



# Mitteleuropäische Fließgewässer und ihre Auen

## Im Spannungsfeld von Wasserwirtschaft, Ökosystemdienstleistungen und Naturschutz

### FORUM

## BODEN – GEWÄSSER – ALTLASTEN

Beiträge Diskussionsforum Bodenwissenschaften

Heft 14

Osnabrück, Oktober 2014

# Dynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt – Einfluss hydrologischer und geomorphologischer Veränderungen auf die Wasser- und Ufervegetation

André Schwab & Kathrin Kiehl

## 1. Einleitung

Die Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt gehören zu den größten Auenwaldgebieten Mitteleuropas, seit dem 19. Jahrhundert wurden sie jedoch durch Eindeichung, Flussbegradigung und Staustufenbau zunehmend beeinträchtigt (Margraf 2004, Stammel et al. 2008). Ziel des Projekts „Dynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt“ ist, durch die Anbindung von Altarmen und ehemaligen Flussschleifen der Donau die Verbindung zwischen dem Fließgewässer und der Aue wieder herzustellen und durch die Schaffung eines Umgehungsgewässers die Durchgängigkeit der Donau zu verbessern (Stammel et al. 2012, Cyffka et al. 2015). Weitere wichtige Ziele des Dynamisierungsprojekts sind, Retentionsraum für Hochwassersituationen bereitzustellen und durch „ökologische Flutungen“ natürliche Erosions- und Sedimentationsprozesse in der Flussaue zu ermöglichen (Stammel et al. 2012, Fischer & Cyffka 2014). Der Projektträger des Großprojektes mit einer Gesamtsumme von rund 15 Mio. Euro war der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt. Im Rahmen des durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) geförderten Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens „MONDAU – MONitoring DonauAUen“ wurden die Auswirkungen der Dynamisierungsmaßnahmen von 2009 bis 2013 durch acht Teilprojekte wissenschaftlich untersucht. Das Teilprojekt der Hochschule Osnabrück erforschte in diesem Rahmen die Veränderungen der Wasser- und Ufervegetation, um folgende Fragen zu klären:

- Welche Auswirkungen haben die Dynamisierungsmaßnahmen auf die Artenzusammensetzung und Artenvielfalt entlang des neuen Umgehungsgewässers?
- Welchen Einfluss haben unterschiedliche Ausgangssituationen (z.B. Standortbedingungen, Diasporenverfügbarkeit) auf die Vegetationsentwicklung?
- Welche Gruppen autotypischer Zielarten eignen sich für die Bewertung des Renaturierungserfolgs?

## 2. Untersuchungsgebiet und Dynamisierungsmaßnahmen

Das Untersuchungsgebiet liegt in einem der größten zusammenhängenden Auenwälder Mitteleuropas (ca. 2.700 ha) an der bayerischen Donau und umfasst ca. 1.200 ha (Abb. 1). Durch Flussbegradigungen (Anfang 19. Jahrhundert), Eindeichungen (Ende 19. Jahrhundert) und Staustufenbau (Anfang 1970er Jahre) ging die Verbindung zwischen Fluss und Aue und damit die von der Hochwasserdynamik abhängige Habitatvielfalt weitgehend verloren (Margraf 2004, Stammel et al. 2012). Ehemalige Altarme verlandeten oder entwickelten sich zu Stillgewässern, Weichholzaauenwälder verschwanden und Hartholzaauenwälder entwickelten sich zu terrestrischen Wäldern (Lang et al. 2011).

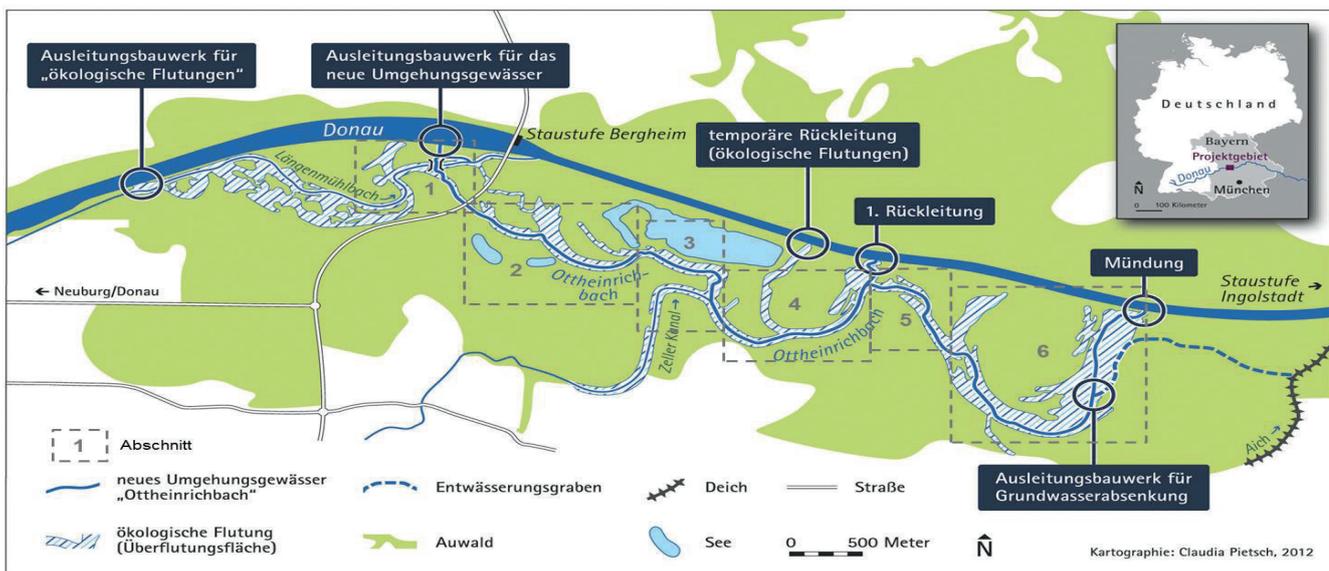


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet zwischen Neuburg und Ingolstadt, mit den wichtigsten Bauwerken, Still- und Fließgewässern und die Einteilung in Abschnitte (nach Fischer et al. 2013, verändert).

Mit dem Projekt „Dynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt“ soll dieser Entwicklung entgegen gewirkt werden. Dafür wurden folgende Maßnahmen vorgesehen (Stammel et al. 2012, Cyffka et al. 2015):

- Wiederanbindung von Altarmen und Schaffung eines neuen Auengewässers („Ottheinrichbach“) in der Funktion eines Umgehungsbaehes mit 0,5 bis 5 m<sup>3</sup>/s Wasserföhrung auf 8,5 km Länge, der 2010 an die Donau angeschlossen wurde.
- Durchföhrung ökologischer Flutungen bei einem Abfluss der Donau von 600 bis 1.000 m<sup>3</sup>/s. Bei einem Abfluss > 1000 m<sup>3</sup>/s wird das Gebiet als Retentionsraum freigehalten, ab 1.300 m<sup>3</sup>/s fließt die Donau an einem Streichwehr ungesteuert in die Aue.
- Absenkung des stellenweise hoch anstehenden Grundwasserspiegels im Ostteil des Gebiets während Niedrigwasserperioden (< 150 m<sup>3</sup>/s).

Wegen der unterschiedlichen Ausgangsbedingungen wurde das Untersuchungsgebiet in sieben Abschnitte aufgeteilt (Lang et al. 2013), von denen die ersten sechs durch dieses Teilprojekt untersucht wurden (Tab. 1, Abb. 1). Föür die Auswertung wurden je zwei Abschnitte mit einer ähnlichen Ausgangssituation zusammengefasst (1+2 = Trockene Altarme, 3+5 = Temporäre Gewässer, 4+6 = Permanente Gewässer).

	Abschnitt					
	1	2	3	4	5	6
Maßnahmen	ÖF; OHB	ÖF; OHB	ÖF; OHB	ÖF; OHB	ÖF; OHB; GWA	ÖF; OHB; GWA
Vorherige Oberflächen- gewässer	kein Wasser	kein Wasser	temporär überstaut	temporäre Fließ- und Stillgewässer	temporäre Stillgewässer	großes Altwasser
Vorheriger Grundwasserstand	hoch	niedrig	mittel	mittel	mittel	hoch
Einfluss der Baumaßnahmen	hoch	hoch	mittel	ohne	ohne	ohne

Tabelle 1: Einteilung des Untersuchungsgebietes in sechs Abschnitte basierend auf den Wasserverhältnissen und den durchgeföhrten Maßnahmen:  
OHB = OttHeinrichBach (Umgebungsgewasser), ÖF = Ökologische Flutungen, GWA = Grundwasserabsenkung

### 3. Material und Methoden

Föür das Monitoring der Wasser- und Ufervegetation wurden pro Abschnitt (Tab. 1) drei Transekte quer zum Gerinne des Umgebungsgewassers angelegt. Diese erstrecken sich jeweils von einer Böschungskante zur gegenüberliegenden und erfassen somit lückenlos sowohl die terrestrischen als auch die aquatischen Standorte (Lang et al. 2013). Ergänzend zu den insgesamt 19 Transekten wurden entlang des Ottheinrichbachs 99 einzelne 1 m<sup>2</sup> große Dauerbeobachtungsflächen (DBF) eingerichtet (Lang et al. 2013). Sie wurden nach vorheriger Stratifizierung zufällig ausgewählt. Die Stratifikation beröcksichtigt neben den Gewässerabschnitten die Unterteilung des Gewasserquerschnitts in Gewässersohle (permanent fließendes Wasser), Ufer (direkter Übergang vom Fließgewässer zum Land) und angrenzender vom Ottheinrichbach beeinflusster Bereich (teils mit stehendem Wasser, teils trocken), im Folgenden als Sekundaraue bezeichnet (vgl. Schwab & Kiehl 2015). Die Vegetationsaufnahmen entlang der Transekte wurden erstmals 2007 an ausgewählten Standorten durchgeföhrte und seither nahezu jährlich im Spätsommer wiederholt. Ab 2010 wurden zeitgleich auch die Vegetationsaufnahmen auf den 99 Dauerbeobachtungsflächen durchgeföhrte. Aufgenommen wurden auf jeder 1 m<sup>2</sup>-Fläche unter anderem die Gesamtdeckungen der Strauch/Baum-, Kraut- und Moosschicht, des offenen Bodens und der Streu sowie die Artmächtigkeit aller Gefapflanzentypen nach der Skala von Londo (1976). Um die Standortbedingungen zu charakterisieren, wurden kleinräumig genaue Höhenvermessungen durchgeföhrte und von allen 99 Dauerbeobachtungsflächen sowie von den morphologisch und vegetationskundlich homogenen Transektbereichen im Dezember 2011 Bodenproben genommen und analysiert (Schwab & Kiehl 2015). Föür die Bewertung der Auswirkungen der Dynamisierungsmaßnahmen auf die Vegetation wurden Gruppen autentypischer Zielarten definiert. Daföür wurde zunächst aus allen verfögbaren Quellen ein Artenpool der Farn- und Blöutenpflanzen föür das Untersuchungsgebiet ermittelt. Diese Arten wurden anschließend zu pflanzensoziologischen Gruppen (z.B. Potamogetonea, Bidentetea, Phragmitetea) zusammengefasst (Oberdorfer 2001) und entsprechend der Zonierung von Fließgewässern unterschiedlichen Standorttypen (z.B. Gewässer, Wechselwasser-, Röhrichtzone) zugeordnet.

4. Ergebnisse

Die Bodenuntersuchungen ergaben deutliche Unterschiede zwischen den sechs Abschnitten. Der Skelettgehalt lag in den beiden ersten Abschnitten, wo durch die Baumaßnahmen meist die oberen Bodenschichten abgetragen wurden und teilweise der anstehende Kies freigelegt wurde, deutlich höher als in den durch die Baumaßnahmen nicht direkt beeinflussten Abschnitten (Abb. 2). Dagegen stieg der Gehalt an organischem Kohlenstoff im weiteren Verlauf des Ottheinrichbachs an und erreichten im sechsten Abschnitt die höchsten Durchschnittswerte (Abb. 2). Diese und weitere bei Schwab & Kiehl (2015) dargestellte Ergebnisse bestätigen die bei der Einteilung der Abschnitte vorgenommene Einschätzung der unterschiedlichen Ausgangssituationen (Lang et al. 2013).

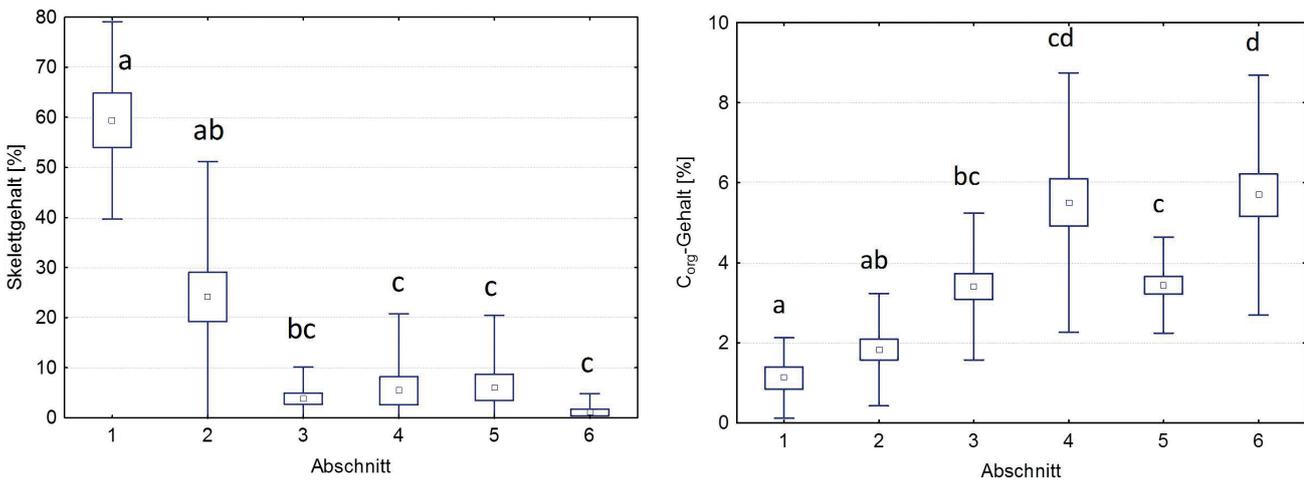
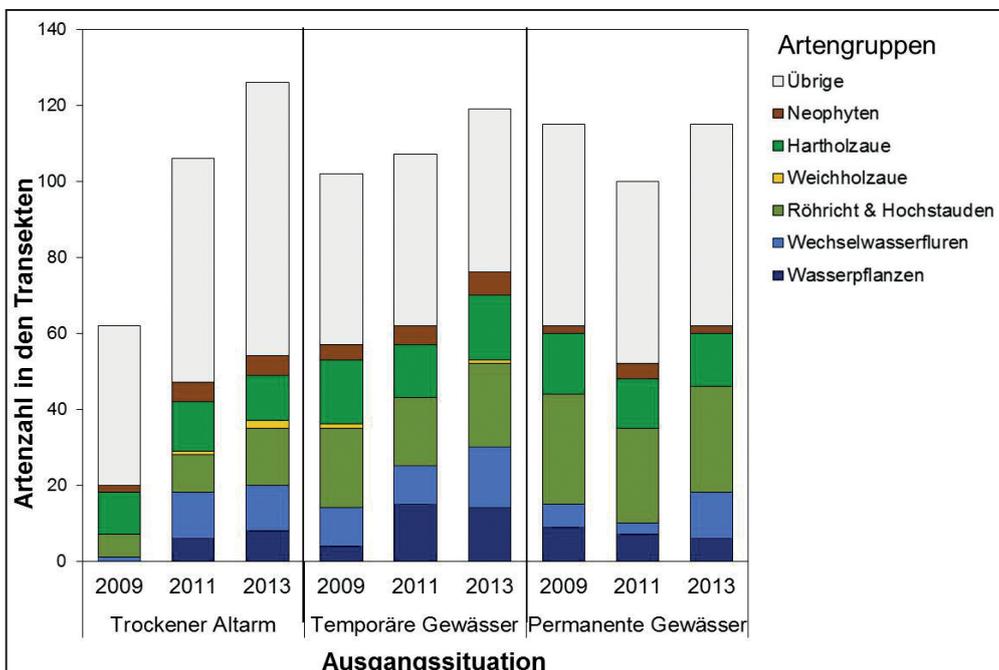


Abbildung 2: Skelettgehalt (a) und Gehalt an organischem Kohlenstoff (b) bei den Boden- und Sedimentproben in den unterschiedlichen Abschnitten des Untersuchungsgebiets im Jahr 2011. □ = Mittelwert, = Standardfehler und T = Standardabweichung. Gleiche Buchstaben bedeuten keine signifikanten Unterschiede bei nichtparametrischem, multivariatem Mittelwertvergleich (Kruskal-Wallis-Anova: p<0,001).

Durch die Vegetationsaufnahmen in den Jahren 2007 bis 2013 wurden insgesamt 254 Gefäßpflanzenarten entlang des Umgehungsgerinnes erfasst. Dabei traten ab 2011, ein Jahr nach Wassereinleitung 67 neue Arten im Untersuchungsgebiet auf. Die Veränderung der Artenzahlen unterschiedlicher Zielartengruppen, Neophyten und weiterer Arten von 2009 bis 2013 ist abhängig von der Ausgangssituation (Abb. 3). Der Anstieg der Artenzahl war in den ehemals trockenen und durch die Baumaßnahmen stark beeinflussten Abschnitten am deutlichsten. Hier wurden insgesamt 64 Arten neu registriert. Mit 17 neu erfassten Arten fiel der Anstieg in den Abschnitten mit temporären Gewässern vor der Wassereinleitung deutlich geringer aus. Dabei traten aber vor allem neu etablierte Zielarten bei den Wasserpflanzen (10 Arten) und den Wechselwasserfluren (6 Arten) auf, während die Anzahl der sonstigen Arten sank (Abb. 3). In den Abschnitten mit den bereits vorhandenen Altwässern blieben die Gesamtartenzahlen im Vergleich der Jahre 2009 und 2013 konstant. Ein Artenrückgang von insgesamt 15 Arten (12 davon



Zielarten) direkt nach Maßnahmenbeginn wurde in den darauffolgenden Jahren wieder ausgeglichen (Abb. 3). Dabei wurden vor allem Zielarten der Wechselwasserzone wie *Buto-mus umbellatus*, *Cype-rus fuscus*, *Oenanthe aquatica* oder *Ranuncu-lus sceleratus* gefördert.

Abbildung 3: Auswirkung der Dynamisierungsmaßnahmen (ab 2010) auf die Artenzahlen unterschiedlicher Artengruppen auf den Transekten bei unterschiedlichen Ausgangssituationen.

Beispielhaft für die Entwicklung der Wasser- und Ufervegetation kann in Abbildung 4 das Transekt 2a, das in einem ehemals trockenen Abschnitt angelegt wurde, betrachtet werden. Anhand der Profilskizzen wird deutlich, dass die neue Dynamik hier für eine anhaltende Veränderung der Gerinneform sorgte. Nach der Baumaßnahme im Winter 2009/10 verbreiterte sich die Gewässersohle zunächst sukzessive und blieb dabei vegetationsfrei. 2012 siedelten sich mit *Ranunculus fluitans* und *Ceratophyllum demersum* erste Unterwasserpflanzen an. Das starke Hochwasser im Juni 2013 sorgte erneut für eine starke Veränderung des Gerinnes und entfernte die bereits angesiedelten Makrophyten.

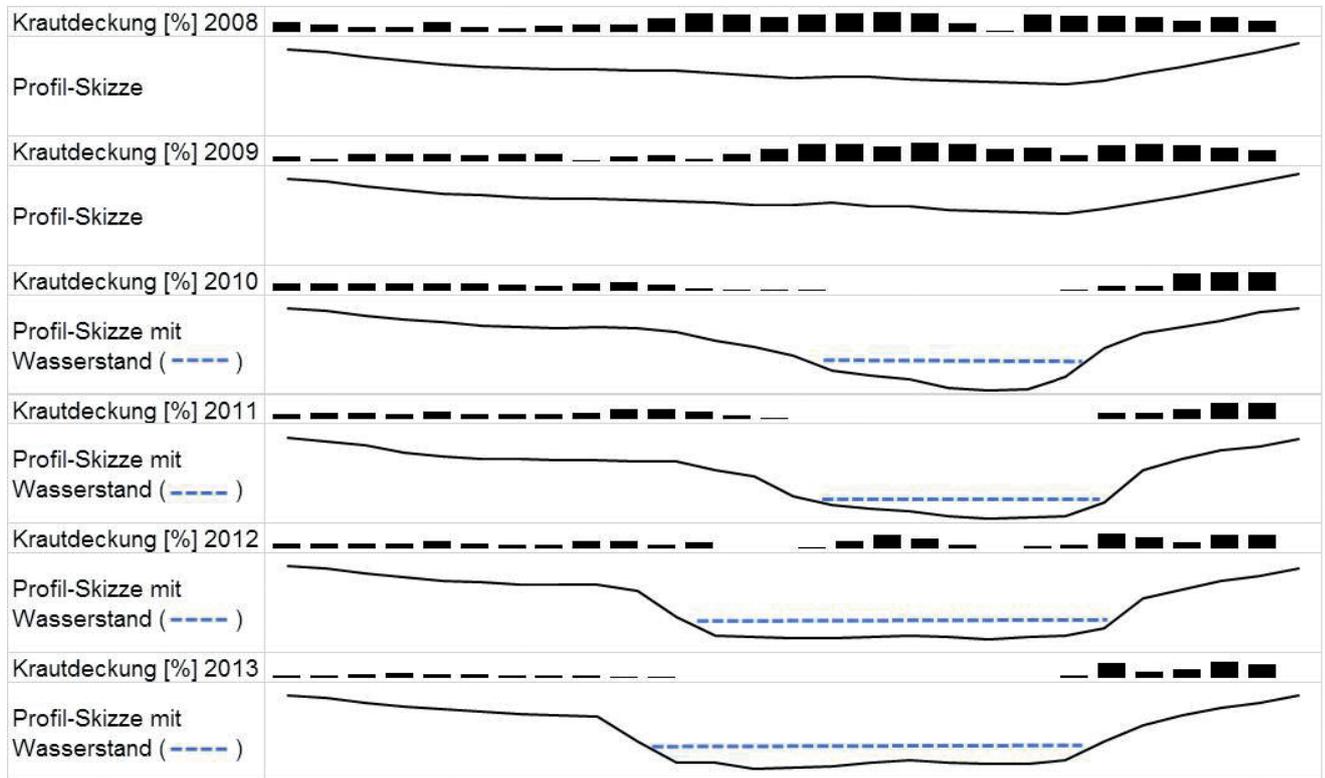


Abbildung 4: Veränderung des Reliefs und der Krautdeckung seit 2009 an einem Transekt in einem ehemals trockengefallenen Altarm. Dabei stehen die Balken für die prozentuale Deckung der Krautschicht pro m<sup>2</sup>.

## 5. Diskussion und Bewertung

Der Einfluss der Dynamisierungsmaßnahmen auf die Entwicklung der Wasser- und Ufervegetation ist je nach Ausgangssituation unterschiedlich. Die stärksten Veränderungen der Artenzahlen und der Artenzusammensetzung zeigten sich jedoch in allen Bereichen im ersten Jahr nach der Wassereinleitung. Die Artenzusammensetzung veränderte sich am deutlichsten im Bereich der Gewässersohle während im direkten Übergang zwischen aquatischen und terrestrischen Bereich geringere Unterschiede festgestellt wurden und die Vegetation der angrenzenden Sekundäraue an den meisten Standorten nahezu gleich geblieben ist (Schwab & Kiehl 2015). Die Ursache hierfür ist in den bisher überwiegend geringen Wasserstandsschwankungen zu finden, die nur einen kleinen Bereich des Gewässerbettes erfassten. Die Dauer der ökologischen Flutungen in den Vegetationsperioden der Jahre 2011 und 2012 war zu kurz und die dabei eingeleitete Wassermenge reichte bislang nicht aus, um die Dynamik weiter ins Gelände zu tragen (vgl. Fischer & Cyffka 2014). Die starke Artenzunahme in den neuen Gewässerabschnitten ist überwiegend auf die Baumaßnahmen und die dadurch geschaffenen Rohbodenstandorte zurückzuführen. Der überwiegende Anteil der in diesen Bereichen auftretenden Arten sind keine autotypische Zielarten sondern weit verbreitete Ruderalarten, welche zwar durch Offenbodenstandorte nicht aber durch das autotypische Wasserregime gefördert werden. Eine Samenbankanalyse zeigte, dass die vor den Baumaßnahmen vorhandene Samenbank in diesen Abschnitten weitgehend entfernt wurde (Schwab & Kiehl 2015). Generell wird in Hartholzauen aber auch von Natur aus nur eine kleine Samenbank ausgebildet (Bossuyt & Honnay 2008, Skowronek et al. 2014).

Nach den Baumaßnahmen war die Gerinneform in diesen Abschnitten zum Großteil recht schmal mit überwiegend steilen Ufern. Sie begrenzte die direkte Einwirkung der Wasserstandsschwankungen auf einen relativ schmalen Bereich und bot Zielarten der Wechselwasserzone bisher wenig Möglichkeit zur Etablierung. Durch die seit der Wassereinleitung 2010 bereits aufgetretene starke Veränderung des Gewässerprofils durch Erosion und Sedimentation (Abb. 4) könnte sich die Ausdehnung der Wechselwasservegetation im Laufe der Zeit vergrößern und auch die Entwicklung einer Weichholzaue initiiert werden. In

den bereits vor der Wassereinleitung durch wechselnde Wasserstände geprägten Abschnitten, ist seit 2010 eine Abnahme auenuntypischer Arten zu beobachten. In diesen Abschnitten mit einem häufig breiteren Gewässerbett existieren im Vergleich zu den neu angelegten Abschnitten deutlich mehr flach auslaufende Ufer, an denen sich die schwankenden Wasserstände gut auswirken konnten. Durch die bereits vor Beginn der Dynamisierungsmaßnahmen schwankenden Wasserstände waren Pflanzenarten der Wechselwasserzone in diesen Abschnitten vergleichsweise häufig in der Vegetation und der Samenbank vertreten (Schwab & Kiehl 2015) und konnten durch die Maßnahme gefördert werden. Auch in den Abschnitten mit großen Altwässern lassen sich insgesamt positive Auswirkungen der Dynamisierungsmaßnahmen erkennen, obwohl die Gesamtartenzahl der Transekte sich nicht veränderte. Aufgrund der erhöhten Fließgeschwindigkeit und stärker wechselnder Wasserstände wurden die in diesen Abschnitten vorhandenen Stillgewässerarten verdrängt. Der Wiederanstieg der Artenzahl ab 2012 war dann auf die vermehrte Ansiedlung fließgewässer- und auentypischer Arten zurückzuführen.

## 6. Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen in den ersten Jahren nach Einleitung des Ottheinrichbachs zeigten insgesamt eine positive Reaktion der Wasser- und Ufervegetation auf die durchgeführten Dynamisierungsmaßnahmen. Das neu geschaffene Umgehungs-gewässer bietet neuen Lebensraum für auentypische Zielarten der Wechselwasserzone und der Gewässer. Die Ergebnisse zeigen, dass es – zumindest teilweise – möglich ist, die bei Margraf (2004) festgestellten negativen Entwicklungen durch Eindeichung und Staustufenbau zu stoppen und umzukehren. Im Bereich der Sekundäraue konzentrieren sich die Veränderungen bisher allerdings vielerorts nur auf einen schmalen Bereich entlang des Umgebungsgewässers. Für eine mittel- bis langfristige und vor allem großflächigere Förderung auentypischer Pflanzenarten müssen die Dynamisierungsmaßnahmen weiter optimiert werden. Dabei ist es notwendig, die Wasserstandsschwankungen in den Extrembereichen zu erhöhen und mechanische Störungen, die zu weiteren Erosions- und Sedimentationsprozessen führen, zu verstärken.

## Literatur

- Bossuyt, B. & Honnay, O. 2008:** Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* 19: 875–884.
- Cyffka, B., Binder, F., Ewald, J., Geist, J., Gruppe, A., Hemmer, I., Kiehl, K., Mosandl, R., Schopf, R., & Zahner, V. (Hrsg.) 2015:** MONDAU - Monitoring der Donauauen zwischen Ingolstadt und Neuburg. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* (in Druck).
- Fischer, P., Stammel, B., Lang, P., Schwab, A. & Cyffka B 2013:** Hydrologische Dynamik als Motor für die Renaturierung von Auenhabitaten an der Donau zwischen Neuburg und Ingolstadt. In: Rutschmann, P. (Hrsg.): *Fachtagung Ökohydraulik, Oberrach. Leben im, am und mit dem Fluss. Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft (TU München)* 128: 119-132.
- Fischer, P. & Cyffka, B. 2014:** Floodplain restoration on the Upper Danube by reestablishing back water dynamics: first results of the hydrological monitoring, *Erdkunde* Vol.68 No. 1 S. 3-18
- Lang, P., Frey, M. & Ewald, J. 2011:** Waldgesellschaften und Standortabhängigkeit der Vegetation vor Beginn der Redynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt. *Tuexenia* 31: 39-57.
- Lang, P., Schwab, A., Stammel, B., Ewald, J. & Kiehl, K., 2013:** Longterm vegetation monitoring for different habitats in floodplains. *Scientific Annals of the Danube Delta Institute* 19: 39–48.
- Londo, G. 1976:** The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61–64.
- Margraf, C. 2004:** Die Vegetationsentwicklung der Donauaue zwischen Ingolstadt und Neuburg. *Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft* 65: 295–704.
- Oberdorfer, E. 2001:** *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete*. 8th ed. Ulmer, Stuttgart, Germany.
- Schwab, A. & Kiehl K. 2015:** Wasser- und Ufervegetation, in Cyffka, B., Binder, F., Ewald, J., Geist, J., Gruppe, A., Hemmer, I., Kiehl, K., Mosandl, R., Schopf, R., & Zahner, V. (Hrsg.): *MONDAU - Monitoring der Donauauen zwischen Ingolstadt und Neuburg. Naturschutz und Biologische Vielfalt* (in Druck)
- Skowronek, S., Terwei, A., Zerbe, S., Molder, I., Annighofer, P., Kawaletz, H., Ammer, C. & Heilmeier, H., 2014:** Regeneration potential of floodplain forests under the influence of nonnative tree species: Soil seed bank analysis in Northern Italy. *Restoration Ecology* 22: 22–30.
- Stammel B., Cyffka, B., Haas, F. & Schwab, A. 2008:** Restoration of River/Floodplain Interconnection and Riparian Habitats along the Embanked Danube between Neuburg and Ingolstadt (Germany). In: *Proceedings of the 4th ECRR Conference on River Restoration, Venice/Italy, S. Servolo Island, 16-21 June 2008*.
- Stammel, B., Cyffka, B., Geist, J., Müller, M., Pander, J., Blasch, G., Fischer, P., Gruppe, A., Haas F., Kilg, M., Lang P., Schopf, R., Schwab A., Utschick, H. & Weissbrod, M. 2012:** Floodplain restoration on the Upper Danube (Germany) by reestablishing back water and sediment dynamics: a scientific monitoring as part of the implementation. In: *River Systems: Integrating landscapes, catchment perspectives, ecology, management* 20: 55–70.