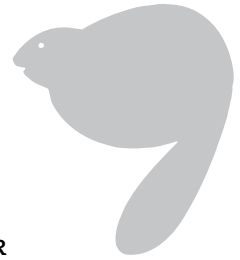


Weichholzauen-Entwicklung als Beitrag zum naturverträglichen Hochwasserschutz im Biosphärenreservat Mittelelbe

EVA MOSNER, SANDRA SCHNEIDER, BORIS LEHMANN & ILONA LEYER



1 Einleitung

Auen mit ihren typischen Vegetationsgesellschaften zählen heute zu den am stärksten bedrohten Lebensräumen Europas (TOCKNER & STANFORD 2002). Ihre Gefährdung beruht dabei vor allem auf dem Ausbau der Flüsse zu Wasserstraßen, einhergehend mit dem Bau von Dämmen, Staustufen, Deichen und Uferbefestigungen während der letzten Jahrhunderte (TOCKNER & STANFORD 2002). Der Ausbau der Wasserstraßen hat weitreichende Konsequenzen für die Hydrodynamik des Flusses, die Geomorphologie und die hydrologischen Bedingungen in der Aue (PETTS 1989). Ein Lebensraumtypus, der dabei in besonderem Maße betroffen ist, sind die Weichholzauen. Während vor wenigen Jahrhunderten die Vorländer der Elbe noch größere Bestände von Weichholz- und Hartholzauen aufwiesen, ist das heutige Landschaftsbild vor allem durch extensiv genutzte Grünländer geprägt, denen die Auenwälder im Zuge landwirtschaftlicher Nutzung weichen mussten (SCHOLTEN et al. 2005). Weichholzauenwälder sind nach Anhang I der FFH-Richtlinie als prioritär zu schützender, natürlicher Lebensraumtyp eingestuft und besitzen eine besondere Schutz- und Entwicklungsbedürftigkeit (SYSMANK et al. 1998, RIEKEN et al. 1994, HENRICHFREISE 1996). Ihr herausragender Status ist auch in den vielfältigen Funktionen begründet, die Weichholzauenwälder erfüllen. So bieten sie nicht nur Lebensraum für viele seltene Tier- und Pflanzenarten, sie beeinflussen auch den Nährstoffkreislauf innerhalb der Aue, haben einen wichtigen Einfluss auf die Wasserqualität und stabilisieren mit ihren Wurzelstrukturen Ufer- und Vorlandbereiche (NAIMAN et al. 2005). Zudem dienen sie als Retentionsraum und können damit zum Hochwasserschutz beitragen.

Aus Sicht des Hochwasserschutzes und der Gewässerunterhaltung werden die Entwicklung und der Schutz von Weichholzauenwäldern in Überflutungsgebieten derzeit allerdings eher kritisch gesehen, was insbesondere mit den jüngsten Hochwasserkatastrophen und den Prognosen der Klima- und Niederschlagsänderungen in Beziehung steht. Dabei wird als wesentliches Argument die fehlende Hochwasserneutralität solcher Bewuchsflächen angeführt. Eine Implementierung von Weichholzauen entlang deutscher Bundeswasserstraßen kann demnach nur auf Flächen erfolgen, auf denen die Hochwasserneutralität für ein 100-jährliches Abflussereignis nach der Neuanpflanzung von Weichholzauenflächen gewährleistet ist.

Da einerseits der Weichholzaue unter dem Aspekt der stark eingeschränkten Verbreitung aus Sicht des Naturschutzes eine hohe Entwicklungsbedürftigkeit zukommt und andererseits aus Sicht der Wasserwirtschaft flächenhafte Anpflanzungen aus Gründen des Hochwasserschutzes problematisch sind, ist die Entwicklung eines Konzepts zur Verknüpfung beider Belange unbedingt notwendig.

Die Ansiedlung neuer Auenwälder ist nur dann zielführend umsetzbar, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- Der Standort der Anpflanzung muss den ökologischen Ansprüchen der anzupflanzenden Gehölze genügen, damit eine Vegetationsentwicklung ökologisch nachhaltig und ökonomisch vertretbar möglich wird.
- Die Anpflanzung muss sich bei einem Hochwasserereignis hochwasserneutral verhalten, um die Funktionsfähigkeit vorhandener Hochwasserschutzsysteme, z.B. Deiche, zu gewährleisten.

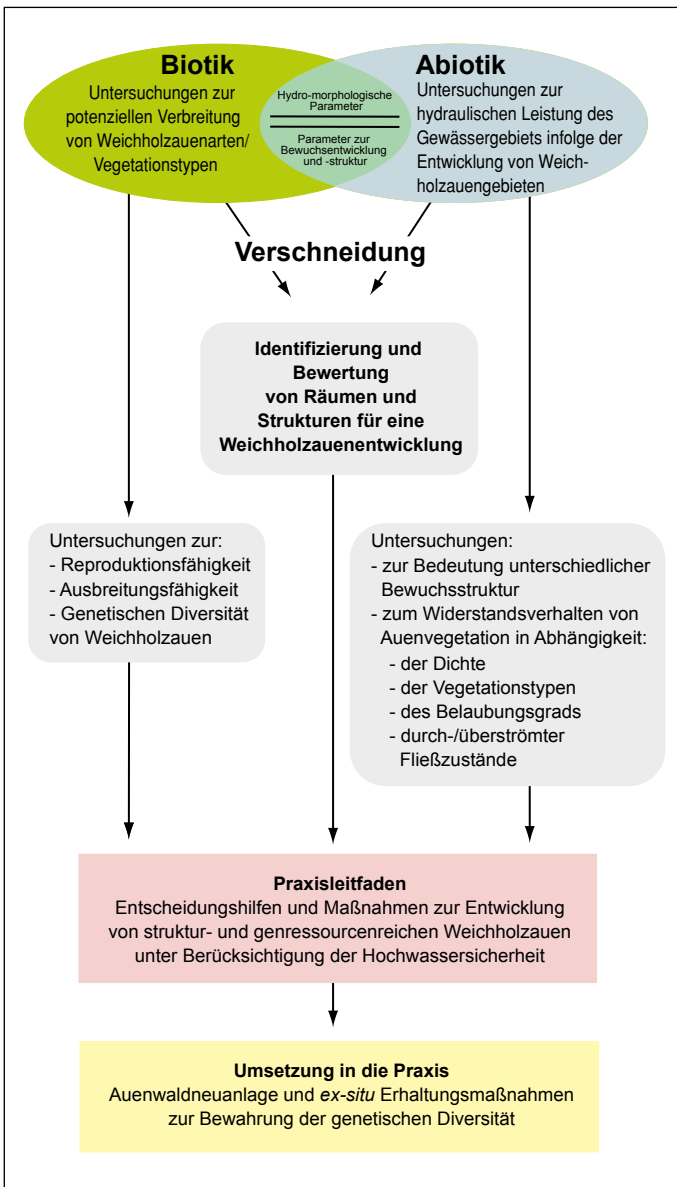


Abb. 1: Skizze zur Projektstruktur.

Vor diesem Hintergrund förderte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) das interdisziplinäre Projekt „KoWeB – Konzept zur Weichholzaunen-Entwicklung als Beitrag zum naturverträglichen Hochwasserschutz an Bundeswasserstraßen“ in der Laufzeit 2006 bis 2009. Das Ziel war die Entwicklung einer praxistauglichen Methode

zur Identifizierung von Flächen zur Ansiedlung von Weichholzaunen in Überschwemmungsgebieten unter Beachtung der ökologischen Kriterien und der Hochwasserneutralität. Das DBU-Projekt wurde in enger Kooperation zwischen der Universität Marburg (Habitat-Prognose-Modellierung) und der Universität Karlsruhe (Vegetationshydrologik, Hydrodynamisch-numerische Strömungsmodellierung) bearbeitet. Zudem waren als weitere Projektpartner das Biosphärenreservat Mittelelbe in Sachsen-Anhalt und das Forstamt Kyritz im Land Brandenburg eingebunden, um die Forschungsergebnisse durch die Neuanlage von Weichholzaunen auf ca. 10 ha modellhaft umzusetzen. Das Projekt wurde durch einen von der DBU einberufenen Expertenbeirat wissenschaftlich begleitet und evaluiert, der aus Vertretern der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (BfG), des Bundesamtes für Naturschutz Bonn (BfN) sowie des Fachgebietes Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung (IHWB) der Universität Darmstadt zusammengesetzt war.

Den Kern des DBU-Projektes bildete eine in interdisziplinärer Zusammenarbeit entwickelte, kombinierte Modellierung (siehe Abb. 1). Dabei wurden die Ergebnisse aus einer Habitatprognosemodellierung zur Identifizierung ökologisch geeigneter Anpflanzungsflächen und aus einem Strömungsmodell zur Bewertung der hydraulischen Eignung miteinander verschnitten. Durch Kopplung beider Ansätze konnten Anpflanzungsflächen modelliert werden, die sowohl die Hochwassersicherheit als auch die Entwicklungsmöglichkeit von Weichholzaunenwäldern berücksichtigen. Als zusätzliches Modul wurden außerdem populationsgenetische Analysen durchgeführt, die hier nicht näher erläutert werden.

2 Weichholzaunenrenaturierung

2.1 Der ökologische Ansatz

Weichholzaunen weisen typische Anpassungen an den azonalen Lebensraum Aue auf, der durch regelmäßig auftretende Überflutungsereignisse charakterisiert ist. So besitzen Weichholzaunenarten, wie Schwarz-Pappel (*Populus nigra*), Silber-Weide (*Salix alba*) und Mandel-Weide (*Salix triandra*), hohe Überflutungstoleranzen, die es ihnen erlauben, Überflutungen von bis zu 300 Tagen im Jahr zu überleben (DISTER 1981). Dem Konkurrenzvorteil der Adultstadien der Arten der Weichholzaune gegenüber anderen Arten steht allerdings die geringe Konkurrenzfähigkeit ihrer Jungstadien entgegen. Denn für die Etablierung aus Samen oder auch aus vegetativem Material, z.B. abgerissenen, verdrifteten Ästen, sind die Weichholzaunenarten auf so genannte Rohbodenstandorte angewiesen. Diese entstehen in der Regel während stärkerer Überflutungsereignisse durch Erosions- und Sedimentationsprozesse. Darüber hinaus sind bestimmte hydrologische Bedingungen notwendig, da die Arten im Jungpflanzenstadium weder längere Perioden von Trockenheit noch eine Dauerüberstauung verkraften (AMLIN & ROOD 2001, 2002). Aus diesen Gründen kann die natürliche Regeneration von Weichholzaunen, auch in naturnahen Flussauensystemen, selten sein. Durch die starke, anthropogene Veränderung des ursprünglichen Flussregimes tritt eine natürliche Verjüngung der Weichholzaunen nur noch vereinzelt auf und ist meist auf das Flussufer beschränkt, da es in der Regel nur hier zur Bildung von Rohbodenstandorten kommt. Dauerhafter Aufwuchs ist in diesen Bereichen allerdings oft unerwünscht und wird entfernt, um die Uferbereiche an Bundeswasserstraßen freizuhalten. Aus diesen Umständen resultiert eine flächendeckende Überalterung der bestehenden Weichholzaunen (JÄGER 2003), die bei Beibehaltung dieser Bedingungen zum Zusammenbruch der Populationen führen kann.

Obwohl aus ökologischer Sicht eine Redynamisierung der Auenlandschaften für die Zielstellung der Weichholzaunenentwicklung notwendig wäre, stehen solche Ansätze, insbesondere an größeren Wasserstraßen, häufig im Widerspruch zu den Interessen der Schifffahrt und der landwirtschaftlichen Nutzung. Um dennoch den Vorgaben der Europäischen Union (Natura 2000, Wasserrahmenrichtlinie etc.) zu entsprechen, sind zum Er-

halt und zur Entwicklung von Weichholzaunen Pflanzungen unentbehrlich.

2.2 Der Ansatz aus Sicht des Hochwasserschutzes

Eine Implementierung von Weichholzaunen entlang der Fließgewässer kann nur an Standorten erfolgen, an denen die Hochwassersicherheit für den Bemessungsabfluss nach der Neuanpflanzung von Weichholzaueflächen erhalten bleibt. Der Bemessungsabfluss ist maßgebend für den Hochwasserschutz. So werden z.B. Deichbauwerke anhand der aus dem Bemessungsabfluss resultierenden Wasserstände dimensioniert. In den meisten Fällen entspricht der Bemessungsabfluss dem HQ_{-100} , d. h. die Deiche sind so dimensioniert, dass das Wasser eines Hochwasserereignisses, welches statistisch gesehen ein Mal in hundert Jahren auftritt, schadlos innerhalb des Deichsystems abtransportiert werden kann.

Während eines Hochwasserabflusses ergeben sich in den durchströmten Auenbereichen komplexe Strömungssituationen. Kommt es bei Hochwasser zu einer Überflutung der rezenten Aue (Deichvorland), so bewirken die dortigen Hindernisse (z.B. Vegetation) einen Verlust an Fließenergie. Das Wasser muss die Hindernisse um- bzw. durchfließen. Um die Abflussleistung aufrecht zu erhalten, muss die Strömung im Bereich der Hindernisse beschleunigt werden. Dafür benötigt das hydraulische System Energie. Diese Energie wird durch eine Erhöhung des Potentials vor dem Hindernis erzeugt, indem dort der Wasserstand und somit die Druckhöhe ansteigen.

Die Höhe des durch die Vegetation verursachten Aufstaus nach Oberstrom ist von vielen Faktoren abhängig. Zunächst hat die Struktur und Dichte der Vegetation einen wesentlichen Einfluss auf den Strömungswiderstand. Während lockere Bestände von großen Bäumen, z.B. Silber-Weiden mit dicken Einzelstämmen und Kronen in einer Höhe von mehreren Metern, relativ wenig strömungsrelevante Wuchsfäche aufweisen, besitzen jungwüchsige Baumweiden und die kleiner wüchsigen Strauchweiden mit einer geringen Höhe eine außerordentlich dichte und kompakte Struktur. Diesbezüglich ist es leicht nachzuvollziehen, dass je nach Vegetationsart und -alter die hydraulischen Widerstände unterschiedlich sind. Wesentlich ist jedoch die Tatsache, dass zur Berechnung einer Strömungsprognose eine konkre-



Abb. 2: Einfluss der Fließgeschwindigkeit bei der Durchströmung von Auenbewuchs. Fotos: B. Lötsch (links), H. H. Bernhart (rechts).

te Angabe zum Vegetationswiderstand notwendig ist. Bei bisherigen Berechnungsmodellen werden für Vegetationswiderstände zumeist äußerst konservative Werte angenommen, da es in der Praxis kaum Möglichkeiten zur exakten Kalibrierung der Widerstandswerte für lokal durchströmte Vegetationsflächen gibt. Einen Einfluss auf die Höhe eines vegetationsbedingten Aufstaus hat auch die Anströmgeschwindigkeit. Werden für die Neuetablierung von Auenwald Flächen im Auenvorland ausgewählt, die im Hochwasserfall mit hohen Fließgeschwindigkeiten überströmt werden, ist der resultierende Wasserspiegelaustieg deutlich höher als in Bereichen der rezenten Aue, die abseits der Strömungspfade liegen und über denen das Wasser nur sehr langsam fließt. Werden beispielsweise Weichholzaue innerhalb solcher abflussunwirksamen Bereiche etabliert, führen selbst großflächige Auenbestände zu keinem signifikanten Wasserspiegelaustieg. Der Einfluss der Anströmgeschwindigkeit auf den Aufstau vor durchströmter Vegetation ist in Abbildung 2 dokumentiert.

Im linken Bild ist die Anströmungsgeschwindigkeit niedrig, die Vegetation wirkt sich kaum abflusshindernd aus, weshalb kein relevanter Aufstau nach Oberstrom vorhanden ist. Das rechte Bild zeigt durch- und umströmten Bewuchs direkt am Ufer eines schmalen Flussschlauches. Infolge eines Hochwasserereignisses sind deutlich höhere Anströmgeschwindigkeiten als im linken Bild gegeben. Insbesondere im Nahbereich der Vegetation ist der Aufstau nach Oberstrom gut

zu erkennen. Infolge der beengten Strömungsverhältnisse ist darüber hinaus von einer weitreichenden Aufstauwirkung nach Oberstrom auszugehen.

3 Das Modellgebiet und die untersuchten Arten

Das Untersuchungsgebiet ist ein Abschnitt der unteren Mittel-Elbe in unmittelbarer Nähe der Stadt Wittenberge (Abb. 3).

Die Untersuchungen wurden im Bereich der rezenten Aue (Vorland), also im aktiv überschwemmten Bereich zwischen den Deichlinien von Elbe-km 415 bis 475 durchgeführt.

Bei den untersuchten Arten der Weichholzaue erfolgte eine Beschränkung auf die Holzarten, da nur hier von einem verstärkten hydraulischen Effekt im Falle eines Hochwassers auszugehen ist. Dabei wurden die folgenden zwei Vegetationstypen unterschieden (Abb. 4):

- Salicetum albae Issler 1926 mit der Silber-Weide (*Salix alba*) und der Fahl-Weide (*Salix x rubens*) als dominierende Baumarten und
- Salicetum triandro-viminalis Lohmeyer 1953 mit den typischen Arten der Mandel-Weide (*Salix triandra*) und der Korb-Weide (*Salix viminalis*).

Außerdem wurden zwei verschiedene Altersklassen berücksichtigt, junge und alte Vegetation. Dies wurde als wichtig erachtet, da bekannt ist, dass die holzige Weichholzauevegetation im

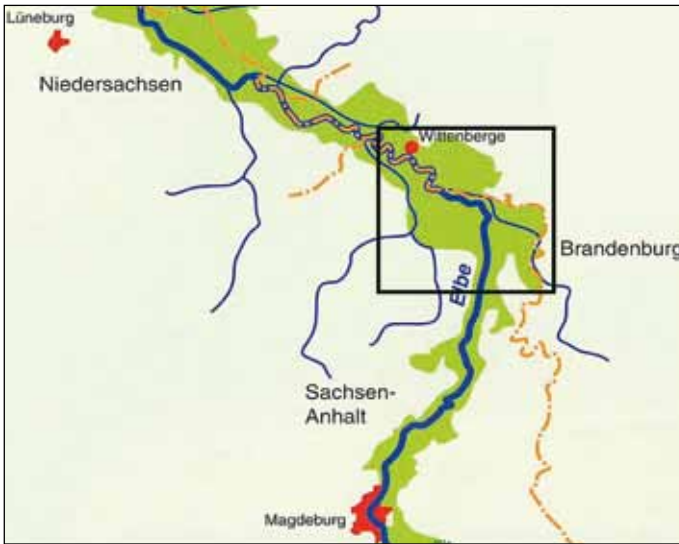


Abb. 3: Untersuchungsgebiet an der Mittleren Elbe. Grafik: IKSE (1999).

Laufe der Zeit ihren Lebensraum durch verstärkt auftretende Sedimentation mit verändert, was letztlich zu unterschiedlichen Standorten, bezogen auf die Geländehöhe, führt.

4 Ermittlung von Standorten für eine Weichholzaunenetablierung

4.1 Anwendung von Habitatprognosemodellen zur Bewertung der ökologischen Eignung

Um die ökologische Eignung von Standorten für eine Wiederansiedlung von Weichholzaunen im Untersuchungsgebiet zu ermitteln, wurden sogenannte Habitatprognosemodelle angewendet. Sie beschreiben die Zusammenhänge von Arten und ihrer Umwelt, d. h. die Bedeutung einzelner Umweltparameter für das Vorkommen bzw. die Abwesenheit von Arten. Solche Modelle haben im Laufe der letzten Jahre für die ökologische und naturschutzbiologische Forschung eine große Bedeutung erlangt (GUISAN & ZIMMERMANN 2000). Die genauere Methodik der Erstellung von Habitatmodellen ist in einer Vielzahl von Publikationen dargestellt, u. a. bei DORMANN et al. (2004), FIELDING & BELL (1997), GUISAN & ZIMMERMANN

(2000), HARRELL (2001), HOSMER & LEMESHOW (2000).

Habitatprognosemodelle können zur Vorhersage über das Vorkommen von Arten in Abhängigkeit der zuvor ermittelten, relevanten Umweltparameter herangezogen werden, was im F+E-Projekt KoWeB als Grundlage zur Auswahl geeigneter Standorte aus ökologischer Sicht genutzt wurde.

Als Eingangsdaten für die Habitatprognosemodelle werden standortbezogene Daten zur Verbreitung der Arten und zu den abiotischen Bedingungen benötigt. Im Projekt KoWeB wurden die Artdaten in Freilanduntersuchungen nach einem stratifiziert-randomisierten Design erhoben. Die abiotischen Informationen wurden mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) ermittelt, dem als Grundlage

für die hydrologischen Eingangswerte eine 1D-hydrodynamisch-numerische Modellierung vorausging (NESTMANN & BÜCHELE 2002). Die Habitatprognosemodelle wurden auf Basis von GLMs (generalised linear models) erstellt. Die Modelle wurden mittels AUC-Werten (FIELDING & BELL 1997) bezüglich ihrer Güte getestet und über ein Bootstrap-Verfahren validiert (DORMANN et al.

Abb. 4: Natürlicher Auenbestand im Untersuchungsgebiet bei Cumlosen mit Strauchweiden im Vorder- und Baumweiden im Hintergrund. Foto: E. Mosner.





Abb. 5: Extrapoliertes Habitatprognosemodell für Strauchweiden (links) und Vergleich von potenziell geeignetem Lebensraum mit gegenwärtigem Vorkommen von Strauchweidenbeständen im Untersuchungsgebiet (rechts). Die roten Polygone im rechten Bild markieren die bestehenden Bestände. Allerdings stellen auch diese keinen dichten Auenwald dar, sondern lichten Gehölzaufwuchs.

2004). Die so erstellten Habitatprognosemodelle beschreiben das Vorkommen der untersuchten Arten bzw. Vegetationseinheiten in Abhängigkeit von hydrologischen Variablen, wie dem mittleren Grundwasserflurabstand oder den Wasserstandsschwankungen im Untersuchungsgebiet. Vergleicht man die potenziell für Weichholzaun geeigneten Standorte mit dem tatsächlichen Vorkommen, wird die Gefährdung dieser Vegetationstypen besonders deutlich (siehe Abb. 5).

4.2 Anwendung von Strömungsmodellen zur Bewertung der hydraulischen Eignung

Mittels geeigneter Strömungsmodelle ist in anthropogen geprägten Gewässerlandschaften der Nachweis der Hochwassersicherheit zu erbringen. Ausgehend vom Ist-Zustand werden mit Hilfe der Modelle die hydraulische Systemänderung infolge geplanter Maßnahmen bewertet und die Maßnahmen hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Nutzungsanforderungen (Hochwasserschutz, Schifffahrt etc.) optimiert. Hierzu kommen entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Technik computergestützte hydrodynamisch-numerische Simulationsmodelle (sog. HN-Modelle) und/oder physikalische Modelle zum Einsatz.

Im Projekt KoWeB wurde ein sog. 2D-HN-Modell gewählt. Mit diesem Strömungsmodell können lokale Seiten- und Rückströmungen im Untersuchungsgebiet simuliert werden. Mit Blick auf die Prognose der Strömungs- und Wasserstandsbeeinflussung infolge zusätzlich etablierter Vegetation stellt das Modell ein geeignetes Werkzeug zur Abschätzung von hydraulischen Effekten und zur Erbringung des Hochwasserneutralitätsnachweises dar.

Als Grundlage der HN-Modellierung dienen neben einem Digitalen Höhenmodell, der Geometrie des Flussschlauchs und den gemessenen Abfluss-Wasserstandsdaten sog. „Rauheitswerte“ für die Geländeoberfläche. Diese Werte variieren je nach Geländetextur und Oberflächenbeschaffenheit.

Zur Frage des hydraulischen Widerstandsverhaltens von flexiblen um- und durchströmten Weichholzaun bietet die Literatur bisher nur wenige Anhaltspunkte. Dieses Problem wird gegenwärtig bei HN-Modellen durch Schätzung der abflussabhängigen Widerstandsbeiwerte gelöst. Diese Schätzung kann jedoch auch zu Ungenauigkeiten in den Berechnungsergebnissen führen. In der Regel werden daher bezüglich der Zielgrößen sehr konservative Widerstandsbeiwerte angenommen.



Abb. 6a: Laborrinne im Theodor-Rehbock-Wasserbaulaboratorium. Foto: S. Schneider.



Abb. 6b: Effekt von Hindernissen in der Abflussrinne auf die Hydraulik des Wassers. Foto: S. Schneider.

Die im Rahmen des KoWeb-Projektes am Theodor-Rehbock-Wasserbaulaboratorium der Universität Karlsruhe durchgeführten Laborsuchungen hatten zum Ziel, die Lücke bezüglich der Widerstandsbeiwerte von Weiden zu schließen. Hierzu wurde typische Auenvegetation in großskaligen wasserbaulichen Versuchen eingebaut und deren Auswirkungen auf die Strömung und den Wasserstand erfasst (siehe Abb. 6a). Abbildung 6b verdeutlicht den Wasserspiegelverlauf bei Durchströmung von Hindernissen, hier dargestellt in Form von starren Stäben. Im Rahmen der KoWeb-Untersuchungen wurde mit lebenden Pflanzen gearbeitet.

Eine natürliche Weichholzvegetation ist gekennzeichnet durch eine große Variabilität der Flexibilität und Wuchsdichte in Abhängigkeit der natürlichen Sukzessionsfolge sowie durch einen je nach Jahreszeit unterschiedlichen Belaubungsgrad. Untersucht wurden daher im Karlsruher Modell diverse Sukzessionsszenarien unter Einbeziehung der Kriterien: Vegetationsart, -dichte, -anordnung und -zustand (belaubt/unbelaubt) und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen hydraulischen Randbedingungen: spezifischer Durchfluss und Gefälle.

Die notwendigen Grundlagen zum Modelldesign wurden dabei im Gelände erhoben. Entlang des

Projektgebietes an der Elbe wurden durch Ortsbegehungen an über 300 Auenvegetationsflächen die hydraulisch relevanten Vegetationsdaten aufgenommen und mit Blick auf die Abbildung im wasserbaulichen Modell ausgewertet. Speziell hierfür wurde eine photooptisch-digitale Auswertungsmethode entwickelt, welche die bisherige arbeitsintensive Erhebungsmethode bei gleicher Datenqualität erheblich vereinfacht. Durch diesen Ansatz konnten bezüglich der Dichte und Struktur der Vegetation die Verhältnisse in der Natur im Versuch nachgebildet werden, um den Einfluss der Vegetation besser abschätzen zu können (Abb. 7).

Durch Messungen der Fließgeschwindigkeiten und der zugehörigen Wasserspiegelverläufe konnten die wesentlichen Parameter zur Bestimmung des entsprechenden hydraulischen Widerstandsbeiwertes erfasst werden (SCHNEIDER 2010). Im Anschluss wurden die so ermittelten Widerstandsbeiwerte in die 2D-HN-Modellierung eingebunden. Hierbei wurden zuerst die Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen im Ist-Zustand ohne weitere Bepflanzungsflächen berechnet, um eine Grundlage zur Bewertung zusätzlicher Anpflanzungen zu erhalten (Referenzzustand). Anschließend folgte das eigent-



Abb. 7: Links: Ermittlung der Dichte unterschiedlicher Weichholzaubenbestände in der Natur, rechts: Übertragung der festgestellten Dichte in die Laborrinne zur Überprüfung der hydraulischen Wirkung. Fotos: S. Schneider.

liche Variantenstudium mit dem Ziel, Anpflanzungsflächen zu identifizieren, die die Hochwassersicherheit nicht gefährden. Hierfür wurden zunächst die durch das Habitatprognosemodell als „ökologisch geeignet“ ermittelten Flächen im HN-Modell mit den hydraulischen Vegetationswiderstandsbeiwerten aus den wasserbaulichen Modellversuchen belegt. In mehreren Varianten wurde dann die Form der Bepflanzungsfläche soweit angepasst, dass sie sich strömungsgünstig auf den Bemessungsabfluss auswirkt. Als optimale Flächen ergaben sich dabei lang in Strömungsrichtung gezogene, tropfenförmige Anpflanzungsflächen. Des Weiteren wurde nachgewiesen, dass Flächen, die in ihrer Form Riegelstrukturen quer zur Hauptströmung ausbilden, Hochwasser verstärkend wirken und für künftige Pflanzungen zu vermeiden sind. Die optimierten Flächen wurden dann für den Bemessungsabfluss hinsichtlich der Veränderun-

gen der Wasserspiegellagen im Vergleich zum Referenzzustand bewertet. Abbildung 8 verdeutlicht das Vorgehen bei den Berechnungen zur hydraulischen Eignung von Anpflanzungsflächen. Im Ergebnis konnten bei der hydraulischen Modellierung verschiedene Varianten für mögliche Auenwaldpflanzungen für Einzelflächengrößen und unterschiedliche Formgebungen der Flächen erarbeitet werden. Eine Variante ist exemplarisch in Abbildung 9 dargestellt. In dieser Variante wurde die Modellierung für eine Gesamtfläche von ca. 40 ha, verteilt auf sechs Einzelflächen im Rühstädt-Bälower Bogen, durchgeführt. Generell wurden die neuen Anpflanzungsflächen für die Weichholzaubenvegetation in den Simulationsrechnungen als sehr dicht bzw. nahezu abflussundurchlässig angenommen. Damit werden Verklausungseffekte und möglicher Eisstau berücksichtigt. Die verwendeten Widerstandsbeiwerte resultierten aus den Erkenntnis-

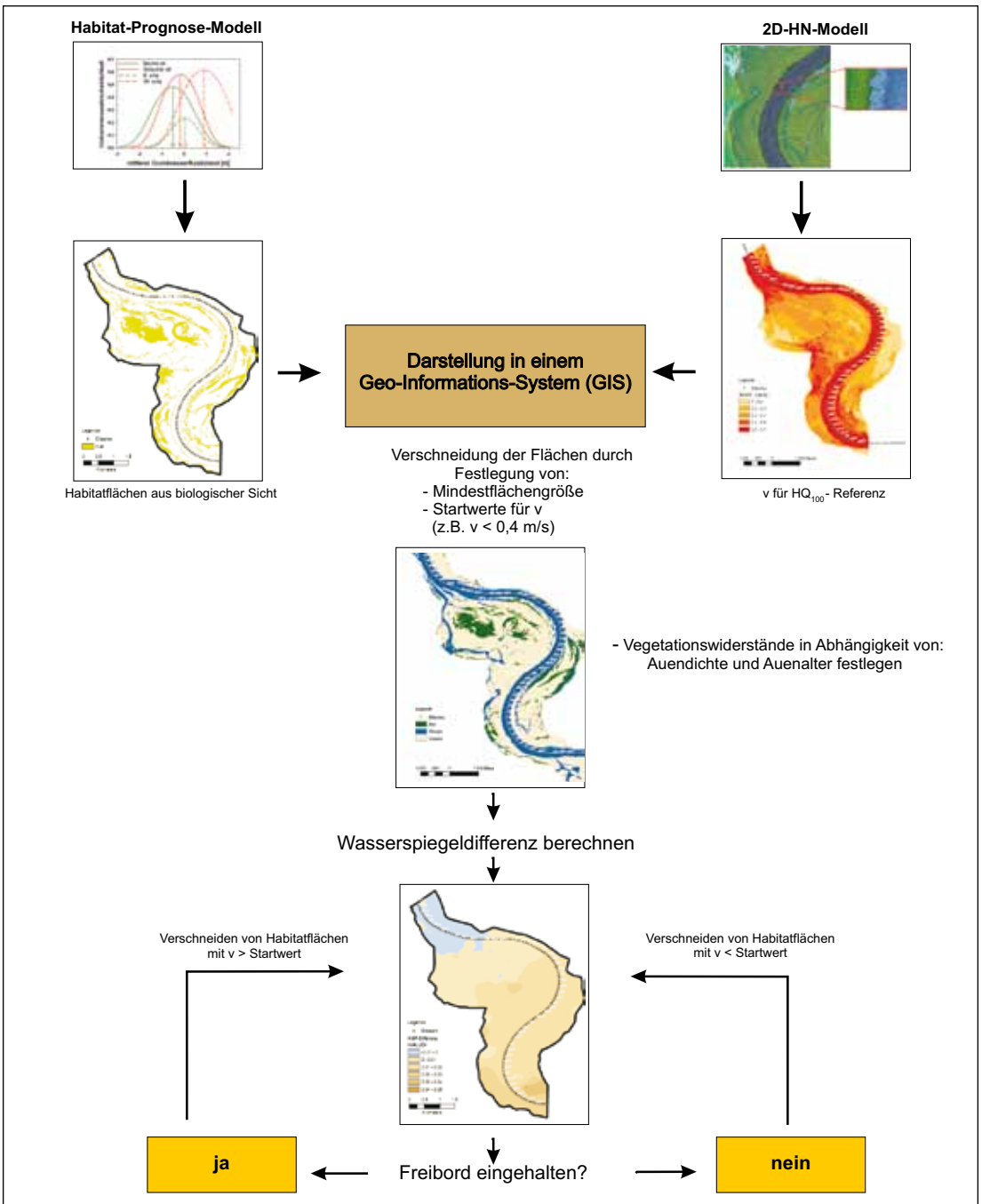


Abb. 8: Ablaufdiagramm zur Berechnung hydraulisch geeigneter Flächen für Weichholzauen-Entwicklung. Dabei werden die Flächen des Habitatprognosemodells mit den Flächen, die eine maximale Fließgeschwindigkeit im Referenzzustand nicht überschreiten dürfen, verschritten. Als Startwert wird für die Identifizierung dieser „Geschwindigkeitsflächen“ eine maximale Fließgeschwindigkeit (v) von $0,4 \text{ m/s}$ empfohlen.

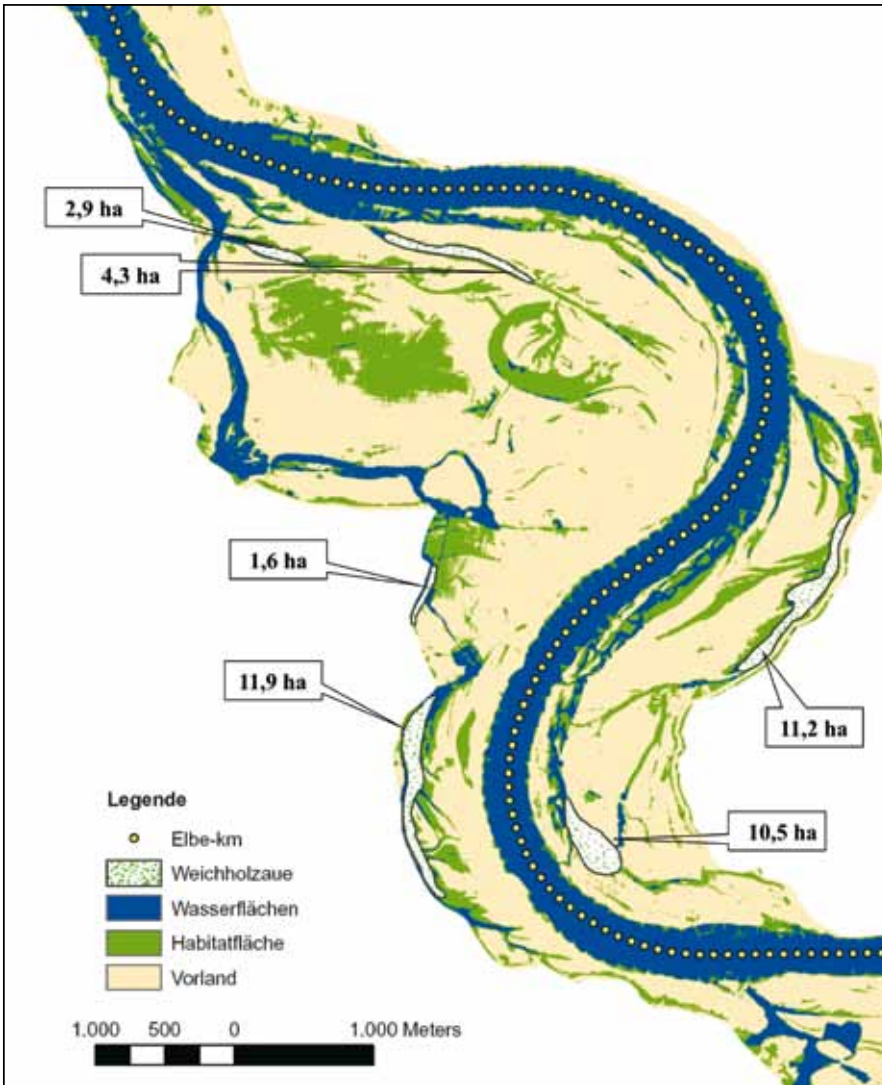


Abb. 9: Potenzielle Anpflanzungsflächen von 40 ha, die als Eingang für die 2D-HN-Modellierung dienen.

sen der wasserbaulichen Untersuchungen des KoWeB-Projekts.

Der Vergleich zwischen dem Referenzzustand und der abgebildeten Variante von Anpflanzungen zeigt, dass es bei einer Anpflanzung von insgesamt 40 ha zu keiner signifikanten Erhöhung der Wasserspiegellagen kommt. Die größte Differenz liegt bei 5–6 cm und ist lokal begrenzt (Abb. 10).

5 Schlussfolgerung – eine erfolgreiche Kooperation von zwei Disziplinen

Bisher war es schwierig, vor dem Hintergrund der Gewährleistung der Hochwassersicherheit eine Genehmigung für Auenwaldpflanzungen zu erhalten, da belastbare Untersuchungen zur Hochwasserneutralität von gepflanzten Beständen unzureichend durchgeführt wurden. Häufig

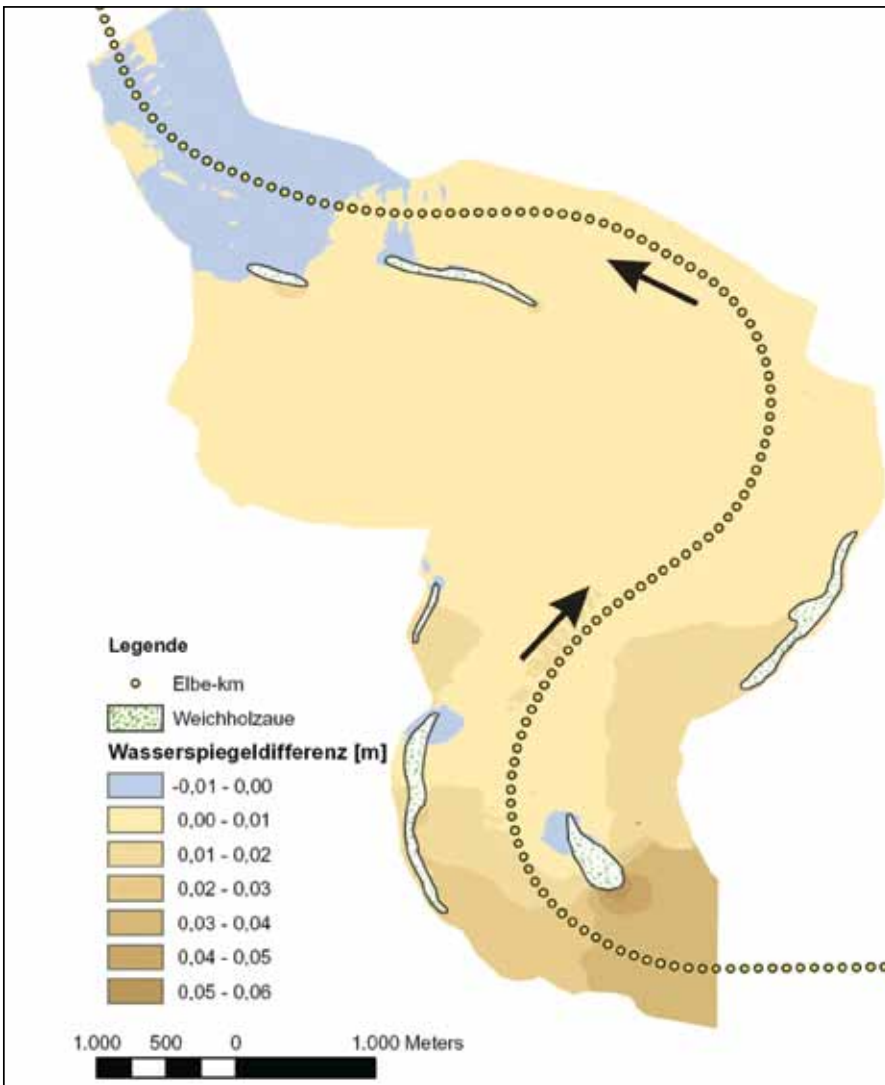


Abb. 10: Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Ist-Referenz-Zustand und dem Szenario: 40 ha Auenwaldpflanzung.

wurde bei Bewertungen die gesamte Breite der Überschwemmungsaue als flächendeckender Aufwuchs (Sträucher oder Bäume) angenommen, statt lokal begrenzte Vegetationsstrukturen und deren Wirkung differenziert zu betrachten. Darüber hinaus verlaufen Anpflanzungsprojekte oft nicht erfolgreich, da die Standortwahl für die Anpflanzungen nicht den optimalen Bedingungen entspricht, die besonders die jungen Weich-

holzaunenpflanzen benötigen. Die Ergebnisse aus dem hier vorgestellten Projekt KoWeb zeigen die erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit von Wasserbauingenieuren und Ökologen und damit die Verknüpfung von Aspekten des Hochwasserschutzes und Belangen des Naturschutzes. Grundlage dafür waren komplexe Modellierungsansätze, die die örtlichen Standortverhältnisse, die speziellen Ansprüche der Weichholzaunen-

arten, die Struktur der Vegetationsbestände und deren Wirkung bei Hochwasser berücksichtigen. Es konnten ökologisch und hydraulisch geeignete Standorte ermittelt werden, die die Voraussetzungen für eine Neuanlage von Auenwald erfüllen. Damit ist es möglich, dem Schutz und der Entwicklung von Auen unter gleichzeitiger Gewährleistung der Hochwassersicherheit Raum zu geben, der es Anwendern, Naturschutzeinrichtungen, Naturschutz- und Wasserbehörden erlaubt, die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie und von NATURA 2000 umzusetzen. Wir hoffen, dass sich in der Zukunft solche innovativen Strategien zur nachhaltigen Entwicklung unserer Auenlandschaften bei den Entscheidungsträgern durchsetzen werden, um diesen gleichermaßen ästhetischen wie schützenswerten Lebensraumtyp dauerhaft zu bewahren und nachhaltig zu entwickeln.

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der dramatischen Hochwasserereignisse der letzten Jahre wird die Wiederherstellung von Auenwäldern kritisch gesehen, da diese aufgrund hydraulischer Effekte die Hochwassergefahr unter bestimmten Umständen verschärfen können. In dem interdisziplinären Projekt KoWeB wurde ein Konzept zur Etablierung von Weichholzaunen entwickelt, das Belange des Hochwasser- und des Naturschutzes miteinander verknüpft. Durch einen kombinierten Modellierungsansatz konnten hydraulisch und ökologisch geeignete Flächen für Anpflanzungen identifiziert und vorgeschlagen werden.

Literatur

AMLIN, N. A. & S. B. ROOD (2001): Inundation tolerances of riparian willows and cottonwoods. - *Journal of the American Water Resources Association* 37: 1709-1720.

AMLIN, N. M. & S. B. ROOD (2002): Comparative tolerances of riparian willows and cottonwoods to water-table decline. - *Wetlands* 22: 338-346.

DISTER, E. (1981): Zur Hochwassertoleranz von Auwaldbäumen an lehmigen Standorten. - *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 10: 325-336.

DORMANN, C. F., BLASCHKE, T., LAUSCH, A., SCHRÖDER, B. & D. SÖNDGARTH (Hrsg.) (2004): *Habitatmodelle - Methodik, Anwendung, Nutzen*. - Tagungsband zum Workshop vom 8.-10. Oktober 2003 am UFZ Leipzig. - UFZ-Berichte 9.

FIELDING, A. H. & J. F. BELL (1997): A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. - *Environmental Conservation* 24: 38-49.

GUISAN A. & N. E. ZIMMERMANN (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. - *Ecological Modelling* 135: 147-186.

HARRELL, F. E. (2001): *Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic regression, and survival analysis*. - New York (Springer).

HENRICHFREISE, A. (1996): Uferwälder und Wasserhaushalt der Mittelelbe in Gefahr. - *Natur und Landschaft* 71: 246-248.

HOSMER, D. W. & S. LEMESHOW (2000): *Applied logistic regression*, 2nd edition. - New York (Wiley).

JÄGER, U. (2003): *Managementkonzept für die Weichholzaue im Bereich des Biosphärenreservates Mittlere Elbe*. - Auftragsarbeit der Biosphärenreservatsverwaltung Mittelbe.

NAIMAN, R. J., DECAMPS, H. & M. E. MCCLAIN (Hrsg.) (2005): *Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities*. - San Diego (Elsevier Academic Press).

NESTMANN, F. & B. BÜCHELE (2002): *Morphodynamik der Elbe - Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes mit Einzelbeiträgen der Partner und Anlagen-CD*. - Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe (TH).

PETTS, G. E. (1989): *Historical change of large alluvial rivers*. 1. edition. - John Wiley & Sons.

RIECKEN, U., RIES, U. & A. SSYMANK (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. - *Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz* 41.

SCHNEIDER, S. (2010): *Widerstandsverhalten von holzigen Auenpflanzen - Konzept zur Etablierung von Weichholzaunen an Fließgewässern*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

SCHOLTEN, M., ANLAUF, A., BÜCHELE, B., FAULHABER, P., HENLE, K., KOFALK, S., LEYER, I., MEYERHOFF, J., PURPS, J., RAST, G. & M. SCHOLZ (2005): *The River Elbe in Germany - present state, conflicting goals, and perspectives of rehabilitation*. - *Large Rivers* 15: 579-602.

SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C. & E. SCHRÖDER (1998): *Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000*. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG). - *Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz* 53.

TOCKNER K. & J. A. STANFORD (2002): Riverine flood plains: present state and future trends. - *Environmental Conservation* 29: 308-330.