

## **Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“: Gesamtkonzeption und Arbeitsstand**

Bruno Büchele, Franz Nestmann

Das Verbundvorhaben „Morphodynamik der Elbe“ (FKZ 0339566) wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Forschungsprogrammes „Elbe-Ökologie“. Es nahm im August 1996 seine Arbeit auf. Die geplante Laufzeit beträgt drei Jahre. Der vorliegende Beitrag faßt sich, ausgehend von der inhaltlichen Konzeption des Vorhabens, mit einem aktuellen Überblick über die wesentlichen Projektarbeiten und –ergebnisse.

### **1 Problemstellung**

Generell kann ein Fluß weder im naturbelassenen Urzustand noch in einem ausgebauten Zustand als langfristig im Gleichgewicht angesehen werden. Wie einschlägig bekannt ist, unterliegt die Elbe relativ starken morphologischen Veränderungen, bedingt vor allem durch Erosion, Transport und Akkumulation von Feststoffen (Kiese, Sande, Feinmaterialien, etc.). Die vergleichsweise als extrem einzustufenden Vorgänge resultieren u.a. aus den Abfluß- und Strömungsprozessen, dem Korngefüge der Elbsohle mit sehr großen Feinanteilen sowie den flußmorphologischen Gegebenheiten, deren heutige Gestalt maßgeblich geprägt ist durch die seit vielen Generationen im Interesse der Besiedlung, Landeskultur, Schifffahrt, Energieerzeugung und des Hochwasserschutzes durchgeführten wasserbaulichen Maßnahmen (Strombauwerke, Deiche, Speicheranlagen, etc.).

Zugleich stellen die Abfluß- und Transportprozesse, aufgrund ihrer natürlichen Dynamik, *den* Ausgangsimpuls ökologischer Entwicklung und Vielfalt in der Stromlandschaft dar. Das hohe Maß wasserhaushaltlicher Variabilität prägt Auen in einzigartiger Weise. Dagegen wirken sich langfristige morphologische Veränderungen, wie anhaltende Sohlerosion mit daraus folgenden sinkenden Oberflächen- und Grundwasserständen, auf die Lebensgemeinschaften in Vorland und Aue einschneidend aus. Auentypische Tier- und Pflanzengesellschaften wandeln sich allmählich um oder verschwinden vollständig.

Eine wirtschaftlich, sozial und ökologisch sinnvolle Entwicklung des Elberaumes verlangt nach interdisziplinären Konzepten und Lösungen, die den unterschiedlichen lokalen Nutzungsansprüchen gerecht werden. Um beispielsweise einen großräumigen Verlust von funktionellen Auen zu verhindern, sind gegebenenfalls Maßnahmen erforderlich; integrierter Hochwasserschutz fordert den Erhalt und nach Möglichkeit die Wiederherstellung natürlicher Retentionsflächen, mit entsprechenden Einflüssen auf die Flächennutzung; technisch notwendige Eingriffe zur Stabilisierung der Gewässersohle oder zur Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Binnenschifffahrt müssen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf andere Bereiche untersucht werden; etc.

Die unter diesen Aspekten bestehenden Wissensdefizite und fehlenden Analysen bzw. Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für Eingriffe in das Flußsystem mit großräumiger Wirkung stellen die generellen Vorzeichen für das vorliegende Vorhaben dar.

## 2 Zielstellung

Das Vorhaben hat sich zum Ziel gesetzt, in einer Gesamtbetrachtung den Elbeverlauf hinsichtlich dessen morphologischer Entwicklung zu untersuchen. Als Untersuchungsgebiet wurde daher die gesamte freifließende Strecke auf deutschem Gebiet gewählt, mit knapp 600 km Länge von der Grenze zur CR bis zur Staustufe Geesthacht. Gesamtziel ist die Analyse und Parametrisierung der grundlegenden hydrologischen, landschaftsökologischen und morphologischen Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Gewässerbett und den angrenzenden Überflutungsbereichen. Um den Anforderungen biologischer Fragestellungen gerecht werden und zur Entwicklung ökologischer Leitbilder beitragen zu können, sollen die erforderlichen abiotischen Parameter als Schnittstelle zur Biotik definiert und durch Untersuchungen der abiotischen Verhältnisse quantifiziert werden. Im Ergebnis soll den zuständigen Entscheidungsträgern ein ausbaufähiges Instrumentarium zur Verfügung gestellt werden, das ermöglicht, die Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf andere Zielbereiche (z.B. Schifffahrt, Ökologie, Hochwasserschutz, etc.) aufzuzeigen.

## 3 Vorgehensweise und inhaltliche Gliederung

Zur Umsetzung der genannten Ziele müssen im ersten Schritt die Grunddaten für die natürlichen und künstlichen Veränderungen erhoben, auf ihre Konsistenz geprüft und bei Bedarf korrigiert und ergänzt werden. Nach Möglichkeit ist dabei auf bereits vorhandene Datenbestände unterschiedlicher Erhebung zurückzugreifen, da die Größe des Untersuchungsraumes sowie der begrenzte Projektrahmen keine eigenen Meßkampagnen zuläßt. Dies gilt insbesondere für die hydrologischen, geometrischen, geomorphologischen und geologischen Daten. Auf Grundlage dieser Daten sind, im Schwerpunkt der Untersuchungen, die Strömungs- und Stofftransportbedingungen abzuleiten und eine Klassifizierung in Teilstreckentypen vorzunehmen. Dazu sind unter Verwendung bekannter Modelle die Wechselwirkung zwischen der hydrologischen Belastung und den daraus resultierenden strömungsmechanischen Zuständen in Grund- und Oberflächenwasser sowie die geomorphologischen Gegebenheiten entlang des Flußlaufs darzustellen. Zur Absicherung der Aussagen werden auf der Grundlage von Simulationsmodellen, mit denen die Teilprozesse vereinfachend nachgebildet werden, unter anderem Langzeitbetrachtungen angestellt. Deren Ergebnisse werden statistisch analysiert und bewertet. Die vereinfachenden Modelle werden aus detaillierten Modellen abgeleitet. Sie dienen als Grundlage für die Erarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung der Situation. Diese Vorgehensweise wird im Vorhaben durch zwei Projektteile umgesetzt:

- *Projekt I: Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes auf der gesamten Länge*  
– Hydrologie – Hydraulik – Morphologie – Geologie – Ökologie –
- *Projekt II: Grundlagen für die Untersuchung zukünftiger Zustände und möglicher Entwicklungen an einzelnen Standorten bzw. Gewässerabschnitten*  
– Detailanalysen ausgewählter Teilstrecken – Naturuntersuchungen – Experimentelle Labormodelle –

<i>Nr.</i>	<i>Teilprojekt</i>	<i>Partner</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
<b>Projekt I: Analyse und Bewertung des Ist-Zustandes</b>			
TP I.1	Geländemodell und Geoinformationssystem (GIS)	IWK + FBTU	Geometrische Beschreibung des Flußschlauches und der Vorländer sowie Auswertung und Visualisierung der raumbezogenen Daten und Ergebnisse
TP I.2	Pilotstudie Radarbefliegung	IGW + DLR	Möglichkeiten der Erfassung von Topographie, Rauheit und Vegetation durch multifrequente Radaraufnahmen
TP I.3	Wasserspiegellagen und Feststofftransport	IWK + FBTU	Berechnung der bestehenden hydraulischen Verhältnisse und des Feststofftransportes
TP I.4	Hydrologische Analyse und Datenmanagement	IWK (vormals IHW)	Beschreibung der großräumigen Abflußdynamik durch statistische Analyse und Regionalisierung der hydrologischen Kenngrößen sowie Verwaltung der Projektdaten in einer zentralen Datenbank
TP I.5	Untergrundverhältnisse	IBF	Untergrund im Flußschlauch Elbe: Aufbau, Uferstabilität, Feinstruktur
TP I.6	Hydrologisches Feststoffbilanzmodell (HFBM)	BfG	Optimierung notwendiger Eingriffe zur dynamischen Sohlstabilisierung
<b>Projekt II: Grundlagen für die Untersuchung zukünftiger Zustände</b>			
TP II.1	Physikalische Modelle	IWK	Laboruntersuchungen zum Einfluß der Instationarität der Abflußdynamik auf die Transportvorgänge u. Sohlformen
TP II.2	Hydrologisch-morphologische Prognose	IWK (vormals IHW)	Langzeitsimulation zur Ermittlung der Auswirkung von Maßnahmen auf die Morphodynamik
TP II.3	Suspendierte Feststofffracht	BfG	Quantifizierung sohlhöhenrelevanter Feststoffkomponenten
TP II.4	Grundwasserdynamik	IfH	Untersuchung der Oberflächen- und Grundwasserdynamik zwischen Fluß und Vorlandbereichen sowie des langzeitigen Wasserhaushaltes
<b>Schnittstelle Abiotik - Biotik, Koordination</b>			
TP S	Schnittstellendefinition	IWK	Festlegung von abiotischen Parametern in Bezug auf biotische Fragestellungen
TP K	Koordination	IWK	Projektbegleitende administrative und inhaltliche Steuerung der interdisziplinären Zielsetzungen und Methoden

**Tab. 1.** Inhaltliche Gliederung in Teilprojekte

Folgende Projektpartner sind fachlich eingebunden:

- Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe IWK
- Institut für Hydromechanik, Universität Karlsruhe IfH
- Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik, Universität Karlsruhe IBF
- Institut für Geographische Wissenschaften, Freie Universität Berlin IGW
- in Zusammenarbeit mit: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR
- Fachbereich Technischer Umweltschutz, Universität-GH Paderborn, Abteilung Höxter FBTU
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz - Berlin BfG

Einzelne Aufgaben werden in Teilprojekten entsprechend der Gliederung in Tabelle 1 bearbeitet, die Daten und Ergebnisse der Untersuchungen zusammengeführt und interdisziplinär genutzt. Den Schwerpunkt der Arbeiten bildet die Erfassung des Ist-Zustandes (Projektteil I), wobei in einer Bestandsaufnahme existierende Datengrundlagen entlang der gesamten Fließstrecke, gleichsam über bestehende Zuständigkeitsgrenzen hinweg, zusammengestellt und analysiert werden. Ergänzt werden soll diese Bestandsaufnahme durch den Projektteil II, in dem Grundlagen für die Untersuchung zukünftiger Zustände und Entwicklungen anhand von Natur- und Laboruntersuchungen sowie Detailbetrachtungen an Teilstrecken erarbeitet werden.

Das Teilprojekt Schnittstelle hat die besondere Aufgabe, alle (abiotischen) Teiluntersuchungen im Hinblick auf ihre Relevanz bei ökologischen Fragen zu überprüfen und zu begleiten. Eine ausschlaggebende Rolle in der interdisziplinären Zusammenarbeit, gerade auch im Hinblick auf die spätere Weiternutzung der Ergebnisse in Forschungsprojekten, Behörden etc., spielen die zentrale Datenbank (mit relationalem Datenmanagement) und ein Geoinformationssystem (GIS) zur Verarbeitung räumlicher Datenbestände.

#### 4 Arbeitsstand im Überblick

Erkenntnisstand und Wissensdefizite stehen in direktem Zusammenhang mit der Datenerhebung und Auswertung. Zur Beschreibung der abiotischen Randbedingungen und Entwicklungen entlang der Elbe, wie der Strömungs- und Feststofftransportvorgänge, ergibt sich im Vorhaben folgender Stand der Arbeiten in den einzelnen Schwerpunktbereichen (nähere Informationen sind in weiteren Beiträgen in diesem Band enthalten):

##### *Hydrologie (TP I.4, TP II.2)*

Die zur Beschreibung der Abflußcharakteristik der Elbe relevanten hydrologischen Ausgangsdaten, vor allem Ganglinien der Wasserstände und Durchflüsse an 14 ausgewählten Pegelstellen der Elbe und ihrer Hauptzuflüsse, wurden hauptsächlich von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) bezogen, um Daten weiterer Ämter ergänzt und auf Konsistenz überprüft. Die ältesten Reihen reichen bis Mitte des 19. Jhdt. zurück, die jüngsten beginnen in den 70-er Jahren. Durch kritische Analyse des Datenmaterials konnte z.T. erheblicher Korrekturbedarf für Reihen vor 1981 aufgezeigt und hierfür plausible Verbesserungsvorschläge erarbeitet werden. Zur Untersuchung der Abflußentwicklung seit 1900 wurden Teilzeiträume unterschieden, die z.B. die Veränderungen des Abflußregimes seit Inbetriebnahme der großen Speicheranlagen der Tschechischen Republik belegen. An den Einzelpegeln wurden umfangreiche statistische Analysen des lokalen Abflußgeschehens durchgeführt, deren Ergebnisse u.a. sind: Gewässerkundliche Hauptzahlen, Extremwertanalysen für Niedrig- und Hochwasser (bis  $\geq$  HQ<sub>100</sub>), Überschreitungshäufigkeiten und -dauern, u.v.m. Die in ökologischer Hinsicht interessante Vegetationszeit (April bis September) wurde gesondert behandelt. Zur Regionalisierung verschiedener Abflußparameter entlang der gesamten Fließstrecke wurden die Einzelstatistiken der Pegelstellen fachgerecht gegeneinander abgeglichen und in Längsschnitte überführt. Räumliche und zeitliche Entwicklungstendenzen bzw. Veränderungen, insbesondere der Hochwasserverhältnisse in einzelnen Streckenabschnitten, können daraus

abgeleitet werden. Eine Spektralanalyse der Ganglinien läßt ferner eine deutliche Periodizität erkennen, nach der sich Naß- und Trockenphasen im Abflußgeschehen im mittleren Rhythmus von etwa 7 Jahren abwechseln, und deren Ursachen hauptsächlich im langfristigen Niederschlagsgeschehen begründbar sind. Um langfristige Auswirkungen von Entwicklungsszenarien untersuchen zu können, und dabei vor allem die zeitliche Abfolge der auftretenden Abflußschwankungen variieren zu können, wird aufbauend auf den genannten Datengrundlagen und Analysen ein Simulationsmodell für Zeitreihen mittlerer täglicher Abflüsse erstellt. Weiterführende Arbeiten werden im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs "Ökologische Wasserwirtschaft" der Universität Karlsruhe durchgeführt und unterstützen das Verbundprojekt erheblich.

#### *Gewässergeomtrie (TP I.1, TP I.3)*

Die wichtigste Datengrundlage der Topographie von Hauptstrom und Vorländern der Elbe sind Quer- und Längsprofile der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), die dem Vorhaben umfangreich in enger Abstimmung mit der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) zur Verfügung gestellt wurden. Die Querprofil-dichte ist mit Abständen von 50 bis 500 Metern sehr heterogen, vereinzelt bestehen Datenlücken. Die zugrundeliegenden Sohlvermessungen sind je nach morphologischer Entwicklung der Teilabschnitte von unterschiedlicher Aktualität und schließen i.d.R. nur bei gegebener Interessenlage Vorlandbereiche ein. Zur Betrachtung des gesamten "durchflossenen" Hochwasserquerschnittes der Elbe erwies sich daher das verfügbare Datenmaterial aufgrund geringer Vorlandinformation als oft nicht ausreichend. Da keine digitalen Höhendaten der Landesvermessungsämter für Vorlandbereiche beschafft werden konnten, wurden notwendige Ergänzungen anhand topographischer Karten (M 1:10000) durch manuelles Digitalisieren von Höhen- und Strukturinformation (wie Bruchlinien, Deiche, etc.) vorgenommen und, gemeinsam mit den WSV-Daten, zu flächenhaften digitalen Geländemodellen (DGM) verarbeitet. Unterschiedliche räumliche Bezüge wurden umgerechnet, und alle Ergebnisse mit einheitlichem Koordinatenbezug abgelegt. Die Höhengenaugigkeit der erzeugten DGM entspricht den Datengrundlagen und ist für die im Vorhaben zu erstellenden hydraulischen Modelle gut geeignet. Zur automatisierten Verarbeitung der insgesamt sehr großen Datenmengen und unterschiedlichen Datenformate bei Konvertierung und Interpolation zu flächendeckenden DGM wurden im Vorhaben spezielle Softwaremodule entwickelt, die inzwischen auch am Neckar erfolgreich eingesetzt werden.

#### *Untergrundverhältnisse (TP I.5)*

Die morphodynamischen Prozesse eines natürlichen Fließgewässers hängen, neben den hydrologischen und topographischen Gegebenheiten, vor allem von den geologischen Voraussetzungen bzw. deren Veränderungen über zurückliegende Zeiträume hinweg ab. Der Untergrundaufbau sowie der gegenwärtige Verlauf der Elbe und ihrer Auen wurden maßgeblich durch die geologischen Prozesse des Quartärs und Holozäns geprägt. Die Flußgeschichte zeugt von Kalt- und Warmzeiten und damit verbundenen umfangreichen Gletscherbewegungen, Schmelzwasserabflüssen und weiträumigen Laufverlagerungen; glaziale und fluviatile Sedimente und Landformen prägen somit nahezu den gesamten Flußverlauf. Sie sind für die heutige morphologische Entwicklung von großer Bedeutung und äußern sich im Längsschnitt u.a. in der Körnung der Sohlsedimente. Der

Aufbau der Kies- und Sedimentkörper bestimmt ferner die Aquifereigenschaften der Grundwasserleiter der Talniederungen. Im Vorhaben wurden in diesem Zusammenhang auf verschiedenen Skalenebenen Arbeiten durchgeführt. Die makroskalige Entstehungsgeschichte und der resultierende Untergraundaufbau im Elbetal wurde anhand einer Serie von geologischen Längs- und Querschnitten aufbereitet und beschrieben. Im Gebiet der möglichen Deichrückverlegung an der Ohremündung (Elbe-km 350) wurde des Weiteren eine detaillierte, ca. 8 km<sup>2</sup> umfassende geologische Kartierung der holozänen Sedimentation und alter Flußverläufe vorgenommen, deren Ergebnisse die Randbedingungen eines Grundwassermodells präzisieren (vgl. unten). Aus der kartierten Geschichte der Ablagerungen kann ein deutliches Bild der jüngeren Flußdynamik gezeichnet werden. Am rechten Elbufer der Ohremündung wurde schließlich ein kleinräumiger Tracer-Versuch (20X20X10 m) zur Erkundung der Feinstruktur und Strömungsvorgänge in heterogenen Sedimentkörpern durchgeführt. Besondere Bedeutung gewinnen die Erkenntnisse im Hinblick auf Erosionsvorgänge von Feinmaterialien entlang von präferentiellen Fließwegen und damit auf die hydraulische Untergrundstabilität unter Flußdeichen.

*Hydraulische und sedimentologische Berechnungen (TP I.1, I.3)*

Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes von ca. 585 km Fließstrecke und der Datenlage lassen sich aussagekräftige hydraulische, und darauf aufbauend sedimentologische Berechnungen der Wasserspiegellagen im Ist-Zustand sowie des Feststofftransportes nur über eindimensionale (1D) Betrachtungen realisieren. In intensiver Zusammenarbeit mit der BAW, die seit geraumer Zeit mit detaillierten Untersuchungen der bekannten Problemstrecken (z.B. Erosionsstrecke, Reststrecke) betraut ist, wurden im Vorhaben vorrangig die bisher nicht näher betrachteten Streckenabschnitte modelltechnisch bearbeitet, wobei Software und Datenstandards kompatibel gehalten wurden. Im vorgegebenen zeitlichen Rahmen konnte das vorhandene Datenmaterial weitestgehend genutzt bzw. ergänzt werden und hydronumerische und sedimentologische Modelle in größtmöglicher Genauigkeit erstellt werden. Neben der hydraulischen Aufbereitung der Geometrie und Festlegung der Modellrandbedingungen stand dabei die Eichung mittels in der Natur aufgenommenen Wasserspiegelfixierungen im Vordergrund. In einzelnen Teilabschnitten stehen zur Modellierung jedoch keine aktuellen Sohlaufnahmen bzw. Querprofile zur Verfügung. Ebenso sind Fixierungen des Wasserspiegels nicht in allen Abschnitten der Elbe über das gesamte Abflußspektrum vorhanden (i.d.R. fehlen Hochwasserfixierungen). In Verbindung mit den hydraulischen Modellen wurden Sedimenttransportmodelle aufgebaut und geeicht. Die Eichung der quasistationären Modelle erfolgte u.a. anhand von Naturdaten der Geschiebe- und Schwebstoffmessungen der BfG aus den 90-er Jahren sowie durch Nachbildung der bekannten Sohlveränderungen infolge der hydrologischen Belastung (Ganglinie) der letzten Jahrzehnte. Zur weiteren Optimierung der Rechengenauigkeit der Modelle ist eine größere Anzahl an Naturmessungen erforderlich.

Im Ergebnis liefern die Berechnungsmodelle, in Ergänzung zu den Modellstrecken der BAW, hydraulische und sedimentologische Strömungsparameter wie mittlere Wasserstände, Geschwindigkeiten, Sohlschubspannungen, Feststofffrachten etc., und können im Hinblick auf wasserbauliche und ökologische Fragestellungen (Szenarien) weiter aufbereitet werden. Über die Variation von Rauheitsbeiwerten kann z.B. die Entwicklung von Auwald simuliert oder über eine veränderte Geometrie die Auswirkungen von Deich-

rückverlegungen erfaßt werden. Die Sedimenttransportmodelle prognostizieren darüber hinaus die möglichen Auswirkungen auf den Sedimenttransport und weisen Erosions- und Akkumulationsstrecken aus. Durch die Anwendung der verschiedenen Modelle können z.B. jene Teilabschnitte der Elbe eingegrenzt werden, in denen für spezifische Fragestellungen ein sinnvoller Einsatz erweiterter Techniken in Frage kommt (mit erhöhtem Aufwand und bei verbesserter Datenlage).

Mit Blick auf die Elbe wurden die Arbeiten zusätzlich ergänzt, indem Berechnungsansätze zur Untersuchung des Widerstandseinflusses von Buhnen und deren geometrischer Veränderung auf die Gerinneströmung weiterentwickelt wurden.

*Morphologie/ Feststofftransport (TP I.6, TP II.1, TP II.3)*

Neben den zuvorgenannten Berechnungen auf Basis hydraulisch-sedimentologischer Ansätze beschäftigten sich verschiedene weitere Teilprojekte im Vorhaben anhand von Natur- und Labordaten mit den Prozessen des Sedimenttransports. Grundlage der Betrachtungen bilden vor allem die Daten der Geschiebe- und Schwebstoffmessungen, die seit einigen Jahren von der BfG in einem Vielpunktmeßnetz entlang der Elbe durchgeführt werden. Diese bei unterschiedlichen Abflußsituationen wiederholten Messungen erlauben Aussagen zu regionalen Konzentrations- und Frachtunterschieden als auch zur zeitlichen Transportdynamik der Elbe.

- Um Änderungen des Feststoffregimes in ihren Auswirkungen für Schifffahrt und Abflußsituation abzuschätzen, wurde von der BfG ein hydrologisches Feststoff-Bilanz-Modell (HFBM) entwickelt, mit welchem durch Simulation der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Geschiebetransportes sowie des für die Bettbildung bedeutsamen Anteils der suspendiert transportierten Sandfracht (s.u.) Prognosen erstellt und entsprechende Steuergrößen zur Geschiebepflichtung (Baggerungen, Geschiebezugabe) berechnet werden. Die Ergebnisse einer Modellanwendung ermöglichen Aussagen über Lokalität und Ausmaß von Ungleichgewichten im Feststoffregime und zu Sohlhöhenänderungen und geben Vorgaben für künstliche Eingriffe in den Feststoffhaushalt mit dem Ziel einer dynamischen Sohlenstabilisierung.
- Vertrauenswürdige Aussagen über den gesamten sohlrelevanten Feststofftransport der Elbe setzen jedoch voraus, daß auch die zeitweise in Suspension im Wasserkörper transportierten und bei geringeren Schubspannungen wieder sedimentierten Sandanteile und Kornpartikel quantifiziert werden können. Der Ermittlung des Anteils der suspendierten Bettmaterials an der Gesamtfracht kommt gerade an der Elbe besondere Bedeutung zu, da Sandfraktionen im gesamten Verlauf der deutschen Elbe in erheblichem Umfang Bestandteil des Sohlenmaterials sind, und die Frachten des suspendierten Sandes in Abhängigkeit des Abflusses diejenigen des Geschiebes deutlich übersteigen können. Der grundlegenden Quantifizierung dieser Fragen, wie z.B. Vertikalverteilungen des suspendierten Materials, widmete sich das spezifische Interesse eines Teilvorhabens. Für verschiedene Meßstellen im Bereich der Erosionsstrecke konnten Transportfunktionen ermittelt werden. Mit Hilfe mathematischer Modellierung der gefundenen funktionalen Zusammenhänge lassen sich der bettbildende Anteil des suspendierten Sandes für verschiedene Abflußsituationen und –zeiträume sowie seine Transportbilanzen zwischen verschiedenen Meßstellen berechnen. Sie dienen damit einer verbesserten Quantifizierung derzeitiger und Prognosen zukünftiger Erosions- und Anlandungstendenzen.

- Das Sedimenttransportgeschehen und das Strombett der Unteren Mittel- und Unterelbe ist wiederum geprägt durch die Bildung von Bänken und unter Wasser wandernden Dünen, sogenannten Transportkörpern. Diese erschweren einerseits Feststofftransportmessungen und damit eine zuverlässige Quantifizierung der Prozesse, andererseits stellen sie oft ein Hindernis für die Binnenschifffahrt dar. Auffällig groß und häufig treten diese Sohlformen nach hohen Wasserständen auf. Hinsichtlich des physikalischen Verständnisses der besonderen Bewegungsmechanismen sowie der Wechselwirkung zwischen instationären Strömungszuständen und Sohlformen bestehen große Wissenslücken, ebenso bezüglich der grundlegenden Auswirkungen technischer Eingriffe in Form von Strombaumaßnahmen und Veränderungen der Gerinnegeometrie mit den daraus folgenden Veränderungen der Strömungs- und Transportvorgänge. Auf Basis umfangreicher Grundsatzuntersuchungen im Labor konnte in dieser Hinsicht u.a. nachgewiesen werden, daß sich Instationarität signifikant auf den Geschiebetransport auswirkt. Um die Übertragbarkeit der Laborergebnisse (wie Länge, Höhe und Wandergeschwindigkeit) auf die Elbe zu gewährleisten, wurden Sohlgeometrien dreier Flächenpeilungen verschiedener Abflusssituationen hinsichtlich ihrer hydrologischen Vorgeschichte verglichen.

*Grundwasserdynamik im Elbetal (TP II.4)*

- Die Untersuchungen der Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern im Vorland- und Auenbereichen konzentrieren sich auf ein Teilgebiet im Mündungsbereich der Ohre bei Magdeburg. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Auswirkungen möglicher Planungsvarianten einer Deichrückverlegung auf die Grundwasserdynamik sowie deren Relevanz in ökologischer Hinsicht. Anhand eines erstellten numerischen Modells können die instationären Prozesse im Talaquifer, u.a. in Abhängigkeit der Entfernung von der Elbe, gut nachgebildet werden. Es wurde anhand eigens installierter Grundwassermeßstellen kalibriert und zeigte eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Grundwasserverhältnissen des Frühjahrshochwassers 1998.
- Um die grundlegende Dynamik verschiedener Wasserhaushaltsgrößen in Auenbereichen, wie Grundwasser- und Bodenfeuchtezustände, für mesoskalige Bereiche (10 bis 1000 km<sup>2</sup>) und lange Zeiträume (> 20 Jahre) statistisch beschreiben zu können, wird derzeit im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs „Ökologische Wasserwirtschaft“ ein einfach zu handhabendes, analytisches (physikalisch basiertes) Modell der Aquifer-Fließgewässer-Interaktion entwickelt. Das Modell soll die beiden wesentlichen Prozesse – den horizontalen Wasseraustausch zwischen Gewässer und Aquifer sowie die vertikale Wasserbewegung infolge Infiltration aus Überflutung bzw. Niederschlag – beinhalten. Erste Testrechnungen zeigen gute stationäre wie instationäre Lösungen. Später soll das Modell im Bereich der Ohremündung Anwendung finden.

*Interdisziplinäre, weiterführende Untersuchungen (TP I.1, TP I.2, TP I.5, TP S, TP K)*

- Im Vordergrund einer Pilotstudie stand die multiparametrische Erfassung von Vorland- und Auenstandorten durch neue Entwicklungen in der Radartechnik. Als Ergebnis von Befliegungen des Lenzener Deichrückverlegungsgebietes (vgl. Projekt der LAGS in diesem Band) konnten flächendetaillierte Informationen zur Topographie, Oberflächenbeschaffenheit, Landnutzung, Biomasse, Feuchte etc. gewonnen werden.



- Das Ziel der Vernetzung von Abiotik und Biotik stellt eine besondere Herausforderung an das Gesamtvorhaben innerhalb Elbe-Ökologie-Forschung dar. Hierzu wurden alle abiotischen Parameter und Untersuchungen getrennt erfasst und bezüglich ihrer ökologischen Bedeutung beurteilt und eingeordnet. Neben der projektbegleitenden Beratung der Teilprojekte hinsichtlich biotischer Anforderungen tragen verschiedene weiterführende Arbeiten der „Schnittstelle“ zur Nutzung und Bewertbarkeit der Gesamtergebnisse im Hinblick auf die Formulierung ökologischer Leitbilder und Entwicklungsziele bei.
- Die logische und fachgerechte, interdisziplinäre Verknüpfung von projektspezifischen Daten stellte von Beginn an eine wichtige Zielvorgabe an die zentrale Datenverwaltung dar. Diese wurde für den überwiegenden Teil der umfangreichen Projektdaten in relationalen Strukturen realisiert, die die Zusammenhänge zwischen Datenbeständen (wie fachliche Zusammengehörigkeit oder Zeit- und Ortsbezug) abbilden. Die fachübergreifende Nutzbarkeit der Daten für weiterführende Auswertungen wird zudem durch einheitliche räumliche Bezüge und kompatible Formate ermöglicht. Durch Anwendung ermittelter funktionaler Zusammenhänge bei der Überlagerung räumlicher Daten mittels GIS-Einsatz (wie digitaler Geländemodelle mit Abfluszuständen etc.) können die grundlegenden abiotischen Randbedingungen im Längsverlauf beschrieben werden (vgl. Abb. 1).

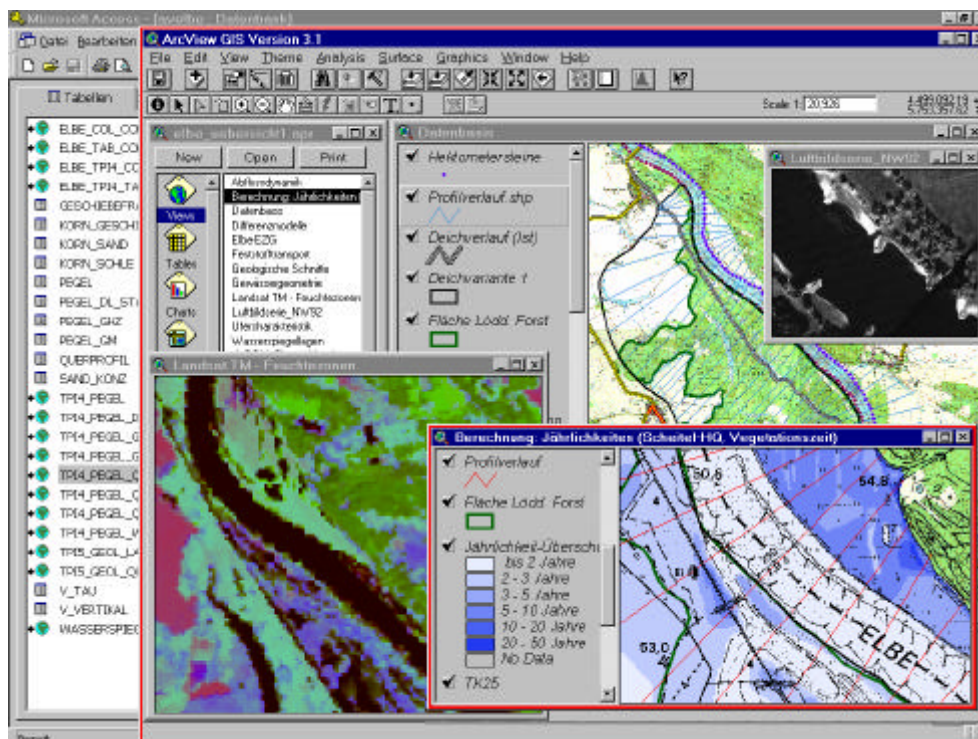


Abb. 1. Beispiel der Verwaltung, Nutzung und Darstellung der Projektdaten und -ergebnisse

- Eine Untersuchung morphologischer Strukturen der Elbe aus Karten von 1770 im Vergleich zum Ist-Zustand zeigt den deutlichen Rückgang an morphologischer Strukturvielfalt und einzigartiger (ehemaliger) Lebensräume wie Inseln auf und trägt zur Formulierung ökologisch begründeter Leitbilder bzw. Entwicklungsziele bei.

- Zur Leitbildfindung trägt ebenso eine Auswertung historischer Artenlisten des Makrozoobenthos bezüglich autökologischer Ansprüche an Substrat und Strömung bei, indem Rückschlüsse auf ehemalige abiotische Randbedingungen aufgezeigt werden.
- Die Erarbeitung einer Methodik zur quantifizierenden Auswertung von Luftbildserien bezüglich vegetationsfreier Uferflächen als ökologisch bedeutende Strukturmerkmale der Wasserwechselzone stellt den Inhalt einer Diplomarbeit dar. Die Flächen wurden u.a. in Bezug zu lokalen flußgeometrischen Parametern gesetzt.
- Eine weitere Diplomarbeit hat die GIS-gestützte Verknüpfung von Daten und funktionalen Beziehungen der Topographie, Wasserständen, Abflüssen und deren statistischen Häufigkeiten und Dauern im Hinblick auf die Ermittlung und die hydrologische Charakterisierung von Überflutungsflächen zum Ziel. Als Elbe-Abschnitt wurde das Biosphärenreservat Mittlere Elbe ausgewählt. Im Rahmen einer ergänzenden Auswertung von Landsat TM Satellitenszenen, die nach Hochwasser sowie während Niedrigwasser aufgenommen wurden, konnten Feuchtezonen in der Elbaue des Biosphärenreservates Mittlere Elbe hinsichtlich Beeinträchtigung der Überflutungsdynamik unterschieden werden. Die Ergebnisse sollen mit weiteren thematischen Daten im Hinblick auf die Abschätzung von Biotopentwicklungspotentialen verschnitten werden.

Während der Projektlaufzeit konnten, im Sinne eines fachübergreifenden Erfahrungs- und Informationsaustausches, zahlreiche Kontakte zu anderen Vorhaben der Elbe-Ökologie sowie weiteren Institutionen aufgebaut und geführt werden.

## 5 Schlußbemerkungen

Der vorliegende Beitrag beschreibt zusammenfassend wesentliche Projektaktivitäten, anfallende Daten und Ergebnisse entlang der Gesamtelbe. Die Möglichkeiten ihrer Nutzung sind vielfältig. Am Beginn der Wirkungskette im Fließgewässer-Aue-System steht die Abflußdynamik. Von ihrer räumlichen und zeitlichen Beschreibung ausgehend kann eine Vielzahl von Einflußgrößen, Zusammenhängen und Entwicklungen der „unbelebten“, und darauf aufbauend der belebten, Umwelt nachgebildet und dargestellt werden. Zu ihnen gehören die Interaktion mit dem Grundwasser ebenso wie morphologische Vorgänge und nicht zuletzt die Ausprägung und Entwicklung von Biotopen im Gewässer sowie an seinen Ufern und in Auenbereichen. Gerade auch die vom Menschen definierten Ansprüche an das Fließgewässer, wie Schifffahrt, Hochwasserschutz und Landnutzung vor und hinter Deichen sind direkt oder indirekt beeinflusst. Die im Vorhaben erarbeiteten Werkzeuge und analysierten Datengrundlagen, die weiterer Vervollständigung und Verbesserung bedürfen, können künftig in diesem Sinne genutzt werden. Ausgehend vom heutigen Zustand können die Auswirkungen natürlich oder künstlich veränderter Bedingungen nachgebildet und bewertet werden. Aus ökologischer Sicht ist künftig zu bewerten, inwieweit elbespezifische Lebensräume von der Abflußdynamik in Wechselwirkung mit morphologischen Entwicklungen, wie allmählicher Auflandung oder Eintiefung der Stromsohle und dadurch veränderten Oberflächen- und Grundwasserstandsverhältnissen oder infolge Deichverlegung oder Strombau, nachhaltig beeinflusst werden.