

5 Morphologie der untersuchten Buhnenfelder

5.1 Morphologische Geländemodelle

Die im Rahmen des Projektes „Ökologische Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Elbe - EIFi“ aufgenommenen zehn Buhnenfelder wurden in abgestufter Intensität untersucht. Abbildung 1 enthält die im Raum Havelberg zwischen El-km 418,2 und 425 gelegenen acht Buhnenfelder und deren Lage. Der Hauptstrom sowie zwei Altarme wurden für dieses Projekt ebenfalls erfasst und verdeutlichen die großräumigen Verhältnisse dieses Flussabschnitts. Für vier der Buhnenfelder wurde über die Morphologie hinaus die Strömung bei niedrigem Mittelwasser und bei Niedrigwasser aufgenommen sowie die Korngrößenverteilung ermittelt. Diese Buhnenfelder sind in den Abbildungen 5-2 bis 5-5 dargestellt. Die übrigen Buhnenfelder dieses Flussabschnitts sowie zwei stark verlandete Buhnenfelder bei El-km 452,9 und 453, die nicht grafisch dargestellt sind, werden in Kapitel 5-2 hinsichtlich morphologischer Eigenschaften ausgewertet und verglichen.

Die in dem BAW-BFG-Projekt „Ökobuhne“ untersuchten Buhnenfelder zwischen El-km 440,2 und 443,9 wurden im Unterschied zum Vorgängerprojekt „EIFi“ morphologisch mehrfach eingemessen, bei niedrigem Mittelwasser bis Hochwasser hinsichtlich der Strömungsverhältnisse untersucht und wiederholt sedimentologisch beprobt. Die morphologischen Auswertungen und Beschreibungen stellen in diesem Projekt die Grundlage für die Erfassung und Quantifizierung der Morphodynamik dar. Als Grundlage für die anschließende morphologische Bilanzierung werden in diesem Kapitel die insgesamt 11 umfassend untersuchten Buhnenfelder beschrieben.

Beide Buhnen des in gerader Fließstrecke, rechtsseitig gelegenen Buhnenfeldes bei El-km 418,2 sind in Ufernähe durchrissen (Abb. 5-2). Der Durchriss der oberstromigen Buhne ist tiefer und breiter als der an der unterstrom gelegenen Buhne befindliche Durchriss, welcher aufgrund der hohen Schwelle für die Hydraulik unbedeutend ist und bei niedrigen Wasserständen trocken fällt. Unterhalb des größeren Durchriss befindet sich ein tiefer und ausgedehnter Kolk, welcher die üblicherweise im Leebereich von Buhnen liegende Verlandungsform stark modifiziert. Der Verlandungsgrad des Buhnenfeldes reduziert sich damit und ist geringer als der Verlandungsgrad der Buhnenfelder bei El-km 421 (Abb. 5-3) und 421,8 (Abb. 5-4) und etwa gleich dem Verlandungsgrad des Buhnenfeldes bei El-km 423,4 (Abb. 5-5). Dies bedeutet umgekehrt, dass die nicht von dem Kolk berührten Bereiche relativ stark verlandet sind. Die Hangneigung der verlandeten Bereiche ist gering.

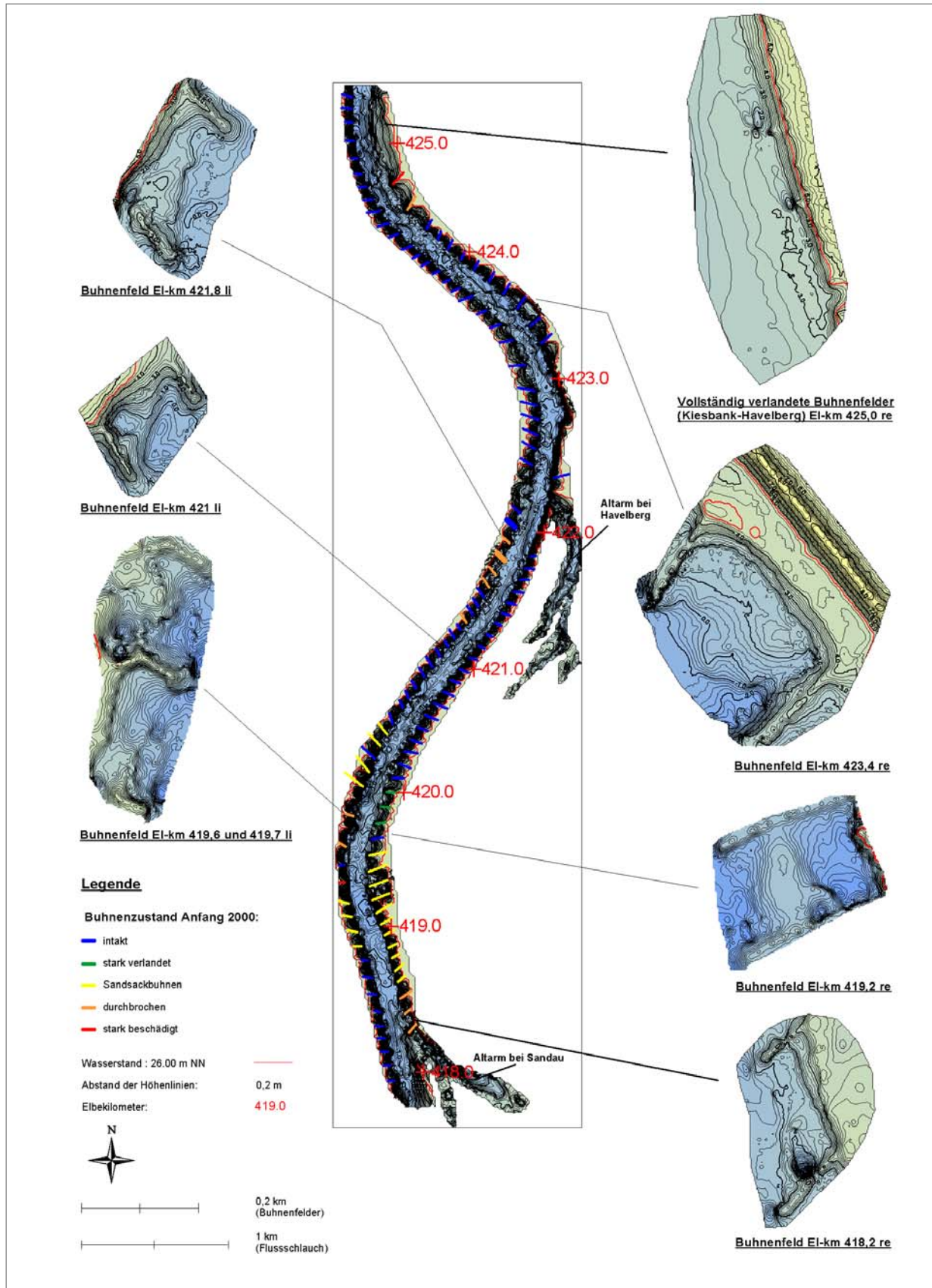


Abb. 5-1: Struktur und Lage der zwischen EI-km 418,2 und 425 untersuchten Bühnenfelder im Rahmen des Projektes „Ökologische Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Elbe – EIF“

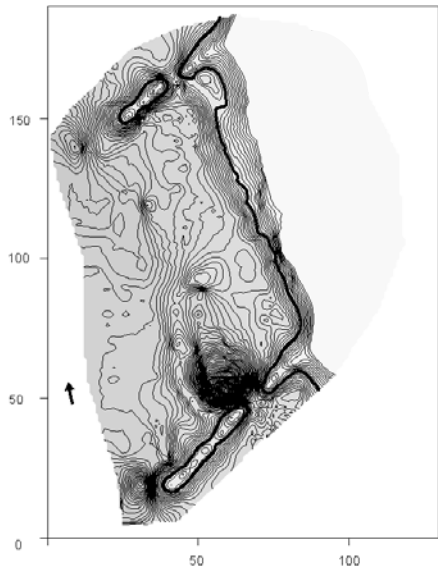


Abb. 5-2: Morphologie des Bühnenfeldes bei EI-km 418,2

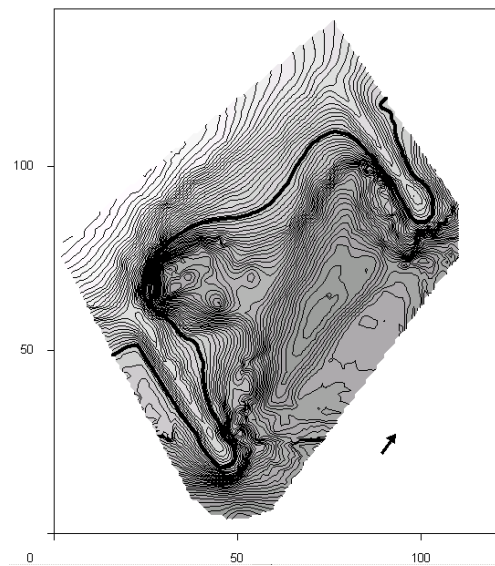


Abb. 5-3: Morphologie des Bühnenfeldes bei EI-km 421

Abstand der Höhenlinien: 10 cm

Schwarze Linie:
24,52 m NN (418,2)
24,33 m NN (421)

Achsenbeschriftung:
Entfernung vom
Ursprung in Meter

Dunklere Töne:
Tiefere Lagen
Hellere Töne:
Höhere Lagen

↑
Strömungs-
richtung

Die Morphologie und insbesondere der ausgedehnte Kolk des an einem Gleithang gelegenen Bühnenfeldes bei EI-km 421 wurden sowohl durch den ehemaligen Durchriss der oberstromigen Bühne als auch durch Aushubarbeiten während der Instandsetzung geprägt (Abb. 5-3). Insgesamt weist dieses Bühnenfeld im Vergleich zu den übrigen Bühnenfeldern eine relativ hohe Durchschnittstiefe und nur geringe Verlandungstendenzen entlang der Uferlinie auf. Dieser Bereich geht mit einer steilen Neigung in die Erosionsrinne über, welche sich diagonal vom oberstromigen Bühnenkopf in Richtung der unterstromigen Bühnenwurzel erstreckt und durch die Verwirbelungen unterhalb des Bühnenkopfes, vor allem während höherer Wasserstände verursacht wird.

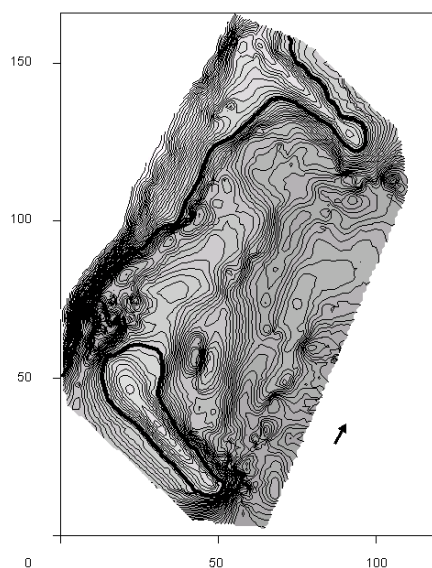


Abb. 5-4: Morphologie des Bühnenfeldes bei EI-km 421,8

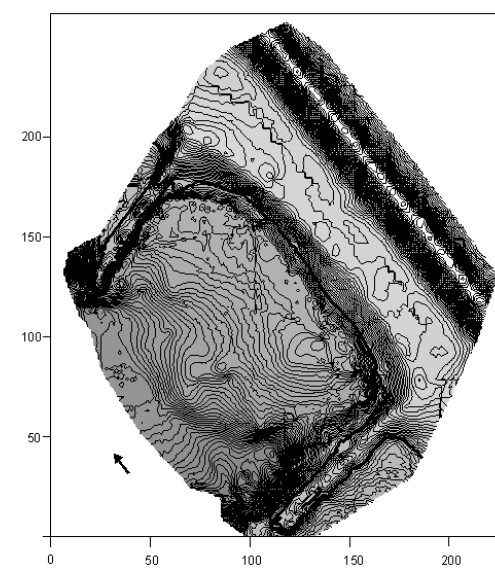


Abb. 5-5: Morphologie des Bühnenfeldes bei EI-km 423,4

Abstand der Höhenlinien: 10 cm

Schwarze Linie:
24,2 m NN (421,8)
24,01 m NN (423,4)

Achsenbeschriftung:
Entfernung vom
Ursprung in Meter

Dunklere Töne:
Tiefere Lagen
Hellere Töne:
Höhere Lagen

↑
Strömungs-
richtung

Ein signifikantes Merkmal für das Bühnenfeld bei El-km 421,8 (Abb. 5-4) ist die im Lee-Bereich der stromauf gelegenen Bühne vorkommende Sandbank, die bei Hochwasser akkumuliert wird. Hinter dem Durchriss wurde der fein- und mittelsandige Akkumulationsbereich erodiert, und es kommt zu Ablagerungen gröberer Materials (Grobsand, Kiese). Die beiden Kolke unterhalb der Bühnen beider Bühnenfelder bei El-km 421 und 421,8 unterscheiden sich wesentlich. Der Kolk in Bühnenfeld bei El-km 421 ist größer und tiefer und vom übrigen Bühnenfeld abgegrenzt, während der Kolk des noch durchrissenen Bühnenfeldes bei El-km 421,8 in eine uferparallele Erosionsrinne übergeht, welche die im Leebereich der Bühne gelegene Sandbank vom Ufer trennt. In beiden Bühnenfeldern verläuft die Haupterosionsrinne diagonal von dem oberstromigen Bühnenkopf in Richtung unterstromiger Bühnenwurzel. Diese Rinne wird vorwiegend bei Hoch- und Mittelwasser erodiert. Stromseitig davon befindet sich zwischen den Bühnenköpfen eine weitere Materialablagerung. Diese Bereiche sowie Materialablagerungen um die Bühnenköpfe herum konnten auch in weiteren Bühnenfeldern festgestellt werden.

Das Bühnenfeld bei El-km 423,4 ist besonders von der Prallhanglage, den Bühnenlängen und der Flächenausdehnung geprägt (Abb. 5-5). Der ufernah ausgedehnte flache Akkumulationsbereich wird bei Hochwasser und aufgrund der Scherströmung hinter den Bühnenköpfen ungefähr ab der Mitte des Bühnenfeldes angeschnitten, was nach außen zu einer deutlichen Abbruchkante und dem Übergang zu tieferen Bereichen führt. Der buhnenparallel verlaufende Kolk ist auf Instandsetzungsarbeiten an der Bühne zurückzuführen.

Die im Rahmen des von BFG und BAW durchgeführten Projektes zur ökologischen Optimierung von Bühnen in der Elbe entwickelten Knickbühnen (HENTSCHEL & ANLAUF 2002, 2001) wurden Ende 2000 fertiggestellt. Abbildung 5-6 vergleicht Zustand und Lage der modifizierten Bühnen mit den vor dem Umbau vorhandenen standardmäßigen inklinanten Bühnen, welche defekt und in die Schadensklasse 3 einzuordnen waren. Die aufgrund von Durchrissen abgesenkten Bereiche waren mit Sandsäcken provisorisch befestigt worden um die hydraulische Funktionalität zu gewährleisten. Als Kartengrundlage dienen für die Abbildungen 5-6, 5-8, 5-10 und 5-12 Luftbilder, welche bei einer Befliegung am 24. 8. 1999, also ca. ein Jahr vor Umbau der Bühnen, im Auftrag der BFG aufgenommen wurden.

BAW und BFG streben für die Bühnenfelder im Bereich der Versuchsbühnen unter Einbeziehung diskutierter Entwicklungsziele (DVWK 1996) und unter Berücksichtigung von Konzepten der LAWA (1996) und der IKSE (1994) folgende Ziele an (ANLAUF & HENTSCHEL 2002):

- ein nach Zeit und Ort variables Mosaik an Strukturen, Formen und Substratverteilung

- eine größere Fläche mit möglichst flacher Neigung
- eine höhere Diversität und Anzahl der Kleinstrukturen
- eine Zunahme der Variabilität von Kies- und Sandbänken und von Pionierstandorten
- eine Zunahme temporärer Habitats wie z.B. Überflutungsgewässer, Kies- und Sandbänke

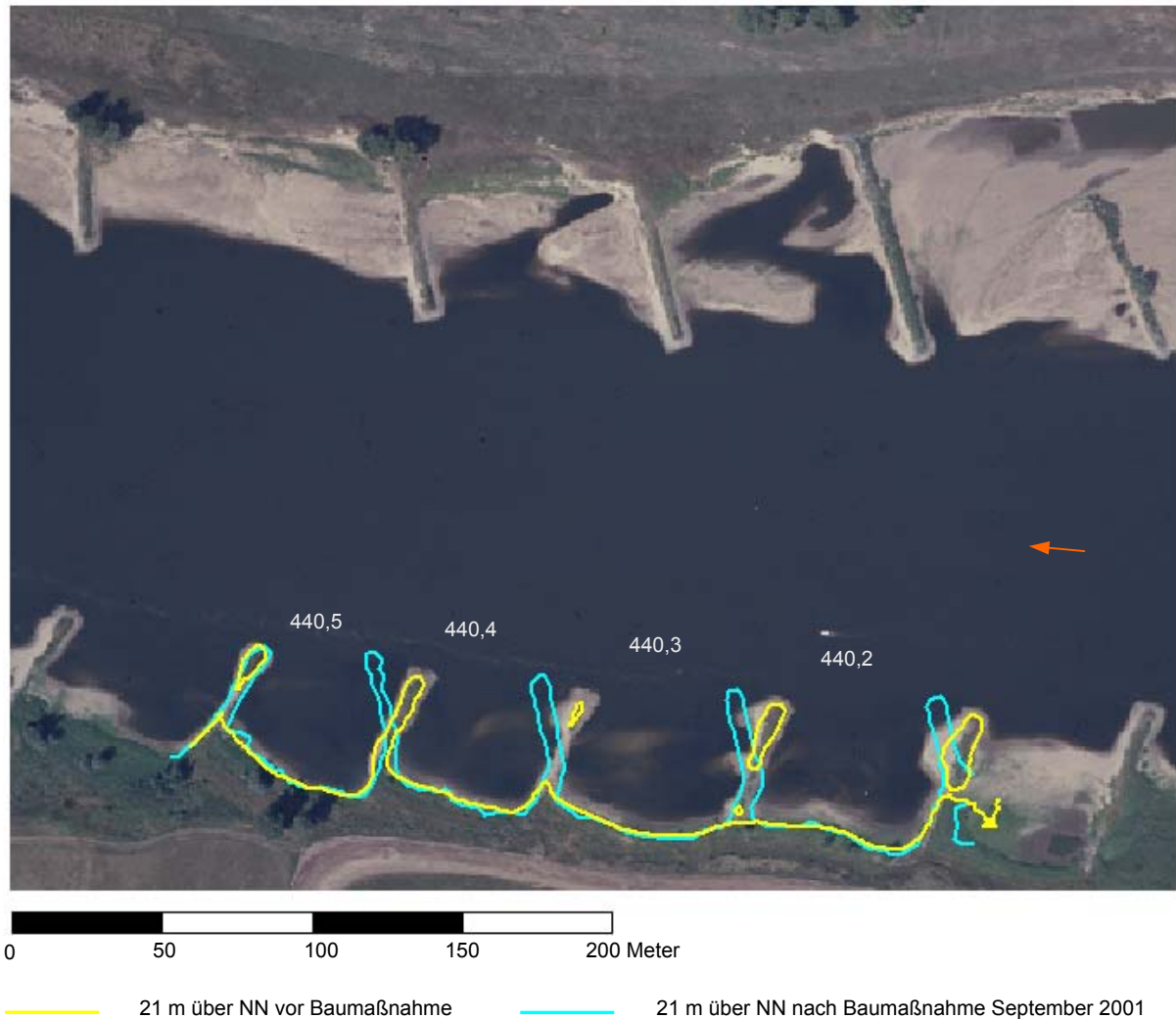


Abb. 5-6: Lage und Form der defekten Bühnen und neugebauten Knickbühnen bei El-km 440,2 bis 440,5; Luftbildaufnahme vom 24.8.1999 (BFG)

Dabei werden die Wirkungen zweier neuer unterschiedlicher Bühnentypen, Knickbühnen und Absenkungsbühnen, auf Morphologie, Hydraulik und Korngrößenverteilung sowie die Folgen für Fauna und Flora untersucht und mit Referenzbühnen verglichen. Die Knickbühnen, eine Kombination aus inklinanten und deklinanten Bühnen, verbinden die Vorteile dieser Bauformen wie Uferschutz (inklinante Ausrichtung) und in den Außenbereichen erhöhte Strömungsdiversität und morphologische Dynamik sowie verminderte Verlandungsneigung

(deklinante Ausrichtung). Der Übergangsbereich, der Knick, führt bei Überströmung zu einer Abflussbündelung im zentralen Bereich der Bühnenfelder und soll eine verstärkte Materialmobilisierung erzielen.

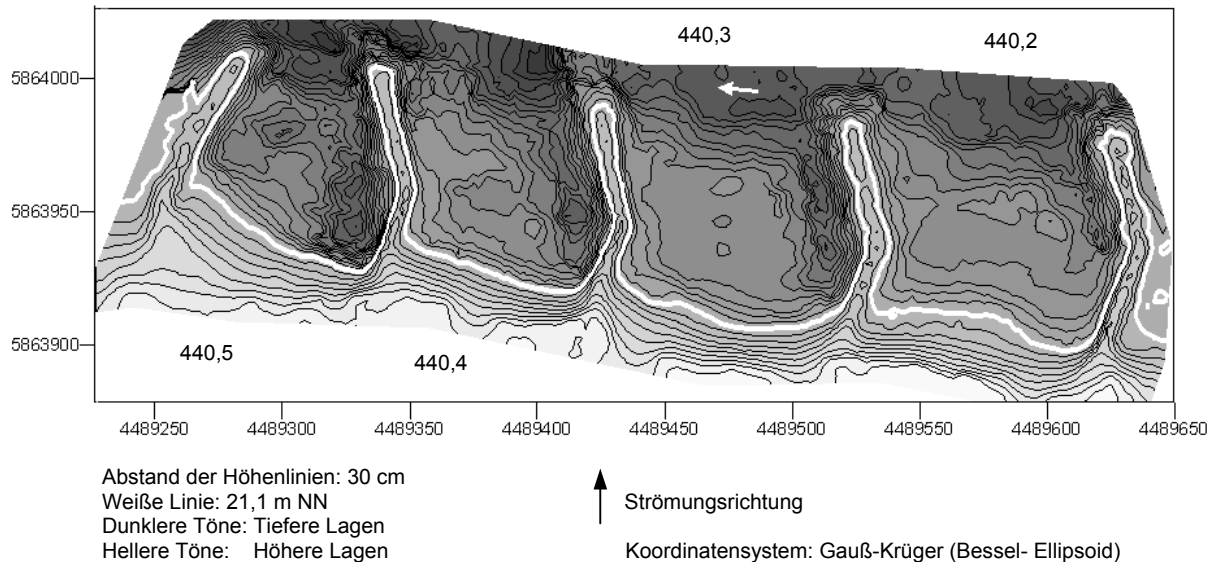


Abb. 5-7: Morphologie der Knickbühnenfelder bei EI-km 440,2 bis 440,5, Juni 2002

Die in Abb. 5-7 dargestellte Morphologie wurde im Frühjahr 2002 aufgenommen und ist abgesehen von baulichen Einflüssen wie Ausbaggerungen und Ablagerungen von Aushubmaterial noch durch die vormalig defekten Bühnen beeinflusst. Erkennbar ist dies an den Erosionsrinnen der beiden unterstromigen Bühnenfelder 440,4 und 440,5. Die Akkumulationsflächen der beiden oberstromigen Bühnenfelder 440,2 und 440,3 sind homogener ausgeprägt. Dennoch ist im Vergleich mit dem oberhalb von 440,2 gelegenen Bühnenfeld (Abb. 5-6) eine deutlich geringere Verlandung erkennbar, was auf relativ geringe Ein- und hohe Austräge vor der Instandsetzung hindeutet. Die Außenkante, der Übergang zum Hauptstrom, sowie die Kolke, welcher sich hinter Bühnenköpfen bilden, verlaufen in allen vier Bühnenfeldern uferparallel und nicht diagonal in das Bühnenfeld hinein. Die buhnenparallelen Vertiefungen sind auf die Umbauarbeiten zurückzuführen und wurden für die Zugänglichkeit der Wasserfahrzeuge angelegt.

Die standardmäßigen inklinanten Bühnen (Regelbühnen) der Bühnenfelder bei EI-km 440,9 und 441 wurden bereits mehrere Jahre vorher instand gesetzt (Abb. 5-8 und 5-9). Diese Bühnenfelder dienen in dem Projekt „Ökobühne“ als Referenzflächen für den Vergleich mit den Feldern der Knickbühnen. In dem oberstromigen Bühnenfeld 440,9 ist bei Niedrigwasser der zentrale Verlandungsbereich als inselartige Fläche ausgebildet. Dieser Rest der ursprünglichen Akkumulationsfläche wurde vor den Instandsetzungsarbeiten aufgrund der Durchströmung der defekten Bühnen ufernah erodiert und anschließend bei den Bau-

arbeiten durch Ausbaggerungen von der Buhne abgetrennt. Der Uferbereich ist flach und stark zusedimentiert. In Bühnenfeld 441 ist nur die künstliche Vertiefung hervorzuheben, die restliche Fläche ist relativ gleichförmig verlandet. Die leichten Erhöhungen sind vermutlich auf künstliche Ablagerungen von Aushubmaterial zurückzuführen. Die Kolke der Außenbereiche verlaufen uferparallel, mit leichter Neigung in Richtung des Ufers. Die buhnenparallelen Kolke beider Bühnenfelder sind auf künstliche Ausbaggerungen im Zusammenhang mit Bauarbeiten zurückzuführen.

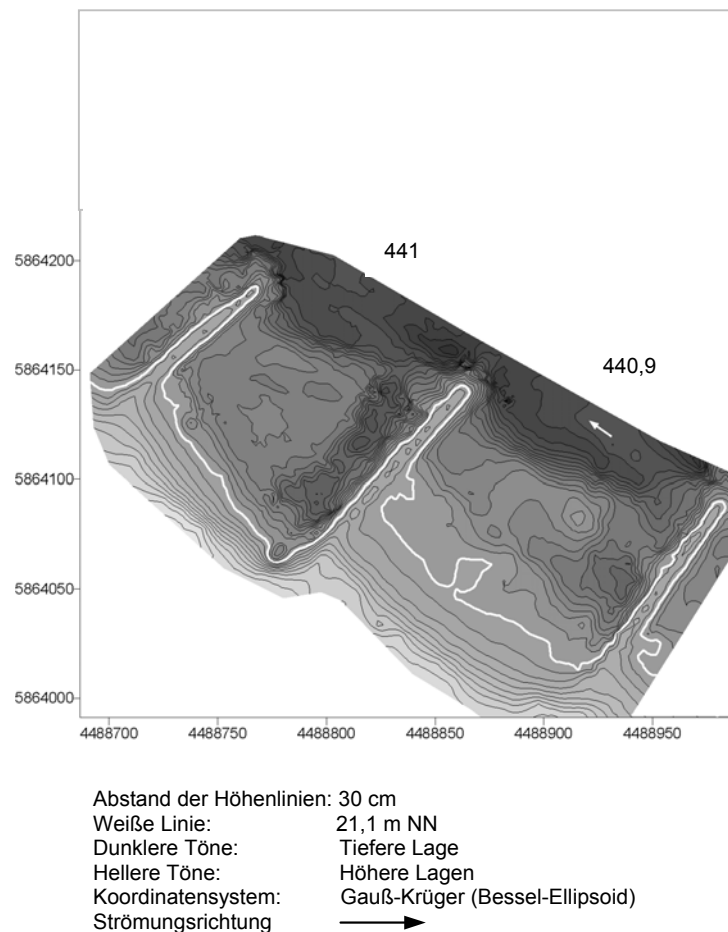


Abb. 5-8: Lage und Form der Regelbuhnen bei El-km 440,9 und 441; Luftbildaufnahme vom 24.8.1999 (BFG)

Abb. 5-9: Morphologie der Regelbuhnenfelder bei El-km 440,9 und 441, Juni 2002

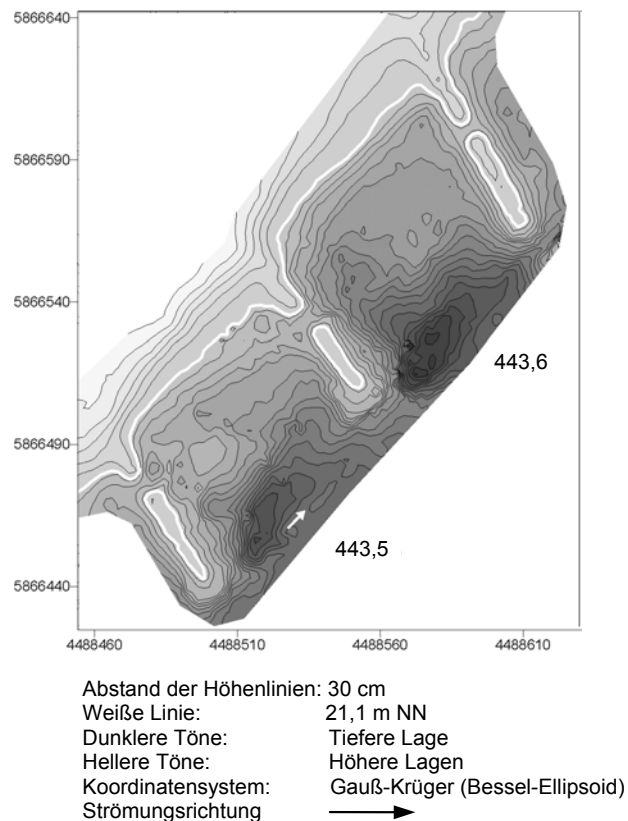
Die Bühnenfelder zwischen den Absenkungsbuhnen bei El-km 443,5 und 443,6 (Abb. 5-10 und 5-11) wurden gleichfalls innerhalb des Projektes „Ökobuhne“ untersucht. Die Absenkungsbuhnen wurden aus defekten, ufernah durchrissenen Buhnen umgebaut, wobei die ehemaligen Durchrisse geschlossen wurden. Die neuen abgesenkten Bereiche, mit im Vergleich zu den vorherigen Durchrissen verringerten Querschnitten und erhöhter Schwellenhöhe, wurden um einige Meter in Richtung des Hauptstroms versetzt. Abbildung 5-10 verdeutlicht Lagen und Ausdehnungen der natürlichen und der künstlichen Lücken in den

Bühnenkörpern. Die Auswirkungen der ursprünglichen Durchrisse auf die Morphologie sind hier und in Abbildung 5-11 ebenfalls gut erkennbar. Es lassen sich in beiden Bühnenfeldern zwei Erosionsbereiche unterscheiden. Zum einen kommt es unterhalb der Bühnenköpfe zu den üblichen, hier leicht diagonal verlaufenden Kolken, die die Akkumulationsflächen zwischen den Bühnen nach außen begrenzen. Unterhalb der ehemaligen Durchrisse verläuft jeweils eine weitere Erosionsrinne in Ufernähe, welche sich aufgrund mehrerer hintereinanderliegender Durchrisse durch die Bühnenfelder hindurch fortsetzt. Diese Rinnen beginnen direkt unterhalb der Bühnen in Kolken, welche vor allem bei Hochwässern entstehen. Nach eigenen Beobachtungen im Gelände werden die Kolke auch durch schiffsinduzierten Sog und Schwall verstärkt. Insbesondere der Sog talwärts fahrender Schiffe zieht große Wassermengen durch den Durchriss in das stromaufliegende Bühnenfeld, wobei es aufgrund des kurzfristigen Wasserspiegelgefälles zu schießendem Abfluss und zu Verwirbelungen und Ausstrudelungen kommen kann. Das zurückdrängende Wasser verursacht ebenfalls starke Turbulenzen. Der ausgedehnte Kolk in Bühnenfeld 443,6, unterhalb des Durchriss der mittleren Buhne, ist vermutlich auf Bauarbeiten zurückzuführen.



- 20,75 m über NN vor Baumaßnahme
- 20,75 m über NN nach Baumaßnahme September 2001

Abb. 5-10: Lage und Form der durchrissenen Bühnen und neugebauten Absenkungsbühnen bei El-km 443,5 bis 443,6; Luftbildaufnahme vom 24.8.1999 (BFG)

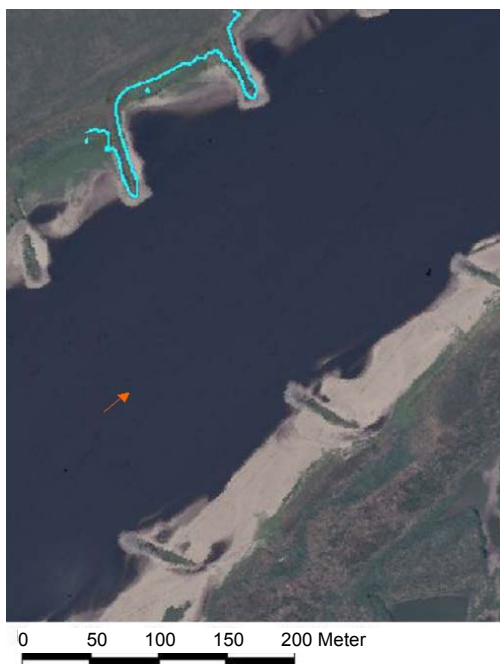


- Abstand der Höhenlinien: 30 cm
- Weißer Linie: 21,1 m NN
- Dunklere Töne: Tiefere Lage
- Hellere Töne: Höhere Lagen
- Koordinatensystem: Gauß-Krüger (Bessel-Ellipsoid)
- Strömungsrichtung: →

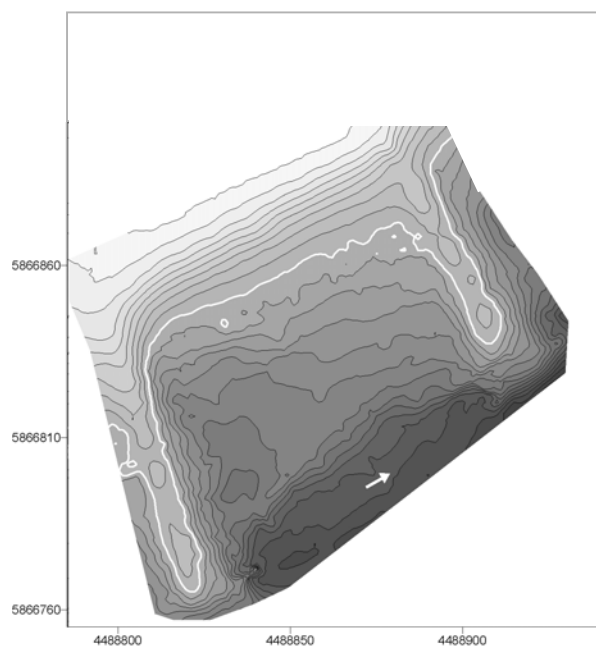
Abb. 5-11: Morphologie der Absenkungsbühnenfelder bei El-km 443,5 bis 443,6, Juni 2002

Abbildung 5-11 stellt die Morphologie der Bühnenfelder nach den Baumaßnahmen 2001 dar. Im oberen Bühnenfeld 443,5 wurden erhebliche Mengen an Aushubmaterial unterhalb des Durchriss abgelagert. Das untere Bühnenfeld wurde hinsichtlich der Morphologie weniger verändert und weist in der unteren ufernahen Hälfte eine homogene Akkumulationsfläche auf, die ungefähr die Hälfte des Bühnenfeldes umfasst und von der Erosionsrinne durchzogen wird.

Das Bühnenfeld bei El-km 443,9 wurde als Referenzbühnenfeld zu den Bühnenfeldern der Absenkungsbuhnen aufgenommen. Ähnlichkeiten der Morphologie bestehen mit dem Bühnenfeld bei El-km 443,6. Die Verlandungsform oberhalb der stromabgelegenen Buhne und die ufernahe Verlandung sind sehr ausgedehnt. Weiterhin besteht ebenfalls an der stromaufgelegenen Buhne eine parallele Vertiefung die vermutlich künstlich verursacht ist. Auch die Größe des Kolkes unterhalb des Bühnenkopfes der stromaufgelegenen Buhne im Übergangsbereich zum Hauptstrom ist vergleichbar.



— 20,80 m über NN



Abstand der Höhenlinien: 30 cm
 Weiße Linie: 20,8 m NN
 Dunklere Töne: Tiefere Lage
 Hellere Töne: Höhere Lagen
 Koordinatensystem: Gauß-Krüger (Bessel-Ellipsoid)
 Strömungsrichtung: →

Abb. 5-12: Lage und Form des Regelbühnenfeldes bei El-km 443,9; Luftbildaufnahme vom 24.8.1999 (BFG-)

Abb. 5-13: Morphologie des Regelbühnenfeldes bei El-km 443,9, Juni 2002

5.2 Bilanzierung morphologischer Indizes

Die morphologische Ausstattung der Bühnenfelder ist aufgrund unterschiedlicher Bühnentypen, Erhaltungszustände der Bühnen sowie Lage, Strömung und Substrat variabel. Für einen Vergleich der Bühnenfelder wurden Quantifizierung und Vergleich morphologischer Eigenschaften durchgeführt. Diese beeinflussen wiederum Strömung und Substratverteilung, wie in den folgenden Kapiteln gezeigt wird. Eigenschaften wie Ausdehnung der Wasserflächen, Verlandung, Durchschnittstiefen und Uferlinienlängen dienen Aussagen zum absoluten Flächenangebot bestimmter mikro- bis mesoskaliger Habitats, den Sedimentationsverhältnissen, welche für unterschiedliche Tiergruppen Gunst- oder Ungunstflächen bedeuten können sowie der Heterogenität der Uferbereiche, die wichtige Funktionen als Rast-, Reproduktions- und Nahrungshabitats ausüben.

Ableitung und Vergleich morphologischer Parameter wurden für die beiden Untersuchungsräume von EI-km 418,2 bis 425 (EIFi) und von EI-km 440,2 bis 443,9 (Ökobühne) getrennt durchgeführt. Die Gruppe der Bühnenfelder des „EIFi“-Projektes beinhaltet zusätzlich zwei weitere stark verlandete Bühnenfelder bei EI-km 452,9 und 453,1, die lediglich morphologisch untersucht wurden. Die beschreibenden Parameter wurden im GIS für verschiedene Wasserstände abgeleitet und beziehen sich auf Pegelstände bei Havelberg und bei Wittenberge, die miteinander korrespondieren (die Pegelangaben in Havelberg liegen ca. 30 cm über den Angaben in Wittenberge). Ausgewertet wurden die Verhältnisse zwischen extremen Niedrigwasserständen und dem Mittelwasserstand, bei dem die Bühnen komplett überströmt sind. Für die Bühnenfelder zwischen EI-km 440,2 und 443,9 wurde die in Messphase 2 (Januar 2002) aufgenommene Morphologie ausgewertet.

5.2.1 Wasserflächen und Volumina

Die Wasserflächen und Volumina beschreiben die Ausdehnungen der Bühnenfelder (Abb. 5-14 und 5-15). Die Unterschiede sind erheblich. Das größte Bühnenfeld im Raum Havelberg bei EI-km 423,4 weist für einen Niedrigwasserstand von 150 cm (Pegel Havelberg) eine Wasserfläche von 10.616 m² und ein Volumen von 11.657 m³ sowie für den ausufernden Mittelwasserstand von 370 cm eine Wasserfläche von 19.040 m² und ein Volumen von 43.539 m³ auf. Das Bühnenfeld mit der geringsten Ausdehnung bei EI-km 453,1 hat lediglich eine Wasserfläche von 1.318 m² und ein Volumen von 1.350 m³ bei Niedrigwasser sowie eine Fläche von 4.376 m² sowie ein Volumen von 6.890 m³ bei einem Wasserstand von 370 cm.

Die Kurven verlaufen im mittleren Pegelbereich weitestgehend stetig und mit gleicher Steigung. Bei niedrigeren Wasserständen bis 200 cm ist für einige Bühnenfelder eine deutlichere Zunahme der Wasserfläche zu verzeichnen, was auf die Verlandungen hinweist, die bei steigenden Wasserspiegellagen in diesem Bereich überspült werden. Dies trifft besonders auf das Bühnenfeld bei El-km 419,2 zu, welches eine zentrale, ausgedehnte Sandbank und zwei mit Sandsäcken provisorisch reparierte Bühnen aufweist (Abb. 5-14). Die übergroße Länge der Bühnen förderte ursprünglich eine ausgedehnte Verlandung im Zentrum. Durch die Durchrisse der Bühnen wurde diese Sandbank binnenseits wieder erodiert. Die zentral gelegene Verlandung trennt somit bei niedrigen Wasserständen einen breiten ufernahen Bereich vom äußeren stromseitigen Abschnitt ab. Zwischen diesen Teilflächen besteht dann keine Verbindung. Die Verlandung wirkt sich auch auf andere morphologische Parameter wie Durchschnittstiefe und Uferlinienlänge aus.

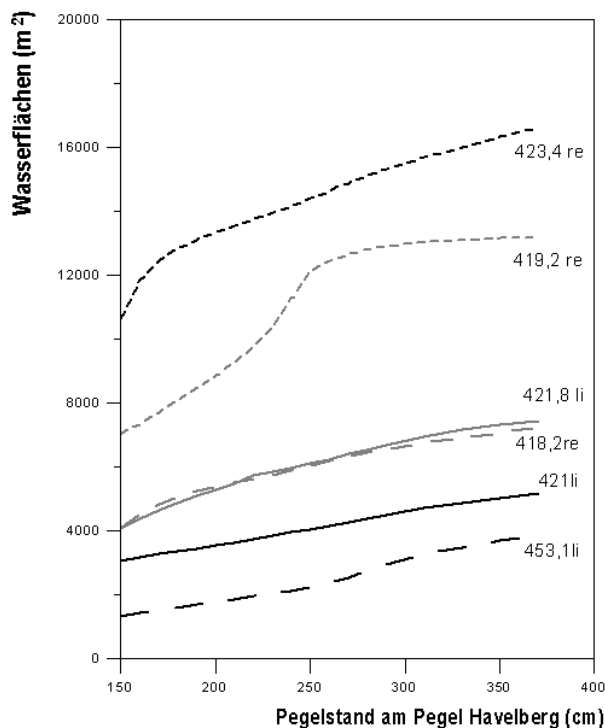


Abb. 5-14: Wasserflächen in Bühnenfeldern von El-km 418,2 bis 425 und bei 453 abhängig von Wasserständen

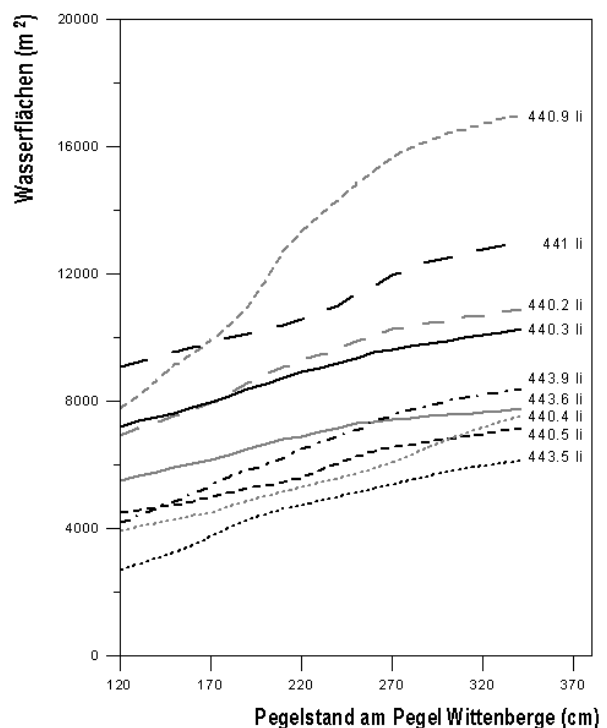


Abb. 5-15: Wasserflächen in Bühnenfeldern von El-km 440,2 bis 443,9 abhängig von Wasserständen

Zwischen El-km 440,2 und 443,9 weist Bühnenfeld 440,9 die größte Ausdehnung auf (Abb. 5-15). Bei dem niedrigsten Wasserstand ist die Wasserfläche mit 7.748 m² (Volumen 11.471 m³) zwar von geringerer Ausdehnung als im benachbarten Bühnenfeld 441, bei steigendem Wasserstand und der Überspülung des stark verlandeten Uferbereiches sowie der zentralen inselartigen Verlandungsform nimmt die Wasserfläche allerdings sprunghaft zu und

erreicht bei Mittelwasser 16.952 m^2 und ein Volumen von 38.882 m^3 . Die geringsten Ausdehnungen mit 2692 m^2 (Volumen: 3.359 m^3) sowohl bei dem Niedrigwasserstand als auch bei Mittelwasser mit 6120 m^2 (Volumen: 13.214 m^3) bestehen in dem oberstromigen Absenkungsbuhnenfeld bei El-km 443,5 (Abb. 5-15). Die Kurvensteigung verläuft mit Ausnahme in Buhnenfeld 440,9 in allen Buhnenfeldern gleichmäßig und stetig, was auf eine homogene Morphologie im Bereich der benässten Flächen hinweist.

5.2.2 Verlandungsflächen

Der Grad der Verlandung errechnet sich aus der Grundfläche abzüglich der Wasserfläche. Die Grundfläche wird seitlich durch die mittleren Längsachsen der Buhnen, stromseitig durch die Verbindungslinie von Buhnenkopf zu Buhnenkopf (10 m vor den Buhnenköpfen in Richtung des Hauptstroms) und uferseitig durch die Verbindungslinie der Buhnenwurzeln begrenzt. Bei einem Vergleich können für einen bestimmten Wasserstand Verlandungs- und Flachwasserbereiche und somit potenzielle Präferenzflächen für terrestrische oder aquatische Arten bestimmt werden. Es bestehen deutliche Unterschiede bei den Ausdehnungen der Verlandungszonen der innerhalb des „EiFi“-Projektes untersuchten Buhnenfelder (Abb. 6-3). Als stark verlandet anzusehen sind die Gleithangbuhnenfelder bei 452,9 und 453,1 mit Verlandungen von bis zu 70 % bei Niedrigwasser. In der Mehrzahl der Buhnenfelder geht der Verlandungsgrad mit steigendem Wasserstand gleichmäßig zurück. Sprünge im Verlauf weist wiederum Buhnenfeld 419,2 auf. Der etwa S-förmige Verlauf der Kurve wird durch die zentrale Verlandung sowie durch die relativ steilen Uferbereiche hervorgerufen. Mit der plötzlichen Überströmung der Sandbank ändert sich die Ausdehnung der Verlandung nur noch geringfügig und bei einem Pegelstand von 370 cm besteht aufgrund des steilen Ufers die geringste Verlandung aller Buhnenfelder mit unter 5 %.

Ein beispielhafter Vergleich der Kurven der Buhnenfelder bei El-km 421 und 421,8 (Abb. 5-16) verdeutlicht ebenfalls unterschiedliche Verläufe von Verlandungen bei zunehmenden Wasserständen. Eine stärkere Abnahme der Verlandung des Buhnenfeldes bei El-km 421,8 bei zunehmendem Pegelstand ist durch eine ausgedehnte und flache Ablagerung im Zentrum des Buhnenfeldes bedingt. Bei einem Anstieg des Wasserstandes um einen Meter wird die zentrale Sandbank beinahe völlig überschwemmt und der Verlandungsanteil reduziert sich deutlich. Danach wird die Kurve wieder flacher und nimmt gleichmäßiger ab. Im Buhnenfeld 421 herrschen weniger heterogene Strukturen. An Verlandungsflächen

sind lediglich die relativ kleine Sandbank im Leebereich der stromauf gelegenen Buhne sowie ein zusammenhängender breiter Uferbereich oberhalb der stromab gelegenen Buhne vorhanden. Beide Strukturen und der Bereich des tiefen Kolkes weisen im Vergleich zum Bühnenfeld 421,8 steilere Ufer auf. Bei einem Anstieg des Wasserstandes nimmt die Verlandungskurve deshalb gleichmäßig ab, da diese Flächen nicht plötzlich überströmt werden.

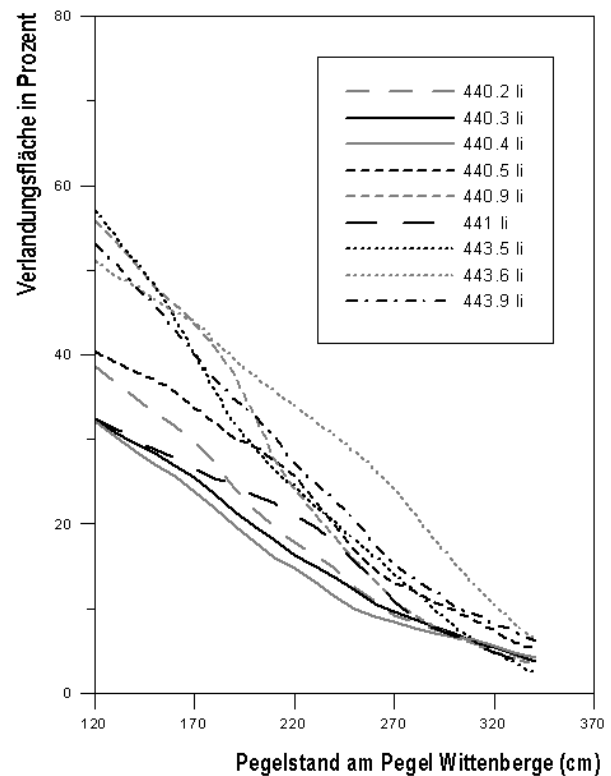
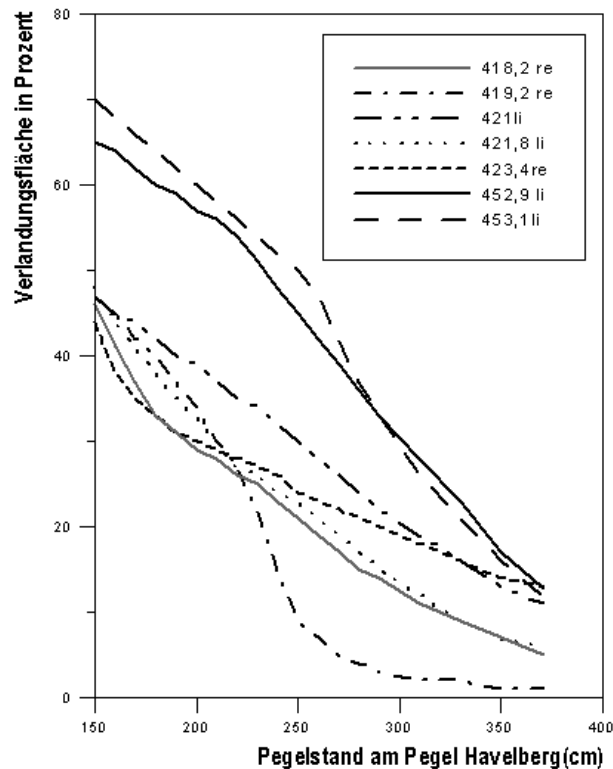


Abb. 5-16: Verlandungsanteile in Bühnenfeldern von EI-km 418,2 bis 425 und bei 453 abhängig von Wasserständen

Abb. 5-17: Verlandungsanteile in Bühnenfeldern von EI-km 440,2 bis 443,9 abhängig von Wasserständen

In den Bühnenfeldern des Projektes „Ökobuhne“ sind die Strukturen insgesamt etwas homogener. Die Kurvenverläufe sind weniger gestreut, nur Bühnenfeld 440,9 zeigt eine etwas stärkere Abnahme der Verlandungsanteile bei den niedrigen Pegelständen, da ab ca. 180 cm (Pegel Wittenberge) die inselartige Verlandung sowie der stark verlandete Uferbereich überströmt werden (Abbildung 5-17). Mit Ausnahme des Bühnenfeldes 440,9, weisen die oberstromigen Bühnenfelder von EI-km 440,2 bis 441 geringere Verlandungsanteile auf als die Bühnenfelder unterhalb von EI-km 443,5. Im Vergleich beider Projektgebiete sind die Verlandungsanteile der Bühnenfelder zwischen EI-km 440,2 und 443,9 des Projektes „Ökobuhne“ bei hohen Wasserständen geringer als die der Bühnenfelder von EI-km 418,2

bis 423,4 und bei El-km 452,9 und 453,1 des „EIFi“-Projektes, während bei niedrigen Wasserständen ein uneinheitliches Bild herrscht.

5.2.3 Durchschnittstiefen und Sedimentmächtigkeiten

Die Durchschnittstiefen beziehen sich auf die zu den verschiedenen Wasserständen jeweils benässten Flächen (Abb. 5-18 und 5-19). Die Steigungen der Kurven verändern sich mit den Pegelständen und verdeutlichen damit die Unterschiede der stromseitigen Bereiche der Bühnenfelder, welche auch bei Niedrigwasser noch überströmt sind, zu den mehr oder weniger verlandeten ufernahen Flächen. So ist erkennbar, dass die Bühnenfelder 452,9 und 453,1 (Abb. 5-18) im Vergleich zu den übrigen Bühnenfeldern bei hohem Wasserstand als stark verlandet, bei geringen Wasserständen aber hinsichtlich der Tiefe der verbliebenen vernässten Flächen als durchschnittlich verlandet einzuordnen sind.

Im Vergleich der Bühnenfelder 421,8 (durchrissene stromaufgelegene Buhne) und 421 (reparierte stromaufgelegene Buhne) weist das tiefere und geringer strukturierte Bühnenfeld 421 bei allen Wasserständen eine höhere Durchschnittstiefe auf, obwohl der Verlandungsanteil höher ist (Abb. 5-18). Die Durchschnittstiefe liegt für Bühnenfeld 421 bei niedrigem Wasserstand bei 1,12 m, da auch bei geringen Wasserständen relativ tiefe Bereiche vorkommen. Der in Bühnenfeld 421,8 deutlich unter 0,75 m liegende Wert zeigt hingegen die geringen Tiefen in den äußeren Bereichen an. Bei einem Pegelstand von 370 cm weist Bühnenfeld 421 eine Durchschnittstiefe von 2,44 m und Bühnenfeld 421,8 von 2,21 m auf. Eine Berücksichtigung beider Parameter bietet für die Beschreibung der morphologischen Verhältnisse ergänzende Aussagen zu den vertikalen und horizontalen Verteilungen der Sedimente.

Die meisten der Bühnenfelder zwischen El-km 440,3 und 443,5 weisen gleichmäßig zunehmende Durchschnittstiefen und damit eine gleichverteilte Zunahme von Wasserflächen und Volumina auf (Abb. 5-19). Deutliche Abweichungen davon ergeben sich für die beiden Bühnenfelder 440,9 und 443,5. Hier nimmt die Durchschnittstiefe bei steigenden Wasserständen bis zu einem Pegelstand von ca. 240 cm (Pegel Wittenberge) nur wenig zu, da sich die Wasserfläche mit Überströmung flacher ufernaher Bereiche relativ schneller ausdehnt als das Wasservolumen. Nach der Überströmung nimmt die Wasserfläche nur noch in geringerem Maße als das Volumen zu. Dies führt zu einer verstärkten Erhöhung der Durchschnittstiefe und einem steileren Anstieg der Kurve.

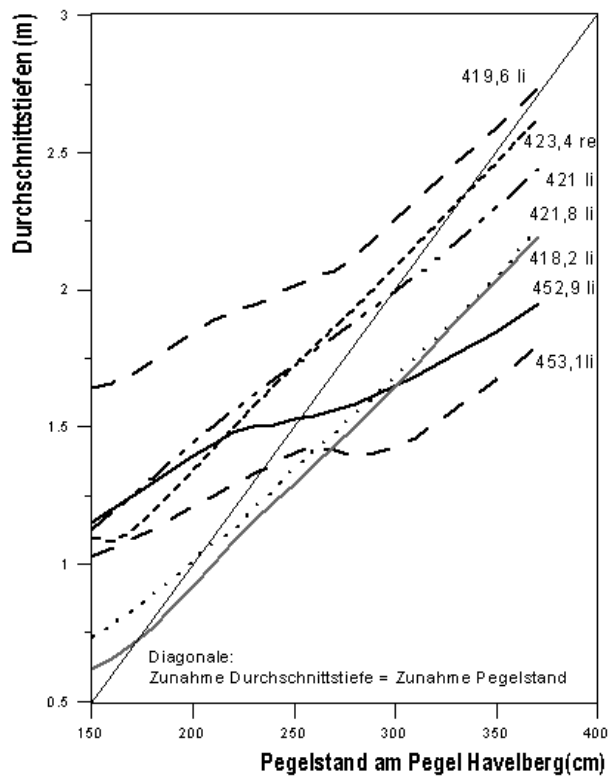


Abb. 5-18: Durchschnittstiefen in Bühnenfeldern von EI-km 418,2 bis 425 und bei 453 abhängig von Wasserständen

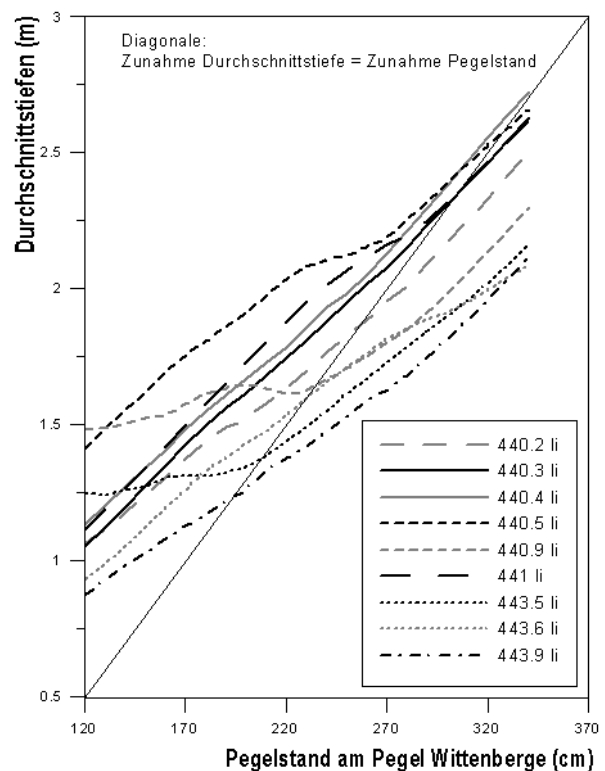


Abb. 5-19: Durchschnittstiefen in Bühnenfeldern von EI-km 440,2 bis 443,9 abhängig von Wasserständen

Die Flächen unterhalb der Kurven können auch als idealisierte Betrachtung der Verlandungsform im Aufriss quer zur Fließrichtung verstanden werden (Abb. 5-18 und 5-19), während die vorhergehenden Verlandungsflächenindizes die Auflandungen flächig im Grundriss beschreiben. Die in allen Bühnenfeldern vorhandenen Verlandungsflächen führen zu einer flacheren Steigung der Kurven als die in den Grafiken enthaltenen Diagonalen, welche einen unbeeinflussten Verlauf wie z.B. in Becken ohne Akkumulationen veranschaulichen. So steigen in Hafenbecken mit senkrechten Wänden die Durchschnittstiefen in gleichem Maße wie die Pegelstände, da die Wasserflächengrößen fixiert sind. In Bühnenfeldern dagegen werden bei steigenden Wasserständen flachere Bereiche überströmt, was zu einer Zunahme der Wasserfläche und somit zu einem geringeren Ansteigen oder auch teilweisen Abnahme der Durchschnittstiefe führt. Unter der realistischen Annahme, dass bei Niedrigwasserständen nur die äußeren Bereiche der Bühnenfelder benässt sind, ergibt die Differenz der Zunahmen des Pegelstandes und der Durchschnittstiefen bis zum höchsten ausgewerteten ausufernden Wasserstand die durchschnittliche Auflagemächtigkeit. Unterschiede von Prallhang- und Gleithanglagen finden Berücksichtigung, da die äußeren, stromseitigen Bereiche der Bühnenfelder diesen Einflüssen unterliegen und der Anstieg der Sedimentation in Richtung des Ufers von dem auch unter natürlichen Verhältnissen niedrigeren bzw.

höheren Verlandungsniveau ausgeht. Für die Berechnung der Sedimentationsvolumina in den Bühnenfeldern wird die durchschnittliche Auflagemächtigkeit mit der Grundfläche multipliziert (Gleichung 5-1).

$$\text{Gl. 5-1: Sedimentation} = (\text{Zunahme Pegelstand} - \text{Zunahme Durchschnittstiefe}) \cdot \text{Grundfläche}$$

Sedimentation	=	Innerhalb des Bühnenfeldes liegendes Akkumulationsmaterial (m ³)
Zunahme Pegel	=	Zunahme des Pegelstandes von Niedrigwasserstand bis ausuferndem Wasserstand (m)
Zunahme Durchschnittstiefe	=	Zunahme der Durchschnittstiefe von Niedrigwasserstand bis ausuferndem Wasserstand (m)
Grundfläche	=	ausgewertete Fläche des gesamten Bühnenfeldes, entspricht weitestgehend der Wasserfläche bei ausuferndem Wasserstand (m ²)

Tab. 5-1: Sedimentationsmächtigkeiten und -volumina untersuchter Bühnenfelder

Bühnenfeld (EI-km)	Projekt	Lage	Fläche (m ²)	Durchschnittliche Auflagemächtigkeit (m)	Akkumulationsmaterial (m ³)
418,2	EIFi	Gerade Strecke	7.583	1,75	13.308
419,2	EIFi	Gleithang	13.313	1,84	24.559
419,6	EIFi	Prallhang	8.241	1,76	14.472
419,7	EIFi	Prallhang	9.444	1,71	16.124
421	EIFi	Gleithang	5.767	1,58	9.113
421,8	EIFi	Gleithang	7.854	1,72	13.473
423,4	EIFi	Prallhang	19.040	1,67	31.881
440,2	Ökobuhne	Gerade Strecke	9.780	0,77	7.498
440,3	Ökobuhne	Gerade Strecke	8.864	0,63	5.593
440,4	Ökobuhne	Gerade Strecke	7.496	0,61	4.604
440,5	Ökobuhne	Gerade Strecke	6.252	0,95	5.968
440,9	Ökobuhne	Prallhang	14.680	1,39	20.359
441	Ökobuhne	Prallhang	12.324	0,70	8.635
443,5	Ökobuhne	Prallhang	5.472	1,29	7.051
443,6	Ökobuhne	Prallhang	6.492	1,05	6.798
443,9	Ökobuhne	Prallhang	7.975	0,96	7.635
452,9	EIFi	Beginn Gleithang	5.786	1,30	7.505
453,1	EIFi	Beginn Gleithang	4.376	1,27	5.538

Tabelle 5-1 enthält die Menge der innerhalb der Bühnenfelder des „EIFi“- und des Projektes „Ökobuhne“ abgelagerten Sedimente. In Abbildung 5-20 sind die durchschnittlichen Auflagemächtigkeiten dargestellt. Dabei können drei Gebiete abgegrenzt werden. Von EI-km 418,2 bis 423,4 sind die höchsten Sedimentationen zu verzeichnen. Im Bereich von EI-km 440,2

bis 441 sind mit Ausnahme des Bühnenfeldes bei EI-km 440,9 wesentlich geringere Mengen abgelagert worden. In Bühnenfeld 440,9 stellt das überdurchschnittlich große Verhältnis von Bühnenabstand zu Bühnenlänge eine Besonderheit dar, welche veränderte Wirbelbildungen hervorruft (vgl. Kapitel 3.3: RITZERT 2001, FELKEL 1975) und somit Sedimentationen fördert. Vor der Instandsetzung der Bühnen dieses Bühnenfeldes hatten allerdings ufernahe Erosionen zur Ausbildung einer inselartigen Verlandungsform aus vorher abgelagerten Sedimenten geführt und diese modifiziert. Die im Rahmen des Projektes „Ökobühne“ von EI-km 443,5 bis 443,9 und im Rahmen des „EIFi“-Projektes bei EI-km 452,9 und 453,1 untersuchten Bühnenfelder weisen bereits wieder höhere Auflagen als der Abschnitt von EI-km 440,2 bis 441 auf, erreichen allerdings nicht die Mächtigkeiten des ersten Flussabschnitts oberhalb des Elbeknies bei EI-km 427.

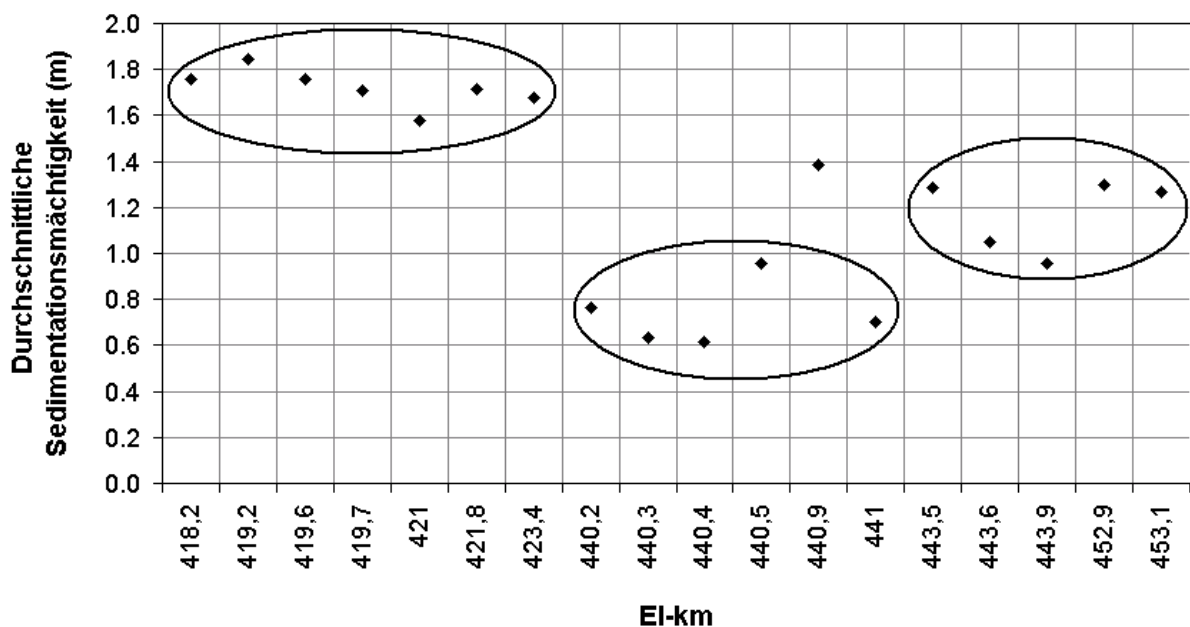


Abb. 5-20: Durchschnittliche Sedimentationsmächtigkeiten der untersuchten Bühnenfelder

Die vor der Instandsetzung bzw. dem Umbau schlechten Erhaltungszustände (Klasse 3) der Bühnenfelder 440,2 bis 440,5 haben voraussichtlich nicht das niedrige Verlandungsniveau verursacht, da auch in den übrigen Flussabschnitten Bühnenfelder mit stark beschädigten Bühnen vorkommen. Abbildung 5-20 veranschaulicht die in Tabelle 5-1 dargestellten Verhältnisse von drei abzugrenzenden Bereichen mit relativ geringer, mittlerer und relativ hoher Sedimentation, wobei Bühnenfeld 440,9 aus genannten Gründen vernachlässigt wird. Diese Verhältnisse sind demnach weitestgehend unbeeinflusst von den aktuellen Bühnenformen, sondern unterliegen mesoskaligen Einwirkungen.

5.2.4 Uferlinienindex

Eine ausgeprägte morphologische Uferstruktur ist nach dem Inshore Retention Concept (SCHIEMER et al. 2001) u.a. für die Entwicklung von Zooplankton und Fischlarven von hoher Bedeutung. PEZENBURG et al. (2002) benennen die Reduzierung der Uferstrukturen als einen der Faktoren für Bestandsrückgänge vieler Fischarten an der Elbe und formulieren als einen der Ansprüche für eine verbesserte Morphologie eine reich strukturierte Uferlinie mit einer Vielfalt von Strömungsgeschwindigkeiten, Substraten und Wassertiefen. Die Heterogenität der Morphologie eines Bühnenfeldes lässt sich in Anlehnung an den Uferentwicklungsfaktor von SCHWOERBEL (1993) mit dem Uferlinienindex gut erfassen. Der Index beschreibt die Länge der Uferlinie innerhalb des Bühnenfeldes bei den verschiedenen Wasserständen. Die Länge der tatsächlichen Wasserlinie wurde unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bühnenfeldausdehnungen zum Abstand der Bühnenköpfe und der Länge beider Bühnen (idealisierte Uferlinie) ins Verhältnis gesetzt.

Teilweise bestehen Ähnlichkeiten von Uferlinienindex und Verlandungsflächen, wobei der Uferlinienindex auch die Form von Verlandungsflächen und das Vorhandensein von Kolken und Durchrissen berücksichtigt. Der Verlandungsgrad ist mit steigendem Wasserstand stetig abnehmend. Wenn hingegen mit steigendem Wasserstand Strukturen wie trockengefallene Durchrisse oder Kolke wieder durchströmt oder angebunden werden, kann der Uferlinienindex auch zunehmen. Dies ist für die Bühnenfelder mit durchrissenen Bühnen bei El-km 418,2, 419,2 und 421,7 des „EIFi“-Projektes bei Niedrigwasserständen von 150 cm bis 250 cm deutlich ausgeprägt. Abbildung 5-21 stellt repräsentativ für diese Gruppe die Bühnenfelder 419,2 und 421,8 dar. In den stark verlandeten Bühnenfeldern 452,9 und 453,1 ist ebenfalls bei steigendem Wasserstand eine Zunahme erkennbar, die allerdings aufgrund der starken Verlandung erst ab einem Wasserstand von 200 cm bzw. 250 cm eintritt und nur gering ausgeprägt ist. Bühnenfeld 423,4 zeigt nur unwesentliche Zunahmen bis zum Pegel von ca. 250 cm. Die Uferlinien nehmen ab diesem Pegelstand deutlicher ab. Die Bühnenfelder 419,6 sowie 419,7 (vgl. Abb. 5-1) und 421 haben einen fast durchgängig abnehmenden Uferlinienindex (Abb. 5-21). Diese vier letztgenannten Bühnenfelder sind also bezüglich Veränderungen der Uferstruktur bei unterschiedlichen Wasserständen als eher strukturarm zu bezeichnen.

Für die Bühnenfelder des „EIFi“-Projektes lassen sich drei Gruppen identifizieren. Die Bühnenfelder mit heterogenen Uferstrukturen (Bühnenfelder 419,2 und 421,8) haben bei wechselnden Wasserständen abwechslungsreiche Kurvenverläufe mit mehrmaligen Zu- und

Abnahmen des Uferlinienindex. Zu beachten ist für diese Gruppe neben dem Kurvenverlauf auch der absolut deutlich größere Index. Bühnenfelder mit überwiegend abnehmender und nur teilweise geringer Zunahme der Uferlinienlänge verfügen über eine Verlandungsform, die mit dem Ufer verbunden ist. Bei steigendem Wasserspiegel kommt es hier zu ungleichmäßigen Überströmungen und deshalb zu geringen Längenzunahmen (421 und 423,4). Bühnenfelder, die im wesentlichen durch verlandete Uferstrukturen gekennzeichnet sind, haben einen lange gleichbleibenden oder leicht zunehmenden Uferlinienindex und erst bei höheren Wasserständen fallende Kurven zu verzeichnen. Der Index ist eher niedrig (452,9 und 453,1).

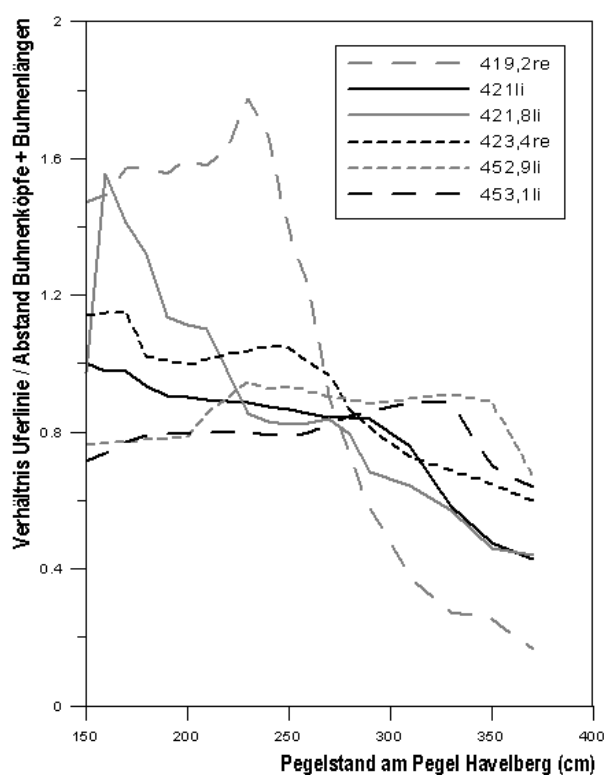


Abb. 5-21: Uferlinienindex in Bühnenfeldern von El-km 418,2 bis 425 und bei 453 abhängig von Wasserständen

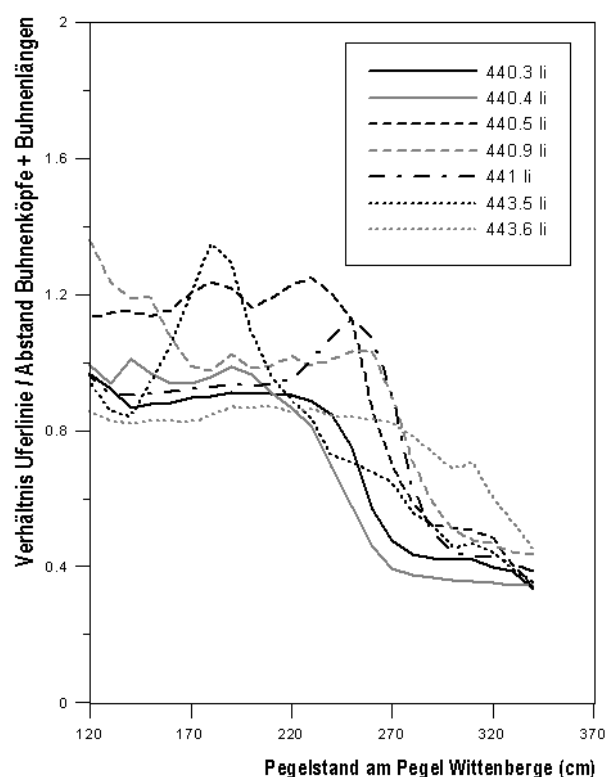


Abb. 5-22: Uferlinienindex in Bühnenfeldern von El-km 440,2 bis 443,9 abhängig von Wasserständen

Ähnliche Einteilungen gelten für die Bühnenfelder des Projektes „Ökobühne“ (Abb. 5-22). Die Bühnenfelder 440,3, 440,4 und 443,6 weisen bei niedrigen Wasserständen relativ gleichbleibende und bei steigenden Wasserständen und Überströmung der Strukturen schnell abnehmende Indizes auf. Der Verlauf der Kurven der Bühnenfelder 440,5, 440,9 und 441 ist von abwechselndem Steigen und Fallen gekennzeichnet, was auf heterogene Strukturen hinweist. Diese Gruppe weist auch höhere Indizes auf. Deutliche Zunahmen der Indizes, die auf die Anbindung größerer Strukturen bei steigenden Wasserständen zurückzuführen sind, sind

nur für Buhnenfeld 443,5 vorhanden. Der bei Niedrigwasser trockenfallende Durchriss wird bei steigenden Wasserständen ab 140 cm (Pegel Witteberge) wieder an die benässte Fläche angeschlossen. Ab einem Pegelstand von 180 cm werden dann die heterogenen Strukturen, die in dieser Messphase überwiegend durch die Bauarbeiten verursacht waren, überströmt und die Kurve fällt steil ab.

5.3 Resümee

Als Grundlage der Auswertungen wurden für die untersuchten Buhnenfelder digitale Geländemodelle erstellt. Diese ermöglichen qualitative Beschreibungen der Buhnenfelder, wie sie eingangs des Kapitels durchgeführt wurden und geben einen Überblick über die morphologischen Verhältnisse, wie z.B. Längen-Breitenverhältnisse, Lagen von Verlandungsstrukturen und Ausdehnungen der Untersuchungsflächen.

Anschließend standen Quantifizierungen von Strukturen der Gesamtflächen der Buhnenfelder im Mittelpunkt. Für eine Verknüpfung mit Ergebnissen biologischer Untersuchungen, die für die gesamten Buhnenfelder ohne weitere Differenzierungen von Mikrostrukturen erhoben wurden, bieten diese Charakterisierungen die Möglichkeit von Aussagen zu Eignungen gesamter Buhnenfelder. So kann beispielsweise das Fehlen bestimmter Arten nicht nur auf den Mangel notwendiger Mikrostrukturen, sondern auch auf einen besonders hohen Verlandungsgrad zurückzuführen sein. Analysen von Teilflächen, den Mikrohabitaten, die sich auf das Vorhandensein kleinräumiger Habitateigenschaften konzentrieren, folgen in Kapitel 9.

Die vier Parameter Wasserflächenausdehnung, Verlandungsflächenanteile, Durchschnittstiefen, Sedimentmächtigkeiten und der Uferlinienindex wurden grafisch als Funktion unterschiedlicher Wasserstände dargestellt, die sowohl für die Abgrenzung verschiedener Zustände als auch für die Charakterisierung ufernaher Habitate geeignet sind. Der Verlauf der Kurven verdeutlicht die wechselnden Verhältnisse und Auswirkungen auf die unterschiedlich strukturierten Buhnenfelder. Für eine Probenahmeperiode können so z. B., bei Kenntnis der aufgetretenen Wasserstände, die zur Verfügung gestandenen relevanten Flächenanteile eines gesamten Buhnenfeldes identifiziert werden. Schwellenwerte, z.B. für das Trockenfallen bestimmter Strukturen, das Angebundensein von Durchrissen oder die Unter- oder Überschreitung kritischer Größen, lassen sich definieren um periodische Einflüsse, z. B. von Niedrigwasserphasen, bewerten zu können.

Die Kurvenschar für die Bühnenfelder dient der Zusammenfassung in Gruppen. Die Parameter sind diesbezüglich unterschiedlich geeignet. Eine gute Differenzierung kleinräumiger Strukturen bietet die Auswertung des Uferlinienindex. Abwechslungsreiche Verläufe deuten auf heterogene Morphologien und somit reichhaltigere Uferregionen hin, welche durch Bühnendurchrisse und unterhalb davon liegende Erosionsrinnen gefördert werden.

Die Parameter Verlandung und Wasserflächen sind vorwiegend hinsichtlich der Unterscheidung von Ausprägungen und Größenordnungen geeignet. Der Verlandungsindex beschreibt im wesentlichen die horizontale Ausdehnung der Flächen. Die Durchschnittstiefen berücksichtigen den vertikalen Aspekt der Sedimentation. Die Kurvenverläufe zeigen für steigende Pegelstände bei Verringerung der Steigung den Beginn und bei Erhöhung der Steigung den Abschluss der Überflutung von Verlandungen auf.

Eine Berechnung der Sedimentationsmächtigkeiten in den Bühnenfeldern ist durch Subtraktion der Zunahme der Durchschnittstiefen von dem Anstieg der Pegelstände möglich. Durch Multiplikation der so ermittelten durchschnittlichen Sedimentationsauflage mit der Bühnenfeldfläche ergibt sich das Gesamtvolumen. Dies ist insbesondere im Vergleich mit periodischen Ein- und Austrägen von Interesse, die in Kapitel 8 behandelt werden. Der Vergleich der Sedimentationsverhältnisse der Bühnenfelder ergibt eine mesoskalige flussgebietsabhängige Einteilung. Dabei wurden drei unterschiedliche Abschnitte identifiziert, die sich bezüglich der Mengen akkumulierten Materials unterscheiden. Verlandungen sind eher mesoskalig und lagebedingt. Die Luftbilder der Flussabschnitte von 440 bis 444 verdeutlichen, dass eine hohe Abhängigkeit der Verlandungstendenz von Prall- oder Gleithanglagen besteht. Auf den Abbildungen 5-6, 5-8 und 5-12 sind diese Unterschiede zwischen den Ufern gut erkennbar. Vereinzelt stark verlandete Bühnenfelder an Prallhängen unterliegen, wie oben für Bühnenfeld 440,9 beschrieben, besonderen Randbedingungen.

Auswirkungen der Bühnenformen auf die Sedimentationsbilanz lassen sich kaum erkennen. Bühnendurchrisse oder veränderte Bühnen modifizieren vor allem kleinräumig begrenzt großräumig beeinflusste Prozesse. Diese Modifikationen, die die morphologische, sedimentologische und hydraulische Vielfalt erhöhen und mikroskalig von hoher ökologischer Bedeutung sind (vgl. Kapitel 9), können anhand des Uferlinienindex gut quantifiziert werden.