



**BUNDESANSTALT
FÜR GEWÄSSERKUNDE**
Koblenz



**BUNDESANSTALT
FÜR WASSERBAU**
Karlsruhe



**Untersuchungen zu alternativen
technisch-biologischen
Ufersicherungen an
Binnenwasserstraßen**

Teil 2:

**Versuchsstrecke Stolzenau / Weser
km 241,550 - 242,300
(Textband)**

**F & E - Projekt
(BAW - BfG)**

Oktober 2008

Mitarbeiter beim F&E-Projekt

BAUER, Eva-Maria	Dipl.-Biol., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
FLEISCHER, Petra	BOR, Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe (<i>Federführung</i>)
HERZ, Hans-Werner	Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
KOOP, Jochen	ORR, PD, Dr. rer. nat. habil., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
LIEBENSTEIN, Hubert	RDir, Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
ORTMANN, Christian	Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (<i>1.6. - 31.8.2008</i>)
SCHÄFER, Kai	BAm, Dipl.-Ing., Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Bonn (<i>Beobachter</i>)
SCHLEUTER, Michael	RDir, Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (<i>bis 31.3.2007</i>)
SOYEAX, Renald	Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe
SUNDERMEIER, Andreas	Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz

Zusammenfassung

Im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) „Untersuchungen zu alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“ werden schwerpunktmäßig in ausgewählten Referenzstrecken, in denen bereits alternative Ufersicherungsmaßnahmen durch die WSV angewendet wurden, Detailuntersuchungen vor Ort durchgeführt. Dabei werden jeweils der aktuelle Zustand der Ufersicherung begutachtet, die geotechnischen und geometrischen Randbedingungen erfasst, Bestandsaufnahmen zur Vegetation und Fauna durchgeführt und die hydraulischen Belastungen aus Schifffahrt in einem begrenzten Zeitraum gemessen. Außerdem werden Unterlagen aus der Zeit der Planung und Ausführung der Referenzstrecken ausgewertet.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse können die Belastbarkeit der alternativen Ufersicherungsmaßnahmen im Untersuchungsbereich quantifiziert und daraus Anwendungskriterien abgeleitet werden. Aus den Ergebnissen aller Untersuchungsstrecken werden letztendlich allgemeine Hinweise bzw. Empfehlungen zur Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Wasserstraßen formuliert.

Als erster Abschnitt für die Detailuntersuchungen wurde die Versuchsstrecke Stolzenau an der Mittelweser (We-km 241,550 - km 242,300) ausgewählt. Die Ergebnisse sind im vorliegenden 2. Teilbericht des Projektes dokumentiert und ausgewertet.

Im Rahmen der Mittelweseranpassung wurden 1988/89 auf Initiative des WSA Verden am rechten Ufer der Weser versuchsweise auf einer Strecke von 750 m alternative technisch-biologische Ufersicherungen eingebaut. Die bestehenden Ufer wurden oberhalb des Wasserspiegels teilweise von 1 : 3 auf 1 : 7 abgeflacht, teilweise wurde die alte Böschungsneigung unverändert beibehalten. Die vorhandene Steinschüttung wurde im größten Teil der Strecke oberhalb des Mittelwasserstandes entfernt, unterhalb blieb die alte Steinschüttung erhalten. Die Ufer wurden auf verschiedene Weise mit Röhrichten und Gehölzen (z. B. in Form von Spreitlagen aus Weidenästen bzw. Vegetationsmatten) gestaltet. Zum Teil wurden zusätzlich vorgelagerte Faschinen aus Totholz bzw. kleine parallel zum Ufer verlaufende Steinwälle als Schutz vor Wellenschlag angeordnet. Insgesamt entstanden 17 unterschiedliche Gestaltungsvarianten .

Im Rahmen der vertiefenden Begutachtung wurden folgende Untersuchungen vor Ort durchgeführt:

- Zustandserfassung im Rahmen einer Besichtigung der Versuchsstrecke (2004)
 - Einmaß der aktuellen Ufergeometrie (2006)
 - Durchführung von Baugrundaufschlüssen (2006)
 - Messung der hydraulischen Uferbelastung bei Schiffsvorbeifahrten (2005)
 - Begutachtung der Vegetation (1989, 1992, 1999, 2005 und 2006)
 - Begutachtung der Fauna (2006)
-

Außerdem wurden die Planungsunterlagen des WSA Verden und die bisherigen Weser- und Grundwasserstände gesichtet und hinsichtlich einer Beurteilung der technisch-biologischen Ufersicherungen ausgewertet.

Im Ergebnis aller Untersuchungen kann der gegenwärtige Zustand der Ufersicherung als sehr gut eingeschätzt werden. Fast alle durchgeführten Pflanzmaßnahmen haben sich so entwickelt, dass heute ein guter Erosionsschutz für die Uferböschungen gegeben ist. Bewährt haben sich hier besonders die Anpflanzung von Schilfbällen und das Einbringen von Weidenspreitlagen und Weiden-Steckhölzern bzw. -Setzstangen. Die bereichsweise Abflachung der Ufer hat sich sehr positiv ausgewirkt; hier entwickelten sich deutlich breitere Röhrichtgürtel.

Die geböschten Ufer sind unter den bisher vorherrschenden, verhältnismäßig geringen hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt und natürlicher Flussströmung stabil. Das heißt, mit den technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen im Böschungsbereich oberhalb etwa von Mittelwasser und der im Unterwasserbereich verbliebenen Steinschüttung ist unter den gegebenen Randbedingungen ein guter Uferschutz gegeben. Nach Aussage des WSA Verden war seit Fertigstellung der Maßnahme 1989 keinerlei Unterhaltung im eigentlichen Uferbereich erforderlich.

Im Gegensatz zum Ausgangszustand bildet die heutige Vegetation der Versuchsstrecke einen naturschutzfachlich hochwertigen Komplex ufertypischer Lebensräume. Wertvolle und z. T. geschützte Biotoptypen wie Schilf-Röhrichte, Auengebüsche und Rohrglanzgras-Röhrichte haben sich entwickelt. Auf den Sukzessionsflächen hat sich außerdem eine Reihe von Straucharten angesiedelt, die, in Ergänzung zu den Weidenarten, bioökologisch wertvolle Elemente darstellen.

Im Vergleich zu benachbarten Referenzflächen wurde durch die alternative Ufersicherung auch eine bessere tierökologische Bewertung erreicht. Vorteile ergeben sich dabei aufgrund der gegenüber der herkömmlichen Ufersicherung verbesserten Vegetationsbedeckung. Davon profitieren nicht nur die Jungfische, sondern auch die Makrozoobenthosbesiedlung zeigt eine höherwertige Besiedlung an. Sowohl bei den Vögeln als auch beim Makrozoobenthos stellt sich eine höhere Artenvielfalt ein, auch gefährdete Arten sind geringfügig häufiger anzutreffen. Deshalb sind alternative Ufersicherungen, wie hier angewendet, auch im Sinne der Tierökologie wünschenswert.

Als Grundlage für die Übertragung der Ergebnisse auf andere Streckenabschnitte und für die geplante Erarbeitung einer allgemeinen Empfehlung für alternative Ufersicherungen wurden in einem Kennblatt die wichtigsten Randbedingungen – wie z. B. Geometrie, Baugrund, hydraulische Belastung – und die hier angewendeten Ufersicherungsmaßnahmen zusammengestellt.

Dieser Bericht und alle weiteren Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Forschungsprojektes werden in einem zu dieser Thematik von der BAW und BfG bereits eingerichteten Internetportal <http://www.baw.de/ufersicherung/index.php> veröffentlicht.

Inhalt

1	Veranlassung	1
2	Unterlagen	2
3	Untersuchungsgebiet	4
4	Ufersicherung in der Versuchsstrecke	7
4.1	Ausgangszustand sowie Beschreibung der Ufersicherung	7
4.2	Kosten	14
5	Technische Randbedingungen	19
5.1	Baugrund/ Grundwasser und Ufergeometrie	19
5.1.1	Baugrund	19
5.1.2	Grundwasser	21
5.1.3	Ufergeometrie	23
5.2	Schifffahrt	28
5.3	Hydrologie und Hydraulik	31
5.3.1	Hydrologie	31
5.3.2	Flusshydraulik	34
6	Messung der schiffserzeugten hydraulischen Belastung	40
6.1	Hydraulische Belastung durch schiffserzeugte Wellen	40
6.1.1	Phänomen	40
6.1.2	Wellenmessungen	42
6.1.3	Einflussgrößen	44
6.2	Messaufgabe und -geräte	45
6.3	Durchführung der Messungen	50
6.4	Auswertungen	51
6.4.1	Flottenstruktur	51
6.4.2	Schiffsgeschwindigkeiten	52
6.4.3	Uferabstände	56
6.4.4	Wellenhöhen	57
6.4.5	Strömungsgeschwindigkeiten	63
6.4.6	Quer- und Längsprofile	64
7	Maßgebende hydraulische Belastungen am Ufer	66

8	Beurteilung des technischen Erhaltungszustandes	67
9	Beurteilung der Vegetation	72
9.1	Entwicklung der Versuchsstrecke	72
9.1.1	Erstaufnahme im Jahr der Fertigstellung 1989	72
9.1.2	Zustand der Versuchsstrecke 1992	75
9.1.3	Zustand der Versuchsstrecke 1999	77
9.1.4	Zustand der Versuchsstrecke 2005	78
9.1.5	Zustand der Versuchsstrecke 2006	80
9.1.6	Durchgeführte Unterhaltungsmaßnahmen	85
9.2	Vergleichende Auswertung der vorliegenden Untersuchungen	86
9.2.1	Räumliche und zeitliche Entwicklung	86
9.2.2	Vegetationszonierung in Abhängigkeit von den Wasserständen	92
9.2.3	Bewertung	95
9.2.3.1	<i>Pflanzerfolg und Zielerreichungsgrad</i>	95
9.2.3.2	<i>Erosionsschutz-Funktion und hydraulische Belastbarkeit der Maßnahmen</i>	97
9.2.3.3	<i>Naturschutzfachliche Bewertung</i>	101
9.2.3.4	<i>Bewertung im Überblick</i>	103
10	Bewertung der Fauna	107
10.1	Allgemeines	107
10.2	Avifauna	107
10.2.1	Untersuchungsmethodik	107
10.2.2	Hinweise zur Bewertung der Ufersicherungsmaßnahmen als Lebensraum für Vögel	108
10.2.3	Beurteilungsgrundlage der Natürlichkeit des Vogelarteninventars und von Gefährdungs- und Schutzaspekten	111
10.2.4	Beurteilungsgrundlagen für Biotopstrukturen, Vernetzung und funktionale Bedeutung	112
10.2.5	Bewertungsgrundlagen für anthropogene Beeinträchtigung	112
10.2.6	Bewertungsgrundlagen für die Wiederherstellbarkeit	113
10.2.7	Ergebnisse im Einzelnen	113
10.2.7.1	<i>Charakterisierung der von Vögeln nutzbaren Biotope und Habitatstrukturen im Bereich der alternativen Ufersicherung und der Referenzstrecke</i>	113
10.2.7.2	<i>Qualitative Charakterisierung der Avifauna im Bereich der alternativen Ufersicherung, mögliche Beeinträchtigungen, Zustand und Wiederherstellbarkeit</i>	114

10.3	Fische	118
10.3.1	Erfassung der Fischbestände durch Elektrofischerei	118
10.3.2	Beurteilungskriterien für die Bewertung der Fischbesiedlung	118
10.3.3	Fischarten in der Weser bei Stolzenau	119
10.3.4	Jungfischdichten in Abhängigkeit von verschiedenen Merkmalen in der Weser bei Stolzenau	120
10.3.5	Fischökologische Bewertung der AU und RU nach der Wasser- rahmenrichtlinie	122
10.3.6	Fazit für die Fischfauna der Weser	122
10.4	Makrozoobenthos	123
10.4.1	Probenahmemethoden	123
	10.4.1.1 Handproben	123
	10.4.1.2 Kescherfänge	124
10.4.2	Aufarbeitung und Bestimmung der Proben	125
10.4.3	Bewertungsgrundlagen des Makrozoobenthos	125
10.4.4	Ergebnisse zum Makrozoobenthos	127
10.4.5	Diskussion und Bewertung der Ergebnisse zum MZB	128
10.4.6	Fazit zum Makrozoobenthos in der Weser bei Stolzenau	131
10.5	Gesamtfazit zur Fauna	131
11	Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen für die fersicherung in der Versuchsstrecke Stolzenau / Weser	U- 133
11.1	Bewertung des heutigen Zustands und der bisherigen Entwicklung	133
	11.1.1 Vegetation	133
	11.1.2 Fauna	134
	11.1.3 Uferstabilität aus geotechnischer Sicht	135
11.2	Empfehlungen für die zukünftige Unterhaltung	136
12	Schlussfolgerungen hinsichtlich weiterer Anwendungen von alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen	138
13	Ausblick	141
14	Literatur und Quellen	142
15	Glossar	150
16	Abkürzungsverzeichnis	155

Bildverzeichnis

- Bild 3.1 Lage des Untersuchungsbereiches
- Bild 3.2 Klimadiagramm über 17 Jahre für Nienburg/Weser mit dem Niederschlag (Monatssummen) sowie der Lufttemperatur (Monatsmittel) nach /DWD 1988 - 2003; DWD 2004 - 2005/
- Bild 3.3 Jahresmittel der Chloridkonzentrationen an der Gütemessstation Hemeln (Weser) /NLWKN 2006/
- Bild 4.1 Ausgangszustand der Versuchsstrecke: Weidenutzung bis ans Ufer (18.8.1988)
- Bild 4.2 Die Versuchsstrecke zwischen km 241,550 und 242,300 mit den Planungsabschnitten
- Bild 4.3 Uferneugestaltung durch Anlage eines Steinwalls und Uferabflachung: Profil von Abschnitt 1 (aus der Planung; realisiert wurde hier später ein Steinwall auf hydrostatischem Stau + 20 cm)
- Bild 4.4 Uferneugestaltung durch Anlage eines inselartigen Steinwalls: Profil von Abschnitt 5 (aus der Planung)
- Bild 4.5 Uferneugestaltung durch Abflachung der Uferböschung: Profil von Abschnitt 9 (aus der Planung)
- Bild 4.6 Prozentuale Verteilung der Kosten für die Hauptbauleistungen zur Errichtung der alternativen Ufersicherungen an der Weser bei Stolzenau
- Bild 5.1 Ergebnisse der Aufschlussbohrungen, dargestellt im Querprofil km 242,000
- Bild 5.2 Strömungsverhältnisse im Uferbereich (Gesamtauswertung der Pegel WSV 25, WSV 26, WSV 34 und WSV 35)
- Bild 5.3 Wasserstandsganglinien verschiedener Grundwassermessstellen (Lage s. Bild 5.2) und der Weser am Pegel Stolzenau für die Jahre 1994 u. 1995
- Bild 5.4 Querprofil We-km 241,800 einschließlich Wasserstandsganglinie der Weser am Pegel Stolzenau
- Bild 5.5 Wasserstandshäufigkeiten – gemessen am Pegel Stolzenau
- Bild 5.6 Darstellung der Anzahl der mit einem bestimmten Wasserstand aufeinander folgenden Überflutungstage pro Jahr von 1989 bis 2006
- Bild 5.7 Flottenentwicklung in den Jahren 1990 - 2003, getrennt für Güterschiffe, Sportboote + sonstige (linke Ordinate) und Fahrgastschiffe (rechte Ordinate!),
- Bild 5.8 Monatsmittel der Jahre 1990, 1995, 2000 und 2003 zur Verdeutlichung der Schiffshäufung in den Sommermonaten
- Bild 5.9 Lage der Pegel Porta, Bierde und Liebenau in Bezug zur Versuchsstrecke Stolzenau nach dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch /DGJ 1998/
- Bild 5.10 Profil bei We-km 242,100 aus dem HN-Modell; markiert sind die unterschiedlich hohen Uferpunkte, an denen bordvoller Abfluss erreicht wird
- Bild 5.11 W-Q-Zusammenhang (Schlüsselkurve) sowie Veränderung der querschnittsgemittelten Fließgeschwindigkeit mit zunehmendem Abfluss bei We-km 242,100 nach Berechnungen mit dem HN-Modell

- Bild 5.12 Zusammenhang zwischen mittlerer Fließgeschwindigkeit und Wasserstand bei We-km 242,100 nach Berechnungen mit dem HN-Modell; in der roten Ellipse liegt der Bereich während der Messkampagne
- Bild 5.13 Zusammenhang zwischen Wasserstand und querschnittsgemittelter Sohl-schubspannung bei We-km 242,100 nach Berechnungen mit dem HN-Modell
- Bild 5.14 Mittlere Wassertiefe in den Streifen für Wasserstände bis HSW, berechnet mit dem HN-Modell
- Bild 5.15 Mittlere Streifen-Strömungsgeschwindigkeiten für Wasserstände bis HSW, berechnet mit dem HN-Modell
- Bild 5.16 Mittlere Streifen-Schubspannungen für Wasserstände bis HSW, berechnet mit dem HN-Modell
- Bild 5.17 Mittlere Strömungsgeschwindigkeit und mittlere Schubspannung bei Wasserständen bis HSW im rechten, ufernahen, 5 m breiten Streifen im Bereich der Messgeräte, berechnet mit dem HN-Modell
- Bild 6.1 Schiffserzeugte Wellen im Wesel-Datteln-Kanal bei einer Versuchskampagne im Oktober 2002; hier die ufernahe Fahrt der MS Main bei voller Abladung und einer Geschwindigkeit nahe der kritischen Schiffsgeschwindigkeit
- Bild 6.2 Luftbild des Sekundärwellenbildes eines auf dem Rhein fahrenden Binnenschiffes; außerdem ist achtern der Schraubenstrahlbereich zu erkennen
- Bild 6.3 Stark vereinfachte Prinzipskizze zu den schiffshydrodynamischen Vorgängen um ein fahrendes Binnenschiff im trapezförmigen Gewässerquerschnitt
- Bild 6.4 In Ufernähe gemessene Wasserstandsschwankungen bei der Fahrt der MS Main (L/B/T = 105 m / 11,40 m / 2,73 m = voll abgeladen) am Wesel-Datteln-Kanal (Fahrversuche 2002) mit einer Geschwindigkeit nahe der kritischen Schiffsgeschwindigkeit
- Bild 6.5 Lageplan der Weser bei Stolzenau mit Darstellung der 2 Messprofile
- Bild 6.6 Lage der 2 Messprofile We-km 242,040 und We-km 242,170 für die Verkehrsbeobachtung am rechten Weserufer
- Bild 6.7 Registrierbogen für die Revierzentrale Minden
- Bild 6.8 Blick auf die versteckten Messgeräte nördlich der Straßenbrücke am linken Ufer
- Bild 6.9 Blick vom Messzelt auf die Messprofile (ca. Position) und die Versuchsstrecke am gegenüberliegenden rechten Ufer
- Bild 6.10 Blick auf die Radaranlage im Messzelt
- Bild 6.11 Aufnahme des Radarschirms mit Passage eines zu Tal fahrenden Güterschiffes
- Bild 6.12 Prozentuale Verteilung aller während der Kampagne gemessenen Schiffe nach Typen
- Bild 6.13 Verteilung der Geschwindigkeiten aller 80 Güterschiffe, getrennt nach Berg- und Talfahrern
- Bild 6.14 Verteilung der Geschwindigkeiten der Sportboote
- Bild 6.15 Verteilungen der Uferabstände von Güterschiffen und Sportbooten, bezogen auf den linken Uferpunkt (anhand des Messprofils We-km 242,170)

- Bild 6.16 Verteilung der Abstände zum rechten Ufer (= Messsonde) für Güterschiffe und Sportboote
- Bild 6.17 (a) Beispiel eines Wellenereignisses mit den charakteristischen Werten P1 bis P4 sowie den Zusatzpunkten P1_A und P2_A
(b) Beispiel für einen ergänzten Wert P4 (virtuell) als maximale Wasserspiegelauslenkung im Heckbereich
- Bild 6.18 Beispiel für gemessene und ergänzte Sekundärwellenhöhe (Sportboot ‚Daniel N‘, Talfahrer mit $v_{\text{Schiff}} = 15,8 \text{ km/h}$)
- Bild 6.19 Bugabsenk aller Güterschiffe, getrennt für Berg- und Talfahrer
- Bild 6.20 Heckwellenhöhen aller Güterschiffe, getrennt für Berg- und Talfahrer
- Bild 6.21 Sekundärwellenhöhen von 50 Güterschiffen (MS, TMS und SV) und 54 Sportbooten (in den anderen Fällen war die Sekundärwellenhöhe nicht messbar)
- Bild 6.22 Rückströmungsgeschwindigkeiten von 21 Güterschiffen (nur MS und TMS) aus den ersten beiden Tagen der Messkampagne, getrennt nach Berg- und Talfahrern
- Bild 6.23 Messergebnisse der Querpeilungen in den 2 Messprofilen (2 obere Diagramme) sowie der Längspeilung mit Lage der 2 Messprofile (unteres Diagramm)
- Bild 9.1 Schilf- und Seggenpflanzung an der abgeflachten Uferböschung: flusswärts ist der vorgeschüttete Steinwall sichtbar (Abschnitte 1 und 2; Sept. 1989; zu den Standorten der Fotos des Kap. 9 siehe Anlage 9.3)
- Bild 9.2 Röhrichtpflanzung an abgeflachter Uferböschung, Blick vom Ufer zur Steilkante (Abschnitt 2; Sept. 1989; der rote Stab ragt 1 m aus der Erde)
- Bild 9.3 Mit zum Teil über 3 m langen Ausläufern, hier erkennbar als heller oberirdischer Sprossausläufer neben dem weißen Maßstab, dringt das im Frühjahr angepflanzte Schilf (*Phragmites australis*) in Richtung Fluss vor (Abschnitt 5, Flachwasserzone sowie Insel/Leitwerk; Sept. 1989)
- Bild 9.4 Röhrichtpflanzung am abgeflachten Ufer mit Steinwall. Im Hintergrund: Verladeanlage des Kieswerkes am gegenüberliegenden Ufer (Abschnitt 7; Sept. 1989)
- Bild 9.5 Röhrichtpflanzung am abgeflachten Ufer, geschützt durch eine Weidenfaschine (Abschnitt 9; Sept. 1989)
- Bild 9.6 Die neu angelegten Weiden-Spreitlagen haben kräftig ausgeschlagen. Im Hintergrund: Straßenbrücke zwischen Stolzenau und Leese (Abschnitt 7a; Sept. 1989)
- Bild 9.7 Vegetationsentwicklung am abgeflachten Ufer im Bühnenfeldbereich im Schutz durch Faschine und Steinwall (Planungsabschnitt 1)
- Bild 9.8 Vegetationsentwicklung am belassenen Ufer außerhalb des Bühnenfeldbereiches: links (Abschnitt 13) mit, rechts (Abschnitt 15) ohne Schutz durch eine Faschine
- Bild 9.9 Lebensraumtypen der Versuchsstrecke Stolzenau 2005/2006 (Übersicht)
- Bild 9.10 Vegetationstyp (1) Schilf-(*Phragmites australis*-)Röhricht im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 1 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)

- Bild 9.11 Vegetationstyp (2) Staudenreicher Rohrglanzgras- (*Phalaris arundinacea*-) Bestand mit Arznei-Engelwurz (*Angelica archangelica*) im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 2 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)
- Bild 9.12 Vegetationstyp (3) Kriechquecken-Flutrasen, dominiert von Kriech-Quecke (*Elymus repens*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 3 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)
- Bild 9.13 Vegetationstyp (4) Uferstaudenflur als Brache-Vegetation, dominiert von Brennessel (*Urtica dioica*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 4 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)
- Bild 9.14 Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) mit Symptomen eines *Phytophthora*-Befalls (Erlensterben): links mit ungleichmäßiger Krone und starkem Fruchtansatz, rechts sog. „Teerflecken“ am Stammgrund. 5 von 6 Erlen wiesen 2006 in der Versuchsstrecke solche Symptome auf (Erle 1; Abschnitt 14a, 13.9.2006)
- Bild 9.15 Die Pflanzpfähle der in Abschnitt 14a gepflanzten Erlen sind 2006 noch vorhanden. Bildmitte: einzige hier überlebende, aber kranke Erle (s. o.; 13.9.2006)
- Bild 9.16 Stammgrund einer toten Schwarz-Erle (Erle 2; Planungsabschnitt 14a; 13.9.2006)
- Bild 9.17 Trampelpfade, Müll (v. a. Flaschen, aber z. B. auch eine Kunststoffschnur) sowie eine Feuerstelle (auf Buhne 3) belegen, dass die Versuchsstrecke betreten und vermutlich von Anglern genutzt wird (14.9.2006)
- Bild 9.18 Abgeflachte Uferböschung mit „Abbruchkante“, 2: 1988: vor Pflanzung des Röhrichts, 2006: mit dichtem Röhrichtgürtel, 4: 1988: vor Einbringung der Weiden-Steckhölzer, 2006: mit 7 m hohem Weidengebüsch; 3: Stummelbuhne
- Bild 9.19 Abgeflachte Uferböschung, 7: mit Röhricht, 7a: mit Weiden-Spreitlagen; 3a: Stummelbuhne (2006 eingewachsen)
- Bild 9.20 Entwicklung der Vegetationseinheiten Schilf-Röhricht und Gehölze von 1989 bis 2005 auf der im Maßstab 1 : 500 kartierten ufernahen Fläche (ohne das von Hochstauden dominierte Hinterland, das in Bild 9.9 schraffiert dargestellt ist)
- Bild 9.21 Entwicklung aller Vegetationseinheiten von 1999 bis 2005 auf der im Maßstab 1 : 500 kartierten ufernahen Fläche (ohne das von Hochstauden dominierte Hinterland, das in Bild 9.9 schraffiert dargestellt ist)
- Bild 9.22 Das Schilf-Röhricht in Abschnitt 13 hat sich stromseits bis über die Höhe der hier 1989 eingebauten Faschine hinaus ausgebreitet (Bild links). Im Bild rechts sind die Faschinen-Pfähle noch zu sehen (13.9.2006)
- Bild 9.23 Entwicklung der Schilf-Röhrichte in Abhängigkeit von der Ufermorphologie (für sechs Röhrichtpflanzungen an abgeflachten und drei an belassenen Uferböschungen)
- Bild 9.24 Monatliche Niederschlagssummen von Nienburg/Weser sowie langjähriges Mittel der Monatssummen zum Vergleich, nach /DWD 1988 - 2003; DWD 2004 - 2005/
- Bild 9.25 Anzahl der Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa*) in der Versuchsstrecke zwischen 1989 und 2006
- Bild 9.26 Vorkommen der Kartiereinheiten in Relation zu NN und zu den Wasserständen

- Bild 9.27 Eine relativ hohe Toleranz gegenüber Wellenschlag an exponierten Standorten (wie hier am Bühnenkopf 5) zeigen am linken Bildrand Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) und am rechten Bildrand Mandel-Weide (*Salix triandra*) (14.9.2006, bei Niedrigwasser)
- Bild 9.28 Schilf-„Vorposten“, offensichtlich mit Wellenschlagschäden: abgebrochene Halme und kümmerliche Triebe (Abschnitt 12, 13.9.2006 / bei Niedrigwasser)
- Bild 9.29 Guter Erosionsschutz durch Schilf-Röhricht, auch auf einem nicht-abgeflachten Uferabschnitt ohne Schutz durch eine Faschine (Abschnitt 15 am 13.9.2006, bei Niedrigwasser)
- Bild 9.30 Ufernaher Unterwuchs unter Weiden in Abschnitt 10 (14.9.2006, bei Niedrigwasser)
- Bild 9.31 Die oberflächennahe Erosion von Feinmaterial ist im Schatten der Weiden (Abschnitt 10) mangels einer flächendeckenden Grasschicht stärker als unter Schilf (14.9.2006, bei Niedrigwasser)
- Bild 9.32 Wertstufen der Biotoptypen (Lebensräume) nach /Bierhals et al. 2004/ (Bestand 2005/2006) (Lebensraumtypen s. Bild 9.9, S. 79)
- Bild 9.33 Bewertung der Vegetation der Planungsabschnitte 2005 im Hinblick auf Pflanz-Erfolg, Schutz vor Ufererosion sowie naturschutzfachlichen Wert
- Bild 10.1 Typischer Brutvogel (Teichrohrsänger) der Schilfvegetation am Weserufer bei Stolzenau
- Bild 10.2 Darstellung der Relativen Häufigkeit der Fischarten an der Probestelle in der Weser (RU 43 Individuen, AU 120 Individuen)
- Bild 10.3 Der Döbel, ein häufig gefundener Fisch in der Weser
- Bild 10.4 Mittlere Jungfischdichten an Probestellen mit unterschiedlichen Vegetationsdeckungsgraden
- Bild 10.5 Mittlere Jungfischdichte an Messpunkten mit unterschiedlichen Substrattypen
- Bild 10.6 Mittlere Jungfischdichte bei unterschiedlicher Wassertiefe in Dezimetern
- Bild 10.7 Typische Hartsubstratprobe (Weser bei Stolzenau)
- Bild 10.8 Dendrogramm der Clusteranalyse (agglomeratives Verfahren) der MZB-Proben an der Weser bei Stolzenau 2006 (Objekte = 30 Taxalisten).
- Bild 10.9 Die Schwebegarnele *Neomysis integer* (aus /Köhn 1992/)
- Bild 10.10 Der Neozoe Großer Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* dominiert das Makrozoobenthon der alternativen Ufersicherung der Weser bei Stolzenau
- Bild 11.1 Empfehlungen für Pflegemaßnahmen in der Versuchsstrecke Stolzenau / Weser
- Bild 12.1 Einflussgrößen auf die Belastbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungen

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1	Maßnahmen an den einzelnen Uferabschnitten (vergleichbare Abschnitte sind zusammengefasst und hier jeweils gleichfarbig hinterlegt)
Tab. 4.2	Zusammenstellung der Kosten für die Hauptbauleistungen zur Errichtung der alternativen Ufersicherungen an der Weser bei Stolzenau und deren prozentuale Anteile
Tab. 5.1	Vereinfachter Baugrundaufbau und Berechnungskennwerte
Tab. 5.2	Jahres- und Tagesmittel (August) der in den Schleusen Schlüsselburg und Landesbergen täglich verkehrenden Güterschiffe für 1990 und 2003 (Annahme 260 Arbeitstage = Fahrtage)
Tab. 5.3	Charakteristische Abflusswerte an den Pegeln Porta, Bierde und Liebenau, nach /DGJ 1998/
Tab. 5.4	Wasserstände und Abflüsse an den Pegeln Stolzenau und Liebenau im Messzeitraum
Tab. 5.5	Zusammenstellung der maximalen Jahresabflüsse (Hochwasserereignisse) am Pegel Liebenau / Weser für die Jahre 1990 - 2003
Tab. 5.6	Zusammenstellung der niedrigsten Hochwasserabflüsse am Pegel Liebenau / Weser für die Jahre 1990 - 2003
Tab. 5.7	Berechnete mittlere Werte für Wassertiefe, Abfluss, Strömungsgeschwindigkeit und mittlere Schubspannung in einem 5 m breiten, ufernahen Streifen auf der rechten Gewässerseite im Bereich der Messsonden
Tab 6.1	Statistische Kennzahlen der beobachteten 80 Güterschiffe (Gütermotorschiffe GMS, Tankmotorschiffe TMS und Schubverbände SV); Variablen soweit möglich nach GBB /BAW 2004/
Tab 6.2	Statistische Kennzahlen der beobachteten 68 Sportboote; Variablen soweit möglich nach GBB /BAW 2004/
Tab. 7.1	Hauptwerte der wichtigsten hydraulischen Belastungsgrößen
Tab. 8.1	Gegenüberstellung der vorhandenen und zulässigen Strömungsgeschwindigkeiten und Schleppspannungen /Wendehorst 1989/
Tab. 9.1	Vegetationsaufnahmen zu den wichtigsten Kartiereinheiten (14.9.2006)
Tab. 9.2	Übersicht über die Pflanzmethoden, die sich an der Versuchsstrecke bewährt bzw. nicht bewährt haben
Tab. 9.3	Hydraulische Belastbarkeit der in der Versuchsstrecke verwendeten technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen laut Literatur sowie tatsächlich aufgetretene hydraulische Belastungen
Tab. 9.4	Vegetationsentwicklung an vergleichbar angelegten Uferabschnitten (hier jeweils zusammengefasst und gleichfarbig hinterlegt; vgl. Tab. 4.1 und Bild 9.33) sowie deren Bewertung
Tab. 10.1	Klassifizierungen und verwendete Abkürzungen für die Vogelbeobachtungen
Tab. 10.2	Bewertungskriterien Avifauna
Tab. 10.3	Bewertungsstufen der Roten Liste von Deutschland /Rote Liste D 2002/

- Tab. 10.4 Vogelarten an der Weser bei Stolzenau, streng geschützte sowie gefährdete Arten sind rot markiert; B - Brutvogel, G - Gastvogel, b - besonders geschützt, s - streng geschützt, V - Vorwarnliste, „ - „ - kein besonderer Schutzstatus
- Tab. 10.5 Fazit: Bewertung der Avifauna an der Weser bei Stolzenau am AU
- Tab. 10.6 Bewertung der Weser bei Stolzenau an den beiden befischten Uferabschnitten nach /Brunken 1986/ bzw. in Anlehnung an die WRRL sowie die Bedeutung der Ufersicherungen für die Fischfauna
- Tab. 10.7 Übersicht aller in Zusammenhang mit dem Makrozoobenthos verwendeten Auswertungsparameter.
- Tab. 10.8 Gesamttaxazahl, mittlere Taxazahl, Rote Liste-Arten, Neozoenzahl, r-Dominanz, Artendiversität, Potamon-Typie-Index und Saprobienindex im Untersuchungsabschnitt Weser bei Stolzenau im Jahr 2006
- Tab. 10.9 Zusammenfassung: Tierökologischer Vergleich von alternativer Ufersicherung (AU) und herkömmlicher Ufersicherung (RU) im gleichen Weserabschnitt bei Stolzenau
- Tab. 11.1 Pflegeplan mit kurz- bis langfristigen Pflegemaßnahmen

Anlagen

Alle Anlagen sind in einem separaten ‚Anlagenband‘ zusammengestellt.

1 Veranlassung

Zur Verhinderung von Erosionserscheinungen infolge Schifffahrt werden die Ufer der Bundeswasserstraßen auf weiten Strecken durch geeignete Maßnahmen wie z. B. Deckwerke aus Steinschüttungen gesichert. Bei vielen Baumaßnahmen – insbesondere in Gebieten von hohem naturschutzfachlichen Rang – haben neben den technischen Anforderungen auch ökologische Gesichtspunkte einen zunehmend größeren Stellenwert. Das bedeutet, dass bei Unterhaltung, Ausbau und Neubau von Wasserstraßen immer häufiger auch alternative, naturnähere Ufersicherungsmethoden in Betracht zu ziehen sind. Zu diesen Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen gibt es bisher nur wenige Erfahrungswerte. Es existieren im Bereich der WSV zwar örtlich bereits Versuchsstrecken, an denen Vegetationskomponenten eingebaut und beobachtet werden. Jedoch wurden die in einzelnen Strecken gesammelten Erfahrungen bisher nicht gebündelt und zentral ausgewertet. Systematische Untersuchungen zur hydraulischen Belastbarkeit von alternativen Ufersicherungen wurden bislang nicht durchgeführt. Aus diesem Grund wurde von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ein Forschungsprojekt initiiert, das die Anwendbarkeit alternativer Ufersicherungen an Wasserstraßen unter technischen und naturschutzfachlichen Gesichtspunkten untersucht. Langfristiges Ziel ist es, den planenden Mitarbeitern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) fundierte Grundlagen und Empfehlungen zur Anwendung dieser Ufersicherungen zur Verfügung zu stellen.

Das Forschungsprojekt „Untersuchungen zu alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“ wird seit 2004 gemeinsam von den Referaten Erdbau und Uferschutz (G4 - federführend) und Schiff/ Wasserstraße, Naturuntersuchungen (W4) der BAW und den Referaten Vegetationskunde, Landschaftspflege (U3) und Tierökologie (U4) der BfG bearbeitet.

Mitte 2004 wurde bei allen Direktionen und Ämtern der WSV eine Fragebogenaktion durchgeführt, um den Bestand bereits vorhandener Versuchsstrecken mit alternativen Ufersicherungen erfassen zu können und Informationen zu Ort, Maßnahme, Randbedingungen und Erfahrungen zu erhalten. Nach umfangreichem Rücklauf bis Anfang 2005 mündete die Auswertung der Antworten in einen ersten Teilbericht /BAW-BfG 2006/. Auf der Grundlage dieses Berichtes werden einzelne charakteristische Streckenabschnitte näher untersucht. Dabei werden jeweils der aktuelle Zustand der Ufersicherung begutachtet, die geotechnischen und geometrischen Randbedingungen erfasst, eine Bestandsaufnahme zur Vegetation und Fauna durchgeführt und die hydraulischen Belastungen aus Schifffahrt in einem begrenzten Zeitraum gemessen. Gleichermaßen werden alle erreichbaren alten Unterlagen aus der Zeit der Planung und Ausführung der Versuchsstrecke zusammengetragen, ausgewertet und mit den neuen Untersuchungen verglichen. Auf diese Weise können die Erfahrungen quantifiziert werden und in allgemeine Empfehlungen einfließen. Als erster Abschnitt für diese Detailuntersuchungen wurde die Versuchsstrecke Stolzenau (Mittelweser km 241,550 bis km 242,300) ausgewählt. Die Ergebnisse sind im vorliegenden 2. Teilbericht dokumentiert und ausgewertet.

2 Unterlagen

Im Folgenden werden alle projektspezifischen Unterlagen, die für die Bearbeitung genutzt wurden, und Teilberichte und Zwischenergebnisse, die im Rahmen des Projektes erarbeitet wurden, genannt. Allgemeine Fachliteratur, relevante Vorschriften u. ä. werden unter dem Kapitel ‚Literatur und Quellen‘ am Ende des Berichtes aufgeführt.

- /BAW-BfG 2006/ Bundesanstalt für Wasserbau, Bundesanstalt für Gewässerkunde
Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen (F&E-Projekt)
Teil 1: Veranlassung, Umfrage und internationale Recherche
BfG-Nr.:1484 / BAW-Nr.: 2.04.10151.00
Eigenverlag, Karlsruhe / Koblenz Mai 2006
- /BfG 1996/ Bundesanstalt für Gewässerkunde
**Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen.
Materialien zur Bewertung von Umweltauswirkungen**
(Environmental impact studies relating to federal waterways.
Materials for the evaluation of environmental impacts)
BfG-Mitt. Nr. 9
Eigenverlag, Koblenz 1996
- /BfG-U4-651 2006/ **Untersuchung und Bewertung von ausgewählten Ufersicherungs-
maßnahmen an Bundeswasserstraßen - Teil Avifauna -**
Beratungsgesellschaft NATUR dbR, Nackenheim
Koordination BfG: Schleuter, M., Koop, J.
- /BfG-U4-653 2006/ **Untersuchung und Bewertung von ausgewählten Ufersicherungs-
maßnahmen an Bundeswasserstraßen - Teil Fische -**
Bürogemeinschaft für Fisch- und Gewässerökologische Studien, Riedstadt
Koordination BfG: Schleuter, M., Koop, J.
- /BfG-U4-655 2006/ **Bewertung von alternativen Ufersicherungsmaßnahmen auf der Basis
von Makrozoobenthos**
Büro für Gewässerökologie, Karlsruhe
Koordination BfG Schleuter, M., Koop, J.
- /IBS 2006a/ Ingenieurbüro Schmid
**Bericht zu den Schiffsbeobachtungen an der Mittelweser bei Stolzenau
(10. bis 17. August 2005)**
Bericht erstellt im Auftrag der BAW
Eigenverlag, Kapsweyer 1.2.2006, 19 S. mit 4 Anlagen und 2 Anlage-Bänden

- /IBS 2006b/ Ingenieurbüro Schmid
**Wellendiagramme zu den Schiffsbeobachtungen an der Mittelweser bei
Stolzenau (10. bis 17. August 2005)**
Anlage-Band zum Bericht /IBS 2006a/
Eigenverlag, Kapsweyer Februar 2006
- /IBS 2006c/ Ingenieurbüro Schmid
**Geschwindigkeitsdiagramme zu den Schiffsbeobachtungen an der
Mittelweser bei Stolzenau (10. bis 17. August 2005)**
Anlage-Band zum Bericht /IBS 2006a/
Eigenverlag, Kapsweyer Februar 2006
- /IWS-TB Franke, J., Kengatharam, T., Wieprecht, S.
6/2005/ **Alternative, naturnahe Ufersicherungen an schiffbaren Gewässern
- Internationale Literatur, Vorschriften und Erfahrungen -**
Technischer Bericht Nr. 6/2005, erstellt im Auftrag der BAW
Eigenverlag, Stuttgart 2005, 43 S.
- /WSA Verden Wasser- und Schifffahrtsamt Verden
2004/ **Schleusenstatistik Schlüsselburg und Landesbergen
– Jahresbilanzen 1990 - 2003**
Schreiben vom 2.11.2004

3 Untersuchungsgebiet

Die Weser – mit einer Länge von 452 km – beginnt nach dem Zusammenfluss von Werra und Fulda als Oberweser in Hannoversch Münden etwa in einer Höhe von NN + 116,5 m. Nach der Querung mit dem Mittellandkanal am Wasserstraßenkreuz Minden wird sie als Mittelweser bezeichnet. Etwas weiter nördlich fließt die Weser ab Stolzenau durch Niedersachsen.



Bild 3.1: Lage des Untersuchungsgebietes

Bei Stolzenau befindet sich am rechten Ufer der Mittelweser (s. Bild 3.1) die im Folgenden näher begutachtete Untersuchungsstrecke mit alternativen Ufersicherungen. In Bremen geht die Mittelweser in die Unterweser über und mündet als Außenweser bei Bremerhaven in die Nordsee.

Der Untersuchungsbereich von km 241,550 bis km 242,300 befindet sich zwischen den Staustufen Schlüsselburg und Landesbergen im Innenradius einer leichten Flusskrümmung (Gleithangbereich) nahe der Ortschaft Stolzenau (Landkreis Nienburg/ Weser). Dieser Bereich liegt außerhalb von Schutzgebieten. Der Stauwasserspiegel (hydrostatischer Stau) liegt hier bei NN + 26,50 m. Im Rahmen der Mittelweseranpassung wurden Anfang der 1990er Jahre Maßnahmen durchgeführt, die eine ganzjährige Befahrbarkeit mit maximal 2,50 m abgeladenen 1.350 t - Schiffen ermöglichen. Damit entspricht die Mittelweser gegenwärtig den Anforderungen der Wasserstraßenklasse IV. Eine Erweiterung zur Wasserstraßenklasse Va ist unter Berücksichtigung der ökologischen Verhältnisse des Wesergebietes vorgesehen, um für den Verkehr der Europaschiffe und Großmotorgüterschiffe bis 110 m Länge langfristig die Fahrrinntiefe von derzeit 2,50 m bzw. 2,80 m auf maximal 3,00 m zu erhöhen.

Das Untersuchungsgebiet ist naturräumlich der „Weseraue“ zuzuordnen und grenzt an die „Stolzenauer Terrasse“, beides Untereinheiten der „Unteren Mittelweser“. Die vorherrschenden Bodentypen sind verschiedene Aue-Böden, gleyartige Braunerden mit vorwiegend sandig-kiesig-lehmiger Textur sowie Flachmoorböden am Rand der Geest. Die Weseraue ist heute weitgehend waldfrei und vorwiegend landwirtschaftlich genutzt. An den meist einförmig strukturierten Ufern der Weser trifft man gelegentlich in Bereichen, in denen die Nutzung (vor allem Beweidung) nicht bis unmittelbar an das Ufer reicht, noch ein schmales Band aus Röhricht, Weidengebüschen und anderen Uferpflanzen an /Meisel 1959/. Die Gewässerstrukturgüte im Bereich der Stauhaltung Landesbergen wurde dementsprechend in die Klasse 5 (merklich geschädigt) eingestuft /AG Reinhaltung Weser 1998/. Berücksichtigt wurden hierbei die Kriterien Gewässerbettynamik, Auedynamik, Linienführung, Strukturbildungsvermögen, Gehölzsaum, Retention sowie Entwicklungspotenzial. Die jährlichen Niederschlagsmengen betragen ca. 770 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9,9 °C (Zeitraum: 1988 - 2005; vgl. Bild 3.2).

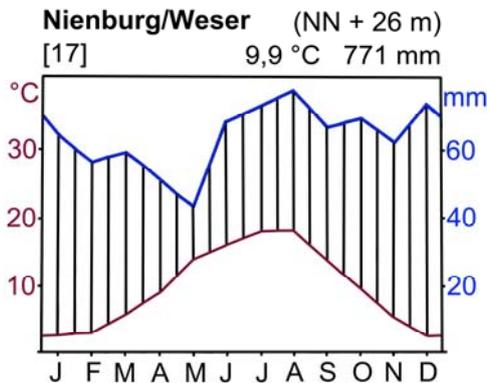


Bild 3.2: Klimadiagramm über 17 Jahre für Nienburg/Weser mit dem Niederschlag (Monatssummen) sowie der Lufttemperatur (Monatsmittel) nach /DWD 1988 - 2003; DWD 2004 - 2005/

Die Gewässergüte der Weser wird seit ca. 100 Jahren durch sehr hohe Salzgehalte beeinträchtigt. Die kalium- und magnesiumhaltigen Salze stammen aus der Kalisalzproduktion im Einzugsgebiet.

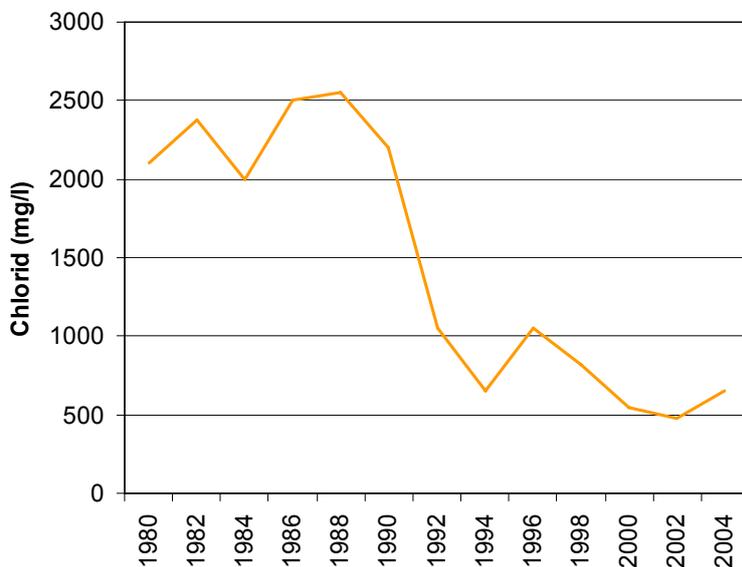


Bild 3.3: Jahresmittel der Chloridkonzentrationen an der Gütemessstation Hemeln (Weser) /NLWKN 2006/

Der Salzgehalt konnte in den 90er Jahren deutlich reduziert werden (Bild 3.3), ist jedoch mit 250 - 400 mg/l in der Mittelweser noch immer vergleichsweise hoch. (Wasserlebewesen werden ab einer Chloridkonzentration von ca. 200 mg/l beeinträchtigt.) /NLWKN 2006/

4 Ufersicherung in der Versuchsstrecke

4.1 Ausgangszustand sowie Beschreibung der Ufersicherung

Im Rahmen der Mittelweseranpassung wurden 1988/89 auf Initiative des WSA Verden am rechten Ufer auf einer Strecke von ca. 750 m (km 241,550 bis km 242,300) in Zusammenarbeit mit der BfG und BAW alternative technisch-biologische Ufersicherungen eingebaut. Da zu diesem Zeitpunkt nur wenig Erfahrungen mit derartigen Ufersicherungen an Wasserstraßen und insbesondere Flüssen vorlagen, wurde die Strecke als Versuchsstrecke deklariert und in den folgenden Jahren intensiv beobachtet. Verschiedene Bauweisen sollten hier erprobt werden.

Ausgangszustand (vor Einrichtung der Versuchsstrecke)

Das Ufer war im oberstromigen, ca. 300 m langen Abschnitt durch einzelne Buhnen gegliedert, im unterstromigen Abschnitt mit einer relativ einheitlichen, mit Wasserbausteinen gesicherten Böschung ausgebildet. Das angrenzende Gelände wurde als Weideland genutzt (Bild 4.1).



Bild 4.1: Ausgangszustand der Versuchsstrecke: Weidenutzung bis ans Ufer (18.8.1988)

In den Bühnenbereichen konnten die Tiere unmittelbar zum Trinken an das Wasser gelangen. Im Bereich der Uferböschung waren zwei ca. 20 m breite gepflasterte Uferabschnitte jeweils als Viehtränke hergerichtet worden.

Der Bewuchs entlang des Ufers beschränkte sich auf einige kleine Buschgruppen, Röhrichtinseln aus Rohr-Glanzgras sowie einige Hochstauden. Dies galt auch nach Einrichtung der Versuchsstrecke dementsprechend noch für diejenigen Abschnitte der Versuchsstrecke, in denen keine Maßnahmen durchgeführt worden waren. In ca. 15 bis 25 m Entfernung vom Ufer steigt das Gelände um einige Meter an. Landeinwärts fand und findet hier ebenfalls eine Weidenutzung statt, wobei im Abstand von ca. 30 bis 50 m zur Versuchsstrecke inzwischen durch Kiesabbau ein Baggersee entstanden ist (Bild 4.2).

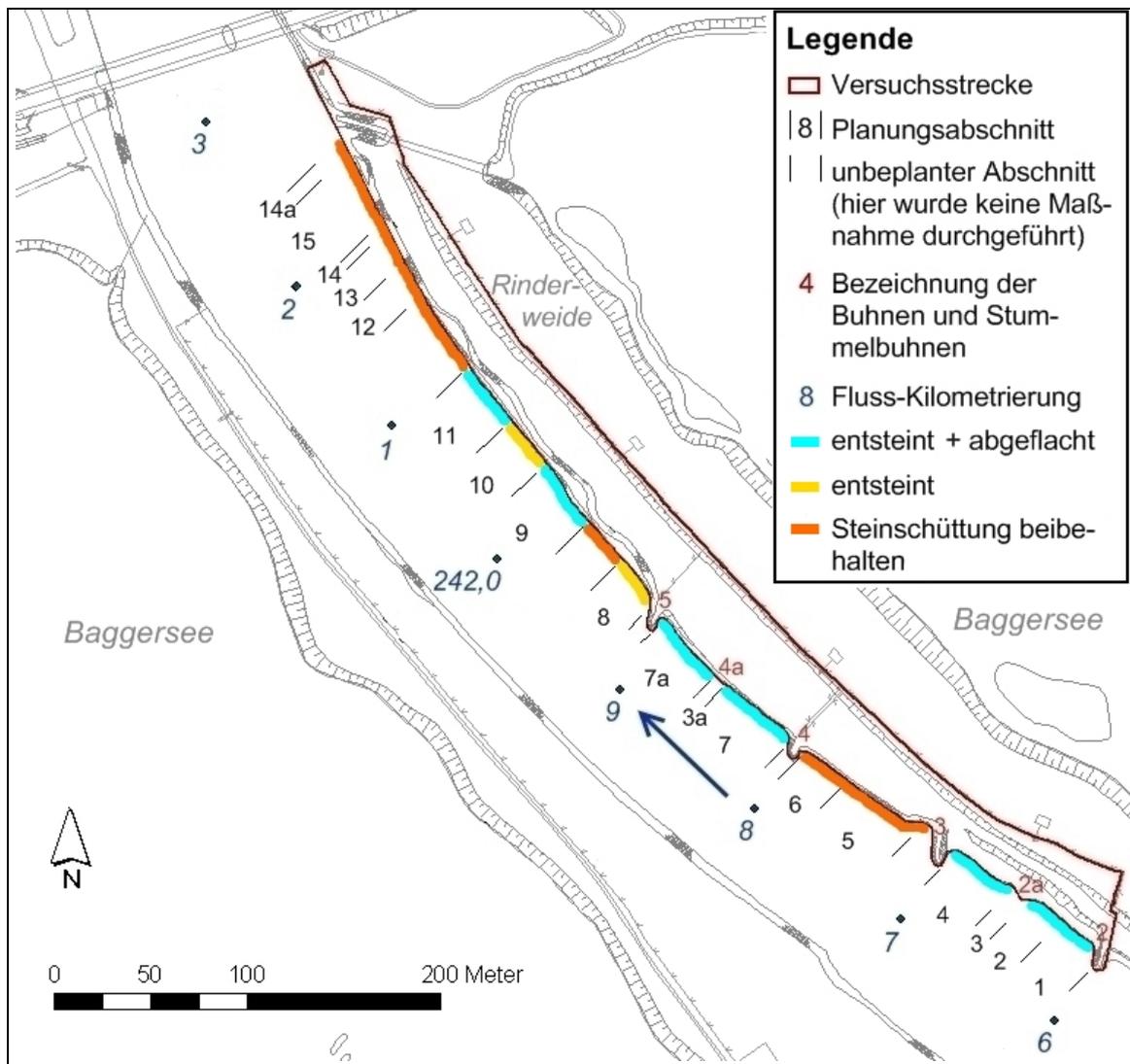


Bild 4.2: Die Versuchsstrecke zwischen km 241,550 und 242,300 mit den Planungsabschnitten

Die vier Bühnen im ersten Abschnitt der Versuchsstrecke von km 241,550 bis km 241,930 wurden ursprünglich 1908 erbaut und im Rahmen der Mittelweserkanalisierung 1960/61 aufgehöhht, jedoch seit den 70er Jahren nicht mehr unterhalten. Dementsprechend waren sie bis 1988 zum größten Teil verfallen.

Ufersicherungsmaßnahmen 1988/89

Einen Überblick über die durchgeführten Maßnahmen gibt Tab. 4.1. Ausführliche Informationen sind der Planungskarte 1988 (Anlage 4.1), der Bestandskarte 1989 (Anlagen 4.2-1 und 4.2-2), der tabellarischen Detailplanung des WSA Verden 1989 (Anlage 4.3; dort geringfügige Abweichungen in der Nummerierung) sowie der Maßnahmenbeschreibung des WSA Verden (Anlage 4.4) zu entnehmen.

Tab. 4.1: Maßnahmen an den einzelnen Uferabschnitten (vergleichbare Abschnitte sind zusammengefasst und hier jeweils gleichfarbig hinterlegt)

Abschnitts- Nummer	Maßnahmen
1	- Entfernung der Wasserbausteine und Abflachung der Uferböschung (1 : 7) - Steinwall: Hydrostatischer Stau + 20 cm - Flachwasserzone: Untergrund aufgefüllt bis hydrostatischem Stau - 10 cm - Faschine aus Totholz - Schilf- und Seggenpflanzung
2	- wie unter 1 nur ohne Faschine
4	- Entfernung der Wasserbausteine und Abflachung der Uferböschung (1 : 7) - Steinwall: Hydrostatischer Stau + 20 cm ohne weitere Verfüllung - Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen
7	- Entfernung der Wasserbausteine und Abflachung der Uferböschung (1 : 7) - Steinwall: Hydrostatischer Stau - 10 cm ohne weitere Verfüllung - Schilf- und Seggenpflanzung sowie Schilfmatten - Sicherung mit Vegetationsgewebe
7a	- Ufergestaltung wie unter 7 - Böschung mit Weiden-Steckhölzern/-Setzstangen sowie Spreitlagen aus Weiden-ästen (ausschlagfähiges Material) gesichert
5	- Böschungsneigung und Wasserbausteine beibehalten - Insel / Leitwerk aus Schüttsteinen (Mittelwasser + 10cm) - Anschluss ans Gelände mit Steinwall: Hydrostatischer Stau + 20 cm - Flachwasserzone: aufgefüllt bis hydrostatischer Stau - 10 cm - Schilf- und Seggenpflanzung
6	- Böschungsneigung und Wasserbausteine beibehalten - Insel / Leitwerk aus Schüttsteinen (Mittelwasser + 10cm) - Anschluss ans Gelände mit Steinwall: Hydrostatischer Stau - 10 cm - Flachwasserzone: aufgefüllt bis hydrostatischem Stau - 10 cm - Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen

Abschnitts- Nummer	Maßnahmen
8	- Wasserbausteine entfernt (Böschungsneigung beibehalten) - Schilf- und Seggenpflanzung - Sicherung mit Vegetationsgewebe
13	- vorhandene Uferböschung samt Wasserbausteinen unverändert beibehalten - Faschinen aus Totholz - Schilf- und Seggenpflanzung
15	- wie unter 13 nur ohne Faschinen
9	- Entfernung der Wasserbausteine und Abflachung der Uferböschung (1 : 7) - 3 m breite Berme zwischen hydrostatischem Stau und Mittelwasser - Faschinen aus Totholz - Schilf- und Seggenpflanzung - landeinwärts: Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen
11	- wie unter 9 nur ohne Faschinen und ohne Weiden
10	- Wasserbausteine entfernt (Böschungsneigung beibehalten) - mit Spreitlagen aus Weidenästen (ausschlagfähiges Material) gesichert
12	- vorhandene Uferböschung samt Wasserbausteinen unverändert beibehalten - Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen
14	- vorhandene Uferböschung samt Wasserbausteinen unverändert beibehalten - Erlenreihe angepflanzt
14a	- wie unter 14
3	- Stummelbuhne 2a aus Schüttsteinen wiederhergestellt (zuvor Wasserbausteine entfernt und auf 1 : 7 abgeflacht; laut Bestandskarte 1989 wurde dahinter der an Abschnitt 2 angrenzende Teil außerdem mit Schilf bepflanzt)
3a	- Stummelbuhne (Nr. 4a in Abschnitt 3a) als Reisiglahnung hergestellt (zuvor Wasserbausteine entfernt und auf 1 : 7 abgeflacht; laut Bestandskarte 1989 wurden dahinter Schilf und Weiden gepflanzt, wie auf den angrenzenden Abschnitten 7 und 7a)
Buhne 2	- alte Grundfläche freigeräumt und Buhne mit Schüttsteinen wiederhergestellt
Buhne 3	- alte Grundfläche freigeräumt und Buhne durch Packen wiederhergestellt
Buhne 4	- alte Grundfläche freigeräumt und Buhne durch Pflastern wiederhergestellt
Buhne 5	- alte Grundfläche freigeräumt und Buhne mit Schüttsteinen wiederhergestellt
unbeplante Abschnitte	- belassen

Die vorhandenen Uferstrukturen wurden in die Neuplanung integriert und erweitert. Innerhalb der vorhandenen Buhnenfelder (Planungsabschnitte 1 - 7a) wurde die Uferlinie durch Uferabgrabungen neu ausgebildet und ein unregelmäßigerer Uferlinienverlauf hergestellt.

Sowohl die vier Buhnen (2 - 5) als auch die Stummelbuhne 2a wurden saniert und in ihren ursprünglichen Abmessungen wiederhergestellt. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Arten des Buhnenbaus in Bezug auf ihre Herstellungskosten, Haltbarkeit und Schutzwirkung für die Bepflanzung am Ufer zu bekommen, wurden die Buhnen in unter-

schiedlichen Bauweisen hergestellt (gepflastert, geschüttet und gepackt). Zusätzlich wurde eine Stummelbuhne (Nr. 4a in Abschnitt 3a) als Reisiglahnung erstellt (vgl. Tab. 4.1). Mit den Stummelbuhnen wurden weitere strömungsverändernde Strukturelemente im Uferbereich angelegt, von denen positive Auswirkungen auf die Artenvielfalt im Gewässer zu erwarten waren.

Zur Reduzierung der hydraulischen Belastung der Ufer infolge Schifffahrt und somit zum Schutz der neu angepflanzten Ufersicherungen wurden die drei Bühnenfelder zusätzlich mit Steinwällen aus Schüttsteinen in unterschiedlicher Höhe, die im Abstand von 3,50 m parallel zum Ufer verlaufen, unterteilt (vgl. Anlage, 4.1). Ein Filter zwischen Untergrund und Steinen wurde nicht angeordnet, da der anstehende Weserkies selbst als ausreichend filterstabil eingeschätzt wurde.

Die Oberkante der Steinwälle wurde so variiert, dass ein Wasseraustausch vor und hinter der Verwallung möglich war (bis zu 20 cm über bzw. 10 cm unter dem hydrostatischen Stau bei NN + 26,50 m). Die Bereiche zwischen den Steinwällen und dem Ufer wurden in den Abschnitten 1, 2, 5 und 6 bis auf 10 cm unter hydrostatischem Stau mit Kies aufgefüllt, so dass hier eine Flachwasserzone für die Ausbreitung von Röhrichtpflanzen geschaffen wurde (vgl. Bild 4.3).

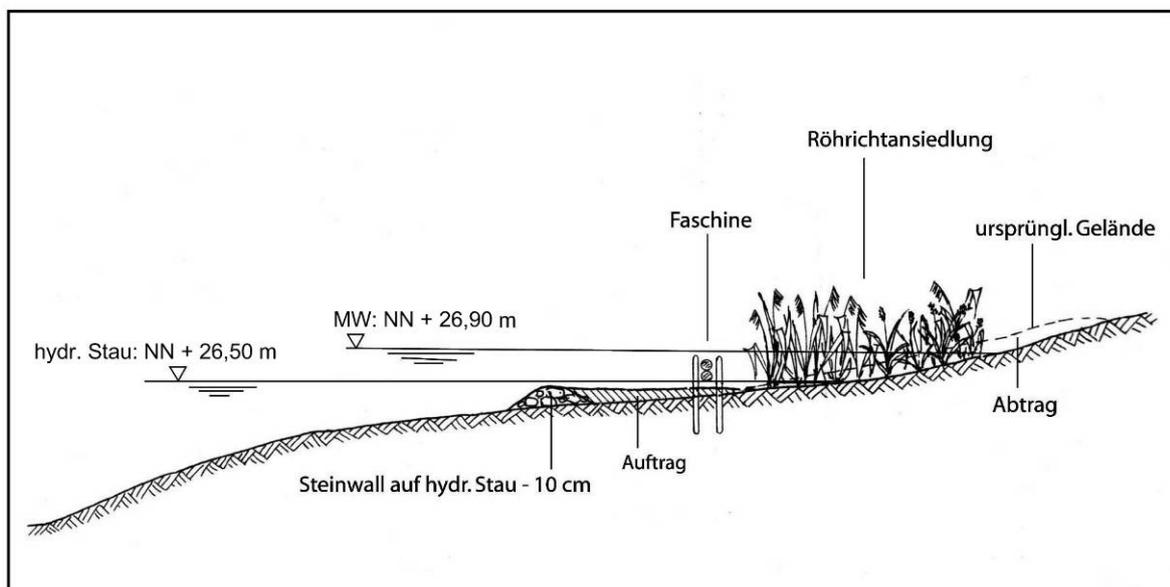


Bild 4.3: Uferneugestaltung durch Anlage eines Steinwalls und Uferabflachung: Profil von Abschnitt 1 (aus der Planung; realisiert wurde hier später ein Steinwall auf hydrostatischem Stau + 20 cm)

Aufgrund der Auffüllung zwischen den Bühnen und den Steinwällen konnte die Menge der Schüttsteine (Klasse III) für die Steinwälle reduziert werden. Mit zunehmendem Wachsen und Ausbreiten der Ufervegetation verloren die Steinwälle ihre Bedeutung und wurden sich selbst überlassen.

In den Abschnitten 5 und 6 wurde, im Abstand von ca. 3,50 m zum Ufer, ein inselartiger Steinwall aufgeschüttet (Mittelwasser + 10 cm, vgl. Bild 4.4).

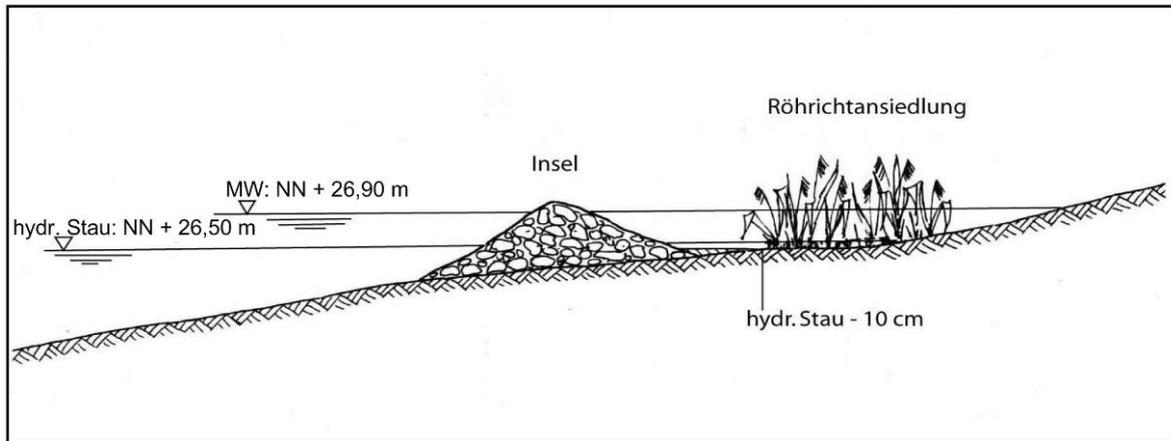


Bild 4.4: Uferneugestaltung durch Anlage eines inselartigen Steinwalls: Profil von Abschnitt 5 (aus der Planung)

Die zwischen den Bühnen unmittelbar am Ufer ursprünglich vorhandene Steinschüttung aus Wasserbausteinen wurde oberhalb des hydrostatischen Staus in den meisten Abschnitten entfernt. Dort wurde auch, zur Auflockerung des zuvor relativ geraden, einheitlich geneigten Ufers, die Böschung in mehreren Planungsabschnitten in einem Streifen von ca. 5 m Breite von 1 : 3 auf 1 : 7 abgeflacht (vgl. Bild 4.5 und Tab. 4.1), um in den entstehenden flachen Uferabschnitten günstigere Ansiedlungsbedingungen für eine Bepflanzung zu erhalten. Ein Teil der Anpflanzung wurde noch durch vorgelagerte Senkfaschinen geschützt, um deren Wirkung auf die Pflanzenentwicklung auch unter diesen Bedingungen zu ermitteln.

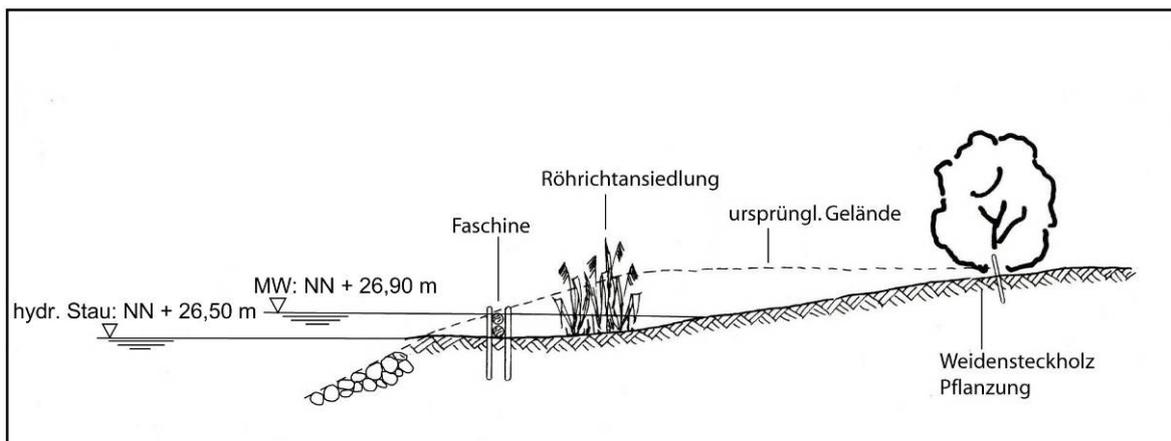


Bild 4.5: Uferneugestaltung durch Abflachung der Uferböschung: Profil von Abschnitt 9 (aus der Planung)

Dabei entstand zum sich anschließenden Gelände teilweise eine bis zu 1 m hohe „Abbruchkante“ (vgl. Bild 9.18, S. 86). Diese wurde belassen, eine Übergangsmodellierung erfolgte nicht. Das bei der Abflachung gewonnene Kiesmaterial wurde zu einem Teil zur Bühneninstandsetzung und zum größeren Teil zur Sohlaufhöhung zwischen den Bühnen verwendet.

Der Böschungsbereich unterhalb des hydrostatischen Staus wurde im Zuge der Einrichtung der Versuchsstrecke nicht verändert. Das alte Deckwerk aus Schüttsteinen blieb dort – soweit noch vorhanden – erhalten.

Diese wasserbaulichen Arbeiten wurden in den Herbst- und Wintermonaten 1988/89, die Anpflanzungen im Frühjahr/Frühsummer 1989 durchgeführt.

Oberhalb des hydrostatischen Staus wurden verschiedene Ufersicherungen mit Pflanzen der Fa. Bestmann, der Fa. Würfel (jeweils Firmen für ingenieurbio-logische Produkte) sowie der Fa. Baltus (Kieswerk) angelegt. Zusätzlich kamen, insbesondere zur Abgrenzung der Pflanzen der verschiedenen Firmen, in Absprache mit der Unteren Naturschutzbehörde des Kreises Nienburg, vom WSA Verden gewonnene Pflanzen aus der Region zum Einsatz.

Folgendes Pflanzmaterial wurde verwendet:

- vom WSA Verden geworbene Schilf- und Seggensoden (spatenbreit ausgestochen)
- angezogene Schilf- und Seggenballen
- angezogene Schilf- und Seggenballen in Verbindung mit einem Kokosgewebe
- angezogene Schilf- und Seggenballen in Verbindung mit einer Kokos-Strohmatte
- Vegetationsfaschinen
- angezogene Vegetationsmatten bzw. -paletten, bepflanzt mit Schilf
- vom WSA Verden geworbene Weidensteckhölzer (*Salix* spp.)
- Ast- und Zweigmaterial für Weidenspreitlagen (*Salix* spp.)
- angezogene Weidenpflanzen (*Salix* spp.)
- angezogene Erlen (*Alnus glutinosa*)

Folgende Röhricht- bzw. Riedarten wurden gepflanzt: Gewöhnliches Schilf (*Phragmites australis*), Schlank-Segge (*Carex acuta*), Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) sowie Scheinzypergras-Segge (*Carex pseudocyperus*). Diese Pflanzen wurden nahe oberhalb des hydrostatischen Staus einzeln in regelmäßigen Abständen im anstehenden Ufersubstrat eingepflanzt, wobei die Pflanzen der Firma Würfel mit Kokosgewebe ummantelt waren.

Unabsichtlich wurden mit dem Pflanzgut (wohl vor allem mit Soden) folgende Pflanzenarten eingebracht: Großer Schwaden (*Glyceria maxima*), Wiesen-Fuchsschwanzgras (*Alopecurus pratensis*), Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Rot-Schwengel (*Festuca rubra* agg.), Blut-Weiderich (*Lythrum salicaria*), Wiesen-Lieschgras (*Phleum pratense* s. l.), Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*), Arznei-Beinwell (*Symphytum officinale* s. l.) sowie Große Brennnessel (*Urtica dioica*).

Die Bepflanzungsmaßnahmen wurden entsprechend den verschiedenen präparierten Uferabschnitten variiert (s. Tab. 4.1 sowie Bestandserhebung 1989, Anlagen 4.2-1 und 4.2-2).

Durch Abzäunung und Beschilderung wurde bei Anlage der Versuchsstrecke die weitere Nutzung der Fläche als Rinderweide bzw. durch Angler und Erholungssuchende untersagt (vgl. Kap. 9.1.6 sowie Anlage 9.5).

4.2 Kosten

Der BfG lagen Aufstellungen zu den 1988/89 angefallenen Baukosten für die alternativen Ufersicherungen oberhalb des hydrostatischen Staus (noch in DM) vom WSA Verden, Abz. Windheim vor, die im Dezember 2004 in Auszügen der BAW zur Auswertung übergeben wurden. Die Kosten gliedern sich danach in folgende Untergruppen:

- (1) Erdarbeiten
- (2) Böschungs- und Sohlensicherungen (Ausbesserungen an den Bühnen; Steinschüttungen aus Natursteinen für die Steinwälle; Faschinen herstellen und einbauen; Spreitlagen herstellen und einbauen)
- (3) Lebendbau: Gewinnen und liefern von Pflanzmaterial (Röhricht, Steckhölzer und Erlen)
- (4) Lebendbau: Einbringen von Vegetationsmatten und Pflanzmaterial (Röhricht, Steckhölzer und Erlen)
- (5) Kombinierte Bauweisen
- (6) Sonstige Baukosten

Eine Grobanalyse der Kosten für die Hauptbauleistungen ist in Tab. 4.2 und Bild 4.6 dargestellt. Die Zahlenwerte ergeben sich auf Grundlage der detaillierten Auflistung der Kosten in Anlage 4.5. Die Zuordnung von Einzelposten zu den Gruppen in Tab. 4.2 musste z. T. subjektiv erfolgen, da dies nicht immer nicht eindeutig möglich war. Für die Währungsumrechnung wurde 1 € = 1,95583 DM angesetzt. Folgende wesentlichen Aussagen zu den Kosten lassen sich abschließend treffen:

- Die Kosten insgesamt betragen ca. € 172.000 für 750 m Uferlänge entspr. 230 € / lfdm
- Den größten Anteil der Kosten von ca. 2/3 (ca. € 110.000) bildet die Position (2) ‚Böschungs- und Sohlensicherungen‘ (hoher Anteil an Gerätekosten und Personalkosten)
- Den größten Kostenanteil hinsichtlich der biologischen Komponenten der Ufersicherung bilden die zwei Positionen (3) ‚Lebendbau: Gewinnen und liefern von Pflanzmaterial‘ und (4) ‚Lebendbau: Einbringen von Vegetationsmatten und Pflanzmaterial‘ mit ca. 10 % (€ 17.290) entspr. € 23 / lfdm – hohe Personalkosten für Materialgewinnung durch eigenes Personal

Tab. 4.2: Zusammenstellung der Kosten für die Hauptbauleistungen zur Errichtung der alternativen Ufersicherungen an der Weser bei Stolzenau und deren prozentuale Anteile

	Anteil	Kosten
	[%]	[€]
(1) Erdarbeiten	11,16	19.172
(2) Böschungs- und Sohlsicherung	64,04	110.051
(3) Lebendbau: Gewinnen und liefern von Pflanzmaterial	2,42	4.158
(4) Lebendbau: Einbringen von Vegetationsmatten und Pflanzmaterial	7,64	13.131
(5) Kombinierte Bauweisen	1,04	1.782
(6) Sonstige Baukosten	0,67	1.145
Bauleitungskosten (15% der Summe (1) - (6))	13,04	22.416
Gesamtkosten	100,0	171.856

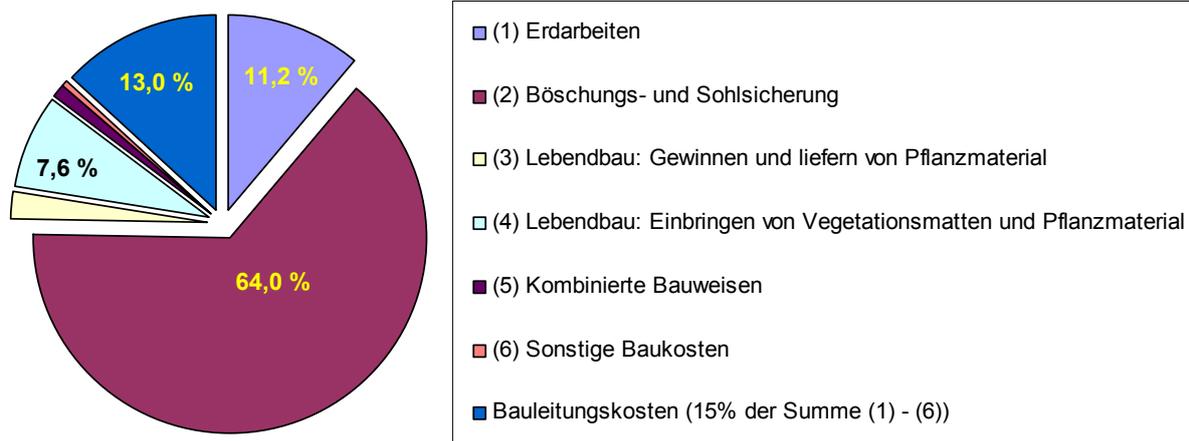


Bild 4.6: Prozentuale Verteilung der Kosten für die Hauptbauleistungen zur Errichtung der alternativen Ufersicherungen an der Weser bei Stolzenau

Auszugsweise sollen an dieser Stelle noch wichtige Einzelkosten genannt werden, die der detaillierten Auflistung (s. Anlage 4.5) entnommen sind. Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte:

- Steinwall in 3 Bühnenfeldern herstellen: ca. € 208 / lfdm
- Faschinen herstellen und einbauen: ca. € 35 / lfdm
(davon Einbau ca. 74 % = $\frac{3}{4}$)
- Spreitlage: ca. € 180 / lfdm bzw. € 45 / m²
- Röhrichtsoden gewinnen (€ 3,50 / Sode) und einsetzen (€ 4,60 / Sode)
→ insges. ca. € 8 / Sode

- Steckhölzer gewinnen (€ 0,37 / Steckholz) und einsetzen (€ 2,05 / Steckholz)
→ insges. ca. € 2,40 / Steckholz
- Kombinierte Bauweise: ca. € 5,50 / lfdm

Die Kosten für die Vegetationsmatten und die Röhrichtballen fallen bei dieser Maßnahme niedrig aus, da diese z. T. von Herstellern kostenfrei bzw. günstiger zur Verfügung gestellt wurden.

Ein Vergleich der reinen Herstellungskosten der alternativen Ufersicherung (ohne Berücksichtigung von Unterhaltungskosten) mit den entsprechenden Kosten für eine konventionelle technische Ufersicherung ist für die Versuchsstrecke aus den im Folgenden aufgeführten Gründen nur sehr schwierig vorzunehmen und nicht repräsentativ auswertbar:

- (1) Generell ist die Anwendung „neuer“ Ufersicherungsarten (Erprobung, Umsetzen „ungeohnter“ Bauweisen) aufgrund fehlender Erfahrungen in der Regel aufwändiger als das Herstellen einer konventionellen Ufersicherung.
- (2) Im Bereich der Versuchsstrecke wurden auf einer Länge von 750 m 17 Ufergestaltungsvarianten unterschiedlich gestaltet. Die Länge der einzelnen Abschnitte beträgt im Durchschnitt nur 50 m. Dies verursacht in der Regel höhere Kosten als eine einheitliche Lösung für die gesamte Strecke. Auch bei der Anwendung technischer Ufersicherungen sind die Kosten pro m² Deckwerksfläche in kleinen Uferabschnitten höher als in großen Ausbaulosen.
- (3) Die Kosten für die alternativen Ufersicherungen beinhalten auch Kosten, die bei Anlage der Versuchsstrecke zur Wiederherstellung von vier größtenteils verfallenen Bühnen angefallen sind.
- (4) Im Rahmen der Versuchsstrecke wurden Pflanzen von den Herstellerfirmen zum Teil preiswerter als üblich und teilweise auch kostenlos zur Verfügung gestellt.
- (5) Die Gewinnung und der Transport von Röhrichtpflanzen aus benachbarten Gewässerabschnitten erfolgte zum Teil durch WSV-eigenes Personal. Eine kostenmäßige Beurteilung ist im Vergleich zu den Pflanzenlieferungen durch Pflanzenanzuchtbetriebe nicht ohne weiteres möglich.
- (6) Die alternativen Ufersicherungen wurden nur oberhalb des hydrostatischen Staus angeordnet. Unter Wasser blieb die vorhandene Steinschüttung erhalten. Ein möglicher Vergleich könnte sich demzufolge nur auf den Überwasserbereich beziehen. Die Größe des zu sichernden Überwasserbereiches hängt entscheidend von der Böschungsneigung ab. Übliche Deckwerke aus losen Steinschüttungen nach /MAR 2008/, die als Vergleich herangezogen werden könnten, werden in der Regel auf 1 : 3 geneigten Böschungen – in Kanälen bis 70 cm über den oberen Betriebswasserstand, an Flüssen bis 70 cm über den höchsten schiffbaren Wasserstand – eingebaut. In der Versuchsstrecke betragen die Böschungsneigungen teilweise 1 : 7 und teilweise 1 : 3. Der Böschungsbereich, der

mit vegetativen Komponenten gesichert wurde, ist dementsprechend unterschiedlich groß.

- (7) Auch für die Herstellung technischer Deckwerke sind keine „allgemeingültigen“ Kosten bekannt, die bei einem Vergleich repräsentativ zugrunde gelegt werden könnten. Die Angebote bei Ausschreibungen differieren je nach Randbedingungen der Baumaßnahme bzw. Spezifität der anbietenden Firmen sehr stark. Es können demzufolge nur sehr grobe durchschnittliche Erfahrungswerte für ein Deckwerk von der Böschungsoberkante bis zur Sohle einschließlich Böschungsfußausbildung aus üblicherweise etwa 4 km langen Ausbaulosen an Wasserstraßen herangezogen werden. Diese betragen für ein Deckwerk bestehend aus einem Geotextil und einer 60 cm dicken Schicht loser Wasserbausteine etwa 19,- bis 26,- € / m² (siehe auch letzter Satz in (2)).

Die Kosten für die Herstellung der alternativen Ufersicherung an der in diesem Bericht untersuchten Uferstrecke betragen für den 750 m langen Uferbereich 172.000,- € (s. Tab. 4.2). Unter der Annahme, dass die vegetativen Böschungssicherungskomponenten auf einem 5 m bis 10 m breiten Uferstreifen angepflanzt wurden, sind das 23,- € / m² bis 46,- € / m².

Eine Aussage, welche Ufersicherung in diesem Anwendungsfall in der Herstellung günstiger gewesen wäre, kann aufgrund der oben beschriebenen Besonderheiten nicht getroffen werden. Aber die Aufstellung zeigt, dass auch für die Herstellung technisch-biologischer Ufersicherungen Kosten anfallen, die mit denen für konventionelle Ufersicherungen durchaus vergleichbar sind. Eine Entscheidung für alternative technisch-biologische Ufersicherungsweisen wird deshalb in der Regel nicht allein von den Herstellungskosten, sondern auch von anderen Faktoren abhängig sein.

Die Hauptvorteile der alternativen Ufersicherungen liegen dementsprechend nicht im monetären, sondern im ökologischen Bereich. Durch technisch-biologische Ufersicherungen sind deutliche Verbesserungen der Standortbedingungen für Flora und Fauna im Uferbereich, aber auch des Erscheinungsbildes der Gewässerlandschaft zu erwarten.

Insbesondere vor dem Hintergrund der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind die ökologischen Verbesserungen an Wasserstraßen generell von zunehmender Bedeutung. Diesem Sachverhalt wird im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes aktuell durch einen Erlass des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 11.12.2007 über die „Berücksichtigung ökologischer Belange bei Maßnahmen an Bundeswasserstraßen“ /BMVBS 2007/ Rechnung getragen. Auf der Grundlage des Erlasses besteht die Möglichkeit, *„...dass im Rahmen von verkehrsbezogenen Maßnahmen an Bundeswasserstraßen auch eine ökologisch orientierte Gestaltung möglich ist, wenn neben der gleichwertigen verkehrsbezogenen Funktionsfähigkeit und Zielerfüllung der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit gewahrt ist.“* Kriterien zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sind neben den Baukosten u. a. auch der Unterhaltungsaufwand, die Lebensdauer, der Materialbedarf, die Entsorgungskosten bzw. der Kompensationsbedarf. *„Der ökologisch orientierten Gestaltung verkehrsbezogener Maßnahmen an Bundeswasserstraßen ist i. d. R.*

der Vorzug zu geben, wenn die Summe der Ausgaben zwar höher, die ökologisch orientierte Maßnahmengestaltung insgesamt aber zu geringeren Gesamtkosten führt, als die rein auf die Verkehrsfunktion ausgerichtete Maßnahmengestaltung und damit wirtschaftlich ist. Hierbei können weitere verkehrsbezogene Nutzen (d. h. Kostenreduzierungen) einbezogen werden.“ Ansonsten kann die „... ökologisch orientierte Maßnahmengestaltung grundsätzlich nur als Kooperationsmaßnahme entsprechend des jeweiligen Zuständigkeitsbereiches zwischen Bund und Dritten (z. B. Land, Kommunen, Verbände) geplant werden.“

5 Technische Randbedingungen

5.1 Baugrund/ Grundwasser und Ufergeometrie

5.1.1 Baugrund

Die Grundlage zur Beurteilung des Baugrundes im Bereich der Versuchsstrecke bilden folgende Unterlagen:

- Baugrundgutachten für den Schleusenkanal Schlüsselburg /BAW 2000/,
- Ergebnisse von Bohrungen, die 1991 im Bereich des nord-östlich von der Versuchsstrecke gelegenen Kiesabbaugebiets von der *Fa. Geländeaufschlussbohrungen, Bohrbrunnen Hermann Klenke*, Petershagen, durchgeführt und von der *CEMEX Deutschland AG* zur Verfügung gestellt wurden,
- Ergebnisse von Bohrungen, die 2007 von der BAW im unmittelbaren Uferbereich der Versuchsstrecke abgeteuft wurden.

Die Versuchsstrecke befindet sich im Bereich der Weserauen, die primär durch fluviatile Ablagerungen der schon immer stark mäandrierenden Weser gekennzeichnet sind. In Abhängigkeit von den jeweils lokalen Fließgeschwindigkeiten hat es eine vielfältige Folge von Erosion und Anlandung gegeben, die oberflächennah zu örtlich unterschiedlichen Sedimentablagerungen geführt hat. Im Untergrund befinden sich pleistozäne Schluff-, Sand- und Kiesablagerungen, darüber zum Teil jüngere holozäne Auelehmlagerungen.

Im Zeitraum vom 25. bis 29.6.2007 wurden von der BAW 6 Kleinbohrungen (Bohrdurchmesser 50 mm) im Uferbereich der Versuchsstrecke mit dem Ziel durchgeführt, insbesondere die über dem Weserkies oberflächennah anstehenden Sedimente zu charakterisieren. Dazu wurden jeweils 2 Bohrungen in 3 Querprofilen bei km 241,640, km 241,930 und km 242,005 im Abstand von etwa 7 m bzw. 14 m von der Uferlinie ausgeführt. Anlage 5.1 zeigt die Lage der Bohransatzpunkte im Grundriss. Aufgrund des starken Bewuchses war eine Zugänglichkeit nur vom Wasser aus gegeben, so dass es erforderlich wurde, die Bohrgeräte vom Schwimmponton aus mittels Kran ans Ufer zu setzen. Dementsprechend musste die Lage der Aufschlüsse letztendlich unter diesen Randbedingungen vor Ort festgelegt werden. Dadurch ergibt sich die ungleichmäßige Verteilung der Lage der Aufschlüsse innerhalb der Versuchsstrecke. Die Aufschlusstiefe war aufgrund des im Vergleich zur Weserkörnung kleinen Bohrdurchmessers beschränkt. Das Ziel der Bohrungen, die oberflächennah anstehenden Böden zur Beurteilung von Fauna und Flora zu charakterisieren, konnte mit den erreichten Aufschlusstiefen von 3 bis 6 m realisiert werden. Die Ergebnisse der Bohrungen sind in den Anlagen 5.2-1 bis 5.2-3 dargestellt. Zur lage- und höhenmäßigen Beurteilung der Baugrundsichten erfolgte die Darstellung in den jeweils am nächsten gelegenen, eingemessenen Querprofilen (siehe Kap. 5.1.3). Bild 5.1 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der im km 242,005 ausgeführten Bohrungen – dargestellt im Querprofil km 242,000.

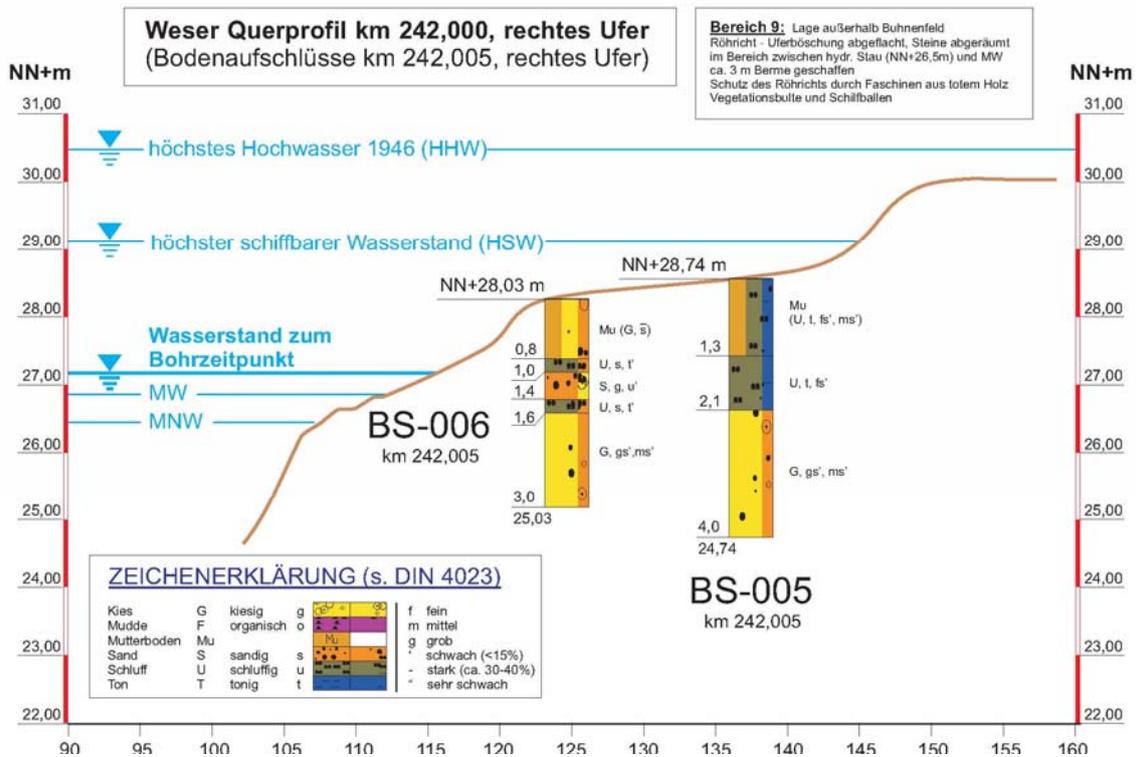


Bild 5.1: Ergebnisse der Aufschlussbohrungen, dargestellt im Querprofil km 242,000

Im unmittelbaren Uferbereich stehen unter einer Mutterbodenschicht im Wesentlichen Schluffe mit sandigen bzw. tonigen Bestandteilen, zum Teil auch schluffige oder kiesige Sande an. Ausgewählte Kornverteilungskurven der Schluffe und Sande zeigen die Anlagen 5.3-1 und 5.3-2. Die Konsistenz der Schluffe ist als weich bis steif einzuschätzen. Die Böden oberhalb der Weserkiese besitzen einen Kalkgehalt von 2 bis 5 % (Mittelwert der 7 Proben: 3,1 %). Ca. 1 bis 3 m unter der Geländeoberkante beginnt bei NN + 26 m bis NN + 27 m der durchlässige Weserkies in einer Mächtigkeit von etwa 6 bis 8 m. Die Oberkante der Kies-schicht liegt damit etwa im Bereich zwischen MNW- (NN + 26,53 m) und MW-Stand der Weser (NN + 26,90 m). Der Weserkies kann als intermittierend bis weitgestufter mittel- bis grobsandiger Kies mit einer Körnung von 0,2 mm bis 60 mm charakterisiert werden. Nach /BAW 2000/ ist der Weserkies bereichsweise durch Ausfallkörnungen gekennzeichnet, die mehr oder minder stark ausgeprägt sind und unterschiedliche Kornbereiche betreffen. Kornverteilungen, ermittelt an den durch die BAW im Bereich der Versuchsstrecke entnommenen Proben, zeigt beispielhaft die Anlage 5.3-3. Aufgrund der Ergebnisse in /BAW 2000/ und der von der CEMEX Deutschland AG durchgeführten Bohrungen ist davon auszugehen, dass zum Teil Sandzwischen-schichten im Kies vorhanden sind.

Für Deckwerksberechnungen im Bereich der Versuchsstrecke kann von einem vereinfachten Schichtenaufbau und Baugrundkennwerten entsprechend Tab. 5.1 ausgegangen werden.

Tab. 5.1: Vereinfachter Baugrundaufbau und Berechnungskennwerte

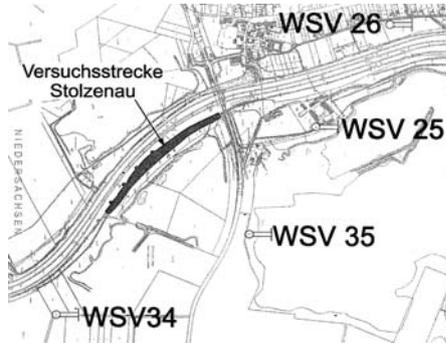
Bodenmechanische Kennwerte	Schicht 1 GOK bis NN + 26,5 m Schluffe und Sande B4 (nach /MAR 2008/)	Schicht 2 NN + 26,5 m bis NN + 20,0 m Kiese B1 (nach /MAR 2008/)
Effektiver Reibungswinkel Φ' [°]	30	35
Effektive Kohäsion c' [kPa]	-	-
Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	10	11
Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$

5.1.2 Grundwasser

Im Lageplan der Anlage 5.4 sind die nahe der Versuchsstrecke vorhandenen Grundwassermessstellen dargestellt, die bis 2003 regelmäßig abgelesen wurden. Die Grundwasserganglinien der Messstellen WSV25, WSV26, WSV34 und WSV35 für den Zeitraum von 1988 bis 2003 zeigt die Anlage 5.5-1. Zur Ergänzung wurde in der Anlage die Ganglinie des nahe der Versuchsstrecke gelegenen Pegels Stolzenau (We-km 243,400) dargestellt. Anlage 5.5-2 und Bild 5.3 zeigen die Messwerte beispielhaft in einem Ausschnitt für die Jahre 1994 und 1995. In den detaillierten 2-Jahres-Grafiken wird deutlich, dass die Grundwasserstände – wie zu erwarten – mit den Weserwasserständen korrespondieren. Die Grafiken im Bild 5.2 und in der Anlage 5.5-3 geben einen quantitativen Überblick über die Korrespondenz von Grundwasser und Weser. Dargestellt ist der prozentuale Anteil der unterschiedlichen Strömungsrichtungen zwischen Grundwasser und Weser in Auswertung der o. g. Grund- und Weserwasserstandsmessungen über die Jahre 1988 bis 2002. Es zeigt sich, dass seit Anlage der alternativen Ufersicherungen – wie zu erwarten – überwiegend (zu 77 %) ein Zufluss vom Grundwasser zur Weser erfolgt. Dabei ist zu beachten, dass bei jeder Schiffsvorbeifahrt, die einen Absenk am Ufer erzeugt, kurzzeitig das Gefälle vom Grundwasser zur Weser erhöht wird und eine zusätzliche Strömung vom Grundwasser zum Fluss hin stattfindet. Im Hochwasserfall kehren sich insbesondere bei einem schnellen Wasseranstieg in der Weser die Strömungsverhältnisse um, und es erfolgt ein Zustrom von der Weser zum Grundwasser (19 %). Das ist besonders gut im Bild 5.3 (Anlage 5.5-2) zu erkennen. Gleiche Wasserstände sind zu 4 % vorhanden.

Grundwasserbewegungen Pegel WSV 25-35

(1051 Ablesungen, Dez. 88 - Nov. 02)



Infiltration: Zufluss vom GW zur Weser
Exfiltration: Zufluss von der Weser zum GW
Ausgleich: gleiche Wasserstände GW und Weser

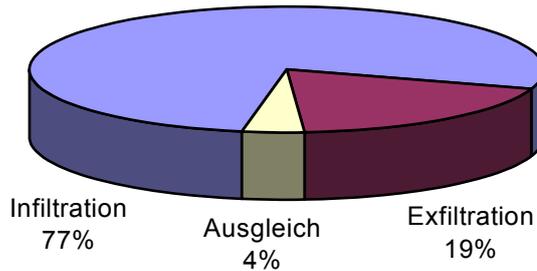


Bild. 5.2: Strömungsverhältnisse im Uferbereich (Gesamtauswertung der Pegel WSV 25, WSV 26, WSV 34 und WSV 35)

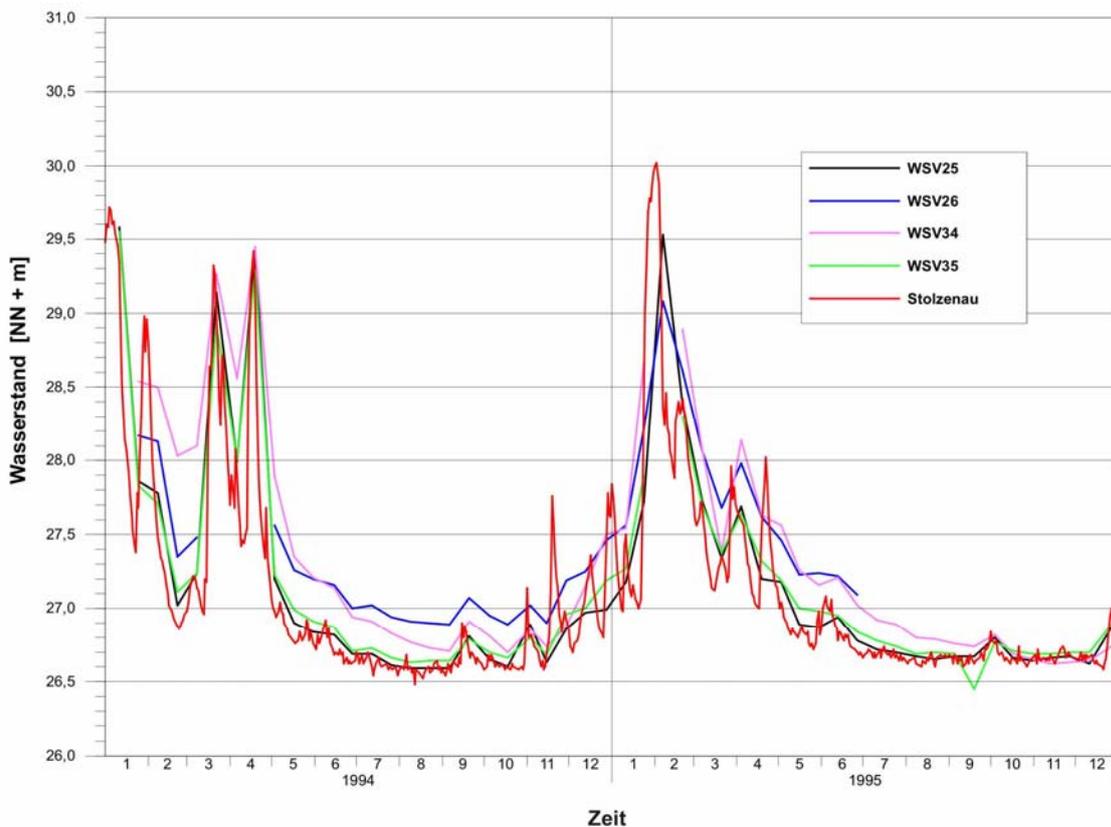


Bild 5.3: Wasserstandsganglinien verschiedener Grundwassermessstellen (Lage s. Bild 5.2) und der Weser am Pegel Stolzenau für die Jahre 1994 u. 1995

5.1.3 Ufergeometrie

Unmittelbar nach Herstellung der alternativen Ufersicherung in der Versuchsstrecke 1989 wurden keine Peilungen durchgeführt, so dass keine Querprofile zu Vergleichszwecken zur Verfügung stehen. Erste Peilungen mit Landanschluss liegen aus dem Jahr 1996 vor (Querprofile bei km 241,500, km 241,600, km 241,800, km 242,000 und km 242,200). Aktuell wurden während der Messungen zur hydraulischen Uferbelastung im Jahr 2005 (s. Kap. 6) 2 Querprofile (km 242,040 und km 242,170) von der Fa. Schmid erstellt. Der Außenbezirk des WSA Verden hat 2007 zusätzlich 4 aktuelle Querprofile bei km 241,650, km 241,750, km 241,850 und km 241,95 eingemessen.

Alle im rechten Uferbereich der Versuchsstrecke vorhandenen Querprofile sind bezogen auf NN-Höhen in den Anlagen 5.6-1 bis 5.6-13 dargestellt. Die Art der im jeweiligen Querprofil vorherrschenden Ufersicherung ist entsprechend Anlage 4.3 vermerkt. Insbesondere zur Beurteilung der alternativen Ufersicherung aus geotechnischer, vegetationskundlicher und faunistischer Sicht wurden in den Anlagen zusätzliche Informationen zu den Weserwasserständen (MNW, MW, HSW und HHW) und die Ganglinie der Weser am Pegel Stolzenau im Zeitraum von 1988 bis 2006 – also seit Herstellung der Ufersicherung – ergänzt. Beispielhaft ist das Querprofil bei km 241,800 im Bild 5.4 dargestellt.

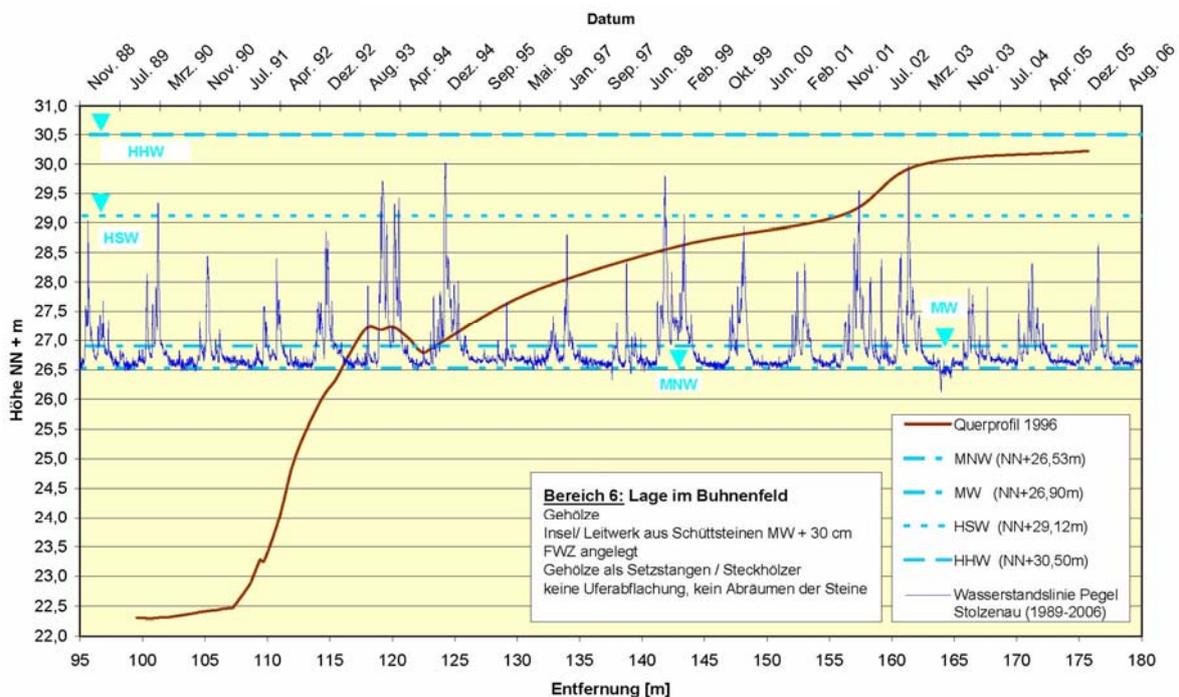


Bild 5.4: Querprofil We-km 241,800, rechtses Ufer, einschließlich Wasserstandsganglinie der Weser am Pegel Stolzenau

Das außerhalb der Versuchsstrecke befindliche, 1996 aufgenommene Querprofil bei km 242,500 kann näherungsweise zu Vergleichszwecken als Ausgangssituation im Bereich der Versuchsstrecke herangezogen werden. Im Abschnitt von km 240,750 bis km 241,600 wurden nach Aussage des WSA die planmäßig 1 : 3 geneigten Böschungen 1961 mit Schüttsteinen der Klasse III nach /MAR, 1993/ gesichert. Das gilt auch für den Abschnitt von 242,250 bis km 242,310, allerdings betragen die Böschungsneigungen hier 1 : 2. Auch der Uferbereich der dazwischen liegenden Bühnenfelder war mit einer Steinschüttung gesichert.

Das Querprofil km 242,500 (Anlage 5.6-13) liegt 200 m unterhalb der Versuchsstrecke. Bühnen sind hier nicht mehr vorhanden. Von der Sohle bis ca. 1 m über MW ist eine einheitliche Böschungsneigung von etwa 1 : 3 vorhanden. Darüber verläuft das Gelände über 150 m sehr flach. Die Uferböschung ist mit der vorhandenen Steinschüttung offenbar in einem stabilen Gleichgewicht, die planmäßige Neigung ist hier nach wie vor vorhanden.

Die Geometrie der innerhalb der Versuchsstrecke 1996, 2005 und 2007 aufgenommenen Querprofile ist insgesamt sehr unterschiedlich – geprägt von unterschiedlich hergestellten Böschungsneigungen, verschiedenen Arten der alternativen Ufersicherungen und gegebenenfalls Veränderungen seit Herstellung. 5 Querprofile befinden sich innerhalb der Bühnenfelder (km 241,600 bis km 241,900), 5 Querprofile außerhalb der Bühnenfelder (km 241,950 bis km 242,200). In den einzelnen Bühnenfeldern wurden zum Teil zusätzlich Steinwälle bzw. Leitwerke parallel zum Ufer zum Schutz der Bepflanzung angelegt – gut zu erkennen z. B. im Querprofil km 241,800 – Bild 5.4. In der Anlage 4.3 ist aus den Planungsunterlagen des WSA genau zu entnehmen, welche Ufersicherungen in den einzelnen Abschnitten zum Einsatz gekommen sind, wo die vorhandenen Wasserbausteine entfernt wurden und wo diese erhalten blieben sowie wo planmäßig Böschungsabflachungen von 1 : 3 auf etwa 1 : 7 hergestellt wurden.

Aus den Querprofilen ist zu erkennen, dass im Böschungsbereich unterhalb von MW, in dem überall die ursprünglichen Böschungsneigungen und Steinschüttungen erhalten blieben, sehr unterschiedliche Neigungen vorhanden sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Unterwasserböschungen im Bereich der Bühnenfelder durch die Anlage der Steinwälle und teilweisen Verfüllungen der Bühnenfelder bei Herstellung der alternativen Ufersicherungen verändert wurden. Einige Querprofile befinden sich nahe einer Bühne, d. h. hier sind im Querprofil gegebenenfalls auch Teile der Bühne mit erfasst. Zum großen Teil sind unterhalb von MW steilere Böschungsneigungen als planmäßig 1 : 3 vorhanden. In vielen Querprofilen (z. B. bei km 241,600, km 241,750, km 241,800, km 241,850, km 242,000 und km 242,040) sind bereichsweise Neigungen zwischen 1 : 2 und 1 : 2,5 zu erkennen. Teilweise sind gleichzeitig im Wasserwechselbereich zunächst flachere Böschungsabschnitte (z. B. km 241,040) oder auch Bermen (z. B. km 241,750 und km 241,950) vorhanden. Eine durchgehende Böschungsneigung von etwa 1 : 4 ist bei km 242,170 außerhalb der Bühnenfelder festzustellen.

Oberhalb von MW – in dem Bereich, in dem die alternativen Ufersicherungen angeordnet wurden – sind auch keine einheitlichen Böschungsneigungen vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass die Böschungen nach Wegnahme der Steinschüttung, Neuprofilierung und unterschiedlicher Anpflanzung zunächst durch Wellen und Strömungen etwas umgeformt wurden, sich jedoch mit der Entwicklung und Ausbreitung der Vegetation zunehmend stabilisiert haben.

Hinsichtlich des geometrischen Ausgangszustandes lassen sich 3 Bereiche unterscheiden:

- (1) Im Bereich der Querprofile km 241,600, km 241,650, km 241,850 und km 242,000 wurden die Böschungen auf 1 : 7 auf einer Breite von ca. 5 m oberhalb MW abgeflacht und die Steinschüttung entfernt.
- (2) Im Bereich der Querprofile km 241,750, km 241,800, km 242,170 und km 242,200 blieben die vorhandenen Böschungsneigungen und Wasserbausteine erhalten.
- (3) Im Bereich der Querprofile km 241,950 und km 242,040 blieben die vorhandenen Böschungsneigungen erhalten, die Wasserbausteine wurden jedoch entfernt.

Im **Bereich (1)** betragen die Böschungsneigungen im planmäßig auf 1 : 7 abgeflachten Bereich in den vier 1996 bzw. 2007 eingemessenen Querprofilen etwa 1 : 8. Das heißt, hier hat sich die Böschungsneigung über die Jahre nur unwesentlich verändert.

Im **Bereich (2)** sind unmittelbar oberhalb von MW Böschungsneigungen von etwa 1 : 3,5 (km 242,200), 1 : 4 (km 242,170), 1 : 6 (km 241,750) bzw. 1 : 7 (km 241,800) vorhanden. Das bedeutet, dass sich die Böschungen hier zum Teil abgeflacht haben – vorausgesetzt die Neigungen betragen bei Anlage der Versuchsstrecke tatsächlich 1 : 3. Das ist aus den vorhandenen Unterlagen des WSA nicht ersichtlich, genauso wenig wie Abmessungen und Zustand der Steinschüttung zum damaligen Zeitpunkt. Es ist eher zu vermuten, dass hier bereits flachere Böschungsneigungen vorhanden waren.

Sehr interessant ist der **Bereich (3)**. Hier sind in den Querprofilen im Vergleichsbereich Böschungsneigungen von etwa 1 : 3,5 (km 242,040) bzw. 1 : 4,5 (km 241,950) vorhanden. Das heißt, die relativ steilen Böschungsneigungen sind hier trotz fehlender Steinschüttung mit den alternativen Ufersicherungen weitestgehend stabil. Nach Anlage 4.1 erfolgten die Sicherungen bei km 242,040 mit Spreitlagen aus Weidenästen und bei km 241,950 mit Vegetationsgewebe und Röhrlicht.

Aus den grafischen Querprofilardarstellungen sind neben den vorhandenen Böschungsgeometrien auch Informationen zur regelmäßigen Überflutung der oberhalb MNW hergestellten technisch-biologischen Ufersicherungen zu entnehmen. Aus der zusätzlichen Darstellung der Ganglinie der Weser im Bereich des Pegels Stolzenau wird deutlich, welchen Wasserständen die Vegetation im Uferbereich seit Anpflanzung ausgesetzt war. Es zeigt sich, dass die überwiegende Zeit Mittel- bzw. Niedrigwasserverhältnisse vorherrschten. In wiederkehrenden Intervallen traten kurzzeitige Hochwasser mit maximalen Wasserständen bis etwa

NN + 30 m auf, d. h. bis etwa einen Meter über dem höchsten schiffbaren Wasserstand, die die Böschungen durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten zusätzlich belasteten (s. Kap. 5.3.2). Das Bild 5.5 zeigt beispielhaft die Wasserstände für das Jahr 1999. In allen anderen Jahren zeigt sich ein etwa ähnliches Bild. Dargestellt sind einerseits (großes Diagramm) die Anzahl der Tage mit etwa gleichen Wasserständen (in 50 cm Abständen) und andererseits rechts oben in einem zusätzlichen Diagramm die Anzahl der Tage mit Wasserständen zwischen MNW und MW, MW und HSW, HSW und HHW und Wasserständen größer als HHW – jeweils getrennt für die Sommer- (April bis November) und Wintermonate (Dezember bis März) – zur entsprechenden Beurteilung der Vegetation. Es wird deutlich, dass etwa 65 % des Jahres Wasserstände in Höhe bzw. unterhalb von Mittelwasser vorherrschten, insgesamt 90 % des Jahres Wasserstände unterhalb MW + 50 cm. In den Wintermonaten sind generell höhere Wasserstände als in den Sommermonaten gegeben. Die entsprechenden Grafiken für die Jahre 1989 bis 2006 sind in den Anlagen 5.7-1 bis 5.7-9 dargestellt.

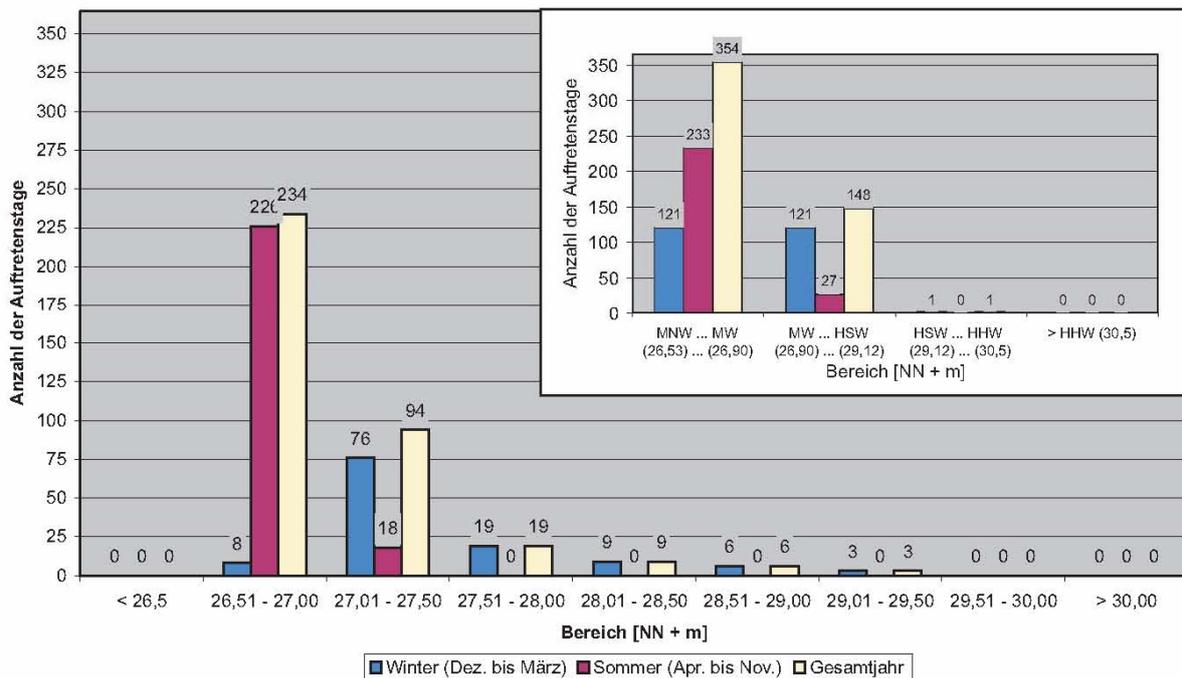


Bild 5.5: Wasserstandshäufigkeiten 1999 – gemessen am Pegel Stolzenau

In Bild 5.6 bzw. in Anlage 5.7-0 sind die Überflutungstage chronologisch von Jahresbeginn bis -ende in einer Gesamtübersicht zusammengestellt. Gleiche Farben bedeuten gleiche Wasserstände entsprechend der Legende, die Zahl im jeweiligen Kästchen entspricht der Anzahl der aufeinander folgenden Tage mit diesem Wasserstand. Die Summe der einzelnen

5.2 Schifffahrt

Zugelassen sind laut Binnenschifffahrtsstraßenordnung (BinSchStrO) von 1998 / 2005 (§16.02) derzeit Fahrzeuge und Schubverbände mit den maximalen Abmessungen von 85 m x 11,45 m bzw. 91 m x 8,25 m bei einer gegebenen Fahrrinntiefe von maximal 2,50 m bzw. 2,80 m (zwischen We-km 206,200 und We-km 213,000). Geschwindigkeitsbeschränkungen gibt es laut BinSchStrO (§16.04) im Bereich der Mittelweser für die Güterschifffahrt nur für die Schleusenkanäle. Für Sportboote liegt die Höchstgeschwindigkeit bei 35 km/h.

Um die Veränderungen des Schiffsverkehrs seit dem Bau der Versuchsstrecke aufzeigen zu können, wurden die statistischen Werte der Schleusen Landesbergen und Schlüsselburg aus den Jahren 1990 bis 2003 analysiert /WSA Verden 2004/. Auf Bild 5.7 ist die Flottenentwicklung in den Jahren 1990 - 2003, getrennt für Güterschiffe, Fahrgastschiffe und Sportboote + sonstige (z. B. Arbeits- und Aufsichtsboote), dargestellt. Die durchgezogenen Linien repräsentieren die Zahlen der Schleuse Landesbergen (km 251,800) unterhalb der Versuchsstrecke, die gestrichelten Linien die der Schleuse Schlüsselburg (km 238,400) oberhalb der Versuchsstrecke. Folgende Aussagen lassen sich anhand der Grafik machen:

- Bei der Güterschifffahrt ist eine generelle Abnahme der Anzahl der Schiffe zu erkennen. Dies wird nach Auskunft des WSA Verden bestätigt: Seit 1989 verkehren weniger, aber größere Schiffe.
- Die Anzahl der Sportboote heute hat sich gegenüber Anfang der 1990er Jahre ca. halbiert; für das Jahr 1994 ist ein temporäres Hoch zu verzeichnen; seit 1996 etwa sind die Zahlen annähernd konstant.
- Die Fahrgastschifffahrt hat einen ständigen Aufwärtstrend zu verzeichnen, was allgemein durch eine Zunahme der Fahrten ab Minden und Nienburg zu erklären ist. Der Durchgang bei der Schleuse Landesbergen steigt im Jahr 1997 sogar sprunghaft an, was mit der Steigerung der Fahrgastschifffahrt ab Nienburg Weser aufwärts verbunden ist.

Zum Sportbootbetrieb ist zu bemerken,

- dass er sich generell auf die Monate April bis September konzentriert und
- dass zwischen den Schleusen Schlüsselburg und Landesbergen zusätzlicher lokaler Freizeitverkehr – z. B. bedingt durch den Motorsportclub bei Stolzenau – herrscht, der nicht durch die Schleusen geht, deshalb dort auch nicht registriert ist.

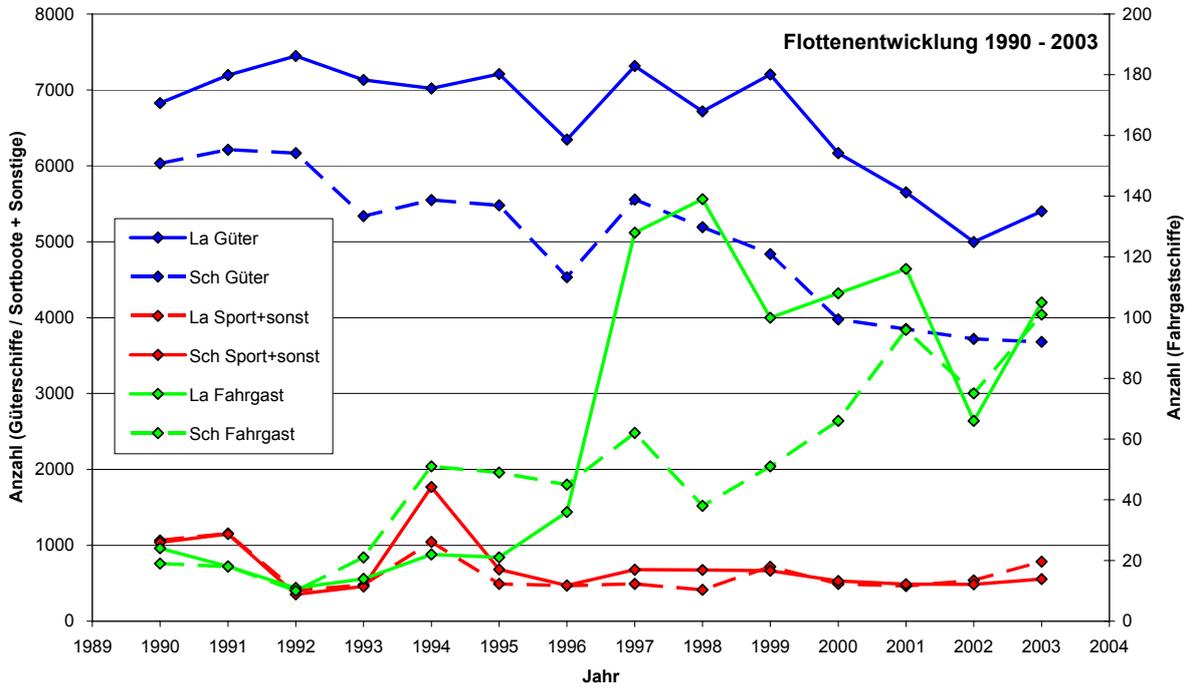


Bild 5.7: Flottenentwicklung in den Jahren 1990 - 2003, getrennt für **Güterschiffe**, **Sportboote + sonstige** (linke Ordinate) und **Fahrgastschiffe** (rechte Ordinate!),
 Abkürzungen:
 La - Landesbergen, Sch - Schlüsselburg, Güter - Güterschiffe,
 Sport + sonst - Sportboote und sonstige, Fahrgast - Fahrgastschiffe

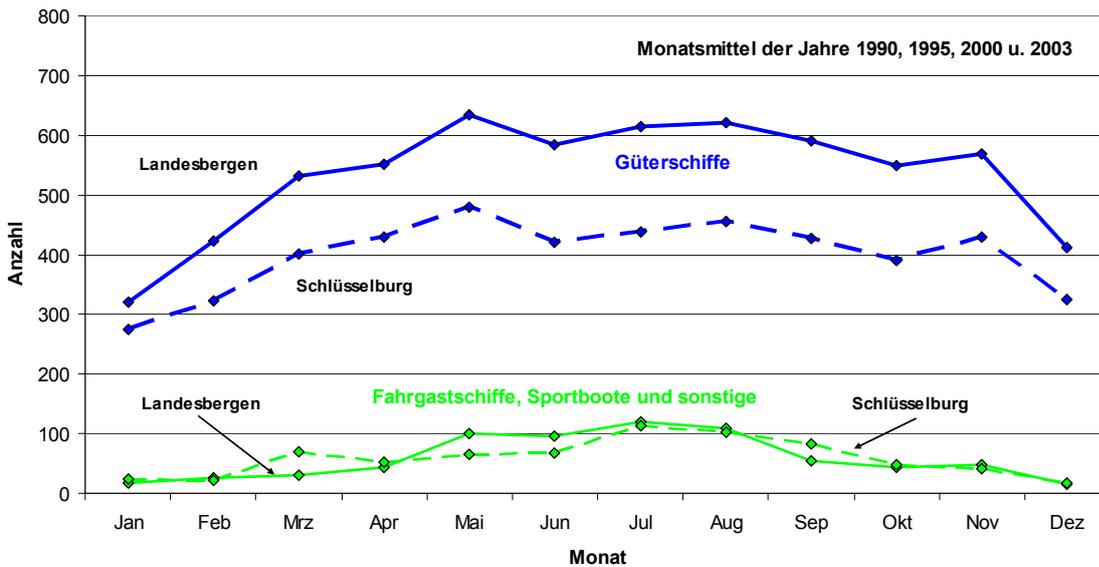


Bild 5.8: Monatsmittel der Jahre 1990, 1995, 2000 und 2003 zur Verdeutlichung der Schiffshäufung in den Sommermonaten

Bei der Planung der in der Versuchsstrecke durchzuführenden Messkampagne zur Quantifizierung der hydraulischen Belastung der Ufer infolge der Schifffahrt war es wichtig, einen Zeitraum auszuwählen, in dem möglichst viele Güterschiffe, aber auch Sportboote verkehren. Die Auftragung in Bild 5.8 zeigt die Monatsmittel der Jahre 1990, 1995, 2000 und 2003, woraus eindeutig eine Schiffshäufung in den Sommermonaten Mai - August ersichtlich ist.

Die o. g. generelle Abnahme der Anzahl der Schiffe wird auch im Vergleich der Jahresmittel sowie der Tagesmittel des Monats September der in den Schleusen Landesbergen und Schlüsselburg verkehrenden Güterschiffe der Jahre 1990 und 2003 bestätigt (Tab. 5.2). Bemerkenswert ist, dass besonders in der Schleuse Schlüsselburg oberhalb der Versuchsstrecke der Verkehr an Güterschiffen deutlich um ca. 40 % (Jahresmittel) abgenommen hat. An der Schleuse Landesbergen ist diese Abnahme nur mit ca. 20 % (Jahresmittel) zu verzeichnen. Bei den Tagesmitteln für den Monat August sind diese Zahlen mit 50% und 27% noch drastischer. Dies bedeutet aber auf alle Fälle, dass im Bereich der Versuchsstrecke in den 13 Jahren zwischen 1990 und 2003 immer weniger Güterschiffe vorbeigefahren sind. Erklären lässt sich dieser Trend mit der zunehmenden Umstellung von den alten, nur 67 m langen Weserschiffen auf moderne, 80 - 85 m lange Europaschiffe, wobei jetzt weniger Schiffe dieses neuen Typs bei gleichem Personal wegen der größeren Ladekapazität gleich bis mehr Transportvolumen erreichen.

Tab. 5.2: Jahres- und Tagesmittel (August) der in den Schleusen Schlüsselburg und Landesbergen täglich verkehrenden Güterschiffe für 1990 und 2003 (Annahme 260 Arbeitstage = Fahrtage)

		Anzahl der Schiffe pro Tag	
		Schleuse Schlüsselburg (<u>oberhalb</u> der Versuchsstrecke)	Schleuse Landesbergen (<u>unterhalb</u> der Versuchsstrecke)
1990	<i>Jahresmittel</i>	23	26
Aug. 1990	<i>Tagesmittel</i>	30	33
2003	<i>Jahresmittel</i>	14	21
Aug. 2003	<i>Tagesmittel</i>	15	24
Reduktion	<i>Jahresmittel</i>	39,1	19,2
[%]	<i>Tagesmittel</i>	50,0	27,3

Aus Bild 5.8 und Tab. 5.2 geht eindeutig hervor, dass in den Sommermonaten deutlich mehr Schifffahrt stattfindet, weswegen die in Kap. 6 beschriebenen Schiffsbeobachtungen im Monat August durchgeführt wurden. Insgesamt ist davon auszugehen, dass im Bereich der

Versuchsstrecke in den ersten 13 Jahren nach Errichtung im Durchschnitt ca. 24 Güterschiffe pro Tag gefahren sind.

5.3 Hydrologie und Hydraulik

5.3.1 Hydrologie

Die Versuchsstrecke bei Stolzenau (We-km 241,600 - 242,300) liegt zwischen den Pegeln Porta (We-km 198,400) und Liebenau (We-km 256,000). Den einzigen relevanten seitlichen Zufluss oberhalb der Versuchsstrecke bringt die Gehle, deren Abfluss am Pegel Bierde (11,09 km oberhalb der Mündung) gemessen wird. Die Situation der Pegel ist auf Bild 5.9 zu sehen.

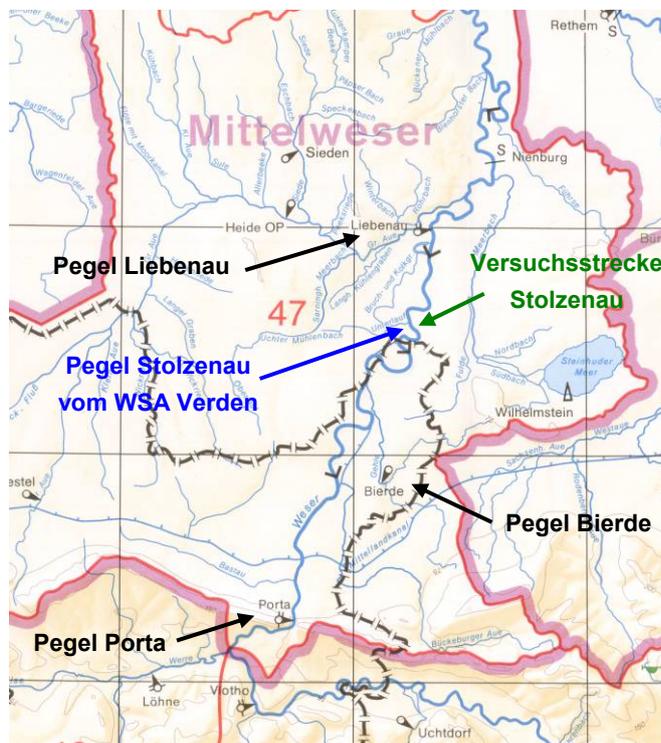


Bild 5.9:
Lage der Pegel Porta, Bierde und Liebenau in Bezug zur Versuchsstrecke Stolzenau nach dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch /DGJ 1998/

Die charakteristischen Werte für die Abflüsse wurden beispielhaft nach /DGJ 1998/ erarbeitet und sind in Tab. 5.3 zusammengestellt. Da zwischen der Mündung der Gehle und dem Pegel Liebenau 16 km unterhalb von Stolzenau keine weiteren nennenswerten Zuflüsse auftreten, können für die Versuchsstrecke die Abflusswerte dieses Pegels Liebenau angenommen werden. Bemerkenswert ist am Pegel Liebenau der Vergleich zwischen den langjährigen Mitteln und denen für den Zeitraum 1990 - 1998:

- Der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ ist etwa konstant geblieben.
- Der mittlere Abfluss MQ hat sich um ca. 8 % verringert.
- Der mittlere Hochwasserabfluss MHQ ist um ca. 10 % gestiegen.

Hier spiegeln sich die allgemeinen Entwicklungen an europäischen Flüssen wider: Auf der einen Seite gibt es im Jahresmittel geringere Abflüsse, auf der anderen Seite aber auch extremere Hochwässer.

Tab. 5.3: Charakteristische Abflusswerte an den Pegeln Porta, Bierde und Liebenau, nach /DGJ 1998/

Lage		We-km	Pegel Porta		Pegel Bierde	Summe Zeilen 3 + 5	Pegel Liebenau	
			198,400		Nebenfluss Gehle		256,000	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Zeitraum		-	1941 - 1998	1990 - 1998	1974 - 1998	-	1954 - 1998	1990 - 1998
Anzahl Jahre		-	57	8	24		44	8
Abfluss- werte	MNQ	m ³ /s	65	63	0,1	65	65	63
	MQ	m ³ /s	184	175	0,9	185	191	176
	MHQ	m ³ /s	837	859	16,2	853	777	851

Tab. 5.4: Wasserstände und Abflüsse an den Pegeln Stolzenau und Liebenau im Messzeitraum

Datum	Pegel Stolzenau We-km 243,400 PNP NN + 23,52 m		Pegel Liebenau We-km 256,040 PNP NN + 20,00 m			
	Wasserstand W		Wasserstand W		Abfluss Q	
-	[m]	[NN + m]	[m]	[NN + m]	[m ³ /s]	
10.08.2005	3,06	26,58	1,47	21,47	106,0	Messbeginn
11.08.2005	3,05	26,57	1,35	21,35	91,0	
12.08.2005	3,06	26,58	1,33	21,33	88,3	
13.08.2005	3,11	26,63	1,45	21,45	103,0	
14.08.2005	3,09	26,61	1,49	21,49	108,0	
15.08.2005	3,12	26,64	1,63	21,63	125,0	
16.08.2005	3,12	26,64	1,61	21,61	122,0	
17.08.2005	3,12	26,64	1,57	21,57	117,0	Messende
Minimum		26,57		21,33	88,30	
Mittel		26,61		21,49	107,54	
Maximum		26,64		21,63	125,00	

Vom WSA Verden wurde im November 1988 ein Pegel bei Stolzenau eingerichtet, der nahe zur Versuchsstrecke liegt. Von diesem Pegel und dem bei Liebenau wurden aus dem

August 2005 die Wasserstände sowie für den Pegel Liebenau aus der Abflusstabelle die Abflüsse für den Zeitraum der Messkampagne 10.08. - 17.08.05 übergeben. Die Werte sind in Tab. 5.4 zusammengestellt.

Tab. 5.5: Zusammenstellung der maximalen Jahresabflüsse (Hochwasserereignisse) am Pegel Liebenau / Weser für die Jahre 1990 - 2003

Jahr	HQ	Datum
-	m ³ /s	-
1990	904	04.03.1990
1991	617	04.01.1991
1992	609	14.03.1992
1993	779	16.01.1993
1994	1120	04.01.1994
1995	1270	03.02.1995
1996	424	19.02.1996
1997	779	28.02.1997
1998	1160	30.10.1998
1999	1190	04.11.1998
2000	824	11.03.2000
2001	570	27.03.2001
2002	1050	28.02.2002
2003	1310	06.01.2003
Minimum	424	
Mittel	900	
Maximum	1310	

Um einen Eindruck der maximalen Hochwasserereignisse seit dem Bau der Maßnahme zu bekommen, sind für den Pegel Liebenau / Weser in Tab. 5.5 die maximalen Abflüsse jeden Jahres zwischen 1990 und 2003 zusammengestellt. Die Werte liegen zwischen 424 und 1310 m³/s. Die Hochwässer traten überwiegend in den Monaten Januar bis März, in zwei Fällen im Oktober bzw. November auf. Aus den hydraulischen Berechnungen für We-km 242,100 bei Stolzenau (s. Kap. 5.3.2) ergeben sich dort die in Tab. 5.6 aufgeführten Zusammenhänge zwischen Abfluss und Wasserstand.

Tab. 5.6: Zusammenstellung der niedrigsten Hochwasserabflüsse am Pegel Liebenau / Weser für die Jahre 1990 - 2003

Jahr	Abfluss HQ	Wasserstand
[-]	[m ³ /s]	[m]
1996	424	28,01
2001	570	28,61
1992	609	28,75
1991	617	28,78

5.3.2 Flusshydraulik

Für zusätzliche und vergleichende Informationen zur hydraulischen Situation in der Versuchsstrecke konnte auch auf ein im Referat W1 (Flusssysteme I) der BAW vorgehaltenes 1-dimensionales, instationäres hydraulisch-numerisches Modell der Stauhaltung Landesbergen zurückgegriffen werden. Das HN-Modell wird hinsichtlich der Topografie ständig aktualisiert. Bild 5.10 zeigt das Profil bei We-km 242,100 aus dem HN-Modell, das zwischen den beiden Messprofilen We-km 242,040 und 242,170 liegt (vgl. 6.4.6) und diese gut im Mittel repräsentiert. Zur Eichung wurden Wasserspiegelfixierungen aus den Jahren 1990 bis 2003 mit Abflüssen zwischen 73,4 und $HSQ = 735 \text{ m}^3/\text{s}$ verwendet. Berechnungen über HSQ bis zu $HHQ = 1350 \text{ m}^3/\text{s}$ mit Abflussanteilen über den Vorländern sind daher nicht möglich.

Mit diesem HN-Modell ließen sich für Abflusssituationen zwischen hydrostatischem Stau (Normalstau bei NN + 26,50 m) und einem gewählten maximalen Abfluss von $735 \text{ m}^3/\text{s}$ die Zusammenhänge zwischen Wasserstand, Abfluss, Strömungsgeschwindigkeit und Schubspannung für das Profil We-km 242,100 berechnen, die als Belastungsgrößen für das Ufer z. T. Eingang in Kap. 6.4. finden. Auf Bild 5.11 sind die Schlüsselkurve (W-Q-Zusammenhang) und die Veränderung der querschnittsgemittelten Fließgeschwindigkeit mit zunehmendem Abfluss aufgetragen. Bild 5.12 zeigt den Zusammenhang zwischen mittlerer Fließgeschwindigkeit und Wasserstand. Auf Bild 5.13 ist der Zusammenhang zwischen Wasserstand und querschnittsgemittelter Sohlschubspannung zu sehen, mit zwei markanten Knicken dort, wo am rechten bzw. linken Ufer der bordvolle Abfluss erreicht ist. Auf allen drei Bildern sind die Bereiche von Wasserstand, mittlerer Fließgeschwindigkeit, Abfluss während der Messkampagne hervorgehoben, was zeigt, dass die Verkehrsbeobachtung in einer Situation nur knapp über dem hydrostatischen Stau stattgefunden hat.

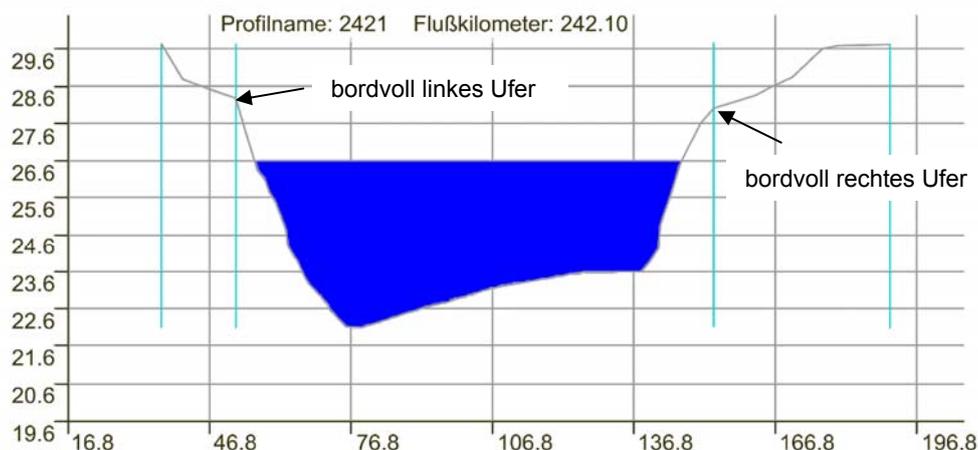


Bild 5.10: Profil bei We-km 242,100 aus dem HN-Modell; markiert sind die unterschiedlich hohen Uferpunkte, an denen bordvoller Abfluss erreicht wird

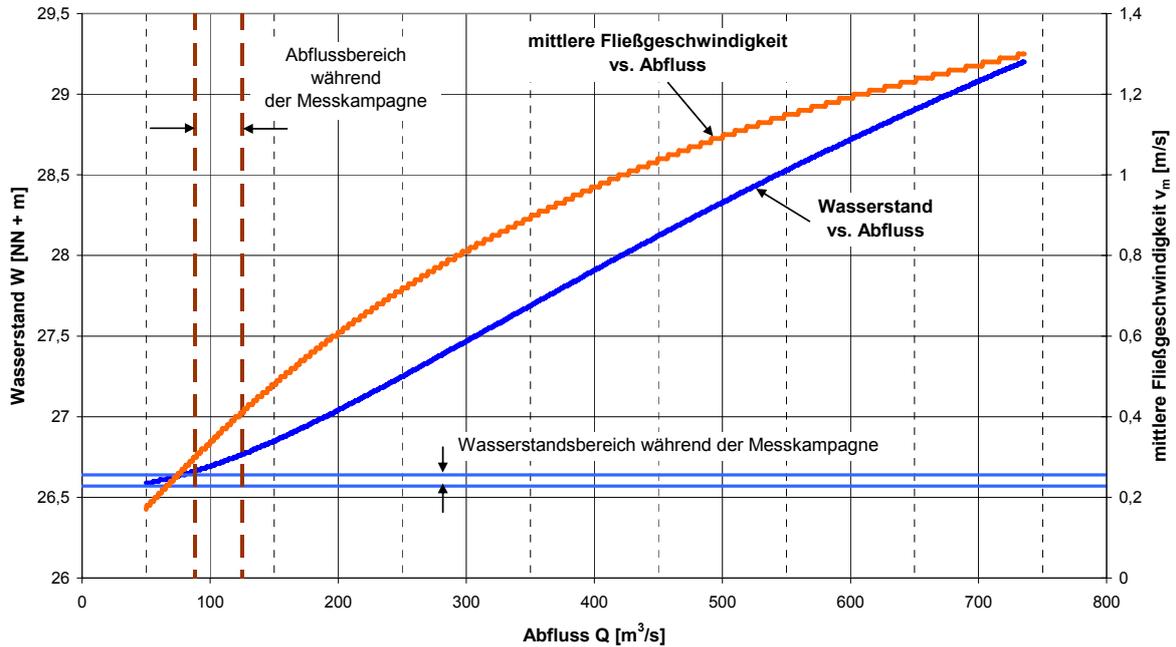


Bild 5.11: W-Q-Zusammenhang (Schlüsselkurve) sowie Veränderung der querschnittsgemittelten Fließgeschwindigkeit mit zunehmendem Abfluss bei We-km 242,100 nach Berechnungen mit dem HN-Modell

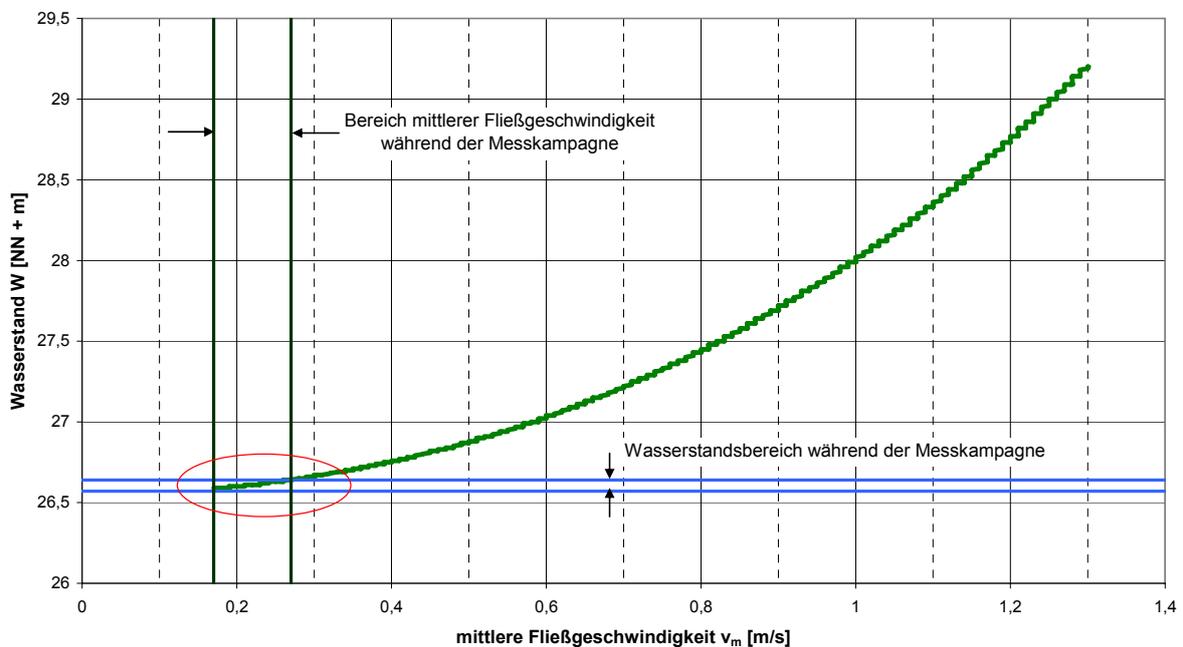


Bild 5.12: Zusammenhang zwischen mittlerer Fließgeschwindigkeit und Wasserstand bei We-km 242,100 nach Berechnungen mit dem HN-Modell; in der roten Ellipse liegt der Bereich während der Messkampagne

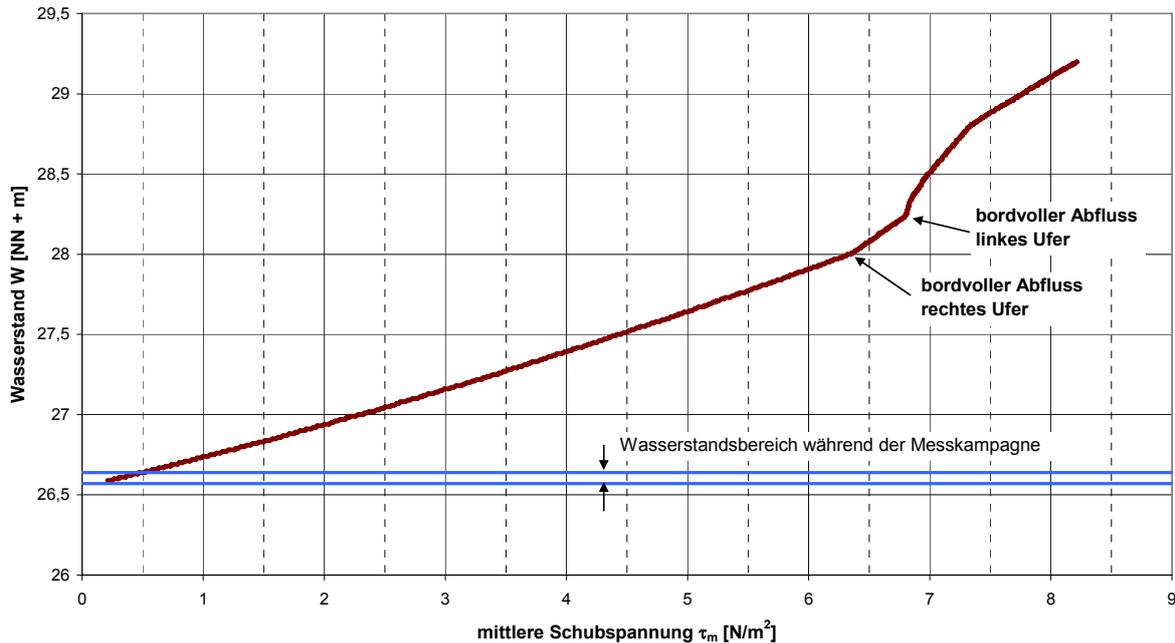


Bild 5.13: Zusammenhang zwischen Wasserstand und querschnittsgemittelter Sohlschubspannung bei We-km 242,100 nach Berechnungen mit dem HN-Modell

Um Detailaussagen zu einzelnen Uferbereichen machen und um dort ggf. Korrelationen zwischen Hydraulik und Fauna und Flora herstellen zu können, wurden streifenweise über das Gewässer verteilt die mittleren Größen von Wassertiefe (Bild 5.14), Strömungsgeschwindigkeit (Bild 5.15) und Schubspannung (Bild 5.16) ermittelt. Die Streifenbreite wurde dazu auf 5 m festgelegt. Als Wasserspiegellagen wurden NN + 26,60 m, der Höhenlage bei der Verkehrsbeobachtung, und darüber fünf weitere Niveaus in Schrittweiten von 0,5 m gewählt.

Für den 5 m breiten, ufernahen Streifen auf der rechten Gewässerseite im Bereich der Messsonden wurden die berechneten Werte für die mittlere Strömungsgeschwindigkeit, die mittlere Schubspannung, die mittlere Wassertiefe und den zugehörigen Teil-Abfluss in Tab. 5.7 zusammengestellt. Für den gleichen Streifen sind in Bild 5.17 die Anstiege von mittlerer Strömungsgeschwindigkeit und mittlerer Schubspannung bis zu einem Abfluss bei HSW dokumentiert.

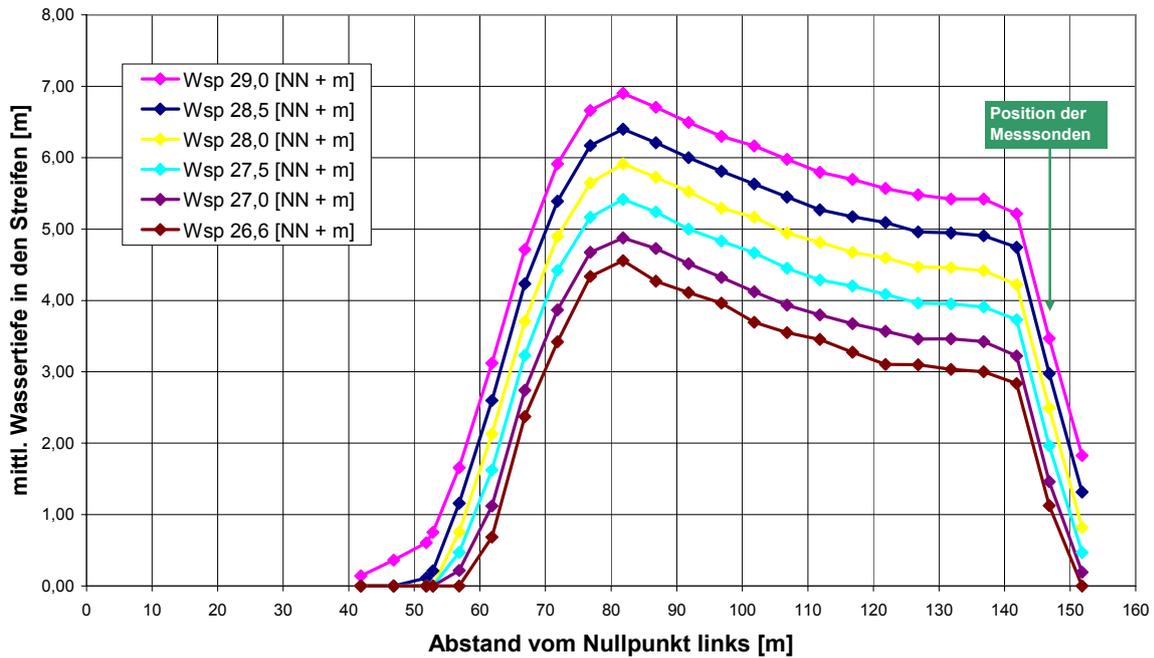


Bild 5.14: Mittlere Wassertiefe in den Streifen für Wasserstände bis HSW, berechnet mit dem HN-Modell

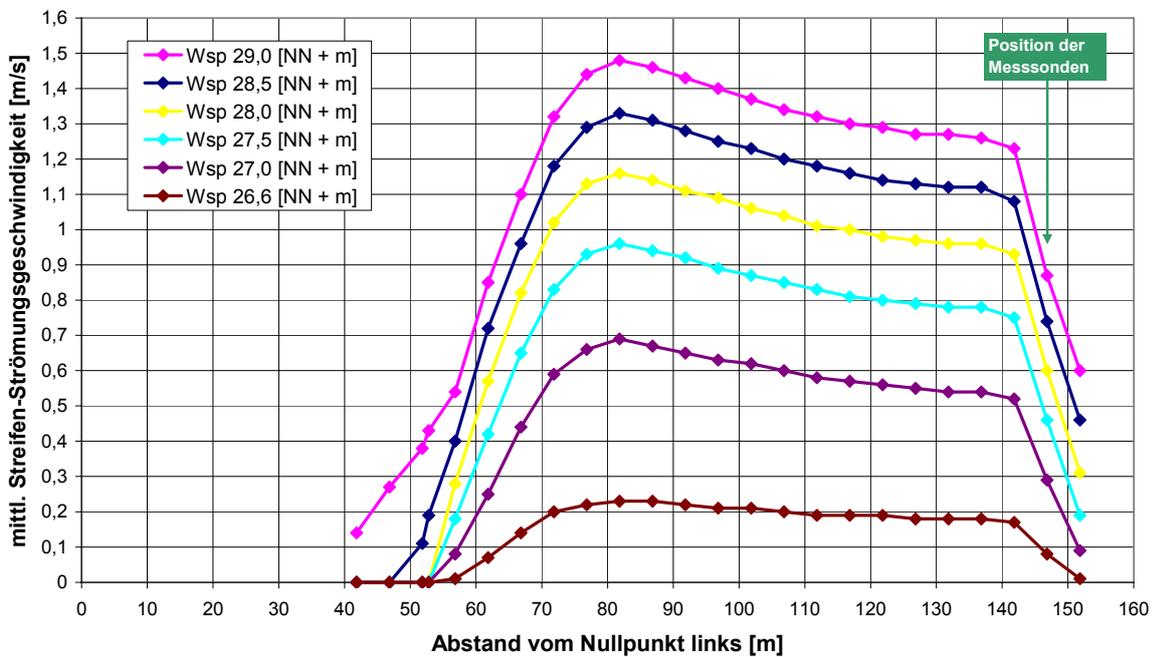


Bild 5.15: Mittlere Streifen-Strömungsgeschwindigkeiten für Wasserstände bis HSW, berechnet mit dem HN-Modell

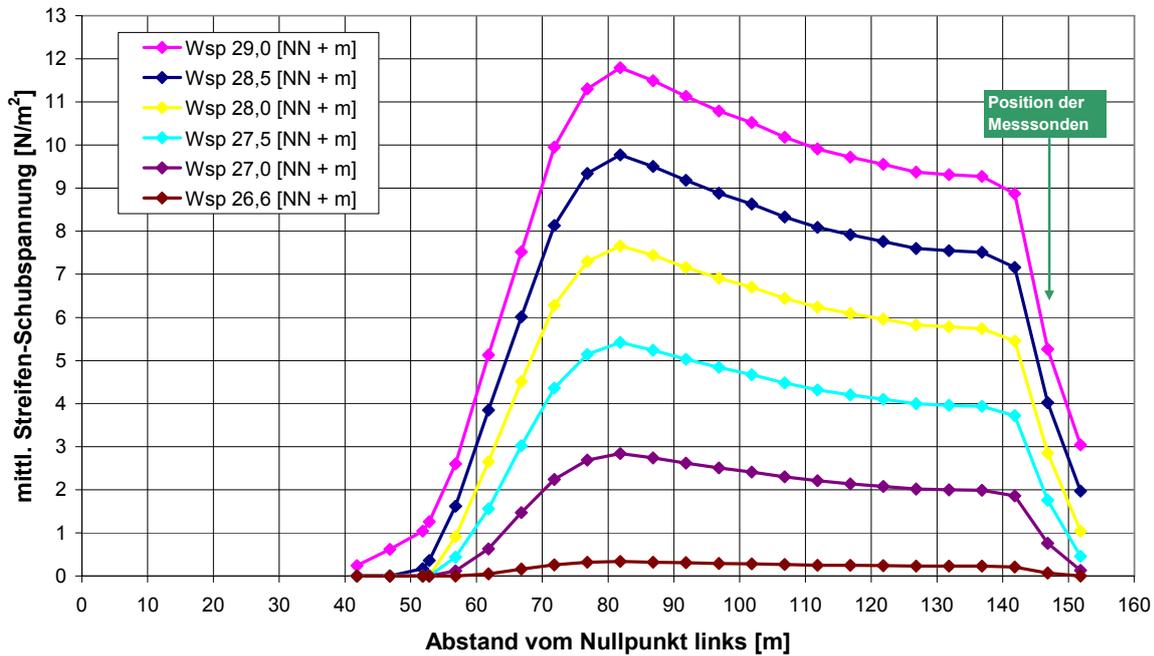


Bild 5.16: Mittlere Streifen-Schubspannungen für Wasserstände bis HSW, berechnet mit dem HN-Modell

Tab. 5.7: Berechnete mittlere Werte für Wassertiefe, Abfluss, Strömungsgeschwindigkeit und mittlere Schubspannung in einem 5 m breiten, ufernahen Streifen auf der rechten Gewässerseite im Bereich der Messsonden

Wsp.lage [NN + m]	h_m [m]	Q [m ³ /s]	v_m [m/s]	τ_m [N/m ²]
26,60	0,69	0,24	0,07	0,05
27,00	1,12	1,40	0,25	0,63
27,50	1,62	3,41	0,42	1,56
28,00	2,13	6,07	0,57	2,65
28,50	2,60	9,36	0,72	3,85
29,00	3,12	13,27	0,85	5,13

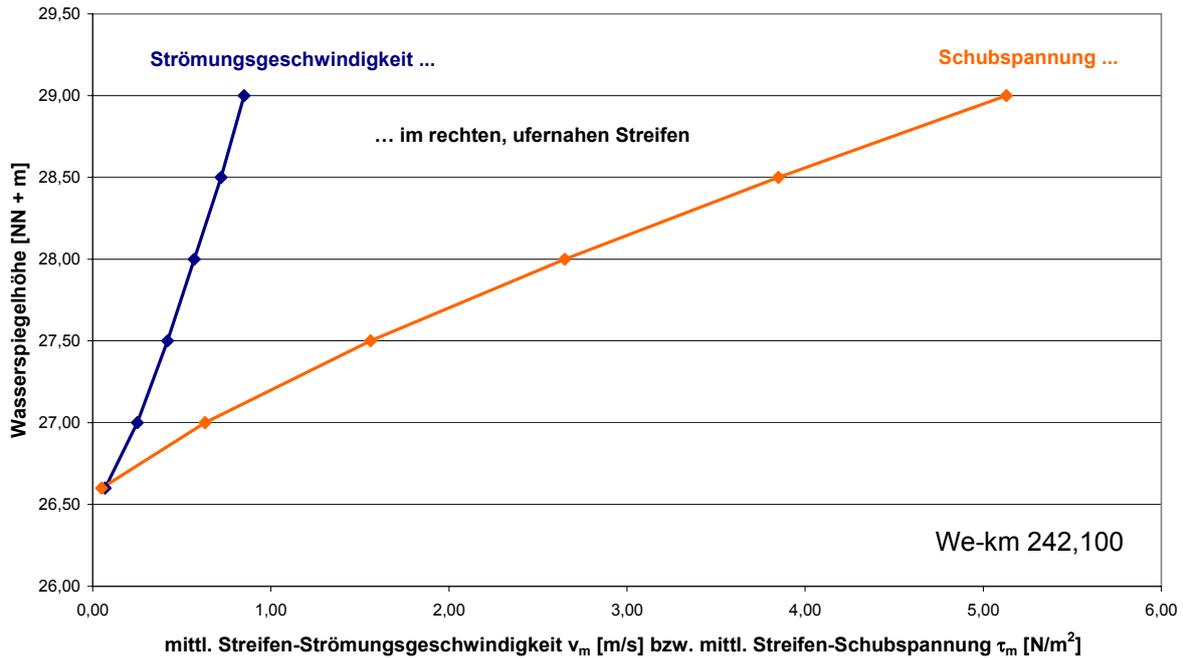


Bild 5.17: Mittlere Strömungsgeschwindigkeit und mittlere Schubspannung bei Wasserständen bis HSW im rechten, ufernahen, 5 m breiten Streifen im Bereich der Messgeräte, berechnet mit dem HN-Modell

Ein Vergleich zwischen den berechneten Werten für die Strömungsgeschwindigkeit am rechten Ufer in der Nähe der Strömungsmesssonde und den dort gemessenen bei dem Wasserstand NN + 26,6 m zum Zeitpunkt der Verkehrsbeobachtung zeigte eine gute Übereinstimmung. Somit sind die bei den höheren Wasserständen errechneten Werte für die Strömungsgeschwindigkeiten und die Schubspannungen verlässlich für weitere Interpretationen.

6 Messung der schiffserzeugten hydraulischen Belastung

6.1 Hydraulische Belastung durch schiffserzeugte Wellen

6.1.1 Phänomen

Zum allgemeinen Verständnis der hydraulischen Phänomene, die mit der Fahrt eines Schiffes in einem Gewässer verbunden sind, soll in diesem ersten Unterkapitel der Vorgang generell erläutert werden. Fährt ein Schiff durch ein Gewässer, so entstehen durch die gegenseitige hydraulische Wechselwirkung lokale und temporäre Veränderungen der Wasseroberfläche und der Strömungen um das Schiff herum. Damit verbunden kommt es zur Wellenbildung, die als hydraulische Belastung auf die Ufer des Gewässers wirkt.



Bild 6.1: Schiffserzeugte Wellen im Wesel-Datteln-Kanal bei einer Versuchskampagne im Oktober 2002; hier die ufernahe Fahrt der MS Main bei voller Abladung und einer Geschwindigkeit nahe der kritischen Schiffsgeschwindigkeit

Am deutlichsten wird das Phänomen der Wechselwirkung zwischen Schiff und Wasserstraße in engen Kanälen. Dem fahrenden Schiff eilt eine Wasserspiegelanspannung von wenigen Zentimetern voraus, die ca. eine Schiffslänge lang ist (Bild 6.1). Direkt vor dem Bug des

Schiffes bildet sich ein Aufstau, der ständig voraus geschoben wird, auch **Bugwelle** genannt. Ab hier ändern sich die Abflussbedingungen stark. Der bisher ungestörte Gewässerquerschnitt wird um den Schiffsquerschnitt reduziert. In diesem verminderten Querschnitt muss nun der Abfluss als Rückströmung zum Heck des Schiffes hin stattfinden. Dies bedingt hydraulisch eine Beschleunigung des Abflusses, die wiederum mit einer Absenkung des Wasserspiegels neben dem Schiff – dem **Absunk** / der **Absunkmulde** – verbunden ist. Am Heck des Schiffes findet dann wieder ein Ausgleich der Abflussverhältnisse statt, was mit einer Wasserspiegelanhebung – der **Heckquerwelle** – und einer **Wiederauffüllungsströmung** in Form eines mitlaufenden **Rollbrechers** verbunden ist. Diese gesamte Abfolge aus Bugwelle, Absunkmulde und Heckwelle längsseits des Schiffes hat den Charakter einer Welle und wird als **Primärwelle** bezeichnet. Ihre Wellenlänge entspricht der Schiffslänge. In diese Absunkmulde sinkt das Schiff beständig ab, was als **Squat** bezeichnet wird. In erster Näherung sind Squat und Absunk gleich.

Am Bug des Schiffes entstehen gleichzeitig regelmäßige, kurzperiodische Wellen, die als **Elementarwellen** aufgrund der Konturänderung zwischen Bugspitze und vollem Schiffsquerschnitt entstehen. Sie werden als **Sekundärwellen** bezeichnet. Diese sind zum einen Schrägwellen, die sich mit einem Winkel zur Schiffsachse ausbreiten, zum anderen Querwellen, die annähernd senkrecht zur Schiffsachse orientiert sind (Bild 6.2). Die Überlagerung beider Systeme erzeugt eine Interferenzlinie, die abhängig von der Fahrgeschwindigkeit einen charakteristischen Winkel zur Schiffsachse aufweist: bei üblichen Schiffsgeschwindigkeiten beträgt dieser Winkel $19,3^\circ$. Mit Annäherung an die kritische Geschwindigkeit erreicht er maximal 45° .

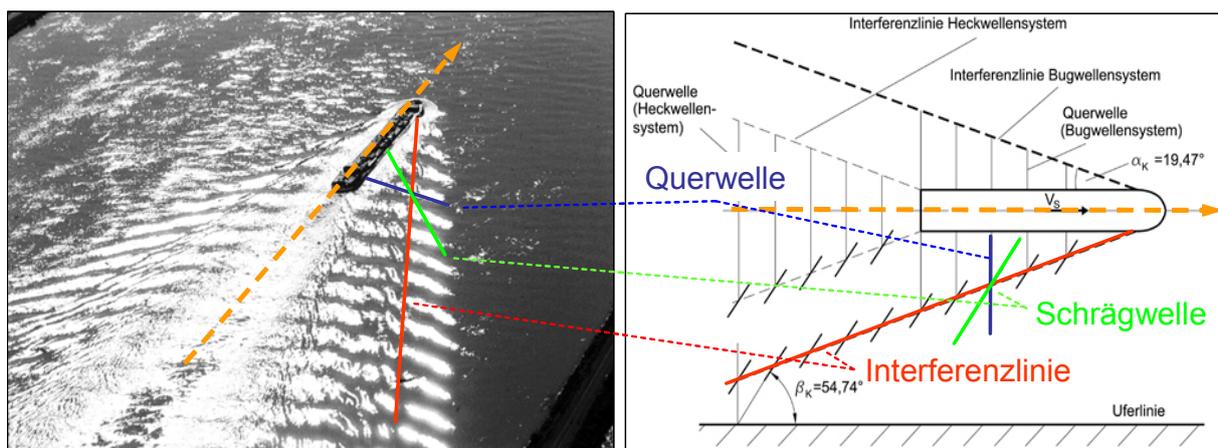


Bild 6.2: Luftbild des Sekundärwellenbildes eines auf dem Rhein fahrenden Binnenschiffes; außerdem ist achtern der Schraubenstrahlbereich zu erkennen

Ab dem Heck des Schiffes beeinflusst das Antriebsorgan – Propeller, Jet-Antriebe u. a. – mit seinen **Schraubenstrahl** zusätzlich das Wellenbild an der Gewässeroberfläche (vgl. Bild 6.2).

Vereinfacht ist dieser Vorgang auf Bild 6.3 mit der Fahrt eines Schiffes in einem Kanal mit Trapezprofil dargestellt. Das fahrende Schiff ruft einen Absenk unter den zuvor ungestörten Wasserspiegel hervor. Der so verkleinerte Querschnitt führt zu einer Rückströmung parallel zum Rumpf vom Bug zum Heck. Vom Schiff werden Wellen erzeugt, die zum Ufer wandern. Ab Heck des Schiffes macht sich die Propulsionsströmung bemerkbar.

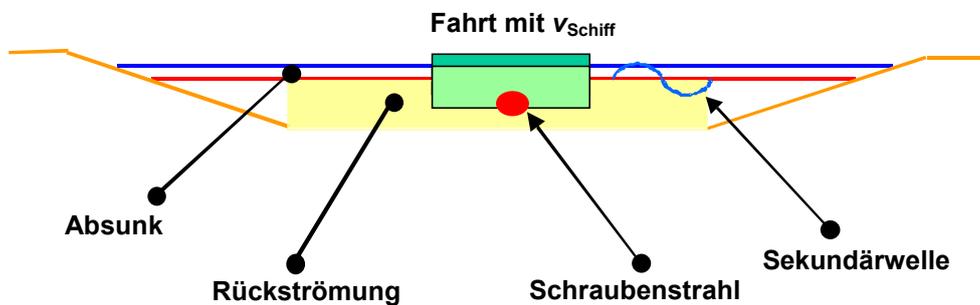


Bild 6.3: Stark vereinfachte Prinzipskizze zu den schiffshydrodynamischen Vorgängen um ein fahrendes Binnenschiff im trapezförmigen Gewässerquerschnitt

Als Auswirkungen dieses Vorgangs sind folgende Effekte zu nennen:

- Der Absenk am Ufer führt zu Porenwasserdruckänderungen im Untergrund, die bei der geotechnischen Bemessung der Ufersicherungen zu berücksichtigen sind. Besonders der schnelle Wasserspiegelabsenk am Bug kann Porenwasserüberdrücke im anstehenden Boden bewirken, die – abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens – zum böschungsp parallelen Abgleiten einer oberflächennahen Bodenschicht führen können.
- Die Wellen bewirken kurzperiodische Wasserspiegeländerungen und Belastungen am Ufer, die bei Freibordfestlegung, Wellenauflauf und hinsichtlich der Wirkung auf Fauna und Flora im Uferbereich zu beachten sind.
- Die Rückströmung ruft Sohlschubspannungen an Sohle und Ufer hervor, die bei der Erosionssicherheit von Sohlmaterial und Uferdeckwerk eine Rolle spielen.
- Auch der Propellerstrahl an der Sohle resultiert in einer temporären Sohlschubspannung.

6.1.2 Wellenmessungen

Wichtige Erkenntnisse über die Interaktion Schiff/Wasserstraße sind nur durch Naturmessungen bzw. Verkehrsbeobachtungen zu erhalten, entweder mit Datenerfassung bei laufen-

der Schifffahrt oder aber durch Messungen bei Versuchsfahrten unter definierten Bedingungen. Zum Einen wird dabei das Schiff z. B. über GPS-Messverfahren kontinuierlich in seiner Lage bestimmt, wodurch Position im Gewässer, Einsinken und Geschwindigkeit bekannt sind. Ein anderer Weg ist die Verwendung von Radar, besonders wenn die Schifffahrt in ihrem natürlichen Fahrverhalten beobachtet werden soll. Zum Anderen werden z. B. am Ufer die Veränderungen der Wasserspiegellage vor, während und nach der Passage registriert, womit Aussagen über Primär- und Sekundärwellen sowie Absenk und Absenkgeschwindigkeit möglich sind. Eine typische Aufzeichnung ist auf Bild 6.4 zu sehen. Als größte hydraulische Belastung einer Uferböschung z. B. zur Dimensionierung der Größe der Einzelsteine einer Steinschüttung nach GBB /BAW 2004/ wird die **Bemessungswellenhöhe** entsprechend der Differenz zwischen dem Wellental im Heckbereich und der höchsten Wasserspiegellage kurz hinter dem Schiffsheck gesehen.

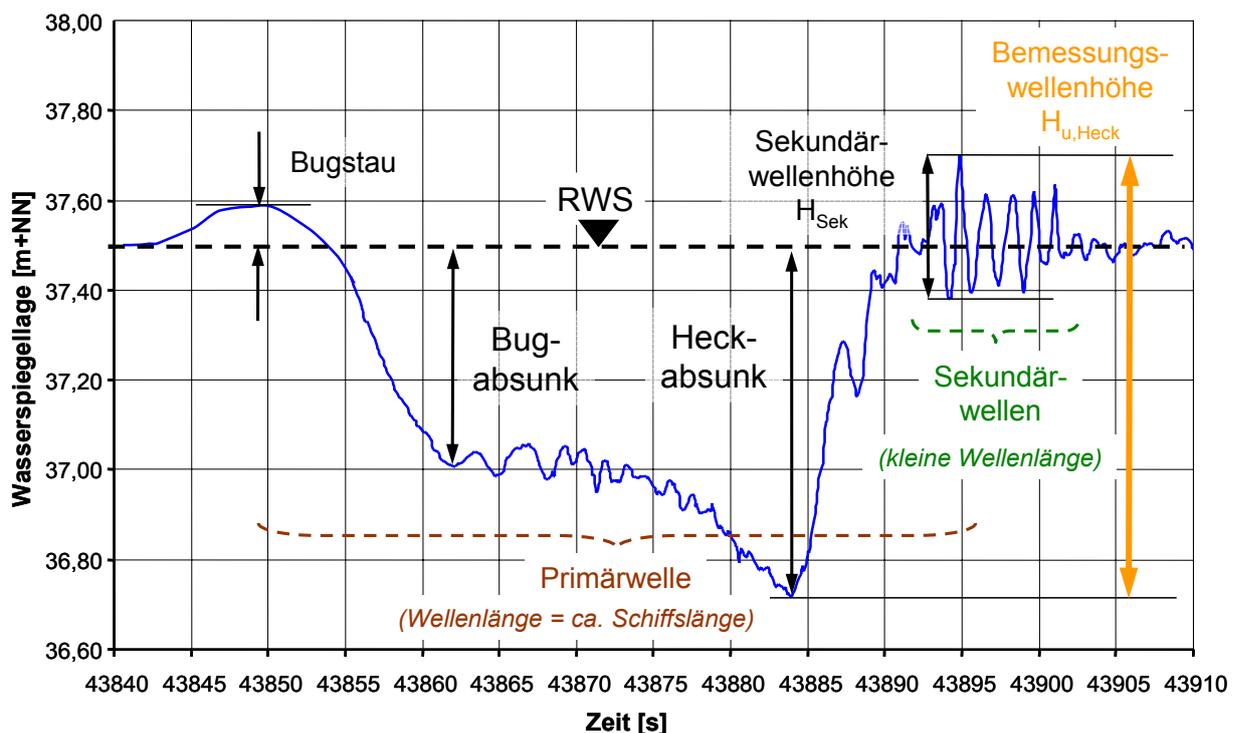


Bild 6.4: In Ufernähe gemessene Wasserstandsschwankungen bei der Fahrt der MS Main (L/B/T = 105 m / 11,40 m / 2,73 m = voll abgeladen) am Wesel-Datteln-Kanal (Fahrversuche 2002) mit einer Geschwindigkeit nahe der kritischen Schiffsgeschwindigkeit

Erläuterungen:

Eintragung der zwei charakteristischen Wellentypen Primär-/Sekundärwelle, der Bemessungswellenhöhe sowie deren Bestandteile (Erläuterung. s. Text);

Variablen soweit hier erforderlichlich nach GBB /BAW 2004/;

RWS - Ruhewasserspiegel

Die Bemessungswellenhöhe setzt sich immer aus einem Anteil Sekundärwellenhöhe und einem Anteil Absunk, der zur Primärwelle gehört, zusammen. Der Anteil Absunk ist bei kleinen Querschnittsverhältnissen, also engen Gewässerquerschnitten und großen Schiffsquerschnitten, dominant, bei großen Querschnittsverhältnissen eher gering und bei sehr großen Querschnittsverhältnissen fast vernachlässigbar. Dagegen ist der Anteil Sekundärwellenhöhe mehr oder weniger immer ähnlich groß, nur minimal von der Abladetiefe des Schiffes abhängig. Die Wirkung der Sekundärwellen – wie auch die der Windwellen, die gleichen Typs sind – ist eher eine Querbelastung. Die Primärwelle dagegen entzieht dem Uferbereich Wasser hangabwärts. Dies alles ist besonders bei der Bewertung der Wellenhöhen hinsichtlich der Belastung von Vegetation und Fauna am Ufer zu beachten. Im Beispiel auf Bild 6.4 etwa beträgt die Höhe der Sekundärwelle ca. 1/3 der gesamten Bemessungswellenhöhe.

6.1.3 Einflussgrößen

Wichtige Einflussgrößen zur Beschreibung der Interaktion zwischen Schiff und Wasserstraße sind geometrische und hydraulische Größen der **Wasserstraße**, Abmessungen und Geschwindigkeit des **Schiffes** sowie Werte aus deren Kombinationen und Ergebnisse aus theoretischen Herleitungen zur Wechselwirkung **Schiff / Wasserstraße**. Als Größen sind bei den einzelnen Bereichen die folgenden zu nennen (Näheres dazu in GBB /BAW 2004/):

Wasserstraße

Wasserspiegelbreite b_{Wsp} , Gewässerquerschnitt A , Sohlbreite b_{So} , Fahrrinnenquerschnitt A_F , mittlere Wassertiefe h_m , Fließgeschwindigkeit v_{fl} , Böschungsneigung m

Schiff

Schiffsbreite B , eingetauchter Schiffsquerschnitt A_M , Schiffslänge L , gefahrene Schiffsgeschwindigkeit v_{Sch} , Tiefgang T , Schiffsförmigkeit

Schiff / Wasserstraße

Querschnittsverhältnis n , kritische Schiffsgeschwindigkeit v_{krit} , relative Schiffsgeschwindigkeit v_{rs} , Restquerschnitt bei Schiffspassage A_{netto} , mittlere max. Wasserspiegelabsenkung (im engsten Durchflussquerschnitt) Δh , mittlere max. Rückströmgeschwindigkeit $v_{rück}$, Wellenhöhe über dem Böschungsfußpunkt H_{BF} , Wasserspiegelabsenkung am Böschungsfußpunkt z_a , Exzentrizität zwischen Schiffskurs und Kanalachse (Außermittigkeit) y , H_{BF} bei außermittiger Fahrt H_a , Sekundärwellenhöhe H_{sek}

6.2 Messaufgabe und -geräte

Für die Durchführung der Verkehrsbeobachtung – auch als Messkampagne bezeichnet – bei der Versuchsstrecke Stolzenau / Weser (s. Bild 6.5) wurde aufgrund der Schiffsstatistik (s. Kap. 5.2) einer der verkehrsreichsten Monate, der August, in den Tagen 10. - 17.8. ausgewählt. Während dieser Zeit wurden alle Schiffe – Güterschiffe, Fahrgastschiffe, Sonderfahrzeuge und Sportboote – mit ihren technischen Daten, ihren Positionen und den erzeugten hydraulischen Größen umfassend registriert, um im Rahmen des F&E-Projektes Verknüpfungen zwischen den schiffahrtsbedingten hydraulischen Belastungen der Ufer der Versuchsstrecke Stolzenau, deren Stabilität sowie der Vegetation und Fauna in den Uferbereichen zu ermöglichen. Mit der Durchführung der Verkehrsbeobachtung wurde das Ingenieurbüro Schmid IBS aus Kapsweyer beauftragt. Die Vorgehensweise bei der Messkampagne, die Durchführung der Auswertungen und Ergebnisse sind ausführlich in drei Berichten /IBS 2006a, 2006b u. 2006c/ dargestellt. Dies alles soll hier nur zusammengefasst erläutert werden.

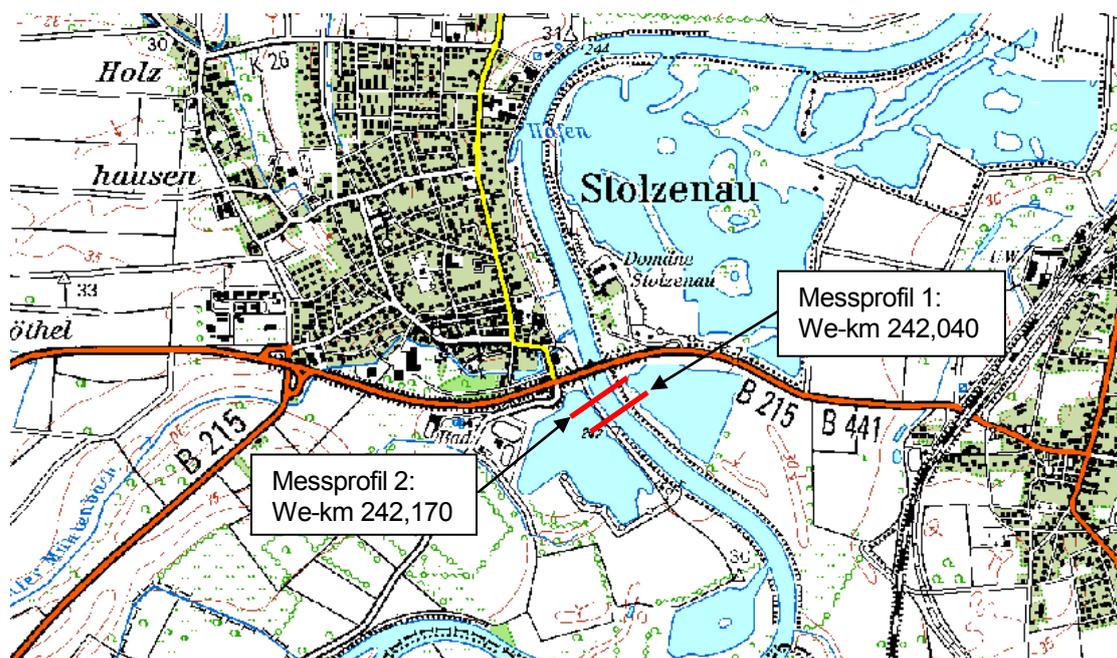


Bild 6.5 Lageplan der Weser bei Stolzenau mit Darstellung der 2 Messprofile

Als Bezugsquerschnitte und zur Auslegung der Messgeräte wurden die zwei Messquerschnitte We-km 242,040 und We-km 242,170 innerhalb der Versuchsstrecke, jedoch unterhalb der Bühnenfelder festgelegt. Der Gewässerverlauf ist hier noch annähernd gerade, so dass die Schiffe schnell fahren können (vgl. Bild 6.6). Damit werden höhere hydraulische Belastungen am Ufer erzeugt. Auch sind ufernähere Fahrpositionen möglich, was zusätzlich

in höhere Belastungen mündet. Außerdem sind verfälschende Effekte wegen der kurzen Stummelbuhnen am rechten Ufer nicht zu erwarten. Für die Interpretation der Zusammenhänge zwischen schiffahrtsbedingter Belastung und Stabilität sowie Besiedlung der Ufer durch Fauna und Flora können die Messergebnisse – auf der sicheren Seite liegend – auch auf den Bereich der Versuchsstrecke mit Buhnen übertragen werden.

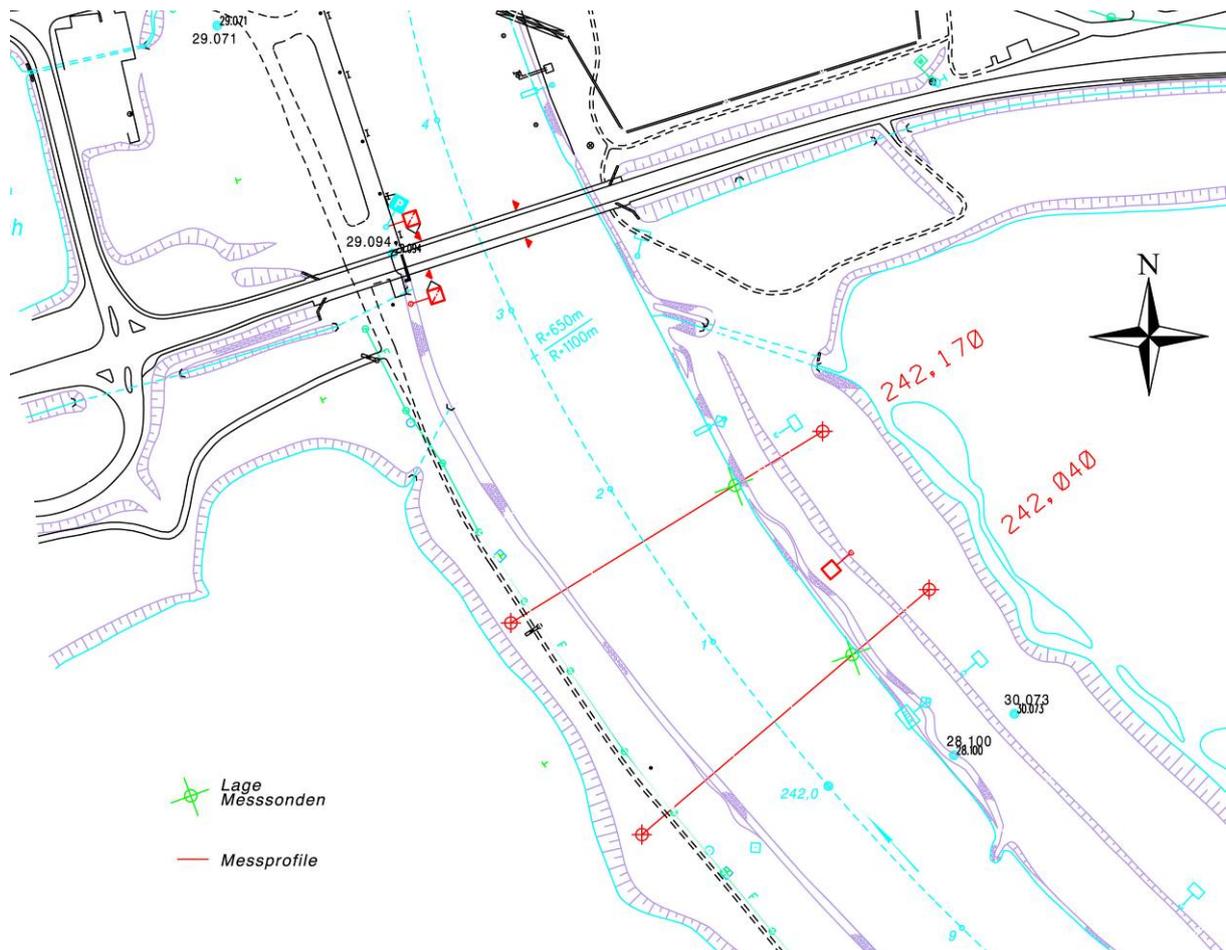


Bild 6.6: Lage der 2 Messprofile We-km 242,040 und We-km 242,170 für die Verkehrsbeobachtung am rechten Weserufer

Gemessen bzw. aufgezeichnet wurden

- Querprofile in den Messquerschnitten (einmalig), um den aktuellen Zustand der Gewässergeometrie zu kennen und evtl. Nachrechnungen durchführen zu können,
- Wasserspiegelauslenkungen am Ufer, um alle Wellenhöhen bestimmen zu können,
- Schiffspositionen, um die Uferabstände ermitteln zu können,
- Schiffsgeschwindigkeiten, um z. B. einen Vergleich zwischen gefahrenen und zulässigen Geschwindigkeiten zu haben,

- Schiffsabmessungen (lt. Markierung) und -abladung (nach Eichmarken), um das aktuelle Verhältnis Gewässerquerschnitt zu Schiffsquerschnitt zu kennen,
- Fließgeschwindigkeiten in Ufernähe, um so auf Rückströmungsgeschwindigkeiten schließen zu können.

Für die Messung von Schiffspositionen und -geschwindigkeiten wurde ein für die Schifffahrt nicht sichtbares Radargerät eingesetzt, um so sicher gehen zu können, dass die Schiffsführer in ihrer Fahrweise nicht von den Messungen beeinflusst wurden. Die meisten Schiffe konnten zusätzlich durch Fotos während ihrer Vorbeifahrt dokumentiert werden. Um einen möglichst großen Fundus an technischen Daten besonders der Güterschiffe zur Verfügung zu haben, wurde parallel an den Schleusen Landesbergen und Schlüsselburg eine Abfrage der Schiffsdaten via Funk von der Revierzentrale Minden aus durchgeführt. Der Registrierbogen ist auf Bild 6.7 zu sehen.

Registrierung der Schiffe an der Schleuse



August 2005

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU
 Karlsruhe



Datum	Uhrzeit	Fahrtrichtung		Art				Name (+ evtl. Bemerkung)	Länge	Breite	aktueller Tiefgang		Bugform	
		zu Berg	zu Tal	Güterschiff	Fahrgastschiff	Sportboot	sonstige				am Bug	am Heck	Spitzbug	Pontonsbug
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]

bitte ankreuzen

Bild 6.7: Registrierbogen für die Revierzentrale Minden

Im Folgenden werden die Messgeräte kurz vorgestellt; Details dazu sind dem Bericht /IBS 2006a/ zu entnehmen.



Bild 6.8: Blick auf die versteckten Messgeräte nördlich der Straßenbrücke am linken Ufer



Bild 6.9: Blick vom Messzelt auf die Messprofile (ca. Position) und die Versuchsstrecke am gegenüberliegenden rechten Ufer



Bild 6.10: Blick auf die Radaranlage im Messzelt



Bild 6.11: Aufnahme des Radarschirms mit Passage eines zu Tal fahrenden Güterschiffes

Digitales Radarerfassungssystem

Zur Erfassung der Schiffsgeschwindigkeiten und der Uferabstände wurde eine hoch auflösende Radaranlage verwendet, die versteckt in einem Zelt aufgebaut war. (s. Bilder 6.8 bis 6.10). Einen Eindruck des Radarschirms bei Passage eines Güterschiffes gibt Bild 6.11.

Wellensonden

Die schiffserzeugten Wasserspiegelauslenkungen wurden mit 2 Druckmesssonden je Profil gemessen (doppelte Messwerterfassung aus Sicherheitsgründen; interne Stromversorgung und Datenlogger; Messfrequenz 2 Hz). Die Sonden lagen ca. 1 m unter dem Wasserspiegel (bzgl. Einbautag 10.8.2004). Zur Ermittlung der Absolutwerte der Drücke war an Land ein barometrischer Druckaufnehmer angeordnet.

Geschwindigkeitssonde

Zur Bestimmung der räumlichen Fließgeschwindigkeit in Ufernähe wurde eine Geschwindigkeitssonde der BAW eingesetzt (ADV-Sonde der Firma NORTEK, Typ VECTOR, Messprinzip: Akustisches Doppler Verfahren). Nach Absprache mit der BAW und Voreinstellung konnte die Sonde alle 5 Sekunden zwei kurz aufeinander folgende Messwerte abspeichern. Das Messvolumen lag ca. 40 cm unter dem Wasserspiegel (bzgl. Einbautag 10.8.2004).

Lage- und Höhenbestimmung

Alle Positionsbestimmungen (Messsonden, Messboot) erfolgten mittels DGPS.

Messboot

Zur Echolotpeilung der zwei Messprofile (ca. Lage s. Bild 6.9) wurde das mitgeführte Messboot (L / B / T = 5,1 m / 1,86 m / 24 cm) eingesetzt. Außerdem wurden damit vor Beginn der Messkampagne einige Extra-Fahrten durchgeführt, die der späteren Entzerrung der Radarbilder gedient haben.

6.3 Durchführung der Messungen

Die Einrichtung der Messstelle erfolgte am 09.08.2005. Der Ein- und Ausbau der Messsonden fand in Zusammenarbeit mit dem WSA Verden statt. In Profil 2 erfolgte die Installation der beiden Drucksonden und der Geschwindigkeitssonde auf einem Betonsockel, der im Uferbereich eingebaut wurde. Die Lage des Betonsockels wurde mit einer Boje markiert. In Profil 1 wurden die Drucksonden ohne Sockel im Uferbereich in die Weser eingebracht. Die Lagesicherung war hier durch eine am Ufer befestigte Kette sichergestellt.

Die Messungen wurden von Mittwoch, 10.08.2005 7:00 Uhr, bis Mittwoch, 17.08.2005 12:00 Uhr, durchgeführt. Die tägliche Beobachtungszeit reichte von 07:00 Uhr bis 21:00 Uhr.

Die Sohlenpeilungen inkl. der Vermessung des Landanschlusses in den Messprofilen wurden am 10.08.2005 durchgeführt (Bild 6.6).

Als Grundlage zur räumlichen Entzerrung des Radarbildes wurde die Position der Radaranlage und der Hektometersteine mit DGPS eingemessen. Als Bezugsfahrt wurde die Fahrspur des Messbootes sowohl mit DGPS als auch als Radarbildfolge aufgezeichnet.

Während der Verkehrsbeobachtung wurden bei Passage der Schiffe folgende Daten erfasst: Datum, Uhrzeit, Name, Fahrtrichtung, Länge, Breite, Art und – falls erkennbar – die Abladetiefe und die maximale Tonnage. Durch die Revierzentrale in Minden wurden an den Schleusen Landesbergen und Schlüsselburg zusätzlich folgende weitere Schiffsdaten erfasst: Datum, Uhrzeit, Fahrtrichtung, Schiffstyp, Name, Schiffslänge, Schiffsbreite, Tiefgang an Bug und Heck sowie Bugform. Da bei der Passage von Sportbooten die Länge, Breite und der Tiefgang nicht erkennbar waren, wurden die Längen der Sportboote geschätzt. Darüber hinaus wurde jede Passage eines Sportbootes mit einem Foto dokumentiert.

6.4 Auswertungen

Vom beauftragten Ingenieurbüro Schmid IBS wurde auf der Basis der Messdaten ein abschließender, dreiteiliger Bericht zu den ‚*Schiffsbeobachtungen an der Weser bei Stolzenau*‘ erstellt. Der Hauptteil /IBS 2006a/ beschreibt die Situation, die verwendete Messtechnik und die Durchführung der Messungen, geht auf die Auswertungen und die Ergebnisse ein. In einem zweiten Teil /IBS 2006b/ sind die Wellendiagramme aller beobachteten und ausgewerteten Schiffspassagen zusammengestellt. Der dritte Teil /IBS 2006c/ enthält die Geschwindigkeitsdiagramme der ersten zwei Beobachtungstage, an denen verlässliche Aufzeichnungen mit der Geschwindigkeitssonde erzielt werden konnten (vgl. Kap. 6.4.2).

Für den hier vorliegenden Bericht wurden die mit o. g. Berichten übergebenen Messergebnisse unter Berücksichtigung der HN-Modellierung (s. Kap. 5.3.2) schwerpunktmäßig unter den folgenden Gesichtspunkten weitergehend ausgewertet:

- Flottenstruktur (Kap. 6.4.1)
- Schiffsgeschwindigkeiten (Kap. 6.4.2)
- Uferabstände (Kap. 6.4.3)
- Wellenhöhen (Kap. 6.4.4)
- Strömungsgeschwindigkeiten (Kap. 6.4.5)
- Quer- und Längsprofile (Kap. 6.4.6)

6.4.1 Flottenstruktur

Insgesamt wurden 156 Schiffe während der Messungen beobachtet, von denen 72 Gütermotorschiffe / Tankmotorschiffe, 8 Schubverbände – insgesamt also 80 Güterschiffe – 68 Sportboote, 6 Fahrgastschiffe und 2 Aufsichtsboote des WSA waren. Eine prozentuale Verteilung der beobachteten Schiffstypen ist in Bild 6.12 dargestellt.

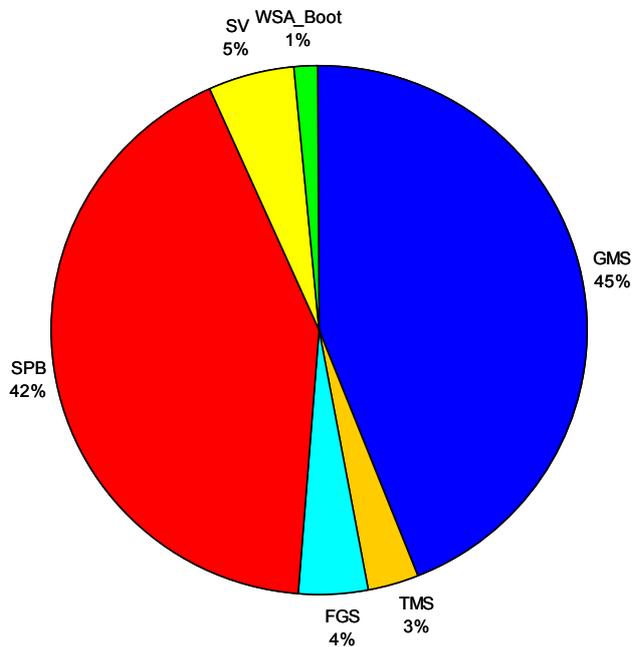


Bild 6.12:

Prozentuale Verteilung aller während der Kampagne gemessenen Schiffe nach Typen

Abkürzungen:

FGS Fahrgastschiff

GMS Gütermotorschiff

(nicht Großmotorgüterschiff, das hier nicht verkehrt !)

SPB Sportboot

SV Schubverband

TMS Tankmotorschiff

WSA Wasser- und Schifffahrtsamt

6.4.2 Schiffsgeschwindigkeiten

Zur Orientierung und zum Einordnen der beobachteten Schiffsgeschwindigkeiten sollen hier anfangs noch einmal die Geschwindigkeitsbeschränkungen nach BinSchStrO (§16.04) (vgl. Kap. 5.2), jetzt speziell für den Bereich der Versuchsstrecke, genannt sein:

- Güterschifffahrt: keine Einschränkungen
- Sportboote: Höchstgeschwindigkeit 35 km/h

Güterschiffe

Die Auswertungen ergeben für die Güterschiffe charakteristische Verteilungen (Bild 6.13). Die Talfahrer fahren generell mit höheren Geschwindigkeiten (über Grund) als die Bergfahrer. Minimum, Mittel und Maximum sind in Tab. 6.1 enthalten. Der schnellste Bergfahrer fährt 13,1 km/h, der schnellste Talfahrer 16,5 km/h. Am häufigsten werden allerdings Geschwindigkeiten gefahren, die unter den jeweiligen Mitteln liegen (s. Bild 6.13).

Die genannte Tab. 6.1 enthält außerdem alle charakteristischen Werte zu Schiffsabmessungen und hydraulischen Messwerten. Die Schiffsabmessungen liegen alle bis auf die Länge unter den zulässigen (vgl. Kap. 5.2). Die mit 114 m größte Länge überschreitet die zulässigen 91 m deutlich, wobei es sich um Schubverbände mit Ausnahmegenehmigung handelt.

Tab 6.1: Statistische Kennzahlen der beobachteten 80 Güterschiffe (Gütermotorschiffe GMS, Tankmotorschiffe TMS und Schubverbände SV); Variablen soweit möglich nach GBB /BAW 2004/

				Fahrtrichtung:			
				Berg	Tal	Berg + Tal	
				Anzahl der Fahrzeuge:			
				42	38	80	
Schiffsabmessungen	Länge	L	[m]	Min	34	34	34
				Mittel	75	77	76
				Max	114	114	114
	Breite	B	[m]	Min	7,2	7,0	7,0
Mittel				8,5	8,5	8,5	
Max				9,5	9,5	9,5	
Tiefgang Heck	T _{Heck}	[m]	Min	0,9	0,9	0,9	
			Mittel	1,7	1,9	1,8	
			Max	2,5	2,5	2,5	
Tonnage	-	[t]	Min	720	777	720	
			Mittel	1085	1160	1118	
			Max	1583	1537	1583	
Messwerte	Schiffsgeschwindigkeit	v _s	[km/h]	Min	7,4	7,0	7,0
				Mittel	10,5	12,7	11,5
				Max	13,1	16,5	16,5
	Uferabstand	u	[m]	Min	38	41	38
				Mittel	55	49	52
Max				67	61	67	
Absenk	H* _{u,H}	[m]	Min	0,03	0,05	0,03	
			Mittel	0,12	0,16	0,14	
			Max	0,28	0,39	0,39	
Heckwellenhöhe	H _{u,Heck}	[m]	Min	0,03	0,04	0,03	
			Mittel	0,11	0,19	0,15	
			Max	0,30	0,64	0,64	
Sekundärwellenhöhe	H _{sek}	[m]	Min	0,02	0,02	0,02	
			Mittel	0,06	0,05	0,06	
			Max	0,18	0,1	0,18	

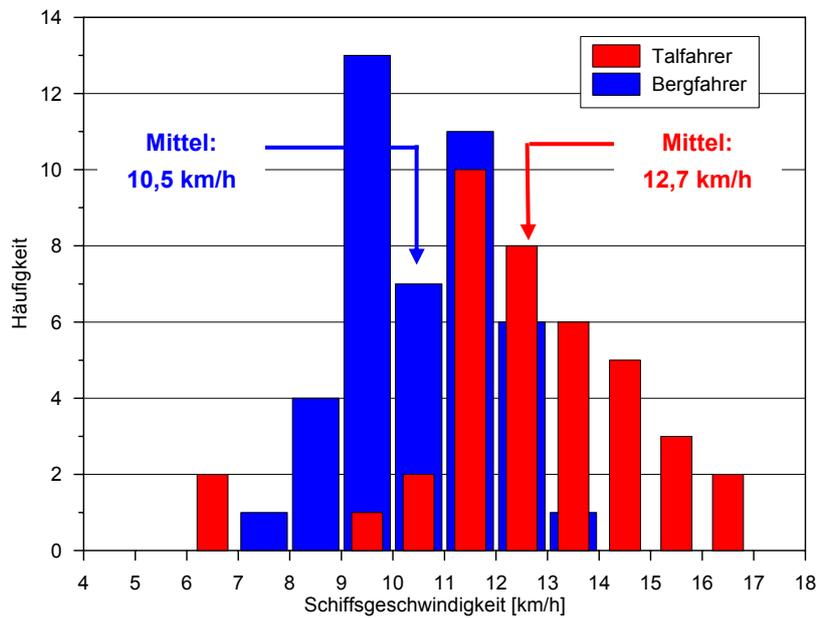


Bild 6.13: Verteilung der Geschwindigkeiten aller 80 Güterschiffe, getrennt nach Berg- und Talfahrern

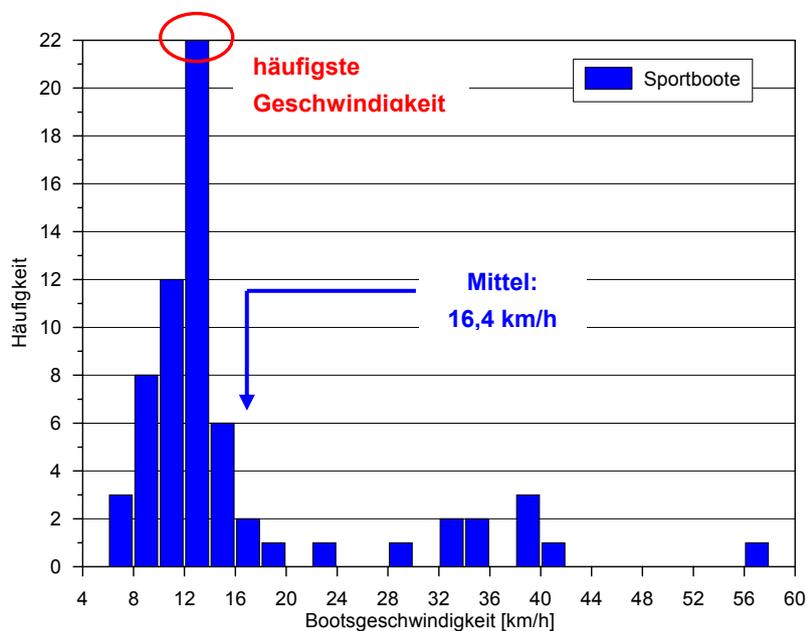


Bild 6.14: Verteilung der Geschwindigkeiten der Sportboote

Sportboote

Die Auswertungen für die Geschwindigkeiten für Sportboote zeigen eine klare Häufung bei ca. 13 - 14 km/h, was deutlich niedriger als der Mittelwert ist (Bild 6.14). Dieser Bereich entspricht in etwa der zulässigen Geschwindigkeit in Schleusenkanälen und liegt weit unter den allgemein zulässigen 35 km/h. Ein Sportboot fuhr extrem schnell mit 58 km/h (vgl. auch Tab. 6.2), 5 Boote haben die Obergrenze von 35 km/h überschritten.

Beim schnellsten Sportboot (Schiffsgeschwindigkeit: 58 km/h) konnte die Länge nur auf 5 m geschätzt werden – was kurz ist –, Breite und Tiefgang ließen sich nicht erfassen. Es handelte sich um einen Talfahrer, der mit einem Abstand von nur 27 m zur Sonde sehr ufernah fuhr, trotzdem aber nur 9 cm Wellenhöhe erzeugte. Bei dieser hohen Geschwindigkeit bewegt sich ein Sportboot schon lange im gleitenden Fahrzustand, verdrängt also kaum noch Wasser, und bewirkt nur minimale Sekundärwellenhöhen.

Tab 6.2: Statistische Kennzahlen der beobachteten 68 Sportboote; Variablen soweit möglich nach GBB /BAW 2004/

				Fahrtrichtung: Berg + Tal Anzahl d. Boote: 68	
Schiffsabmessungen	Länge	L	[m]	Min	5
				Mittel	9,1
				Max	15
Schiffsabmessungen	Breite	B	[m]	Min	2,2
				Mittel	3,37
				Max	4
Schiffsabmessungen	Tiefgang	T _{Heck}	[m]	Min	0,4
				Mittel	1,0
				Max	1,6
Messwerte	Schiffsgeschwindigkeit	v _s	[km/h]	Min	7,7
				Mittel	16,4
				Max	58
Messwerte	Uferabstand	H* _{u,H}	[m]	Min	15
				Mittel	47
				Max	75
Messwerte	Sekundärwellenhöhe	H _{sek}	[m]	Min	0,02
				Mittel	0,08
				Max	0,41

6.4.3 Uferabstände

Um die Belastung der Ufer der Versuchsstrecke beurteilen zu können, sind die Fahrpositionen der beobachteten Schiffe im Gewässerquerschnitt (entspr. rechte Uferabstände) von Bedeutung. Für die zwei Messprofile wurden vom Ingenieurbüro IBS am linken Ufer provisorische Bezugspunkte gesetzt, da diese Profile nicht Hektometern entsprechen. Die daraus errechneten Abstände von Güterschiffen (50 verwendbar) und Sportbooten (54 verwendbar) zum linken Uferpunkt in absoluten Werten sind auf Bild 6.15 aufgetragen. Außerdem sind in diesem Bild die Positionen der Wellensonde, der beiden Ufer und des Talwegs – alles beim Messprofil We-km 242,170 – markiert.

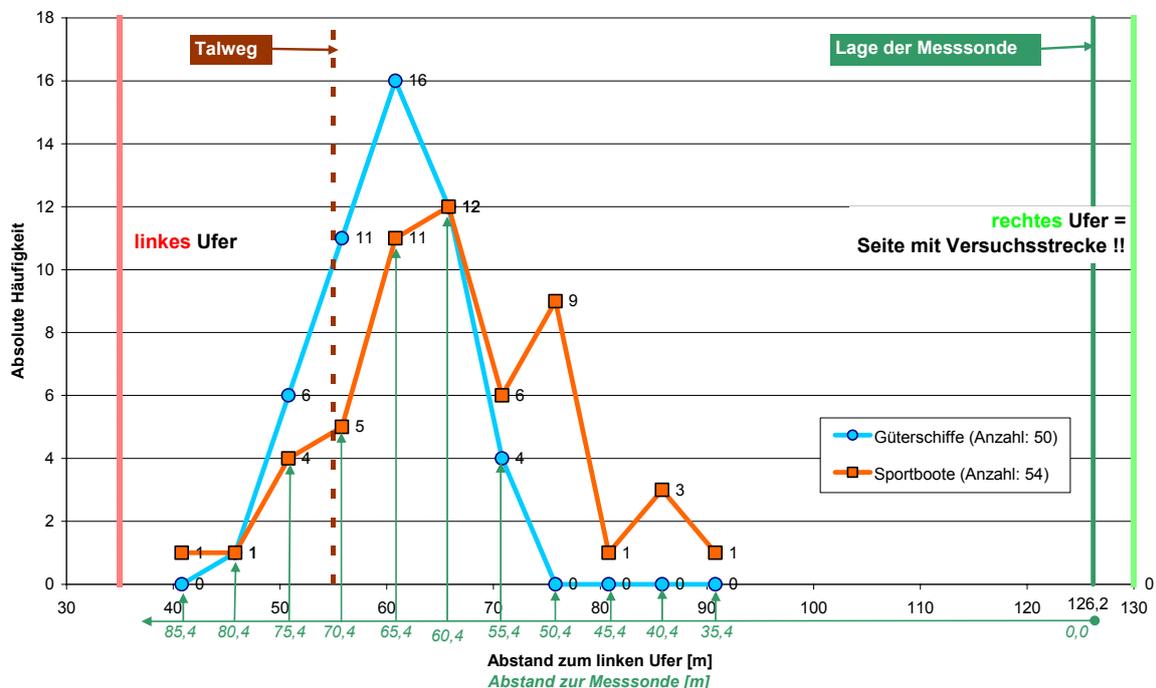


Bild 6.15: Verteilungen der Uferabstände von Güterschiffen und Sportbooten, bezogen auf den linken Uferpunkt (anhand des Messprofils We-km 242,170)

Bild 6.16 bietet zur Ergänzung die Häufigkeitsverteilungen der Abstände zum rechten Ufer (= Messsonde) für Güterschiffe und Sportboote. Güterschiffe sind meist ca. 52,5 m, Sportboote ca. 47,5 m vom Ufer entfernt.

Beide Auftragungen zeigen, dass alle Güterschiffe – bis auf eine Ausnahme – mit einem Abstand von 40 - 65 m am Versuchsufer vorbeifahren, was einem Breitenkorridor von 25 m entspricht. 39 von 50 Güterschiffen, also 78 %, bewegen sich hauptsächlich 45 - 60 m vom rechten Ufer entfernt, was einem engen Bereich von ca. 15 m gleich kommt. Sportboote passieren das rechte Ufer in einem größeren Breitenbereich von 30 m, entspr. 35 - 65 m Uferabstand. Sportboote fahren also deutlich näher zum Versuchsufer als Güterschiffe, in

einzelnen Fällen mit nur 25 m Abstand. Der geringere Tiefgang der Sportboote erlaubt es ihnen, in der flacheren Uferzone zu kreuzen.

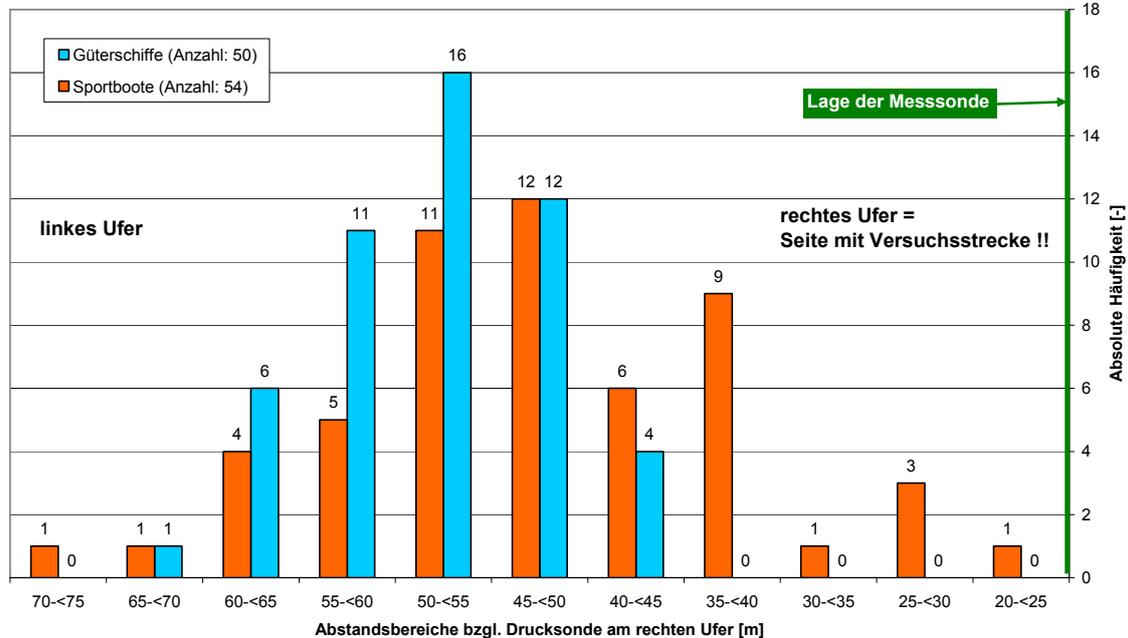


Bild 6.16: Verteilung der Abstände zum rechten Ufer (= Messsonde) für Güterschiffe und Sportboote

6.4.4 Wellenhöhen

Berücksichtigung von Schwall und Sunk

Die mögliche Beeinflussung durch Schwall- und Sunkwellen infolge der Schleusungen ober- und unterhalb der Versuchsstrecke wurde überschlägig bewertet. Eine Abschätzung der Laufzeiten ergab für eine Schwallwelle der Schleuse Schlüsselburg, ca. 4 km oberstrom, 10 min und für eine Sunkwelle der Schleuse Landesbergen, ca. 10 km unterstrom, 30 min. Die Auswertung der Messschriebe zeigte, dass nur Schwallwellen registriert wurden. Fahrten, bei denen die Messungen durch Schwallwellen überlagert waren, wurden bei der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Festlegung von Bug- und Heckwellenhöhe (Primärwelle) aus Messergebnissen

Die hydraulische Belastung der Ufer wird durch die Umströmung des passierenden Schiffes und die damit verbundenen Wellen hervorgerufen. Daher sind die Wellenhöhen ein wichtiger Wert zu ihrer quantitativen Beurteilung. Das Phänomen wurde ausführlich in Kap. 6.1 beschrieben.

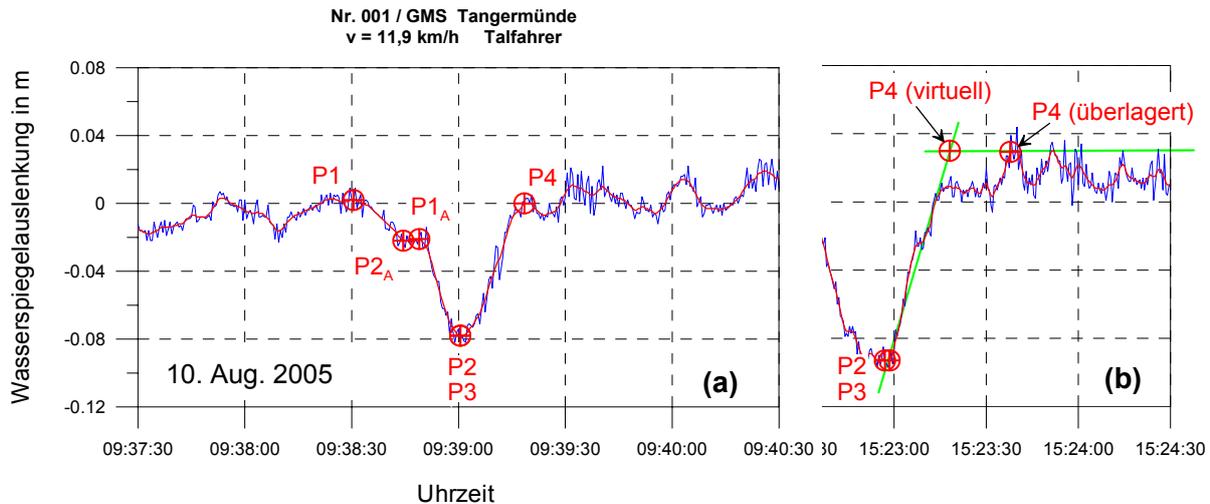


Bild 6.17: (a) Beispiel eines Wellenereignisses mit den charakteristischen Werten P1 bis P4 sowie den Zusatzpunkten P1_A und P2_A
(b) Beispiel für einen ergänzten Wert P4 (virtuell) als maximale Wasserspiegelauslenkung im Heckbereich

Die Bestimmung von Bug- und Heckwellenhöhe und tiefstem Absinkwert – die gemeinsam die Primärwelle bilden – erfolgte optisch aus den aufbereiteten Messprotokollen. Im Normalfall wurden vier charakteristische Werte P1 bis P4 erfasst (s. Bild 6.17 (a)):

- Differenz zw. P1 und P2 - Bugwellenhöhe, auch Bugabsenk als Bemessungsgröße für die Deckwerksdicke
- Differenz zw. P3 und P4 - Heckwellenhöhe, nach GBB /BAW 2004/ auch Bemessungswellenhöhe als Bemessungsgröße für die Einzelsteingröße

In Sonderfällen wurden zusätzliche Punkte P1_A bzw. P2_A ergänzt und bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt. Auch im Bereich der Heckwellenhöhe wurde teilweise der Punkt P4 höher angenommen als gemessen, um auf der sicheren Seite liegende Werte zu erhalten. Im Detail ist die Vorgehensweise im Bericht /IBS 2006a/ beschrieben.

Bei der Auswertung wurde festgestellt, dass Primärwellen ausschließlich bei Güterschiffen, Fahrgastschiffen und Schubverbänden auftraten.

Festlegung der Sekundärwellenhöhe

Die Sekundärwellenhöhen sind besonders bei den Sportbooten von Interesse, da diese aufgrund ihrer geringen Verdrängung keine Primärwelle erzeugen. Doch auch die Sekundärwellenhöhen von Güterschiffen wurden ausgewertet, um Aussagen über deren Größenordnung machen zu können und um Vergleiche zwischen den Sekundärwellenhöhen von Güterschiffen und von Sportbooten anstellen zu können.

Für die Festlegung der Sekundärwellenhöhe werden zwei Messwerte z. B. von direkt aufeinander folgendem Wellental und -berg benötigt. Aufgrund der Messfrequenz von 2 Hz konnten Sekundärwellen bei höheren Frequenzen nicht vollständig erfasst werden (s. Bild 6.18). In Abstimmung zwischen dem Auftragnehmer IBS und der BAW wurden in diesen Fällen die maximal möglichen Sekundärwellenauslenkungen sinnvoll ergänzt (lineare Extrapolation s. Bild 6.18) und so in die Auswertung einbezogen.

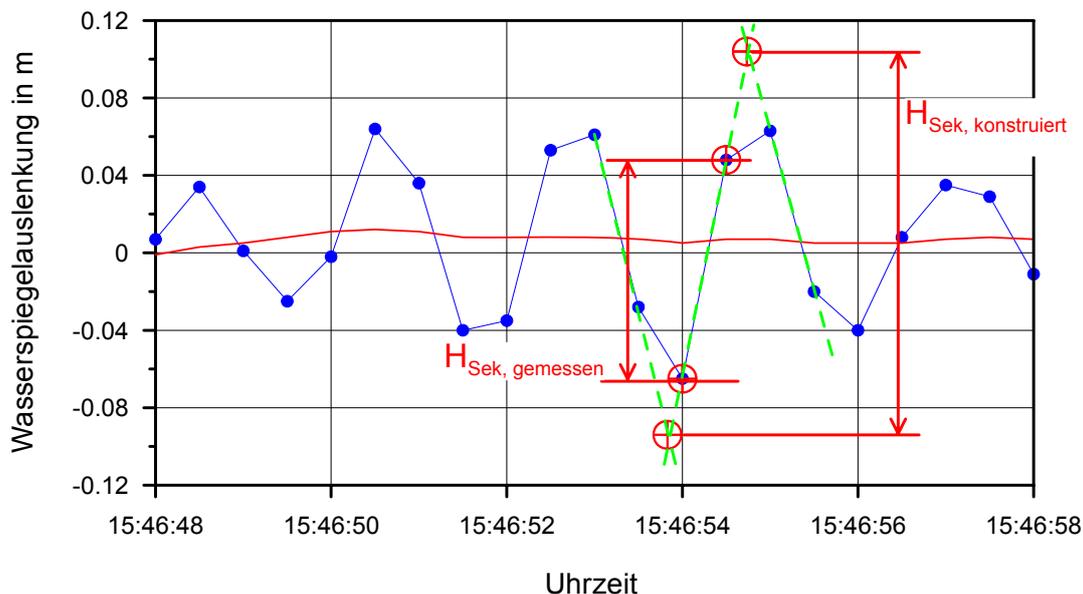


Bild 6.18: Beispiel für gemessene und ergänzte Sekundärwellenhöhe (Sportboot ‚Daniel N‘, Talfahrer mit $v_{\text{Schiff}} = 15,8 \text{ km/h}$)

Hinweis: Die rote Linie im Bereich der Abszisse ist das gleitende Mittel zur Definition der Primärwellenhöhe (vgl. Bild 6.17)

Gemessene Wellenhöhen

Die Auswertung weist die Wellenhöhen für Güterschiffe und Sportboote getrennt aus. Bei den Güterschiffen wurde unterschieden nach dem schnellen Wasserspiegelabsenk direkt im Bugbereich (auch Bugabsenk oder Bugwellenhöhe genannt), der Wellenhöhe im Heckbereich des Schiffes (auch Heckwellenhöhe oder Bemessungswellenhöhe genannt) und der Sekundärwellenhöhe:

- Die Bugwellenhöhe ist wegen ihrer kurzen Absenkzeit relevant für die Reaktion des Porenwasserdrucks im Boden der Uferböschung und damit bestimmend für deren Stabilität und die einer evtl. vorhandenen Ufersicherung.

- Die Heckwellenhöhe setzt sich zusammen aus dem tiefstem Absunk neben dem Güterschiff im Heckbereich und dem ersten Wellenberg hinter dem Heck. Sie dient der Bemessung der Lagestabilität von Einzelsteinen eines Deckwerks, kann aber auch zur Abschätzung der Belastbarkeit von Ufervegetation und -fauna herangezogen werden.
- Sekundärwellen werden von Güterschiffen am Bug und am Heck erzeugt. Die Bugsekundärwellen laufen während des Absunks zum Ufer, die Hecksekundärwellen überlagern sich mit der Heckwelle. Die Größen sind wesentlich kleiner als die der Bug- und Heckwellen.

Bei Sportbooten treten nur kurzperiodische Sekundärwellen auf, die allerdings größere Höhen als bei Güterschiffen haben können. Das liegt an der höheren gefahrenen Geschwindigkeiten und den geringeren Uferabständen.

Sekundärwellen sind für die Bemessung einer Ufersicherung i. Allg. nicht relevant. In Einzelfällen können sie aber zu Erosionsproblemen führen. Bei Fragen hinsichtlich Fauna und Flora im Uferbereich müssen sie beachtet werden.

Auf Bild 6.19 sind Bug- und auf Bild 6.20 die Heckwellenhöhen aller auswertbaren Güterschiffe, getrennt für Berg- und Talfahrer, aufgetragen. Die Bugwellenhöhen liegen im Mittel bei 15 cm, ein Talfahrer erreicht maximal 39 cm. Die Heckwellenhöhen liegen bei Bergfahrern im Mittel bei 11 cm, bei Talfahrern bei 19 cm; die Maximalwerte unterscheiden sich für Bergfahrer mit 30 cm und Talfahrer mit 64 cm. Für Talfahrer gibt es nur in zwei Einzelfällen so extreme Werte von 45 - 65 cm, i. d. R. werden auch nur Größen von 40 cm erreicht. Es ist nicht auszuschließen, dass nicht ausgefilterte Überlagerungen mit anderen Wellen die Erklärung dafür sind. Im Detail sind diese und andere Werte auch in Tab. 6.1 aufgelistet.

Bild 6.21 präsentiert die Sekundärwellenhöhen für Güterschiffe und Sportboote, soweit sie ausgewertet werden konnten. Die Güterschiffe erreichen – unabhängig von Berg- und Talfahrt – im Mittel 6 cm Wellenhöhe. Maximal treten zu Berg 18 cm, zu Tal 10 cm Wellenhöhe auf (zu Berg muss das Maximum höher sein, da das Schiff eine größere Relativgeschwindigkeit zum Wasser hat, was für die Entstehung des Wellensystems bestimmend ist). Sportboote liegen mit einem Mittelwert von 8 cm nur unwesentlich höher, weisen allerdings einen Maximalwert von 41 cm auf. Auch hierzu wird für weitere Details auf die Tabellen Tab. 6.1 und Tab. 6.2 verwiesen.

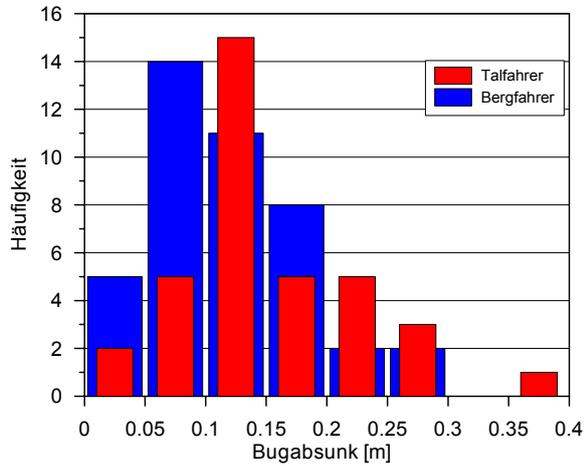


Bild 6.19:
Bugabsunk aller Güterschiffe, getrennt
 für Berg- und Talfahrer

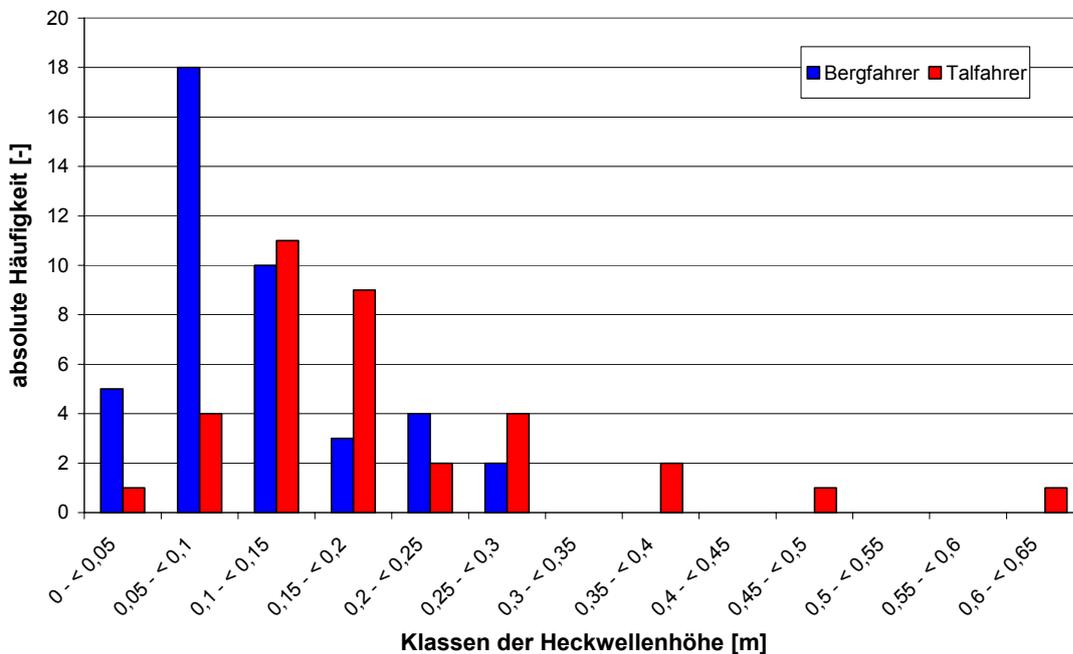


Bild 6.20: **Heckwellenhöhen** aller Güterschiffe, getrennt für Berg- und Talfahrer

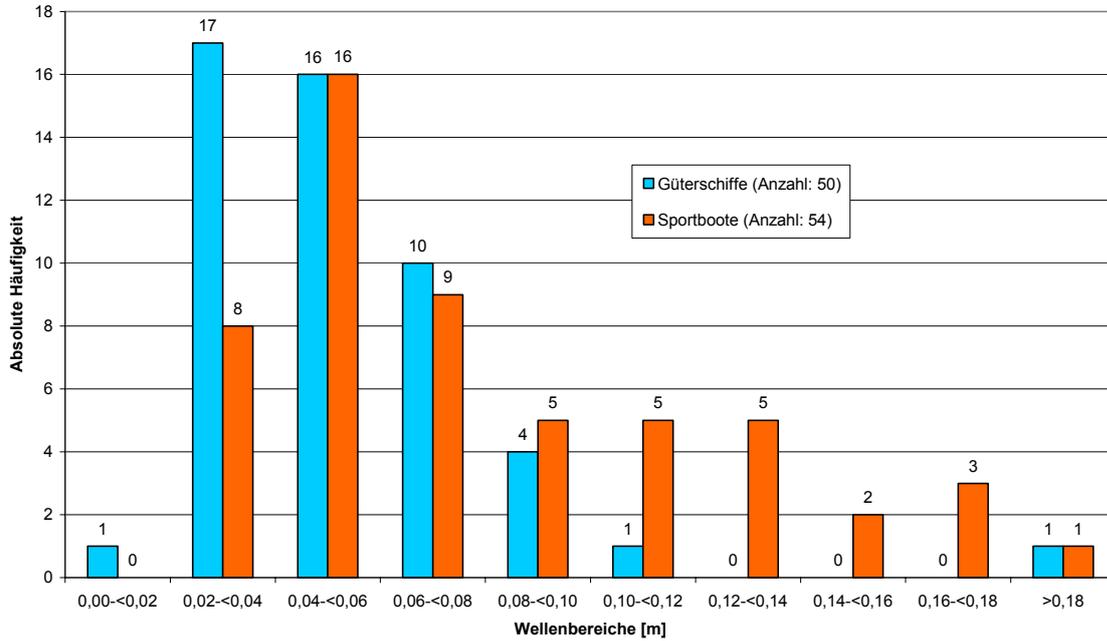


Bild 6.21: Sekundärwellenhöhen von 50 Güterschiffen (MS, TMS und SV) und 54 Sportbooten (in den anderen Fällen war die Sekundärwellenhöhe nicht messbar)

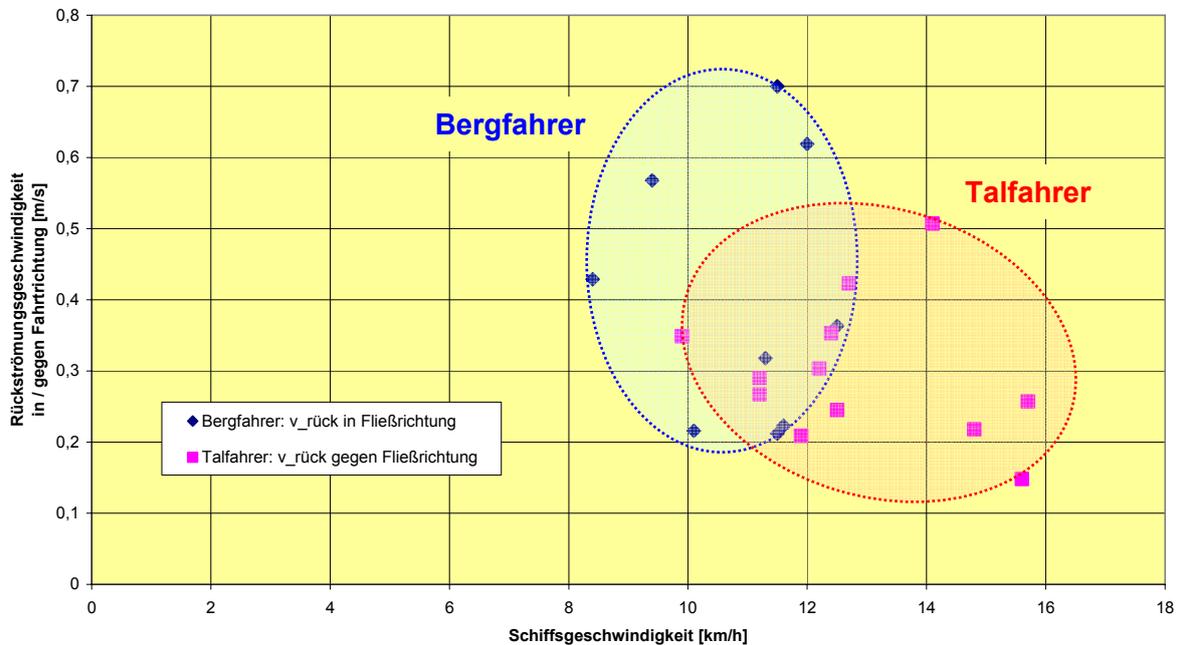


Bild 6.22: Rückströmungsgeschwindigkeiten von 21 Güterschiffen (nur MS und TMS) aus den ersten beiden Tagen der Messkampagne, getrennt nach Berg- und Talfahrern

6.4.5 Strömungsgeschwindigkeiten

Die Strömungsgeschwindigkeiten, die eine direkte Belastung der Tiere und Pflanzen am Ufer darstellen, konnten nur an den ersten 2 Tagen auswertbar gemessen werden. In der Zeit 10.-12. (9:35 Uhr) August ließen sich so die Daten von 21 Güterschiffen (ohne Schubverbände) sammeln. Erwartungsgemäß kam es nur bei den Passagen von Güterschiffen (große Querschnittsfläche) zu Veränderungen des Strömungsverhaltens im Bereich der Messsonde, nicht aber bei Sportbooten (sehr kleine Querschnittsfläche). Die Auswertungen konzentrierten sich auf die Rückströmungsgeschwindigkeiten, die neben dem Schiff entgegen Fahrtrichtung auftreten. In Bild 6.22 sind die Zusammenhänge zwischen Schiffs- und Rückströmungsgeschwindigkeiten dargestellt. Folgende Aussagen lassen sich machen:

- Bergfahrer fahren erwartungsgemäß mit geringerer Geschwindigkeit¹⁾ als Talfahrer; das Geschwindigkeitsfenster bei Bergfahrern ist enger als bei Talfahrern:

zu Berg v_{Schiff} von 8,4 bis 12,5 km/h

zu Tal v_{Schiff} von 9,9 bis 15,7 km/h

- Bergfahrer erzeugen höhere Rückströmungsgeschwindigkeiten als Talfahrer; der Bereich ist größer als bei Talfahrern:

zu Berg $v_{\text{rück}}$ von 0,21 bis 0,70 m/s

zu Tal $v_{\text{rück}}$ von 0,15 bis 0,51 m/s

Die Rückströmung ist überwiegend schiffs- bzw. uferparallel orientiert. Das zeigte der Vergleich zwischen den Messwerten für die Geschwindigkeiten in Fließrichtung und den tatsächlich resultierenden Geschwindigkeiten, die durch eine geringe Komponente senkrecht zur Hauptfließrichtung entstehen. Die äußerst geringen Abweichungen betragen zu Berg 0,3 %, zu Tal 1,1 %.

Die Fließgeschwindigkeit der Grundströmung der Weser wurde mit dem HN-Modell des Referates W1 der BAW überschlägig bestimmt (s. Kap. 5.3.2). Im Mittel über den gesamten Gewässerquerschnitt liegt sie bei 0,2 m/s, am Ufer im Bereich der Versuchsflächen, also auch der Messsonden, bei 0,05 m/s. Dies wurde bei den Auswertungen berücksichtigt.

Die Schiffsgeschwindigkeiten wurde über Grund gemessen. Der Bergfahrer fährt gegen die Grundströmung, der Talfahrer mit ihr, was sich in der o.g. Interpretation widerspiegelt.

Ein ausgeprägte Wiederauffüllungsströmung, deren Geschwindigkeit in etwa der Schiffsgeschwindigkeit entsprechen würde, konnte nicht festgestellt werden, da an der Messstelle deutlich größere Querschnittsverhältnisse $n = A_{\text{Gewässer}} / A_{\text{Schiff}}$ vorliegen als an engen Kanälen, wo solche Effekte eindeutig auftreten. Für ein maximal mit 2,50 m abgeladenes Europa-

¹⁾ **Hinweis:** Die hier genannten Spannen für die Schiffsgeschwindigkeiten sind nicht in Tab. 6.1 zu finden, da dort die gesamte Messkampagne ausgewertet wurde, hier aber nur die zwei Tage, in denen die Strömungsgeschwindigkeiten erfasst werden konnten!

schiff am We-km 242,100 bei einer Wasserspiegellage von NN + 26,60 m gilt $n \approx 12,21$ gegenüber dem gleichen Schiff in einem Regel-Trapezprofil mit $n \approx 7,24$. Deswegen kommt es auch nicht – wie in Kanälen möglich – zu deutlichen Rollbrechern, die am Ufer in Höhe des Schiffshecks mitlaufen.

6.4.6 Quer- und Längsprofile

Zu Beginn der Messkampagne wurden vom Büro IBS die zwei Messprofile We-km 242,040 und 242,170 mittels Echolot vom eigenen Messboot aus gepeilt und am rechten Ufer durch GPS-Landvermessung ergänzt. Auf Bild 6.23 sind die Profile zu sehen. Es spiegelt sich wider, dass die Versuchsstrecke in einer leichten Rechtskrümmung liegt, die typisch auf der linken Seite eine tiefere Sohle aufweist (Talweg auf Bild 6.23). Bei We-km 242,040 liegt die Sohle ca. 3,6 m, bei We-km 242,170 ca. 3,8 m unter dem Wasserspiegel. Zu beachten ist hierbei, dass der Bezugswasserspiegel aufgrund von Messfehlern an einem provisorisch am linken Ufer unter dem Brückenwiderlager der B 215 angebrachten Pegel um 15 - 20 cm niedriger liegt als in den Grafiken gezeichnet. Dies wurde bei den Auswertungen berücksichtigt.

Außerdem wurde eine Längspeilung etwa in Flussmitte durchgeführt (Bild 6.23). Diese zeigen auf, dass im Bereich der Fahrrinne durchaus Sohlunebenheiten von ca. $\pm 0,7$ m auftreten. Da dort gleichzeitig im Mittel aber Wassertiefen von ca. 4 m vorliegen, ist die Schifffahrt dadurch unter nautischen Aspekten nicht beeinträchtigt.

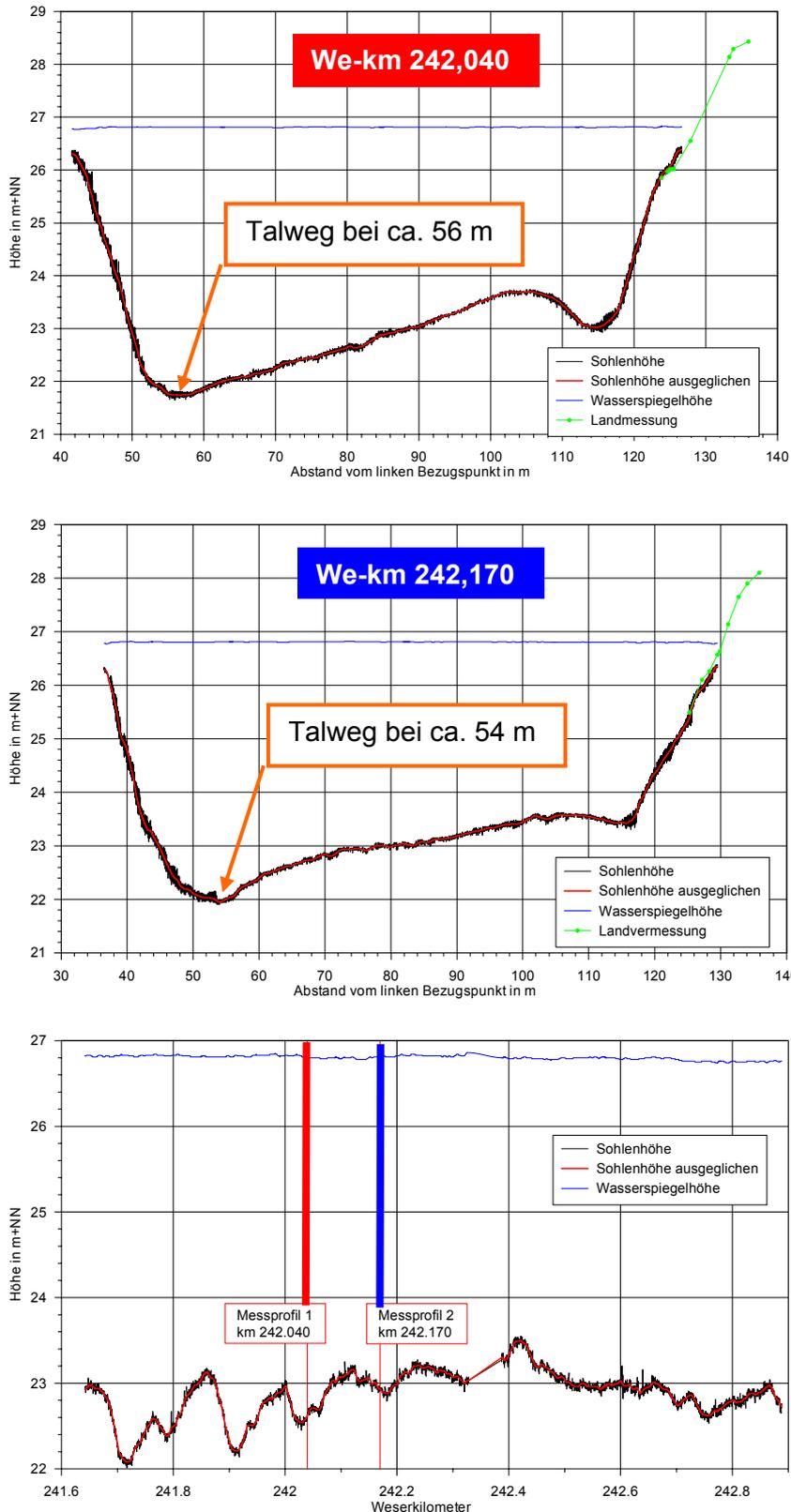


Bild 6.23: Messergebnisse der Querpeilungen in den 2 Messprofilen (2 obere Diagramme) sowie der Längspeilung mit Lage der 2 Messprofile (unteres Diagramm)

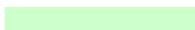
7 Maßgebende hydraulische Belastungen am Ufer

Die in den Kapiteln 5 und 6 erläuterten hydraulischen Berechnungen und Messungen fließen in die weiteren Betrachtungen zur Uferstabilität und Vegetation – wie in den folgenden Kapiteln vorgestellt – ein. Wesentlich ist dabei die Verknüpfung der Mittelwerte bzw. der Maximalwerte der wichtigsten hydraulischen Belastungsgrößen wie Strömungsgeschwindigkeiten, daraus resultierende Schubspannungen, Absunk und Höhen der Heckwelle sowie Sekundärwelle mit den verschiedenen Ufersicherungsmaßnahmen am betrachteten Ufer. Deshalb sind in Tab. 7.1 – soweit vorhanden – Mittelwerte und Maxima der wichtigsten hydraulischen Belastungsgrößen für den Uferbereich mit den alternativen Ufersicherungen zusammengestellt.

Tab. 7.1: Hauptwerte der wichtigsten hydraulischen Belastungsgrößen

	Größe	Symbol	Einheit	Mittelwert	nach Bild bzw. Tab.	Maximum	nach Bild bzw. Tab.	Schiffstyp
Fluss- hydraulik	Strömungs- geschwindigkeit	v_{Str}	[m/s]	-	-	1,00 ¹⁾	Bild 5.17	
	Schubspannung	τ	[N/m ²]	-	-	6,00 ¹⁾	Bild 5.17	
Schiffahrt	Rückströmungs- geschwindigkeit	$v_{rück}$	[m/s]	0,34	Bild 6.22	0,70	Bild 6.22	Güterschiffe
	Absunk	$H^*_{u,H}$	[m]	0,14	Tab. 6.1	0,39	Tab. 6.1	- " -
	Heckwellenhöhe	$H_{u,Heck}$	[m]	0,15	Tab. 6.1	0,64 ²⁾	Tab. 6.1	- " -
	Sekundär- wellenhöhe	H_{sek}	[m]	0,08	Tab. 6.2	0,41	Tab. 6.2	Sportboote
0,06				Tab. 6.1	0,18	Tab. 6.1	Güterschiffe	

Zellenfarbe/-muster:

	berechnet
	gemessen
	Sportboote
	kein Wert

Bemerkungen:

¹⁾ extrapoliert für bordvollen Abfluss

²⁾ hierin ist ca. 2/3 Heckabsunk enthalten,

d. h. die reine Heckwellenhöhe beträgt max. ca. 22 cm

8 Beurteilung des technischen Erhaltungszustandes

Nach Aussage des WSA Verden sind von 1989 bis heute keine Unterhaltungsarbeiten an der Ufersicherung im Bereich der Versuchsstrecke erforderlich gewesen. Das bedeutet, dass keine signifikanten Ufererosionen oder schadhafte Böschungsrutschungen stattgefunden haben, die Ufer sind weitestgehend stabil. Es kann dementsprechend davon ausgegangen werden, dass mit der vorhandenen „alten“ Steinschüttung im Unterwasserbereich und den beschriebenen neu eingebauten alternativen technisch-biologischen Sicherungsmaßnahmen oberhalb von MW unter den bisherigen hydraulischen Belastungen ein guter Uferschutz gegeben ist. Dies wird auch durch die im Bereich der Versuchsstrecke aufgenommenen Querprofile (siehe Kap. 5.1.3) bestätigt. Es gibt aufgrund fehlender Anfangsprofilen zwar keinen genau definierten Ausgangszustand, aber die festgestellten Geometrien geben keine Hinweise auf standsicherheitsrelevante Böschungsverformungen.

Im Bereich oberhalb von MW ist davon auszugehen, dass die Böschungen in der Anfangsphase nach Wegnahme der Steinschüttung und anschließender Neuprofilierung sowie unterschiedlicher Anpflanzung zunächst durch Wellen und Strömungen etwas umgeformt wurden, jedoch mit der Entwicklung und Ausbreitung der Vegetation sich zunehmend stabilisiert haben. Die planmäßig auf 1 : 7 abgeflachten Bereiche haben sich insgesamt nur unwesentlich auf etwa 1 : 8 weiter abgeflacht. Die angelegten Flachwasserzonen sind bis heute ausnahmslos verlandet. Das bedeutet, dass im Strömungsschatten der Bühnen Sedimentation stattgefunden hat. Selbst Bereiche, in denen die alte Böschungsneigung von planmäßig 1 : 3 beibehalten, die Wasserbausteine jedoch entfernt wurden, sind mit den unterschiedlichen alternativen Sicherungsmethoden weitestgehend stabil. Ein Unterschied zwischen den Bereichen mit und ohne Bühnen ist nicht feststellbar.

Die hydraulischen Belastungen resultieren in erster Linie aus Schifffahrt (Kap. 5.2) und Hochwasserereignissen (Kap. 5.3).

Schifffahrt

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen sind die bisherigen Belastungen aus Schifffahrt gegenüber denen in Kanalstrecken, die den Anforderungen der Wasserstraßenklasse Vb genügen, eher als gering einzuschätzen. Im Mittel verkehrten hier derzeit nur etwa 16 Güterschiffe pro Werktag (Messung in der Versuchsstrecke 2005 siehe Kap. 6.4.1). Die hydraulische Belastung am Ufer bei Schiffsvorbeifahrt ist im Durchschnitt erwartungsgemäß gering (s. Tab. 7.1), da das Querschnittsverhältnis (Quotient aus Wasserstraßenquerschnitt und eingetauchtem Schiffsquerschnitt) mit etwa 12 wesentlich größer als in den Kanalstrecken ist. Außerdem befindet sich die Fahrrinne relativ weit vom Ufer der Versuchsstrecke entfernt. Deshalb fahren die Güterschiffe – wie die Messungen gezeigt haben – mit einem großen Uferabstand von etwa 55 bis 80 m, im Mittel 65 m (s. Bild 6.15, S. 56).

Zu Vergleichszwecken wurde für den Abschnitt der Versuchsstrecke am rechten Weserufer untersucht, inwieweit unter den hier gegebenen Randbedingungen theoretisch ein technisches Deckwerk als Uferschutz gegenüber den Schifffahrtsbelastungen erforderlich wäre. Dazu wurden Berechnungen nach /GBB 2004/ mit dem Programm GBBSoft durchgeführt, das im Auftrag der BAW von der Fa. Swift Engineering GmbH, Karlsruhe erstellt wurde. Es wurden die aus geotechnischer Sicht erforderliche Schichtdicke und die erforderliche Einzelsteingröße für ein loses Schüttsteindeckwerk auf einem Geotextil mit einer Fußeinbindung nach /MAR 2008/ ermittelt.

Geotechnisch wird ein Bruchmechanismus untersucht, der infolge eines schnellen Wasserspiegelabsinks bei Schiffsvorbeifahrt und damit gegebenenfalls auftretenden Porenwasserüberdrücken im Boden zu einem böschungsp parallelen Abgleiten einer oberflächennahen Bodenschicht und eines gegebenenfalls vorhandenen Deckwerks führt. Um ausreichende Sicherheiten zu erzielen, ist in Abhängigkeit von der hydraulischen Belastung ein bestimmtes Deckwerksgewicht als Auflast erforderlich. Maßgebend ist der Böschungsbereich unterhalb des abgesenkten Wasserspiegels. Das bedeutet, dass für Wasserstände bis etwa MW der im Böschungsbereich anstehende durchlässige Weserkies maßgebend ist, der dem Boden B1 nach /MAR 2008/ zugeordnet werden kann (siehe Kap. 5.1.1). Aufgrund der relativ großen Durchlässigkeit sind nur geringe bzw. keine Porenwasserüberdrücke im Boden während der Schiffsvorbeifahrten zu erwarten. Für Wasserstände nahe dem HSW sind auch die darüber anstehenden Schluffe und Sande zu berücksichtigen, die dem Boden B4 nach /MAR 2008/ zuzuordnen sind. Aus der Darstellung der Wasserstandsganglinie der Weser am Pegel Stolzenau (s. Bild 5.4, S.23) ist ersichtlich, dass diese hohen Wasserstände von 1988 bis 2006 nur etwa neunmal kurzzeitig aufgetreten sind. Die meiste Zeit waren Wasserstände im Bereich von MW vorhanden. Für die Berechnungen wurden die Bodenkennwerte entsprechend Tab. 5.1 angewendet.

Als Wasserstraßenquerschnitt wurde das während der Messungen 2005 eingemessene Profil bei km 242,170 (s. Bild 6.23) zugrunde gelegt. Da die Berechnungen nur für einen Trapez-Querschnitt möglich sind, mussten entsprechende Vereinfachungen getroffen werden. Die Böschungsneigung am linken Ufer wurde mit 1 : 3 angenommen, das entspricht der planmäßigen Sollneigung. Am rechten Ufer beträgt die Böschungsneigung nach den Querprofilaufmessungen unterhalb von MW 1 : 2 bis 1 : 4 und oberhalb von MW 1 : 3,5 bis 1 : 8 (s. Kap. 5.1.3). Da nur eine einheitliche Böschungsneigung berücksichtigt werden kann, erfolgten die Berechnungen für MW-Verhältnisse mit einer Böschungsneigung von 1 : 3 und für HSW-Verhältnisse mit einer gemittelten Neigung von 1 : 5.

Hinsichtlich der Schifffahrtsbelastung wurde das Europaschiff berücksichtigt, von den Abmessungen her das derzeit größte hier verkehrende Schiff. Es wurde entsprechend der Messungen angenommen, dass es in einer Entfernung von 55 m (kleinster gemessener Uferabstand; s. Bild 6.15 S.56) von der Versuchsstrecke fährt.

Die Berechnungen für Schifffahrtsbelastungen bei verschiedenen Wasserständen zeigen folgende Ergebnisse:

1. Schifffahrt bei Mittelwasserstand (MW)

Es wurde eine Wassertiefe von 4 m und eine Böschungsneigung von 1 : 3 zugrunde gelegt und angenommen, dass das Europaschiff mit 0,97 % der kritischen Schiffsgeschwindigkeit fährt. Maßgebender Boden ist der Weserkies (B1). Hier zeigen die Berechnungsergebnisse, dass aufgrund der großen Durchlässigkeit des Weserkieses kein zusätzliches Gewicht auf der Böschung erforderlich ist, um die Standsicherheit zu gewährleisten. Aus geotechnischer Sicht ist kein Deckwerk erforderlich. Die rechnerisch erforderliche Einzelkorngröße D_{50} (Siebgröße) zur Verhinderung von Erosion im Böschungsbereich infolge Wellen und Strömung durch Schifffahrt beträgt 70 mm und ist damit größer als die vorhandene Körnung des anstehenden Weserkieses von 0,06 mm bis 60 mm (s. Kap. 5.1.1 bzw. Anlage 5.3-3). Das bedeutet, dass ohne jegliche Böschungssicherung bei Mittelwasserständen im Unterwasserbereich eine Ufererosion zu erwarten wäre.

2. Schifffahrt beim höchsten schiffbaren Wasserstand (HSW)

Hier wurde eine Wassertiefe von 6,50 m und eine gemittelte durchgängige Böschungsneigung von 1 : 5 zugrunde gelegt. Es wurde angenommen, dass das Europaschiff mit einer Geschwindigkeit von 16,50 m/s (höchste gemessene Schiffsgeschwindigkeit) fährt, da ein Schiff unter Hochwasserverhältnissen nicht mit 0,97 % der kritischen Schiffsgeschwindigkeit fahren wird. Unterhalb des Wasserspiegels stehen neben dem Weserkies die darüber liegenden Schluffe und Sande (B4) (s. Kap. 5.1.1 bzw. Anlage 5.3-1) an. Sie sind für die Berechnung maßgebend, da sie in einer Mächtigkeit von etwa 2,50 m vorhanden sind und hinsichtlich der geotechnischen Bemessung aufgrund der geringeren Durchlässigkeit ungünstigere Werte hinsichtlich möglicher Porenwasserüberdrücke im Boden ergeben.

Die hydraulischen Belastungsgrößen sind nur wenig größer als bei MW. Aber aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der Schluffe und Sande ist zur Gewährleistung der geotechnischen Böschungsstabilität hier als Auflast ein Deckwerk in einer Schichtdicke von 35 cm erforderlich (bei einer angenommenen Steindichte von 2650 kg/m^3). Die zur Vermeidung von Erosion notwendige Einzelstein- bzw. Einzelkorngröße beträgt auch hier 70 mm, der vorhandene Korngrößenbereich der Schluffe und Sande liegt dagegen nur zwischen 0,001 und 1 mm. Das bedeutet hier, dass ohne jegliche Böschungssicherung neben Ufererosionen auch Böschungsrutschungen zu erwarten wären.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass bei Wasserständen bis Mittelwasser zur Vermeidung von Erosion infolge Schifffahrt theoretisch zumindest ein Schutz der Böschungsoberfläche notwendig ist, bei höheren Wasserständen wird zusätzlich ein Deckwerk als Auflast zur Gewährleistung der geotechnischen Stabilität erforderlich. Derzeit ist der Unterwasserbereich nach TLW 1997 mit Wasserbausteinen der Klasse III mit einem $D_{50} = 22 \text{ cm}$ (Siebgrö-

ße, entspricht $D_{50TLW} = 30$ cm) gesichert, eingebaut in einer Stärke von 60 cm. Zur Vermeidung von Erosion würden allerdings bereits Steine der Klasse CP_{45/125} (nach TLW 2003), d. h. Korngrößen zwischen 4,5 cm und 12,5 cm, ausreichen, eingebaut in einer Schichtdicke von 35 cm zur Gewährleistung einer ausreichenden inneren Stabilität des Steingerüsts. Mit dieser Schichtdicke wäre auch bei höheren Wasserständen ein ausreichendes Gewicht für die Böschungsstabilität gegeben. Das heißt, die derzeit unter Wasser vorhandene Böschungssicherung ist hinsichtlich der Schifffahrtsbelastungen theoretisch überdimensioniert, der Überwasserbereich besitzt keine durchgehende Steinschüttung, sondern ist technisch-biologisch gesichert. Dieser Bereich ist jedoch nur bei höheren Wasserständen als MW belastet, die bisher eher selten aufgetreten sind (s. Kap. 5.1.3).

Hochwasserereignisse

Neben den Belastungen aus der Schifffahrt wird die Stabilität der Ufer durch die natürliche Strömung des Flusses – auch hier insbesondere bei Hochwasser – beeinträchtigt. Bei Mittelwasserständen (NN + 26,90 m) betragen die vorhandenen Strömungsgeschwindigkeiten im nahen Uferbereich etwa 0,1 - 0,5 m/s, die Schleppspannungen maximal 2 N/m² (s. Kap. 5.3.2). Im Hochwasserfall liegen diese Kenngrößen dagegen bei HSW (NN + 29,12 m) etwa bei 0,60 - 1,25 m/s bzw. 3 - 9 N/m², bei HHW (NN + 30,50 m) bei 1,5 m/s und darüber bzw. über 9 N/m² (Werte aus Bildern 5.15 u. 5.16, im letzten Fall extrapoliert aus Bild 5.17).

Der anstehende Weserkies ist ein sandiger bis stark sandiger Fein- bis Mittelkies mit Korngrößen zwischen 0,06 mm und 60 mm, typische Kornverteilungskurven zeigt die Anlage 5.3-3 Die darüber anstehenden Böden sind überwiegend feinsandige, tonige Schluffe und Sande mit Korngrößen zwischen etwa 0,001 und 1 mm, typische Kornverteilungskurven zeigt die Anlage 5.3-1.

Eine Gegenüberstellung der vorhandenen Strömungsgeschwindigkeiten und Schleppspannungen mit den für die anstehenden Böden zulässigen Werten, bei deren Überschreitung nach /Wendehorst 1989/ von einem Erosionsbeginn auszugehen ist, zeigt Tab. 8.1. Es wird deutlich, dass der anstehende relativ grobe Weserkies bei MW kaum erosionsgefährdet ist. Lediglich feine Kornanteile mit Korngrößen kleiner als 0,63 mm (Anteil ca. 15 %) können infolge der Strömung bewegt werden. Bei höheren Wasserständen nimmt die Erosionsgefahr zu, auch größere Kornanteile beginnen sich zu bewegen, und bei HHW ist die Grenzgeschwindigkeit bzw. Grenzsleppspannung für alle Kornfraktionen des Kieses überschritten. Bei den darüber liegenden Schluffen und Sanden werden die zulässigen Strömungsgeschwindigkeiten und Schleppspannungen dagegen bei Belastungen erreicht bzw. z. T. überschritten, die bereits bei MW auftreten. Das heißt, bei allen Wasserständen oberhalb von MW wäre ohne Schutzmaßnahmen mit Erosion im sandigen, schluffigen Böschungsbereich zu rechnen. Das bedeutet, auch hinsichtlich der natürlichen Strömungsbeanspruchung sind Maßnahmen zur Verhinderung von Erosion erforderlich – auch hier im besonderen Maße bei Wasserständen oberhalb Mittelwasser.

Tab. 8.1: Gegenüberstellung der vorhandenen und zulässigen Strömungsgeschwindigkeiten und Schleppspannungen /Wendehorst 1989/

anstehender Boden	maßgebende Wasserstände	vorhandene Strömungsgeschwindigkeiten	zulässige Strömungsgeschwindigkeiten	vorhandene Schleppspannungen	zulässige Schleppspannungen
		v	v_0	τ	τ_0
		[m/s]	[m/s]	[N/m ²]	[N/m ²]
Weserkies <i>(sandiger Fein- bis Mittelkies)</i>	MW	0,1... 0,5	0,35 ... 1,25	0 ... 2	2 ... 15
	HSW	0,6 ... 1,25		3 ... 9	
	HHW	> 1,5		> 9	
Sande und Schluffe <i>(Schluff bis Mittelsand)</i>	MW	0,1 ... 0,5	0,20 ... 0,45	0 ... 2	1 ... 2
	HSW	0,6 ... 1,25		3 ... 9	
	HHW	> 1,5		> 9	

Für die derzeitigen Ufersicherungen bedeutet das, dass für die Unterwasserböschungen mit der vorhandenen Steinschüttung aus Wasserbausteinen der Klasse III mit einer Schichtdicke von 60 cm für Mittel- und Hochwasserverhältnisse eine ausreichende Sicherung gegeben ist, ja sogar eine Überdimensionierung vorliegt. Das erklärt auch, warum die Unterwasserböschungen in den eingemessenen Querprofilen (s. Kap. 5.1.3) nach wie vor mit Böschungseigungen von 1 : 3, vereinzelt sogar mit 1 : 2 stabil sind.

Im Oberwasserbereich sind die technisch-biologischen Maßnahmen bei Mittelwasserverhältnissen nur geringen hydraulischen Belastungen ausgesetzt. Werden die selten auftretenden höheren Hochwasserständen berücksichtigt, müssen die alternativen Maßnahmen einen äquivalenten Schutz bieten wie ein 35 cm starkes Deckwerk aus losen Wasserbausteinen der Klasse CP_{45/125} (nach TLW 2003). Das ist eine kleine Wasserbausteinklasse mit Steinabmessungen (Siebkorndurchmesser) zwischen 45 und 125 mm, die etwa der alten Klasse 0 (nach TLW 1997) entspricht. Aufgrund des festgestellten Zustandes der Ufersicherung ist davon auszugehen, dass mit diesen Maßnahmen bei den bisher vorherrschenden hydraulischen Belastungen ein guter Erosionsschutz des Ufers erreicht werden konnte. Eine entsprechende Quantifizierung der Belastbarkeit erfolgt im Kap. 9.2.3.2.

9 Beurteilung der Vegetation

Die Nomenklatur der Arten folgt /Wisskirchen, Haeupler 1998/. Zur Artbestimmung und Ansprache der Vegetationseinheiten wurde /Oberdorfer 2001/ verwendet.

9.1 Entwicklung der Versuchsstrecke

Um die Entwicklung der unterschiedlich gestalteten Uferabschnitte vegetationskundlich dokumentieren und vergleichen zu können, wurden in den Jahren 1989, 1992, 1999, 2005 sowie 2006 Kartierungen durchgeführt, deren Methoden und Ergebnisse im Folgenden kurz dargestellt werden. Die Datenerhebung erfolgte durch Herz (1989, 1999, 2005), Horchler (1992) sowie Bauer (2006).

9.1.1 Erstaufnahme im Jahr der Fertigstellung 1989

Zustand der nichtholzigen Arten, insbesondere des Röhrichts:

Unmittelbar nach den Anpflanzungsarbeiten wurden im Juni 1989 die Pflanzstandorte eingemessen und Trieblänge, Sprossanzahl sowie Vitalität der Einzelpflanzen erfasst. Entsprechende Erhebungen fanden nochmals im September 1989 statt (vgl. Anlagen 4.2-1 und 4.2-2).

Abgesehen vom Ausfall einzelner Pflanzen waren die Röhrichte in allen Planungsabschnitten bis zum September des Jahres gut angewachsen (Bilder 9.1 - 9.5).



Bild 9.1: Schilf- und Seggenpflanzung an der abgeflachten Uferböschung: flusswärts ist der vorgeschüttete Steinwall sichtbar (Abschnitte 1 und 2; Sept. 1989; zu den Standorten der Fotos des Kap. 9 siehe Anlage 9.3)



Bild 9.2: Röhrichtpflanzung an abgeflachter Uferböschung, Blick vom Ufer zur Steilkante (Abschnitt 2; Sept. 1989; der rote Stab ragt 1 m aus der Erde)



Bild 9.3: Mit zum Teil über 3 m langen Ausläufern, hier erkennbar als heller oberirdischer Sprossausläufer neben dem weißen Maßstab, dringt das im Frühjahr angepflanzte Schilf (*Phragmites australis*) in Richtung Fluss vor (Abschnitt 5, Flachwasserzone sowie Insel/Leitwerk; Sept. 1989)



Bild 9.4: Röhrichtpflanzung am abgeflachten Ufer mit Steinwall. Im Hintergrund: Verladeanlage des Kieswerkes am gegenüberliegenden Ufer (Abschnitt 7; Sept. 1989)



Bild 9.5: Röhrichtpflanzung am abgeflachten Ufer, geschützt durch eine Weiden-Faschine (Abschnitt 9; Sept. 1989)

Zustand der Gehölze:

In den Planungsabschnitten 14 und 14a wurden zwei Erlenreihen mit insgesamt 21 Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa*) gepflanzt (im Juni 1989 1,55 - 2,30 m hoch). In den Abschnitten 4, 6, 7a, 9, 10 und 12 wurden Korb-Weiden (*Salix viminalis*) sowie weitere Weiden-Arten (*Salix* spp.) in Form von Steckhölzern / Setzstangen bzw. Spreitlagen eingebracht. Die Spreitlagen hatten bis zum September desselben Jahres schon kräftig ausgeschlagen (Bild 9.6).



Bild 9.6: Die neu angelegten Weiden-Spreitlagen haben kräftig ausgeschlagen. Im Hintergrund: Straßenbrücke zwischen Stolzenau und Leese (Abschnitt 7a; Sept. 1989)

9.1.2 Zustand der Versuchsstrecke 1992

Entwicklung der nichtholzigen Arten, insbesondere des Röhrichts:

Die gepflanzten Röhrichtbestände hatten sich fast überall gut entwickelt, insbesondere das Schilf (*Phragmites australis*). Lediglich das Röhricht der Schilfmatten in Planungsabschnitt 7 zeigte eine schlechte Wachstumsleistung mit geringer Vitalität. Bei den gepflanzten Seggenarten wurden Flächeneinbußen festgestellt (Bilder 9.7 und 9.8).

In den durch Steinwälle bzw. Faschinen geschützten Uferabschnitten breitete sich das Röhricht stärker aus als in den ungeschützten Bereichen (vgl. Bilder 9.7 und 9.8). In ersteren erreichte bzw. überwuchs es Faschinen und Steinwälle, während es sich in ungeschützten Bereichen nur stellenweise über die ursprüngliche Fläche hinaus ausbreitete.

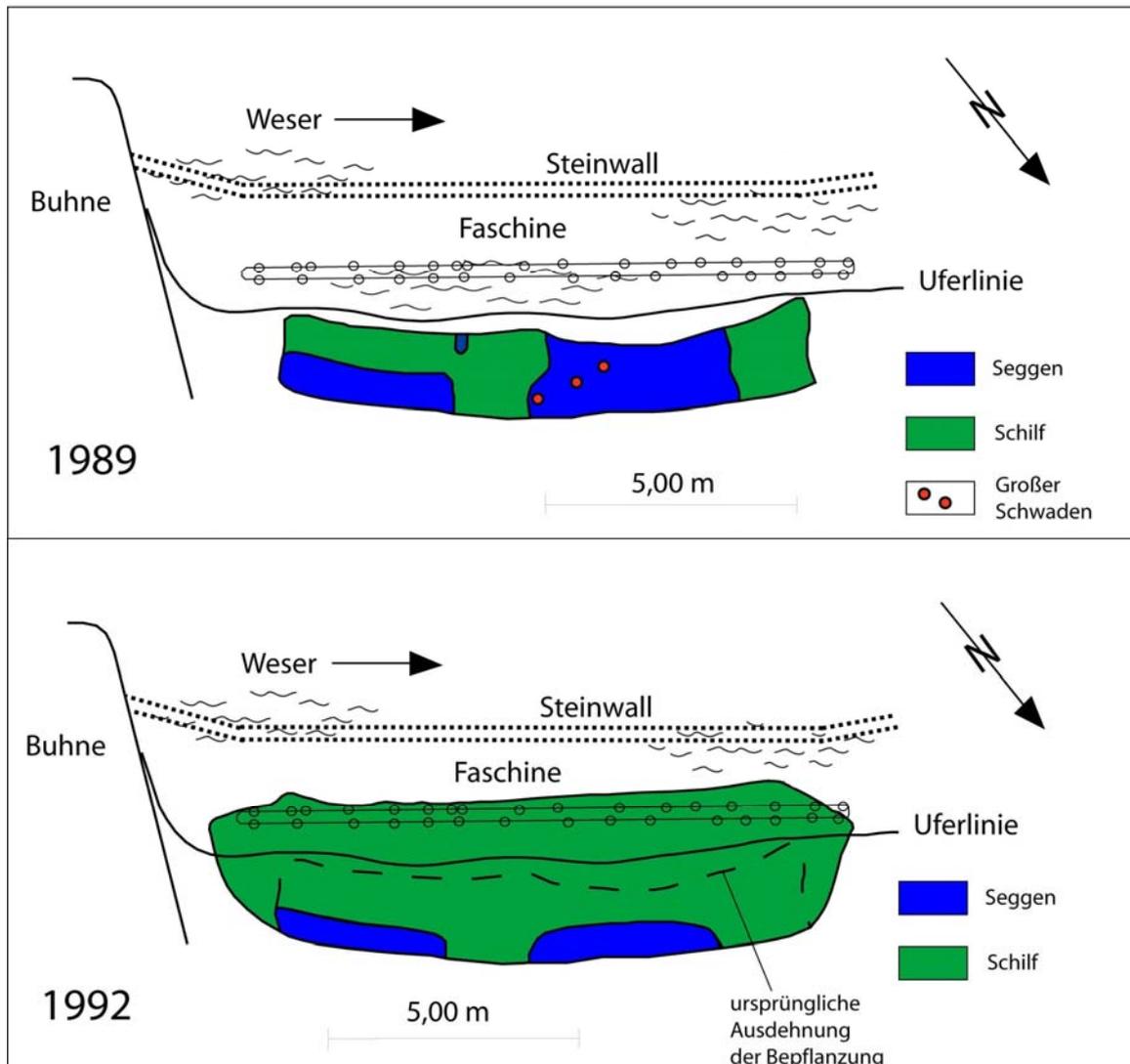


Bild 9.7: Vegetationsentwicklung am abgeflachten Ufer im Bühnenfeldbereich im Schutz durch Faschine und Steinwall (Planungsabschnitt 1)

Die nicht bepflanzten Uferbereiche hatten sich entsprechend des Beweidungsausschlusses entwickelt: Hier fand man eine ufertypische Vegetation, in unmittelbarer Ufernähe dominiert von Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*); landseits schloss daran ein Quecken-Flutrasen (mit *Elymus repens*) an, der nur stellenweise bis an die Uferlinie heranreichte. Beigemischt waren Arten wie Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) und Arznei-Engelwurz (*Angelica archangelica*). Im Anschluss hieran fand sich ein teilweise stark ruderalisierter Grünlandstreifen.

Entwicklung der Gehölze:

Die Gehölzentwicklung verlief nicht überall gleich gut. Die besten Wuchsleistungen zeigten die Gehölzpflanzungen mittels Spreitlagen sowie einzelne, aus Faschinen hervorgegangene

Weiden. Viele Setzhölzer und Setzstangen, insbesondere an den belassenen Böschungen, waren schon in den ersten drei Jahren abgestorben.

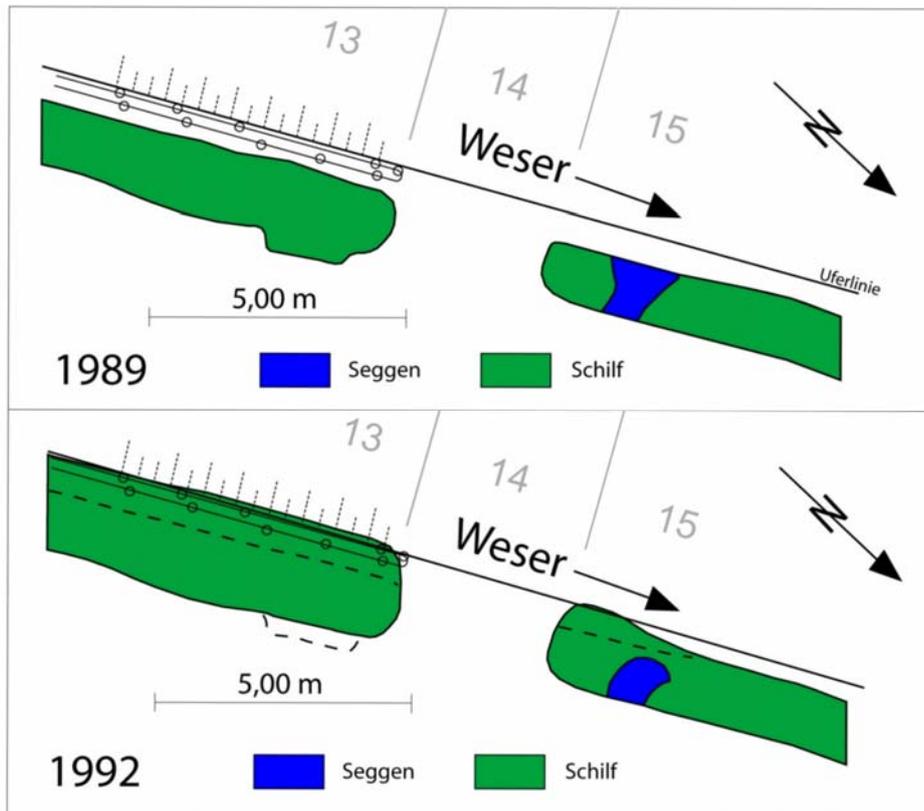


Bild 9.8: Vegetationsentwicklung am belassenen Ufer außerhalb des Bühnenfeldbereiches: links (Abschnitt 13) mit, rechts (Abschnitt 15) ohne Schutz durch eine Faschine

9.1.3 Zustand der Versuchsstrecke 1999

Eine Vegetationskartierung wurde im Maßstab 1 : 500 durchgeführt (vgl. Anlagen 9.1-1 und 9.1-2).

Entwicklung der nichtholzigen Arten, insbesondere des Röhrichts:

Die Röhrichte hatten sich inzwischen entlang der gesamten Versuchsstrecke bis an die Uferlinie ausgebreitet, also auch in den nicht vor Wellenschlag geschützten Bereichen. Dabei dominierte weiterhin Schilf. Die Seggen zeigten ein gewisses Beharrungsvermögen, hatten sich also häufig im Bereich ihrer Pflanzstellen gehalten, ohne sich jedoch auszubreiten. Die Röhricht-Anpflanzungen beider Firmen (s. Kap. 4.1) sowie des WSA Verden hatten sich gleichermaßen positiv entwickelt.

Entlang der gesamten Versuchsstrecke war eine ufertypische Zonierung entstanden: Im Wasser traten stellenweise submerse Makrophyten wie der Salz ertragende Stickstoffzeiger

Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*), der nun an mehr Wuchsorten nachgewiesen werden konnte als 1989, sowie der Basen- und Kalkzeiger Ähriges Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) auf. Entlang des Ufers zog sich ein von Schilf und Rohr-Glanzgras dominierter Röhrichtgürtel, an den sich landeinwärts ein Vegetationsgürtel anschloss, in dem Kriech-Quecke (*Elymus repens*) vorherrschte. Auf den höchstgelegenen Uferpartien fand man einen Brennessel- (*Urtica dioica*)-reichen Hochstaudengürtel.

Entwicklung der Gehölze:

Im Uferabschnitt außerhalb des Bühnenfeldes, an den unverändert beibehaltenen Böschungen, war nur die Spreitlagen-Pflanzung erfolgreich, alle anderen Pflanzmethoden schlugen mehr oder weniger fehl. Fast alle gepflanzten Erlen waren eingegangen. Die Gehölzpflanzungen innerhalb des Bühnenfeldes, an den abgeflachten Uferböschungen, hatten sich dagegen gut entwickelt. Zusätzlich war es entlang der gesamten Versuchsstrecke zu spontaner Gehölzsukzession gekommen. Bezeichnende Arten hierbei waren Eingrifflicher Weißdorn (*Crataegus monogyna*), verschiedene Rosenarten (*Rosa* spp.), Schwarzdorn (*Prunus spinosa*), Purgier-Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Korb-Weide (*Salix viminalis*), Fahl-Weide (*Salix x rubens*), Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) sowie Gewöhnliche Esche (*Fraxinus excelsior*).

9.1.4 Zustand der Versuchsstrecke 2005

Eine Wiederholungskartierung wurde im Maßstab 1 : 500 durchgeführt (vgl. Anlagen 9.2-1 und 9.2-2 sowie Übersichtskarte Bild 9.9).

Entwicklung der nichtholzigen Arten, insbesondere des Röhrichts:

Die Zonierung entsprach der Kartierung von 1999, wobei eine gewisse Dynamik zu verzeichnen war. Die Gehölzsukzession hatte zu einem flächenmäßigen Rückgang nichtholziger Pflanzenbestände geführt, insbesondere bei (lichteren) Rohrglanzgras-Beständen, in Übergangsbereichen zwischen Vegetationsgürteln, sowie beim Hochstaudengürtel, daneben – in geringerem Umfang – auch bei Schilf- und Seggen-Beständen. Die Sumpf-Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) hatte im Röhrichtgürtel zugenommen. Die Grenzen von Hochstauden- und Quecken-dominierten Flächen hatten sich mancherorts leicht verschoben, wobei ein geringfügiger Flächengewinn des Queckengürtels festzustellen war. Manche Laichkrautbestände hatten sich vergrößert, andere waren verschwunden.

Entwicklung der Gehölze:

Die Gehölzsukzession war weiter fortgeschritten; mehrere spontan aufgekommene Schwarz-Erlen waren inzwischen abgestorben. Als neue Baumart war Feld-Ahorn (*Acer campestre*) hinzugekommen.

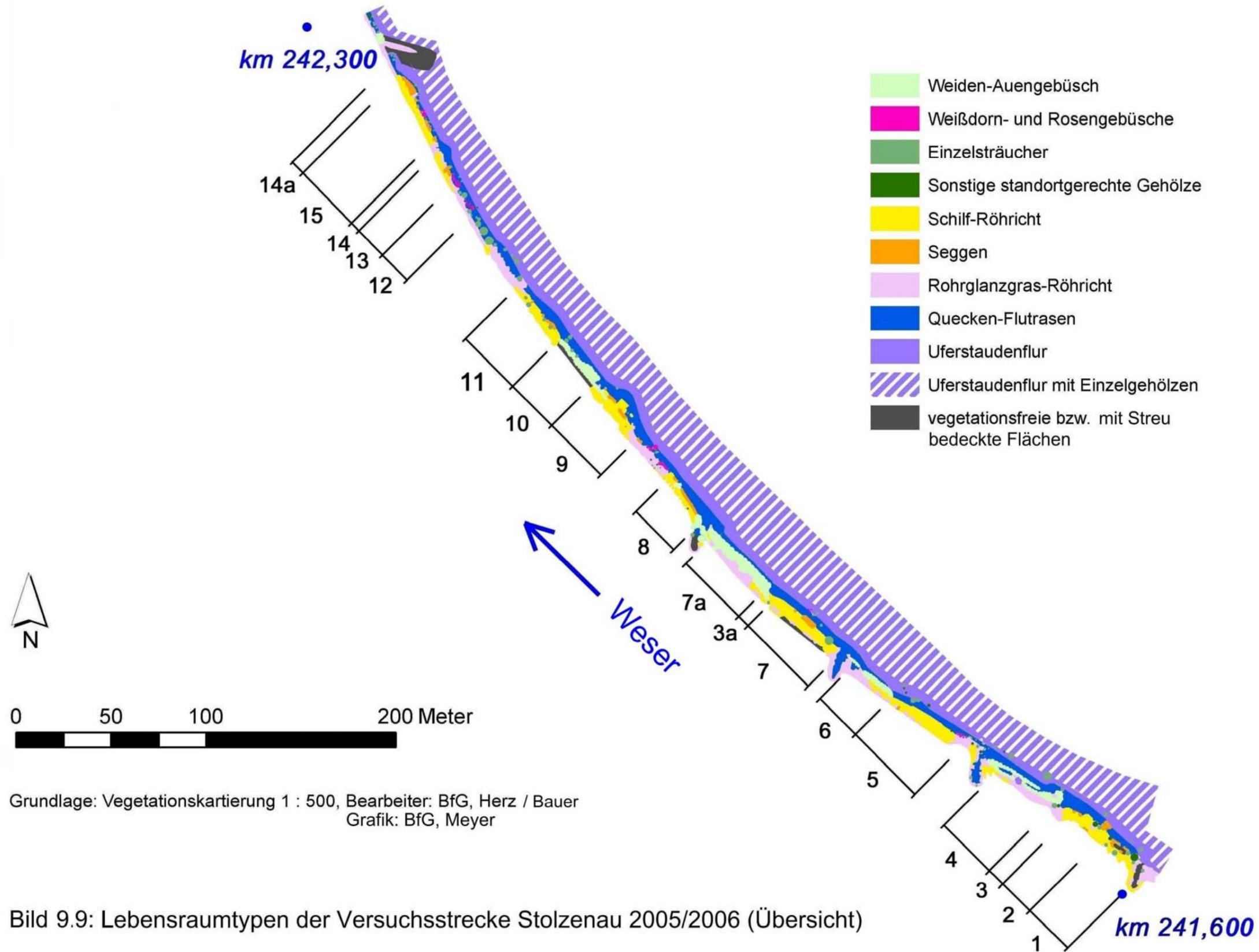


Bild 9.9: Lebensraumtypen der Versuchsstrecke Stolzenau 2005/2006 (Übersicht)

9.1.5 Zustand der Versuchsstrecke 2006

(vgl. Fotodokumentation, Anlage 9.4)

Insgesamt wurden in den Jahren 2005 und 2006 im Bereich der Versuchsstrecke 75 höhere Pflanzenarten erfasst (siehe Artenliste in Anlage 9.8).

Entwicklung der nichtholzigen Arten:

Die vier dominierenden krautigen Vegetationstypen wurden mit Vegetationsaufnahmen belegt (vgl. Tab. 9.1). Der **Vegetationstyp (1) Schilf-Röhricht** (*Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939) (Bild 9.10) hat sich in der Versuchsstrecke gut etabliert und ufernah ausgebreitet (s. auch Bild 9.22, S.89).



Bild 9.10: **Vegetationstyp (1) Schilf-(*Phragmites australis*-)Röhricht** im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 1 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)

In unbeplanten ufernahen Bereichen ist der **Vegetationstyp (2) Rohrglanzgras-(*Phalaris arundinacea*-)Röhricht** (*Phalaridetum arundinaceae* Libb. 1931) (Bild 9.11) die dominierende Vegetation. Landeinwärts schließt sich an den Röhrichtgürtel als **Vegetationstyp (3) ein Kriechquecken-Flutrasen** an, dominiert von Kriech-Quecke (*Elymus repens*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) (Bild 9.12) Bei der Kriech-Quecke handelt es sich um einen stickstoffzeigenden, tief wurzelnden, überflutungsfesten Wurzelkriech-Pionier, der, ebenso wie der Knollige Kälberkropf, häufig auf Tonböden vorkommt. Die Kälberkropf-Art ist eine insgesamt ziemlich seltene aber lokal häufige Art in Spülsaum-Gesellschaften an Flussufern.



Bild 9.11: **Vegetationstyp (2)** Staudenreicher **Rohrglanzgras-**(*Phalaris arundinacea*-) Bestand mit Arznei-Engelwurz (*Angelica archangelica*) im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 2 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)



Bild 9.12: **Vegetationstyp (3)** Kriechquecken-Flutrasen, dominiert von Kriech-Quecke (*Elymus repens*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 3 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)

Auf dem uferfernen, nicht umgestalteten Teil der Versuchsstrecke, der, wie die ganze Untersuchungsfläche, 1989 durch Abzäunung aus der Weidenutzung genommen worden ist, hat sich als Brache-Vegetation **der Vegetationstyp (4) Uferstaudenflur** entwickelt, die von der Großen Brennnessel (*Urtica dioica*), dem Knolligen Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) sowie Wiesen-Labkraut (*Galium mollugo* agg.) dominiert wird, Arten nährstoffreicher Standorte (Bild 9.13).



Bild 9.13: **Vegetationstyp (4) Uferstaudenflur** als Brache-Vegetation, dominiert von Brennnessel (*Urtica dioica*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) im Bereich von Vegetationsaufnahme Nr. 4 (14.9.2006; s. Tab. 9.1)

Im Jahr 2006 wurden keine aquatischen Makrophyten (Wasserpflanzen) gefunden. Deren Vorkommen unterliegen natürlicherweise hohen Schwankungen.

Entwicklung der Gehölze:

Von den 8 angetroffenen 1,20 bis 6 m hohen Schwarz-Erlen sind 5 krank und 2 abgestorben (Bilder 9.14 - 9.16). Die kranken Exemplare zeigen Symptome des Erlensterbens (*Phytophthora*-Befall, Wurzelhalsfäule), einer Erkrankung, die 1995 zum ersten Mal in Deutschland festgestellt wurde, inzwischen jedoch in fast allen Bundesländern verbreitet ist /BBA 2003/. Bei den hier beobachteten Symptomen handelt es sich vor allem um so genannte Teerflecken an den Stammbasen sowie orangerote Verfärbungen unter der Rinde. Bei dem einzigen augenscheinlich gesunden Baum handelt es sich um ein junges Individuum (1,20 m hoch).

Tab. 9.1: Vegetationsaufnahmen zu den wichtigsten Kartiereinheiten (14.9.2006)

Nr. der Vegetationsaufnahme	1	2	3	4
Gesamtdeckung (%)	100	100	100	100
Artenzahl	9	10	10	6
Gewöhnliche Zaunwinde (<i>Calystegia sepium</i> s. l.)	1	1	+	.
Gundermann (<i>Glechoma hederacea</i>)	+	1	.	.
Ufer-Wolfstrapp (<i>Lycopus europaeus</i>)	r	+	.	.
Sumpf-Ziest (<i>Stachys palustris</i>)	+	.	1	.
Rainfarn (<i>Tanacetum vulgare</i>)	r	.	+	.
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)	5	.	.	.
Sumpf-Segge (<i>Carex acutiformis</i>)	+	.	.	.
Arznei-Beinwell (<i>Symphytum officinale</i> s. l.)	+	.	.	.
Acker-Kratzdistel (<i>Cirsium arvense</i>)	.	1	+	1
Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>)	.	5	.	.
Sumpf-Schwertlilie (<i>Iris pseudacorus</i>)	.	1	.	.
Gewöhnlicher Gilbweiderich (<i>Lysimachia vulgaris</i>)	.	1	.	.
Gewöhnliche Sumpf-Schafgarbe (<i>Achillea ptarmica</i>)	.	+	.	.
Arznei-Engelwurz (<i>Angelica archangelica</i>)	.	r	.	.
Kriech-Quecke (<i>Elymus repens</i>)	.	.	3	1
Knolliger Kälberkropf (<i>Chaerophyllum bulbosum</i>)	.	.	2m	2a
Wiesen-Labkraut (<i>Galium mollugo</i> agg.)	.	.	+	2m
Wiesen-Knäuelgras (<i>Dactylis glomerata</i> s. str.)	.	.	3	.
Gewöhnlicher Beifuß (<i>Artemisia vulgaris</i>)	.	.	+	.
Große Brennnessel (<i>Urtica dioica</i>)	1	+	2m	4
Wiesen-Bärenklau (<i>Heracleum sphondylium</i>)	.	.	.	+

Kartiereinheiten (Vegetationstypen)

- 1 Schilf-(*Phragmites australis*-)Röhricht** (Phragmitetum australis (Gams 1927) Schmale 1939)
- Staudenreiches **Rohrglanzgras-(*Phalaris arundinacea*-)Röhricht** mit Arznei-Engelwurz (*Angelica archangelica*) (Phalaridetum arundinaceae Libb. 1931)
- Kriechquecken-Flutrasen**, dominiert von Kriech-Quecke (*Elymus repens*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*) (Rumici crispi-Agropyretum repentis Hejný in Hejný et al. 1979)
- Uferstaudenflur**, dominiert von Großer Brennnessel (*Urtica dioica*) und Knolligem Kälberkropf (*Chaerophyllum bulbosum*)

Deckungsangaben nach /Reichelt, Wilmanns 1973/

- r einzelne Pflanze bei < 5 % Deckung
+ 2 - 5 Individuen bei < 5 % Deckung
1 6 - 50 Individuen bei < 5 % Deckung
2m > 50 Individuen bei < 5 % Deckung
2a 5 - 15 % Deckung
2b > 15 - 25 % Deckung
3 > 25 - 50 % Deckung
4 > 50 - 75 % Deckung
5 > 75 - 100 % Deckung

Flächengröße: jeweils 10 m²



Bild 9.14: Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) mit Symptomen eines *Phytophthora*-Befalls (Erlensterben): links mit ungleichmäßiger Krone und starkem Fruchtansatz, rechts sog. „Teerflecken“ am Stammgrund. 5 von 6 Erlen wiesen 2006 in der Versuchsstrecke solche Symptome auf (Erle 1; Abschnitt 14a, 13.9.2006)



Bild 9.15: Die Pflanzpfähle der in Abschnitt 14a gepflanzten Erlen sind 2006 noch vorhanden. Bildmitte: einzige hier überlebende, aber kranke Erle (s. o.; 13.9.2006)



Bild 9.16: Stammgrund einer toten Schwarz-Erle (Erle 2; Planungsabschnitt 14a; 13.9.2006)

9.1.6 Durchgeführte Unterhaltungsmaßnahmen

Nach Aussage des WSA Verden waren seit Herstellung der Versuchsstrecke im direkten Uferbereich keine Unterhaltungsmaßnahmen erforderlich. Lediglich im Bereich der Bühnen wurde der Vorwurf erneuert und regelmäßig der Bewuchs auf den Bühnenrücken entfernt. Auch die Schifffahrtszeichen wurden von Bewuchs frei gehalten.

Nach Fertigstellung 1989 wurden Angelverbotsschilder aufgestellt, um menschliche Einwirkungen auf die Ufersicherung auszuschließen. An den Bühnenköpfen wurde das Angelverbot nach Aussage des WSA Verden 1995 anlässlich einer Begehung wieder aufgehoben. Die Zuwegung zu den Bühnenköpfen wurde jedoch entsprechend eingezäunt.



Bild 9.17: Trampelpfade, Müll (v. a. Flaschen, aber z. B. auch eine Kunststoffschnur) sowie eine Feuerstelle (auf Bühne 3) belegen, dass die Versuchsstrecke betreten und vermutlich von Anglern genutzt wird (14.9.2006)

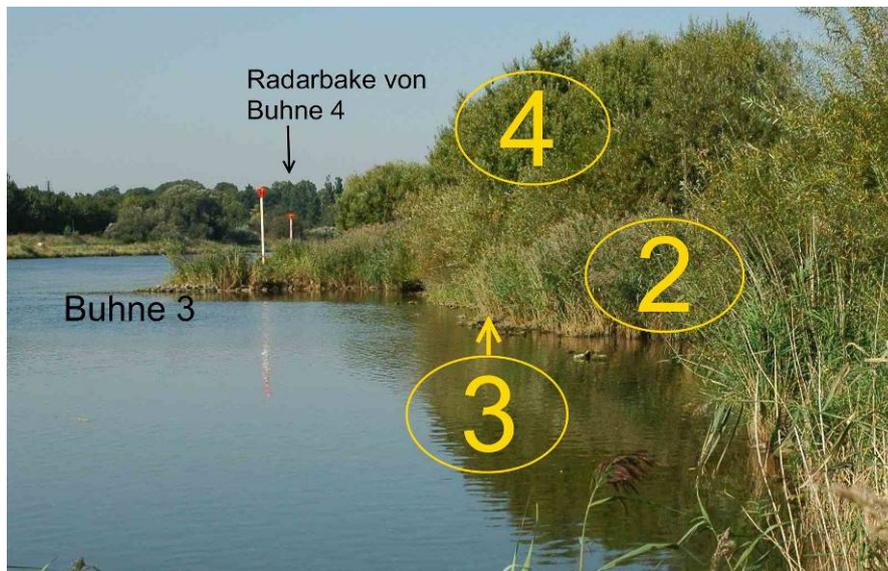
9.2 Vergleichende Auswertung der vorliegenden Untersuchungen

9.2.1 Räumliche und zeitliche Entwicklung

Zeitvergleich: Planungsabschnitte 2 bis 4 in den Jahren 1988 und 2006



1988



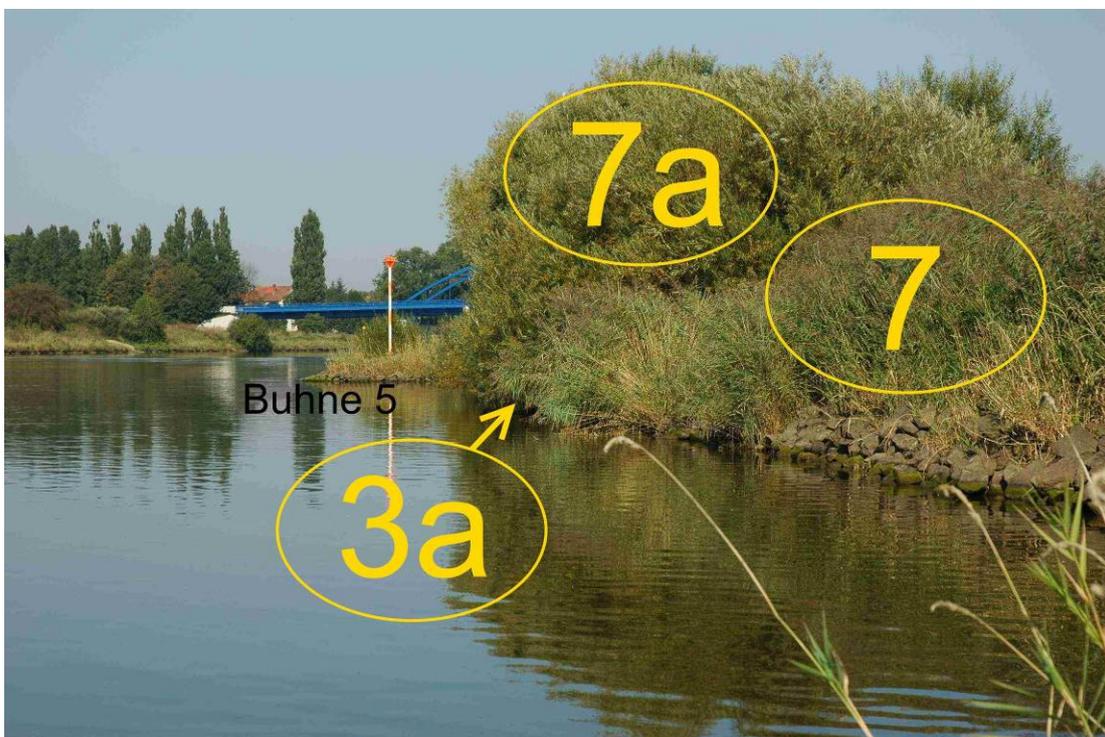
2006

Bild 9.18: Abgeflachte Uferböschung mit „Abbruchkante“, **2**: 1988: vor Pflanzung des Röhrichts, **2006**: mit dichtem Röhrichtgürtel, **4**: 1988: vor Einbringung der Weiden-Steckhölzer, **2006**: mit 7 m hohem Weidengebüsch; **3**: Stummelbuhne

Zeitvergleich: Planungsabschnitte 7 bis 7a in den Jahren 1989 und 2006



1989



2006

Bild 9.19: Abgeflachte Uferböschung, **7**: mit Röhricht, **7a**: mit Weiden-Spreitlagen;
3a: Stummelbuhne (2006 eingewachsen)

Der Zeitvergleich (Bilder 9.18 und 9.19) veranschaulicht die insgesamt positive Entwicklung der Röhricht- und Weidenpflanzungen. Zwischen 1989 und 1999 dehnte sich das Schilf auf mehr als das Zehnfache seiner ursprünglichen Fläche aus (Bild 9.20). Demgegenüber kam es zwischen 1999 und 2005 zu einem Rückgang von mehr als 5 % der Schilffläche. Die Gehölze nahmen dagegen kontinuierlich zu.

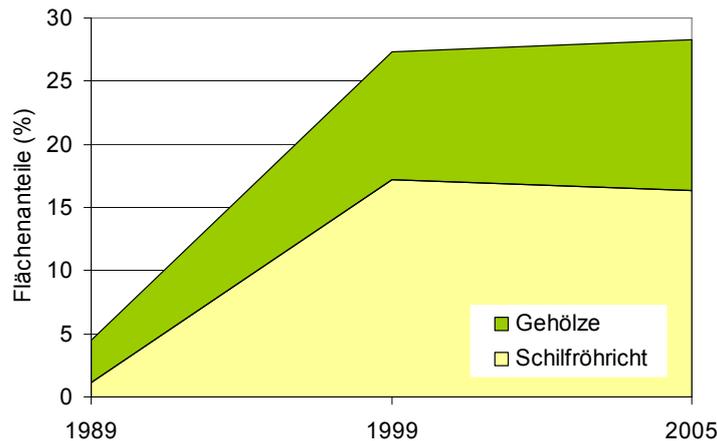


Bild 9.20: Entwicklung der Vegetationseinheiten Schilf-Röhricht und Gehölze von 1989 bis 2005 auf der im Maßstab 1 : 500 kartierten ufernahen Fläche (ohne das von Hochstauden dominierte Hinterland, das in Bild 9.9 schraffiert dargestellt ist)

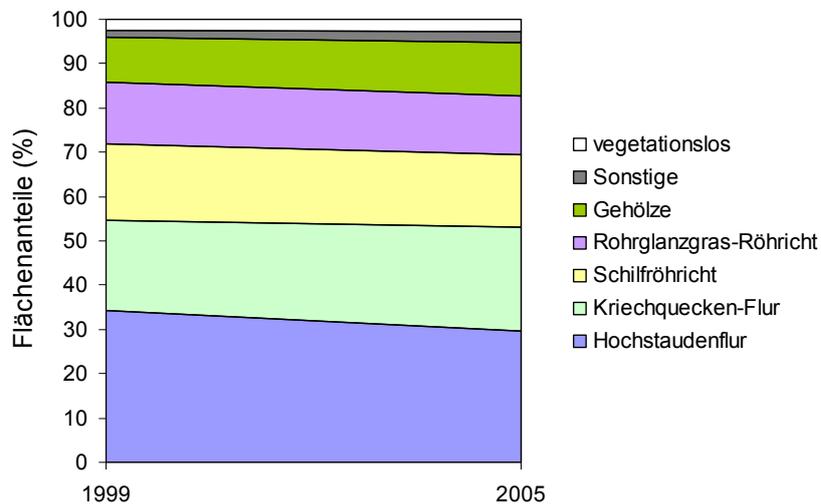


Bild 9.21: Entwicklung aller Vegetationseinheiten von 1999 bis 2005 auf der im Maßstab 1 : 500 kartierten ufernahen Fläche (ohne das von Hochstauden dominierte Hinterland, das in Bild 9.9 schraffiert dargestellt ist)

Die Ausbreitung beider Vegetationseinheiten war geplant, inzwischen ist allerdings eine Konkurrenz-Situation entstanden. Die Ausbreitung der Gehölze erfolgte z. T. auf Kosten von Schilf- und Rohrglanzgras-Röhricht (Bild 9.21), was auf die zunehmende Beschattung zu-

rückgeführt wird. Die Verdrängung von Schilf wird negativ bewertet, und es wird eine entsprechende Unterhaltungspflege vorgeschlagen (s. Kap. 11.2). Bei der Zunahme der Kriechquecken-Fluren zwischen 1999 und 2005 wurden vor allem Hochstauden-Fluren verdrängt. Insgesamt kam es zwischen 1999 und 2005 jedoch zu keinen großen prozentualen Änderungen in den Flächenanteilen der verschiedenen Vegetationseinheiten

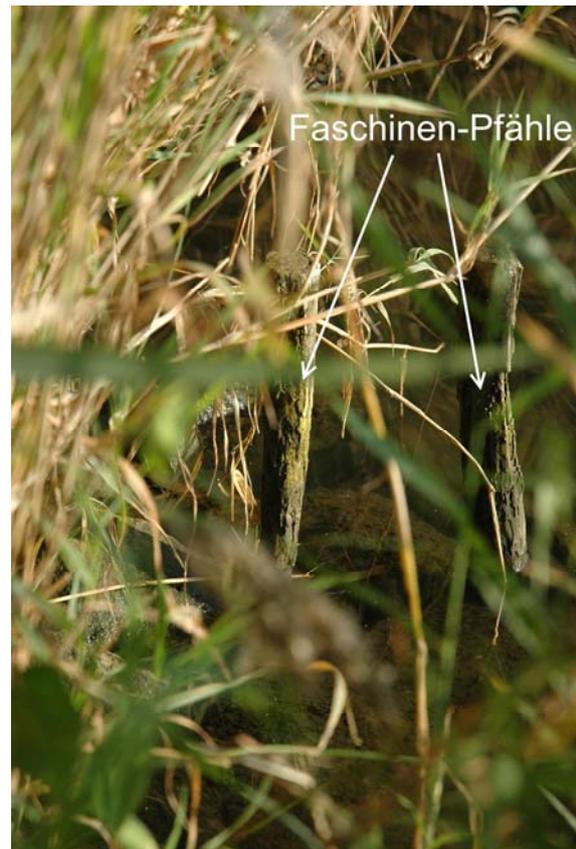


Bild 9.22: Das Schilf-Röhrich in Abschnitt 13 hat sich stromseits bis über die Höhe der hier 1989 eingebauten Faschine hinaus ausgebreitet (Bild links). Im Bild rechts sind die Faschinen-Pfähle noch zu sehen (13.9.2006)

Alle gepflanzten Schilf-Röhrichte breiteten sich sowohl bis zur jeweiligen Uferlinie als auch entlang des Ufers aus. Parallel zum Ufer rückten die Schilf-Röhrichte zwischen 1989 und 2005 durchschnittlich in beide Richtungen um jeweils 5,70 m (max. 17 m) vor.

Wie zu erwarten war (vgl. /Bestmann 1991/), konnten sich die Röhrichte an den abgeflachten Ufern besser entwickeln als an den mit den ursprünglichen, steileren Böschungen belassenen Ufern. An diesen abgeflachten Ufern wurden die Schilfgürtel breiter, da sie sowohl wasserwärts als auch landwärts günstige Standortbedingungen hatten (Tab. 9.4 s. S. 103, Bild 9.23).

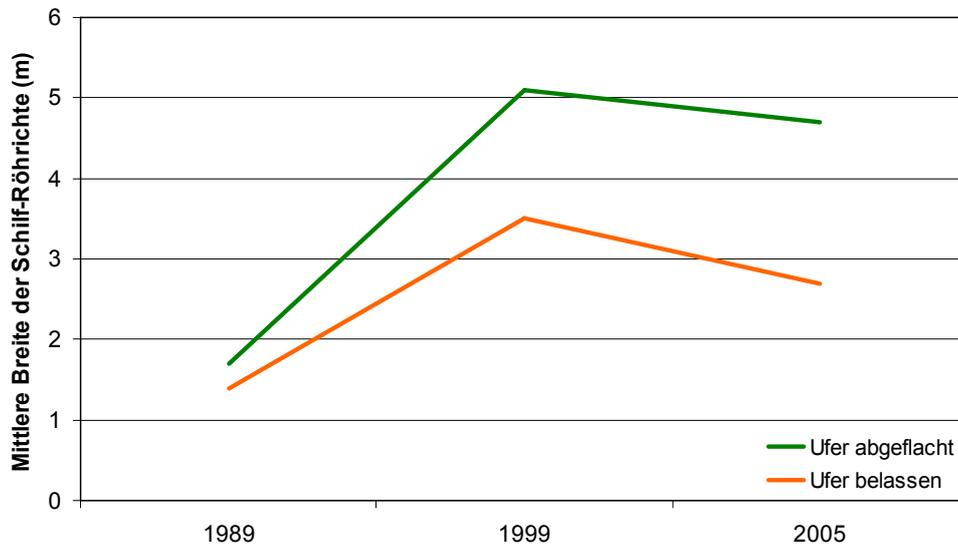


Bild 9.23: Entwicklung der Schilf-Röhrichte in Abhängigkeit von der Ufermorphologie (für sechs Röhrichtpflanzungen an abgeflachten und drei an belassenen Uferböschungen)

Die angepflanzten Gehölze, insbesondere die Schwarz-Erlen, wiesen eine auffällig hohe Mortalitätsrate auf. Von den 21 Schwarz-Erlen in den Abschnitten 14 und 14a war bis zum dritten Jahr nach Pflanzung ein Großteil abgestorben; 1999 wurden in diesen Abschnitten keine Erlen mehr gefunden. Auch die ca. 150 Weiden-Setzstangen und -Steckhölzer der Abschnitte 9 und 12 starben bis 1992 größtenteils ab. 1999 wurden in diesen Bereichen nur noch zwei Weiden festgestellt. Als Ursachen für diese hohe Mortalitätsrate kommen mehrere Faktoren in Frage. In den Abschnitten 12, 14 und 14a waren die Böschungsneigung und die Sicherung mit Wasserbausteinen beibehalten worden. Die Gehölze sowohl dieser Abschnitte als auch des Abschnitts 9 wurden jeweils im oberen Bereich der Böschung gesetzt (Anlage 4.2-2). Zudem lagen die Niederschläge 1989 bis 1991 deutlich unter dem langjährigen Mittel (Bild 9.24).

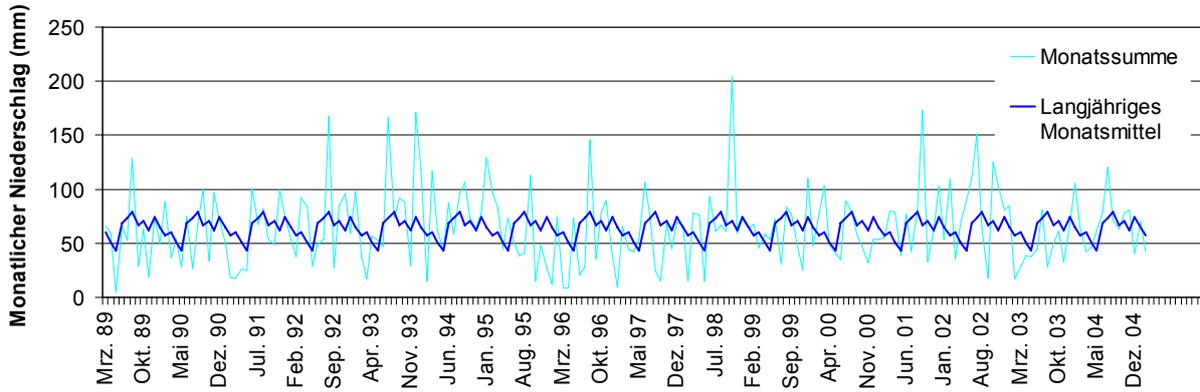


Bild 9.24: Monatliche Niederschlagssummen von Nienburg/Weser sowie langjähriges Mittel der Monatssummen zum Vergleich, nach /DWD 1988 - 2003; DWD 2004 - 2005/

Auch die Wasserstände in den Vegetationsperioden dieser Zeitspanne lagen häufig unter den üblichen Werten (siehe Anlagen 5.6 und 5.7 sowie Bild 9.26). Folglich ist ein Großteil der abgestorbenen Gehölze wohl vertrocknet.

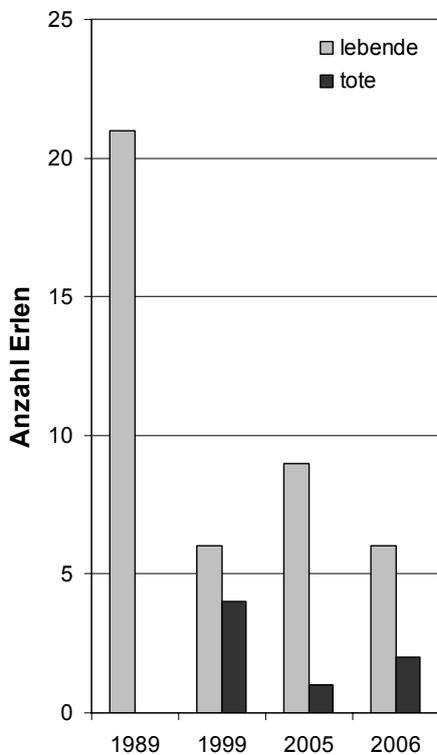


Bild 9.25:
 Anzahl der Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa*)
 in der Versuchsstrecke zwischen 1989 und 2006

Bei den Schwarz-Erlen kommt eine weitere mögliche Ursache hinzu. 2006 wurden an mehreren Erlen der Versuchsstrecke Symptome des Erlensterbens festgestellt, worauf zumindest ein Teil der Ausfälle bei dieser Baumart zurückgeführt wird (s. Kap. 9.1.5). Abgesehen von den angepflanzten Erlen spielte diese Baumart auch in der spontanen Gehölzsukzession eine gewisse Rolle (Bild 9.25).

9.2.2 Vegetationszonierung in Abhängigkeit von den Wasserständen

Bild 9.26 zeigt das Vorkommen der Kartiereinheiten in Relation zu NN und zu den Wasserständen. Die Röhrichte mit den Bestandsbildnern Schilf und Rohr-Glanzgras kommen in stark überlappenden Höhenbereichen, v. a. um MW (NN + 26,90m) \pm 50 cm vor. Für diese zwei Einheiten sind keine signifikanten Höhenunterschiede nachweisbar (Die Kerben der beiden Boxplots in Bild 9.26 überlappen). Dagegen sind die Hauptvorkommen von Quecken-Flur (NN + 27,50 m bis NN + 27,90 m) und Hochstauden-Flur (NN + 28,25 m bis ca. NN + 30 m) deutlich von den Röhrichten und voneinander abgegrenzt.

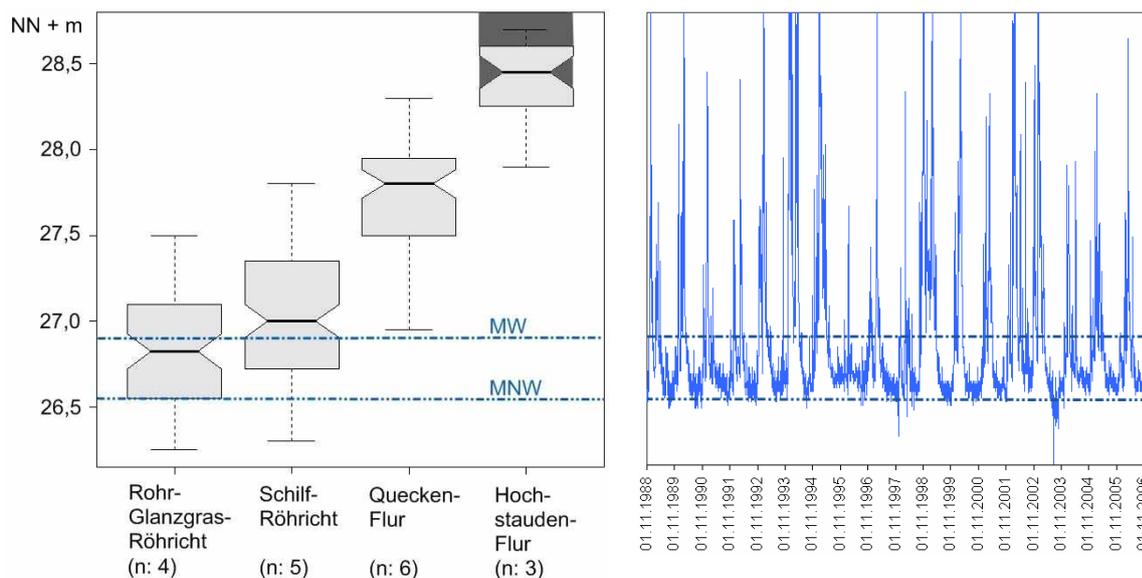


Bild 9.26: Vorkommen der Kartiereinheiten in Relation zu NN und zu den Wasserständen

Erläuterung: Abgeleitet aus 7 Querprofilen und 2 Vegetationskarten, die jeweils im gleichen Zeitraum erhoben worden sind. Da nicht alle Kartiereinheiten in allen Querprofilen vertreten waren, haben sie unterschiedliche Stichprobengrößen (n). Die Obergrenze der Hochstauden-Flur wurde bei den hierfür nutzbaren Vegetationskartierungen nicht erfasst, daher bildet der rechte Boxplot nur die Vorkommen bis NN + 28,70 m ab, was durch die Schattierung angedeutet wird. Es ist davon auszugehen, dass die Obergrenze der Hochstauden-Flur zwischen HSW (NN + 29,12 m) und HHW (NN + 30,5 m) liegt.

Die Hauptvorkommen (75 %) der Schilf- bzw. Rohrglanzgras-Röhrichte standen in den Jahren seit ihrer Pflanzung durchschnittlich 47 bzw. 68 Tage (max. 107 bzw. 131 Tage) unter Wasser. Für die Quecken-Flur betrug dieser Wert 18 (max. 63) Tage, für die Hochstauden-Flur (bei einer angenommenen 75 %-Grenze von NN + 29,30 m) 3 (max. 15) Tage. Da Schilf und Rohr-Glanzgras ein Durchlüftungsgewebe besitzen, spielt für sie nicht nur die Überstauung ihres Wuchsortes sondern auch die Überstauung der Gesamtpflanzen eine wichtige Rolle. Bei einer durchschnittlichen Höhe des Schilfs von 2 m und des Rohr-Glanzgrases von 1 m und unter Vernachlässigung einer Krümmung der Pflanzen in der Strömung kann davon ausgegangen werden, dass die Hauptvorkommen der Schilf-Röhrichte pro Vegetationsperiode im Mittel 3 (max. 15) Tage, die der Rohrglanzgras-Röhrichte 14 (max. 52) Tage lang komplett untergetaucht waren.

Die hier ermittelten Überschwemmungsdauern von Schilf und Rohr-Glanzgras liegen unterhalb der zu erwartenden Werte. So sind aus der Literatur Überschwemmungsdauern für Schilf von 50 - 250 Tagen / Jahr und für Rohr-Glanzgras von 50 - 150 Tagen / Jahr bekannt /Duel 1991, Hensens et al. 1998/. Dies erklärt den Konkurrenzdruck auf die Röhrichte in der Versuchsstrecke durch Gehölze. Die mit Röhricht bestandenen Bereiche sind, zumindest teilweise, gehölzfähig.

Ähnliche Überstauungstoleranzen bei Schilf und Rohr-Glanzgras überraschen nicht, gehören doch beide zu den typischen Röhrichtarten der Wasserwechselzone. Jedoch reagieren diese zwei Arten bekanntermaßen unterschiedlich auf Strömungsgeschwindigkeiten und Wellenschlag /Sundermeier et al. 2008/.

Wie Bild 9.9 veranschaulicht, kommt Schilf innerhalb der Versuchsstrecke vor allem in den relativ strömungsberuhigten flussparallelen Uferabschnitten vor, während Rohr-Glanzgras auch häufig die strömungs- und wellenschlagexponierten Bühnenköpfe besiedelt (Bild 9.27). In Bild 9.28 zeigt das Schilf auch an einem flussparallelen Uferabschnitt, wo es tiefer ins Wasser vordringt, Schädigungen, die offensichtlich durch Wellenschlag verursacht werden

Unter den Pflanzenarten wurden erwartungsgemäß keine ausgesprochenen Salzzeiger gefunden. Mit dem Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*) wurde jedoch eine salzertragende Wasserpflanze festgestellt. Bei den Uferpflanzen sind eine Reihe von salzertragenden Arten vertreten, die ihren Schwerpunkt in der am längsten überschwemmten Kartiereinheit Rohrglanzgras-Röhricht haben, so z. B. Arznei-Engelwurz (*Angelica archangelica*), Wiesen-Alant (*Inula britannica*), Blut-Weiderich (*Lythrum salicaria*) und Gänse-Fingerkraut (*Potentilla anserina*).



Bild 9.27: Eine relativ hohe Toleranz gegenüber Wellenschlag an exponierten Standorten (wie hier am Bühnenkopf 5) zeigen am linken Bildrand Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) und am rechten Bildrand Mandel-Weide (*Salix triandra*) (14.9.2006, bei Niedrigwasser)



Bild 9.28: Schilf-„Vorposten“, offensichtlich mit Wellenschlagschäden: abgebrochene Halme und kümmerliche Triebe (Abschnitt 12, 13.9.2006 / bei Niedrigwasser)

9.2.3 Bewertung

9.2.3.1 Pflanzenerfolg und Zielerreichungsgrad

Der Umbau von der technischen zur technisch-biologischen Ufersicherung ist in der Versuchsstrecke erfolgreich verlaufen. Sowohl die Röhricht- als auch die Gehölzansiedlung ist in fast allen Abschnitten gelungen (s. Bild 9.33).

Eine Übersicht über die Pflanzmethoden, die sich an der Versuchsstrecke bewährt bzw. nicht bewährt haben, gibt Tab. 9.2.

Abgesehen von den Vegetationsmatten, führten alle Röhrichtpflanzmethoden (Ballen und Soden, teilweise geschützt durch Kokosgewebe) zum Erfolg. Die Schilfpflanzen der Vegetationsmatten zeigten 1992 eine schlechte Wachstumsleistung mit geringer Vitalität. Bis 1999 hatte sich allerdings im gesamten Abschnitt, auch im Bereich der Matten, ein dichter Schilfbestand entwickelt. Unter den eingebrachten Pflanzen der Röhrichte und Riede setzte sich das Schilf massiv durch, während verschiedene Großseggenarten mehr oder weniger auf ihre Pflanzorte beschränkt blieben. Die bereichsweise Abflachung der Uferböschungen hat sich sehr positiv ausgewirkt. Hier entwickelten sich breitere Röhrichtgürtel, was wiederum für Uferschutz (Kap. 8), Landschaftsbild und Fauna (Kap. 10) von Vorteil ist. In den durch Steinwälle bzw. Faschinen geschützten Uferabschnitten breitete sich das Röhricht schneller aus als in den ungeschützten Bereichen. In ersteren erreichte bzw. überwuchs es Faschinen und Steinwälle bereits innerhalb der ersten drei Vegetationsperioden, während es sich in letzteren in dieser Zeit nur stellenweise über die ursprüngliche Pflanzfläche hinaus ausbreitete. Auch in den ungeschützten Bereichen erreichte das Schilf-Röhricht jedoch schließlich (bis spätestens 1999) die Uferlinie.

Weidengebüsche aus Steckhölzern bzw. Setzstangen entwickelten sich sowohl auf abgeflachten als auch auf unveränderten Uferböschungen, wenn sie im unteren Bereich der jeweiligen Böschung nahe dem hydrostatischen Stau gesetzt wurden. Nicht bewährt hat sich die Einbringung von Gehölzen in die ansonsten unveränderte Böschung, wenn sie im oberen Bereich der Böschung, d. h. mit größerem Abstand zum Grundwasser gesetzt wurden. Sie sind dort vermutlich vertrocknet. Wo das Deckwerk entfernt worden war, entwickelte sich auch unter Beibehaltung des steilen Böschungswinkels ein vitales Weidengebüsch aus Spreitlagen.

Die kranken und toten Erlen, die offensichtlich unter einem *Phytophthora*-Befall (Erlensterben) leiden bzw. dadurch bedingt eingegangen sind, stellen ein Infektionsrisiko für die einzigen augenscheinlich noch gesunde Erle sowie für sich zukünftig ansamende Erlen dar.

Die Gehölzbestände bedürfen einer Unterhaltungspflege (Bild 9.33), wofür in Kap. 11.2 geeignete Maßnahmen vorgeschlagen werden.

Die Bedeutung der Bühnen für die Entwicklung der Vegetation lässt sich nicht ermitteln, da inner- und außerhalb des Bühnenfeldes unterschiedliche Ufertopographien gewählt worden waren. Inner- wie außerhalb entwickelten sich die Bestände insgesamt positiv.

Tab. 9.2: Übersicht über die Pflanzmethoden, die sich an der Versuchsstrecke bewährt bzw. nicht bewährt haben

Pflanzmethoden	Pflanzerfolg			
	sehr gut	gut	mäßig	fehlgeschlagen
Pflanzung von Schilf und Seggen a) Ballen- und Sodenpflanzung von Schilf auf abgeflachten Uferböschungen mit Schutz durch Steinwall oder Berme, in manchen Abschnitten zusätzlich mit Faschine oder Vegetationsgewebe b) Ballen- und Sodenpflanzung von Schilf auf steilen, aber entsteineten Uferböschungen mit Schutz durch Vegetationsgewebe c) Ballen- und Sodenpflanzung von Schilf auf unveränderten Uferböschungen (d. h. steil und mit Wasserbausteinen gesichert) mit oder ohne Schutz durch Leitwerk oder Faschine d) Ballen- und Sodenpflanzung von Seggen (Topografie und Schutz unterschiedlich wie in a) - c)) e) Schilfmatten auf abgeflachter Uferböschung	X	X X X ¹⁾	X ²⁾	
Pflanzung von Gehölzen f) Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen auf abgeflachten Uferböschungen mit Schutz durch Leitwerk oder Steinwall g) Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen auf unveränderter Uferböschung, wenn nahe der Wasserlinie gesteckt und mit Schutz durch Steinwall h) Weiden-Spreitlagen sowohl auf abgeflachten, als auch auf steilen Uferböschungen, wenn Wasserbausteine zuvor entfernt wurden i) Erlenpflanzungen im oberen Bereich unveränderter Uferböschungen j) Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen, wenn im oberen Bereich der (abgeflachten oder unveränderten) Uferböschung gesetzt	X X X			X X

1) Die Seggen zeigen ein gewisses Beharrungsvermögen, haben sich also häufig im Bereich ihrer Pflanzstellen gehalten, ohne sich jedoch auszubreiten.

2) Die Schilfpflanzen der Vegetationsmatten zeigten 1992 eine schlechte Wuchsleistung mit geringer Vitalität. Bis 1999 hatte sich allerdings im gesamten Abschnitt, auch im Bereich der Matten, ein dichter Schilfbestand entwickelt. Es kann nicht nachvollzogen werden, ob diese Pflanzen aus den Schilfmatten selbst kommen oder aus angrenzenden Beständen eingewandert sind.

Auch in den unbeplanten Abschnitten der Versuchsstrecke sowie den Flächen mit zunächst fehlgeschlagener Gehölzansiedlung entwickelten sich spontan ufertypische Vegetationseinheiten.

9.2.3.2 Erosionsschutz-Funktion und hydraulische Belastbarkeit der Maßnahmen

Fast alle durchgeführten Pflanzmaßnahmen haben sich so entwickelt, dass heute ein sehr guter Erosionsschutz für die Uferböschungen gegeben ist. Schilf-Röhricht ist unter den gegebenen Verhältnissen ein besserer Erosionsschutz als ufernahe Weidengebüsche (Bilder 9.29 - 9.31 sowie 9.33). Im Vergleich zu anderen Bauweisen verträgt Schilf-Röhricht keine großen hydraulischen Belastungen, solche treten in der Versuchsstrecke allerdings auch nicht auf (Tab. 9.3).



Bild 9.29: Guter Erosionsschutz durch Schilf-Röhricht, auch auf einem nicht-abgeflachten Uferabschnitt ohne Schutz durch eine Faschine (Abschnitt 15 am 13.9.2006, bei Niedrigwasser)



Bild 9.30: Ufernaher Unterwuchs unter Weiden in Abschnitt 10 (14.9.2006, bei Niedrigwasser)



Bild 9.31: Die oberflächennahe Erosion von Feinmaterial ist im Schatten der Weiden (Abschnitt 10) mangels einer flächendeckenden Grasschicht stärker als unter Schilf (14.9.2006, bei Niedrigwasser)

Tab. 9.3: Hydraulische Belastbarkeit der in der Versuchsstrecke verwendeten technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen laut Literatur sowie tatsächlich aufgetretene hydraulische Belastungen

Ufernahe Kennwerte				
Schubspannung τ	Fließgeschwindigkeit v	Wellenhöhen	Anströmwinkel	
Mess- und Berechnungsergebnisse für die Versuchsstrecke (Bild 5.17, Tab.n 6.1, 6.2 u. 7.1)				
$\leq 6 \text{ N/m}^2$	$\leq 1 \text{ m/s}$	Absunk: Mittel 0,14 m (Maximum 0,39 m) Heckwellen: Mittel 0,15 m (Maximum 0,64 m) Sekundärwellen: Mittel 0,06 - 0,08 m (Maximum 0,18 m Güterschiffe, 0,41 m Sportboote)	unkritisch, da Gleithang	
Belastbarkeit von technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen laut Literatur				
Röhrichpflanzungen	nach /LfU 1996 ¹⁾ : 55 - 65 N/m²	nach /LfU 1996 ¹⁾ : 2,0 - 2,5 m/s	<i>keine Angaben</i> ²⁾	Der niedrigere τ - bzw. v -Wert in /LfU 1996 ¹⁾ gilt für exponierte, der höhere für gerade Gewässerstrecken.
Totfaschinen	nach /LfU 1996 ¹⁾ : 70 - 100 N/m²	nach /LfU 1996 ¹⁾ : 2,5 - 3,0 m/s	<i>keine Angaben</i>	Der niedrigere τ - bzw. v -Wert in /LfU 1996 ¹⁾ gilt für exponierte, der höhere für gerade Gewässerstrecken.
Weidensteckhölzer	nach /LfU 1996 ^{1,3)} : 100 - 150 N/m² nach /Gerstgraser 2000 ⁴⁾ : 80 - 120 N/m²	nach /LfU 1996 ^{1,3)} : 3,0 - 3,5 m/s nach /Gerstgraser 2000 ⁴⁾ : 2,2 - 2,8 m/s	<i>keine Angaben</i>	Der niedrigere τ - bzw. v -Wert in /LfU 1996 ¹⁾ gilt für exponierte, der höhere für gerade Gewässerstrecken.
Weidenstreitlagen	nach /Florineth 1982 ⁵⁾ : 195 - 218 N/m²	nach /Gerstgraser 2000 ⁴⁾ : 3,2 - 3,5 m/s	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>

grau hinterlegte Angaben: Mittelwerte für das gesamte Gewässer

1) – 5) Anmerkungen s. folgende Seite

- 1) Die Angaben in /LfU 1996/ beziehen sich, sowohl für τ als auch für v , auf den ufernahen Bereich und sind berechnete Werte für das Enz-Hochwasser 1993 in der Größenordnung des Bemessungsabflusses, 2 Jahre nach Einbau der Sicherungsmaßnahmen. Angegeben sind Belastungswerte, die entweder von den Ufersicherungsmaßnahmen unbeschadet überstanden wurden, oder von denen angenommen werden kann, dass sie unterhalb der jeweiligen Belastungsgrenzen liegen.
- 2) Laut /Sundermeier et al. 2008/ nimmt die Deckung von Schilf an naturnahen Ufern ab einer Wellenhöhe von ≥ 20 cm (Sekundärwellen und Windwellen) stark ab; für Makrophyten allgemein wird in /PIANC 2008/ angegeben, dass Sekundärwellen > 15 cm einen erheblichen Einfluss haben.
- 3) Die Angaben in /LfU 1996/ betreffen Weidenstecklinge in Steinwurf.
- 4) Die Angaben in /Gerstgraser 2000/ betreffen Weidenstecklinge, kombiniert mit einem Kokosgewebe. Angegeben sind die mittlere Fließgeschwindigkeit im Hauptgerinne sowie die Sohlschubspannung. Die genannten Belastungswerte wurden von den Ufersicherungsmaßnahmen unbeschadet überstanden bzw. es kann von ihnen angenommen werden, dass sie unterhalb der jeweiligen Belastungsgrenzen liegen.
- 5) /Florineth 1982/ gibt die Schubspannung für den Bereich der Weidenspreitlage an. Die Belastung wurde von einer 15 Monate alten Weidenspreitlage unbeschadet überstanden – eine 3 Monate alte Spreitlage wurde leicht beschädigt.

Die für die Versuchsstrecke berechneten Werte für Schubspannung und Fließgeschwindigkeit (s. Kap. 5.3.2) sind, im Vergleich zur aus der Literatur bekannten Belastbarkeit der verwendeten technisch-biologischen Maßnahmetypen, sehr gering (Tab. 9.3). Das hängt mit dem großen Querschnittsverhältnis, dem großen Abstand der Fahrrinne zum relevanten Ufer, der Stauregelung sowie der Lage der Versuchsstrecke im Gleithangbereich zusammen. Diesem Umstand entspricht die positive Entwicklung der Vegetation, insbesondere auch des empfindlichsten Maßnahmetyps „Röhrichtpflanzung“.

Zur Belastbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungsmaßnahmen durch Schiffswellen besteht noch Forschungsbedarf, sodass in Tab. 9.3 noch keine allgemeingültigen Grenzwerte hierfür genannt werden können. Aus den Ergebnissen der Versuchsstrecke kann jedoch geschlossen werden, dass die hier angewendeten technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen den in der Tab. 9.3 angegebenen Wellenhöhen infolge Schifffahrt widerstehen können. Diese Werte können somit als erste, auf der sicheren Seite liegende Grenzwerte angesehen werden. Ob auch größere Wellenhöhen schadlos aufgenommen werden können, kann erst nach Vorliegen weiterer Erfahrungen im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes gesagt werden.

9.2.3.3 Naturschutzfachliche Bewertung

Eine Kartierung und Bewertung der Ausgangssituation vor Anlage der Versuchsstrecke fehlt. Es liegt lediglich eine kurze Beschreibung vor. Demnach wurde der Bereich der Versuchsstrecke bis an die Böschung heran beweidet (vgl. Kap. 4.1 und Bild 4.1, S. 7) und entlang des Ufers gab es kleine Buschgruppen, Röhrichtinseln aus Rohr-Glanzgras sowie einige Hochstauden.

In Bild 9.32 ist die Bewertung der Lebensräume der Versuchsstrecke nach /Bierhals et al. 2004/ kartografisch dargestellt.

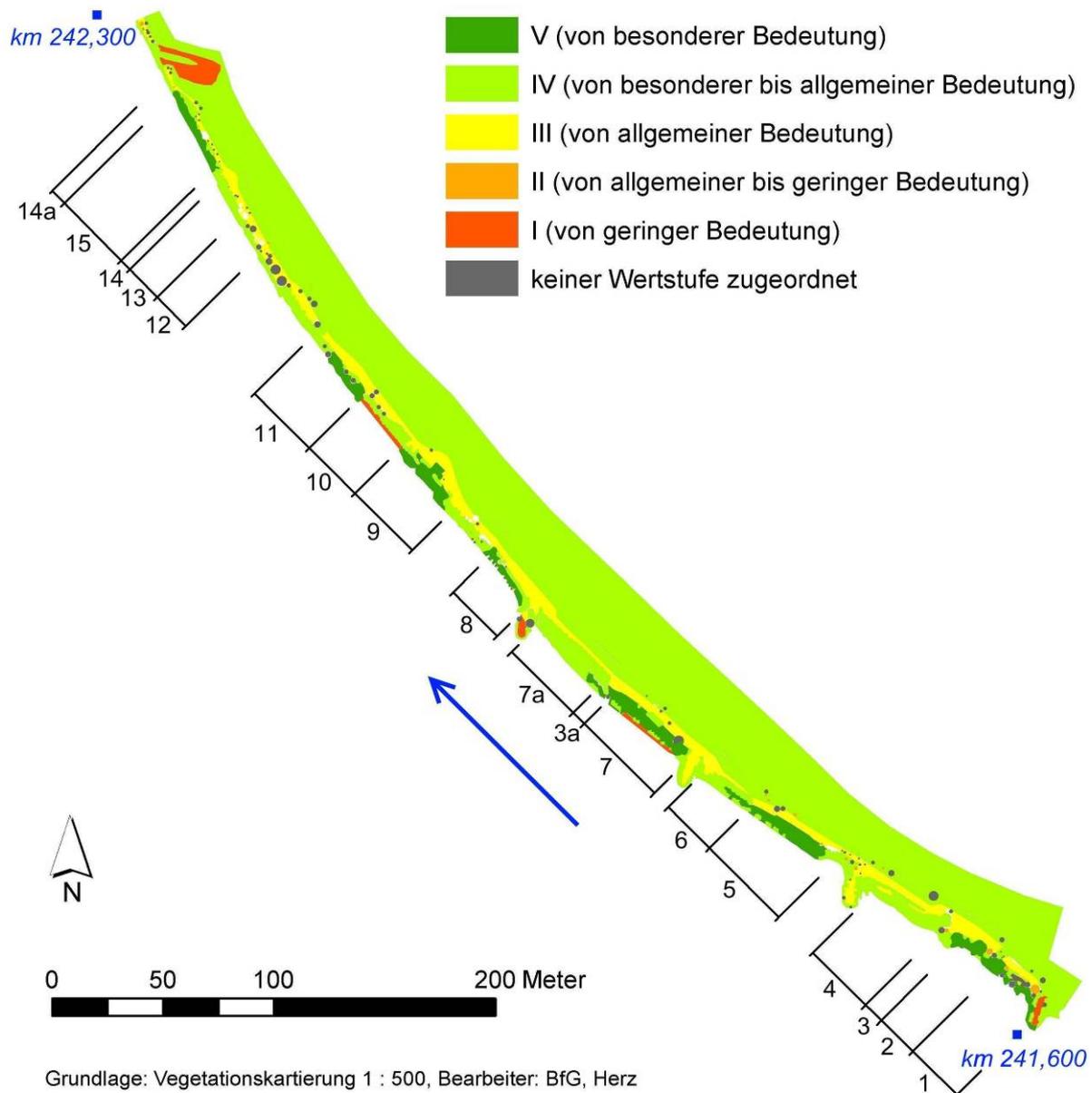


Bild 9.32 Wertstufen der Biotoptypen (Lebensräume) nach /Bierhals et al. 2004/ (Bestand 2005/2006) (Lebensraumtypen s. Bild 9.9, S. 79)

Diese Bewertungsmethode berücksichtigt die Kriterien Naturnähe, Gefährdung, Seltenheit sowie „Bedeutung als Lebensraum für Pflanzen und Tiere“. Insbesondere das Kriterium Naturnähe ist nur bedingt auf technisch-biologische Ufersicherungen anwendbar. Da bisher jedoch noch kein Bewertungssystem für Biotop an Wasserstraßen vorliegt, wurde hier die genannte Arbeit zugrunde gelegt.

Röhrichte sind bundesweit geschützt (§ 30 BNatSchG). Nach /Bierhals et al. 2004/ handelt es sich bei Schilf-Röhrichten i. d. R. um Biotop **von besonderer Bedeutung**. In Niedersachsen sind sie gemäß § 28a NNatG geschützt, wenn sie mindestens ca. 50 m² groß und mindestens ca. 4 - 5 m breit sind /Drachenfels 2004/. In der Bewertungskarte (Bild 9.32) wurde die höchste Wertstufe ausschließlich solchen größeren geschützten Schilfflächen zugewiesen. **Von besonderer bis allgemeiner Bedeutung** sind nach /Bierhals et al. 2004/ Biotop wie Weiden-Auengebüsche (unter bestimmten Bedingungen ebenfalls geschützt), Rohrglanzgras-Röhrichte (die ab derselben Größe gemäß NNatG geschützt sind wie das Schilf) und Uferstaudenfluren. Quecken-Flutrasen werden mit der Wertstufe „**von allgemeiner Bedeutung**“ belegt. **Von allgemeiner bis geringer Bedeutung** sind nach /Bierhals et al. 2004/ Biotop wie „Sonstige standortgerechte Gehölzbestände“; **von geringer Bedeutung** sind versiegelte bzw. vegetationslose Flächen. Einzelsträuchern wurde keine Wertstufe zugeordnet. Die angepflanzten Großseggen zeigten ein gewisses Beharrungsvermögen. Zwar breiteten sie sich nicht nennenswert aus, jedoch haben sie sich häufig im Bereich ihrer Pflanzstellen gehalten und tragen somit zur Artenvielfalt des Gebietes bei.

Im Gegensatz zum Ausgangszustand stellt die heutige Vegetation der Versuchsstrecke einen naturschutzfachlich hochwertigen Komplex ufertypischer Lebensräume dar. Durch relative Naturnähe und besonderen Artenreichtum zeichnen sich dabei die Uferabschnitte aus, die einer ungestörten Sukzession unterlagen und in denen der Röhrichtgürtel vom strömungs-, überflutungs- und übersandungsresistenten Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) /Pott, Remy 2000/ dominiert wird. In diesen Röhrichtbereichen tritt die besonders geschützte Art Sumpf-Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) gehäuft auf. Landseits sind diese Abschnitte angereichert durch Sträucher wie Blutroten Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Eingrifflichen Weißdorn (*Crataegus monogyna*), Gewöhnliche Schlehe (*Prunus spinosa*), Purgier-Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Hunds-Rose (*Rosa canina*), Wein-Rose (*Rosa rubiginosa* agg.) sowie Schwarzen Holunder (*Sambucus nigra*), die mit ihren unterschiedlichen Blüte- und Fruchtzeiten in Ergänzung zu den Weidenarten bioökologisch wertvolle Elemente darstellen.

Schilf (*Phragmites australis*) ist eine charakteristische Röhrichtart stehender und langsam fließender Gewässer mit nicht zu starkem Wellenschlag /Wörz 1998/, die am Hauptgerinne der Mittelweser vor der Stauregulierung nicht vorgekommen sein dürfte. Unter den heutigen Bedingungen wurde die Art jedoch erfolgreich etabliert und hat Bestände aufgebaut, die u. a. für die Avifauna eine hohe Bedeutung besitzen (s. Kap. 10).

Der hohe naturschutzfachliche Gesamtwert der Versuchsstrecke liegt in ihrer Habitatvielfalt, die diejenige benachbarter Flächen (Anlagen 9.6 und 9.7) klar übertrifft.

9.2.3.4 Bewertung im Überblick

Tab. 9.4 fasst die Vegetationsentwicklung zusammen und enthält, wie Bild 9.33, eine Bewertung jedes Planungsabschnittes hinsichtlich Pflanzenerfolg bzw. Zielerreichungsgrad und Erosionsschutz sowie eine naturschutzfachliche Bewertung.

Tab. 9.4: Vegetationsentwicklung an vergleichbar angelegten Uferabschnitten (hier jeweils zusammengefasst und gleichfarbig hinterlegt; vgl. Tab. 4.1 und Bild 9.33) sowie deren Bewertung

Ab-schnitts-Nummer	Vegetationsentwicklung	Zielerreichungs-grad	Ero-sions-schutz	Natur-schutz-Wert
1	- Schilf breitet sich schon bis 1992 stromwärts bis über die Faschine hinweg aus - Schilfgürtel 2005: 3 m breit - Gehölzsukzession	sehr gut, langfristig bei Pflege ¹⁾	gut	sehr wertvoll
2	- Schilf-Röhricht ist 1999 so gut entwickelt wie in 1 - 2005: 5,50 m breit	sehr gut	gut	sehr wertvoll
3	- bis 2005 entwickelte sich v. a. Schilf- und Rohrglanzgras-Röhricht	sehr gut	gut ²⁾	wertvoll
3a	- bis 2005 entwickelte sich v. a. Schilf-Röhricht sowie Weidengehölz - Gehölzsukzession	sehr gut, langfristig bei Pflege ¹⁾	gut	sehr wertvoll
4	- bis 2006 hat sich ein 7 m hohes Gebüsch aus Fahl- und Korb-Weide sowie einem Grauweiden-Bastard (<i>Salix x rubens</i> , <i>S. viminalis</i> sowie <i>S. cinerea</i> -Bastard) entwickelt; mit einem vorgelagerten Röhrichtgürtel aus Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>) und Schilf (<i>Phragmites australis</i>)	sehr gut	gut	wertvoll
7	- gute Entwicklung des Schilf-Röhrichts (2005: 5 m breit), mit Ausnahme der Schilfmatten - Gehölzsukzession	teilweise erfolgreich	gut	sehr wertvoll
7a	- bis 2006 hat sich ein 6 m hohes Gebüsch aus Korb-Weide und einem Korbweiden-Bastard (<i>Salix viminalis</i> sowie <i>S. viminalis</i> -Bastard) entwickelt, mit einem vorgelagerten Röhrichtgürtel aus Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>) und Schilf (<i>Phragmites australis</i>)	sehr gut	gut	wertvoll

Ab-schnitts-Nummer	Vegetationsentwicklung	Zielerrei-chungs-grad	Ero-sions-schutz	Natur-schutz-Wert
5	- gute Entwicklung des Schilf-Röhrichts (2005: 6 m breit) - Gehölzsukzession	sehr gut	gut	sehr wertvoll
6	- bis 2006 hat sich ein 7 m hohes Gebüsch aus Korb-Weide und einem Korbweiden-Bastard (<i>Salix viminalis</i> sowie <i>S. viminalis</i> -Bastard) entwickelt, mit einem vorgelagerten Röhrichtgürtel aus Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>) und Schilf (<i>Phragmites australis</i>)	sehr gut	gut	wertvoll
8	- gute Entwicklung des Schilf-Röhrichts (2005: 2,50 m breit) - Gehölzsukzession	sehr gut, langfristig bei Pflege ¹⁾	gut	sehr wertvoll
13	- Schilf breitet sich schon bis 1992 stromwärts bis zur Faschine hin aus - 2005: 2 m breit	sehr gut	gut ²⁾	wertvoll
15	- Schilf-Röhricht hat sich bis 1992 nur stellenweise über den Anpflanzungsbereich hinaus stromwärts ausgebreitet - 1999 ist das Röhricht ebensogut entwickelt wie in 13 - 2005: 3,50 m breit	sehr gut	gut ²⁾	sehr wertvoll
9	- mehrere Faschinenpflöcke haben unerwünschterweise ausgeschlagen und bis 2006 ein 6,50 m hohes Gebüsch aus Korb-Weide und einem Korbweiden-Bastard (<i>Salix viminalis</i> sowie <i>S. viminalis</i> -Bastard) hervorgebracht - abgesehen von dieser Einschränkung: gute Entwicklung des Schilf-Röhrichts (2005: 5,50 m breit) - die landeinwärts eingebrachten Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen / haben sich nicht zum gewünschten Gebüsch entwickelt (1999 nur noch mit einem Individuum vertreten)	teilweise erfolgreich	gut	sehr wertvoll
11	- gute Entwicklung des Schilf-Röhrichts (2005: 3,50 m breit) jedoch durch Gehölzsukzession bedroht	sehr gut, langfristig bei Pflege ¹⁾	gut	sehr wertvoll

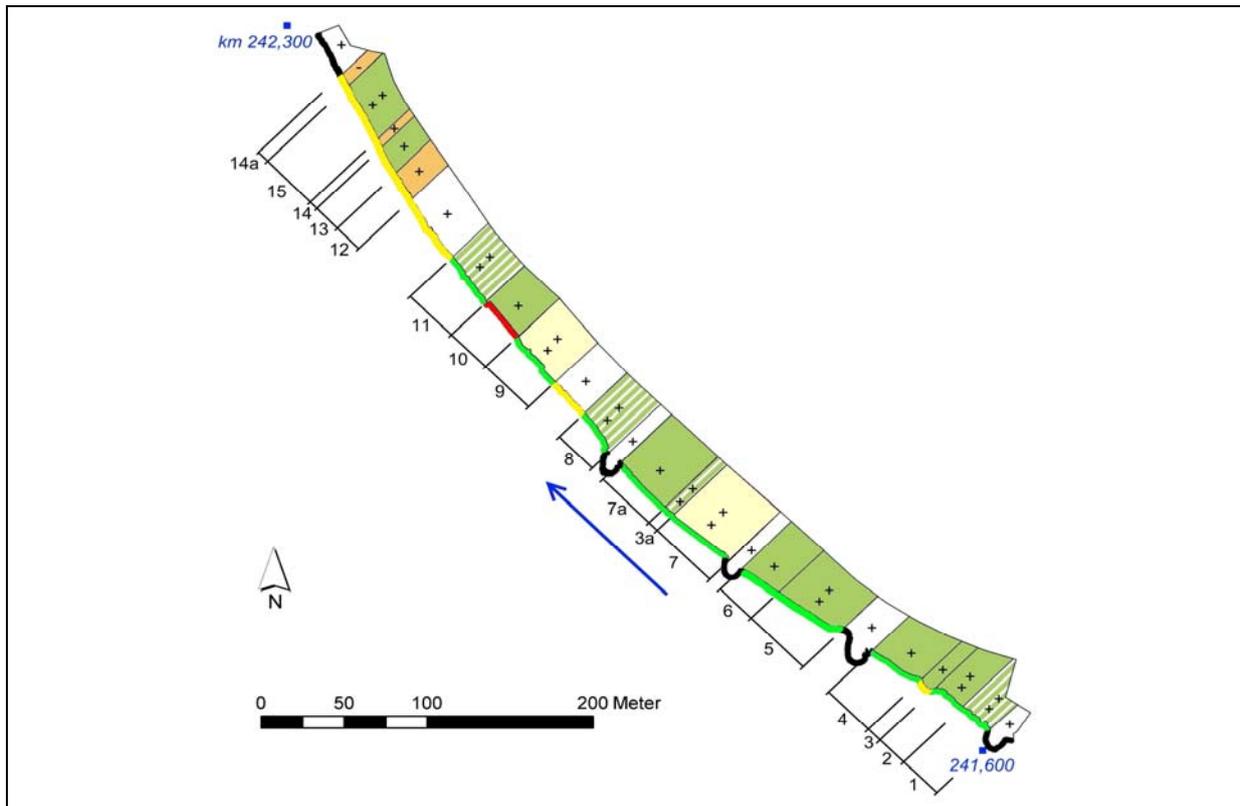
Ab-schnitts-Nummer	Vegetationsentwicklung	Zielerrei-chungs-grad	Ero-sions-schutz	Natur-schutz-Wert
10	- bis 2006 hat sich ein 6,50 m hohes Gebüsch aus Korb-Weide und einem Korbweiden-Bastard (<i>Salix viminalis</i> sowie <i>S. viminalis</i> -Bastard) entwickelt.	sehr gut	weniger gut	wertvoll
12	- Die Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen sind überwiegend abgestorben. Die Gehölzsukzession im Abschnitt wird 2005 v. a. durch Eingrifflichen Weißdorn (<i>Crataegus monogyna</i>) sowie Rosenarten (<i>Rosa</i> spp.) bestimmt. Daneben wurden vereinzelte Individuen von Korb-Weide sowie ein Grauweiden-Bastard (<i>Salix viminalis</i> , <i>S. cinerea</i> -Bastard) gefunden; mit einem vorgelagerten Röhrichtgürtel aus Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>), Sumpfschwertlilie (<i>Iris pseudacorus</i>) und Schilf (<i>Phragmites australis</i>)	fehlgeschlagen	gut ²⁾	wertvoll
14	- 1999 waren alle gepflanzten Erlen eingegangen - ufernah: Röhrichtgürtel aus Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>)	fehlgeschlagen	gut ²⁾	wertvoll
14a	- 2006 war noch eine gepflanzte (kranke) Erle vorhanden - ufernah: Röhrichtgürtel aus Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>)	fehlgeschlagen	gut ²⁾	geringwertig
unbeplante Abschnitte	- ufernah: Röhrichtgürtel, v. a. aus Rohr-Glanzgras - z. T. Gehölzsukzession	sehr gut	gut ²⁾	wertvoll
Abschnitte mit Bühnen oder Überlauf ⁴⁾	- ufernah relativ lückig bewachsen	-	gut ³⁾	wertvoll

1) s. Kap. 11.2

2) dichter Röhrichtbewuchs in Steinschüttung

3) rein technisch gesichert

4) Überlauf zwischen dem benachbarten Baggersee und der Weser



Bewertung des Pflanzenerfolges

	sehr gut	Maßnahme erfolgreich, wie vorgesehen entwickelt
	sehr gut, bei Pflege	Maßnahme erfolgreich, zur Erhaltung sind jedoch baldige Pflegemaßnahmen (Gehölzentnahmen zum Schutz des Röhrichts) erforderlich
	teilweise erfolgreich	Steckhölzer/Setzstangen (Abschnitt 9) bzw. Schilfmatten (Abschnitt 7) sind nicht bzw. schlecht angegangen, Bepflanzung mit Schilfbällen aber erfolgreich
	fehlgeschlagen	Steckhölzer/Setzstangen bzw. Erlen-Pflanzungen sind nicht angegangen
		unbeplant oder rein technisch gesichert (vor allem Buhnen)

Bewertung des Schutzes vor Ufererosion durch die Vegetation

	gut	dichter Röhrichtbewuchs am entsteinten Ufer und in Flachwasserzonen
	gut	dichter Röhrichtbewuchs in Steinschüttung
	weniger gut	Gehölzschatten verhindert einen dichten Unterwuchs
	keine Aussage	rein technisch gesichert

Naturschutzfachliche Bewertung (vgl. Bild 9.32)

++	sehr wertvoll	mit nennenswertem Anteil an Biotopen „von besonderer Bedeutung“
+	wertvoll	Biotope „von allgemeiner bis besonderer Bedeutung“ dominieren; ohne nennenswerten Anteil an Biotopen „von besonderer Bedeutung“
-	geringwertig	Biotope „von geringer Bedeutung“ dominieren

Bild 9.33: Bewertung der Vegetation der Planungsabschnitte 2005 im Hinblick auf Pflanzenerfolg, Schutz vor Ufererosion sowie naturschutzfachlichen Wert

10 Bewertung der Fauna

10.1 Allgemeines

Die Ausbildung einer charakteristischen Besiedlung und von typischen tierökologischen Merkmalen in einem gegebenen Lebensraum kommt durch komplexe ökologische Wechselwirkungen zustande. Die tierökologische Komponente unterschiedlicher Lebensräume ist daher nicht immer vergleichbar. Für eine tierökologische Bewertung alternativer Ufersicherungen muss deshalb immer eine Referenzsituation herangezogen werden. An der Weser in Stolzenau wurden daher die Strecken mit alternativer Ufersicherung (AU) mit Strecken verglichen, die eine herkömmliche technische Ufersicherung (RU) aufwiesen, also lose Steinschüttungen auf 1 : 3 geneigter Böschung. Für die tierökologische Bewertung der durch unterschiedliche Ufersicherung beeinflussten aquatischen, semiaquatischen und terrestrischen Lebensraumqualität wurden die Avifauna (Vögel, Kap. 10.2), die Fischfauna (Kap. 10.3) und das Makrozoobenthos (MZB; Wirbellose, Kap. 10.4) herangezogen. Unter Federführung und im Auftrag der BfG (Ref. U4 Tierökologie) wurden dazu durch unten genannte Büros faunistische Untersuchungen durchgeführt (s. Kap. 2) :

- Beratungsgesellschaft NATUR dbR, Nackenheim (Avifauna)
- BFS, Riedstadt (Fische)
- Büro für Gewässerökologie, Karlsruhe (MZB)

Die Ergebnisse zur Versuchsstrecke Stolzenau werden hier zusammenfassend dargestellt und im Hinblick auf die Fragestellungen des vorliegenden Projektes bewertet.

10.2 Avifauna (Vögel)

10.2.1 Untersuchungsmethodik

Im Jahr 2006 wurde die Avifauna im Bereich der alternativen Ufersicherungsmaßnahme von km 241,550 bis km 242,300 an der Weser bei Stolzenau am rechten Ufer erhoben. Als Referenz wurde die Avifauna des gegenüberliegenden linken Ufers (RU), das mit herkömmlicher Steinschüttung gesichert ist, herangezogen.

Ziel der Untersuchung war die Kartierung aller Vögel in einem Bereich von 30 m beidseitig der begehbaren Uferlinie (untersuchte Gesamtbreite = 60 m). Die Nachweise von anwesenden Vögeln erfolgten hauptsächlich durch visuell-akustische Methoden (Gesang) sowie durch die Erfassung aller Beobachtungen auf der Basis einer Kombination von Revierkartierung und Linientransekten. Im Einzelnen ist auf folgende Aspekte hinzuweisen:

- Bei der Erfassung spezieller Arten wurde die quantitative Revierkartierung angewendet.
- Aus den Beobachtungen zur Brutzeit wurden Reviere abgeleitet.

- Zwischen April und Juni wurden am AU vier Begehungen zwischen 5:00 Uhr und 10:00 Uhr morgens durchgeführt, zusätzlich eine Begehung im Bereich des gegenüberliegenden Referenzufers RU sowie eine weitere zwischen 20:00 Uhr und 1:00 Uhr nachts in der Versuchsstrecke AU. Das Datenmaterial basiert daher insgesamt auf mindestens sechs mehrstündigen Kartierungen im Zeitraum von April bis Juni 2006.
- Brutperiode: Der ausgewertete Beobachtungszeitraum deckt fast die gesamte Brutperiode der Vögel ab. Der Brutaktivitätsbeginn liegt bei einigen in den Untersuchungsgebieten zu erwartenden Arten früher (z. B. Spechte ab Februar), andere Arten treffen dagegen teilweise sehr spät aus den afrikanischen Überwinterungsgebieten kommend ein (Grauschnäpper, Pirol) bzw. können klimatisch oder lokal hochwasserbedingt später am Bruthabitat eintreffen. Für diese Gruppen liegt der Erfassungszeitraum leicht außerhalb der Wertungsgrenzen zum Nachweis eines Brutstatus.
- Es wurde zwischen Brut- und Gastvögeln unterschieden (zu Grunde liegende Klassifizierung s. Tab. 10.1). Zum Standardprotokoll gehören zu jeder einzelnen Beobachtung neben Angaben zum Vogel (Alter, Geschlecht, Art der Rufe) Verhaltensparameter wie Mobilität, Truppgröße, Nahrungs- und Brutverhalten, Zug- und Flugparameter (Höhe, Richtung), Angaben zu Biotop, Habitat und Nische sowie weitere Parameter.

Tab. 10.1: Klassifizierungen und verwendete Abkürzungen für die Vogelbeobachtungen

Bezeichnung	Status
B	Brutvogel (BP – Brutpaar)
B-Rand	Brut am Rand des Untersuchungsgebietes
BV	Brutverdacht
G	Nahrungsgast, Überwinterer oder Durchzügler
N	Neozoen, (Zoo-) Flüchtling

10.2.2 Hinweise zur Bewertung der Ufersicherungsmaßnahmen als Lebensraum für Vögel

Die Kriterien für die Bewertung der Ufersicherungsmaßnahmen als Lebensraum für Vögel sind in Tab. 10.2 zusammenfassend dargestellt. Das Gesamtergebnis aller ökologischen Bewertungen zur Avifauna ist zusammenfassend in Tab. 10.5 dargestellt. Als Grundlage für die Bewertung der durchgeführten alternativen Ufersicherungsmaßnahmen als Lebensraum für Vögel wurde das von der Bundesanstalt für Gewässerkunde angewandte Bewertungsmodell „Fauna“ /BfG 1996/ herangezogen und an die Gegebenheiten des untersuchten Flussabschnitts und die Tiergruppe „Vögel“ angepasst. Für das Erreichen einer bestimmten Wertstufe entsprechend Tab. 10.2 ist es ausreichend, dass eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Natürlichkeit des Arteninventars
- Lebensraumstrukturen (Biotopstrukturen und Vernetzung) und funktionale Bedeutung
- anthropogene Beeinträchtigung
- Wiederherstellbarkeit (Zeit, die nach Wiederherstellung eines gegebenen oder zerstörten Lebensraumes benötigt wird, damit eine charakteristische für den Lebensraum typische Art sich erneut etabliert hat)

Für dieses Bewertungskonzept ist es zusätzlich notwendig, eine Charakterisierung der biotoptypischen Arten vorzunehmen (Kap. 10.2.3).

Tab. 10.2: Bewertungskriterien Avifauna

Wertstufe		Natürlichkeit des Arteninventars	Lebensraumstrukturen (Biotopstrukturen und Vernetzung) und funktionale Bedeutung	anthropogene Beeinträchtigung	Wiederherstellbarkeit
5 sehr hoch	 dunkelgrün	Die Gesamtartenzahl der Brutvögel / Gäste ist bezogen auf den regionalen Erwartungswert überdurchschnittlich. Es kommen Leitarten und seltene / gefährdete Arten in zum Teil hoher Dichte vor. Evtl. hohe Bedeutung für Nahrungs- und/oder Wintergäste.	Boden und Vegetation sind optimal ausgeprägt und bieten Vögeln Möglichkeiten zur Nahrungssuche und zum Nisten. Biotopgröße bzw. -verbund genügen auch anspruchsvollen Arten. Vielfältige verschiedene Biotoptypen bieten auch Biotopkomplexbewohnern Lebensmöglichkeit. Sehr hohes Potenzial zur Ausbreitung von biotoptypischen Arten.	nicht vorhanden oder sehr gering	sehr langfristig > 150 J.
4 hoch	 hellgrün	Der Artenbestand erreicht den regionalen Erwartungswert für Brutvögel / Gäste. Es kommen Leitarten und gefährdete Arten vor. Generalisten sind nicht dominant.	Die Biotopstrukturen bieten durch ihre Größe oder Vernetzung eine gute Besiedlungsgrundlage und ermöglichen ein hohes Potenzial zur Ausbreitung von biotoptypischen Arten.	gering	langfristig 81 - 150 Jahre

Wert- stufe		Natürlichkeit des Arteninventars	Lebensraumstrukturen (Biotopstrukturen und Vernetzung) und funk- tionale Bedeutung	anthro- pogene Beeinträch- tigung	Wiederher- stellbarkeit
3 mittel	 gelb	In der Lebensgemein- schaft dominieren die Generalisten, jedoch kommen auch biotop- typische Arten vor. Es herrscht eine mittlere Artenvielfalt.	Die für Vögel relevanten Strukturen bieten zwar noch Möglichkeiten für Besiedlung, die Ausprä- gung des Biotops ist aber nur von mittlerer Qualität. Der Bereich ist aber nur kleinräumig vertreten, Störbereiche und erreich- bare Lebensräume kom- men gleichermaßen vor, eine Stör- oder Trennwir- kung auf andere Biotope besteht nicht.	deutlich spürbar	mittelfristig 31 - 80 Jahre
2 gering	 orange	Die Artenzahl ist gering, biototypische Arten fehlen meist. Es dominieren die Generalisten. Der Bereich hat höchst- ens für Nahrungsgäste eine gewisse Bedeu- tung.	Die Biotopstrukturen sind für die Besiedlung durch biototypische Arten wenig geeignet. Der Bereich hat für sehr anspruchsvolle Arten eine Trennwirkung, für andere Arten kann er noch ver- netzende Funktionen besitzen.	häufig oder periodisch wieder- kehrend	kurzlebig 4 - 30 Jahre
1 sehr gering	 rot	Es kommen nur wenige Arten, ausschließlich Generalisten vor. Biototypische und gefährdete Arten fehlen.	Der Lebensraum ist vollständig anthropogen überprägt und bietet keine oder wenig Struktu- ren, die Vögeln zur Nah- rungssuche oder zum Nisten dienen könnten. Durch zu starke Störung, geringe Vernetzung oder ungünstige Strukturen wird der Biotop auch kaum als Rastmöglichkeit angenommen.	permanent oder sehr häufig wieder- kehrend	sehr kurzlebig 1 - 3 Jahre

10.2.3 Beurteilungsgrundlage der Natürlichkeit des Vogelarteninventars und von Gefährdungs- und Schutzaspekten

Für die Charakterisierung der Natürlichkeit des vorgefundenen Arteninventars wurde das Leitartenmodell /Flade 1994/ herangezogen, das eine ausführliche Grundlage für Leitarten, lebensraumhohe Arten und stete Begleitarten für unterschiedliche Lebensräume bietet. Das Leitartensystem berücksichtigt das Vorkommen oder Fehlen von Artengruppen mit relativ hohem Spezialisierungsgrad. In den Auen finden sich verbreitet halboffene, reich strukturierte Mosaiklandschaften mit parkartigem Charakter, in denen sich Feuchtgrünländer, Feldgehölze, Gebüsche, Hecken, Röhrichte, nasse Brachen und oft auch Gewässer kleinflächig abwechseln. Diese feuchten bis nassen Landschaften lassen sich kaum in ihre Elemente aufteilen und anderen Landschaftstypen zuordnen und beherbergen auch eine Anzahl sehr charakteristischer Vogelarten. Die Lebensraumansprüche der Leitarten spiegeln die Vielgestaltigkeit des Lebensraumes der Auen wider. Aufgrund der unterschiedlichen Struktur wurden die lineare und die flächige Auswertung der Leitarten der „Auen“ kombiniert. Das Leitarten-Modell wurde ergänzt durch die im Naturschutz verwendete Indikatorartenliste der „Auen-Fauna-Datenbank /AUA“, die von der ETH Zürich erstellt wurde (<http://www.art.admin.ch/dienstleistungen/00636/>). Geprüft wird, ob für das Untersuchungsgebiet der Artenbestand den regionalen Erwartungswert erreicht. Für die Bewertung der nach „Rote Liste“ eingestufteten Arten gelten die Bewertungsstufen nach Tab. 10.3. Zusätzlich wurde geprüft, ob typische Lebensraumstrukturen und -vernetzungen für Vögel in den Auen vorhanden sind.

Tab. 10.3: Bewertungsstufen der Roten Liste von Deutschland /Rote Liste D 2002/

Rote Liste Deutschland (2002)	
0	Bestand erloschen
1	Vom Erlöschen bedroht
2	Stark gefährdet
3	Gefährdet
R	Arten mit geographischer Restriktion
V	Vorwarnliste
-	Keine Gefährdung
IV	Unzureichende Datenlage
II,III	Keine Kriterien-Abfrage

10.2.4 Beurteilungsgrundlagen für Biotopstrukturen, Vernetzung und funktionale Bedeutung

Es wurde geprüft, ob typische Lebensraumstrukturen in den Auen vorhanden sind. Ist für einen Bereich ein kleinräumiges Mosaik von Lebensraumstrukturen vorhanden, führt das zu einer hohen Brutvogeldichte. Dies können beispielsweise mehr oder weniger gut ausgeprägte Auwaldreste sein, die durch überwiegend kleinflächige Schilfbestände mit einer dichten Ufervegetation verbunden sind. Geprüft wurde zusätzlich, ob Bereiche ein hohes Potenzial zur Ausbreitung von biotoptypischen Arten besitzen. Bereiche mit vegetationsarmen Sand- oder Kiesbänken stellen für manche Limikolen wie den Flussuferläufer und den Flussregenpfeifer einen typischen Lebensraum dar. Dennoch erweisen sich diese wasserdynamisch geprägten Böden und Vegetationsformationen oft als artenarm, da sich die übrigen Arten in diesem Bereich nicht ansiedeln. Eine Bewertung der Wertstufe "sehr hoch" (Tab 10.2.) scheint in solch einem Fall deshalb nicht angemessen. Zumal wenn diese Uferstrukturen als Einzelmaßnahmen entstanden sind, ohne in einen Biotopkomplex eingebunden zu sein. Sie sind jedoch für den Artenschutz des Flussregenpfeifers sicherlich wertvoll. Im Zusammenhang mit der Schaffung autotypischer Lebensräume stellen sie aber einen temporären Teil-lebensraum dar, dessen Wertigkeit bestenfalls als hoch eingestuft werden kann.

10.2.5 Bewertungsgrundlagen für anthropogene Beeinträchtigung

Die anthropogene Beeinträchtigung eines Uferbereichs ergibt sich prinzipiell aus Licht-, Lärm- und Staubemissionen, Schadstoffeintrag, Fahrzeugbewegungen, Freizeitnutzung, Landwirtschaft, Beweidung und Bejagung. Die Beeinträchtigungen können dann als gering eingeschätzt werden, wenn z. B. durch die dichte Vegetationsstruktur keine Freizeitnutzung dieser Bereiche stattfinden kann. Selbst ein nah gelegener Campingplatz hat dann oft keinen Einfluss auf diese Bewertung. Ein Bereich unterliegt dagegen einer höheren anthropogenen Beeinflussung, wenn unmittelbar an der Grenze dieses Bereiches ein intensiv genutzter Fahrradweg entlang führt. Auch aufgrund nahe gelegener Ortsteile ist die Beeinträchtigung oft höher, da die Zahl ausgeführter Hunde recht hoch sein kann. Auch unterliegen manche Gebiete einer extensiven Nutzung z. B. als Obstgärten. Ebenso spielen beliebte Angelplätze eine wichtige Rolle in der Bewertung, da zuführende Uferwege oftmals mit Kraftfahrzeugen befahren werden. Lärmemissionen durch Straßenverkehr gehören ebenfalls dazu. Hohe Beeinträchtigungen führen zu einer niedrigen Bewertung, z. B. Wertstufe "gering".

10.2.6 Bewertungsgrundlagen für die Wiederherstellbarkeit

Die Wiederherstellbarkeit der Lebensraumstrukturen in einem Bereich wird als langfristig (81 - 150 Jahre) eingestuft, wenn dies vor allem auf den vorhandenen Baumbestand der Auwaldreste (Pappeln, Eiche, auch Walnussbäume) zurückzuführen ist. Eine mittelfristige Wiederherstellbarkeit wird angenommen z. B. aufgrund des Fehlens von Auwaldresten und dem aktuellen bestehenden sonstigen Baumbestand. Die Bewertung richtet sich natürlich auch nach dem Alter einer Ufermaßnahme. Wurde sie erst in den letzten Jahren geschaffen, weist sie somit eine sehr kurzzeitige Wiederherstellbarkeit auf. Dies führt nicht in jedem Fall zu einer Abwertung der Maßnahme. Diese kurzlebigen Sukzessionsstadien, wie sie üblicherweise entlang von Flüssen in Form von Kiesbänken oder Prallhängen mit sandigen Steilwänden auftreten, sind nicht aufgrund einer langfristigen Wiederherstellbarkeit, sondern aufgrund ihres Vorkommens – wenn auch nur kurzzeitig – von Bedeutung.

10.2.7 Ergebnisse im Einzelnen

10.2.7.1 Charakterisierung der von Vögeln nutzbaren Biotope und Habitatstrukturen im Bereich der alternativen Ufersicherung und der Referenzstrecke

Relevant für die vorkommenden Vogelbestände ist, dass der untersuchte 30 bis 50 m breite Uferstreifen aufgrund seiner schlechten Zugänglichkeit vor Störungen durch Menschen besonders geschützt ist. Das Untersuchungsgebiet liegt heute auf einem schmalen Landstreifen, der auf der einen Seite von der Weser und auf der anderen Seite von einem Komplex aus mehreren Baggerseen begrenzt wird, in denen noch Sand und Kies abgebaut wird. Für den Vogelbestand ist ferner die an das Untersuchungsgebiet angrenzende Rinderweide von Bedeutung. Uferseitig stehen den Vögeln Büsche, Gräser und Schilf als Lebensraum zur Verfügung. Im Gegensatz zum Referenzufer bietet die alternative Ufersicherung der Avifauna überwiegend ein relativ flaches, angelegtes Ufer, das nur im aquatischen Bereich durchgehend mit losen Wasserbausteinen bis zum hydrostatischen Stau gesichert ist. Ein rund 30 m breiter Uferstreifen bietet den Vögeln auch Schilf, Weidengebüsch, Sträucher und Hochstauden als Lebensraum an (s. Kap. 9). Zur Ufersicherungsmaßnahme bei km 241,550 - 241,930 gehören ferner vier ca. 10 - 15 m lange Steinbühnen im Abstand von 100 m, die ebenfalls von Vögeln intensiv genutzt werden können.



Bild 10.1: Typischer Brutvogel (Teichrohrsänger) der Schilfvegetation am Weserufer bei Stolzenau

10.2.7.2 Qualitative Charakterisierung der Avifauna im Bereich der alternativen Ufersicherung, mögliche Beeinträchtigungen, Zustand und Wiederherstellbarkeit

Zur Brutzeit wurde in diesem mit 750 m relativ kurzen Uferabschnitt eine sehr diverse und standorttypische Vogelwelt vorgefunden (Tab. 10.4). Unter den Indikatorarten fanden sich folgende Brutvögel: Nachtigall und Feldschwirl mit je einem Brutpaar (BP); Teichrohrsänger (s. Bild 10.1), Fitis, Rohrammer, Amsel, Buchfink, Dorngrasmücke, Zilpzalp und Sumpfrohrsänger mit mehreren Paaren. Von den gefährdeten oder streng geschützten Arten brütete lediglich ein Mäusebussardpaar im Bereich der AU und zwar in einem der wenigen älteren Bäume. Nahrungsgäste unter den Indikatorarten waren Beutelmeise, Uferschwalbe (eine große Kolonie am Ufer eines benachbarten Baggersees) und Flussschwabe. Zahlreiche Graugänse und mehrere Nilgänse (Neozoen) brüteten in den benachbarten Kiesseen und waren ständige Nahrungsgäste, es wurde aber kein Nest im Untersuchungsgebiet gefunden.

Tab. 10.4: Vogelarten an der Weser bei Stolzenau, streng geschützte sowie gefährdete Arten sind rot markiert; B - Brutvogel, G - Gastvogel, b - besonders geschützt, s - streng geschützt, V - Vorwarnliste, „ - „ - kein besonderer Schutzstatus

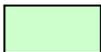
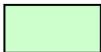
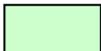
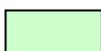
Art	Lat. Name	AU	RU	/Rote Liste D 2002/	/VSR EU 1979/	/BArt SchV 2005/	/BNat SchG 2002/	Hin- weis
Aaskrähe (Raben-, Nebel-)	<i>Corvus c. corone</i> und <i>c. cornix</i>	B	B	-	-	-	b	Neo- zoen
Amsel	<i>Turdus merula</i>	B	B	-	-	-	b	
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	G		-	-	-	b	
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	G		-	-	-	b	
Baumfalke	<i>Falco subbuteo</i>	G		3	-	-	s	
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	G		2	-	s	s	
Beutelmeise	<i>Remiz pendulinus</i>	G		-	-	-	b	
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>	B		-	-	-	b	
Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>	B		-	-	-	b	
Brandgans	<i>Tadorna tadorna</i>	G		-	-	-	b	
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	B	B	-	-	-	b	
Buntspecht	<i>Picoides major</i>	B		-	-	-	b	
Dohle	<i>Corvus monedula</i>	G	G	-	-	-	b	
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	B	B	V	-	-	b	
Eichelhäher	<i>Garrulus glandarius</i>	B		-	-	-	b	
Elster	<i>Pica pica</i>	B		-	-	-	b	
Fasan	<i>Phasianus colchicus</i>	B	B	-	-	-	b	
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>	B		-	-	-	b	
Fitis	<i>Phyloscopus trochilus</i>	B	B	-	-	-	b	
Flussseeschwalbe	<i>Sterna hirundo</i>	G		-	Anh. 1	s	s	
Gänsesäger	<i>Mergus merganser</i>	G		3	-	-	b	
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	B	B	-	-	-	b	
Graugans	<i>Anser anser</i>	G		-	-	-	b	
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	G		-	-	-	b	
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>		B	-	-	-	b	
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>	B		-	-	-	b	
Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>	B	B	-	-	-	b	
Höckerschwan	<i>Cygnus olor</i>	G		-	-	-	b	
Kernbeißer	<i>C. coccothraustes</i>	G		-	-	-	b	
Kohlmeise	<i>Parus major</i>	B		-	-	-	b	
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	G	G	V	-	-	b	
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>	B		V	-	-	b	
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	G	G	-	-	-	b	
Löffelente	<i>Anas clypeata</i>	G		-	-	-	b	
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	B		-	-	-	s	

Art	Lat. Name	AU	RU	/Rote	/VSR	/BArt	/BNat	Hin- weis
				Liste D 2002/	EU 1979/	SchV 2005/	SchG 2002/	
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	B	B	-	-	-	b	Neo- zoen
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>	B	B	-	-	-	b	
Nilgans	<i>Alopochen aegyptiacus</i>	B		-	-	-	b	
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>	G	G	V	-	-	b	
Reiherente	<i>Aythya fuligula</i>	G	G	-	-	-	b	
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	B	B	-	-	-	b	
Rohrammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	B		-	-	-	b	
Schnatterente	<i>Anas strepera</i>	G		-	-	-	b	
Silbermöwe/ Weißkopfmöwe	<i>Larus argentatus/ Larus cachinnans</i>	G	G	-	-	-	b	
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>	B	B	-	-	-	b	
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	B	B	-	-	-	b	
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	B	B	-	-	-	b	
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	G	G	-	-	-	b	
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	B		-	-	-	b	
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpa- ceus</i>	B		-	-	-	b	
Uferschwalbe	<i>Riparia riparia</i>	G	G	V	-	s	s	
Weidenmeise	<i>Parus montanus</i>		B	-	-	-	b	
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	B	B	-	-	-	b	
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	B	B	-	-	-	b	

Von den potenziellen Brutvögeln fehlten auwaldspezifische Arten wie Beutelmeise, Weidenmeise und Gelbspötter. Der Neuntöter, ein spezifischer Brutvogel der offenen Landschaft, fehlte ebenfalls. Bis auf eine einzelne Bekassine in einer benachbarten Kiesgrube wurden auch keine Limikolen beobachtet. Als potenzielle Nahrungsgäste fehlten ferner der schwarze Milan und der Fischadler.

Die anthropogene Beeinträchtigung wurde als gering eingestuft. Das hängt im Wesentlichen damit zusammen, dass angrenzende Gebiete uferseitig mit Elektrozaun begrenzt waren und die AU daher für die Rinder der benachbarten Weide nicht zugänglich sind. Lediglich über die alle 100 m festgestellten Stichwege (ab Juli zugewachsen und nicht mehr begehbar), die Hobbyangler nutzen, um auf die Bühnen zu gelangen, geht eine geringe Beeinträchtigung bzw. Störung der Avifauna aus. Infolge der natürlichen Dynamik durch Hochwässer werden weite Bereiche des Untersuchungsgebietes regelmäßig überflutet. Pflegemaßnahmen werden nicht durchgeführt. Der für die Avifauna wichtige Zustand des Lebensraumes wird daher nicht durch Unterhaltungsmaßnahmen gestört. Eine Bewertung dieser Situation ist Tab. 10.4 (streng geschützte Arten sind rot hinterlegt) und Tab. 10.5 zu entnehmen.

Tab. 10.5: Fazit: Bewertung der Avifauna an der Weser bei Stolzenau am AU

Kriterium	Ergebnisse	Bewertung
Natürlichkeit des Arteninventars	<p>52 Vogelarten</p> <p>30 Brutvogelarten (58%)</p> <p>22 Gastvogelarten (42%)</p> <p>13 Indikator-/Leitarten vorhanden: 3 Brut-, 3 Gastvögel, 7 Stete Begleitarten, 1 Leitart Gastvogel</p> <p>5 Gefährdete/streng geschützte Arten (1 Brut, 4 Gast)</p> <p>Abundanz gefährdeter/streng geschützter Brutvogelarten: 1BP/700 m (0,1BP/100 m Flussufer)</p> <p>AU höherwertig als RU, dort weniger Leitarten und Stete Begleitarten</p>	<p>hoch</p> 
Lebensraumstrukturen (Biotopstrukturen und Vernetzung) – funktionale Bedeutung	<p>starke Vernetzung</p> <p>Biotope bilden kleinräumiges Mosaik</p> <p>natürliche Vegetation, überwiegend initiale Sukzession direkt am Ufer, Weichholzauelemente uferseitig und am höher liegenden Ufer, Ruderalflächen, kein Management</p> <p>hohes Nahrungsangebot</p>	<p>hoch</p> 
anthropogene Beeinträchtigung	<p>angrenzend Beweidung extensiv, saisonale Portionsbeweidung, Freizeitangler, alle 100 m Stichpfade ans Ufer, Schiffsverkehr, Eintrag Schadstoffe durch Hochwasser</p>	<p>mittel</p> 
Wiederherstellbarkeit	<p>junge Laubbäume, geringe Hochwassererosion mit permanenten initialen Sukzessionen</p>	<p>hoch</p> 
Zusammenfassende Bewertung		<p>hoch</p> 

10.3 Fische

10.3.1 Erfassung der Fischbestände durch Elektrofischerei

In der vorliegenden Untersuchung wurde ausschließlich mittels Elektrofischerei beprobt. Hierbei wurde die so genannte "Punkt-Methode" (*point-abundance*) angewandt. Bei dieser Methode wird die Elektrode auf einen Punkt gehalten und für einen kurzen Moment unter Strom gesetzt. Die innerhalb des elektrischen Feldes narkotisierten Individuen (beobachteter Umkreis um die Fangelektrode ca. 45 cm) können dann mit Hilfe eines Keschers entnommen werden. Im Bereich mit herkömmlicher Ufersicherung (RU) wurden 50 Punkte und im Abschnitt mit alternativen Ufersicherungsmaßnahmen (AU) 100 Punkte gesetzt. Als Elektrofischfanggerät kam das stationäre Gleichstromgerät EFGI 4000 der Fa. Bretschneider mit einer Leistung von 4 kW Gleichstrom zum Einsatz. Die Befischungen erfolgten im Juli 2006 und wurden im unmittelbaren Uferbereich durchgeführt. Die Röhrichtbereiche waren teilweise überstaut.

10.3.2 Beurteilungskriterien für die Bewertung der Fischbesiedlung

Wichtige Bewertungsgrundlagen für die Fischbesiedlung sind abiotische und biotische Merkmale sowie insbesondere die Substrateigenschaften. Zwischen der AU und der RU bestehen keine Unterschiede im Hinblick auf die technische Bauweise/Ausführung der Unterwasserböschung. Allerdings unterscheiden sich beide Strecken im Hinblick auf die vorhandene Vegetation und den dadurch abzuleitenden Einfluss auf die relevanten Umweltfaktoren (Licht/Beschattung, Temperatur, Eintrag von Nahrung). Während der Untersuchung wurden folgende Substratarten unterschieden:

- Block- oder Wasserbaustein
- Stein
- Kies
- Sand
- Schlamm
- Holz

Wenn innerhalb der Reaktionsfläche von 0,159 m² pro Punkt mehr als ein Substrattyp vorhanden war, wurde das vorherrschende Substrat aufgenommen. Zusätzlich wurden bei der Beprobung vier verschiedene Deckungsgrade der Vegetation in Ufernähe unterschieden:

- vegetationslos → 0 % Deckung
- vegetationsarm → 1 - 33 % Deckung
- mittlere Vegetationsdichte → 34 - 66 % Deckung
- hohe Vegetationsdichte → 67 - 100 % Deckung

Auch die Stärke der an der Probenahmestelle vorherrschenden Strömung wurde in vier Klassen (keine, gering, mäßig und hoch) eingestuft und an jedem Probepunkt abgeschätzt.

Der Einfluss der von der Schifffahrt am Ufer hervorgerufenen Wasserbewegung (Wellen, Absunk, Strömung) wurde ebenfalls durch vier verschiedene Stärkegrade (kein, wenig, mittel, viel) unterschieden. Es wurde vermerkt, wenn Wellen eines Schiffes oder Bootes den Probepunkt zum Zeitpunkt seiner Befischung erreichten. Eine genauere Charakterisierung der Strömung und des Wellenbewegungen kann Kap. 6 entnommen werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die relativen Häufigkeiten der Fische von herkömmlicher und alternativer Ufersicherung bestimmt und verglichen. Dabei wurden folgende biozönotische Kenngrößen als Kriterium für die Bewertung der Fischfauna herangezogen:

- Dominanz (relative Häufigkeit): Anteil einer Art am Gesamtfang in einem bestimmten Zeitintervall oder Untersuchungsgebiet
- Abundanz (Häufigkeit) der Arten und der Individuen einer Art pro beprobter Fläche (Individuen pro m²)
- Abhängigkeit der Jungfischdichte von den Parametern Vegetationsdeckungsgrad, Substrattyp und Tiefe

10.3.3 Fischarten in der Weser bei Stolzenau

Die relative Häufigkeit der Fischarten im Bereich der AU und der RU sind in Bild 10.2 dargestellt. In der Weser bei Stolzenau wurden lediglich sieben Fischarten gefunden, jeweils sechs an beiden Ufern. Der Aland kam lediglich im Bereich des AU, der Flussbarsch hingegen nur im Bereich der RU vor. Bei beiden Ufersicherungen dominierten Rotauge und Hasel mit zusammen über 70 %. Ansonsten erreichte nur der Döbel (Bild 10.3) mit fast 14 % noch einen erwähnenswerten Anteil.

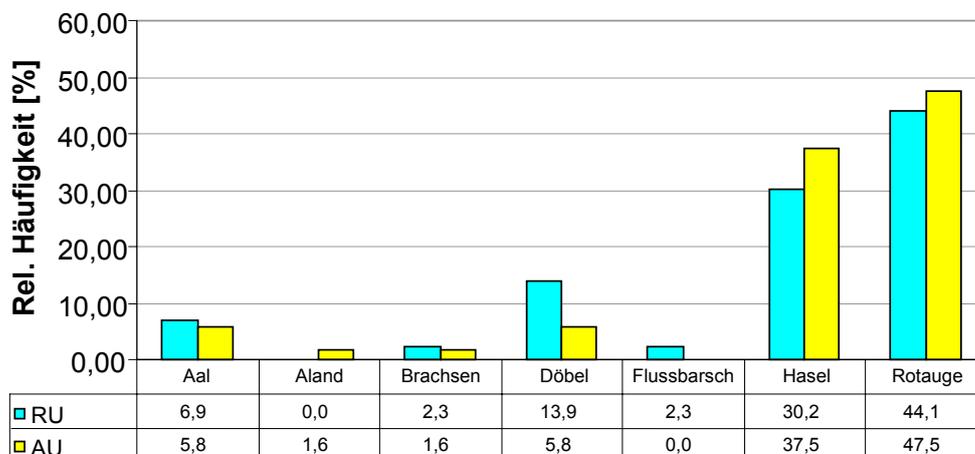


Bild 10.2: Darstellung der Relativen Häufigkeit der Fischarten an der Probestelle in der Weser (RU 43 Individuen, AU 120 Individuen)



Bild 10.3: Der Döbel, ein häufig gefundener Fisch in der Weser

10.3.4 Jungfischdichten in Abhängigkeit von verschiedenen Merkmalen in der Weser bei Stolzenau

In der herkömmlichen Ufersicherung (Referenzstrecke RU), die aus einer losen Steinschüttung besteht, wurde eine Jungfischdichte von 4,28 Jungfischen/m² erreicht. Auf Grund der hier i. d. R. geringen Vegetationsdichte konnten nur vegetationslose Punkte beprobt werden. Im Gegensatz dazu konnten im Bereich der alternativen Ufersicherung AU vegetationslose und vegetationsarme Punkte sowie solche mit mittlerer Vegetationsdichte beprobt werden. Bei allen drei Vegetationsdeckungsgraden war die Größenordnung der Jungfischdichten vergleichbar (Bild 10.4).

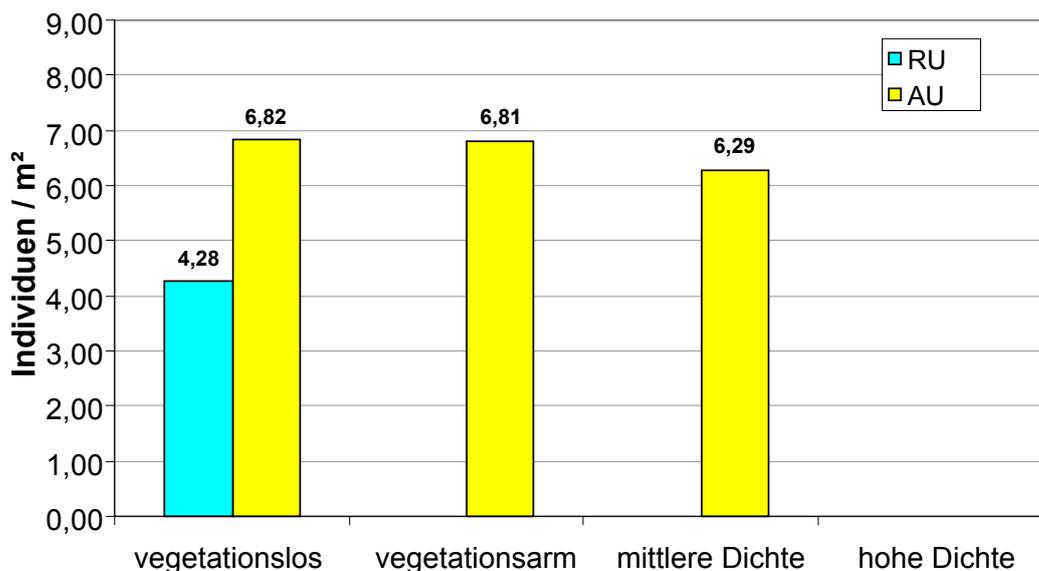


Bild 10.4: Mittlere Jungfischdichten an Probestellen mit unterschiedlichen Vegetationsdeckungsgraden

In der AU lagen drei verschiedene Substrattypen vor (Bild 10.5). Die höchste Jungfischdichte wurde hier in der losen Steinschüttung registriert (7,42 Jungfische/m²), die geringste lag bei 2,10 Jungfischen/m² und wurde im Substrattyp „Steine“ erreicht.

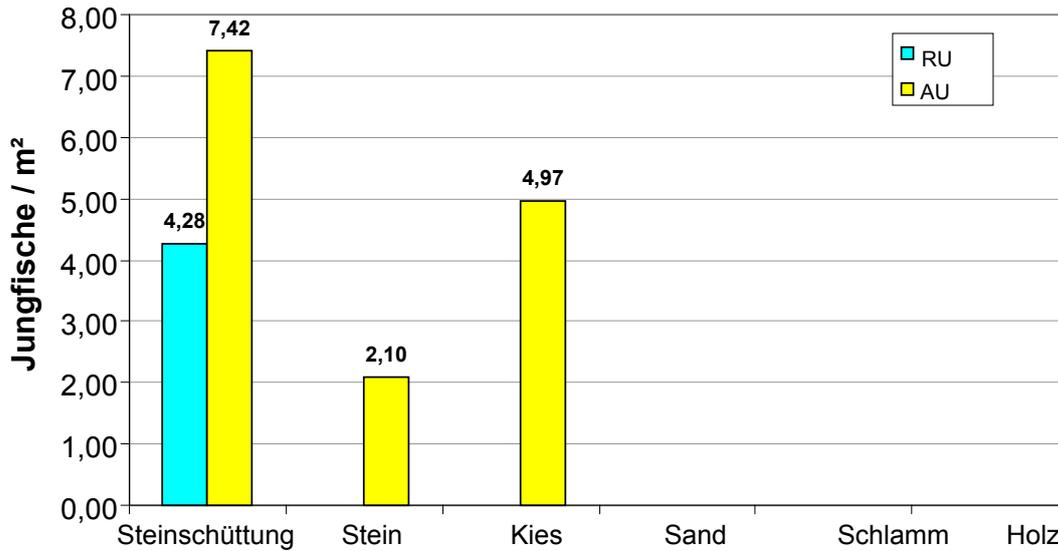


Bild 10.5: Mittlere Jungfischdichte an Messpunkten mit unterschiedlichen Substrattypen

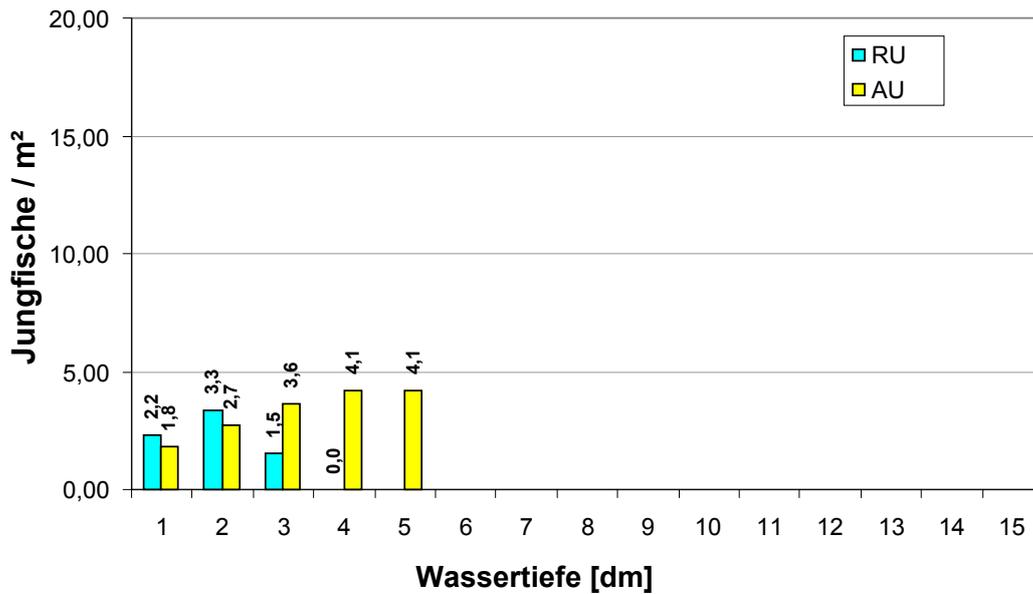


Bild 10.6: Mittlere Jungfischdichte bei unterschiedlicher Wassertiefe in Dezimetern

Im Bereich der RU wurden die Jungfische in Tiefen von 1 - 4 dm beprobt. Die höchste Jungfischdichte wird mit 3,39 Jungfischen/m² in einer Tiefe von 2 dm erreicht (Bild 10.6). Am alternativ gesicherten Ufer konnten auf Grund der Morphologie die Probepunkte zusätzlich bis zu einer Tiefe von fünf Dezimetern gesetzt werden. Die höchste Dichte wurde in dieser Maßnahme bei 4 bzw. 5 dm Tiefe nachgewiesen (4,19 Jungfische/m²). Die Dichten aller Tiefen beider Maßnahmen lagen unter 5 Jungfischen/m² und daher in der gleichen Größenordnung. Da während der gesamten Befischung kein Berufsschiff oder Sportboot den Untersuchungsabschnitt passierte und somit kein Punkt während eines Sunk- und Schwall-Ereignisses gesetzt wurde, kann keine direkte Aussage über den Einfluss eines solchen Ereignisses auf die Jungfischdichte in den Ufersicherungen gemacht werden.

10.3.5 Fischökologische Bewertung der AU und RU nach der Wasserrahmenrichtlinie

Tab.10.6 gibt für beide Ufer der Weser bei Stolzenau die Bewertungen zu ihrer Natürlichkeit nach /Brunken 1986/ (5 Kategorien von "natürlich" bis "sehr naturfern") bzw. nach Wasserrahmenrichtlinie (5 Kategorien von "sehr gut (1)" bis "sehr schlecht (5)") an. Die Bewertungen "naturfern" bzw. "schlecht" entsprechen der gutachterlichen Einschätzung für das gesamte Gewässer in diesem Bereich. Eine substantiell bessere Bewertung des ökologischen Zustands der Weser im Abschnitt des alternativ gesicherten Ufers war aufgrund des räumlich sehr begrenzten Einflusses der Maßnahme generell nicht zu erwarten.

Tab. 10.6: Bewertung der Weser bei Stolzenau an den beiden befischten Uferabschnitten nach /Brunken 1986/ bzw. in Anlehnung an die WRRL sowie die Bedeutung der Ufersicherungen für die Fischfauna

Bewertung der Natürlichkeit /Brunken 1986/		Bewertung in Anlehnung an WRRL		Bedeutung der Ufersicherung für die Jungfischfauna	
RU	AU	RU	AU	RU	AU
naturfern	naturfern	4 (schlecht)	4 (schlecht)	gering	gering

10.3.6 Fazit für die Fischfauna der Weser

An der Probestelle bei Stolzenau liegen die Individuen- und die Jungfischdichten in der AU geringfügig über denen im Bereich des RU. Ein Grund dafür könnte sein, dass die zum Teil mit Schilf bewachsenen alternativ gesicherten Ufer schwieriger zu befischen sind als offene oder nur locker bewachsene Bereiche, wie sie im Bereich des RU vorliegen. Wahrscheinlich wäre der Unterschied in den Dichten zwischen herkömmlicher und alternativer Ufersicherung etwas deutlicher, wenn diese methodische Schwierigkeit nicht vorliegen würde. Hinsichtlich der Vegetationsdeckungsgrade unterscheiden sich die verschiedenen gesicherten Ufer deutlich. Im Bereich der alternativen Ufersicherung waren vegetationslose, vegetationsarme und

Bereiche mittlerer Vegetationsdichte relativ gleichmäßig mit Jungfischen besetzt, was ihre Bedeutung als Jungfischhabitat zeigt. Auch die für Fische wichtige Substratdiversität war in der AU höher als am RU, wo nur Steinschüttung vorlag. In der alternativen Ufersicherung lagen neben losen Steinschüttungen auch Steine (natürlich) und Kies vor, die alle in unterschiedlichen Dichten mit Jungfischen besetzt waren. In beiden Ufersicherungen konnten sechs verschiedene Fischarten nachgewiesen werden. Die Artenzusammensetzung unterscheidet sich nur geringfügig. So konnten z. B. im Kies der AU zumindest zwei Jungfische des kieslaichenden Aland gefangen werden. Der häufig in Steinschüttungen anzutreffende Flussbarsch konnte nur am Referenzufer beobachtet werden. Allerdings handelte es sich auch hier beim Flussbarsch nur um einen Einzelnachweis eines juvenilen Tieres. Auf Grund der insgesamt geringen Nachweiszahlen kann daher nicht von einem statistisch nachweisbaren Einfluss der Art der Ufersicherung auf das Arteninventar (adulte Fische) gesprochen werden. Die geringen Unterschiede sind aber aus fischereibiologischer Sicht nachvollziehbar. Die alternative Ufersicherung hat also im Vergleich zur Referenzstrecke nur einen sehr geringen oder keinen Einfluss auf die adulte Fischfauna. Im Gegensatz dazu zeigt der Vergleich der Jungfischdichten in der RU und in der AU, dass zumindest bei den häufigen Spezies Hasel und Rotauge die Jungfischdichte in der alternativen Ufersicherung höher liegt als in der Referenzstrecke.

10.4 Makrozoobenthos

10.4.1 Probenahmemethoden

Die Probenahmen des Makrozoobenthos in den einzelnen Uferabschnitten der Weser bei Stolzenau erfolgten im Mai 2006 (s. Anlage 10.1). Es wurden 30 Proben entnommen, die sich auf 20 Proben in Bereich der alternativen Ufersicherung (AU) (2 x 10 Proben an 2 repräsentativen Substraten → AU1: Hauptkomponente Kies, und AU2: Hauptkomponente Schluff) und 10 Proben im Bereich der Referenzfläche (RU: Hauptkomponente Steinschüttung) verteilten. Alle Proben wurden bei mittlerem Wasserstand genommen. Die Erhebung erfolgte quantitativ an ufernahen Bodensubstraten (i. d. R. nicht unter 0,5 m Tiefe) für eine definierte Projektionsfläche von $1/8 \text{ m}^2$. Für die Probenahme kamen zwei verschiedene Techniken (s. u.) zum Einsatz. Anschließend wurden die Tiere bestimmt und deren Zusammensetzung bewertet.

10.4.1.1 Handproben

Hartsubstrat (= Steinschüttung) wurde vorsichtig aus dem Wasser gehoben und in eine Plastikwanne gelegt (Bild 10.7), bis die Grundfläche ($1/8 \text{ m}^2$) bedeckt war.



Bild 10.7: Typische Hartsubstratprobe (Weser bei Stolzenau)

Empfindliche und festsitzende Tiere wie z. B. die Turbellarien, die Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* sowie Schwämme wurden mit einer Federstahlpinzette direkt vom Substrat in das Probengefäß überführt und die Häufigkeiten bzw. der Deckungsgrad notiert. Danach erfolgte in einem mit Wasser gefüllten Plastikeimer durch sorgfältiges Abbürsten das Ablösen der auf dem Substrat befindlichen Tiere. Das so gewonnene Tiermaterial wurde schließlich in einem Sieb (Durchmesser 20 cm, Maschenweite 0,63 mm) aufgefangen, von grobem organischem Material befreit und in 1-Liter-Weithalsflaschen mit 98 %-igem Ethanol konserviert.

10.4.1.2 Kescherfänge

Alle Weichsubstrate wurden mit den Stiefeln bis zu einer Tiefe von 2 - 5 cm aufgewirbelt und die schwebenden Teile durch schnelles Hin- und Herbewegen eines Handkeschers (Rahmen 25 cm x 25 cm; Maschenweite 500 µm) in Form einer Acht aufgenommen (= Kicksampling). Bei der Bearbeitung einer Fläche von 25 cm x 25 cm pro Kick waren für eine $\frac{1}{8}$ m²-Probe je zwei Kicks notwendig. Der Inhalt des Keschers wurde in einen 10-Liter Eimer überführt und die mineralische Fraktion mit Hilfe einer Schlämntechnik /Meier et al. 2006/ abgetrennt. Dazu wurde der Eimer mit dem Probenmaterial bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt und das Probematerial durch Rotation mit der Hand vorsichtig aufgeschwemmt. Das aufgewirbelte organische Material wurde anschließend über einem Sieb (Durchmesser 20 cm, Maschen-

weite 0,63 mm) aufgefangen. Das mineralische Substrat verblieb dabei auf dem Grund des Eimers. Der Vorgang des Abtrennens wurde mehrfach wiederholt, bis sich ausschließlich ein mineralischer Anteil im Eimer befand. Das im Sieb aufgefangene gesamte organische Material wurde von grobem organischem Material befreit und in 1-Liter-Weithalsflaschen mit 98 %-igem Ethanol konserviert. Der mineralische Anteil wurde in einer Weißschale auf verbliebene Organismen, z. B. Trichopteren (Köcherfliegen) mit Gehäusen oder Mollusca (Weichtiere, Schnecken und Muscheln), durchgeschaut und anschließend verworfen.

10.4.2 Aufarbeitung und Bestimmung der Proben

Zur Auswertung wurden die im Freiland gewonnenen Proben im Labor mit Hilfe eines Edelstahlsiebes (Durchmesser 20 cm, Maschenweite 0,63 mm) gewässert, gereinigt und die Tiere auf einer Glasschale unter einer Stereolupe aussortiert, bestimmt und quantitativ erfasst. Die Determination des Makrozoobenthos erfolgte nach dem derzeitigen Stand der Taxonomie. Die Organismen der Oligochaeta (Wenigborster, u.a. Ringelwürmer) wurden mit Ausnahmen nicht näher bestimmt.

10.4.3 Bewertungsgrundlagen des Makrozoobenthos

Zur Auswertung wurden folgende Parameter herangezogen, die in der Tab. 10.7 zusammenfassend dargestellt sind:

Neben der **Gesamtaxazahl** wurde auch die **mittlere Taxazahl** pro Probe für jeden Flächentyp ermittelt. Die **Rote Liste-Arten** wurden mit Hilfe der „Roten Liste gefährdeter Tiere Deutschlands“ /Binot et al. 1998/ ermittelt. Zur Bestimmung der **Neozoenzahl** wurde die Liste der aus den Bundeswasserstraßen bekannten Neozoen des Makrozoobenthos, Stand 1999 /Tittizer et al. 2000/ herangezogen. Die **Neozoen-Dominanz** gibt den prozentualen Anteil der Neozoen-Individuen an der Gesamtindividuenzahl an. Außerdem wurden die **Konstanz-, Dominanz- und Tiergruppenverteilungen** (s. Anlage 10.2) der einzelnen Flächentypen miteinander verglichen. Die Konstanz eines Taxons gibt die prozentuale Anzahl der Proben wieder, in der das Taxon nachgewiesen werden konnte. Die Dominanz und der Tiergruppenanteil berechnen sich aus dem Verhältnis zwischen Individuenzahl des Taxons bzw. der Tiergruppe und der Gesamtindividuenzahl und werden ebenfalls in Prozent angegeben. Neben den oben genannten Kriterien wurden außerdem verschiedene **ökologische Merkmale** der Organismen untersucht (s. Anlage 10.2). Zu diesen zählen die **biozönotische Region**, die **Strömungs- und Habitatpräferenz** und der **Fortbewegungs- und Ernährungstyp**. Sie wurden als prozentualer Anteil der Summe aller Abundanzklassen angegeben.

Tab. 10.7: Übersicht aller in Zusammenhang mit dem Makrozoobenthos verwendeten Auswertungsparameter.

Auswertungsparameter	Dimension
Clusteranalyse	
Gesamttaxazahl	Taxa
mittlere Taxazahl	Taxa/Probe
Rote Liste-Arten	Arten
Neozoenzahl	Arten
Neozoen-Dominanz	%-Anteil aller Individuen
Konstanzverteilung	%-Nachweise aller Proben
Dominanzverteilung	%-Anteil aller Individuen
Tiergruppenverteilung	%-Anteil aller Individuen
Ökologische Merkmale	%-Anteil aller Abundanzklassen
r-Dominanz	%-Anteil aller Individuen
Artendiversität	
Potamon-Typie-Index	
Saprobienindex	

Eine Aussage über den Zustand der Biozönose wurde über das r/K-Verhältnis (s. Glossar für r- und K-Strategen) bzw. durch Angabe der **r-Dominanz** gemacht. Die r-Dominanz wird aus dem Verhältnis zwischen Individuenzahl der r-Strategen und der Gesamtindividuenzahl berechnet und ebenfalls in Prozent angegeben. Hohe r-Dominanzwerte (> 80 %) kennzeichnen gestörte Biozönosen, r-Dominanzwerte < 50 % dagegen stabile Biozönosen /Schöll et al. 2005/. Für eine zuverlässige Aussage muss die r-Dominanz jedoch über mehrere Jahre betrachtet werden, so dass es sich bei den vorliegenden Untersuchungen nur um Momentaufnahmen handeln kann. Ein stichprobenunabhängiger Schätzwert für die Artenvielfalt ist die **Artendiversität α** nach /Fisher et al. 1943/. Sie beschreibt die strukturelle Komplexität der Lebensgemeinschaft. Dabei werden sowohl die Artenzahl als auch die Abundanz berücksichtigt. Zur ökologischen Bewertung der Gewässerabschnitte und ihrer verschiedenen Flächentypen wurde der **Potamon-Typie-Index** (PTI) berechnet. Theoretischer Ansatz und Methodik des PTI-Verfahrens wurden von /Schöll, Haybach 2001/ und /Schöll et al. 2005/ ausführlich beschrieben. Ein niedriger PTI-Wert spiegelt einen guten, ein hoher PTI-Wert einen schlechten ökologischen Zustand wider. Um die Belastung der Gewässerabschnitte mit biologisch abbaubarer, organischer Substanz zu dokumentieren, wurde zudem der **Saprobienindex** (SI) nach /DIN 38410/ berechnet.

10.4.4 Ergebnisse zum Makrozoobenthos

Wichtig für die Bewertung der Ergebnisse bei dieser Tiergruppe sind die **Einflüsse der Lebensraumcharakteristik**. Die Weser entspricht im Untersuchungsabschnitt nach der Karte der biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen Deutschlands /Lawa 2003/ dem Gewässertyp 20: „Sandgeprägte Ströme“. Nach dem gewässermorphologischen Leitbild /Pottgiesser, Sommerhäuser 2006/ zeichnen sich diese durch sehr breite und flache Ein- bzw. Mehrbettgerinne mit feineren Sohlsubstraten (Sand, Kies) und einer „vorwiegend langsam fließenden“ Strömung aus. Der eingegengten Weser fehlt im Untersuchungsabschnitt jedoch die Möglichkeit, Mehrbettgerinne mit natürlichen Sohlstrukturen wie z. B. Gewässerbänken, Inseln, Kolke, Tiefinnen, Wurzeln und Furte auszubilden. Nur wenig vorhanden ist außerdem das für eine größere Habitatvielfalt notwendige natürliche Sekundärsubstrat Totholz.

Nach der **Clusteranalyse** lässt sich die Besiedlungsstruktur in der Referenzstrecke RU gut von der der alternativen Ufersicherung AU trennen (s. Bild 10.8: AU1 = KFL1, AU2 = KFL2 und RU = RFL). In Fusionsknoten 51 werden alle 10 Proben der Referenzstrecke zusammengefasst. Eine Trennung zwischen den Proben der beiden untersuchten Substrattypen der alternativen Ufersicherung ist nicht möglich.

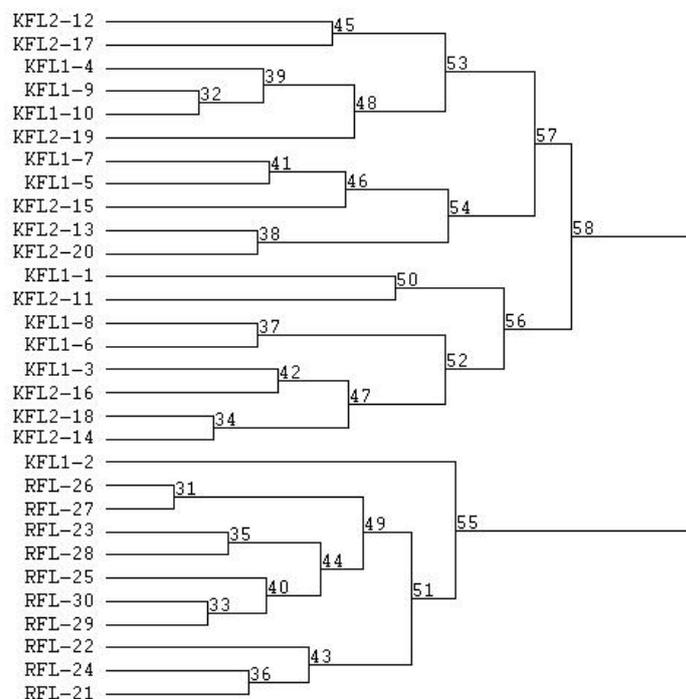


Bild 10.8: Dendrogramm der Clusteranalyse (agglomeratives Verfahren) der MZB-Proben an der Weser bei Stolzenau 2006 (Objekte = 30 Taxalisten).

Referenzstrecke (RFL = RU) mit herkömmlicher Ufersicherung im Knoten 51, alternative Ufersicherung (KFL = AU) im Knoten 58 zusammengefasst. (Je unterschiedlicher die Zusammensetzungen der Proben sind, desto weiter entfernt liegen die Knoten.)

In Tab. 10.8 sind alle zur Bewertung herangezogenen Parameter als Übersicht gemeinsam dargestellt. Alle Ergebnisse, inkl. einer vollständigen Taxaliste, sind in den Anlagen 10.1 und 10.2 aufgeführt.

Tab. 10.8: Gesamttaxazahl, mittlere Taxazahl, Rote Liste-Arten, Neozoenzahl, r-Dominanz, Artendiversität, Potamon-Typie-Index und Saprobienindex im Untersuchungsabschnitt Weser bei Stolzenau im Jahr 2006

Erläuterungen: AU1= Alternative Strecke 1, überwiegend Kies (10 Proben), AU2= Alternative Strecke 2, überwiegend Schluff (10 Proben), RU = Referenzstrecke (10 Proben), Gesamt = Gesamter Untersuchungsabschnitt (30 Proben)

	AU1	AU2	RU	Gesamt
<i>Gesamttaxazahl</i>	44	43	30	61
<i>mittlere Taxazahl</i>	19,5	18,7	17,7	18,63
<i>Rote Liste-Arten</i>	2	2	1	3
<i>Neozoenzahl</i>	11	12	8	13
<i>Neozoen-Dominanz [%]</i>	95,98	71,97	53,33	67,06
<i>r-Dominanz [%]</i>	3,99	12,46	8,42	-
<i>Artendiversität</i>	4,16±0,7	4,66±0,7	2,74±0,5	-
<i>Potamon-Typie-Index</i>	3,41±0,40 (IV) ^{1) 2)}	3,42±0,37 (IV) ^{1) 2)}	3,57±0,26 (IV) ^{1) 2)}	-
<i>Saprobienindex</i>	2,32±0,11 (II) ¹⁾	2,44±0,12 (III) ¹⁾	2,20±0,08 (II) ¹⁾	-

¹⁾ Qualitätsklasse der Module „Allgemeine Degradation“ bzw. „Saprobie“ nach /Meier et al. 2006/ für Fließgewässertyp 20

²⁾ Gültigkeitsbedingungen des PTI nicht erfüllt

10.4.5 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse zum MZB

Die **Gesamttaxazahl** liegt im Bereich der AU bei 43 bzw. 44 Taxa und damit deutlich höher als im Bereich der RU (30 Taxa). Die **mittlere Taxazahl** ist bei allen 3 Flächentypen relativ ähnlich (zwischen 17,7 und 19,5). Die Proben von AU1 und AU2 weisen also eine höhere Artenvielfalt als die des Referenzufers auf. Als typische **Charakterarten** des Fließgewässertyps 20 fanden sich die Dreieckige Erbsenmuschel *Pisidium supinum* und die Eintagsfliege *Caenis macrura*. Für den gesamten Untersuchungsabschnitt konnten 3 **Rote Liste-Arten** nachgewiesen werden, zwei in AU und eine in RU. Hervorzuheben sind die Dreieckige Erbsenmuschel *Pisidium supinum* sowie die Köcherfliege *Hydroptila forcipata* (beide Gefährdungskategorie 3 = gefährdet).

Von den 37 im gesamten Abschnitt bis auf die Art bestimmten Taxa sind 13 den **Neozoen** zuzurechnen, davon allein 9 Arten den Crustacea (Krebstiere). Der Anteil an den Gesamtindividuen beträgt bei den Proben der AU 96,0 % (AU1) und 72,0 % (AU2), bei denen der RU 53,3 %. Der niedrigere Neozoenanteil vor allem in den RU-Proben lässt sich auf das in diesen Proben erhöhte Vorkommen der Flussnapfschnecke *Ancylus fluviatilis* und der Naidinae (eine Unterfamilie der Schlammröhrenwürmer) zurückführen. Die Gesamtindividuenzahl ist in diesen Proben deshalb auch deutlich höher. Mit der Schwebegarnele *Neomysis integer* (Bild 10.9) besteht in der Weser bereits seit längerem der Nachweis einer euryhalinen Brackwasserart, die normalerweise die Küsten der Nord- und Ostsee besiedelt.

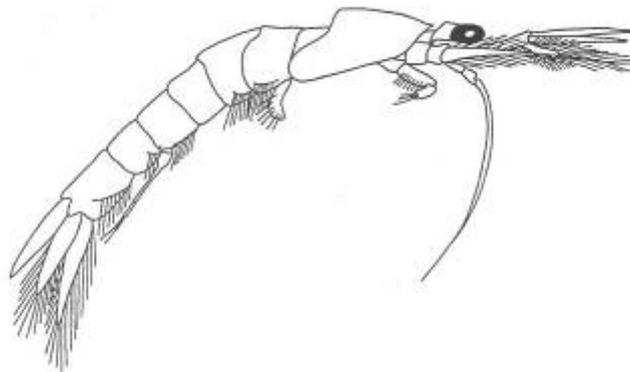


Bild 10.9: Die Schwebegarnele *Neomysis integer* (aus /Köhn 1992/)

Die größte **Konstanz** erreichen in allen 30 Proben die Flussnapfschnecke *Ancylus fluviatilis* sowie die Krebse *Dikerogammarus villosus* (Großer Höckerflohkrebs, Bild 10.10), *Jaera istri* (Donauassel) und *Chelicorophium curvispinum* (Süßwasser-Röhrenkrebs). Für Strecken mit alternativer Ufersicherung (AU) wurde mit der Häubchenmuschel *Musculium lacustre* eine Art mit höherer Konstanz nachgewiesen, die in den Proben der Referenzstrecke nicht vorkam. Im Gegensatz dazu finden sich in den Proben der RU mit der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* und der Gemeinen Schlammschnecke *Radix balthica* Arten mit höherer Konstanz, die in den Proben aus der alternativen AU nur selten oder gar nicht vorkommen. Die Betrachtung der **Dominanzverteilung** zeigt, dass der Große Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* (Bild 10.10) in den Strecken mit AU eine dominante Stellung einnimmt. Dem gegenüber steht die schon erwähnte starke Dominanz der Flussnapfschnecke *Ancylus fluviatilis* und der Familie der Naidinae in den Proben der RU.



Bild 10.10: Der Neozoe Großer Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus* dominiert das Makrozoobenthon der alternativen Ufersicherung der Weser bei Stolzenau

Die **Tiergruppen** der Eintagsfliegen, Libellen und Wasserkäfer sind generell im Untersuchungsabschnitt stark unterrepräsentiert. Die sehr hohen Individuenanteile der Krebse mit Werten bis zu 95,5 % sind absolut deckungsgleich mit denen der Neozoenanteile. Die Ergebnisse der ökologischen Typisierung der Besiedlung mit Hilfe der **ökologischen Merkmale** spiegeln sehr gut die vorhandene Biozönose wider. Danach besitzen die Taxa aller Flächentypen ihren Verbreitungsschwerpunkt im Epipotamal. Die Strömungspräferenz der Taxa ist bei den 3 Flächentypen unterschiedlich. Sie liegt für die Organismen der Referenzstrecke im rheophilen Bereich, für Organismen aus der alternativen Ufersicherung im rheo- bis limnophilen Bereich. Die Habitatspräferenz zeigt für die Taxa der Referenzstrecke mit 52 % einen eindeutigen Schwerpunkt im Lithal an, was bei der ausschließlich vorkommenden Steinschüttung nicht verwunderlich ist. Die bevorzugte Fortbewegung bei allen 3 Flächentypen ist „kriechend/laufend“, die bevorzugten Ernährungstypen sind die Detritusfresser und die Weidegänger.

Die Einstufung der Individuen in r- und K-Strategen weist sowohl in der AU als auch in der RU eine niedrige **r-Dominanz** auf, d. h. alle untersuchten Biozönosen besitzen ausreichende Stabilität. Die Berechnung der **Artendiversität** erbrachte Werte von 4,16 und 4,66 für die alternative Ufersicherung (= mäßige Biodiversität), während die Diversität für die Referenzstrecke mit 2,7 schlecht ausfällt. Der **Potamon-Typie-Index** liegt bei AU und RU zwischen 3,41 und 3,57 und entspricht damit für beide Ufersicherungstypen der Qualitätsklasse IV (= unbefriedigend) des Moduls „Allgemeine Degradation“. Für alle drei Werte wurden allerdings die Gültigkeitsbedingungen des PTI nicht erfüllt, so dass die Werte nur unter Vorbehalt verwendet werden dürfen. Der **Saprobienindex** ist bei beiden Ufersicherungstypen sehr ähnlich, in der Referenzstrecke aber etwas niedriger. Das kann vermutlich darauf zurückgeführt werden, dass nach dem Saprobienindex von qualitativ gleich belasteten Fließgewässern grundsätzlich diejenigen besser beurteilt werden, deren Strömungsgeschwindigkeit größer, deren Temperatur niedriger und deren Substrate rauer sind, da trotz unveränderter Abwas-

serfracht die stärker sauerstoffbedürftigen Arten gefördert werden. Insbesondere rheophile Arten täuschen dann eine nicht der Realität entsprechende bessere Gewässergüte vor (Marten, Reusch 1992; Braukmann 1987).

10.4.6 Fazit zum Makrozoobenthos in der Weser bei Stolzenau

Durch die AU wurde die Makrozoobenthos-Biozönose spürbar aufgewertet. Dies belegen die höheren Gesamttaxazahlen sowie die sichtlich verbesserte Artendiversität im Bereich der alternativen Ufersicherung, auch wenn letztere vorwiegend den neozoen Arten geschuldet ist. Exemplare wichtiger Tiergruppen wie z. B. Eintagsfliegen, Libellen und Wanzen konnten im Bereich der AU vereinzelt nachgewiesen werden, dagegen fehlten sie im Bereich der RU ganz. Ebenso konnte im alternativ gesicherten Uferbereich eine Rote Liste-Art mehr gefunden werden als am herkömmlich gesicherten Ufer.

10.5 Gesamtfazit zur Fauna

Durch die alternative Ufersicherung (AU) wird an der Weser eine bessere tierökologische Bewertung erreicht. Vorteile ergeben sich dabei für die Besiedlung mit Vögeln und durch eine höhere Jungfischdichte. Auch die Makrozoobenthosbesiedlung zeigt im Bereich der alternativen Ufersicherung eine höherwertige Besiedlung an. Insbesondere die gegenüber der herkömmlichen Ufersicherung (RU) verbesserte Vegetationsbedeckung der AU wirkt sich positiv auf das Jungfischaufkommen aus. Sowohl bei den Vögeln als auch beim Makrozoobenthos stellt sich eine höhere Artenvielfalt ein. Darunter befinden sich zudem für beide Tiergruppen vergleichsweise mehr gefährdete Spezies als bei der herkömmlichen Ufersicherung. Vom gewässermorphologischen Leitbild gemäß der WRRL ist die Weser in diesem Abschnitt zwar noch weit entfernt, da sie in ihrer Funktion als Wasserstraße nach wie vor zu wenig naturnahes Entwicklungspotenzial besitzt. Der Abschnitt ist weiterhin relativ artenarm, vielfach dominieren neozoe Arten und die ökologischen Indices (Potamon-Typie / Saprobie) weisen auf belastete Zustände hin. Dennoch sind alternative Ufersicherungen wie die in Stolzenau aus tierökologischer Sicht positiv zu bewerten, da sie die Strukturvielfalt und damit auch die Diversität der Fauna fördern. Deshalb ist die häufigere Verwendung von alternativen Ufersicherungen, wie sie in Stolzenau anzutreffen sind, im Sinne der Tierökologie wünschenswert. Die wesentlichen Unterschiede der faunistischen Ergebnisse zwischen den beiden Ufersicherungen sind in Tab. 10.9 zusammen gefasst.

Tab. 10.9: Zusammenfassung: Tierökologischer Vergleich von alternativer Ufersicherung (AU) und herkömmlicher Ufersicherung (RU) im gleichen Weserabschnitt bei Stolzenau

	herkömmliche Ufersicherung (RU)	alternative Ufersicherung (AU)
Vögel		
Anzahl brütender Vogelarten pro Strecke	18	30
Anzahl von Arten, die als Gastvögel gefunden wurden	8	22
Anzahl gefundener Rote Liste Vogelarten	keine	3
Gesamtbewertung der Vogelbesiedlung	mittel	hoch
Fische		
Anzahl adulter Fischarten	6	7
Jungfischdichte (Individuen / m ²)	4,3	6,8
Makrozoobenthos		
Gesamtzahl der gefundenen Taxa	30	44
Anzahl Rote Liste Arten	1	2
Artendiversität (nach Fischer)	<3	>4
Anzahl gebietsfremder neo-zoer Arten	8	11

11 Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen für die Ufersicherung in der Versuchsstrecke Stolzenau / Weser

11.1 Bewertung des heutigen Zustands und der bisherigen Entwicklung

11.1.1 Vegetation

Der Umbau von der technischen zur technisch-biologischen Ufersicherung ist in der Versuchsstrecke erfolgreich verlaufen. Fast alle durchgeführten Pflanzmaßnahmen haben sich so entwickelt, dass heute ein sehr guter Erosionsschutz für die Uferböschungen gegeben ist.

Schilf-Röhricht ist unter den gegebenen Verhältnissen ein besserer Erosionsschutz als ufernahe Weidengebüsche. Im Vergleich zu anderen Bauweisen vertragen Schilfpflanzungen keine großen hydraulischen Belastungen; solche treten in der Versuchsstrecke allerdings auch nicht auf. Abgesehen von den Vegetationsmatten führten alle Röhrichtpflanzmethoden zum Erfolg. Unter den eingebrachten Pflanzen der Röhrichte und Riede setzte sich das Schilf massiv durch, während verschiedene Großseggenarten mehr oder weniger auf ihre Pflanzorte beschränkt blieben. Die bereichsweise Abflachung der Uferböschungen hat sich sehr positiv ausgewirkt. Hier entwickelten sich breitere Röhrichtgürtel als an den belassenen Uferböschungen, was wiederum für Uferschutz, Landschaftsbild und Fauna von Vorteil ist. In den durch Steinwälle bzw. Faschinen geschützten Uferabschnitten breitete sich das Röhricht schneller aus als in den ungeschützten Bereichen. In ersteren erreichte bzw. überwuchs es Faschinen und Steinwälle bereits innerhalb der ersten drei Vegetationsperioden, während es sich in letzteren in dieser Zeit nur stellenweise über die ursprüngliche Pflanzfläche hinaus ausbreitete. Auch in den ungeschützten Bereichen erreichte das Schilf-Röhricht jedoch schließlich (bis spätestens 1999) die Uferlinie.

Weidengebüsche aus Stekhölzern bzw. Setzstangen entwickelten sich sowohl auf abgeflachten als auch auf unveränderten Uferböschungen, wenn sie im unteren Bereich der jeweiligen Böschung gesetzt wurden. Nicht bewährt hat sich die Einbringung von Gehölzen in die ansonsten unveränderte Böschung, wenn sie im oberen Bereich der Böschung, d. h. mit größerem Abstand zum Grundwasser gesetzt wurden. Sie sind dort vermutlich vertrocknet. Wo das Deckwerk entfernt worden war, entwickelte sich auch unter Beibehaltung des steilen Böschungswinkels ein vitales Weidengebüsch aus Spreitlagen.

Die Bedeutung der Buhnen für die Entwicklung der Vegetation lässt sich nicht ermitteln, da inner- und außerhalb des Buhnenfeldes unterschiedliche Ufertopographien gewählt worden waren. Inner- wie außerhalb entwickelten sich die Bestände insgesamt positiv.

Zusätzlich zu ihrer Ufersicherungs-Funktion sind die neu geschaffenen Vegetationstypen, naturschutzfachlich betrachtet, eine Bereicherung dieses Weserabschnittes.

Durch relative Naturnähe und besonderen Artenreichtum zeichnen sich die Uferabschnitte aus, die einer ungestörten Sukzession unterlagen und in denen der Röhrichtgürtel vom strömungs-, überflutungs- und übersandungsresistenten Rohr-Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) /Pott, Remy 2000/ dominiert wird. In diesen Röhrichtbereichen tritt auch die besonders geschützte Art Sumpf-Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) gehäuft auf. Landseits sind diese Abschnitte angereichert durch Sträucher wie Blutroten Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Eingriffli- gen Weißdorn (*Crataegus monogyna*), Gewöhnliche Schlehe (*Prunus spinosa*), Purgier- Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Hunds-Rose (*Rosa canina*), Wein-Rose (*Rosa rubiginosa* agg.) sowie Schwarzen Holunder (*Sambucus nigra*), die mit ihren unterschiedlichen Blüte- und Fruchtzeiten in Ergänzung zu den Weidenarten biozöologisch wertvolle Elemente dar- stellen.

Schilf (*Phragmites australis*) ist eine charakteristische Röhrichtart stehender und langsam fließender Gewässer mit nicht zu starkem Wellenschlag /Wörz 1998/, die am Hauptgerinne der Mittelweser vor der Stauregulierung nicht vorgekommen sein dürfte. Unter den heutigen Bedingungen wurde die Art jedoch erfolgreich etabliert und hat Bestände aufgebaut, von denen mehrere die Mindestgröße von 50 m² überschreiten und damit hochwertige, in Nie- dersachsen geschützte Lebensräume darstellen /Drachenfels 2004/. Innerhalb der Roten Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands /Rennwald 2000/ steht Schilf-Röhricht auf der Vorwarnliste, d. h. es gilt als ein bundesweit zurückgehender Vegetationstyp.

Der hohe naturschutzfachliche Gesamtwert der Versuchsstrecke liegt in ihrer Habitatvielfalt, die diejenige benachbarter Flächen klar übertrifft.

Die Gehölzbestände bedürfen einer Unterhaltungspflege, wofür in Kap. 11.2 geeignete Maß- nahmen vorgeschlagen werden.

11.1.2 Fauna

Durch die alternative Ufersicherung wird an der Weser eine bessere tierökologische Bewer- tung erreicht. Vorteile ergeben sich dabei aufgrund der gegenüber der herkömmlichen Ufer- sicherung verbesserten Vegetationsbedeckung. Davon profitieren nicht nur die Jungfische, auch die Makrozoobenthosbesiedlung zeigt im Bereich der alternativen Ufersicherung eine höherwertige Besiedlung an. Sowohl bei den Vögeln als auch beim Makrozoobenthos stellt sich eine höhere Artenvielfalt ein, auch gefährdete Arten sind geringfügig häufiger anzutref- fen. Deshalb sind die alternativen Ufersicherungen hier aus tierökologischer Sicht positiv zu bewerten und die häufigere Verwendung einer alternativen Ufersicherung, wie sie in Stolze- nau anzutreffen ist, wäre im Sinne der Tierökologie wünschenswert. Für die bei Stolzenau untersuchten Ufer selbst sollten Folgeuntersuchungen angestrebt werden im Sinne eines weiterführenden Monitorings, allerdings nicht öfter als alle 5 bis 10 Jahre, um das langfristige Entwicklungspotenzial der alternativen Ufersicherung aus faunistischer Sicht abschätzen zu können.

11.1.3 Uferstabilität aus geotechnischer Sicht

Die geböschten Ufer im Bereich der Versuchsstrecke sind unter den bisher vorherrschenden hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt und natürlicher Flussströmung dauerhaft stabil. Das heißt, mit der im Unterwasserbereich verbliebenen Steinschüttung und den technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen im Böschungsbereich oberhalb etwa von MW ist ein guter Uferschutz gegeben.

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Ufersicherung sind folgende zwei Aspekte zu berücksichtigen:

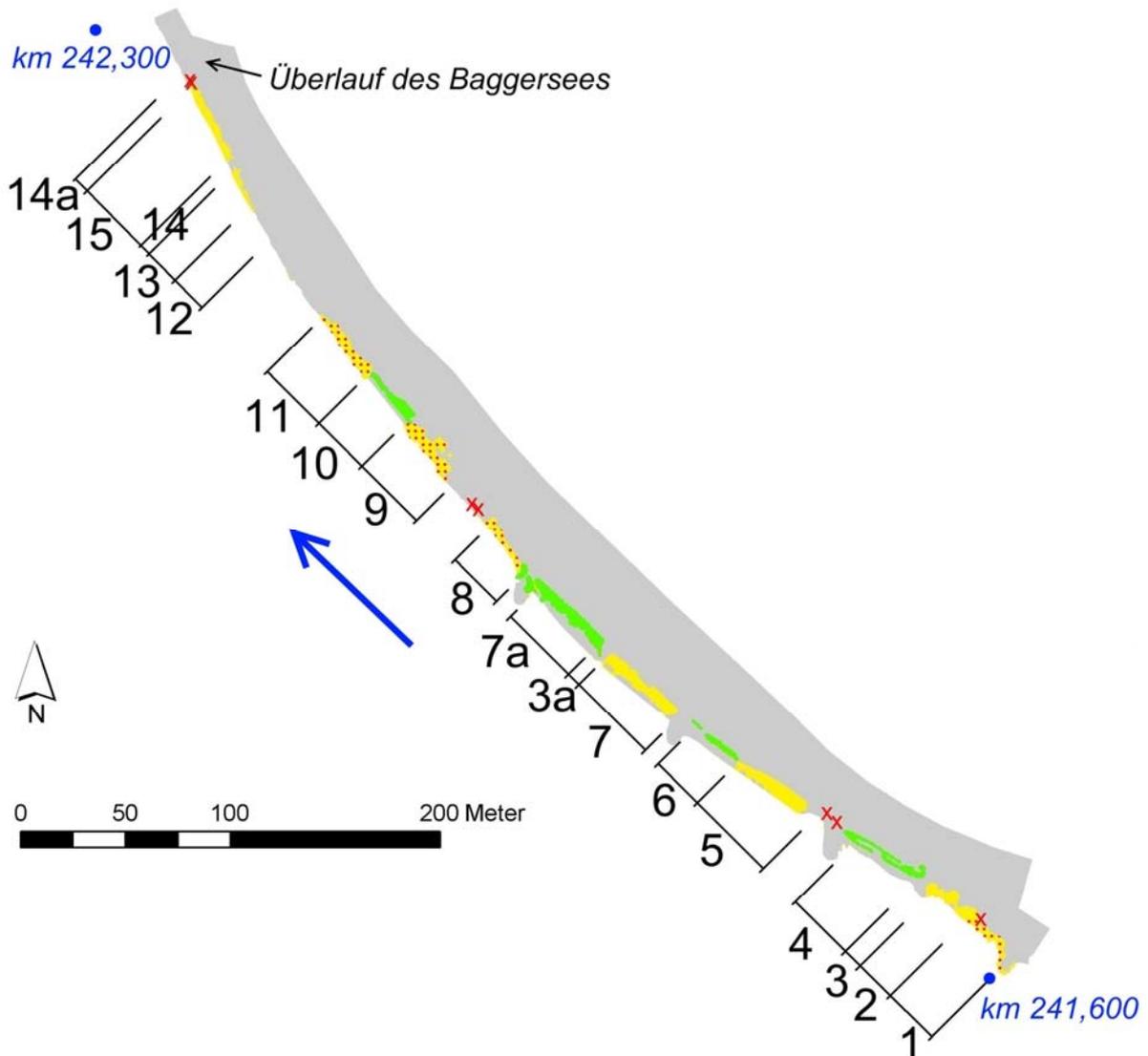
- Zum Erhalt der pflanzlichen Ufersicherungselemente ist zukünftig eine gezielte Unterhaltung erforderlich (s. Kap. 11.2).
- Derzeit laufen die Planungen für die Mittelweseranpassung, um zukünftig auch größere Schiffe wie das Großmotorgüterschiff (GMS) mit einer Länge von 110 m und das übergroße Großmotorgüterschiff (üGMS) mit einer Länge von 135 m auf der Weser zulassen zu können. Es ist davon auszugehen, dass die hydraulischen Belastungen der Ufer entsprechend zunehmen werden. Inwieweit die verschiedenen pflanzlichen Elemente der technisch-biologischen Ufersicherungen in der Versuchsstrecke auch diesen standhalten werden können, kann nicht vorhergesagt werden. Das Ufer der Versuchsstrecke sollte deshalb nach Ausbau besonders beobachtet werden.

11.2 Empfehlungen für die zukünftige Unterhaltung

Im Unterschied zu vielen anderen technisch-biologischen Bauweisen brauchen Gehölzbestände eine mittel- und langzeitige Unterhaltungspflege /Schiechtl, Stern 2002; DIN 18919/. Für die Versuchsstrecke Stolzenau wird folgender Pflegeplan vorgeschlagen:

Tab. 11.1: Pflegeplan mit kurz- bis langfristigen Pflegemaßnahmen

A Pflegeziele und Ursachen für Pflegeerfordernisse:			
1 Erzielung eines aufgelichteten Bestandes an Ufergehölzen aus unterschiedlichen Altersklassen			
- zur langfristigen Erhaltung der Gehölzfunktionen unter Vermeidung einer flächendeckenden Überalterung			
- zur Förderung des Unterwuchses (verbesserter Erosionsschutz)			
- zur Erzielung eines reicher strukturierten und damit höherwertigen Lebensraums			
2 Röhrichtserhaltung			
- zwecks optimalem Erosionsschutz			
- zur Erhaltung des durch BNatSchG und NNatG geschützten Lebensraums			
3 Bekämpfung des Erlensterbens			
- durch Entnahme der erkrankten sowie der abgestorbenen Erlen (vgl. Kap. 9.1.5 sowie 9.2.1)			
B Erforderliche Pflegemaßnahmen (vgl. Bild 11.1):			
	Planungsabschnitte	Monat	Jahr
M1 Fällen und Verbrennen aller an Erlensterben erkrankten sowie der abgestorbenen Erlen; nicht kompostieren und nicht als Totholz verwenden, siehe /BBA 2003/	sofort: in 1 (1 Baum), zwischen 4 und 5 (2 Bäume), zwischen 8 und 9 (2 Bäume) sowie in 14a (2 Bäume); langfristig: überall, wo nötig	baldmöglichst	baldmöglichst, später nach Bedarf
M2 Auflichtung und Verjüngung der Weidengebüsche durch auf-den-Stock-setzen von ca. 25 % der Stämme pro Gebüsch	4, 6, 7a, 10	Okt.-Febr.*	bald, dann alle 8 - 10 Jahre
M3 Entnahme aller Gehölze im Bereich des Schilfgürtels unter Schonung des Röhrichts	1, 8, 9, 11 (hier ist aktuell eine intensivere Pflege erforderlich)	Okt.-Febr.*	bald, dann alle 3 - 4 Jahre (solange nötig, später wie M4)
M4 Entnahme aller Gehölze im Bereich des Schilfgürtels unter Schonung des Röhrichts	1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 15	Okt.-Febr.*	bald, dann alle 6 - 8 Jahre
* Zeitangabe aus /SMUL 2005/, wobei ab November mit Rücksicht auf die Winterrast wandernder Vögel möglichst keine Maßnahmen durchgeführt werden sollten.			
C Erfolgskontrolle: Alle 10 - 15 Jahre sollten die Erreichung bzw. Nichterreichung der Pflegeziele überprüft und die Maßnahmen ggf. angepasst werden - bezüglich des Erlensterbens allerdings vorerst jährlich, bis die Bekämpfung des akuten Befalls als erfolgreich angesehen werden kann (ggf. nachtreibende Individuen kontrollieren).			



× **M1:** Entnahme aller kranken und toten Erlen; baldmöglichst an den bezeichneten Stellen; langfristig überall, wo nötig; entnommene Erlen sind zu verbrennen

■ **M2:** Auflichtung der Weidengebüsch durch auf-den-Stocksetzen von ca. 25 % der Stämme pro Gebüsch; bald, dann alle 8-10 Jahre; Okt.-Febr. (angrenzendes Schilf schonen)

■ **M3:** Entnahme aller Gehölze im Bereich des Schilfgürtels unter Schonung des Röhrichts; bald, dann alle 3-4 Jahre, später alle 6-8 Jahre; Okt.-Febr.

■ **M4:** Wie M3; alle 6-8 Jahre

Bild 11.1: Empfehlungen für Pflegemaßnahmen in der Versuchsstrecke Stolzenau / Weser

12 Schlussfolgerungen hinsichtlich weiterer Anwendungen von alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen

Die Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei Baumaßnahmen an Wasserstraßen wird zukünftig einen immer höheren Stellenwert erhalten - insbesondere, wenn die Anforderungen aus der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie im Einzelnen realisiert werden müssen. Ziel dieser Richtlinie ist die schrittweise Verbesserung des Zustandes der Oberflächengewässer. Bei Neu- und Ausbautvorhaben sowie Sanierungsmaßnahmen werden deshalb zukünftig verstärkt auch alternative technisch-biologische Ufersicherungen eingesetzt werden. Die in der Versuchsstrecke Stolzenau untersuchten Ufersicherungsmaßnahmen können auch für weitere Streckenabschnitte mit ähnlichen Randbedingungen angewendet werden. Die Eckdaten der Versuchsstrecke – u. a. die hydraulische Belastung aus Schifffahrt – sind als Grundlage für weitere Anwendungen im Bereich der Wasserstraße in einem Datenkennblatt in der Anlage 12.1 zusammengestellt. Es ist zu beachten, dass bei der Beurteilung der Belastbarkeit der technisch-biologischen Ufersicherungen neben den hydraulischen Einflussgrößen immer auch die jeweils vorhandenen geometrischen (z. B. vorhandene Böschungsneigungen) und die geotechnischen (z. B. anstehender Boden) Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Eine Übersicht der wichtigsten Einflussgrößen zeigt Bild 12.1.

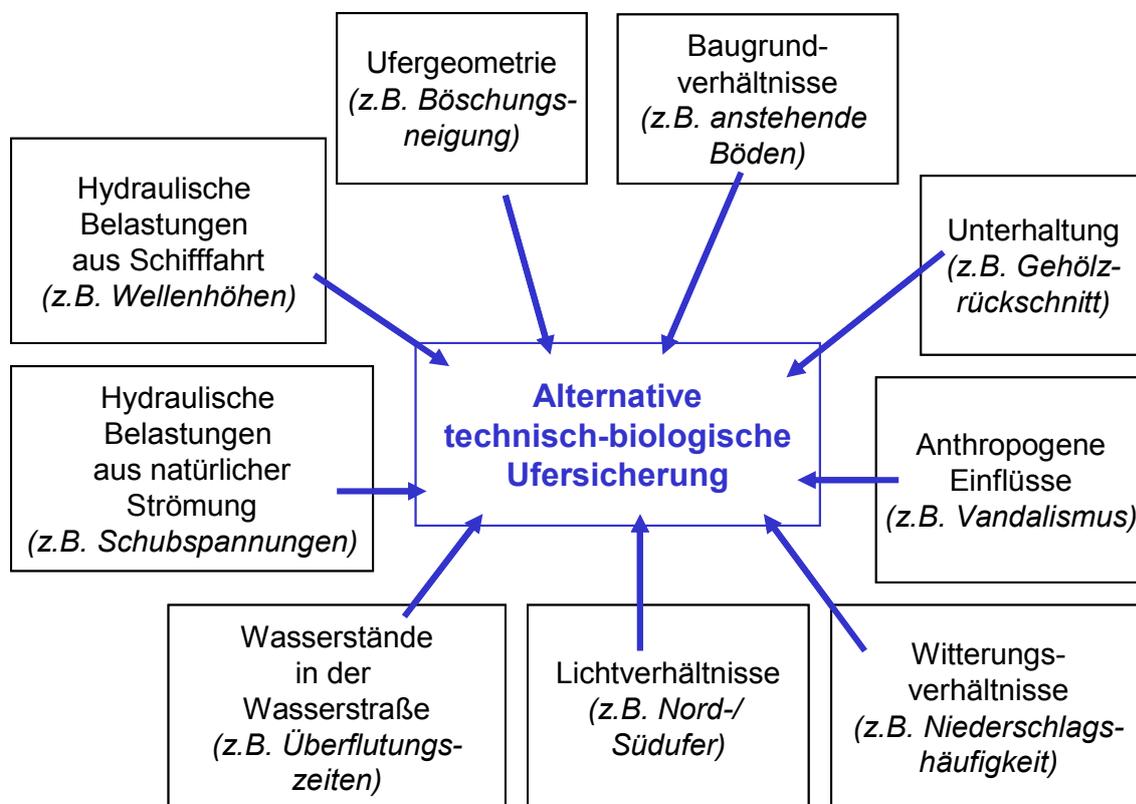


Bild 12.1: Einflussgrößen auf die Belastbarkeit alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen

Generell ist bei der geplanten Anwendung alternativer Ufersicherungen anzustreben, im Vorfeld für eine entsprechende landschaftliche Gestaltung möglichst ausgedehnte und zusammenhängende Uferpartien mitsamt einem breiten Streifen Hinterland zu erwerben. Neben einer flachen und unregelmäßigen Ufergestaltung unter weitgehender Erhaltung bereits vorhandener Strukturen sowie ufersichernder bzw. naturschutzfachlich wertvoller Vegetation, der Errichtung von Uferschutz gegen Wellenschlag zum Beispiel in Form von Faschinen oder wasserseitig vorgelagerten Steinwällen bzw. Schüttsteininseln und der Bepflanzung mit Röhricht im Wechsel mit standortgerechten Gehölzen sollte auch der Sukzession auf freien Flächen ein größerer Anteil zukommen. Die im Zuge von Baumaßnahmen entstehenden Rohbodenstandorte sind allerdings anfällig für das Aufkommen von Gehölzen und Neophyten. Art und Umfang des Aufkommens sind abhängig von der Vegetation in der Umgebung der Baumaßnahme (Samenbäume) und dem Zeitpunkt der Maßnahme (Samenreife). Falls ortsfremdes Bodenmaterial eingebaut wird, kann dieses Samen oder Pflanzenteile unerwünschter Arten enthalten, die den Erfolg der Maßnahme beeinträchtigen und zu Mehraufwand in der Unterhaltung führen. Dies ist bei der Auswahl des einzubauenden Bodens zu berücksichtigen. In jedem Fall sind die Maßnahmenflächen in den ersten Jahren nach Herstellung hinsichtlich des Aufkommens unerwünschter Arten zu kontrollieren und diese zu entfernen (gelenkte Sukzession). An der Versuchsstrecke Stolzenau gab es keine Probleme mit Neophyten oder massivem spontanen Gehölzaufkommen, da hier kein ortsfremdes Bodenmaterial eingebaut wurde und im strukturarmen Umfeld der Maßnahme kaum potenzielle Mutterpflanzen vorhanden waren.

Unter vergleichbaren Rahmenbedingungen wie in Stolzenau sind bei der Anlage von Schilf-Röhrichten Ballen- und Sodenpflanzungen gegenüber Vegetationsmatten vorzuziehen. Ein Schutz durch Anordnung von Faschinen oder Steinwällen hat eine beschleunigte Etablierung zur Folge. Abgeflachte Böschungen erlauben die Entwicklung breiterer Röhrichtgürtel. Um eine Entwicklung vitaler Seggenbestände zu erreichen, sollten Flächen von mehreren m² Größe angepflanzt werden. Weidengebüsche können auch auf steileren Uferböschungen angelegt werden, wofür sich unterschiedliche Pflanzmethoden eignen: Weiden-Steckhölzer/-Setzstangen sollten im unteren Bereich der jeweiligen Böschung gesetzt werden, um ihre Austrocknung zu verhindern, wobei jedoch eine Überstauung vor ihrem Ausschlagen ebenfalls zu vermeiden ist. Spreitlagen erlauben die rasche Entwicklung eines breiten, dichten Gebüsches. Für das Einbringen von Spreitlagen ist eine etwaige Steinschüttung zuvor zu entfernen, was für Steckhölzer/-Setzstangen nicht notwendig ist. Wegen des Erlensterbens ist bei der Anpflanzung von Erle Pflanzmaterial aus *Phytophthora*-freier Anzucht zu verwenden (*Phytophthora* = Erreger der Erlenwurzelhälfäule / des Erlensterbens). Wenn möglich, sollte auf lokal vorhandene gesunde Naturverjüngung zurückgegriffen werden (Wild 2002; FVA 2005). Während der Etablierungsphase muss bei allen Pflanzmethoden eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet sein. Bei den Röhrichtpflanzen und Gehölzen sollte nach Möglichkeit ausschließlich Pflanzmaterial verwendet werden, das unmittelbar vor Ort oder im näheren Umkreis geworben wurde.



Für jede neu angelegte alternative technisch-biologische Ufersicherung ist zu empfehlen, ein Monitoring durchzuführen, um den Erfolg und die Dauerhaftigkeit der Maßnahmen zu dokumentieren. Dies ist auch deshalb wichtig, um weitere Erfahrungen mit alternativen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen zu sammeln. Hinweise zur Durchführung eines Monitoringprogramms sind in der Anlage 12.2 zusammengestellt.

13 Ausblick

Mit der Versuchsstrecke Stolzenau an der Mittelweser von km 241,550 bis km 242,300 wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „Untersuchungen zu alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“ eine erste Strecke mit diesen Ufersicherungen detailliert untersucht. Es wurden die geometrischen, geotechnischen und hydraulischen Randbedingungen im Einzelnen erfasst und der Zustand der Vegetation und Fauna begutachtet. Die hier angewendeten verschiedenen Ufersicherungsmaßnahmen können unter den vorhandenen Randbedingungen als erfolgreiche Uferlösung angesehen werden. Unter den bisher vorherrschenden eher geringen hydraulischen Uferbelastungen stellen sie einen guten Erosionsschutz für die Ufer dar. Die Eckdaten der Versuchsstrecke wurden in einem Datenkennblatt zusammengestellt.

In gleicher Weise werden weitere Wasserstraßenabschnitte mit alternativen Ufersicherungsmaßnahmen untersucht. In folgenden Wasserstraßenabschnitten, die durch sehr unterschiedliche geometrische, geotechnische und hydraulische Randbedingungen gekennzeichnet sind, laufen bereits entsprechende Untersuchungen:

- Mittellandkanal: km 189,500 bis km 190,00 (Haimar)
- Rhein: km 793,500 bis km 795,00 (Parallelwerk Walsum-Stapp)
- Untere Havel-Wasserstraße: km 35,500 bis km 35,800 (Ketzin)

Außerdem werden im Rahmen von aktuellen Baumaßnahmen an Wasserstraßen aufgrund der bisherigen Erfahrungen neue Versuchsstrecken mit alternativen Ufersicherungen angelegt und mit Monitoringprogrammen begleitet.

Auf diese Weise werden schrittweise zunehmend mehr Erfahrungen mit alternativen Ufersicherungsarten gesammelt, ausgewertet und quantifiziert. Es werden sukzessiv Datenblätter mit Anwendungsgrenzen für einzelne Ufersicherungsmaßnahmen erstellt. Am Schluss werden die wichtigsten Ergebnisse in allgemeine Empfehlungen für die Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen einmünden, die für den planenden Ingenieur der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung eine sichere Grundlage für die Planung und Ausführung von Baumaßnahmen im Rahmen von Neu- und Ausbauprojekten sowie Unterhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen darstellen wird.

Aktuelle Informationen zu den laufenden Untersuchungen, die im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführt werden, und den konkreten Ergebnissen können dem speziell zu dieser Thematik eingerichteten gemeinsamen Internetportal der BAW und BfG (<http://www.baw.de/ufersicherung/index.php>) entnommen werden.

Karlsruhe/ Koblenz, Oktober 2008

Im Auftrag

Im Auftrag

Federführende Bearbeitung

(Dr.-Ing. Kayser, BAW)

(Dipl.-Ing. Liebenstein, BfG)

(Dipl.-Ing. Fleischer, BAW)

14 Literatur und Quellen

- /AUA/ n. n.
Auen-Fauna-Datenbank
Professur für Natur- und Landschaftsschutz, ETH Zürich
Link: <http://www.art.admin.ch/dienstleistungen/00636/>
- /AG Reinhaltung Weser 1998/ Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser
Gewässerstrukturgütekarte Weser, Werra, Fulda
Schriftenreihe der Wassergütestelle Weser, Heft 11
Hildesheim 1998
- /BAW 2000/ Bundesanstalt für Wasserbau
Nachsorgemaßnahmen an den Dämmen der Schleusenoberkanäle der Weser – Teil 1: Schleusenkanal Schlüsselburg
Gutachten Nr. 98.21.5699, Referat G4
Eigenverlag, Karlsruhe 10.2.200
- /BAW 2004/ Bundesanstalt für Wasserbau
Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlsicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB)
BAW-Mitteilung Nr. 87
Eigenverlag, Karlsruhe 2004
- /BArtSchV 2005/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung - BArtSchV)
BGBl. I S. 258 ff. (896)
- /BBA 2003/ Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Erlensterben an Fließgewässern. Empfehlungen für die Gewässerunterhaltung
Faltblatt
Braunschweig 2003
- /Bestmann 1991/ Bestmann, L.
Bepflanzung von Deckwerken
Wasser & Boden 43(3): S. 160-161
- /BfG 1996/ Bundesanstalt für Gewässerkunde
Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen - Materialien zur Bewertung von Umweltauswirkungen
BfG-Mitteilung Nr. 9
Eigenverlag, Koblenz 1996

- /BGBl
2005/ Bundesgesetzblatt
Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten
BGBl I 2005, 258 (896)
- /Bierhals et al.
2004/ Bierhals, E., Drachenfels, O. v., Rasper, M.
Wertstufen und Regenerationsfähigkeit der Biotoptypen in Niedersachsen
Information d. Naturschutz Niedersachsen 24(4): S. 231-240
- /Binot et al.
1998/ Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H. Pretscher, P. (Hrsg.)
Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands
Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55
Bonn / Bad Godesberg 1998
- /BNatSchG
2002/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
**Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege
(Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG)**
BGBl. I S. 1193 ff.
Bonn 2002
- /Braukmann
1987/ Braukmann, U.
Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie.
Archiv. Hydrobiol., Beiheft 26: S. 1-355
Stuttgart 1987
- /BMVBS
2007/ Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Städteentwicklung
Berücksichtigung ökologischer Belange bei Maßnahmen an Bundeswasserstraßen
Erlass WS 14/ WS 15/52.08.02-05 vom 11.12.2007
Bonn 2007
- /Brunken 1986/ Brunken, H.
Zustand der Fließgewässer im Landkreis Helmstedt: ein einfaches Bewertungsverfahren
Natur und Landschaft 61 (1986), H. 4, S. 130 - 133
- /DGJ 1998/ Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
**Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch - Weser- und Emsgebiet
Abflussjahr 1998**
Eigenverlag 2000

- /DIN 18919/ Deutsches Institut für Normung e. V.
Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen
Beuth-Verlag, Berlin 2002
- /DIN 38410/ Deutsches Institut für Normung e. V.
Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M) - Teil 1: Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern (M 1)
Beuth-Verlag, Berlin 2004
- /Drachenfels 2004/ Drachenfels, O. v.
Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der nach § 28a und § 28b N NatG geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie, Stand März 2004
Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen Heft A/4
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Hildesheim 2004
- /Duel 1991/ Duel, H.
Natuurontwikkeling in uiterwaarden
Publikaties en rapporten von het project „Ecologisch Herstel Rijn“
publikatie no. 29, DBW/RIZA
Rijkswaterstaat 1991
- /DWD 1988 - 2003/ Deutscher Wetterdienst
Deutsches Meteorologisches Jahrbuch
Offenbach 1988 - 2003
- /DWD 2004 - 2005/ Deutscher Wetterdienst
Witterungsreport / Daten
Offenbach Jan. 2004 - Febr. 2005
- /Fisher et al. 1943/ Fisher, R. A., Corbet, A. S., Williams, C. B.
The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population
Journal of Animal Ecology 12 (1943), p. 42 – 58

- /Flade 1994/ Flade, M.
Aufbereitung und Bewertung vogelkundlicher Daten für die Landschaftsplanung unter besonderer Berücksichtigung des Leitartenmodells.
In: Riecken, U. und Schröder, E. (Bearb.): ‚*Biologische Daten für die Planung. Auswertung, Aufbereitung und Flächenbewertung*‘
Schriftenreihe Landschaftspflege Naturschutz 43 (1995), S. 107 - 146
- /Florineth 1982/ Florineth, F.
Erfahrungen mit ingenieurb biologischen Maßnahmen bei Fließgewässern im Gebirge
Landschaftswasserbau, Bd. 3
Institut für Wassergüte und Landschaftswasserbau, TU Wien
Wien 1982
- /FVA 2005/ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
Wurzelhalsfäule durch *Phytophthora alni* und andere Erkrankungen von Erlen (*Alnus* sp.)
Waldschutz-Info 1/2005
- /Gerstgraser 2000/ Gerstgraser, C.
Ingenieurb biologische Bauweisen an Fließgewässern. Grundlagen zu Bau, Belastbarkeit und Wirkungsweisen.
Österreichischer Kunst- und Kulturverlag
Wien 2000
- /Hensens et al. 1998/ Hensens, G., Semmekrot, S., Klinge, M.
Naturentwicklung im Ketelpolder: Drei Szenarien und ihre Bedeutung für den Fischbestand
LÖBF-Mitteilungen 4/1998
- /Köhn 1992/ Köhn, J.
Mysidacea of the Baltic Sea - state of the art. In: Taxonomy, Biology and Ecology of (Baltic) Mysids (Mysidacea: Crustacea)
International Expert Conference, September 1991, S. 5 - 23
Hiddensee / Rostock 1992
- /Lawa 2003/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
Biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen Deutschlands
Karte, Stand 15.12.2003
Link: www.fliessgewaesserbewertung.de

- /LfU 1996/ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
**Naturnahe Bauweisen im Wasserbau. Dokumentation und Bewertung
am Pilotprojekt Enz/Pforzheim 1990 - 1995**
Handbuch Wasser 2, Heft 25
- /Marten,
Reusch
1992/ Marten, M., Reusch, H.
**Anmerkungen zur DIN „Saprobienindex“ (38410 Teil 2) und Forderung
alternativer Verfahren**
Natur und Landschaft 11 (1992), S. 544 - 547
- /MAR 1993/ Bundesanstalt für Wasserbau
**Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Soh-
lensicherungen an Wasserstraßen**
Eigenverlag, Karlsruhe 1993
- /MAR 2008/ Bundesanstalt für Wasserbau
**Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Soh-
lensicherungen an Wasserstraßen**
Eigenverlag (in Vorbereitung), Karlsruhe 2008
- /Meier et al.
2006/ Meier, C., Haase, P., Rolauffs, P., Schindehütte, K., Schöll, F., Sunder-
mann, A., Hering, D.
**Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung zur Untersuchung
und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozo-
benthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie**
Stand Mai 2006
Link: www.fliessgewaesserbewertung.de
- /Meisel
1959/ Meisel, S.
Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 72 Nienburg-Weser
Geographische Landesaufnahme 1 : 200000, Naturräumliche Gliederung
Deutschlands, Bundesanstalt für Landeskunde
Eigenverlag, Remagen 1959
- /NLWKN
2006/ Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Natur-
schutz
Salzbelastung der Weser
Stand 16.8.2006
Link: http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C24080060_N22898148_L20_D0_I598.html#

- /NNatG 1994/ Niedersächsische Vorschrifteninformationssystem
Niedersächsisches Naturschutz Gesetz
Fassung vom 11.4.1994
Nds. GV Bl. S. 155, 267
- /Oberdorfer
2001/ Oberdorfer, E.
**Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und
angrenzende Gebiete**
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 2001
- /PIANC 2008/ PIANC InCom Working Group 27
Considerations to Reduce Environmental Impacts of Vessels
February 2008
(in print)
- /Pott, Remy
2000/ Pott, R., Remy, D.
Gewässer des Binnenlandes
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 2000
- /Pottgiesser,
Sommerhäuser
2006/ Pottgiesser, T., Sommerhäuser, M.
Biozönotisch bedeutsame Fließgewässertypen Deutschlands
Stand Nov. 2006
Link: www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl/wrrl_ftyp.htm
- /Reichelt,
Wilmanns
1973/ Reichelt, G., Wilmanns, O.
Vegetationsgeographie
Westermann, Braunschweig 1973
- /Rote Liste D
2002/ Bauer, H.-G., Berthold, P., Boye, P., Knief, W., Südbeck, P., Witt, K.
Rote Liste der Brutvögel Deutschlands
Berichte zum Vogelschutz 39 (2002), S. 13 - 60
- /Rennwald
2000/ Rennwald, E.
Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands
Schriftenreihe für Vegetationskunde 35
- /Schiechtl,
Stern
2002/ Schiechtl, H.-M., Stern, R.
Naturnaher Wasserbau
Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 2002
- /Schöll et al.
2005/ Schöll, F., Haybach, A. König, B.
**Das erweiterte Potamontypieverfahren zur ökologischen Bewertung
von Bundeswasserstraßen (Fließgewässertypen 10 und 20: kies- und
sandgeprägte Ströme, Qualitätskomponente Makrozoobenthos) nach
Maßgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie**
Hydrologie und Wasserwirtschaft 49 (2005), S. 234 - 247

- /Schöll,
Haybach
2001/ Schöll, F., Haybach, A.
**Bewertung von großen Fließgewässern mittels Potamon-Typie-Index
(PTI) - Verfahrenbeschreibung und Anwendungsbeispiele**
Mitt. Nr. 23
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Eigenverlag, Koblenz 2001
- /SMUL
2005/ Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.)
Ufersicherung – Strukturverbesserung
Anwendung ingenieurbioologischer Bauweisen im Wasserbau, Handbuch 1
Dresden 2005
- /Sundermeier
et al. 2008/ Sundermeier, A., Schröder, U., Wolters, B.
**Die Ufervegetation der Unteren Havel-Wasserstraße (UHW-km 32,61
bis km 54,25) unter dem Einfluss des Wellenschlags – Erste Ergeb-
nisse eines Langzeitmonitorings.**
Naturschutz und Biologische Vielfalt 60 (2008), S. 93 - 98
- /Tittizer et al.
2000/ Tittizer, T., Schöll, F., Banning, M., Haybach, A., Schleiter, M.
**Aquatische Neozoen im Makrozoobenthos der Binnengewässer
Deutschlands**
Lauterbornia (Int. Z. f. Faunistik u. Floristik d. Binnengewässer Europas)
Bd. 39, S. 1 - 72
Mauch Verlag, Dinkelscherben 2000
- /TLW 1997/ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine
Bonn 1997
- /TLW 2003/ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine
EG-Notifizierung Nr. 2003/0362/D
Bonn 2003
- /VSR EU
1979/ Rat der Europäischen Union
Vogelschutzrichtlinie 79/409/EWG
ABl. L 103 vom 25.4.1979, S. 1 ff
- /Wendehorst
1989/ Wetzell, O. W. (Hrsg.)
Wendehorst / Muth: Bautechnische Zahlentafeln
B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1989

- /Wild 2002/ Wild, V.
Hinweise auf neuartige Erlenschäden durch pilzartige Mikroorganismen der Gattung *Phytophthora* im Saarland
Arbeitsgruppe f. Tier- und Pflanzengeographische Heimatforschung im Saarland
Abh. Delattinia 28 (2002), S. 239 - 246
- /Wisskirchen, Haeupler 1998/ Wisskirchen, R., Haeupler, H.
Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1998
- /Wörz 1998/ Wörz, A.
Phragmites
In: Sebald, O., Seybold, S., Philippi, G., Wörz, A. (Hrsg) ,*Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs*’, Bd. 7
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1998

15 Glossar

Anthropogen: vom Menschen geschaffen.

Auf-den-Stock-setzen: Gehölze (vor allem Weidenarten) werden *durch starken Rückschnitt komplett bis auf den Wurzelstock oder knapp darüber zurück geschnitten*, wobei sie dann meist in der darauf folgenden Wachstumsperiode mit einer Vielzahl an Jungtrieben (aus ‚schlafenden‘ Augen) wieder neu austreiben können.

Ausfallkörnung: Boden mit unstetiger Körnungslinie (Kornverteilungslinie), bei dem bestimmte Korngrößenbereiche fehlen.

Biotop: Lebensstätte einer (→) Biozönose, d. h. alle abiotischen Faktoren, die auf eine Lebensgemeinschaft wirken.

Biozönose: Lebensgemeinschaft von Pflanzen und Tieren, die infolge ähnlicher Biotopansprüche und einseitiger oder gegenseitiger Abhängigkeit in einem (→) Biotop vorkommen können.

Boxplot (oder Box-Whisker-Plot): Diagramm, mit dem eine Reihe numerischer Daten dargestellt wird. Zusätzlich zum Median werden das untere sowie das obere Quartil als Grenzen eines Rechtecks, der sogenannten „Box“, abgebildet. Das heißt die Box umfasst 50 % der Werte einer Verteilung. Die über die Box hinausragenden Linien werden als „Whisker“ bezeichnet. Sie zeigen im Fall der hier verwendeten Abbildung die Maximal- und Minimalwerte an. Die Kerben entsprechen 95 %-Vertrauensbereichen. Wenn sich die Kerben zweier Boxplots nicht überlappen, zeigt dies einen signifikanten Unterschied der beiden Mediane an.

Deckwerk: Um Ufer vor unerwünschter Erosion zu schützen, können sie durch verschiedene Typen von Ufersicherungen wie durchlässige lose oder verklammerte (→) Steinschüttungen, undurchlässige Oberflächendichtungen oder die hier untersuchten alternativen technisch-biologischen Sicherungen geschützt werden.

Detritusfresser: Tiere, die sich von organischen Abfallstoffen und Feinmaterial ernähren

Diversität: Auf die Organismenzahl, eine (→) Biozönose, ein (→) Ökosystem oder eine Raumeinheit bezogenes Maß für Erscheinungsformen (Arten und Strukturen) und deren Gleichmäßigkeit der Verteilung in Ökosystemen.

Dominanz: Bezeichnung für das Vorherrschen einer Art in der Flächen- oder Raumeinheit im Vergleich zu den übrigen Arten. Dominante Arten können z. B. bedingt sein durch bestangepasste Lebensform, Körperkraft, Lebensdauer und Resistenz.

Epipotamal: Oberer Abschnitt des Flussunterlaufs (Zonierung der Fließgewässer).

Erosion: Als Erosion wird der Vorgang einer Abtragung meist von Bodenmaterial durch Witterungseinflüsse wie Wind (Austrocknung, Zerfall der Bodenkrümel, Staubentwicklung mit Abtransport durch Wind) oder Wasser (Niederschläge, Wellen oder ähnliches) bezeichnet.

Euryhalin: weite Bereiche der umgebenden Salzkonzentration tolerierend.

Faschine: zylindrischer Körper (rollenartig zusammengepresst oder verflochten) *aus lebendem oder auch totem Vegetationsmaterial* (aus Ästen, Zweigen, Röhricht u. a.; oft als Senkfaschine, d. h. zur Beschwerung zusätzlich mit Bodenmaterial oder Steinen befüllt) meist jedoch aus ausschlagsfähigen Weidenruten und -ästen zur Sicherung des Böschungsfußes bzw. der Uferlinie im Mittelwasserbereich und z. B. fest im wellenbelasteten Wasserwechselbereich eingebaut; meist zusätzlich durch eine Doppelpfahlreihe im Untergrund keilförmig verankert; bei lebender Faschine mittelfristig Bildung eines Saums aus Buschwerk, der mit zunehmender Durchwurzelung des Untergrundes die Ufersicherung stabil übernimmt.

Flachwasserzone (im Binnenbereich): Uferabschnitt, nicht der üblichen Wasserlinie folgend, mit wesentlich geringerer Wassertiefe als das Hauptgewässer und gegen dieses ggf. geschützt durch Wellenabweiser/-dämpfer z. B. in Form eines Steinwalls.

Freibord: Abstand zwischen einem Wasserspiegel (z. B. einem festgelegten Stauziel) und dem niedrigsten Punkt einer überströmbaren Geländekante bzw. Bauwerkskrone, die aber nicht überströmt werden soll.

Gley: grundwasser-geprägter Bodentyp. Er entsteht durch die sog. Vergleyung, bei der Oxidations- und Reduktionsprozesse stattfinden. Horizontabfolge: Ah-Horizont (Ah = Auflage humos; oberste Bodenschicht, feucht, humusreich); Go-Horizont (Go = Gley oxidiert; mittlerer Horizont im Schwankungsbereich des Grundwassers, periodisch durchlüftet, daher durch Eisenverbindungen rostfleckig); Gr-Horizont (Gr = Gley reduziert, unterer Horizont, durch das anstehende Grundwasser ständig wassergesättigt, sauerstoffarm, blau-grau).

Hydraulische Belastung: Ufer von Gewässern werden natürlich durch Strömung, Windwellen und Hochwasserabfluss, anthropogen durch Wellen, Absunk und Rückströmung infolge Schifffahrt belastet.

Hydrostatischer Stau: Effekt des Rückstaus in Fließgewässern, gekennzeichnet durch einen Anstieg des Wasserspiegels. Ursache dafür ist ein Abflusshindernis, hier die Schleuse Landesbergen. Der Stauwasserspiegel oder „hydrostatische Stau“ in einem staugeregelten Fluss entspricht dortigen Niedrigwasserverhältnissen (hydrostatischer Stau im Bereich der Versuchsstrecke: NN + 26,50 m, MNW hier: NN + 26,53 m).

Initiale Sukzession: Initiale Sukzession: überwiegend Pionierarten, die nach Störungen (Hochwasser, Uferumlagerungen, Erosionen, Baumaßnahmen, etc.) den Lebensraum erschließen, bzw. gepflanzt werden und den Startpunkt einer neuen Sukzessionsfolge darstellen.

Invertebraten: Wirbellose Tiere – ohne inneres Knochenskelett (z. B. Strudelwürmer, Schnecken, Insekten).

Konstanz: Häufigkeit des Auftretens einer Art, einer Altersgruppe einer Art o. ä. an einer Reihe von Probestellen (in Prozent der Probestellen mit Vorkommen der jeweiligen Art, Altersgruppe).

K-Strategen: → r- und K-Strategen.

Lahnung: Konstruktion zum Schutz von Ufern (z. B. mit Schilfbewuchs) als Doppelpfahlreihe, gefüllt mit Steinen oder mit Ästen und Zweigen aus austriebsfähigen Weiden und/ oder nicht austriebsfähigem Reisig.

Limikolen: Watvögel.

Limnophil: bevorzugt langsam fließende und stehende Gewässerabschnitte.

Lithal: "Lebensraum" Stein, Gemeinschaft auf groben Kies und Steinen.

Makroinvertebraten: Mit dem Auge erkennbare, in bzw. auf der Gewässersohle und dem Ufer sowie auf Wasserpflanzen und Röhrichtern lebende Wirbellose (→ Invertebraten).

Makrozoobenthos: Am Gewässergrund lebende (→) Makroinvertebraten; "Bodenfauna" in Gewässern.

Naidine: Unterfamilie der Schlammröhrenwürmer.

Natürlich: vom Menschen unverändert, in ursprünglichem Zustand.

Naturnah: dem natürlichen Zustand nahe kommend.

Neophyten / Neozoen: *Neu eingebürgerte* Pflanzen bzw. Tiere, die ihr Vorkommen in einem Gebiet direkt oder indirekt dem Menschen verdanken und sich nach der Entdeckung Amerikas (etwa seit dem Jahr 1500) in Europa durch Einschleppung oder Einwanderung angesiedelt haben und seitdem in der heimischen Flora und Fauna eingemischt aufwachsen. Sie können stellenweise durch Massenwachstum zu massiven Problemen führen.

Ökologie / ökologisch: Wissenschaft von den Beziehungen der Lebewesen (Mensch, Tiere, Pflanzen u. a.) untereinander und zu ihrer Umwelt.

Ökosystem: Funktionelle Einheit von (→) Biotop und (→) Biozönose.

Pfahlreihe: Konstruktion aus verwitterungsbeständigen Holz-Einzelpfählen in Uferbereichen geringer Wassertiefe; Ausführung als einfache Reihe aus direkt aneinander geschlagenen Pfählen zum Schutz der Ufer vor Wellenschlag; auch als Doppelpfahlreihe – z. B. aus auf Abstand geschlagenen Pfählen mit Flechtzaun verbunden – mit Steinfüllung und ggf. Bepflanzung möglich; Anwendung z. B. als (→) Lahnung.

Propulsionsströmung: Lokaler Strömungsbereich hinter dem Schiff, hervorgerufen durch dessen Antriebsorgan (z. B. Propeller).

Potamon-Typie-Index (PTI): Der Potamon-Typie-Index beschreibt auf Grundlage von Indikationswerten der Taxa die Naturnähe der Makrozoobenthoszönosen großer Ströme (Potamon: griechisch für Fluß).

r- und K-Strategen: Gegenläufige Fortpflanzungsstrategien, r-Strategen investieren Energie v. a. in eine hohe Anzahl Nachkommen und wenig in deren Pflege, z. B. Frösche; K-Strategen dagegen haben wenige Nachkommen, die aber intensiv betreut werden, z. B. der Mensch.

Rheophil: strömungsliebend.

Ried: Vegetationsbestand, der von Seggen oder Binsengewächsen dominiert wird.

Röhricht (Wasser): Zumeist hochwüchsige Pflanzengesellschaften der Verlandungszone im aquatischen Bereich an Fließ- und Stillgewässern, wobei einzelne Arten des Röhrichts vornehmlich im Bodensubstrat unter Wasser wurzeln und die grüne Biomasse überwiegend oberhalb des Wasserspiegels entwickeln.

Saprobien-Index (SI): Der typspezifische, leitbildbezogene Saprobienindex bewertet die Auswirkungen organischer Verschmutzung auf das Makrozoobenthos. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage von Häufigkeitsklassen.

Schiffsgeschwindigkeit, kritische: Geschwindigkeit v_{krit} des Schiffes im Flachwasser bzw. bei der Kanalfahrt, bei der das vom Schiff verdrängte Wasser nicht mehr vollständig im strömenden Zustand entgegen der Fahrtrichtung nach hinten abgeführt werden kann. Im engsten Querschnitt neben dem Schiff beginnt der Wechsel vom strömenden zum schießenden Fließzustand. v_{krit} ist hydraulisch bedingt umso niedriger, je kleiner das Verhältnis Gewässer- zu Schiffsquerschnitt ist. v_{krit} kann von Verdrängern (z. B. Güterschiffe) i. d. R. nicht überschritten werden.

Schilf- und Seggenballen: Vorkultivierte Pflanzen mit „Wurzelballen“ (bestehend aus unterirdischen Ausläufern und Wurzeln). Dazu gehören z. B. die so genannten Vegetationsbulte der Firma Bestmann, die in abbaubarem Fasermaterial angezogen wurden.

Schilf- und Seggensoden: Allgemein: Aus bestehenden Röhrichten bzw. Seggenriedern ausgestochene Stücke mit anhaftendem Substrat. Hier: Vom WSA Verden gewonnenes Pflanzmaterial, spatensbreit ausgestochen.

Senkfaschine: (→) Faschine

Setzstange: Frisch geschlagenes lebendes Stangenholz (meist ausschlagfähige Weidenarten), das entsprechend seiner Wuchsrichtung tief genug senkrecht in den Untergrund gesetzt wird (durch einrammen bzw. einschlagen), so dass der etwas über die Bodenoberfläche hinausragende Stangenteil wieder neu austreiben kann.

Spreitlage: Flach auf der Bodenoberfläche eines Ufers ausgebreitete Lage aus befestigtem Stangenholz (meist ausschlagfähige Weidenarten).

Steinschüttung: Form einer technischen Ufersicherung, bei der gebrochene Steine – meist mit durchschnittlichen Abmessungen von 20 - 30 cm – auf das geböschte Ufer über einem Filter geschüttet werden; dies geschieht meist lose, in speziellen Fällen auch (teil)verklammert.

Sukzession: Vorgang in der Natur, bei dem eine bestimmte *Abfolge voneinander abhängiger Vegetationszustände* zeitlich abläuft, die sich gegenseitig bedingen und nach Ablauf mehrerer Vegetationsstadien abhängig von Boden-, Wasser- und Klimaverhältnissen z. B. von einer Pioniervegetation über offene Wiesenvegetation zu einer geschlossenen Waldvegetation als stabilem Endstadium hinstreben.

Sukzessionsfläche: Fläche, die der Sukzession überlassen bleibt.

Talweg: Verbindungslinie der tiefsten Punkte aller Querprofile eines Flusses oder Kanals in Längsrichtung. Veränderungen von Wasserspiegel und Sohle können zu Schwankungen der Lage des T. führen. Der Verlauf des T. ist i. d. R. nicht mit der Mittellinie des Gewässers identisch.

Totholz: Tote Gehölzteile oder Gehölze, die entweder Verwendung finden, z. B. bei der Herstellung von Faschinen, oder abgestorben im Biotop verbleiben und dem Naturhaushalt als Lebensstätte oder als Nahrungsgrundlage für zersetzende Lebewesen (Käfer, Insekten u. a.) dienen.

Unterhaltungspflege: dient der Erhaltung des funktionsfähigen Zustands eines Vegetationsbestands.

Vegetationsmatten; Röhrichtmatten: Mattengewebe z. B. aus Kokosfasern mit eingewurzelter Vegetationsschicht z. B. aus Röhrichtpflanzen oder Gräsern und Kräutern, die in gut transportablen Größen zugeschnitten sind und mit der Wurzelschicht einfach auf einen Rohboden (im Uferbereich) aufgesetzt und an den Eckpunkten mit dem Boden verklammert werden (Pflöcke), bis die Pflanzen fest angewachsen sind.

Vegetationszonierung: Auftreten unterschiedlicher Vegetationseinheiten in Zonen, die sich durch standörtliche Besonderheiten unterscheiden z. B. im Uferbereich durch unterschiedliche Überstauungszeiten in Abhängigkeit von den vorherrschenden Wasserständen.

Weidegänger: Tiere, die den Biofilm auf Steinen abweiden bzw. umherlaufend fressen (engl. grazer).

16 Abkürzungsverzeichnis

AU	alternative Ufersicherung, Ufer mit alternativer technisch-biologischer Sicherung
B	Brutvogel
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BP	Brutpaar
B-Rand	Brut am Rand eines Untersuchungsgebietes
BV	Brutverdacht
cf.	confer; lat. vergleiche, d. h. sichere Artbestimmung im angetroffenen Zustand nicht möglich
DGPS	Differential Global Positioning System
DWD	Deutscher Wetterdienst
G	Nahrungsgast
GBB	„Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen“ /BAW 2004/
GBBSOft	Programm zur Umsetzung des GBB
GOK	Gelände-Oberkante
GW	Grundwasser
HHW	Höchster Hochwasserstand
HN	hydraulisch-numerisch
HSW	Höchster schiffbarer Wasserstand
lfdm	laufender Meter
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MNW	Mittlerer Niedrigwasserstand
MQ	Mittlerer Abfluss
MW	Mittlerer Wasserstand
MZB	Makrozoobenthos
N	Neozoen
NN	Normalnull
PNP	Pegel-Nullpunkt
PTI	Potamon-Typie-Index
Q	Abfluss
RU	Referenzufer(sicherung), Ufer mit herkömmlich technischer Sicherung
RWS	Ruhewasserspiegel
s. l.	sensu lato; lat. im weiteren Sinne (im Gegensatz zu s. str. - sensu stricto; lat. im engeren Sinne)
SI	Saprobienindex



- spp.** Spezies im Plural; mehrere Arten einer Gattung
- ssp.** Subspezies; Unterart
- W** Wasserstand
- WRRL** Wasserrahmenrichtlinie
- WSA** Wasser- und Schifffahrtsamt
- WSV** Wasser- und Schifffahrtsverwaltung