms unterscheidet sich deutlich von der der Ufer des Rhein-Hauptstroms. Das Ufer des Rheins ist mit Steinpflasterung befestigt, Pflanzen können sich nur in den Fugen zwischen den Steinen etablieren. Daher dominieren in diesen Bereichen niedrigwüchsige, meist krautige

Arten, während am Hafen und am Altarm Hochstauden, Sträucher und Bäume zu finden sind. Die Vegetation des Areals „Alter Hafen“ ähnelt somit in ihrer Artenzusammensetzung mit z.B. *Carex acutiformis* eher dem naturnäheren Altarm (stillgewässerähnlich) als dem als naturfern bis naturfremd (Krause 1992, in Koltzenburg & Böcker 1999) einzustufenden Ufer des Hauptstroms. Auch im bundesweiten Vergleich der Ufer der Bundeswasserstraßen (Harvolk et al. 2015) ist dieser Abschnitt des Rheins am Ende eines Gradienten der Intensität der anthropogenen Nutzung eingeordnet. Der Alte Hafen zeigt Sukzessionsstadien in Richtung Hochstaudenfluren wie der *Urtica-Convulvulus sepium*-Gesellschaft und in Richtung Silberweiden-Auwald (RP Karlsruhe 2009) sowie einen höheren Struktureichtum. Ähnliche Ergebnisse konnten in den Niederlanden nach einer Renaturierungsmaßnahme an der Waal von Geerling et al. (2008) beobachtet werden – dort fand eine Sukzession von Staudenfluren über Sträucher zum Weichholzauwald mit vergleichbaren Artenzusammensetzungen statt. In einem nationalen Vergleich



Abbildung 3: Überblick über die untersuchten Abschnitte. A) Hauptstrom, b) Alter Hafen, c) Altarm. Fotos: Lisa Hauer

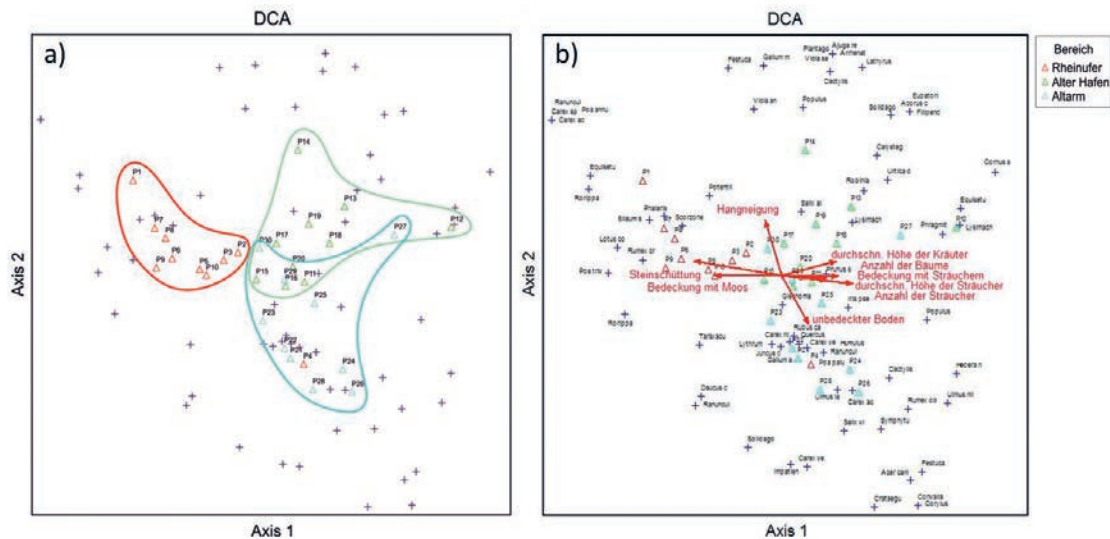


Abbildung 4: Ergebnisse der Detrended Correspondence Analysis (DCA). Dreiecke stellen die Aufnahmen, Kreuze die Arten dar. A) Verteilung der Aufnahmen der einzelnen Abschnitte, b) Verteilung der Arten und Vektoren der korrelierenden Umweltfaktoren. Die Gradientenlänge von Achse 1 beträgt 3,91.

der Sukzessionsentwicklung mehrerer Lebensräume in Tschechien zeigten Prach et al. (2016), dass sich Auwälder im Zuge der Sukzessionsentwicklung der potentiell natürlichen Vegetation annähern, was hier ebenfalls zu beobachten ist.

Allerdings weist der Alte Hafen weiterhin ein steiles Uferprofil, in Abschnitten mit überwachsener Steinschüttung, auf. Diese wird wie am Ufer des Hauptstroms von Arten wie *Rubus caesius* und *Potentilla reptans* dominiert. Auch die Ergebnisse der DCA zeigen die Hangneigung als wichtigen differenzierenden Faktor zwischen dem Hafen und dem Altarm an. Der in einer steilen Uferböschung begründete Feuchtigkeitsgradient fördert am Alten Hafen gemein verbreitete Grünlandarten wie *Dactylis glomerata* und *Galium mollugo* (Abbildung 4), was auch in anderen Bereichen an der Oberkante der Steinschüttungen beobachtet werden konnte (Harvolk et al. 2014, 2015). Weiterhin sind einige Neophyten (z.B. *Solidago spec.*) vorhanden, die im deutschlandweiten Vergleich häufiger an stark verbauten als an weniger intensiv genutzten Wasserstraßen vorkommen (Harvolk et al. 2015).

Sowohl der Altarm als auch der Alte Hafen sind nur über enge Verbindungsstellen an den Rhein angeschlossen und werden gering durchströmt. Beide Bereiche zeigen Verlandungsstadien, wie bereits 2009 im Pflege- und Entwicklungsplan für das FFH-Gebiet „Rheinniederung von Karlsruhe

bis Philippsburg“ für den alten Hafen festgestellt wurde (RP Karlsruhe 2009). Insbesondere am Altarm dominiert die auf der Vorwarnliste der Roten Liste für Deutschland (Korneck et al. 1998) geführte *Carex vesicaria* als Art der Verlandungsbereiche von Stillgewässern (Jäger 2011). Auch Geerling et al. (2008) stellten mit zunehmender Sukzession verringerte Fließgeschwindigkeiten und erhöhte Sedimentationsraten fest, wobei diese Prozesse aufgrund der geringen Durchflussmengen sowohl am Altarm als auch am Alten Hafen wesentlich bedeutsamer sind. Der Alte Hafen wurde 2015 als Ausgleichsmaßnahme im Zusammenhang mit einer Deichsanierung ausgekieset und entschlammt, um der Verlandung entgegenzuwirken, die Durchströmung und somit die Sauerstoffversorgung des Wassers zu erhöhen (RP Baden-Württemberg 2015). Diese Aktivitäten konnten auch während der Geländearbeit beobachtet werden. Allerdings bilden Seggenröhrichte wie im Bereich des Altarms Ersatzgesellschaften für Niedermoore und Bruchwälder (Koltzenburg & Böcker 1999), welche wertvollste Auenlebensräume darstellen, daher wäre die Förderung von Verlandungsprozessen für diese stark rückläufigen Lebensräume förderlich.

Die Frage, ob es sich bei ehemals stark anthropogen genutzten Gewässerabschnitten wie dem Alten Hafen um Novel Ecosystems handelt, lässt sich also nicht eindeutig beantworten. Einerseits findet eine Sukzession in Richtung natürlicher Auenbio-

Tabelle 1: Die fünf häufigsten Arten aus jedem untersuchten Abschnitt und die Frequenz der Artvorkommen (max. 10 pro Abschnitt).

Art	Häufigkeit Rheinufer	Häufigkeit Alter Hafen	Häufigkeit Altarm
<i>Rubus caesius</i>	10	10	10
<i>Potentilla reptans</i>	10	7	3
<i>Phalaris arundinacea</i>	8	6	5
<i>Poa trivialis</i>	6	-	-
<i>Glechoma hederacea</i>	5	6	6
<i>Calystegia sepium</i>	2	10	2
<i>Salix alba</i>	-	7	5
<i>Carex acutiformis</i>	2	6	8

tope wie Weichholzaunenwälder statt. Andererseits zeichnen sich natürliche Auenlebensräume durch dynamische Bedingungen aus, in denen die Sukzession immer wieder durch Störungen unterbrochen wird (Ellenberg und Leuschner 2010) und sich eher zyklische Sukzessionsabfolgen einstellen (Zonation vs. Sukzession, Ellenberg und Leuschner 2010), wie z.B. von Jarolimek et al. (2001) für die amphibische Zone beobachtet wurde. Der Alte Hafen hat eher Stillgewässercharakter und entwickelt sich nicht wie ein dynamisches Fließgewässer. Die mit Steinen befestigten Steilufer sind auch mehr als 100 Jahre nach Aufgabe der Nutzung als Hafen weiterhin vorhanden und beeinflussen die Standortigenschaften der Uferzone. Auch die bereits eingewanderten Neophyten sind weiterhin im Gebiet etabliert, was von Hobbs et al. (2006) als ein Kennzeichen von Novel Ecosystems gewertet wird. Allerdings wird im Zusammenhang mit einer Sukzession in Richtung potentiell natürlicher Vegetation von Koltzenburg & Böcker (1999) bemerkt, dass Agriophyten als Bestandteil der PNV gesehen werden können. Dies wirft die Frage auf, ob nach dem Konzept von Hobbs als Referenz für die Einordnung von Novel Ecosystems die rekonstruierte natürliche Vegetation oder die PNV heranzuziehen ist.

Für den alten Hafen lässt sich seit der Nutzungsaufgabe 1902 eine Entwicklung in Richtung eines Altarms feststellen, allerdings weist das Gebiet noch eindeutige Anzeichen des ehemaligen anthropogenen Einflusses auf. Aus den Ergebnissen lässt sich nur eingeschränkt auf die Einstufung anderer Abschnitte an Bundeswasserstraßen als Novel Ecosystems schließen: Es handelt sich um ein nur geringfügig durchströmtes ehemaliges Hafenbecken,

welches nur in geringem Maß einer Fließgewässerdynamik unterliegt und sich so vermutlich anders als frei fließende Gewässerabschnitte entwickelt. Das Ergebnis, dass eine eingeschränkte Rückentwicklung zu einem naturnäheren Zustand erfolgt, unterstützt die Einschätzung von Harvolk et al. (2016), nach welcher Bundeswasserstraßen zwischen Hybrid Ecosystems und Novel Ecosystems (Hobbs et al. 2009) einzuordnen sind.

Tabelle 2: Ergebnis der Indikatorartenanalyse. Eine Art wird als Indikatorart angenommen, wenn der Indikatorwert größer gleich 25 und der p-Wert kleiner 0,05 ist.

Bereich	Indikatorart	Indikatorwert IV	p-Wert
Hauptstrom	<i>Equisetum palustre</i>	40.0	0.0256
	<i>Phalaris arundinacea</i>	51.9	0.0390
	<i>Potentilla reptans</i>	55.3	0.0042
	<i>Rumex crispus</i>	50.0	0.0068
	<i>Poa trivialis</i>	60.0	0.0020
Alter Hafen	<i>Calystegia sepium</i>	89.2	0.0002
Altarm	<i>Carex vesicaria</i>	50.0	0.0052

Danksagung

Die Erhebungen wurden von Lisa Hauer im Rahmen ihrer Bachelorarbeit im Studiengang Umweltmanagement an der Justus-Liebig-Universität durchgeführt, welche von Prof. Dr. Dr. Annette Otte und Dr. Sarah Harvolk-Schöning betreut wurde. Die Autorinnen bedanken sich bei Annette Otte für die Betreuung und Unterstützung sowie bei Kristin Ludewig und Tobias W. Donath für hilfreiche Anmerkungen zum Manuskript. Die verwendeten Geodaten wurden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde im Rahmen des Projekts „Biologische Vielfalt an Bundeswasserstraßen“ zur Verfügung gestellt, in welches die Bachelorarbeit eingebettet war.

Literatur

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. Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg.

Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Auflage. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

- Geerling, G.W., Kater, E., van den Brink, C., Baptist, M.J., Ragas, A.M.J. & Smits, A.J.M. (2008): Nature rehabilitation by floodplain excavation: The hydraulic effect of 16 years of sedimentation and vegetation succession along the Waal River, NL. *Geomorphology* 99, 317-328.
- Harvolk, S., Symmank, L., Sundermeier, A., Otte, A. & Donath, T.W. (2015): Human impact on plant biodiversity in the functional floodplain of heavily modified rivers - A comparative study along German Federal Waterways. - *Ecological Engineering* 84: 463-475.
- Harvolk, S., Symmank, L., Sundermeier, A., Otte, A. & Donath, T.W. (2014): Can artificial waterways provide a refuge for floodplain biodiversity? A case study from North Western Germany. - *Ecological Engineering* 73: 31-44.
- Harvolk-Schöning, S., Donath, T.W., Ludewig, K. & Otte, A. (2016): Die Analyse der Phytodiversität der Ufer und Auen von Bundeswasserstraßen. *Ber.d.Reinh.-Tüxen-Ges.* 28, 55-73.
- Hobbs, R.J., Higgs, E. & Harris, J.A. (2009): Novel Ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution* 24 (11): 599-605.
- Hobbs, R.J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J.S., Bridgewater, P., Cramer, V.A., Epstein, P.R., et al. (2006): Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography* 15: 1-7.
- Jäger, E.J. (Hrsg., 2011): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 20. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Jarolimek, I., Banasova, V., Otahelova, H. & Zaliberova, M. (2001): Nine year succession of the herbaceous floodplain vegetation in the Morava river. *EKOLOGIA-BRATISLAVA* 20: 92-100.
- Koltzenburg, M. & Böcker, R. (1999): Die heutige potentielle natürliche Vegetation an Fließgewässern. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 57.
- Korneck, D.; Schnittler, M.; Klingenstein, F.; Ludwig, G.; Takla, M.; Bohn, U. & R. May (1998): Warum verarmt unsere Flora? Auswertung der Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – In: Klingenstein, F. & Ludwig, G. (Bearb.): Ursachen des Artenrückgangs von Wildpflanzen und Möglichkeiten zur Erhaltung der Artenvielfalt. – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Schriftenreihe für Vegetationskunde 29: 299-444.
- Krause, A. (1992): Zur Natürlichkeit von Fließgewässern. Eine Annäherung anhand botanischer Kriterien bei der Bewertung von Wasserläufen. – In: Friedrich, G. & J. Lacombe (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. *Limnologie aktuell* 3, 9-18. Stuttgart, New York.
- LUBW [Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg] (2010): Naturräume Baden-Württembergs. Verfügbar online unter: www.lubw.baden-wuerttemberg.de (letzter Zugriff: 21.11.2016)
- McCune, B., Mefford, M.J. (2006): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.32 MjM Software, Glenden Beach, Oregon, U.S.A.
- Naiman, R.J., & Decamps, H. (1997): The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 621-58.
- Naiman, R.J., Decamps, H. & Pollock, M. (1993): The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications* 3: 209-12.
- RP Karlsruhe (2015): Vertiefung des Alten Hafens bei Leopoldshafen zur Verbesserung der Wasserqualität. Ausgleichsmaßnahme zur Rheinhochwasserdamm-Ertüchtigung zwischen Eggenstein-Leopoldshafen und Dettenheim. Projektinformation. (https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/Abt5/Ref532/Documents/2_rhwd_XXX_alter_hafen.pdf. Letzter Zugriff: 21.11.2016)
- RP Karlsruhe (2009): Pflege- und Entwicklungsplan für das Natura 2000-Gebiet 6816-341 „Rheinniederung von Karlsruhe bis Philippsburg“. (<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/62157/> Letzter Zugriff: 21.11.2016)
- Scholz, M., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C., Kasperidus, H.D., Born W., & Henle, K. (2012): Ökosystemfunktionen von Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 124. Bundesamt für Naturschutz Bonn – Bad Godesberg. 257 S.