

Meike Kleinwächter / Uwe Schröder / Silke Rödiger / Bernd Hentschel / Andreas Anlauf (Hrsg.)

Alternative Bühnenformen in der Elbe – hydraulische und ökologische Wirkungen



Konzepte für die nachhaltige
Entwicklung einer Flusslandschaft

Band 11

Meike Kleinwächter, Uwe Schröder, Silke Rödiger,
Bernd Hentschel, Andreas Anlauf (Hrsg.)

Alternative Bühnenformen in der Elbe – hydraulische und ökologische Wirkungen

Mit 113 Abbildungen und 51 Tabellen



Schweizerbart • Stuttgart 2017

Kleinwächter, M., Schröder, U., Rödiger, S., Hentschel, B., Anlauf, A. (Hrsg.): Alternative Bühnenformen in der Elbe – hydraulische und ökologische Wirkungen (Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 11. Schweizerbart Verlag Stuttgart)

Herausgeber:

Meike Kleinwächter (ehem. Bundesanstalt für Gewässerkunde), Uwe Schröder (Bundesanstalt für Gewässerkunde), Silke Rödiger (ehem. Bundesanstalt für Gewässerkunde), Bernd Hentschel (Bundesanstalt für Wasserbau), Andreas Anlauf (Bundesanstalt für Gewässerkunde)

Redaktion:

Ralf Baufeld (Triops GmbH) und Anselm Krumbiegel

*Gerne nehmen wir Hinweise zum Inhalt und Bemerkungen zu diesem Buch entgegen:
editors@schweizerbart.de*

Die Veröffentlichung erfolgte im Auftrag und mit Mitteln der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW).

Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autorinnen und Autoren.



Titelfotos (farbig): oben: Panoramadarstellung verlandeter Bühnenfelder bei Werben (Björn Hoppe 2004); unten links: Knickbühne bei Schönberg (Andreas Anlauf 2005); unten rechts: Kerbbühnenreihe bei Scharpenlohe (Andreas Anlauf 2006)

Hintergrundfoto (sw): Ilona Leyer

ISBN 978-3-510-65327-0

ISBN ebook (epdf) 978-3-510-65537-3

Informationen zu diesem Titel: www.schweizerbart.de/9783510653270

© 2017 E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, Germany

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Publisher: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller)
Johannesstr. 3A, 70176 Stuttgart, Germany
mail@schweizerbart.de
www.schweizerbart.de

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994
Satz und Layout: Sascha Krenzin, Weißensee Verlag Berlin
Printed in Poland by Totem, Inowroclaw

Vorwort der BfG und BAW

In den letzten Jahrzehnten hat sich der Blick auf unsere Wasserstraßen gewandelt. Wurden sie früher vorrangig als Verkehrswege gesehen, rückt heute ihre Bedeutung als erhaltenswerter Lebensraum verstärkt in den Fokus. Ökologen und Ingenieure arbeiten daher Hand in Hand, um die natürlichen ökologischen Funktionen und Leistungen der Gewässer zu stärken und die Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie eines guten ökologischen Zustands bzw. eines guten ökologischen Potentials der Gewässer zu erreichen. Im Sinne dieser Zielstellung wird bei wasserbaulichen Maßnahmen, ergänzend zu ihrer regelnden Funktion für die Schifffahrt, auch ihr Potenzial für die Verbesserung der ökologischen Struktur unserer Wasserstraßen mitbetrachtet. Veränderungen in Bauart und -weise von Regelungsbauwerken dienen dazu, Synergien zu fördern. Die Variation der Gestalt von Buhnen gehört dazu und bietet bei tausenden von Buhnen in großen Flüssen wie der Elbe viel Spielraum zur Entwicklung und Verbesserung der Uferstruktur.

Mit dem Ziel, die Strömungsvielfalt und die morphologische Dynamik in Buhnenfeldern zu erhöhen sowie der Verlandung entgegenzuwirken, wurden von Wissenschaftlern der beiden Bundesanstalten alternative Buhnenformen entwickelt und mit der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung an der Elbe umgesetzt. Die Wirkung dieser Versuchsbuhnen wurde in Zusammenarbeit mit Universitäten, Planungsbüros und freiberuflichen Wissenschaftlern intensiv analysiert. Der vorliegende Band 11 „Alternative Buhnenformen in der Elbe – hydraulische und ökologische Wirkungen“ in der Reihe „Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft“ stellt die Ergebnisse dieser interdisziplinären Zusammenarbeit vor. Hiermit wird beispielhaft gezeigt, wie durch das Zusammenwirken von Experten unterschiedlicher Fachrichtungen die neuen Herausforderungen eines sich immer weiter aufspannenden Blickwinkels auf das Management der Bundeswasserstraßen zukunftsorientiert und praxisnah gemeistert werden können.

Anerkennung ist den Herausgeberinnen und Herausgebern Meike Kleinwächter, Uwe Schröder, Silke Rödiger, Bernd Hentschel und Andreas Anlauf auszusprechen, die sich der anspruchsvollen Aufgabe angenommen haben, die Ergebnisse des Projektes als Band in dieser Reihe zu bündeln und den roten Faden von den grundlegenden unterschiedlichen wissenschaftlichen Fragestellungen bis hin zu den Handlungsempfehlungen für die Praxis darzulegen. Zudem gebührt großer Dank allen Beteiligten, die zum Gelingen des Bandes beigetragen haben, teilweise mit Einsatz weit über ihre dienstlichen oder vertraglichen Verpflichtungen hinaus.

Dorothe Herpertz

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Leiterin der Abteilung U – Ökologie

Andreas Schmidt

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Leiter der Abteilung W – Wasserbau
im Binnenbereich

Vorwort der Herausgeber

Flüsse prägen das Bild der Landschaften und üben seit jeher eine besondere Anziehungskraft auf den Menschen aus. Die mitteleuropäischen Flüsse und Auen sind seit Jahrhunderten bevorzugt genutzte Siedlungsräume und wichtige Transportwege. Sie unterliegen vielfältigen Nutzungen, beispielsweise durch Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Schifffahrt, Wasserkraft und Tourismus. Dem Verlust an naturnahen Flächen und Strukturen, insbesondere in der Uferregion, und der damit einhergehenden Einschränkung natürlicher ökologischer Funktionen stehen aktuell Bemühungen zur Revitalisierung und Renaturierung von Fließgewässern und ihren Auen gegenüber. Maßgeblich ist hier beispielsweise die EG-Wasserrahmenrichtlinie, die für alle Oberflächengewässer in Europa einen guten ökologischen Zustand anstrebt. Für eine ökologische Aufwertung von Ufern und Auen fokussieren Maßnahmen der Bewirtschaftungspläne an Flüssen beispielsweise auf Deichrückverlegungen, Altarmöffnungen, Rückbau von technischen Bauwerken und Anwendung von alternativen Stromregelungs- und Ufersicherungsbauweisen.

Zu den letztgenannten Maßnahmen gehören auch Modifikationen von Buhnen und die Erprobung neuer Varianten. Im vorliegenden Band 11 der Buchreihe „Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft“ wird ein solches Projekt beschrieben, das an der Elbe über einen mehrjährigen Zeitraum mit einer Vielzahl von engagierten Beteiligten umgesetzt werden konnte. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) starteten dieses gemeinsame Projekt 1999 im Auftrag des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes (WSA) Magdeburg mit dem Ziel, umsetzbare und wirkungsvolle Empfehlungen für eine ökologisch optimierte Gestaltung von Buhnen zu entwickeln. Wesentliches Merkmal des Projektes war der Bau von Versuchsbuhnen und deren langjähriges Monitoring. In der mehr als 10-jährigen Projektlaufzeit ergaben sich naturgemäß Unterbrechungen, z. B. durch das Sommerhochwasser 2002, in dessen Folge alle Unterhaltungsarbeiten – so auch die Fertigstellung der Buhnentypen – an der Elbe zeitweise eingestellt wurden. Die verschiedenen hydrologischen Extrema in den langjährigen Untersuchungen erlaubten es, die Abflussdynamik der Elbe umfassend abzubilden. Bei einer kürzer angelegten Projektlaufzeit hätten diese Effekte die unterschiedlichen ökologischen und hydraulischen Wirkungen der Buhnenformen vollständig überlagern können.

Die Projektergebnisse zeigen, dass es möglich ist, Buhnen so umzugestalten, dass die Standortvielfalt in den Buhnenfeldern erhöht und gleichzeitig die Regelungsfunktion nicht beeinträchtigt wird. Erfreulich für alle Beteiligten des Projektes ist, dass alternative Buhnentypen, z. B. Kerbbuhnen, als Exzerpt des Projektes bereits Eingang in die Praxis fanden. Für die Zukunft stehen mit den hier angewandten Bau-, Monitoring- und Bewertungsgrundlagen sowie den abgeleiteten Umsetzungsempfehlungen fundierte Komponenten für wasserwirtschaftliche Maßnahmenprogramme und Handlungsempfehlungen zu Verfügung, die den Erhalt und die Entwicklung der Struktur- und Lebensraumvielfalt von Flüssen im Blick haben. In diesem Sinne gibt das Projekt wertvolle Impulse für einen nachhaltigen Umgang mit der Elbe und anderen Flüssen. Erste Ergebnisse wurden bereits in Band 2 „Struktur und Dynamik der Elbe“ und in Band 4 „Lebensräume der Elbe und ihrer Auen“ der

Buchreihe „Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft“ veröffentlicht. Daher lag es nahe, die Gesamtprojektergebnisse im Rahmen dieser mittlerweile etablierten Buchreihe aufzubereiten und der interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Allen Beteiligten am Projekt gebührt großer Dank für die geduldige und konstruktive Unterstützung. Insbesondere danken wir Herrn Finke und seinen Mitarbeitern vom Außenbezirk (Abz) Wittenberge, dem WSA Magdeburg und Herrn Bärthel von der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS). Das WSA Magdeburg mit seinem Abz unterstützte den Bau, die Kontrollen und die Datenerhebungen mit technischer Hilfe zum Beispiel durch Schiffseinsätze. Die GDWS sicherte fortlaufend und insbesondere nach den hochwasserbedingten Unterbrechungen die Fortführung der Untersuchungen. Des Weiteren unterstützten die Biosphärenreservate Mittelelbe (Sachsen-Anhalt) und Flusslandschaft Elbe Brandenburg sowie die Landkreise Prignitz und Stendal das Projekt durch ihr Einverständnis gegenüber neuen Versuchsbauten und ein stetes Interesse am Fortgang der Untersuchungen. Fachleute aus den am Projekt beteiligten Bundesanstalten und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, der Technischen Universität Braunschweig, der Universität Hamburg, der Freien Universität Berlin, des Büros RANA und weiterer Auftragnehmer trugen über viele Jahre konstruktiv zum Fortgang der Untersuchungen bei und konnten fast alle durchgängig an der langjährigen Bearbeitung beteiligt werden. Die BfG und die BAW unterstützten das Projekt mit der kontinuierlichen Bereitstellung der erforderlichen Mittel für die Erhebungen und weiteren Leistungen, wie die reibungslose verwaltungstechnische Abwicklung. Sie stellten schließlich auch den Druckkostenzuschuss für die Veröffentlichung dieses Bandes zur Verfügung, so dass ihnen hier ein besonderer Dank gilt.

Wir möchten den Autorinnen und Autoren dieses Buches herzlich danken, einerseits für ihr Engagement innerhalb des Projektes und andererseits für ihre Bereitschaft, die einzelnen Projektergebnisse als Kapitel für diesen Band auch über die Projekt- oder Vertragslaufzeit hinaus aufzuarbeiten und diese Publikation damit erst zu ermöglichen. Ebenso möchten wir Herrn Fritz Kohmann, Herrn Helmut Fischer, Herrn Hans Bärthel und Herrn Otto Larink für ihre kritische Durchsicht der Manuskripte ausdrücklich danken. Anselm Krumbiegel verdient Dank für die akribisch gute Arbeit bei der Zusammenstellung des Glossars, der fachlich fundierten Überprüfung und Ergänzung der Literaturzitate sowie der immer hilfreichen redaktionellen Hinweise. Die termingerechte und inhaltlich runde Fertigstellung des Buches wäre ohne die kreative und mahnende redaktionelle und inhaltliche Arbeit von Ralf Baufeld nicht denkbar gewesen. Daher gilt ihm ein besonderer Dank.

Ein großer Dank geht schließlich an den Weißensee Verlag für die gute Zusammenarbeit – und hier an Herrn Horst Brosowski, der trotz mancher Verzögerung niemals am Erscheinen des Bandes zweifelte, sowie an den Grafiker Herrn Sascha Krenzin für die sehr ansprechende Gestaltung. Herrn Andreas Nägele vom Schweizerbart-Verlag sei herzlich gedankt, der die Buchreihe im Sommer 2015 übernommen hat und die reibungslose Weiterbearbeitung des Bandes 11 ermöglichte.

Meike Kleinwächter

ehem. Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Uwe Schröder

Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Silke Rödiger

ehem. Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Bernd Hentschel

Bundesanstalt für Wasserbau

Andreas Anlauf

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Forschungsprojekt beteiligte Institutionen

- ▶ **Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (BfG)**
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz
- ▶ **Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (BAW)**
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
- ▶ **Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Magdeburg**
Fürstenwallstraße 19/20, 39104 Magdeburg
- ▶ **Freie Universität Berlin**
Institut für Geografische Wissenschaften
Angewandte Physische Geografie
Malteserstraße 74–100, 12249 Berlin
- ▶ **Technische Universität Braunschweig**
Institut für Geoökologie
Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig
- ▶ **Technische Universität Braunschweig**
Zoologisches Institut
Spielmannstraße 8, 38106 Braunschweig
- ▶ **Universität Hamburg**
Centrum für Naturkunde, Abt. Ichthyologie,
Marin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg
- ▶ **Ingenieurbüro Schmid**
Hundsgasse 6, 76889 Kapsweyer
- ▶ **RANA – Büro für Ökologie und Naturschutz Frank Meyer**
Mühlweg 39, 06114 Halle/Saale
- ▶ **TRIOPS Ökologie & Landschaftsplanung GmbH**
Jacobikirchhof 1, 37073 Göttingen

Autorenverzeichnis

Anlauf, Dr. Andreas

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Referat U4 – Tierökologie
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz
anlauf@bafg.de

Baufeld, Dr. Ralf

TRIOPS Ökologie und Landschaftsplanung GmbH
Jacobikirchhof 1, 37073 Göttingen
baufeld@triops-consult.de

Eggers, Dr. Thomas Ols

NLWKN Verden
Bürgermeister-Münchmeyer-Straße 6
27283 Verden
thomas-ols.eggers@nlwkn-ver.niedersachsen.de

Eick, Dr. Dennis

Universität Hamburg,
Centrum für Naturkunde (CeNak)
Abteilung Ichthyologie
Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg
dennis.eick@uni-hamburg.de

Heinrichs, Jörg

Moorstraße 40, 21614 Buxtehude
j.heinrichs@outlook.de

Henning, Dr. Martin

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Abteilung Wasserbau im Binnenbereich
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
martin.henning@baw.de

Hentschel, Bernd

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Abteilung Wasserbau im Binnenbereich
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
bernd.hentschel@baw.de

Kleinwächter, Dr. Meike

ehem. Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Auenökologisches Zentrum des BUND
Trägerverbund Burg Lenzen e.V.
Burgstraße 3, 19309 Lenzen
meike.kleinwaechter@burg-lenzen.de

Krumbiegel, Dr. Anselm

Reilstraße 27b
06114 Halle/Saale
anselmkrumbiegel@arcor.de

Larink, Prof. a.D. Dr. Otto

Stadtweg 17
38159 Vechelde
o.larink@tu-braunschweig.de

Lill, Dietmar

NAWA, Natur und Wasser GbR
Am Dorfteich 7
18184 Broderstorf / OT Ikendorf

Meyer, Frank

RANA – Büro für Ökologie und
Naturschutz Frank Meyer
Mühlweg 39, 06114 Halle/Saale
frank.meyer@rana-halle.de

Münchenberg, Tobias

Biodata GbR
Spinnerstraße 33 b, 38114 Braunschweig
t.muenchenberg@gmx.de

Oesmann, Sven

networks, Büro für Fischökologie GbR
Oelkersallee 60, 22769 Hamburg
info@oesmann.net

Richter, Prof. Dr. Otto
TU Braunschweig
Institut für Geoökologie
Abteilung Umweltsystemanalyse
Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig
o.richter@tu-braunschweig.de

Rödiger, Silke
ehem. Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und
ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek
silke.roediger@llur.landsh.de

Schröder, Uwe
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz
uwe.schroeder@bafg.de

Sundermeier, Dr. Andreas
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz
sundermeier@bafg.de

Redaktionelle Buchbearbeitung:

Baufeld, Dr. Ralf
TRIOPS Ökologie und Landschaftsplanung GmbH
Jacobikirchhof 1, 37073 Göttingen
baufeld@triops-consult.de

Thiel, Prof. Dr. Ralf
Universität Hamburg
Centrum für Naturkunde (CeNak)
Abteilung Ichthyologie
Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg
ralf.thiel@uni-hamburg.de

Thiel, Renate
Universität Hamburg
Centrum für Naturkunde (CeNak)
Abteilung Ichthyologie
Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg

Wahl, Detlef
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege
Am Mainzer Tor 1, 56068 Koblenz
wahl@bafg.de

Weigelt, Ronny
Universität Rostock
Lehrstuhl Angewandte Ökologie & Phykologie
Albert-Einstein-Straße 3, 18059 Rostock
ronny.weigelt@uni-rostock.de

Krumbiegel, Dr. Anselm
Reilstraße 27b
06114 Halle/Saale
anselmkrumbiegel@arcor.de

Inhalt

1 Einleitung	1
<i>Andreas Anlauf, Bernd Hentschel, Meike Kleinwächter, Silke Rödiger und Uwe Schröder</i>	
2 Die Elbe und ihre Ufer	5
<i>Andreas Anlauf und Bernd Hentschel</i>	
3 Buhnen an der Elbe und ihre Umgestaltung	11
<i>Bernd Hentschel und Martin Henning</i>	
3.1 Regelbuhnen der Elbe	11
3.1.1 Bau und Dimensionierung von Regelbuhnen	12
3.1.2 Wirkung von Regelbuhnen	13
3.2 Entwicklung alternativer Buhnentypen	17
3.2.1 Schadensklassen an Buhnen	17
3.2.2 Hydraulische und morphologische Anforderungen an alternative Buhnenformen	19
3.2.3 Funktionsbeschreibung der Versuchsbuhnen und Untersuchungsbedarf	20
3.3 Physikalische Modelle zur Wirkungsanalyse	20
3.3.1 Aerodynamisches Modell	21
3.3.2 Hydraulisches Modell	23
3.3.3 Synthese der Modelluntersuchungen	29
3.4 Umgestaltung von Buhnen im Freiland	29
4 Untersuchungsgebiet und Monitoringkonzepte	33
<i>Silke Rödiger, Meike Kleinwächter, Uwe Schröder, Frank Meyer, Bernd Hentschel und Detlef Wahl</i>	
4.1 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes	33
4.1.1 Naturräumliche Lage, Geologie und Böden	34
4.1.2 Klimatische Verhältnisse	35
4.1.3 Hydrologie, Hydraulik und Morphologie	37
4.1.4 Potenzielle natürliche Vegetation	38
4.1.5 Schutz und Nutzung	39
4.2 Buhnen und Buhnenfelder im Untersuchungsgebiet	40
4.2.1 Buhnenfelder in den Teilgebieten Schönberg und Rühstädt	40
4.2.2 Buhnenfelder in den Teilgebieten Scharpenlohe und Bälow	41
4.3 Monitoring- und Bewertungskonzepte	42
4.3.1 Untersuchungszeitraum	43
4.3.2 Indikation und Prognose	45
4.3.3 Synthese und Bewertung	48

5 Indikation und Prognose der Wirkung unterschiedlicher Buhnenformen	49
<i>Meike Kleinwächter und Uwe Schröder</i>	
5.1 Hydraulik und Morphodynamik	51
<i>Martin Henning und Bernd Hentschel</i>	
5.1.1 Datenerhebung	52
5.1.2 Morphologie	54
5.1.3 Morphodynamik	60
5.1.4 Fließgeschwindigkeiten	65
5.1.5 Bewertung der Ergebnisse	69
5.1.6 Zusammenfassung	71
5.2 Vegetation	72
<i>Uwe Schröder, Anselm Krumbiegel, Andreas Sundermeier, Detlef Wahl und Frank Meyer</i>	
5.2.1 Untersuchungskonzept und methodische Grundlagen	72
5.2.1.1 Erfassung der Vegetation	73
5.2.1.2 Aufbau eines raumzeitlichen Vegetationsmodells	75
5.2.1.3 Ableitung und Bewertung von Veränderungen der Vegetationsausstattung	77
5.2.2 Biotop- und Vegetationsausstattung	83
5.2.2.1 Annuelle Uferfluren	84
5.2.2.2 Flutrasen und sonstige Gesellschaften wechselfeuchter Standorte	88
5.2.2.3 Seggenriede und Röhrichte	88
5.2.2.4 Weitere Vegetationseinheiten	88
5.2.2.5 Naturschutzfachliche Würdigung der Vegetationsausstattung	89
5.2.3 Raum-Zeit-Dynamik und Persistenz der annuellen Uferfluren	90
5.2.4 Einfluss des Buhnentyps auf die Vegetation	99
5.2.5 Resümee	105
5.3 Laufkäfer (Carabidae)	107
<i>Meike Kleinwächter, Tobias Münchenberg, Otto Richter und Otto Larink</i>	
5.3.1 Monitoring und Modellierung	108
5.3.1.1 Datenerhebung und -auswertung	109
5.3.1.2 Habitatmodellierung	111
5.3.2 Artengemeinschaft der Buhnenfelder	113
5.3.3 Räumliche und zeitliche Verteilung	120
5.3.3.1 Einfluss der Habitatfaktoren	120
5.3.3.2 Einfluss der Buhnenform	123
5.3.4 Habitateignung für die Zielart <i>Bembidion velox</i>	124
5.3.4.1 Schlüsselfaktoren für die Populationsentwicklung	125
5.3.4.2 Robustheit und Gültigkeit von Habitateignungsmodellen	128
5.3.5 Räumlich und zeitlich explizite Modelle für <i>Bembidion velox</i>	129
5.3.5.1 Datenbasis und Modellansatz	130
5.3.5.2 Simulation der Habitatverfügbarkeit in den Buhnenfeldern	131
5.3.5.3 Entwicklung annueller Uferfluren – ein theoretischer Ansatz zur Ableitung dynamischer Modellparameter	136
5.3.6 Resümee: Potenzial von Buhnenmodifikationen	139

5.4 Makrozoobenthos	141
<i>Thomas Ols Eggers und Silke Rödiger</i>	
5.4.1 Methoden der Erfassung, Bewertung und Modellierung	142
5.4.1.1 Fangdesign	142
5.4.1.2 Umweltparameter	144
5.4.1.3 Potamon-Typie-Index (PTI) basierte Bewertung der Buhnenfelder	145
5.4.1.4 Habitatmodellierung	145
5.4.2 Charakterisierung der Artengemeinschaften	146
5.4.2.1 Arteninventar und Besiedlung der Buhnenfeldkompartimente	146
5.4.2.2 Leitarten der Besiedlung der Hart- und Weichsubstrate	151
5.4.2.3 Perspektiven der Makrozoobenthos-Entwicklung und Einwanderung von Neozoen	153
5.4.2.4 Auswirkung der Wasserstandsdynamik im Untersuchungszeitraum	154
5.4.3 Bewertung der Buhnenfelder mittels Potamon-Typie-Index (PTI)	158
5.4.4 Verbreitungsmuster und Habitatmodelle ausgewählter Beispiellarten	160
5.4.5 Räumlich und zeitlich explizite Habitatmodelle	162
5.4.6 Resümee: Schlüsselfaktoren und Wirkung der Buhnenformen	163
5.5 Fische	165
<i>Ralf Thiel, Renate Thiel, Dennis Eick, Jörg Heinrichs, Dietmar Lill, Sven Oesmann und Ronny Weigelt</i>	
5.5.1 Methoden der Erfassung, Bewertung und Modellierung	166
5.5.1.1 Monitoring	166
5.5.1.2 Proben- und Datenbearbeitung	169
5.5.1.3 Anwendung eines IBI-basierten Bewertungsverfahrens für Buhnenfelder und Buhnenfeldtypen	171
5.5.1.4 Habitatmodellierung	174
5.5.2 Arteninventar, Gefährdungsstatus, Gildenzugehörigkeit und Präsenz	178
5.5.3 Struktur der Fischfauna in verschiedenen Buhnenfeldtypen	180
5.5.4 Fischökologische Bewertung von Buhnenfeldern nach dem IBI	185
5.5.5 Einfluss von Umweltvariablen auf die Fischfauna in den Buhnenfeldern	186
5.5.6 Beziehungen zwischen Fischen und Makrozoobenthos	187
5.5.7 Habitateignungsmodelle für die dominanten Fischarten	188
5.5.8 Prognose und Bilanzierung der Habitateignung von Buhnenfeldern für die Indikatorarten Flussbarsch und Quappe	191
5.5.9 Resümee	195
6 Alternative Buhnenformen in der Elbe – Synthese	197
<i>Uwe Schröder und Meike Kleinwächter</i>	
6.1 Hydraulik und Morphologie	198
6.2 Biologische Indikation	201
6.3 Multikriterielle Bewertung für die Praxis	205
6.3.1 Aufbau einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse und Formulierung unterschiedlicher Ziele für Buhnen	206
6.3.2 Multikriterielle Bewertung der Buhnentypen	212

7 Fazit und Ausblick	219
<i>Meike Kleinwächter, Uwe Schröder, Bernd Hentschel, Andreas Anlauf, Silke Rödiger und Ralf Baufeld</i>	
7.1 Fazit	220
7.1.1 Hydraulische Funktion von Buhnen – Modelle und Freilanduntersuchungen	221
7.1.2 Struktur und Dynamik in Buhnenfeldern – methodische Aspekte	223
7.1.3 Lebensraum Buhnenfeld – Indikation und Prognose	226
7.1.4 Wissenstransfer in die Praxis – Übertragbarkeit innerhalb des Elberaums und auf andere Flusssysteme	228
7.2 Ausblick	230
Literatur	237
Abbildungsverzeichnis	259
Tabellenverzeichnis	262
Abkürzungen	265
Glossar	267

1 Einleitung

Andreas Anlauf, Bernd Hentschel, Meike Kleinwächter, Silke Rödiger und Uwe Schröder

Ausgangslage und Ziele

Die mitteleuropäischen Flüsse und Auen unterliegen seit Jahrhunderten vielfältigen anthropogenen Nutzungen. Wasserwirtschaft, Hochwasserschutz, Landwirtschaft, Verkehr und Wasserkraft prägen das heutige Erscheinungsbild der Fließgewässer maßgeblich. Nahezu alle großen Flüsse sind gestaut, begradigt und eingedeicht. Große Flächenanteile der Auen sind dadurch dem Überflutungsraum entzogen. In Deutschland sind die aktiven Auen nur noch mit einem Anteil von 10 bis 20% der ursprünglichen Fläche vorhanden und diese werden darüber hinaus bis zu einem Drittel intensiv durch den Menschen genutzt (BMU & BfN 2009). Es ist daher nicht verwunderlich, dass auf Basis der Bestandsaufnahmen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) in Deutschland nur wenige der großen Flüsse abschnittsweise als natürliche Gewässer eingestuft werden (BELLACK et al. 2012). Vielfach ist die Zustandsbewertung der Fließgewässer nur mäßig oder schlechter (BMU & UBA 2013), woraus sich nicht nur für das Erreichen der Ziele der WRRL ein großer Handlungsbedarf ableitet.

Die gesellschaftlichen Ansprüche an den Erhalt und die Förderung der verbliebenen Dynamik und des natürlichen Entwicklungspotenzials der Fließgewässer sind in den letzten beiden Jahrzehnten deutlich gewachsen und sowohl in internationalen Richtlinien (NATURA 2000, WRRL) als auch in nationalen Gesetzen (BNatSchG, WHG) festgelegt worden. Die Erreichung eines guten ökologischen Zustands bzw. eines guten ökologischen Potenzials nach den Maßgaben der WRRL setzt eine naturnahe Gewässerunterhaltung voraus. Die aktuellen Bewirtschaftungs- bzw. Managementpläne sowie Entwicklungs- und Schutzprogramme berücksichtigen daher neben Maßnahmen zum Flächengewinn für eine naturnahe Auenentwicklung durch Deichrückverlegungen und Altarmverbindungen auch solche zur strukturellen Verbesserung der Ufer und Auen, z. B. durch Rückbau von Deckwerken oder eine modifizierte Bühnenunterhaltung.

Die Elbe gehört in Mitteleuropa mit ihrer Stromlandschaft zu den ökologisch reichhaltigsten und für die Erhaltung der natürlichen biologischen Vielfalt wertvollsten Naturräumen. Als ehemaliger Grenzfluss zwischen den beiden deutschen Staaten ist sie verhältnismäßig gering ausgebaut und fließt in Deutschland bis zum Wehr Geesthacht (Elbe-km 586) ohne Staustufen. Nach wie vor prägt der Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser die noch vorhandene und weitgehend unverbaute Auenlandschaft, so dass viele naturnahe fluss- und auentypische Lebensräume erhalten sind. Unter den geschützten rezenten Flussauen Deutschlands bildet das Flussgebiet der Elbe daher einen nationalen Schwerpunkt. Der naturschutzfachliche Wert des Elberaums spiegelt sich auch großräumig darin wider, dass sich entlang der Elbe über 30 NATURA-2000-Gebiete, das länderübergreifende UNESCO-Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“ und drei UNESCO-RAMSAR-Gebiete finden sowie zahlreiche Naturschutzgebiete, die vielfach in die europäischen Schutzgebiete integriert sind.

Der Fluss und die Aue werden seit dem ersten Auftreten des Menschen im Elberaum in steter Intensivierung von ihm genutzt und geprägt. Die mit dem Flussausbau verbundene Festlegung des Gewässerbettes der Elbe verhindert umfangreichere naturnahe und dynamisch ausgerichtete Ent-

wicklungen. Die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe forderte bereits 1994 den Schutz und die Entwicklung der Gewässerstrukturen und der Uferandregionen der Elbe (IKSE 1994). Um die wissenschaftlichen Grundlagen für ein integriertes Flussgebietsmanagement zu legen, wurde daher Mitte der 1990er Jahre ein Rahmenkonzept zur ökologischen Forschung in der Stromlandschaft Elbe (Elbe-Ökologieforschung) durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung initiiert (BMBF 1995). Ein Ziel war die Entwicklung von Handlungsstrategien zur Erhaltung und Regeneration der Lebensräume der Elbe und ihrer Auen. Voraussetzung dafür waren einerseits Untersuchungen zu den maßgeblichen Standorteigenschaften und Steuerfaktoren für die unterschiedlichen Lebensgemeinschaften der Stromelbe, Uferbereiche und Auen (siehe Band 4 dieser Reihe: „Lebensräume der Elbe und ihrer Auen“, SCHOLZ et al. 2005a). Andererseits sollten Kenntnisse zum Strömungsverhalten der Elbe und zur Struktur der aquatischen und terrestrischen Lebensräume erweitert werden (siehe Band 2 dieser Reihe: „Struktur und Dynamik der Elbe“, KOFALK et al. 2015). Weitere Themen des BMBF-Forschungsverbundes waren Wasser und Nährstoffhaushalt, Management und Renaturierung ihrer Auen sowie Stoffdynamik und Habitatstruktur der Elbe (siehe Band 1, 3 und 5 dieser Reihe, BECKER & LAHMER 2004, BAUFELD et al. 2015, PUSCH & FISCHER 2006).

Die Ergebnisse des Forschungsverbundes unterstreichen die Notwendigkeit, Maßnahmen für eine nachhaltige Fluss- und Auenentwicklung umzusetzen. Einen wesentlichen Aspekt stellt dabei die Wiederherstellung des Fluss-Auen-Verbundes dar, das heißt die Vernetzung verschiedener Lebensräume sowohl longitudinal im Gewässer als auch lateral zwischen Fluss und Aue. Den Ufern als wichtigen Übergangs- und Vernetzungsbiotopen zwischen Strom und Aue kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Sie bilden auf engstem Raum ein ständig wechselndes Mosaik aus aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräumen für spezialisierte Arten der Fauna und Flora, die nicht nur an die dynamischen Prozesse angepasst, sondern auch auf diese angewiesen sind (siehe Band 4 dieser Reihe: „Lebensräume der Elbe und ihrer Auen“, SCHOLZ et al. 2005a).

Die Ufer der Elbe sind in weiten Abschnitten, insbesondere an der Mittleren Elbe, durch Buhnen geprägt. Buhnen in inklinanter, d. h. mit dem Buhnenkopf in entgegen der Strömung gerichteter Bauweise sind das kennzeichnende Regelungselement. Die dazwischen liegenden Buhnenfelder sind weitgehend unverbaut. Hier haben sich Relikte einer natürlichen dynamischen Uferzonierung erhalten, die vor allem an beschädigten oder zerstörten Buhnen struktureicher ausgeprägt sind (JÄHRLING 1995).

Eine Bestandsaufnahme Anfang der 1990er Jahre zeigte, dass über 20 % der insgesamt 6913 Buhnen in der Binnenelbe oberhalb des Stauwehrs Geesthacht beschädigt waren (FAIST & TRABANDT 1996). Diese Buhnen wiesen typische Schadensbilder verschiedenen Grades auf, die von kleineren Durchrissen und Abbrüchen bis hin zur Zerstörung des gesamten Baukörpers reichten. Die wasserbauliche Regelungsfunktion der Buhnen war in vielen Fällen vermindert oder nicht mehr gegeben. Gleichzeitig wurde an den beschädigten Buhnen und in den dazugehörigen Buhnenfeldern eine erhöhte strukturelle und hydro-morphologische Variabilität beobachtet. Kennzeichnend hierfür waren unterschiedliche Strömungsverhältnisse und Wassertiefen, Kolke, vielgestaltige Übergangszonen, Uferabbrüche sowie kurzlebige inselartige Sandablagerungen (JÄHRLING 1995).

Um die erhöhte morphologische Variabilität und ihre positiven ökologischen Wirkungen zu erhalten und zu fördern, wurde von verschiedenen Stakeholdern der Region empfohlen, verfallene Buhnen durchrisse nicht zu sanieren sondern nur zu stabilisieren und Auflandungen in Buhnenfeldern zu beseitigen (ARGE ELBE 1991 und 1994, IKSE 1994, AG WSV Elbeländer 2004). Dementsprechend wurden in den Folgejahren vermehrt Durchbrüche an Elbebuhnen gesichert und neue Buhnenformen

lokal erprobt (GAUMERT 1990, STAWA 1992). Bei den begleitenden Untersuchungen wurden vorrangig das Sedimentations- und Strömungsverhalten im Buhnenfeld sowie die Austauschprozesse zwischen Strom und Buhnenfeld betrachtet (z. B. FRENCH & LIVESEY 2000, UIJTTEWAAL et al. 2001, UIJTTEWAAL 2005, WIRTZ & ERGENZINGER 2001, VAN DER WAL 2001, SCHWARTZ & KOZERSKI 2003, WIRTZ 2004, HABERSACK 2010). Interdisziplinäre Ansätze, die auch ökologische Wirkungen von Buhnen auf den Lebensraum Ufer im Blick haben, wurden im Rahmen der Elbe-Ökologieforschung (z. B. THIEL et al. 1998) entwickelt. Es hat sich gezeigt, dass Buhnenfelder stromab geschädigter Buhnen eine erhöhte Struktur- und Habitatvielfalt aufweisen können, was sich positiv auf die Besiedlung durch terrestrische und aquatische Lebensgemeinschaften auswirken kann (BOHLE et al. 2002, NELLEN et al. 2002, DIRKSEN 2003, WIRTZ 2004).

Um den Entwicklungszielen der Elbe gerecht zu werden, wurde auch seitens der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung nach Alternativen gesucht, um Buhnen so zu gestalten, dass sie sowohl regelungstechnisch für die Bundeswasserstraße Elbe wirksam sind als auch zur Entwicklung und Förderung von naturnäheren Uferlebensräumen beitragen können. Dementsprechend wurde die Entwicklung und Erprobung von Versuchsbuhnen beauftragt und nach Vorlage des Rahmenkonzeptes Elbe (BFG & BAW 1999) das Projekt „Ökologische Optimierung von Buhnen“ gestartet. Ziel war es, Buhnenformen so zu modifizieren, dass Typen abgeleitet werden können, die eine Strömungs- und Strukturvielfalt im Buhnenfeld erhalten und fördern. Zwei Buhnentypen wurden in Modellversuchen entwickelt, in zwei Abschnitten an der Mittleren Elbe auf der Basis beschädigter Buhnen gebaut und mit einem umfangreichen Prä- und Postmonitoring auf ihre hydraulischen und ökologischen Wirkungen systematisch untersucht (ANLAUF & HENTSCHEL 2002).

Bei der Analyse und der Bewertung der untersuchten Buhnentypen standen primär folgende Fragen im Vordergrund:

1. Welche Buhnenform kann unter Beibehaltung der Regelungsfunktion die Strömungsvielfalt im Buhnenfeld erhöhen und einer fortschreitenden Verlandung entgegenwirken?
2. Haben diese veränderten Strömungsmuster Einfluss auf die Morphologie des Buhnenfeldes?
3. Welche Schlüsselfaktoren bestimmen die Besiedlungsmuster der biologischen Indikatoren, und werden diese durch die veränderten hydraulischen und morphologischen Prozesse beeinflusst?
4. Führen alternative Buhnenformen zu einer quantifizierbaren Verbesserung der Lebensraumqualitäten für fluss- und ufertypische Lebensgemeinschaften und Arten?
5. Welche Empfehlungen lassen sich für die Anwendung und die Unterhaltung von Buhnen aus den Ergebnissen ableiten?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein Indikationssystem entwickelt, das sowohl hydrodynamische Parameter als auch terrestrische und aquatische Lebensgemeinschaften umfasste und auf die Versuchs- sowie Referenzbuhnen angewandt wurde. Ein wichtiges Ziel war es, anhand der Erkenntnisse eine praxisorientierte Entscheidungshilfe für eine regelungstechnisch hinreichende und gleichzeitig ökologisch orientierte Buhnenunterhaltung zu entwickeln, die die Strukturvielfalt und Dynamik im Uferbereich erhöht.

Aufbau des vorliegenden Bandes

Im vorliegenden Buch werden das Konzept, die Methoden und die Ergebnisse der Teiluntersuchungen zu den hydraulischen und ökologischen Wirkungen der alternativen Buhnenformen in der Elbe zusammenfassend dargestellt und diskutiert. Kapitel 2 beschreibt einleitend den Ausbau der Elbe sowie den heutigen Zustand insbesondere der Ufer. Der Fokus liegt auf der Mittleren Elbe und konzentriert sich auf den Abschnitt unterhalb von Magdeburg, dessen Ufer durch die regelmäßige Abfolge von Buhnen und Buhnenfeldern charakterisiert sind. Kapitel 3 erläutert allgemein Bauweise und Funktion der Buhnen sowie die Modelluntersuchungen zu den Auswirkungen verschiedener Buhnenformen auf hydraulische und morphologische Parameter in den stromab liegenden Buhnenfeldern. Anschließend werden die beiden entwickelten Versuchsbuhnentypen und ihre bauliche Umsetzung im Freiland dargestellt. Das Untersuchungsgebiet am Rühstädter Elbebogen bei Wittenberge (Elbe-km 439 bis 446) und das Untersuchungskonzept der indikatorbasierten ökologischen Wirkungsanalyse werden in Kapitel 4 vorgestellt. Als Indikatoren wurden

- ▶ die Hydraulik und Morphologie,
- ▶ die Vegetation,
- ▶ die Laufkäfer,
- ▶ das Makrozoobenthos und
- ▶ die Fische

herangezogen. Die jeweiligen Untersuchungen, die den Einfluss der untersuchten Buhnentypen auf die hydrodynamischen und biologischen Indikatoren zum Ziel hatten, sowie die Bewertungen durch die Indikatoren werden ausführlich in Kapitel 5 dargestellt.

Kapitel 6 führt die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den Teiluntersuchungen in einer Synthese zusammen und beschreibt auf dieser Basis ein praxisorientiertes Instrument für die komplexe Bewertung unterschiedlicher Formen der Buhnenbauwerke. Schließlich stellt Kapitel 7 die gewonnenen Erkenntnisse in den Kontext aktueller gewässerökologischer Fragestellungen und gesellschaftlicher Entwicklungen.

2 Die Elbe und ihre Ufer

Andreas Anlauf und Bernd Hentschel

Die Elbe hat von ihrer Quelle in Tschechien (1.384 m ü. NHN) bis zur Mündung bei Cuxhaven in die Nordsee eine Fließlänge von 1.094 km und durchfließt das Böhmisches Becken, das Elbsandsteingebirge und das nördlich daran anschließende Mittelgebirgsvorland, bevor sie in die Norddeutsche Tiefebene eintritt (siehe Abbildung 2-1).

In ihrer deutschen Fließstrecke wird die Elbe hydromorphologisch in drei Abschnitte unterteilt. Auf die Obere Elbe von der deutsch-tschechischen Grenze (Elbe-km 0) bis Riesa (Elbe-km 96), die das Durchbruchstal in der Sächsischen Schweiz prägt, folgen zwischen Riesa und dem Wehr Geesthacht (Elbe-km 586) die Mittlere Elbe und unterhalb davon bis zur Einmündung in die Nordsee an der Kugelbake bei Cuxhaven (Elbe-km 727,7) die unter Gezeiteneinfluss stehende Tideelbe. Der mittlere Abschnitt wird an der Havelmündung bei Elbe-km 438 in die „obere“ und „untere“ Mittelelbe unterteilt (IKSE 1994, Übersicht siehe Band 4 dieser Reihe: „Lebensräume der Elbe und ihrer Auen“ SCHOLZ et al. 2005b). Die untere Mittelelbe bildet zwischen Elbe-km 438 und Elbe-km 474 die Grenze zwischen den Bundesländern Brandenburg (Landkreis Prignitz) und Sachsen-Anhalt (Landkreis Stendal). Sie durchfließt bis Burg das Elbe-Elster-Tiefland und daran anschließend bis Geesthacht die Elbtalniederung. Der Höhenunterschied beträgt auf einer Länge von ca. 148 km nur ca. 20 m. Das geringe mittlere Gefälle von etwa 13 cm pro Kilometer und das feine Sohlmaterial ließen die Elbe in ihrem alluvialen Bett stark ausschwingen und haben den Landschaftscharakter entsprechend geprägt. Typische Erscheinungen wie Altarme, Altwasser, Flutrinnen, Auenwaldreste sowie wechselnde Sedimentablagerungen im Flussbett und im Auenbereich dominierten dieses historische Bild der Elbe noch im 19. Jahrhundert (JÄHRLING 2009, siehe Abbildung 2-2). Relikte dieser Strukturen sind in unterschiedlichen Ausprägungen vorhanden, aber insgesamt ist das Landschaftsbild an der Mittleren Elbe durch eine anthropogene Gestaltung mit Hochwasserschutzdeichen, Laufbegradigungen, Bühnen und extensiven landwirtschaftlichen Grünlandflächen geprägt.

Seit den im 13. Jahrhundert begonnenen Deichbaumaßnahmen und lokalen Uferbefestigungen zum Hochwasser- und Eigentumsschutz wurde die Elbe sukzessive aus dem ursprünglich verzweigten und mäandrierenden Flussbett in ein stabiles Gewässerbett gezwungen. Der Wiener Kongress (1814 bis 1815) und die spätere Unterzeichnung der „Elbeschiffahrtsakte“ (1821) legten die Basis für den gezielten Ausbau der Elbe zur internationalen Schifffahrtsstraße. Aufgrund des zunehmenden Verkehrs wurde 1844 mit der „Additionalakte“ zur Elbeschiffahrtsakte ein einheitliches Ausbauziel für die Elbe festgelegt. Regelungsentwürfe von 1877 und 1893 sahen im Rahmen des Mittelwasserbaus eine weitgehende Stabilisierung des Flussbettes durch Bühnen vor. Nach den Trockenjahren 1904 bis 1911 folgte die Planung für den Niedrigwasserausbau. Heute wird die flussbauliche Regelung mit mehr als 6.900 Bühnen und ca. 300 km Uferdeckwerken auf der Fließstrecke bis Geesthacht aufrechterhalten. Die hohe Anzahl an Bühnen verdeutlicht das Potenzial alternativer Bühnen, als Schnittstelle zwischen schifffahrtstechnischen und naturschutzfachlichen Anforderungen zu fungieren, da die Bühnen und ihre Formen einen entscheidenden Einfluss auf die Ausprägungen der Ufer haben (siehe Kapitel 3).

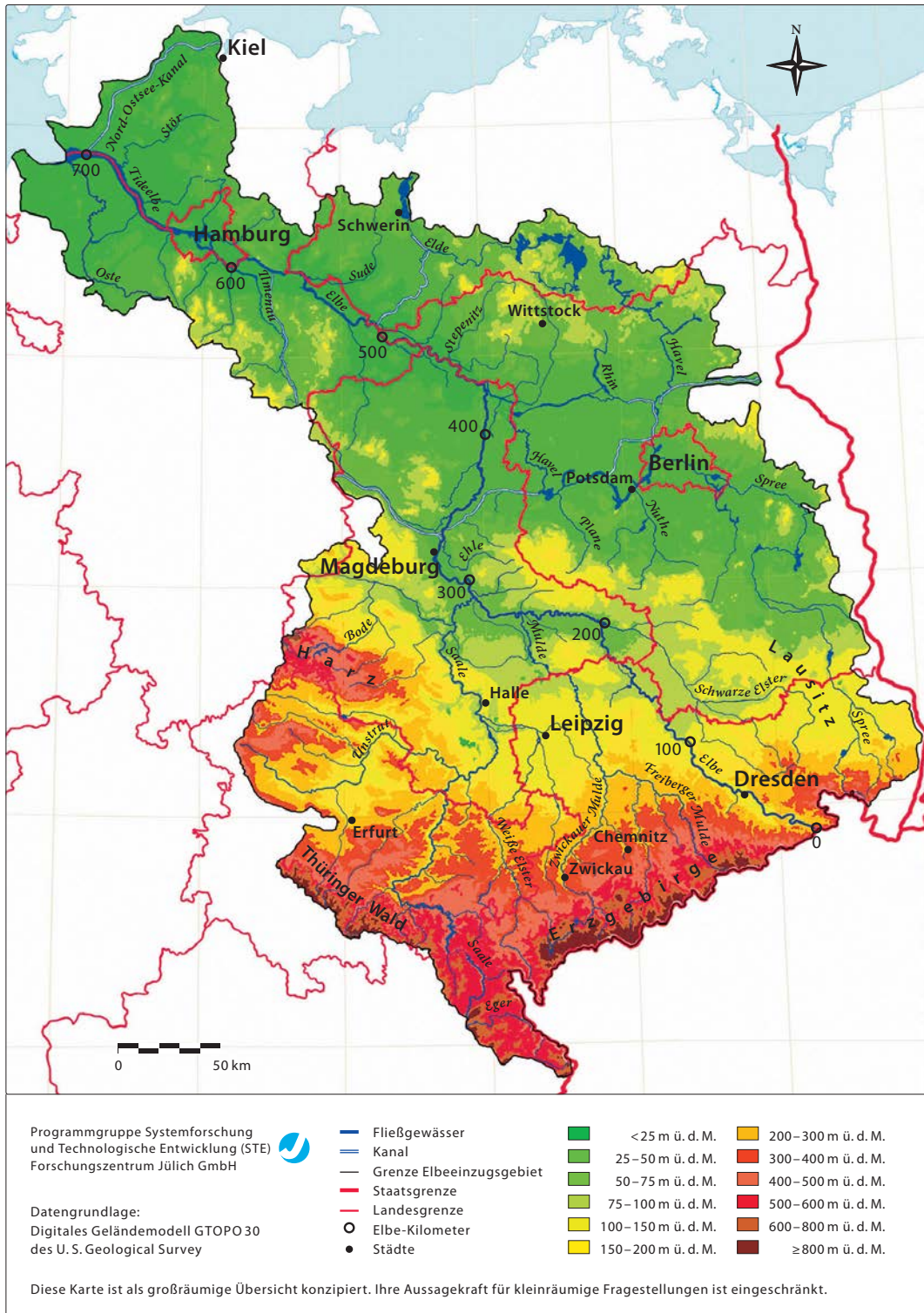


Abb. 2-1: Topographie und Gewässernetz im deutschen Teil des Elbeinzugsgebietes (aus Band 1 dieser Reihe: „Wasser- und Nährstoffhaushalt im Elbegebiet ...“, Kapitel 3.1, KUNKEL & WENDLAND 2004)

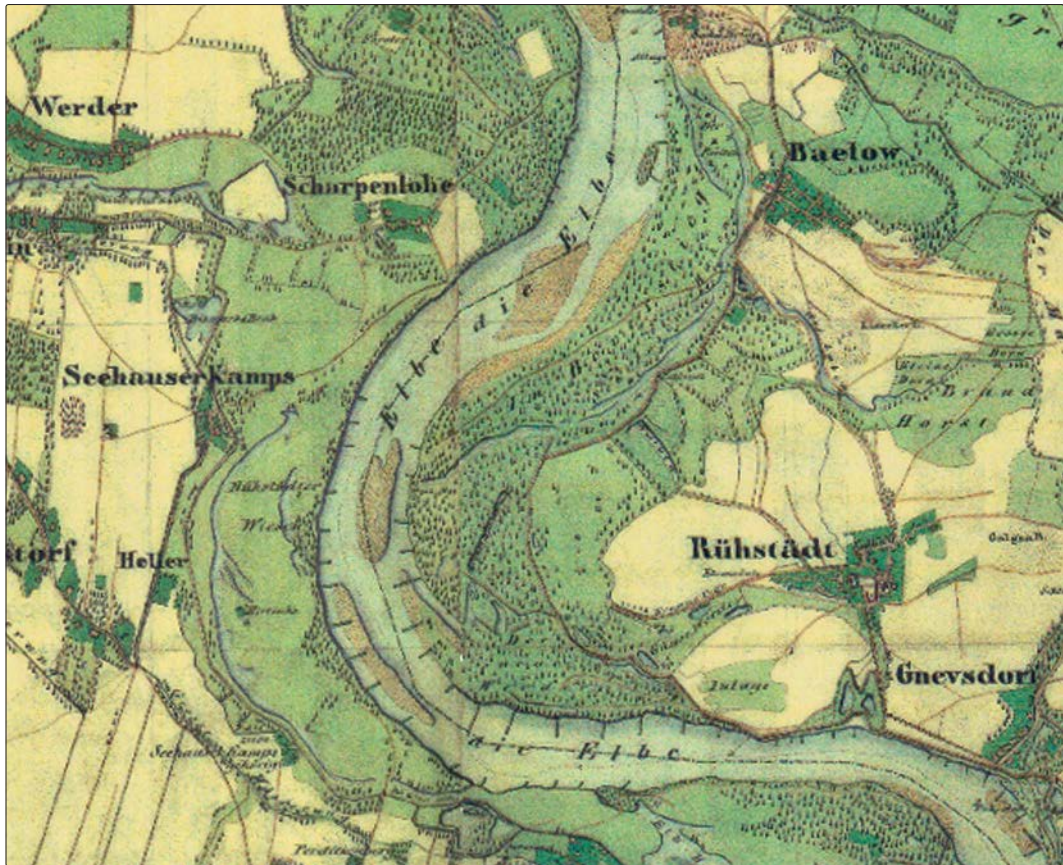


Abb. 2-2: Elbeabschnitt km 438 bis 446 (Rühstädter Bogen) in der Mitte des 19. Jahrhunderts mit der noch vorhandenen morphologischen Vielfalt an Flussinseln, Substratbänken und Nebengerinnen (Quelle: Preussisches Urmesstischblatt Blatt 3035 und 3036, 1857)

An der Mittleren Elbe wurden in den Jahren 1837 bis 1872 Buhnen mit einem mittleren Abstand von 200 m gebaut. Diese wurden zwischen 1883 und 1892 durch Zwischenbuhnen ergänzt, so dass der heutige mittlere Buhnenabstand ca. 100 m beträgt (ARP & HIRSCH 1935, FAIST 1996). In den weitgehend ungesicherten Uferabschnitten zwischen den befestigten Buhnenwurzeln entstehen zwar kleinräumige, aber sehr vielfältige Ersatzlebensräume für ursprünglich in weit größerem Maße vorhandene natürliche Uferstrukturen. Derartige Strukturen sind heute für die beabsichtigte naturnähere Entwicklung erforderlich und entsprechen dem strukturellen Leitbildzustand (KERN 2005) (siehe Abbildung 2-3). Dazu zählen Inselbildungen, bereichsweise Prallufererosion und ausgeprägte Gleituferbänke sowie relativ kurzlebige Altwasser mit unterstromiger Anbindung an die Elbe und insgesamt eine gute Lateralvernetzung mit Vorkommen vieler verbindender Strukturen auf kleinem Raum. Viele Buhnenfelder besitzen Ansätze einer charakteristischen Uferzonierung mit Offenböden, annuellen Uferfluren, Röhrichten sowie Weichholzauenbereichen. Periodisch trockenfallende und durch lange Überflutungen und Sedimentumlagerungen gekennzeichnete, struktureiche Ufer geben annuellen Pionierfluren sowie im überfluteten Bereich elbetypischen Wirbellosen und Fischen funktionale Lebensräume (siehe Band 4 dieser Reihe: „Lebensräume der Elbe und ihrer Auen“, SCHOLZ et al. 2005a).



Abb. 2-3: Luftbild von verlandeten Bühnenfeldern der Mittleren Elbe (Foto: Frank Meyer)

Die Lage und Geometrie der Bühnen wurden im 19. Jahrhundert im Wesentlichen auf der Grundlage der damals vorherrschenden Anforderungen optimiert (siehe auch Kapitel 3.1.1). Mit der gewählten Anordnung der Bühnen in inklinanter Bauweise wurde die Fahrrinne vertieft und das Ufer gesichert. Als Folge begannen die Bühnenfelder jedoch stark zu verlanden (siehe Abbildung 2-3). Je nach Grad der Verlandung sowie nach Lage und Zustand der Bühnen findet eine Bildung temporärer Sandbänke, Kolke und Inseln statt (siehe Abbildung 2-4). Langfristig kommt es aber zwischen den Bühnen zur kompletten Auffüllung der Bühnenfelder, so dass dynamische Entwicklungsprozesse unterbunden werden. Neben dem Lebensraumverlust, insbesondere für die aquatische Flora und Fauna, wirkt sich die Verlandung auch nachteilig auf die Regelungsfunktion der Bühnen und die Geschiebebilanz des Flusses aus (FGG ELBE 2013).

FREY (2005) fand keine Bestätigung für die Annahme, dass Bühnenfelder veränderter bzw. beschädigter Bühnen weniger verlandet sind. Allerdings nimmt die Heterogenität der morphologischen Strukturen in den Bühnenfeldern zu, wenn die Bühnenkörper komplett oder teilweise erodieren oder nur provisorisch instand gehalten werden, so dass es zu Durchströmungen der Bühnenkörper, abreißen Uferanschlüssen oder anderen Bauwerksveränderungen kommt (siehe Kapitel 3.2.1, Abbildung 3.2-1). Eine Folge dieser Veränderungen ist eine Erhöhung der lokalen topographischen und morphodynamischen Variabilität (siehe Abbildungen 2-3 und 2-4).



Abb. 2-4: Blick auf Bühnenfelder der unteren Mittelelbe bei Niedrigwasser mit Pionieraufwuchs und Sandbank (links) sowie Auskolkungen unter einer Kerbe im Bühnenkörper (rechts) (Fotos: Andreas Anlauf)

Der Erhalt und die Förderung von dynamischen Prozessen und Strukturvielfalt sind maßgebliche Leitmotive für Maßnahmen zur Entwicklung flusstypischer Lebensräume (BLOESCH et al. 2012). Die Reduzierung bzw. Verhinderung der langfristigen Verlandung in den Bühnenfeldern und die Erhöhung der strukturellen Vielfalt durch Modifikation des Bühnenkörpers waren daher wichtige Ziele bei der Entwicklung alternativer Bühnenformen (HENTSCHEL & ANLAUF 2001). Alternative Bühnenformen, die einerseits die Regelwirkung zur Sicherung der Ufer sowie zur Bündelung des Abflusses in der Gewässermitte erhalten und gleichzeitig dynamische Prozesse fördern, kombinieren die unterschiedlichen Interessen. Eine Ausschöpfung der Umgestaltungsmöglichkeiten und der lokal möglichen Anpassungen der Unterhaltungsarbeiten ist immer mit den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern als den zuständigen und ausführenden Behörden abzustimmen. Die Entwicklung alternativer Bühnenformen wurde daher in enger Abstimmung mit der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes unter Beachtung der hydraulischen Regelungswirkung der Bühnen durchgeführt.

3 Buhnen an der Elbe und ihre Umgestaltung

Bernd Hentschel und Martin Henning

Buhnen sind Regulierungsbauwerke, die vom Ufer aus quer zur Strömung errichtet werden und in vielen Wasserstraßen Mitteleuropas zur Fixierung des Flusslaufs sowie zur Regelung der Niedrig- und Mittelwasserstände angewendet werden. Die Anforderungen an Buhnen haben sich mittlerweile erweitert. Während ursprünglich der Uferschutz und die Durchflussbündelung für die Schifffahrt im Vordergrund standen, kamen in den letzten Jahren auch die Forderungen aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes hinzu. Die Buhnenfelder zwischen den Buhnen haben als Flachwasserbereiche einen hohen naturschutzfachlichen Wert. Dies gilt insbesondere für Buhnenfelder mit einer hohen räumlichen Heterogenität und zeitlichen Dynamik (siehe Band 4 dieser Reihe: „Lebensräume der Elbe und ihrer Auen“, SCHOLZ et al. 2005a). Um über die Wirkung der Buhnen auf die Buhnenfelder deren naturschutzfachlichen Wert gezielt zu erhöhen, wurden von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) unterschiedliche Buhnengeometrien in Laborversuchen untersucht und optimiert.

Die Strömungsverhältnisse an den Buhnen und in den Buhnenfeldern sind sehr komplex. Vorhandene Untersuchungen zur hydraulischen Wirkungsweise von Buhnen konzentrieren sich meist auf das Strömungsgeschehen im Flussschlauch (z. B. ENGELS 1906, NEGER 1932, SCHLEIERMACHER 1956, TÖDTEN 1975, CHOW 1988, KROUZECKY 2004). Hinsichtlich der Wirkung der Buhnen auf die Hydraulik und Morphologie in den Buhnenfeldern gibt es noch erhebliche Wissensdefizite, wobei im Rahmen der Elbe-Ökologie-Forschung hierzu wichtige Grundlagen erarbeitet wurden (siehe Band 2 dieser Reihe „Struktur und Dynamik der Elbe“, KOFALK et al. 2015). Für die Elbe liegen einige Anregungen und Empfehlungen für eine gezielte Umgestaltung der Buhnen oder Modifikation der Unterhaltungsgrundsätze zur Verbesserung des gewässerökologischen Zustands vor (ARGE Elbe 1991, ARGE Elbe 1994, IKSE 1994, AG WSV Elbeländer 2004). In den dort genannten Vorschlägen, verfallene Buhnendurchrisse zu stabilisieren und Auflandungen in den Buhnenfeldern gezielt zu beeinflussen, wurde ein Potenzial für positive Modifikationen gesehen. Im Folgenden wird daher beschrieben, wie die Buhnen an der Mittleren Elbe prinzipiell wirken und wie sich modifizierte Wirkungsziele der Hydraulik auf die Morphologie durch eine Änderung der Buhnengeometrie erreichen lassen.

3.1 Regelbuhnen der Elbe

Die Ufer der Elbe sind zwischen Mühlberg in Sachsen (Elbe-km 121) und dem Wehr bei Geesthacht (Elbe-km 586) durch rund 7.000 Buhnen geprägt (siehe Abbildung 2-3). Als vorherrschender Typ wurde die inklinante Bauweise, d. h. gerade Dämme, die ca. 60° bis 85° (Sollwert = 72°) gegen den Strom geneigt sind, angewandt (REICHS- UND PREUSSISCHES VERKEHRSMINISTERIUM 1935). Dieser im Folgenden als Regelbuhne bezeichnete Typ diente als Vorlage für die Entwicklung alternativer Buhnenformen (siehe Kapitel 3.2) und wurde im Rahmen der Untersuchungen als Referenz für die Versuchsbuhnen herangezogen (siehe Kapitel 4.2 und 5).

3.1.1 Bau und Dimensionierung von Regelbuhnen

Buhnen bestehen mehrheitlich aus Steinschüttungen und Pflasterungen (siehe Abbildung 3.1-1). Die Sollhöhe (Bauwerksoberkante) liegt auf Höhe des Mittelwasserspiegels, so dass Teile der Bauwerke in Niedrigwasserphasen, meist im Sommer und Herbst, sichtbar sind. Im März 2013 wurde auf der Grundlage aktueller Abfluss- und Wasserstandsentwicklungen (MQ1971/2010, mittlerer Abfluss der Jahresreihe 1971 bis 2010) von der WSD Ost eine neue Bauwerkssollhöhe (BWSoll 2010) für die Buhnen an der Elbe festgelegt

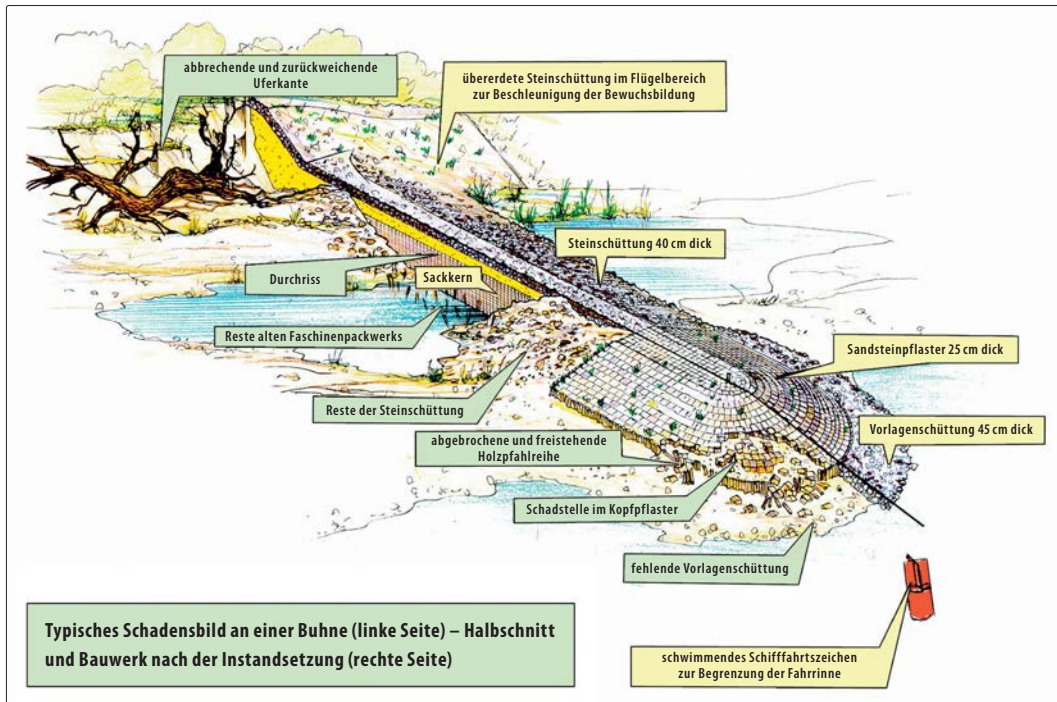


Abb. 3.1-1: Aufbau einer typischen Elbe-Buhne mit möglichen Schadensbildern (Quelle: Schneider, WSA Magdeburg, Abz Wittenberge)

Die Abstände der Buhnen betragen im Mittel ca. 100 m, in einzelnen Fällen kann der Abstand auch erheblich größer (bis zu 200 m) bzw. erheblich kleiner sein (bis zu 60 m). Diese Bauweise hat sich bei einem guten Ufer- und Deichschutz für eine Bündelung des Durchflusses in der Strommitte zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse über viele Jahrzehnte bewährt.

Die Buhnen werden mit einer Kopfneigung von 1:5, einer Seitenneigung von 1:3 (unter- und oberstrom), einem Übergang zum Kopf von 1:4 und einer Rückenneigung von 1:100 bis 1:200 gebaut und unterhalten (siehe Abbildung 3.1-2). Die Uferabschnitte zwischen den befestigten Buhnenbauwerken sind weitgehend ungesichert und weisen eine hohe geometrische Vielfalt auf, ebenso ist der Verlandungsgrad der Buhnenfelder extrem unterschiedlich. Der Soll-Streichlinienabstand zwischen den Buhnenköpfen beträgt im Untersuchungsgebiet (siehe Kapitel 4.1) 196 m, der Abstand vom linken zum rechten Ufer zwischen den Buhnenwurzeln rund 300 m.