

Nationalpark Unteres Odertal (Hrsg.)

BEITRÄGE AUS DEM NATIONALPARK UNTERES ODERTAL - BAND 1/2016

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

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

Nationalpark  
Unteres Odertal



# INHALTSVERZEICHNIS

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

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

# 21 Analyse der Einnischung der Hohen Weide (*Salix rubens*) in den hydrologischen Gradienten an der Unteren Mittelelbe:

## Eine GIS-basierte Auswertung von Fernerkundungsdaten

Julia Stäps und Peter Horchler

### Zusammenfassung

Die Höhenlagendifferenz zum Mittelwasser wird als Indikator zur Beschreibung der ökologischen Nische der Baumart *Salix rubens* entlang des Überflutungsgradienten in den aktiven Auen an der Unteren Mittelelbe verwendet. Dort findet sich eine relativ naturnahe Situation mit nur geringem Erosionsgeschehen. Durch die Analyse dieser Einnischung können solide Bewertungen des Habitatpotenzials von Weiden auch in anthropogen stark veränderten Bereichen mit hohem Erosionsgeschehen getroffen werden. Über die GIS-basierte Analyse von digitalen Orthophotos werden in einem Untersuchungsgebiet bei Damnatz an der Unteren Mittelelbe (Elbe-km 405,5 bis 509,0) 370 Weiden dieser Art in direkter Ufernähe identifiziert und analysiert. Die Daten der Altweiden werden mit Daten von der Oberen Mittelelbe und vom Niederrhein verglichen. Zudem werden 20 Weiden vor Ort manuell vermessen, um die Anwendbarkeit der GIS-Analyse zu validieren. Die größte Häufigkeit der Einnischung der 370 Weiden findet sich in einem Bereich unter dem Mittelwasserniveau. Dabei liegt die Höhenlagendifferenz zum Mittelwasser der Jungweiden noch durchschnittlich 30 cm tiefer als die der Altweiden. Die GIS-Analyse der vermessenen Weiden hat keinen signifikanten Unterschied zu den manuell vermessenen Weiden ergeben, wodurch diese Methode statistisch validiert wird. Grundsätzlich können durch Auswertungen von Fernerkundungsdaten großflächig Naturräume klassifiziert und bewertet werden.

Keywords: Fernerkundung, Flussaue, *Salix rubens*, Weichholzauwald, Weiden

### Einleitung

Die mitteleuropäischen Weichholzauwälder sind heute generell stark gefährdete Lebensräume (Colditz 1994). Sie stellen ein wichtiges Habitat für Flora und Fauna dar. Vor allem Weidenarten wie Silber-, Purpur- und Korb-Weiden aber auch Schwarz-Pappeln und auentypische Hochstaudenfluren sind charakteristische Pflanzenarten der Weichholzauwälder (Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue 2015). Sie beeinflussen das Abflussgeschehen, spenden dem Fluss Schatten und reduzieren so die Wassertemperatur. Zudem durchwurzeln die Pflanzen der Weichholzaue den Boden im Uferbereich und stabilisieren diesen dadurch (Fischenich & Copeland 2001, Naiman et al. 2005). Weichholzauen dienen außerdem als Retentionsraum für Überflutungen und tragen somit zum Hochwasserschutz bei (Mosner et al. 2009).

Einer der längsten Flüsse Mitteleuropas ist die Elbe, deren Einzugsgebiet eine Gesamtfläche von 148.268 km<sup>2</sup> umfasst. Die aktiven Elbauen stehen heute zu 80 % unter Schutz (Scholz et al. 2005, Kofalk et al. 2015). Im Bereich der Oberen Mittelelbe wird durch anthropogene Einflüsse das Erosionsgeschehen der Gewässersohle begünstigt (WSV 2009). Dieser Teil der Elbe ist dadurch als weniger naturnah anzusehen. An der Unteren Mittelelbe befindet sich hingegen eine relativ naturnahe Situation der aktiven Auen mit höherem Weidenvorkommen und nur geringem Erosionsgeschehen (Quick et al. 2012). Daher ist das im „Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue“ gelegene Untersuchungsgebiet bei Damnatz prädestiniert für eine Analyse der Einnischung der Weidenbäume in den hydrologischen Gradienten. Unterschiede in der Bodenfeuchte bestimmen diesen hydrologischen Gradienten. Die Bodenfeuchte wurde jedoch nicht gemessen. In Ermangelung dieser Messung kann der hydrologische Gradient

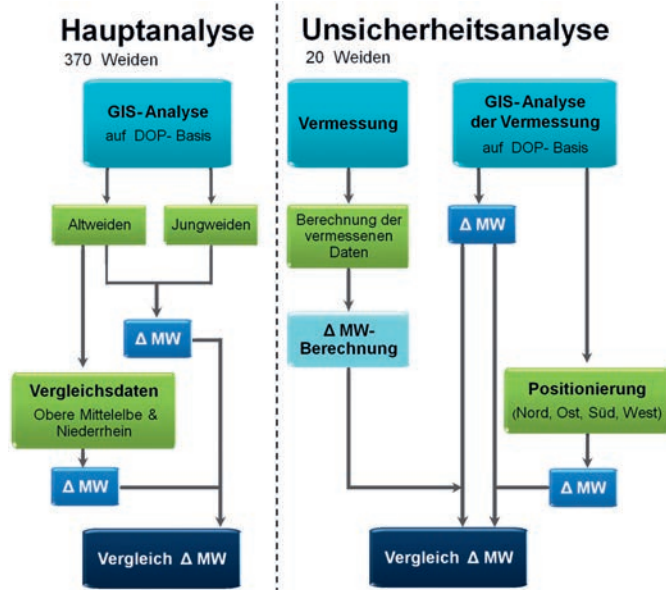


Abbildung 1: Überblick über die Methodik; GIS= Geoinformationssysteme, MW= Mittelwasser,  $\Delta$ = Höhendifferenz, DOP= Digitales Orthophoto.

durch die Dauer und Höhe der Überflutung charakterisiert werden. Hier wird die Überflutungshöhe, welche durch die Höhenlagendifferenz des Geländeniveaus zum Mittelwasser ( $\Delta$  MW) bestimmt ist, als Indikator für das Überflutungs-geschehen verwendet. Damit soll die Einnischung der Hohen Weide (*Salix rubens* Schrank [1789]) im Untersuchungsgebiet ermittelt werden.

*Salix rubens* ist eine Kreuzung aus Silber-Weide (*Salix alba*) und Bruch-Weide (*Salix fragilis*). Solche Hybride sind weit verbreitet, vermehren sich selbstständig und kommen partiell standörtlich unabhängig von ihren Elternarten vor (Jäger 2000). Den Zusammenhang zwischen Weidenhabitat und hydrologischem Gradienten zu verstehen ist wichtig, um eine konkrete Vorstellung über die potenzielle natürliche Ausdehnung des Weidenhabitats und dessen Abgrenzung gegenüber Habitaten nasserer und trockenerer Standorte zu erlangen. Nur so können solide Bewertungen des Habitatpotenzials von Weiden und vergleichbaren Vegetationstypen in anthropogen stark veränderten Bereichen getroffen werden. Des Weiteren soll mittels einer Unsicherheitsanalyse die Methode der Fernerkundung über GIS-Analysen validiert werden. Diese Bachelorarbeit ist Teil der aktuellen Forschung der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) an der deutschen Binneneelbe.

## Methoden

Eine Übersicht über die methodische Vorgehensweise bei der Hauptanalyse und der Unsicherheitsanalyse ist in Abbildung 1 dargestellt. Für die Hauptanalyse werden im Luftbild 370 Weidengehölze in direkter Ufernähe zur Elbe identifiziert. Dazu werden in ArcMap 10.2.2 (ESRI® ArcMap 2014) die Luftbilder (Digitale Orthophotos, DOP) aus dem Web Map Service (WMS) des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) mit dem Koordinatensystem „ETRS 1989 UTM Zone 33 Nord“ (EPSG-Code: 25833) und 20 cm Bodenaufösung geladen (BKG 2015). Im Untersuchungsgebiet (Elbe-km 504,5 bis 509,0) sind die Luftbilder auf der linken Elbeseite gemäß der Infodatei des DOP am 01.09.2012 entstanden (BKG 2012).

Die Farbgebung der Baumkrone von *Salix rubens* unterscheidet sich durch die blau-silberne Färbung der Blätter eindeutig von anderen in diesem Gebiet vorkommenden Baumarten. Bei der Identifikation werden die Weiden zudem in Jungweiden und Altweiden subjektiv unterteilt, wobei die Struktur der Baumkrone und der Schattenwurf ausschlaggebend sind. Die gefundenen Weidenbäume werden im GIS mit einzelnen Punkten markiert.

Zur Berechnung der Höhenlagendifferenzen des Geländeniveaus zum Mittelwasser ( $\Delta$  MW) werden außerdem die langjährigen Wasserstandsdaten (Bezugszeitraum 1890 bis 2006) aus FLYS, der Flusshydrologischen Software der BfG und der WSV, verwendet (LABEL 2009, BfG 2013). In Verbindung mit den Querprofilspuren wird hierdurch im GIS eine Mittelwasserebene erzeugt. Diese Mittelwasserebene wird nun vom Digitalen Geländemodell (DGM) mit einer Rasterzellengröße von 1 x 1 m subtrahiert, woraus das  $\Delta$  MW-Ergebnisraster resultiert. Zum Schluss werden die gesetzten Weidenpunkte mit dem  $\Delta$  MW-Ergebnisraster verschnitten und somit die  $\Delta$  MW-Werte für jeden Weidenpunkt im Untersuchungsgebiet ausgegeben. Des Weiteren werden die berechneten Altweiden-Daten mit bereits vorhandenen Daten von der Oberen Mittel- und Niederrhein (Rhein-km 832,1 – 864,5) verglichen (Barg unveröffentlicht, Horchler unveröffentlicht). Für die Unsicherheitsanalyse werden vor Ort die Höhenlagen von 20 Weiden mit Hilfe eines optischen Nivelliergeräts (Theodolit) vom Typ

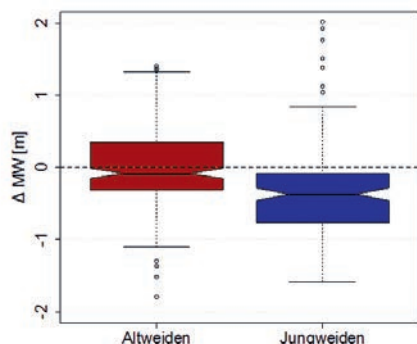


Abbildung 2: Vergleich der Höhenlage von Alt- und Jungweiden (*Salix rubens*) zum Mittelwasser.

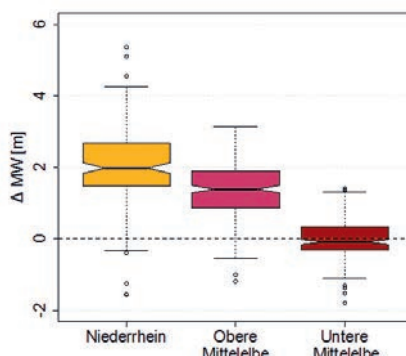


Abbildung 3: Vergleich der Höhenlagendifferenzen von Weidenbäumen (Altweiden) bzgl. Mittelwasser an der Oberen und Unteren Mittelbe sowie am Niederrhein.

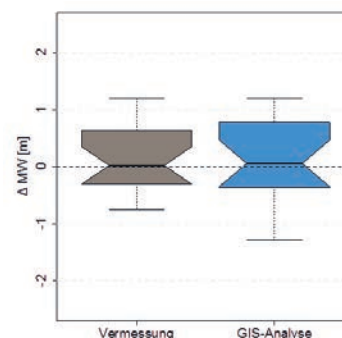


Abbildung 4: Vergleich der Höhenlage von *Salix rubens* der berechneten Vermessungsdaten mit der GIS-Analyse der Vermessungsdaten.

Zeiss Ni2 (Drodofsky 1960) und eines Teleskopnivellierstabs manuell gemessen. Die jeweiligen Stellen und die Vermessungsreihenfolge werden für die spätere vermessungstechnische Berechnung im Luftbildausdruck markiert. Die gleichen Weidenpunkte werden ebenfalls im GIS eingetragen und analysiert. Die beiden Berechnungen werden danach miteinander verglichen.

Außerdem wird die Bedeutung der Positionierung des einzelnen Punktes auf der Baumkrone im GIS getestet. Dabei wird in Nord-, Ost-, Süd- und West- Ausrichtung jeweils ein Punkt auf der Baumkrone, zusätzlich zu dem bereits bestehenden mittigen Punkt, ergänzt. Für diese Punkte werden ebenfalls die Höhenlagendifferenzen zum Mittelwasser mittels GIS- Analyse berechnet und mit den Werten der mittigen Punkte verglichen. Die ermittelten Differenzen werden durch Signifikanztests (R Core Team 2014) statistisch validiert.

### Ergebnisse

Im Untersuchungsgebiet sind durch Fernerkundung auf der linken Elbseite über eine Strecke von 4,5 km 370 Weiden (214 Altweiden, 156 Jungweiden) der Art *Salix rubens* in unmittelbarer Ufernähe erfasst worden. Bei der Berechnung der  $\Delta MW$ -Werte wird deutlich, dass die via Fernerkundung ermittelten Daten aller Weiden normalverteilt sind und bei einem Median von -0,2 m unter dem Mittelwasserniveau liegen. Beim Vergleich von Jung- und Altweiden fällt auf, dass der Median der Jungweiden von -0,37 m unter dem Median der Altweiden von -0,08 m liegt (Abbildung 2). Der Vergleich von Altweidendaten der Oberen Mittelbe, des

Niederrheins und der Unteren Mittelbe wird in Abbildung 3 dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass die Weiden an der Oberen Mittelbe (Median: 1,4 m) und am Niederrhein (Median: 1,98 m) deutlich über dem Mittelwasserniveau liegen. Bei den für die Unsicherheitsanalyse vermessungstechnisch berechneten 20 Weiden liegt der Median bei 0,03 m. Zwischen der Luftbildanalyse der vor Ort vermessenen Weiden (Median 0,06 m) und den im Gelände eingemessenen Daten besteht kein signifikanter Unterschied (Abbildung 4). Die Positionierung der Punkte auf der Baumkrone in die verschiedenen Himmelsrichtungen hat ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zu dem im GIS mittig auf der Baumkrone gesetzten Punkt ergeben.

### Diskussion

Die Höhenlagendifferenz der Altweiden zum Mittelwasser korrespondiert mit 140 Überflutungstagen pro Jahr und die der Jungweiden mit etwa 183 Überflutungstagen pro Jahr (BfG 2013). Diese langen Überflutungen im Jahr sind Voraussetzung für die Dominanz der Weidengehölze. Nach Ellenberg (1982) müssten die Weiden der Weichholzaue über dem Mittelwasserniveau liegen. Die untersuchten Weiden der Art *Salix rubens* liegen jedoch unter dem Mittelwasserniveau. An der Unteren Mittelbe herrscht noch ein relativ naturnaher Zustand der Aue, was auf die vier Jahrzehnte ohne Flussbaumaßnahmen oder Abholzungen aufgrund des dort verlaufenden Grenzgebiets zwischen BRD und DDR zurückzuführen sein könnte (Colditz 1994). Wenn die Sohlerosion der Elbe weiter voran schreitet, wird somit die jährliche Anzahl der Tage

mit Trockenheit erhöht und die Weiden werden durch an diese Verhältnisse besser angepasste Gehölze verdrängt, wodurch die natürliche Auenzonierung verschwinden würde. An der Oberen Mittelelbe muss die Sohlerosion verringert werden, um die Verbindung zwischen Fluss und Aue zu verbessern und somit unter anderem ein Wiederansiedeln der Weiden zu begünstigen. Die Auswertung von Fernerkundungsdaten mittels GIS-Analyse ist eine schnelle, kostengünstige und somit effiziente Methode, um die Habitate von Weidenbäumen an Flüssen zu erfassen. Die Komplexität des Auenschutzes könnte außerdem vermindert werden, wenn die strenge gedankliche Trennung zwischen Fluss und Aue abgelegt wird. Eine Zusammenarbeit der verschiedenen Institutionen im Bereich der Aue ist ebenso wünschenswert (Ehlert 2005). Die Auswertungen von Fernerkundungsdaten sollten weiter geführt und verbessert werden. Hierdurch können großflächig Naturräume, wie z. B. autotypische Flusslandschaften erfasst und bewertet werden.

### *Danksagung*

Einen herzlichen Dank an Prof. Dr. Elke Hietel (Technische Hochschule Bingen), meine Eltern und Familie sowie Jan, Matthias, Hans, Jana und Anne.

### *Literatur*

Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue (2015): Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue- Hart- und Weichholzaue, [http://www.elbtalaue.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=12083&article\\_id=53537&psmand=31](http://www.elbtalaue.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=12083&article_id=53537&psmand=31), Abgerufen: 24. Mai 2015.

BfG (2013): FLYS goes WEB: Eröffnung eines neuen hydrologischen Fachdienstes in der BfG, Kolloquium am 15./16. Mai 2013 in Koblenz, [http://www.bafg.de/DE/05\\_Wissen/04\\_Pub/03\\_Veranst/BfGVeranstaltungen201304.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bafg.de/DE/05_Wissen/04_Pub/03_Veranst/BfGVeranstaltungen201304.pdf?__blob=publicationFile), Abgerufen: 28. April 2015.

BKG (2012): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie-DOP; Bodenauflösung: 20 cm, Raumbezug: ETRS 1989 TM Zone 33 Nord.

BKG (2015): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, [http://www.bkg.bund.de/nm\\_159174/DE/Bundesamt/Produkte/Geodaten/Orthophoto/Orthophoto\\_\\_node.html\\_\\_nnn=true](http://www.bkg.bund.de/nm_159174/DE/Bundesamt/Produkte/Geodaten/Orthophoto/Orthophoto__node.html__nnn=true), Abgerufen: 3. März 2015.

Colditz, G. (1994): Auen, Moore, Feuchtwiesen, Birkhäuser Verlag, Basel, Schweiz

Drodofsky, M. (1960): Stromübergangsnivellement mit dem Zeiss-Nivellier Ni2, G. u. ZfV- Zeitschrift für Geodäsie (Hrsg.), [http://www.kern-aarau.ch/fileadmin/user\\_upload/Aldo/Wissen/NI2\\_Drodofsky\\_mit\\_Mark.pdf](http://www.kern-aarau.ch/fileadmin/user_upload/Aldo/Wissen/NI2_Drodofsky_mit_Mark.pdf), Abgerufen: 07. Juni 2015.

Ehlert, T. (2005): Typologie und Leitbilder für Flussauen in Deutschland-Workshop auf Vilm vom 18. bis 21. Oktober 2004, Natur- und Landschaft, Jg.80, H.2, S. 69-70.

Ellenberg, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht, 3. verbesserte Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.

ESRI ® ArcMap (2014): ArcGIS 10.2.2 for Desktop Copyright ©1999-2014 Esri Inc. Alle Rechte.

Fischenich, J.C., & Copeland, R.R. (2001): Environmental Considerations for Vegetation in Flood Control Channels, Engineer Research and Development Center Vicksburg MS Coastal and Hydraulicslab, Vicksburg, U.S..

Jäger, U. (2000): Bestimmung von Weiden (*Salix L.*) und deren Hybriden in Sachsen- Anhalt, Mitt. florist. Kart. Sachsen- Anhalt, Ausg. 5, S. 139-159.

Kofalk, S., Faulhaber, P., Baufeld, R., Kleinwächter, M., & Kühlborn, J. (2015): Buchreihe: Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft: Band 2: Struktur und Dynamik der Elbe, Weißensee Verlag, Berlin.

LABEL (2009): LABEL- Labe-Elbe (Adaptation to flood risk), Infrastruktur & Umwelt, <http://www.label-eu.eu/de.html>, Abgerufen: 08. Juni 2015.

Mosner, E., Schneider, S., Lehmann, B., & Leyer, I. (2009): Weichholzaunen- Entwicklung als Beitrag zum naturverträglichen Hochwasserschutz im Biosphärenreservat Mittelelbe, Naturschutz im Land Sachsen- Anhalt , Sonderheft: 30 Jahre Biosphärenreservat Mittelelbe (46. Jg.), S. 29-40.

Naiman, R.J., Decamps, H., & McClean, M.E. (2005): Riparia, Ecology, Conservation and Management of Streamside communities: Elsevier Academic Press, San Diego, U.S..

Quick, I., König, F., Svenson, C., Cron, N., Schriever, S., & Vollmer, S. (2012): Hydromorphologische Bewertung und Praxisprojekte mit Schnittstelle zur Ökologie, BfG Veranstaltung: Hydroökologische Modellierungen und ihre Anwendungen- 1. Ökologisches Kolloquium am 14./15. Februar 2012 in Koblenz, S. 43-62, BfG (Hrsg.), Koblenz.

R Core Team (2014): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, <http://www.Rproject.org/>, R. C. Team (Hrsg.).

Scholz, M., Stab, S., Dziöck, F., & Henle, K. (2005): Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft: Band 4: Lebensräume der Elbe, Weissensee Verlag, Berlin.

WSV (März 2009): [www.wsd-ost.wsv.de](http://www.wsd-ost.wsv.de), [http://www.wsd-ost.wsv.de/betrieb\\_unterhaltung/pdf/Sohlstabilisierung\\_textteil\\_.pdf](http://www.wsd-ost.wsv.de/betrieb_unterhaltung/pdf/Sohlstabilisierung_textteil_.pdf), Abgerufen: 06. Mai 2015.