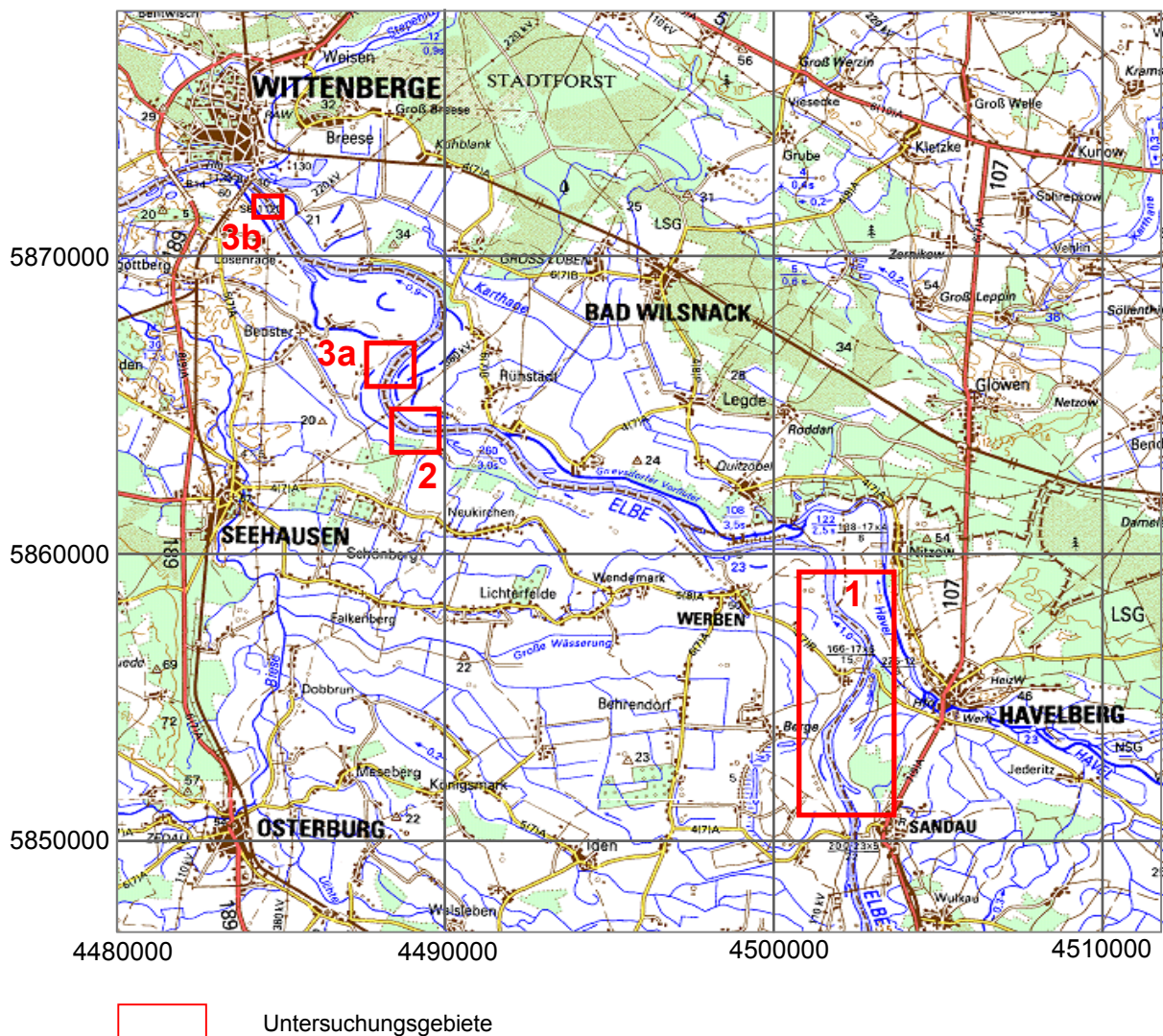


## 4 Untersuchungsgebiete und Methodik

### 4.1 Untersuchungsgebiete

Die untersuchten Bühnenfeldern lagen zwischen El-km 418 bei Sandau und El-km 453 bei Wittenberge und werden 4 Untersuchungsgebieten zugeordnet, von denen 3a und 3b aufgrund gleichartiger Substratverhältnisse im Flussschlauch im weiteren Verlauf zusammengefasst werden (Abb.4-1, vgl. Abb. 3-1 und 3-7 sowie Tabellen 4-1 und 4-2).



**Abb. 4-1:** Lage der untersuchten Flussabschnitte (Ausschnitt aus Topografischer Karte 1:50000 Sachsen-Anhalt, Koordinatensystem: Gauß-Krüger, Bessel-Ellipsoid; Einheit der Achsen: m):

- 1: El-km 418,2 bis 425 (Projekt EIFi)
- 2: El-km 440,2 bis 441,1 (Projekt Ökobuhne)
- 3a: El-km 443,5 bis 443,9 (Projekt Ökobuhne)
- 3b: El-km 452,9 bis 453,1 (Projekt EIFi)

Im Rahmen des Elbeökologie-Verbundprojektes „Ökologische Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen an der Elbe - EIFi“ wurden schwerpunktmäßig Bühnenfelder mit durchrissenen, reparierten und völlig erneuerten Bühnen sowie in unterschiedlichen Lagen ausgewählt und hydromorphologisch untersucht (Tabelle 4-1). Der Schwerpunkt des Untersuchungsgebietes lag im Raum Havelberg und Sandau zwischen El-km 418 und 423,4. Zwei weitere stark verlandete Bühnenfelder außerhalb dieses Untersuchungsraumes bei El-km 453 wurden zusätzlich morphologisch eingemessen. Die Aufnahmen erfolgten einmalig in den Jahren 1998 und 1999.

**Tab. 4-1:** Hydromorphologisch untersuchte Bühnenfelder im Rahmen des Elbeökologie-Verbundprojektes „Ökologische Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Elbe“

El-km	Struktur	Lage	Untersuchte Parameter
418,2, rechts	Bühnenfeld mit Buhndurchriss Mitte	Gerade Fließstrecke	Morphologie, Strömung, Korngrößen
419,2, rechts	Bühnenfeld mit Buhndurchriss Mitte, provisorisch repariert	Gleithang	Morphologie
419,6, links	Bühnenfeld mit Buhndurchriss Wurzel	Prallhang	Morphologie
419,7, links	Bühnenfeld mit reparierten Bühnen	Prallhang	Morphologie
421, links	Bühnenfeld mit reparierter Bühne	Gleithang	Morphologie, Strömung, Korngrößen
421,8, links	Bühnenfeld mit Buhndurchriss Wurzel	Gleithang	Morphologie, Strömung, Korngrößen
423,4, rechts	Bühnenfeld mit erneuerten Bühnen	Prallhang	Morphologie, Strömung, Korngrößen
425	Bühnen verlandet, ohne hydraulische Funktion	Gerade Fließstrecke	Morphologie, Korngrößen
452,9, links	stark verlandetes intaktes Bühnenfeld	Beginn Gleithang	Morphologie
453,1, links	stark verlandetes intaktes Bühnenfeld	Beginn Gleithang	Morphologie

Im Mittelpunkt des von den Bundesanstalten für Wasserbau (BAW) und Gewässerkunde (BFG) gemeinsam durchgeführten Projektes „Ökologische Optimierung von Bühnen in der Elbe – Ökobühne“ (Kurztitel: „Ökobühne“) stand die Begutachtung von Bühnenfeldern mit

modifizierten Bühnen und von Bühnenfeldern mit unveränderten, aber intakten Bühnen als Referenzflächen (Tabelle 4-2). Bei den modifizierten Bühnen handelte es sich um Knickbühnen, einer Kombination aus inklinanten und deklinanten Bühnen sowie um Bühnen mit befestigten Durchrissen definierter Schwellenhöhen (ANLAUF & HENTSCHEL 2002). Sämtliche Flächen liegen zwischen El-km 440 und 444 bei Schönberg-Deich und Scharpenlohe am linken Elbeufer. Die Morphologien wurden wiederholt zwischen Mai 2001 und Oktober 2002 eingemessen und die Strömungen bei unterschiedlichen Abflüssen (Niedrigwasser 2001, Mittelwasser 2001, Winterhochwasser 2002, Sommerhochwasser 2002) aufgezeichnet.

**Tab. 4-2:** Hydromorphologisch und morphodynamisch untersuchte Bühnenfelder im Rahmen des BAW/BFG-Projektes „Ökologische Optimierung von Bühnen in der Elbe“

El-km	Struktur	Lage	Untersuchte Parameter
440,2, links	2000 neugebaute Knickbühnen	Gerade Fließstrecke, Beginn Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
440,3, links	2000 neugebaute Knickbühnen	Gerade Fließstrecke, Beginn Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
440,4, links	2000 neugebaute Knickbühnen	Gerade Fließstrecke, Beginn Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
440,5, links	2000 neugebaute Knickbühne oberstrom, Regelbühne unterstrom	Gerade Fließstrecke, Beginn Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
440,9, links	Regelbühnen, Referenzbühnenfeld	Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
441,1, links	Regelbühnen, Referenzbühnenfeld	Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
443,5, links	Bühnendurchriss Wurzel, seit 2001 umgebaute Absenkungsbühnen	Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
443,6, links	Bühnendurchriss Wurzel, seit 2001 umgebaute Absenkungsbühnen	Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen
443,9, links	Regelbühnen, Referenzbühnenfeld	Prallhang	Morphologie, Strömung Korngrößen

## 4.2 Methodik der hydromorphologischen Untersuchungen

Hydromorphologische Untersuchungen sind für die Bewertung und Beschreibung von aquatischen Habitatstrukturen und für die Ableitung weiterer Parameter, wie z. B. Abfluss, Ausdehnung, Durchschnittstiefe, Neigung notwendig. Untersuchungen dieser Art sind deshalb auch in der EU-Wasserrahmenrichtlinie vorgesehen (WRRL: Artikel 11 (3) i) und Anhang II, 1.2.1 Flüsse, System A und B; 1.4 iv) und Anhang V, 1.1.1 Flüsse, 1.2.1 Begriffsbestimmung für den sehr guten, guten und mäßigen ökologischen Zustand von Flüssen, 1.3.2 Gestaltung der operativen Überwachung und 1.3.4 Überwachungsfrequenz).

Die hydromorphologische Charakterisierung erfordert Aufnahmen der physikalischen Parameter von Sohlen- und Ufermorphologie, Sedimenten und der hydraulischen Verhältnisse. Dies bedeutet nach Auswahl und Identifizierung geeigneter Bereiche die Durchführung von Naturmessungen, um eine hohe Messdatendichte ausreichender Qualität zu gewinnen. Die Daten wurden bei regelmäßigen Kampagnen zu unterschiedlichen Wasserständen erhoben. Zudem wurden die regelmäßigen Messkampagnen 2000 noch durch mehrere Parallelversuche ergänzt, welche in zwei Bühnenfeldern mit gleichzeitig laufenden Strömungsmessern, Wellenschreibern, Pegelmessern sowie Messungen von Tracerkonzentrationen und Aufnahme von Luftbildern durchgeführt wurden (WIRTZ & ERGENZINGER 2001).

Die Charakterisierung der untersuchten Bühnenfelder umfasst die Beschreibung der Morphologien und Lagen, die hydraulischen Verhältnisse zu verschiedenen Abflusszuständen und die Korngrößenverteilung. In Kapitel 5 und 6 werden die Ergebnisse der Übertragung aufgenommener Naturdaten in ein Geografisches Informationssystem (GIS) für die Morphologie und die Strömung sowie in Kapitel 7 die Korngrößenverteilungen beschreibende Kreisdiagramme und deren Positionierungen dargestellt und interpretiert. Im Anschluss an die Zustandsbeschreibungen erfolgt in Kapitel 8 die Auswertung von Auswirkungen morphodynamischer Prozesse bei unterschiedlichen Abflüssen. Verwendet werden die nach Ende der Abflussphasen eingemessenen Morphologien und die verschnittenen Topografien nachfolgender Phasen.

### 4.2.1 Morphologische Aufnahmen

Die Aufzeichnung der Sohlenmorphologie erfolgte bei Fahrten mit einem Flachwasserecholot Hydrograph SPH 700.2D MM - 10593 der Firma Fathentholtz und einem parallel laufenden Satellitennavigationssystem (DGPS) im Sekundentakt. Die Firma Fathentholtz entwickelte in

der Nachkriegszeit die ersten Flussprofilmessgeräte (WEHRKAMP 1954a, 1954b), welche eine deutliche Vereinfachung der Peilung von Querprofilen bedeuteten. FLUG et al. (1997) heben die deutlichen Vorteile des Einsatzes von Echoloten mit digitaler Datenerfassung zur Vermessung von Gewässern, wie Kosteneffizienz und höhere Datendichte gegenüber den bis vor kurzem üblichen Handlotungen hervor. Das im Rahmen der Elbeprojekte verwendete Echolot verfügt über 5 Schwinger (integrierte Signalgeber und –empfänger) mit drei unterschiedlichen Frequenzen (30 kHz, 200 kHz, 700 kHz). Die unterschiedlichen Frequenzen waren ursprünglich für eine ausführlichere und flächendeckende Sohlsubstratansprache vorgesehen. Die verschiedenen Schallfrequenzen dringen unterschiedlich tief in die Sohle ein. Mächtigkeiten von Faulschlammauflagen lassen sich z. B. anhand der von den 30 kHz-Schwingern (reflektiert von Hartsubstrat) und den 700 kHz-Schwingern (reflektiert von Weichsubstrat) angezeigten Tiefen ermitteln. Arbeiten von RUKAVINA (2001) zeigen die Möglichkeiten einer differenzierten Auswertung der von Sedimenten mit unterschiedlicher Korngrößenverteilung reflektierten Schallfrequenzen. Dennoch benötigt das Verfahren umfangreiche Kalibrierungs- und Testverfahren, weshalb für die Projektarbeiten lediglich die 200 kHz Frequenzdaten ausgewertet wurden und somit die Sohlenlage aufgezeichnet wurde.

Die im Rahmen der Projektarbeiten verwendete Kombination eines Flachwasserecholotes mit einem GPS ermöglichte eine weitere Flexibilisierung, da nicht nur Messungen entlang eines vorher festgelegten Querprofils erfolgen, sondern beliebig viele Punkte flächendeckend aufgezeichnet werden konnten. Die aufgezeichneten GPS-Daten wurden im Postprocessing differentiell korrigiert. Dabei werden zeitgleich aufgenommene Daten einer Referenzstation mit bekannten Koordinaten verwendet, um nachträglich Ungenauigkeiten, welche aufgrund atmosphärischer Einflüsse auftreten, herauszurechnen. Das verwendete GPS erreichte damit eine Genauigkeit im Submeterbereich.

HARDY (1998), HIGGIT et al. (1999), PARASIEWICZ et al. (1999) und PARASIEWICZ (1996) verdeutlichen die Bedeutung der Entwicklung des GPS in den letzten Jahren für fluvial-geomorphologische Datenerfassung auch in schwierigem Gelände. HARDY (1998) hebt die Möglichkeit quantifizierender Auswertungen hervor, die sich aus den flächendeckenden Aufnahmen mittels Echoloten, GPS und akustischen Strömungsmessgeräten und der Weiterverarbeitung in einem GIS ergeben. PARASIEWICZ (1996) verglich die Ergebnisse von Probennahmen entlang von festgelegten Querprofilen mit flexibel im Gelände verteilten Messpunkten, deren Dichte aufgrund der GPS-Technologie relativ hoch gewählt werden kann. Anhand aufgenommener Daten an frei gewählten Messpunkten, deren Auswahl allerdings Erfahrung mit morphologischen Aufnahmen voraussetzt, können digitale Gelände-

modelle interpoliert werden. Die Verwendung dieser Geländemodelle für die anschließende Auswertung ergab im Vergleich zu entlang von Querprofilen aufgezeichneten Werten eine hohe Übereinstimmung der extrahierten Häufigkeitsverteilungen. Die GPS-basierte Methode freier Messpunktewahl im Gelände, in Kombination mit anschließend errechneten digitalen Geländemodellen, wurde somit positiv evaluiert und bedeutet eine erhebliche Zeitersparnis für Geländearbeiten. Diese Methode lag auch den Messungen in den Bühnenfeldern zugrunde.

Ergänzt wurden die Aufnahmen der benähten Flächen durch tachymetrische Einmessungen der Uferbereiche. Ziel war die Aufnahme der Morphologie bis zur Uferlinie, welche bei bordvollem Wasserstand erreicht wird und im Untersuchungsgebiet bei Havelberg einem Pegelstand von ca. 370 cm und bei Wittenberge einem Pegelstand von ca. 390 cm entspricht. Teilweise wurden die Deichvorländer bis zur Deichkrone mit eingemessen. Die Anzahl der tachymetrisch eingemessenen und echogeloteten Messpunkte ermöglichte die Erstellung von Geländemodellen im GIS auf der Basis eines 1 \* 1 m Rasters.

#### **4.2.2 Strömungsmessungen**

Die Ermittlung von Strömungen und den abgeleiteten hydraulischen Parametern erfolgt vielfach anhand hydraulischer Modelle, welche für offene Gerinne erprobt sind. Auch Strömungsvorgänge in Bühnenfeldern, welche komplexen instationären Abläufen unterliegen, werden seit neuerem über numerische Modelle beschrieben (KREBS 2001; VAN SCHIJNDEL 2001). Die Ergebnisse unterliegen dennoch gewissen Unsicherheiten und decken sich nicht vollständig mit gemessenen Werten. Abweichungen von gemessenen und berechneten Werten zeigen zum Beispiel auch Messungen über rauhen Sohlen mit geringen relativen Überdeckungen (DITTRICH 1997a). Da im Rahmen der Projektgruppe Elbeökologie Modellierungen von Strömungsvorgängen in Bühnenfeldern bereits vorgesehen waren, wurde für die Erfassung der Hydraulik mittels eines aufwendigen Messprogramms die Verwendung der dem neuesten Stand der Technik entsprechenden Ultraschallvelocimetrie gewählt. Bis Mitte der 90er Jahre war die Verwendung der Ultraschallvelocimetrie für Abflussmessungen in Flüssen nicht verbreitet. BARSCH et al. (1994) nennen bei den Methoden volumetrische Messungen, Schwimmer- oder Treibkörpermessungen, Messungen mit Markierungstoffen (Tracern) und Flügelmessungen und führen weiter die Vor- und Nachteile auf. Die bis dahin zuverlässigsten Methoden waren die Tracer- und Flügelmessungen, welche aber deutlichen Restriktionen unterlagen. Tracermessungen sind aufwendig und bei Fließgeschwindigkeiten unter  $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  und quasilaminaren

Strömungsverhältnissen ist die Durchmischung vielfach nicht ausreichend. Flügelmesser sind trotz einer hohen Genauigkeit sehr wartungsbedürftig und anfällig für mechanische Beschädigungen durch Treibgut. Ein wesentlicher Vorteil der neueren Ultraschallmessgeräte ist weiterhin die dreidimensionale Erfassung der Strömungen, wie WEWETZER et. al. (1999) am Beispiel des Einsatzes eines ADCP im Tay Ästuar feststellten. Dabei wurde zum ersten Mal die Bedeutung vertikaler Strömungen in dem untersuchten Ästuar und deren Einfluss auf die Schwebfrachtdynamik aufgezeigt.

Bei der Ultraschallvelocimetrie werden mit Hilfe eines elektronischen Wandlers, der nacheinander zum Senden und Empfangen benutzt wird, oder mit Hilfe getrennter Sender und Empfänger kurze Schallimpulse an ein strömendes Fluid abgegeben und von Teilchen, welche sich im Fluid befinden und sich hinsichtlich der akustischen Impedanz von der des Fluid unterscheiden, reflektiert. Damit können aus der Frequenzverschiebung des gestreuten Schalls die Geschwindigkeit und aus dem Zeitunterschied zwischen Sendung und Empfang die Entfernung des Teilchens ermittelt werden (ECKELMANN 1997). Enthält ein Messgerät verschiedene unterschiedlich positionierte Empfänger, kann aus den unterschiedlichen Frequenzen der empfangenen Signale die Strömungsrichtung berechnet werden.

Eingesetzt wurden sowohl Geräte für stationäre Punktmessungen und zur stationären Aufnahme von Vertikalprofilen als auch Geräte für mobile Strömungsmessungen. Bei Punktmessungen wurde der Ultraschall-Doppler-Strömungsmessers ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) mit einer Schallfrequenz von 10 MHz für die Aufnahme von oberflächen-, mittigen und sohlnahen Strömungen verwendet. Da der ADV nur an einem Punkt aufnimmt sind genaue und in hoher zeitlicher Auflösung bis 25 Hz durchgeführte Messungen möglich. In der Regel wurden bei den sohlnahen Messungen Abstände von 8 – 10 cm zur Sohle bemessen. Da über die Sonde ebenfalls die Entfernung zum Boden detektiert wird, ist bei Bedarf allerdings auch eine Annäherung bis auf wenige Millimeter möglich, wie eigene Tests in der Versuchsrinne des Geografischen Instituts der Freien Universität Berlin bestätigten.

Die Bedeutung der sohlnahen Strömungen für die Lebensgemeinschaften von Fließgewässern und deren Erfassung heben HEILMAIR et al. (1997) hervor. SCHERER (1997) setzte für die Erfassung der sohlnahen Geschwindigkeiten die Halbkugelmethode ein, um Modifikationen des sohlnahen Strömungsfeldes infolge von Abflussänderungen aufzeichnen zu können. Insbesondere für die Aufzeichnung von sohlnahen Fließgeschwindigkeiten ist außerhalb des Hauptstroms auch der ADV geeignet. O'RIORDAN et al. (1996) verwendeten einen ADV in Kombination mit Schwebstoffmessern und Videotechnik um Vorgänge des Sedimenttransports entlang der Sohle zu erfassen.



Der Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser (3,0 MHz Basic ADP) ermittelt in einer vertikalen Säule gleichzeitig in unterschiedlichen Tiefen von vorher zu definierenden Abständen die Strömungsrichtungen und -geschwindigkeiten. Der Einsatz des ADP erfolgte vom verankerten Boot aus in tieferen Bereichen, im Hauptstrom und bei Hochwässern. Der Vorteil längerer stationärer Messungen an einer Stelle liegt in der Aufzeichnung von Instationaritäten, also Änderungen von Strömungen pro Zeiteinheit und deren Periodizitäten. Andererseits kann so nur eine begrenzte Anzahl an Messpunkten beprobt werden.



**Abb. 4-2:** Strömungsmessungen mittels eines am Bugausleger befestigten ADCP und eines mitloggenden DGPS während des Sommerhochwassers am 20. August 2002 unterhalb der Eisenbahnbrücke bei Wittenberge (EI-km 453,9), Foto: Damia Vericat

Während des Mittelwasserstandes 2001 und des Winterhochwassers 2002 sowie während des Auguthochwassers 2002 wurde ein ADCP verwendet (Abb. 4-2). Dieses Gerät wird vom fahrenden Boot aus betrieben. Es verfügt über ein Bottom-Track-Verfahren, welches die Fahrtrichtung und -geschwindigkeit über Grund ermittelt und aus den Messwerten herausrechnet, so dass sich als Resultierende die natürlichen Strömungen ergeben. ADLER (2000) vergleicht das Messprinzip von ADCP-Messgeräten mit stationären Messungen.



Während bei stationären Messungen über einen bestimmten Zeitraum auch Instationaritäten der Strömungen aufgezeichnet werden und bei Bedarf später herausgemittelt werden können, liegen bei ADCP-Messungen Momentaufnahmen vor. Demgegenüber stehen die wesentlich höheren Datendichten, da beispielsweise eine Befahrung im Querschnitt eines Flusses und sekundliche Aufnahmen in Abhängigkeit von der Fahrtgeschwindigkeit für ca. jeden Meter ein Vertikalprofil liefern. Zudem werden in der Praxis die Profile mehrfach befahren, um für die Auswertungen eine ausreichende statistische Grundlage zu erhalten. Ein parallel betriebenes DGPS liefert die Positionen, welche nachträglich über Zeitsynchronisation den Messwerten zugeordnet werden.

### **4.2.3 Korngrößenanalysen**

Sedimentproben wurden an eingemessenen Punkten zum Teil mit einem Handstechrohr von 10 cm Länge, bei Tauchgängen und mittels eines Bodengreifers (kleines Modell) nach van Veen den oberen 10 cm der Sohle entnommen. Von den Sand- und Kiesproben wurde nach DIN 19683 in maschinellem Trocken- und Nasssiebung die Korngrößenverteilung ermittelt. Bei Ton- und Schluffgehalten über 10 % (geschätzt) wurde nassgesiebt. Eine weitere Unterteilung der Fraktion < 63 µm erfolgte nicht.

## **4.3 Ableitung hydromorphologischer Parameter und Indizes**

Sowohl die morphologischen als auch die hydraulischen Daten wurden in die Fläche interpoliert und somit Themenkarten erstellt, die dann in einem Geographischen Informationssystem (GIS) weiterverarbeitet und ausgewertet wurden. Als Interpolationsmethode wurde das Ordinary Kriging gewählt, nachdem die Interpolationsmethoden Nearest Neighbour, Inverse Distance, Radial Basis Function und Ordinary Kriging getestet und auf Plausibilität überprüft worden waren.

Mit dem erstellten Geographischen Informationssystem (GIS) können für auszuwählende Teilflächen (z.B. eine Probeahnenfläche) innerhalb eines Habitats (z.B. Bühnenfeld) oder für das gesamte Habitat statistische Auswertungen vorgenommen und Indizes berechnet werden. Die Methode erlaubt die flexible Generierung von Parametern aus der Datengrundlage und für im GIS abzugrenzende Teilflächen Tiefenindizes, Strömungsindizes u.a. zu bestimmen.

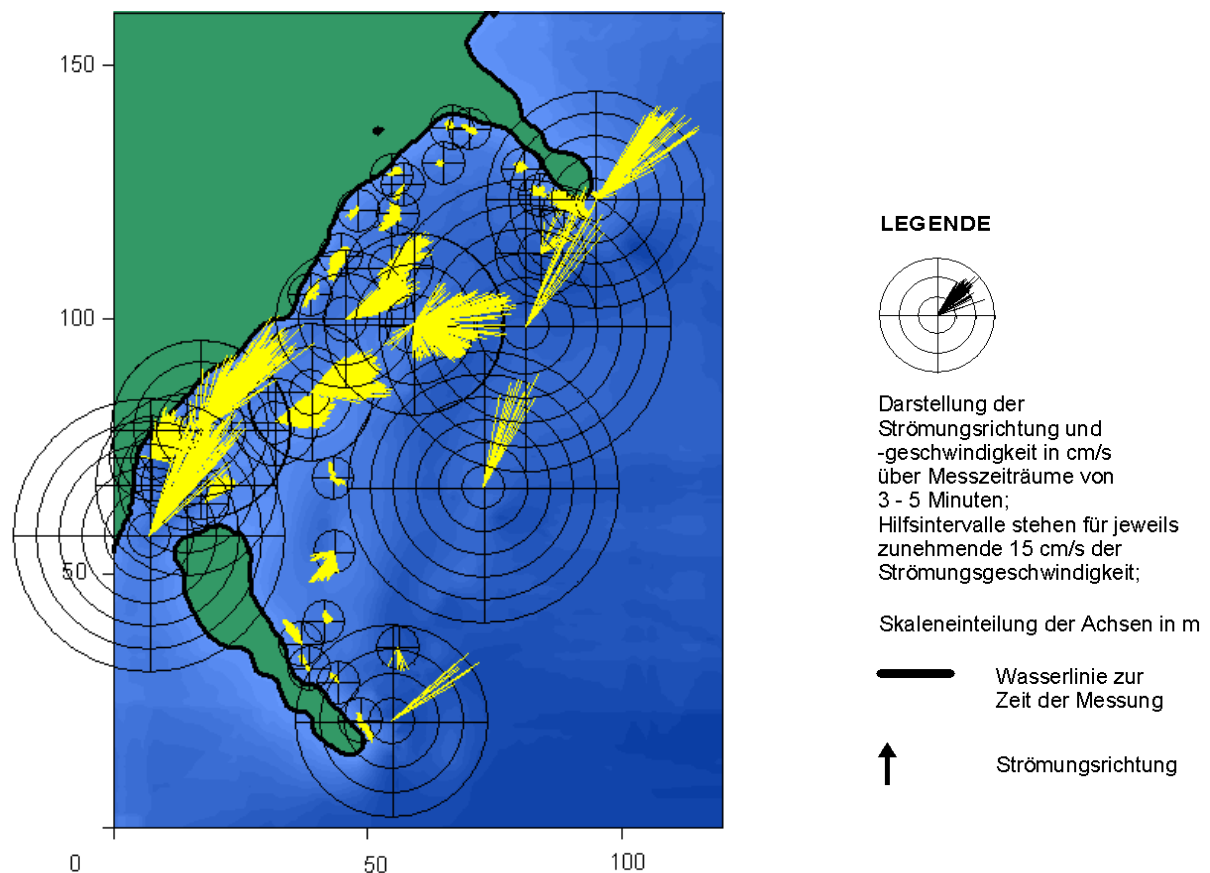
### 4.3.1 Morphologische Parameter und Indizes

Nach Aufnahme der Morphologie und Verarbeitung der Daten wurden folgende Indizes abgeleitet:

- Volumina und Wasserflächen
- Verlandungsflächen (Grundfläche abzüglich der benässten Fläche)
- Durchschnittstiefen und Sedimentmächtigkeiten
- Uferlinienindizes (Verhältnis der pegelstandsabhängigen Wasserlinienlänge zum Abstand der Bühnenköpfe und der Länge der Bühnen)

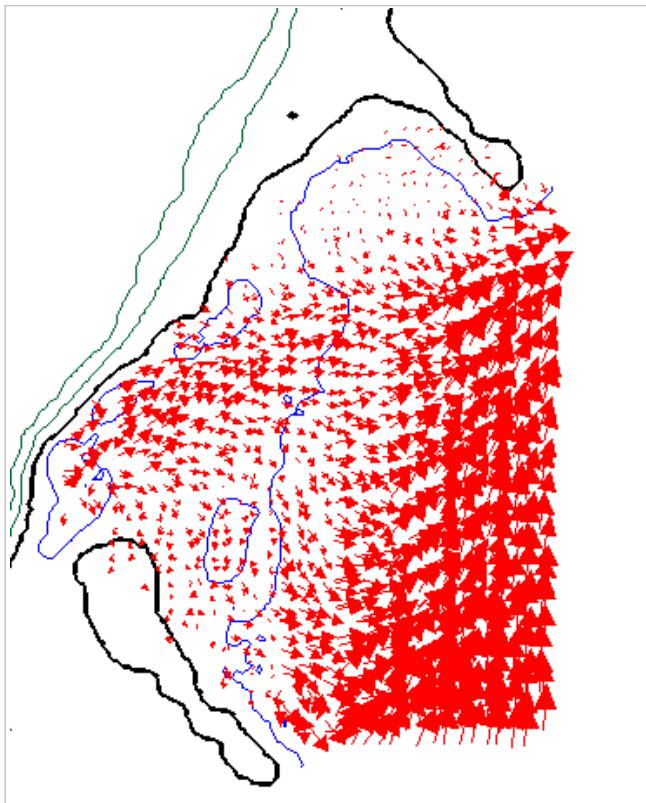
Dies erfolgte für die Pegelstände in Abständen von 10 cm von Niedrigwasser bis zum bordvollen Abfluss.

### 4.3.2 Hydraulische Parameter



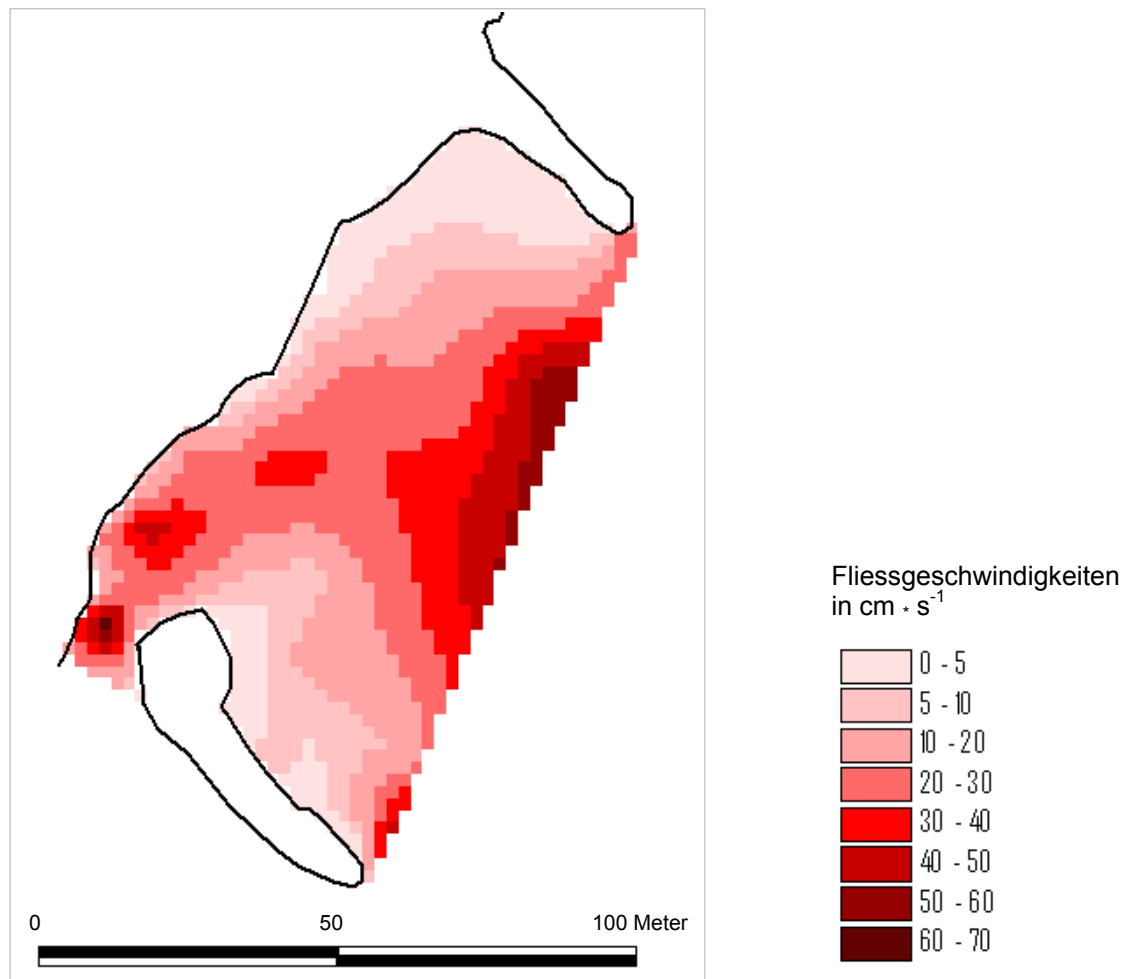
**Abb. 4-3:** Oberflächennahe Strömungsverhältnisse (Messtiefe 10 cm) bei niedrigem Mittelwasser in einem Bühnenfeld mit durchrissener Bühne bei El-km 421,8, links

Abbildung 4-3 stellt Strömungsrosen von Geschwindigkeiten und Richtungen oberflächennaher Strömungen für das bei El-km 421,8 gelegene Bühnenfeld (durchrissene Bühne) dar. Für jeden der 30 bis 40 einzelnen über die jeweiligen Bühnenfelder und den angrenzenden Bereich des Hauptstroms verteilten Messpunkte wurden Parameter wie z.B. mittlere, maximale und minimale Strömungsgeschwindigkeiten oder mittlere Strömungsrichtungen und Änderungen der Strömungsrichtungen pro Messzeitraum berechnet und mittels Krigging als gewähltem Interpolationsalgorithmus auf der Basis eines 4 · 4 m Rasters in die Fläche interpoliert.



**Abb. 4-4:** Interpolierte Strömungsvektoren (Messtiefe 10 cm) für niedriges Mittelwasser in einem Bühnenfeld mit durchrissener Bühne bei El-km 421,8, links

In einem Zwischenschritt wurden mittels Vektorinterpolationen Vektorkarten erstellt und mit den Strömungsrosen verglichen. Die Abbildung 4-4 veranschaulicht mit einer Gitterweite von 2,5 m flächenhaft interpolierte, aus drei- bis fünfminütigen Intervallen erstellte Mittelwerte der oberflächennahen Strömung. Die schwarze Linie kennzeichnet die Wasserlinie zum Zeitpunkt der Strömungsmessung. Der Abstand der Höhenlinien beträgt 1 m. Die Strömung des Hauptstroms verläuft in nordöstlicher Richtung. Die Interpolation von Vektoren der Mittelwerte der Strömungen wurde als Zwischenschritt verwendet. Da die Ergebnisse plausibel sind, konnte die anschließende Interpolation der Mittelwerte der Messintervalle und die Darstellung in einem GIS erfolgen (Abbildung 4-5).



**Abb. 4-5:** Interpolierte gemittelte Strömungsgeschwindigkeiten (Messtiefe 10 cm) für niedriges Mittelwasser in einem Bühnenfeld mit durchrissener Bühne bei El-km 421, links

### 4.3.3 Darstellung von Korngrößenverteilungen

Für eine qualitative Ansprache der Substratverteilungen wurden an den jeweiligen Probenahmestellen Kreisdiagramme mit den Anteilen der Korngrößenfraktionen in die Kartengrundlagen eingefügt. Ein quantitativer Vergleich von Korngrößenverteilungen in Bühnenfeldern erfolgte mittels ausgesuchter Proben, welche entlang einer orthogonal zur Uferlinie in Richtung Hauptstrom verlaufenden und in den jeweiligen Untersuchungsgebieten mittig liegenden Tangente entnommen wurden. So können Zu- oder Abnahmen von Anteilen größerer Korngrößen in Richtung Hauptstrom beschrieben und mit den hydraulischen Verhältnissen verglichen werden. Als Voraussetzung für die Berechnung von Sohlschubspannungen oder ökologischen Präferenzen für bestimmte Substrattypen werden bestimmte Korngrößenfraktionen wie z.B. Kiesanteile oder die Mediane der Korngrößen (D50-Werte) in die Fläche interpoliert, um Wahrscheinlichkeiten des Auftretens mit weiteren hydromorphologischen Parametern verknüpfen zu können.

#### **4.4 Darstellung und Berechnung der Morphodynamik**

Berechnungen von Sedimentationen und Sohlveränderungen wurden über Verschneidungen der mehrfach im Rahmen des BAW/BFG-Projektes „Ökologische Optimierung von Buhnen in der Elbe“ und während des Sommerhochwassers 2002 aufgenommenen Buhnenfeldmorphologien durchgeführt. Diese Aufnahmen erfolgten nach unterschiedlichen Abflussphasen, die so hinsichtlich der Auswirkungen auf den Sedimenttransport in Buhnenfeldern verglichen werden können und Quantifizierungen von Ein- und Austrägen ermöglichen.

Die Sohlschubspannungen, welche bei Über- oder Unterschreitung der für die vorhandenen Sohlsubstrate kritischen Größen Erosionsbeginn oder Akkumulation bedeuten, wurden unter Berücksichtigung der bei den ausschlaggebenden Hochwässern aufgetretenen Fließgeschwindigkeiten berechnet. Dabei wurden die aufgezeichneten Morphologien und die ermittelten Korngrößenverteilungen in den Buhnenfeldern einbezogen.