

Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“ (Stand September 1999)

Bruno Büchele, Franz Nestmann

Angesiedelt im Teilbereich Fließgewässer des Forschungsverbundes *Elbe-Ökologie*, beschäftigt sich das Verbundvorhaben *Morphodynamik der Elbe* in großräumiger Weise mit den Parametern und Prozessen der unbelebten Umwelt (Abiotik), die das Gewässer und seine angrenzenden Flächen maßgeblich prägen. Die wesentlichen interdisziplinären Ziele und Teilaufgaben des Vorhabens wurden seit 1996 mehrfach dargelegt (z.B. Verbundprojekt Morphodynamik der Elbe 1997/1998/1999, Büchele und Nestmann 1999).

1 Problemstellung und Zielstellung

Zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer- und Auenökologie an der Elbe ist es unabdingbar, die abiotischen Parameter und Prozesse zu kennen, die das Gewässer und seine angrenzenden Flächen maßgeblich prägen. Unter dieser Prämisse hat sich das Vorhaben zum Ziel gesetzt, in interdisziplinärer Weise den Ist-Zustand des deutschen Elbestromes zu analysieren. In einer Gesamtbeurteilung werden Einflussgrößen wie Gewässergeometrie, Wasserstände, Korngrößen und Vorgänge wie Abfluss- und Strömungsdynamik, Feststofftransport etc. mit deren Wechselwirkungen und räumlichen und zeitlichen Entwicklungen mittels moderner Datenverarbeitung (Datenbank, Geoinformationssystem (GIS)) fachtechnisch aufbereitet. Es ist vorgesehen die erarbeiteten Ergebnisse, speziell digitale Daten und Werkzeuge, zusammengestellt auf Datenträgern, den zuständigen Entscheidungsträgern in Behörden und Elbe-Ökologie-Forschung zur Verfügung zu stellen.

2 Stand ausgewählter Bearbeitungen im Überblick

Zur Beschreibung der abiotischen Verhältnisse entlang der Elbe stehen im Vorhaben umfangreiche Daten zur Verfügung, die i.d.R. von Bundes- bzw. Landesbehörden übergeben wurden. Im Folgenden werden ausgewählte Arbeiten und Ergebnisse dargestellt.

2.1 Hydrologische Analysen (Teilprojekte I.4 und II.2)

Die zur Beschreibung des Abflussgeschehens relevanten hydrologischen Ausgangsdaten, vor allem Ganglinien der Wasserstände und Durchflüsse an 14 ausgewählten Pegelstellen der Elbe und ihrer Hauptzuflüsse, wurden von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) bezogen und um Daten weiterer Ämter ergänzt. Die Beobachtungszeitspannen betragen je nach Zeitreihe 35 bis 146 Jahre. Die Bearbeitung im Projekt, die stark zusammengefasst aus Tab. 1 und Tab. 2 hervorgeht, wurde/wird von Dr.-Ing. Jürgen Ihringer, Dipl.-Hyd. Martin Helms sowie Dipl.-Ing. Stefan Belz (alle IWK, Universität Karlsruhe) durchgeführt, s. auch Helms et al. (1999).

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 m sehr heterogen, vereinzelt bestehen Datenlücken. Die zu Grunde liegenden 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 als oft nicht ausreichend. Da keine digitalen Höhendaten für Vorlandbereiche beschafft werden konnten, wurden notwendige Ergänzungen anhand topographischer Karten (TK 10, M 1:10000) der Landesvermessung durch Digitalisieren von Höhen- und Strukturinformation (wie Bruchlinien, Deiche etc.) vorgenommen und, gemeinsam mit den WSV-Daten, zu flächenhaften digitalen Geländemodellen (DGM) verarbeitet, die für die im Vorhaben zu erstellenden hydraulischen Modelle gut geeignet sind.

Tab. 1. Übersicht über hydrologische Analysen im Verbundprojekt Morphodynamik der Elbe

Analysen	Ergebnisse	Stand 09/99
Konsistenzprüfung	Plausibilisierte Abflusszeitreihen	fertig vorbehaltlich Abstimmung mit BfG
Stationariäts-untersuchung	Trends, zeitliche Lokalisierung von Abflussveränderungen	fertig, in Berichten dokumentiert
Gewässerkundliche Hauptzahlen	HHQ, MHQ, MQ, MNQ, NNQ	fertig, dokumentiert
Dauerlinien	Dauerlinien Quantile der Abflusszeitreihen	fertig, dokumentiert
Abflussregime, Jahresgang	Mittlere monatliche Abflüsse Pardé-Koeffizienten	fertig, dokumentiert
Hochwasseranalyse	Hochwasser-Abflüsse HQ_T verschiedener Jährlichkeiten T, z.T. für partielle Zeiträume/Dauern	vor Fertigstellung, vorbehaltlich Abstimmung mit BfG
Entwicklung hydrologischer Längsschnitte	Regionalisierte Abflusskennwerte im Längsverlauf	vor Fertigstellung, vorbehaltlich Abstimmung mit BfG
Periodische Entwicklungen	Längerfristige Abflussschwankungen	in Bearbeitung
Simulation täglicher Abflussreihen	Physikalische Fundierung stochastischer Modellansätze, Abflusssimulationsmodell, künstlich generierte Abflussreihen	in Bearbeitung

Tab. 2. Im Projekt angewandte hydrologische Verfahren, entwickelte bzw. vorhandene Modelle

Verfahren / Modelle	Erläuterung
Zeitreihenanalyse	Statistische Analyse von Elbe-Abflusszeitreihen
Regressionsmodell für Hochwasserkennwerte	Regionalisierung entlang der Elbe aus Einzugsgebietsfläche und Fließlänge
Stochastisches Modell	Künstliche Generierung von Abflusszeitreihen nach Treiber/Kron, Weiterentwicklung
Nichtlineares Speichermodell	Abflusssimulationsmodell für Szenarien/Prognosen nach Wittenberg
Routing-Modell	Wellenablauf Elbe, Translations-Diffusions-Modell mit Parametern nach ELBA/ BfG
Modellierung langfristiger Basisabfluss	Separation von Abflusskomponenten autoregressiver Ansatz
Modifiziertes Thiessen-Polygon-Verfahren	Ermittlung von Gebietsniederschlagszeitreihen, Elbe-EZG Deutscher Bereich
Flussgebietsmodell	Retentionswirkung von Deichrückverlegungen im Längsverlauf der Elbe, geplante Anwendung

2.2 Gewässergeometrie und –hydraulik (Teilprojekte I.1 und I.3)

Die Arbeiten zur Erstellung digitaler Geländemodelle (TP I.1) und Wasserspiegellagenberechnung (TP I.3) fanden/finden in enger Kooperation der Partner IWK (Universität Karlsruhe, Prof. Dr.-Ing. Franz Nestmann, Dipl.-Ing. Frank Ritzert) und FBTU (Universität-GH Paderborn/ Abteilung Höxter, Prof. Dr.-Ing. Klaas Rathke, Prof. Dr.-Ing. Günter Meon, Dipl.-Ing. Kerstin Adam) statt. Zur Verarbeitung der umfangreichen geometrischen Daten aus GIS und Datenbank kommen spezielle Softwaretools für Gewässergeometrien zum Einsatz, die überwiegend im Vorhaben entwickelt wurden (zur Konvertierung gängiger Datenformate, automatisierten Interpolation, Netzgenerierung etc.).

Tab. 3. Übersicht - im Projekt erzeugte Querprofile mit Vorland (Stand 09/99), Summe 123 km

Elbe-km	Topographie
203-220	Querprofilorientiert aus TK 10
271-291	Digitalisierung der Höhenlinien, etc. der TK 10, Erstellung des DGM, Rücklesen der Profile durch vorgegebene Polygone
340-370	Digitalisierung der Höhenlinien, etc. der TK 10, Erstellung des DGM, Rücklesen der Profile durch vorgegebene Polygone
370-400	Querprofilorientiert aus TK 10
400-407	Digitalisierung der Höhenlinien, etc. der TK 10, Erstellung des DGM, Rücklesen der Profile durch vorgegebene Polygone
407-426	Querprofilorientiert aus TK 10

Tab. 3 und Tab. 4 liefern einen Überblick über die im Projekt aufgearbeiteten und ergänzten Querprofilaten mit Vorlandanschluss. Tab. 5 gibt einen Gesamtüberblick über das vorliegende Datenmaterial der Gerinnegeometrie entlang der Elbe. Adam et al. (1999 a-d) stellen ergänzend den Stand der hydraulischen Berechnungen dar.

Tab. 4. Übersicht - im Projekt teilweise ergänzte Querprofile (Stand 09/99), Summe 219 km

Elbe-km	Topographie
121-203	Interpolation zwischen gepeilten Profilen und ergänzt durch querprofilorientierte Aufnahme aus TK 10
220-235	Interpolation zwischen gepeilten Profilen und ergänzt durch querprofilorientierte Aufnahme aus TK 10
320-338	Interpolation zwischen gepeilten Profilen und ergänzt durch querprofilorientierte Aufnahme aus TK 10 (Profile nicht bis zum Deich)
433-502	Interpolation zwischen gepeilten Profilen und Abgleich mit TK 10 / 25
502-537	Interpolation zwischen gepeilten Profilen und Abgleich mit TK 10 / 25

Tab. 5. Übersicht - im Projekt vorliegende Querprofile (Stand 09/99), Summe 466 km

Elbe-km	Flussschlauch	Vorland	Buhnen
0-121	-	-	-
121-220	X	X	X
220-235	X	-	X
235-271	-	-	-
271-291	X	X	X
290-340	X	-	-
340-426	X	X	X
426-433	X	-	-
433-537	X	X	X
537-586	X	-	-

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

Verschiedene Teilprojekte im Vorhaben beschäftigen sich mit den Prozessen des Sedimenttransports und der Bettbildung. Durchgeführt wurden bzw. werden:

1. Hydraulisch-sedimentologische Berechnungen in Teilstrecken (TP I.3, FBTU/IWK)
speziell: 1D-Feststofftransport-Modellierung
2. Erhebung und Analyse anhand von Labordaten (TP II.1, IWK)
speziell: Einfluss der Instationarität und von Bauwerken auf den Transport

3. Analyse anhand von Naturdaten (Geschiebe- und Feststoff-Messungen der BfG) speziell: groß-räumige Bilanzierung von Transportfrachten, Quantifizierung suspendierter bettbildender Sandanteile (TP I.6, II.3, BfG).

Grundlage der Betrachtungen bilden vor allem die Daten der Geschiebe- und Schwebstoffmessungen, die seit einigen Jahren von der BfG in einem Messnetz von 28 Entnahmestellen 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.

Näheren Einblick in die Arbeiten geben folgende Literaturstellen:

zu 1: Adam et al. (1999 a,b+d),

zu 2: Wang et al. (1999),

zu 3: Dröge (1999), Sauer und Schmidt (1999 a+b), Sauer und Bungartz (1999), sowie Schmidt und Dröge (1999).

Ausführliche (abschließende) Dokumentationen zu den genannten Arbeiten werden im Jahr 2000 vorliegen und veröffentlicht. Aus den vorläufigen Ergebnissen der Analysen lässt sich zusammenfassend festhalten, dass eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität bzw. Transportdynamik ableitbar und quantitativ nachweisbar ist.

Hierzu zählen z.B. die Beobachtungen, dass

- der Anteil des suspendierten Bettmaterials am Gesamttransport räumlich sehr unterschiedlich ausfällt und je nach Abflusssituation Werte über 40 % erreichen kann (vgl. Sauer und Schmidt 1999b in diesem Band).
- die Bettgestalt und die Transportrate bzw. –entwicklung in hohem Maß durch die Instationarität der Abflussverhältnisse beeinflusst sind – was bei künftigen Prognosebetrachtungen offenbar stärker berücksichtigt werden muss (s. Abb. 1)
- Regelungsbauwerke wie Buhnen unmittelbar nach deren Einbau die Transportrate erheblich ansteigen lassen und – unter instationären Bedingungen (d.h. bei zeitweise höheren Wasserführungen) – trotz allmählichem Abklingen auch nach mehreren Jahren noch höhere Sohlbelastungen nachweisbar sind (s. Abb. 1).

Abb. 1. Beispielergebnisse der Laboruntersuchungen (TP II.1 „Physikalische Modelle) zum Einfluss der Instationarität bzw. Buhneneinbau auf Bettformen und Transportraten, umgerechnet auf den Elbe-Bereich bei Wittenberge

2.4 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. Nähere Erläuterungen geben Mohrlök und Jirka (1999a-c).

Um die grundlegende Dynamik verschiedener Wasserhaushaltsgrößen in Auenbereichen, wie Grundwasser- und Bodenfeuchtezustände, für mesoskalige Bereiche (10 bis 1000 km²) und lange Zeiträume (> 20 Jahre) statistisch beschreiben zu können, wird derzeit im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs „Ökologische Wasserwirtschaft“ ein analytisches 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 im Bereich der Ohremündung zeigen gute Lösungen (Burek 1999, Burek und Ihringer 1999).

3 Weiterführende Arbeiten und Aspekte

Über die hier angeführten Arbeiten hinaus konnten während der Projektlaufzeit, vor allem unter den Aspekten der *Interdisziplinarität* und *Vernetzung*, eine Vielzahl weiterer Aktivitäten realisiert werden. Hervorgehoben seien hier

- die Zusammenführung der Daten in Datenbank und GIS sowie deren Kopplung,
- die Begleitung der Arbeiten sowie Parameterdefinition aus biotischer Sicht,
- der fachübergreifende Erfahrungs- und Informationsaustausch sowie zahlreiche Kontakte zu anderen Vorhaben der Elbe-Ökologie und weiteren Institutionen.

Am Beispiel der Thematik „Ermittlung von Überflutungsflächen“ konnte die Anwendung der Projektdaten und –werkzeuge aufgezeigt und dargestellt werden, wie mittels Verschneidung geometrischer, hydraulischer sowie hydrologischer Parameter und Zusammenhänge die *Transformation* des Abflusses auf die Fläche vorgenommen werden kann (Adam et al. 1999a, Henneboel 1999).

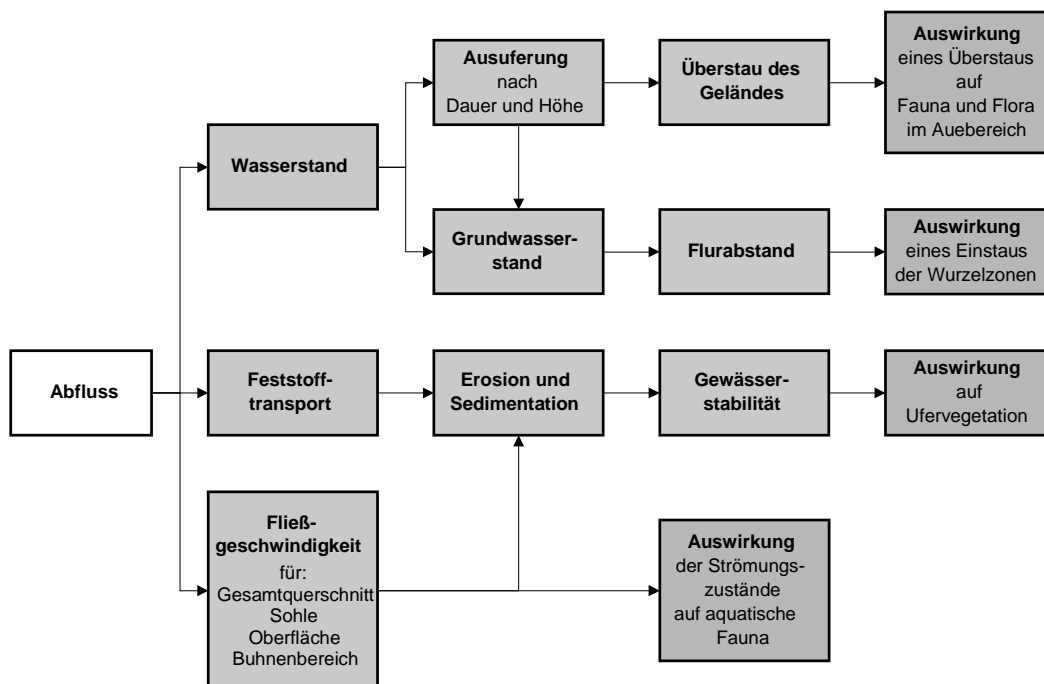


Abb. 2. Anwendungsbeispiele für Transformationen

Ausgehend von der räumlichen und zeitlichen Beschreibung der Abflussdynamik, die am Beginn der Wirkungskette im Fließgewässer-Aue-System steht, ist das Prinzip der Transformation für eine Vielzahl von Einflussgrößen und Zusammenhängen der Umwelt denkbar (Abb. 2). 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. Weitere Beispiele hierfür sind die Themenkomplexe Schifffahrt, Hochwasserschutz und Landnutzung vor und hinter Deichen.

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.

Literatur

- Adam, K., Meon, G., Rathke, K. (1999a) Eindimensionale Strömungs- und Feststofftransportberechnungen der Elbe. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 68-71
- Adam, K., Meon, G., Rathke, K. (1999b) Übersicht der 1D-Berechnungen (Wasserspiegellagen und Feststofftransport) der Elbe. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 72-73
- Adam, K., Meon, G., Rathke, K. (1999c) Möglichkeiten und Grenzen der 1D-Berechnungen in einem Abschnitt an der Mittleren Elbe (Biosphärenreservat). In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 74-75
- Adam, K., Meon, G., Otte-Witte, K., Rathke, K. (1999d) Eindimensionale Strömungs- und Feststofftransportberechnungen der Elbe am Beispiel eines Elbeabschnittes bei Sandau. In: BMBF-Statusseminar Elbe-Ökologie, 2.-5.11.1999, Berlin, Tagungsbeiträge im Druck
- Büchle, B., Nestmann, F. (1999) Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“: Gesamtkonzeption und Arbeitsstand. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 11-20
- Burek, P. (1999) Entwicklung eines analytischen Modells der Aquifer-Fließgewässer-Interaktion. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 82-85
- Burek, P., Ihringer, J. (1999) Langzeitliche Modellierung der Wasserhaushaltsdynamik an der Elbe. In: BMBF-Statusseminar Elbe-Ökologie, 2.-5.11.99, Berlin, Tagungsbeiträge im Druck
- Dröge, B. (1999) HFBM – Ein Instrument zur Kontrolle und Steuerung des Geschiebehaushaltes. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 61-62.
- Helms, M., Ihringer, J., Belz, B. (1999) Analyse und Simulation von Abflußzeitreihen. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 24-39
- Henneboel, S. (1999) GIS-gestützte Ermittlung von Überflutungsflächen am Beispiel der Mittleren Elbe. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe
- Mohrlok, U., Jirka, G.H. (1999a) Grundwasserdynamik in den Auen des Elbetals: Aspekte der Deichrückverlegung an der Ohremündung. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 76-79
- Mohrlok, U., Jirka, G.H. (1999b) Numerische Modellierung der Grundwasserdynamik in den Auen des Elbetals um die Ohremündung. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 80-81
- Mohrlok, U., Jirka, G.H. (1999c) Einfluß der Deichrückverlegung auf die Grundwasserdynamik im Elbetal im Bereich der Ohremündung. In: BMBF-Statusseminar Elbe-Ökologie, 2.-5.11.1999, Berlin, Tagungsbeiträge im Druck
- Sauer, W., Bungartz, H. (1999) Messung und Simulation der Verteilung des suspendierten Sandes im Elbabschnitt Mühlberg – Wittenberg (km 125 – 215). In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 66-67

- Sauer, W., Schmidt, A. (1999a) Ermittlung des bettbildenden Anteils des suspendierten Sandes in der Elbe. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 63-65
- Sauer, W., Schmidt, A. (1999b) Messung der Verteilung des suspendierten Sandes in der Elbe und Ermittlung seines bettbildenden Anteils. In: BMBF-Statusseminar Elbe-Ökologie, 2.-5.11.1999, Berlin, Tagungsbeiträge (im Druck)
- Schmidt, A., Dröge, B. (1999) Feststofftransport in der Elbe In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 57-60
- Verbundprojekt Morphodynamik der Elbe (1997) Zwischenbericht. Universität Karlsruhe (TH), BMBF-Förderkennzeichen 0339566
- Verbundprojekt Morphodynamik der Elbe (1998) Sachstandsbericht 1997. Universität Karlsruhe (TH), BMBF-Förderkennzeichen 0339566
- Verbundprojekt Morphodynamik der Elbe (1999) Sachstandsbericht 1998. Universität Karlsruhe (TH), BMBF-Förderkennzeichen 0339566
- Wang, Y., Gottauf, A., Bui, M.D., Trau, M., Nestmann, F. (1999) Bewegungen von Transportkörpern an der Elbesohle. In: „Fachtagung Elbe – Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue“, Wittenberge, 4.-7.5.99, Karlsruhe, 1999, S. 103-112