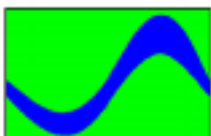


Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe
- eine Fördermaßnahme des Bundesministeriums für
Bildung und Forschung (BMBF) -

Nr. 8

Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines Decision Support Systems (DSS)

**Zusammenfassung des im Auftrag der BfG erstellten Berichts
Towards a Generic Tool for River Basin Management
- Feasibility Study –**



PROJEKTGRUPPE ELBE-ÖKOLOGIE
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Koblenz-Berlin



MITTELUNG

Impressum:

Herausgeber:

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Koblenz - Berlin

Schriftleitung:

Projektgruppe Elbe-Ökologie
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Außenstelle Berlin
Schnellerstr. 140
12439 Berlin
Tel: 030/63986-438
Fax: 030/63986-439
E-mail: PG-ELBE@bafg.de
Internet: <http://elise.bafg.de>

Die Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines Decision Support System (DSS) wurde gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Forschungsvorhabens „Fachliche Begleitung und Koordination der Vorhaben im Forschungsverbund Elbe-Ökologie - Projektgruppe Elbe-Ökologie“, Förderkennzeichen 033 95 42.

**Kofalk, S.; Kühlborn, J.; Gruber, B.; Uebelmann, B.; Hüsing, V. (2001): Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines Decision Support Systems (DSS). Zusammenfassung des im Auftrag der BfG erstellten Berichts „Towards a Generic Tool for River Basin Management - feasibility study -“. BfG/Projektgruppe Elbe-Ökologie (Hrsg.): Mitteilung Nr. 8
Berlin 2001**

Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines Decision Support Systems (DSS)

Zusammenfassung

des im Auftrag der BfG erstellten Berichts

Towards a Generic Tool for River Basin Management - Feasibility Study -

- **report 1, Problem Definition Phase**
by M. Verbeek², H. van Delden¹, H.G. Wind¹ and J.L. de Kok¹
- **report 2/3, Feasibility Assessment for a Prototype DSS for the Elbe**
by J.L. de Kok, H.G. Wind, H. van Delden and M. Verbeek,
with comments by B. Gruber⁵, S. Kofalk⁵, J. Berlekamp³ and M. Matthies³
- **report 4, IT framework report**
by B. Hahn⁴, G. Engelen⁴, J. Berlekamp and M. Matthies

¹Dept. of Civil Engineering Technology and Management, Twente University, Enschede

²INFRAM bv., Zeewolde, The Netherlands

³Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück

⁴Research Institute for Knowledge Systems BV, Maastricht

⁵Bundesanstalt für Gewässerkunde, Projektgruppe Elbe Ökologie

Zusammenfassung und Bearbeitung:

S. Kofalk, J. Kühlborn

unter Mitarbeit von B. Gruber, B. Uebelmann (Übersetzung) und V. Hüsing

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Projektgruppe Elbe-Ökologie

Berlin, Februar 2001

VORWORT

Im Mittelpunkt des Förderschwerpunktes „Ökologische Konzeptionen für Fluss- und Seenlandschaften“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) steht seit 1994 die Stromlandschaft der Elbe. Auf Basis der im August 1995 veröffentlichten Forschungskonzeption „Elbe-Ökologie“ werden interdisziplinäre Verbundvorhaben zur Ökologie der Fließgewässer und Auen sowie zur Landnutzung im Elbe-Einzugsgebiet gefördert. Durch Aufklärung ökologischer Zusammenhänge und Erarbeitung umwelt-, sozial- und wirtschaftsverträglicher Konzepte soll ein Beitrag für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung geleistet werden. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wurde vom BMBF mit dem Aufbau der organisatorischen und inhaltlichen Struktur der ökologischen Forschung an der Elbe betraut. Die damit verbundenen Aufgaben werden von der „Projektgruppe Elbe-Ökologie“ wahrgenommen.

Ein Hauptanliegen des BMBF mit der Fördermaßnahme Elbe-Ökologie ist es, Entscheidungsgrundlagen für die vollziehende Praxis zu schaffen. Um die gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen auch über das Ende der einzelnen Projekte der genannten Forschungsvorhaben hinaus zu sichern, besteht eine wichtige Aufgabe darin, ein Konzept für die übergreifende Auswertung und Präsentation der Forschungsergebnisse zu erarbeiten. Ziel der Ergebniszusammenführung ist es dabei u. a., die zum Teil sektoralen oder regionalen Ergebnisse für die Gesamtelbe nutzbar zu machen und nach Möglichkeit auf andere große Fließgewässer zu übertragen.

Aufgrund der technischen Entwicklung bieten sich neue effektive und innovative Möglichkeiten, späteren Nutzern und einer breiteren Öffentlichkeit die Ergebnisse zugänglich zu machen. Der Aufbau eines computergestützten Entscheidungsunterstützungssystems (*Decision Support System* - DSS) stellt sicherlich sowohl für Wissenschaftler als auch für Ergebnisnutzer eine der attraktivsten Varianten dieser modernen Instrumente dar und trägt zur Erfüllung der gesetzten Ziele bei. Die BfG initiierte daher zunächst die Durchführung einer Machbarkeitsstudie, um zu prüfen, welche Daten und Modelle aus den Forschungsvorhaben „Elbe-Ökologie“ und „Leitprojekt Elbe 2000“ verfügbar sind und vor allem welche Nutzer ein Interesse an der Entwicklung eines solchen Systems haben.

Die vorliegende Studie gibt einen Überblick über den Wissensstand bei DSS-Systemen sowie deren Einsatzmöglichkeiten am Beispiel der Stromlandschaft Elbe. Sie stellt den Ausgangspunkt für weitere Arbeiten dar, mit denen das anspruchsvolle Ziel der Forschungskonzeption erfüllt werden soll, regionale Summationswirkungen von geplanten Eingriffen auf die Fließgewässer und Auen besser abzuschätzen zu können.

Bei der Durchführung der Machbarkeitsstudie haben viele Personen und Institutionen, durch ihre Bereitschaft und das Interesse Fragen zu formulieren und Informationen bereitzustellen, mitgearbeitet. Für deren Unterstützung sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Ebenso danken wir den Verfassern der Teilberichte der Machbarkeitstudie für die sorgfältige Erarbeitung. Die vorliegende Veröffentlichung fasst die Teilberichte zusammen und kann bei der Projektgruppe Elbe-Ökologie angefordert werden. Sie kann ebenso wie die vollständigen Teilberichte unter <http://elise.bafg.de/?3473/> aus dem Internet bezogen werden.

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Koblenz - Berlin, Februar 2001

Projektgruppe Elbe-Ökologie

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangssituation	1
1.1 Forschungsverbund „Elbe-Ökologie“	1
1.2 Leitprojekt „Elbe 2000“	5
1.3 Ziele.....	6
2 Grundlagen zum DSS	9
2.1 Definition und Grundlagen zum Thema DSS	9
2.2 Vorgehensweise beim Aufbau eines DSS	11
2.3 Stand des Wissens auf nationaler und internationaler Ebene	12
2.4 Weitere Beispiele für DSS	14
2.4.1 GREAT-ER	14
2.4.2 WadBOS.....	15
3 Durchführung einer Machbarkeitsstudie für ein Elbe-DSS.....	17
3.1 Phase 1: Definition der Anforderungen an das DSS	17
3.2 Phase 2: Entwicklung eines Systemdiagramms	18
3.3 Phase 3: Recherche bezüglich der verfügbaren Modelle und Daten	19
3.4 Phase 4: Auswahl eines informationstechnologischen Rahmens	19
3.5 Phase 5: Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse.....	19
4 Ergebnisse der Machbarkeitsstudie für ein Elbe-DSS	21
4.1 Anforderungen an das Pilot-DSS	21
4.1.1 Nutzer und Fragestellungen.....	21
4.1.2 Handlungsziele und Kriterien.....	21
4.1.3 Themen und Maßnahmen.....	22
4.1.4 Szenarien.....	23
4.1.5 Umfang und Funktion	23
4.1.6 Zeitlicher und räumlicher Maßstab	24
4.1.7 Entscheidungsmodelle.....	25
4.2 Qualitative Beschreibung.....	25
4.2.1 Modulare Struktur	26
4.2.2 Modul 1 (Einzugsgebiet): Landnutzungsänderung/Abfluss im Elbeeinzugsgebiet..	28
4.2.3 Modul 2 (Fluss): Schiffbarkeit, Hochwasser und Gewässerqualität entlang der Elbe	29
4.2.4 Modul 3 (Flussabschnitt): Hydromorphologie und Ökologie der Elbe, ihrer Uferbereiche und Auen.....	31
4.2.5 Verbindung der drei Module	32
4.3 Recherche der verfügbaren Modelle und Daten	33
4.3.1 Empfehlungen für die quantitative Systemgestaltung	33
4.3.2 Koordination mit dem Elbe 2000 Programm.....	34
4.3.3 Offene Fragen	35
5 Empfehlungen für eine Elbe-DSS Pilotphase	37
5.1 Umfang und Ziel einer Pilotphase	37
5.2 Struktur des DSS.....	37
5.3 Auswahl eines Beispielgebiets	39
5.4 Empfehlungen zur Abbildung des Wasserqualitätsmanagements im DSS	42
5.5 Verfügbarkeit von Modellen und Daten.....	43
5.5.1 Modelle für hydrologische, hydraulische und hydromorphologische Prozesse.....	44

5.5.2 Modelle zum Wasserqualitätsmanagement	44
5.5.3 Verfügbare Daten	45
5.6 Auswahl eines informationstechnologischen Rahmens.....	46
5.6.1 Funktionale Komponenten eines DSS	46
5.6.2 Systemarchitekturvarianten.....	47
6 Zusammenfassung.....	51
7 Literatur und relevante Veröffentlichungen	53
8 Anhang	59

Verzeichnis der Abbildungen:

Abbildung 1: Übersicht über Vorhaben im Forschungsverbund „Elbe-Ökologie“ und die Lage von Untersuchungsgebieten	3
Abbildung 2: Entscheidungsfindungsprozess und dessen Unterstützung mit Hilfe eines DSS...	9
Abbildung 3: Modularer Aufbau von GREAT-ER.....	14
Abbildung 4: Systemdiagramm und Benutzeroberfläche von WadBOS	16
Abbildung 5: Berücksichtigung der unterschiedlichen Skalen durch Module im DSS	24
Abbildung 6: Entwurf eines Systemdiagramms für die Elbe, basierend auf Inhalten des Elbe-Ökologie- und des Elbe 2000-Programms.....	26
Abbildung 7: Entwurf für die Struktur eines Pilot-DSS für die Elbe mit den Institutionen, die Beiträge zu den einzelnen Elementen leisten können.....	27
Abbildung 8: Teildarstellung des Designs und funktionaler Beziehungen eines Pilot-DSS für das Einzugsgebiet der Elbe	38
Abbildung 9: Funktionale Komponenten eines DSS	47
Abbildung 10: Möglichkeiten der Integration von Teilmodellen in ein DSS-System	48
Abbildung 11: Empfehlung für die Struktur des Pilot-DSS	52
Abbildung 12: Daten des Leitprojektes „Elbe 2000“	65
Abbildung 13: Messprogramm der ARGE Elbe.....	66

Verzeichnis der Tabellen:

Tabelle 1: Nutzer und Fragestellungen für ein Pilot-DSS	21
Tabelle 2: Handlungsziele und Kriterien für ein Pilot-DSS	22
Tabelle 3: Themen und Maßnahmen für ein Pilot-DSS	22
Tabelle 4: Minimales Set von Systemvariablen für Modul 1	29
Tabelle 5: Minimales Set von Systemvariablen für Modul 2	30
Tabelle 6: Minimales Set von Systemvariablen für Modul 3	31
Tabelle 7: 1D Modelle und Daten für die Pilotphase und Modelle für einen detaillierteren Systemaufbau.....	39
Tabelle 8: Beispiele für an der Elbe vorhandene Managementprobleme und geplante/ durchgeführte Maßnahmen	40
Tabelle 9: Orte einiger Modellentwicklungen und verfügbarer Daten.....	41
Tabelle 10: Kriterien und Bewertung von DSS-Systemarchitekturen.....	49
Tabelle 11: Übersicht über Vorhaben im Forschungsverbund Elbe-Ökologie	60
Tabelle 12: Im Forschungsverbund verfügbare oder in Entwicklung befindliche Modelle und Daten.....	62

Verzeichnis der Abkürzungen:

ARGE Elbe	Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BÜK	Bodenübersichtskarte
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DWD	Deutscher Wetterdienst
ELBIS	Internetbasiertes Elbe Informations System (der ARGE Elbe)
ELISE	Internetbasiertes Elbe Informations System des Forschungsverbundes Elbe-Ökologie
F&E	Forschung und Entwicklung
GIS	Geographisches Informations-System
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
IÖW	Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung GmbH
N	Stickstoff
P	Phosphor
RIVA	Forschungsprojekt „Übertragung und Weiterentwicklung eines R obusten I ndikationssystems für ökologische V eränderungen in A uen“ des UFZ
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
StaBUA	Statistisches Bundesamt
StaLÄ	Statistisches Landesämter
UBA	Umweltbundesamt
UFZ	Umweltforschungszentrum Halle-Leipzig

1 Ausgangssituation

1.1 Forschungsverbund „Elbe-Ökologie“

Seit 1996 fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Forschungsschwerpunktes "Ökologische Konzepte für Fluss- und Seenlandschaften" anwendungsorientierte Vorhaben mit dem Ziel, am Beispiel der Elbe ökologische Zusammenhänge in Flusslandschaften aufzuklären, umwelt-, sozial- und wirtschaftsverträgliche Gestaltungskonzepte zu erarbeiten und Entscheidungsgrundlagen für die Praxis bereitzustellen.

Basis der interdisziplinären Fördermaßnahme bildet die mit Wissenschaft und Praxis abgestimmte Forschungskonzeption "Elbe-Ökologie", in der die grundsätzlichen Leitlinien für den Forschungsverbund vorgegeben und die Forschungsthemen in die Bereiche "Ökologie der Fließgewässer", "Ökologie der Auen" sowie "Landnutzung im Einzugsgebiet" gegliedert sind. Die geförderten Projekte sollen ökologische und sozioökonomische Zusammenhänge aufklären, Kenntnislücken durch Einbeziehung innovativer Methoden schließen und anwendungsbezogene Konzepte zur Lösung von Nutzungskonflikten erarbeiten. Ein grundsätzliches Anliegen der Forschungsprojekte besteht in der Weiterentwicklung von Instrumentarien zur Prognose ökologischer Auswirkungen, z. B. von wasserbaulichen Eingriffen oder von Landnutzungsänderungen, sowie in der Erarbeitung von Entwicklungszielen für unterschiedliche Naturräume.

In der Abbildung 1 sowie in Tabelle 11 im Anhang wird ein Überblick über die z. Z. geförderten Vorhaben im Forschungsverbund Elbe-Ökologie gegeben. Die einzelnen Vorhaben sind Themenbereichen zugeordnet, die im Folgenden beschrieben werden.

Die Forschung im **Bereich „Ökologie der Fließgewässer“** lässt sich in folgende Teilthemen untergliedern:

- Ökomorphologie (Sohlerosion, Strömungsdynamik, Habitatstrukturen)

Im Bereich der Ökomorphologie konzentrieren sich vier Vorhaben vor allem auf die Entwicklung von Instrumentarien zur Analyse der Morphodynamik und zur Vorhersage von Eingriffsfolgen. Aufbauend auf der Untersuchung des Ist-Zustands der Elbe und ihrer Überflutungsbereiche im Hinblick auf die morphologische Entwicklung im Bereich von der deutsch-tschechischen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht werden Prognoseinstrumente zur großräumigen Abschätzung der Folgen wasserbaulicher Eingriffe erarbeitet. Mit Hilfe verschiedener physikalischer und numerischer Modelle werden die Auswirkungen von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie am Beispiel der so genannten Erosionsstrecke und eines geplanten Rückdeichungsbereiches bei Lenzen/Brandenburg untersucht. Ein weiteres Thema ist die Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe, um Hinweise für die Geschiebemanagement und die Optimierung des Messnetzes abzuleiten. Außerdem werden Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen biotischen und abiotischen Parametern im Wasserwechselbereich von Buhnenfeldern durchgeführt. Auf dieser Grundlage wird ein numerisches Simulationsmodell entwickelt, mit dem die Auswirkungen unterschiedlicher Ausführungsformen von Buhnen auf Hydrodynamik, Morphodynamik und Biozönose prognostiziert werden können.

- Arten und Lebensgemeinschaften

Auf dem Gebiet der Arten und Lebensgemeinschaften wird das Augenmerk im Rahmen zweier Projekte vor allem auf die Fischfauna gelegt: Da Fische eine stark struktur gebundene Lebensweise besitzen, sind sie gute Indikatoren für die Bewertung des ökologischen Zustands von Gewässern. Ein Forschungsprojekt beschäftigt sich daher mit den grundlegenden Zusammenhängen zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Elbe, um Entscheidungshilfen für die ökologisch verträgliche Durchführung wasserbaulicher Maßnahmen zu liefern. Mit dem Ziel, Kenntnisse über die Bedeutung von Schiffsschleusen für Fischwanderungen zu erhalten, werden entsprechende Untersuchungen am Beispiel des Elbewehres Geesthacht und den dortigen Schleusen durchgeführt. Die Nutzung verschiedener möglicher Wanderwege wird verglichen, um daraus Vorschläge für die Verbesserung des Fischwechsels abzuleiten, da viele Fischarten auf die Längsdurchgängigkeit der Elbe angewiesen sind, um die für ihre Entwicklung notwendigen Lebensräume erreichen zu können.

- Stoffdynamik im Fließgewässer

Schwerpunkt der Forschung im Bereich der Stoffdynamik ist die Untersuchung des Stoffumsatzes an verschiedenen morphologischen Strukturen wie Bühnenfeldern, Stromsohle und Interstitial. Fünf Vorhaben bearbeiten diese Thematik in enger Kooperation anhand verschiedener Fragestellungen und auf verschiedenen Maßstabsebenen.

Mit dem **Themenbereich „Ökologie der Auen“** befassen sich neun Projekte, wobei sich die behandelten Themen (nicht trennscharf) wie folgt untergliedern lassen:

- Ökologischer Hochwasserschutz (Deichrückverlegung, Retentionsflächenrückgewinnung),

Im Rahmen zweier Vorhaben in Brandenburg und Sachsen-Anhalt werden - unter verschiedenen Randbedingungen - die zu erwartenden Auswirkungen einer Deichrückverlegung auf die Pflanzen- und Tierwelt sowie auf die dort lebenden und wirtschaftenden Menschen analysiert. In diesem Zusammenhang werden auch die Möglichkeiten einer Auenwaldneubegründung in potenziellen Überflutungsbereichen untersucht.

- Nutzungs- und Renaturierungskonzepte (Auenwaldentwicklung, umweltverträgliche Landwirtschaft)

Im thüringischen Bereich der Unstrut werden vom Land Anstrengungen zur Revitalisierung der intensiv genutzten Auenbereiche unternommen. In einem wissenschaftlichen Begleitvorhaben wurden standortgerechte Entwicklungsziele und Nutzungsszenarien erarbeitet und hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen sowie der betriebs- und volkswirtschaftlichen Auswirkungen analysiert und bewertet.

Die Frage nach der Integration von gemeinsamen Zielen verschiedener Nutzungsansprüche auf die Auen, z. B. von Landwirtschaft, Naturschutz oder Tourismus sollen in Vorhaben im niedersächsischen Elbetal und im Biosphärenreservat Mittlere Elbe beantwortet werden. Für die aus Naturschutzsicht herausragenden Lebensräume sollen Perspektiven, Instrumente und Kosten einer umweltschonenden Landnutzung aufgezeigt und konkrete Maßnahmen gemeinsam mit den Interessengruppen umgesetzt werden.

Ziel eines weiteren Forschungsprojektes ist die Erarbeitung von Konzepten zur naturnahen Bewirtschaftung von Auenwäldern, die - einmalig für die größeren deutschen Flusssysteme - am Mittellauf der Elbe zwischen Dessau und Magdeburg noch existieren.



Abbildung 1: Übersicht über Vorhaben im Forschungsverbund „Elbe-Ökologie“ und die Lage von Untersuchungsgebieten

Da rund 60 % der gesamten Ackerfläche Sachsens, das zu fast 100 % zum Einzugsgebiet der Elbe zu zählen ist, durch Wassererosion gefährdet sind, befasst sich ein anderes Vorhaben mit Möglichkeiten des Einsatzes erosionsmindernder ackerbaulicher Verfahren. Ein zweiter Teil dieses Projektes erprobt umweltgerechte Landbewirtschaftungssysteme mit Rindern, Schafen und Damwild auf ökologisch sensiblen Flächen der Elbauen und bewertet diese hinsichtlich ihres Einflusses auf Biotop-, Boden-, Gewässer-, Erosions- und Tierschutz sowie die Vegetationsentwicklung.

- Bioindikation (Bewertung, Prognose, Erfolgskontrolle)

Ferner wird auf der Grundlage vorhandener Kenntnisse, die an anderen Flussauen Europas gewonnen wurden, ein praxisnahes Bioindikationssystem entwickelt, mit dem der ökologische Zustand des äußerst komplexen Systems Aue mit möglichst geringem Aufwand analysiert und bewertet werden kann und das ökologische Auswirkungen von Eingriffen zuverlässig anzeigt. Ziel eines ergänzenden Vorhabens ist es, ein Werkzeug zu erstellen, das es erlaubt, die Auswirkungen von land-, forst- oder wasserwirtschaftlichen Maßnahmen hinsichtlich der Populationsdynamik und Habitateignung von auentypischen Laufkäferarten zu untersuchen.

Themenbereich Landnutzung im Einzugsgebiet

Nachdem die punktuellen Einleitungen in die Elbe zurückgegangen sind, gewinnen diffuse Stoffeinträge zunehmend an Bedeutung. Von den jährlich eingetragenen Stickstoffmengen in Höhe von ca. 150.000 t stammen etwa 72 % aus Flächen mit land- und forstwirtschaftlicher Nutzung. Eine Minderung dieser diffusen Einträge aus dem Einzugsgebiet erfordert eine möglichst flächendeckende Etablierung standortgerechter Bewirtschaftungsverfahren. Ziel von mehreren Forschungsvorhaben, die sich mit der Landnutzung im Einzugsgebiet beschäftigen, ist es daher, auf der Basis einer naturräumlichen Klassifizierung und Grobanalyse der besonders austragsgefährdeten Regionen des Elbegebietes sowie einer großräumigen Modellierung die langfristigen Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den Landschaftswasser- und -stoffhaushalt zu prognostizieren. Auf regionaler Maßstabsebene werden Ziele und Maßnahmen einer standortgerechten Bewirtschaftung definiert sowie Wege zu deren Umsetzung aufgezeigt. Wegen der spezifischen Gegebenheiten wird eine detaillierte Analyse der kausalen Wechselwirkungen zwischen der Landnutzung und den Stoffausträgen in den drei Naturräumen des Elbegebietes durchgeführt:

- Tiefland
- Lössregion
- Festgesteinsbereich

Weiterhin wird untersucht, wie mit Maßnahmen zur gezielten Abflussverzögerung bereits mittelfristig Stoffeintragsminderungen in die Oberflächengewässer erreicht werden können. Damit aus den Forschungsergebnissen umsetzbare Handlungskonzepte resultieren, werden nicht nur die ökologischen, sondern auch die sozioökonomischen Auswirkungen von Landnutzungsänderungen analysiert.

Themenübergreifend arbeitet ein Projekt an der monetären Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Weiterhin wurde das zukunftsweisende internetbasierte Informationssystem ELISE etabliert.

1.2 Leitprojekt „Elbe 2000“

Bereits im Jahr 1990 wurde vom BMBF das Leitprojekt "Elbe 2000" definiert, das den Beitrag von Forschung und Entwicklung zur Sanierung der Elbe beinhaltet. Ziel dieses Projektes ist die umfassende Untersuchung des Flusssystemes, um die Belastung der Elbe und ihrer Nebenflüsse mit Schadstoffen beträchtlich zu verringern und eine deutliche Verbesserung der Gewässerqualität bis zur Güteklasse II ("mäßig belastet") zu erreichen. Darüber hinaus sollen Grundlagen für ein ökologisch ausgeglichenes, naturverträglich zu nutzendes Gewässersystem geschaffen werden, um in der Elbe und ihren Nebenflüssen wieder ökologisch intakte aquatische Ökosysteme zurückzugewinnen.

Das Leitprojekt bestand aus den im Folgenden aufgeführten Elementen:

- **Die Forschung an der Elbe selbst und ihren Nebenflüssen**

Die Gewässergüte der Elbe kann nur so gut sein wie die ihrer Nebenflüsse. Das BMBF bewilligte deshalb bereits im Sommer 1991 die erste Projektphase, die das Flusssystem der Mulde mit den Quellflüssen Zwickauer und Freiburger Mulde sowie die Weiße Elster umfasste. Anfang 1993 wurde die zweite Phase begonnen, in der die Gewässersysteme von Saale, Ilm und Unstrut, von Havel und Spree einschließlich der Kanäle und Seen sowie das Flusssystem der Schwarzen Elster untersucht wurden. Darüber hinaus wurden vier Saaletalsperren einbezogen. Die dritte Projektphase, die auf die Untersuchung des Elbestroms selbst gerichtet war und aus einem Projektverbund von 7 Teilprojekten unter dem Generalthema "Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen" bestand, wurde im Juni 1993 gestartet.

Ziel der Forschungsvorhaben war es, die gegenwärtige Schadstoffbelastung der Sedimente - insbesondere mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen - und das daraus zu erwartende Gefährdungspotenzial festzustellen, Sanierungsschwerpunkte und Sanierungsmaßnahmen zu ermitteln und vorzuschlagen, um damit die Grundlagen für die Überprüfung bereits laufender und für die Prognose späterer Sanierungsmaßnahmen zu schaffen. Dazu war es notwendig, die Prozesse des Schadstofftransportes, der Schadstoffbindung und -remobilisierung zu untersuchen sowie die Unterscheidung zwischen natürlichen und vom Menschen verursachten Belastungen diffuser und punktueller Art vorzunehmen. An diesem Forschungsprogramm beteiligten sich Forschungseinrichtungen der Länder, eine Großforschungseinrichtung des BMBF, Hochschulen und die Forschungsstelle des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs mit ihrer Außenstelle in Dresden.

- **Die zur Messung und zur Überwachung der Gewässerqualität erforderliche Verbesserung der Wasseranalytik**

Im Rahmen des Leitprojekts "Elbe 2000" förderte das BMBF auch einen weiteren Forschungsverbund zur Weiterentwicklung der Trinkwasser- und Gewässeranalytik. Die Methoden dienen der Verbesserung der Gewässerüberwachung, der Kontrolle der Abwassereinleiter und der Trinkwasserqualität. An diesem Programm waren zwölf Forschungsunternehmen bzw. Universitätsinstitute beteiligt.

- **Die zur Trinkwassergewinnung am Elbesystem erforderlichen modernsten Technologien zur Aufbereitung von qualitativ schlechten Rohwässern**

Die sichere Trinkwasserversorgung der Bevölkerung trotz schlechter Rohwasserqualität ist ein vordringliches Ziel des BMBF im Rahmen des Leitprojekts "Elbe 2000". Deshalb wurden seit 1990 vier Pilot- bzw. Demonstrationsanlagen zur Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat bzw. aus Grundwasser im Elbeeinzugsgebiet gefördert. Es handelte sich dabei um

F&E-Vorhaben zur Trinkwasseraufbereitung aus stark verschmutztem Uferfiltrat der Elbe (Wasserwerk Dresden-Saloppe, Wasserwerk Magdeburg-Barby), dem Uferfiltrat der Saale (Wasserwerk Halle-Beesen) sowie aus mit Nitraten und chlorierten Kohlenwasserstoffen kontaminiertem Grundwasser (Wasserwerk Coswig bei Meißen). Begleitende Forschung zur Aktivkohleanwendung bei der Trinkwasseraufbereitung aus stark kontaminiertem Uferfiltrat betrieben ferner drei Forschungsstellen.

Eine im Jahr 1998 begonnene Auswerte- und Synthesephase, die die gewonnenen Ergebnisse aufbereitete, ist mittlerweile abgeschlossen [PRANGE et al. 2000].

1.3 Ziele

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wurde durch das BMBF mit dem Aufbau der organisatorischen und inhaltlichen Struktur der ökologischen Forschung an der Elbe betraut. In der Außenstelle der BfG in Berlin wurde daraufhin die "Projektgruppe Elbe-Ökologie" ins Leben gerufen, deren prioritäre Aufgabe nach der Erarbeitung einer Forschungskonzeption die fachliche Koordination und die Zusammenführung der Ergebnisse des Forschungsverbundes ist.

Um die gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen auch über das Ende der einzelnen Projekte der genannten Forschungsvorhaben hinaus zu sichern, bestand eine wichtige Aufgabe der Projektgruppe Elbe-Ökologie darin, ein Konzept für die übergreifende Auswertung und Präsentation der Forschungsergebnisse zu erarbeiten. Ziel der Ergebniszusammenführung ist es dabei u. a., die zum Teil sektoralen oder regionalen Ergebnisse für die Gesamtelbe nutzbar zu machen und nach Möglichkeit auf andere große Fließgewässer zu übertragen. Dabei kann auch eine angewandte Forschung jedoch nur die Grundlagen für politische Entscheidungen schaffen. Die Umsetzung der entwickelten Konzepte liegt bei den Entscheidungsträgern auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene. Ein wichtiges Anliegen besteht daher darin, die gewonnenen Ergebnisse so aufzubereiten, dass die potenziellen Nutzer sie nicht nur zur Kenntnis nehmen, sondern auch unkompliziert anwenden können.

Der Erfolg des Forschungsverbundes Elbe-Ökologie wird nicht zuletzt davon abhängen, in welcher Weise die gewonnenen Ergebnisse durch die Praxis angenommen werden. Die von den einzelnen Projekten zu erstellenden Abschlussberichte finden erfahrungsgemäß in der Praxis nur teilweise eine größere Verbreitung. Aufgrund der technischen Entwicklung bieten sich allerdings auch andere effektive und innovative Möglichkeiten, späteren Nutzern und einer breiteren Öffentlichkeit die Ergebnisse zugänglich zu machen. Der Aufbau eines computergestützten Entscheidungsunterstützungssystems (*Decision Support System* - DSS) stellt sicherlich sowohl für Wissenschaftler als auch für Ergebnisnutzer eine der attraktivsten Varianten dieser modernen Instrumente dar und trägt zur Erfüllung der gesetzten Ziele bei:

- Ein DSS eignet sich zum einen - neben der schriftlichen Veröffentlichung - für die Zusammenführung und Präsentation von Forschungsergebnissen. Hiermit sind nicht ausschließlich die Ergebnisse des Forschungsprogramms „Elbe-Ökologie“ gemeint, sondern es ist darüber hinaus denkbar und sinnvoll, auch die Ergebnisse des BMBF-Leitprojekts "Elbe 2000" in das DSS zu integrieren und beide Forschungsvorhaben auf diese Weise miteinander zu verknüpfen.
- Mit der Aufbereitung der gewonnenen Daten und Modelle zu einem interaktiven Informationssystem wird eine wichtige Grundlage geschaffen, um die Entscheidungsträger bei der Bewältigung der anstehenden Probleme zu unterstützen und die Strategien und Konzepte in konkrete Handlungen umzusetzen.

- Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Aspekt ist, dass sich während des Aufbaus eines DSS ein modellhaftes, theoretisch-konzeptionelles Verständnis von den Funktionsabläufen in komplexen Systemen (in diesem Fall Ökosystemen) und den wesentlichen Schlüsselfaktoren gewinnen lässt, was ein wichtiges Ziel der gesamten Elbe-Forschung des BMBF ist. Auf diese Weise erlaubt ein DSS auch einen Einblick in die Wechselwirkungen zwischen Systemkomponenten und Maßnahmen, die auf sie einwirken, wodurch die Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und den Einrichtungen, die über die Nutzung der Gewässer entscheiden, erleichtert wird.

Vor dem Hintergrund der genannten Möglichkeiten sollte die Entwicklung eines DSS nicht nur auf die Elbe und die vorliegenden Forschungsergebnisse beschränkt sondern eine Kernfunktionalität aufgebaut werden, die allgemein gültig ist und somit verschiedene Anwendungen erlaubt und an möglichst viele Flussgebiete angepasst werden kann. Um den Zeit- und Kostenaufwand und auch die Akzeptanz eines solchen Systems durch spätere Anwender abzuschätzen, wurde auf Initiative der Projektgruppe „Elbe-Ökologie“ daher zunächst eine Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines DSS durchgeführt, finanziert durch das BMBF.

Ein wesentlicher Teil der Arbeiten waren Treffen für die notwendigen Abstimmungen mit den späteren Nutzern und den Forschergruppen des Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“ und des Leitprojektes „Elbe 2000“. Es erfolgte dabei zunächst eine Konzentration auf die Elbe, um die dort vorhandene Datenfülle, insbesondere der „Elbe 2000“-Forschung und des Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“, zu nutzen, ohne jedoch aus den Augen zu verlieren, dass das Instrument später auch auf andere Flussgebiete übertragbar sein soll.

Die Machbarkeitsstudie wurde gemeinsam von den Universitäten Twente (Prof. Wind) und Osnabrück (Prof. Matthies) sowie den niederländischen Firmen Research Institute for Knowledge Systems (RIKS, Maastricht) und INFRAM (Zeewolde) im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) erstellt. Die vorliegende Mitteilung der BfG/Projektgruppe Elbe-Ökologie fasst die ausführlichen Teilberichte zusammen:

- **report 1, Problem Definition Phase**
by M. Verbeek², H. van Delden¹, H.G. Wind¹ and J.L. de Kok¹
- **report 2/3, Feasibility Assessment for a Prototype DSS for the Elbe**
by J.L. de Kok, H.G. Wind, H. van Delden and M. Verbeek,
with comments by B. Gruber⁵, S. Kofalk⁵, J. Berlekamp³ and M. Matthies³
- **report 4, IT framework report**
by B. Hahn⁴, G. Engelen⁴, J. Berlekamp and M. Matthies

Sie können als pdf-Dateien unter <http://elise.bafg.de/?3473/> aus dem Internet bezogen werden.

2 Grundlagen zum DSS

2.1 Definition und Grundlagen zum Thema DSS

„Ein DSS ist ein computergestütztes System, das Entscheidungsträgern hilft, halb-strukturierte Probleme zu lösen, indem es ihnen den Zugang und die Nutzung von Daten und analytischen Modellen erlaubt“ [EL-NAJDAWI, STYLIANOU 1993].

Der Begriff "halb-strukturierte Probleme", auch "unzureichend definierte Probleme" genannt, ist hier wesentlich. Es handelt sich dabei um Probleme, für die es keine einfachen Lösungen gibt. Die meisten sozioökonomischen oder sozio-umweltwissenschaftlichen Probleme, mit denen Entscheidungsträger umgehen, können als unzureichend definiert gelten, weil sie in der Regel integral und multi-disziplinär sind. Modelle und quantitative Methoden sind hingegen meist partiell und sektoral. Es gibt somit kein (einzelnes) Modell, das die typischen Fragen der Entscheidungsträger vollständig beantworten kann.

Der entscheidende Vorteil eines DSS liegt also darin, dass die sektoralen Modelle so weit wie möglich in einem integrierten System verknüpft werden und somit eine Annäherung an die Probleme der Entscheidungsträger vorgenommen wird. Die Entscheidungsträger erhalten auf diese Weise "vollständigere" Antworten auf ihre Fragen. Sollen weniger komplexe Fragen beantwortet werden, besteht die Möglichkeit, nur auf einen Teil des integrierten Modells zuzugreifen.

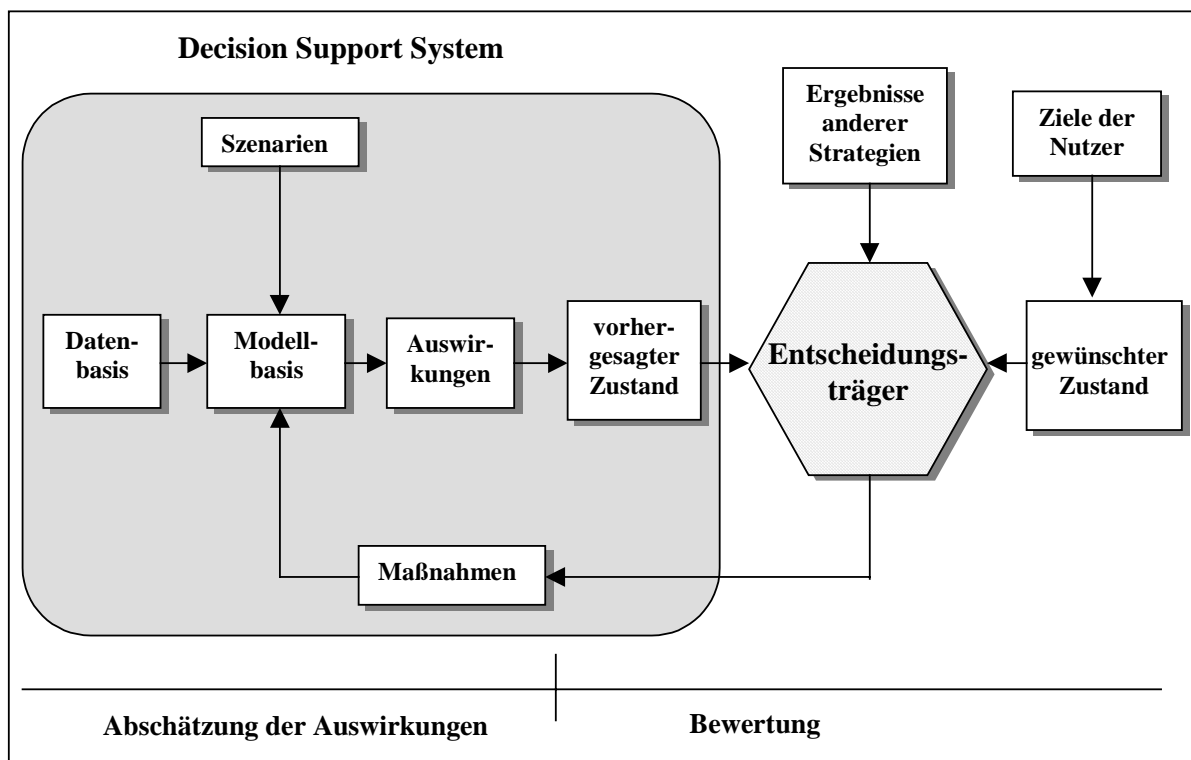


Abbildung 2: Entscheidungsfindungsprozess und dessen Unterstützung mit Hilfe eines DSS

Ist im Folgenden von DSS die Rede, so sind immer DSS auf Basis integrierter Modelle gemeint.

Zweck eines solchen DSS ist es, die Auswirkungen verschiedenster Maßnahmen sowohl auf ökologische als auch auf sozioökonomische Faktoren zu simulieren. Die Transparenz dieser Simulationen ist durch die Ausweisung einzelner Experten bzw. Institutionen, deren Wissen die Grundlage für einzelne Bausteine bildet, gewährleistet.

Ein DSS dient dazu, Szenarien zu entwickeln und zu analysieren, d. h. es versetzt die Anwender in die Lage, Parameter innerhalb des Systems auf interaktive und anwenderfreundliche Art zu verändern, das Modell mit den veränderten Parametern zu starten und die erzeugten Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Auf diese Weise ist es möglich, den Anwendern Informationen zur Verfügung zu stellen, auf deren Grundlage eine begründete Entscheidungsfindung hinsichtlich der Auswahl von zu ergreifenden Maßnahmen möglich ist (Abbildung 2).

Der Unterschied zwischen einem DSS und einem Modell, wie es zum Beispiel zur Vorhersage von Wasserständen oder Strömungsgeschwindigkeiten genutzt wird, liegt

- darin, dass ein Modell ein Algorithmus für die Lösung eines speziellen und ausreichend definierten Problems ist. Ein DSS enthält eine Reihe von Modellen und quantitativen Methoden, um sich einer Lösung so weit wie möglich anzunähern.
- darin, dass die Entscheidungen, die ein Modell unterstützen soll, operationeller Natur sind, während ein DSS eher für Entscheidungen mit strategischem Charakter eingesetzt wird. Das bringt auch Differenzen im Detaillierungsgrad mit sich: Ein Simulationsmodell ist in der Regel sehr detailgetreu, während die Informationen in einem DSS eher aggregiert und generalisiert sind. Die Genauigkeit der gewonnenen Ergebnisse ist somit bei einem Modell recht hoch, bei einem DSS geht es eher darum, Trends und Tendenzen aufzuzeigen.
- im Informationsumfang, der gewonnen wird: ein Modell konzentriert sich zumeist auf eine Disziplin (z. B. Wasserbau), während ein DSS multi-disziplinär arbeitet, d. h. es werden möglichst alle für die betrachtete Fragestellung relevanten Disziplinen einbezogen.

Die beiden Instrumente DSS und Modell sind als gegenseitige Ergänzung zu verstehen: Während ein DSS Handlungsoptionen anhand bestimmter Zielvorstellungen und Indikatoren bewertet und somit eine Reihung verschiedener Maßnahmen ermöglicht, kann ein Modell eingesetzt werden, um im Anschluss detaillierte Fragen im Zusammenhang mit der Umsetzung der präferierten Maßnahme zu beantworten.

Von Wissenschaftlern wird heute zunehmend erwartet, dass sich ihre Ergebnisse direkt in die Praxis übertragen lassen. Folglich besteht von ihrer Seite ein großes Interesse daran, die Ergebnisse in Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen, indem sie in ein DSS integriert werden. Grundsätzlich kommt dies den Bedürfnissen der Entscheidungsträger entgegen. Tatsächlich gibt es die Ansicht, dass "effektives Ökosystem-Management ohne die Hilfe überzeugender DSS nicht möglich ist" [RAUSCHER 1995, BARNES, WALKER, SHORT]

Ein Grund dafür liegt in der Tatsache, dass nachhaltiges Ressourcenmanagement das informierte Handeln individueller Nutzer und Manager der Ressourcen voraussetzt. Management mit dem Ziel der Nachhaltigkeit ist dabei von Natur aus komplexer als Management mit dem Ziel der maximalen Produktivität oder des maximalen Schutzes. Es muss eine ganzheitliche Sichtweise der potenziellen Einflüsse - besonders sich gegenseitig verstärkender Einflüsse - berücksichtigt werden, d. h. es muss ein komplexes und bisher unzureichend verstandenes System von Wechselwirkungen mit Blick auf vielfältige Ziele gehandhabt werden. Weiterhin müssen Planer und Manager aufgrund gesetzlicher und sozialer Rahmenbedingungen in der Lage sein zu demonstrieren, dass sie ihre Entscheidungen auf der Basis einer gründlichen und systematischen Berücksichtigung von Alternativen und deren Auswirkungen getroffen haben [WALKER, JOHNSON 1996].

Entscheidungsprozesse sind bisher meist nur schwer nachzuvollziehen. Entscheidungsträger entscheiden in der Regel innerhalb komplexer legislativer Prozesse und politischer Programme und folgen häufig ihrer Intuition [WALKER, JOHNSON].

Um der Bandbreite der entsprechenden Probleme bei einer ökologisch nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen gerecht zu werden, benötigen Manager Instrumente, die das wissenschaftliche Verständnis der Auswirkungen alternativer Entscheidungen oder Handlungen verbessern. Gleichwohl müssen effektive Mittel bereitgestellt werden, um diese Informationen zusammenzutragen und zu interpretieren [WALKER, JOHNSON 1996].

Ein wichtiges zukünftiges Einsatzfeld von DSS stellt u. a. die flussgebietsbezogene Bewirtschaftung der Gewässer dar, die die im Dezember 2000 verabschiedete EU-Wasserrahmenrichtlinie in Zukunft vorsieht. Hierbei ist die Zusammenarbeit von Experten der verschiedensten Wissensgebiete erforderlich, um naturwissenschaftliche und verwaltungsmäßige Bewertungen, Grenzwerte und Qualitätsziele sowie wirtschaftliche Eckpunkte, Anforderungen und sozio-ökonomische Gesichtspunkte berücksichtigen zu können. Ein DSS kann diesen Prozess erheblich vorantreiben.

Ein DSS für die Elbe verfolgt vor allem das Ziel, den Anwendern (Bundes-, Landesämter, Bundes-, Länderministerien, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, ARGE Elbe, IKSE ...) Informationen zur verbesserten Entscheidungsfindung zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus erlaubt es einen Einblick in die Wechselwirkungen zwischen Systemkomponenten und Maßnahmen, die auf sie einwirken. Das erleichtert die Kommunikation zwischen verschiedenen Interessengruppen und den Nutzern der Gewässer. Vor diesem Hintergrund sollte die Entwicklung eines DSS nicht auf die Elbe beschränkt, sondern eine Kernfunktionalität aufgebaut werden, die allgemein gültig ist und somit die verschiedensten Anwendungen erlaubt und an die verschiedensten Flussgebiete angepasst werden kann. Diese Zielstellung hat allerdings einen z. Z. nicht absehbaren Zeit- und Kostenaufwand zur Folge und auch die Akzeptanz eines solchen Systems durch spätere Anwender kann noch nicht abgeschätzt werden. Daher war es sinnvoll und notwendig, zunächst die nun vorliegende Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines DSS durchzuführen.

2.2 Vorgehensweise beim Aufbau eines DSS

Aus den Erfahrungen der Vergangenheit konnten hinsichtlich der Vorgehensweise beim Aufbau eines DSS folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Entwicklung eines DSS sollte durch ein interdisziplinäres Team erfolgen, das aus Personen mit sich ergänzenden Fähigkeiten und Erfahrungen, u. a. auf dem Gebiet der Systemwissenschaft bzw. der angewandten Mathematik, der Geographie, Biologie, Ökologie (speziell des betrachteten Gebietes), der Ökonomie und Politikwissenschaften, der Informatik usw., besteht.
- Die Entwicklung eines DSS verläuft in mehreren iterativen Phasen. Während jeder Phase wird das System erweitert und verbessert, wobei auch auf die Nutzbarkeit und die Anwenderfreundlichkeit des Systems Wert gelegt werden muss.
- Bevor mit der Entwicklung des Systems begonnen wird, ist ein Entwicklungsplan vorzubereiten. Dieser Plan muss klare Vorgaben bezüglich des funktionellen Designs des Systems und der verfügbaren technischen Lösungen für die gewünschten Funktionalitäten enthalten. Darüber hinaus sollten Verfügbarkeit, Qualität und zeitliche und räumliche Auflösung der Daten, die für die Entscheidungsfindung erforderlich sind, klar und damit auch ökonomisch bewertbar sein. Zusätzliche Datenerhebungen, Monitoring-Programme und Prozessstudien können auf diese Weise besser kalkuliert werden.

- Vor der Entwicklung muss definiert werden, wo die Schwerpunkte des DSS liegen sollen: ein Lernwerkzeug, ein Kommunikationswerkzeug, ein Daten- und Wissensmanagementwerkzeug etc.. Ein System kann in der Regel nicht alle diese Funktionen gleichzeitig gleich gut erfüllen.
- Auch ist es nicht möglich, ein Informationssystem zu entwickeln, das zugleich ein modernes Forschungs- und ein operationelles Instrument ist. Die Entscheidung, ob ein experimentelles Informationssystem mit Entscheidungshilfemöglichkeiten oder ein operationelles Entscheidungshilfemerkzeug entwickelt werden soll, muss demnach ebenfalls vor der Entwicklung fallen.
- Die Anwender des Systems sollten in zweierlei Hinsicht aktiv an der Entwicklung des Systems beteiligt werden: Zum Einen ist es ihre Aufgabe, die Aufmerksamkeit der Entwickler auf die aus ihrer Sicht vordringlichen Probleme zu lenken und das System so auf ihre Bedürfnisse und Arbeitsmethoden abzustimmen. Dadurch wird gleichzeitig die Einführung des fertigen DSS in den jeweiligen Behörden und Organisationen erleichtert. Zum Anderen sind die Nutzer gleichzeitig auch Lieferanten von Daten und allgemeinen Informationen über die betrachtete Region.

Aus den genannten Punkten folgt, dass vor der eigentlichen Entwicklung eines DSS Abstimmungen getroffen und bestimmte Voraussetzungen geschaffen werden müssen. Sinn und Zweck der durchgeführten Machbarkeitsstudie (s. Kapitel 3) war es, diese Voraussetzungen zu schaffen. Schwerpunkte lagen dabei auf der Beschreibung der für die Entwicklung eines DSS notwendigen Schritte sowie der Formulierung konkreter Empfehlungen zu ihrer Umsetzung. Dies umfasste auch eine Definition der Inhalte, der Funktionalitäten und der technischen Spezifikationen des DSS.

2.3 Stand des Wissens auf nationaler und internationaler Ebene

Die Idee eines integrierten Systems, das es erlaubt, die Auswirkungen von Maßnahmen nicht nur auf einzelne, sondern auf viele verschiedene Faktoren unter Berücksichtigung ihrer Wechselwirkungen vorherzusagen, ist nicht neu. In der Vergangenheit wurden Ansätze verfolgt, um ein solches System aufzubauen, z. B. Ende der 80er Jahre der NAGGI-Index von Dötsch und Pöppinghaus, Technische Hochschule Aachen. Viele dieser Ansätze sind gescheitert, weil die Anforderungen eines solchen Systems an die Technik noch nicht erfüllt wurden. In den letzten Jahren ist die technische Entwicklung jedoch rapide vorangeschritten, so dass sich integrierte Systeme nunmehr abbilden lassen. Beispiele für DSS sind die Systeme GREAT-ER und WadBOS, die durch die mit der Erarbeitung der Studie beauftragten Unterauftragnehmer Universität Osnabrück und RIKS entwickelt wurden.

Am 6. April 2000 fand in der BfG in Koblenz ein internationaler Workshop zum Thema DSS statt. Wissenschaftler und Systementwickler aus verschiedenen Bereichen des Flussgebietsmanagements bzw. der Bewirtschaftungsplanung stellten den Stand eigener Arbeiten und der Wissenschaft in Europa vor. Neben zahlreichen, noch in der Entwicklung befindlichen DSS gibt es für einzelne Problemstellungen bereits erprobte Anwendungen. Eine umfassende Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte im BfG-Journal „Veranstaltungen“ (Heft 4/2000). Die nachfolgende Übersicht stellt kurz einige Projekte vor:

- Auf dem Gebiet der traditionellen Wasserwirtschaft befassen sich einige Systeme mit Problemen der Gewässergüte, der Abwasserbeseitigung, dem Hochwasserschutz oder der Mengenbewirtschaftung (Steuerung von Rückhaltebecken). Hierzu gehört ein DSS, welches in der Tschechischen Republik entwickelt worden ist, um dort europäische Standards der Wasserwirtschaft zu erreichen. Auf der Grundlage von wasserwirtschaftlichen Daten (Belastungsquellen, Kläranlagen, Gewässergüte, Wassergewinnungsanlagen, Bevölkerungs-

dichte usw.) können im DSS verschiedene Szenarien zur Verbesserung der Gütesituation gerechnet werden. Die Implementierung verschiedener Modelle zum ökonomischen Einsatz von Finanzmitteln ermöglicht beispielsweise die Ermittlung der effizientesten Investitionsmaßnahmen bei begrenztem Budget. Die Kombination von einem GIS (ARC-VIEW) mit einem Datenbanksystem (WINbase) bildet die Grundlage.

- Zum Gewässergütemanagement wurde für die Lausitzer Neiße und die Oder das DSS *REH* in der Universität Cottbus entwickelt. Kernstück sind Gütemodelle auf der Grundlage von Sauerstoffgehalt bzw. biochemischem Sauerstoffbedarf. Gegenstand der Modellierung sind Eutrophierungs- und Selbstreinigungsprozesse. Die Modellerweiterung ermöglicht als Besonderheit Optimierungsszenarien mit bestimmten Zielfunktionen, z. B. der Steigerung des Sauerstoffgehaltes, der Senkung des biochemischen Sauerstoffbedarfes, der Steigerung der Einleitungsmenge und Minimierung von Investitions- und Unterhaltungskosten.
- Für den Neckar wird derzeit ein *Integriertes Konzept für das Neckareinzugsgebiet (IKoNe)* entwickelt (Universität Karlsruhe). Auf der Grundlage eines hydrodynamisch-numerischen Modells und eines digitalen Geländemodells zur Simulation von Überflutungsereignissen soll das System für ein umfassendes Flussgebietsmanagementsystem ausgebaut werden.
- Das Programm *TALSIM* der Universität Darmstadt kann auf der Grundlage von hydrologischen Daten, Gelände-, Gerinne- und Speicherdaten sowie Speicherbewirtschaftungsvorschriften verschiedenste Prognosen zum Abfluss im ländlichen oder besiedelten Raum rechnen. Das Programm ist für die gezielte Bewirtschaftung von Speicherbecken entwickelt und bei den Wasserbehörden Nordrhein-Westfalens eingeführt worden.
- Zwei Systeme, welche das Management von Küstenregionen unterstützen, wurden in Großbritannien entwickelt.
 - *SimCoast* ist ein auf Regeln der fuzzy logic basierendes Expertensystem, welches speziell Wissenschaftler, Verwaltung und Entscheidungsträger in die Lage versetzt, verschiedenste Szenarien für die Bewirtschaftung von Küstenregionen zu entwickeln und zu bewerten.
 - *STEM* ist ein Modell, um unterschiedlichste Umweltdaten abzulegen, abzurufen oder zu visualisieren. *STEM* ist eine Entwicklung des EU-Forschungsprogramms „Land Ocean Interaction Study (LOIS)“. *STEM* ermöglicht einen schnellen Zugang und kann verschiedene Objekt-Formate (z. B. Punkte, Linien, Polygone, 3D-Oberflächen, 3D-Objekte, georeferenzierte Objekte, Fotos usw.) handhaben. Bestimmte Funktionalitäten erlauben eine Datenaggregation zu Informationen, die z. B. den Vergleich mit gesetzlichen Vorgaben erlauben (Grenzwerten etc.).
- Eine weitere Gruppe von DSS wurde entwickelt, um vorhandene Modelle und DSS für regionale Fragestellungen in einem allgemeineren System zusammenzufassen. Hierzu zählt die Weiterentwicklung eines in den Niederlanden angewendeten Systems zur Landschaftsplanung im Bereich des Rheins (*LPR-DSS*). Während das *LPR-DSS* zunächst nur für die Beurteilung von Maßnahmen auf das Hochwasserverhalten entwickelt worden ist, wurde mit der Erweiterung ein Werkzeug geschaffen, welches auch hydraulische, morphologische oder ökologische Aspekte berücksichtigt. Es erlaubt, in Abhängigkeit der implementierten Module auch Kosten von Maßnahmen zu ermitteln.
- Auch im niederländischen System *MODULUS* wurden verschiedene für die Beurteilung regionaler Probleme entwickelte DSS zusammengefasst und die Datenbasis allgemein verfügbar gemacht. Gegenstand dieses DSS sind physikalische, ökonomische und soziale Aspekte im Zusammenhang mit der zunehmenden Degradation mediterraner Einzugsgebiete. Während die Detailmodelle kaum über brauchbare DSS-Funktionalitäten verfügen, ist *MODULUS* als ein sehr interaktives und transparentes Instrument auf PC-Ebene in der Lage, politische Entscheidungsfindungsprozesse zu unterstützen.

- An der Universität Karlsruhe werden z. Z. umfassende Methoden für eine nachhaltige Flussgebietsentwicklung erarbeitet. Vor dem Hintergrund des Umweltschutzes, der Zukunftsfähigkeit und der sozialen Gerechtigkeit (Leitsätze des Rio-Prozesses) und der verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von Flussgebieten wird ein DSS-Konzept vorgestellt. Es wird ein modularer Aufbau mit Teilsystemen für die Datenhaltung und GIS-Funktionalitäten, mit einem regelbasierten Expertensystem, dem eigentlichen DSS als Entscheidungsunterstützungssystem sowie einem Informationssystem für abgeleitete Daten und Umweltinformationen als Ergebnis der Entscheidungsfindung vorgeschlagen.
- Ein weiteres DSS, welches an der Universität Ulm erstellt worden ist, verfügt über umfassende Archivierungs-, Management-, Bewertungs- und GIS-Funktionalitäten. Es wurde mit Blick auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie für die Kartierung und die Bewertung des ökomorphologischen Zustandes von Fließgewässern entwickelt.

2.4 Weitere Beispiele für DSS

Die beiden im Folgenden vorgestellten Systeme wurden im Vorfeld der Recherchen zur Machbarkeitsstudie für eine Anwendung im Kontext der Elbeforschung in Betracht gezogen.

2.4.1 GREAT-ER

GREAT-ER (Geography referenced **R**egional **E**xposure **A**ssessment **T**ool for **E**uropean **R**ivers) wurde im Rahmen eines dreijährigen, internationalen Verbundprojektes u. a. durch das Institut für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück erarbeitet und dient der chemischen Expositionsanalyse und ökologischen Risikoabschätzung für europäische Flusseinzugsgebiete. GREAT-ER ist modular aufgebaut (s. Abbildung 3) und verbindet die räumlichen Informationen in einem Flusseinzugsgebiet (Hydrologie, Demographie, Landnutzung) mit Simulationsmodellen für die Abwasserbehandlung sowie Analyse- und Visualisierungsmethoden.

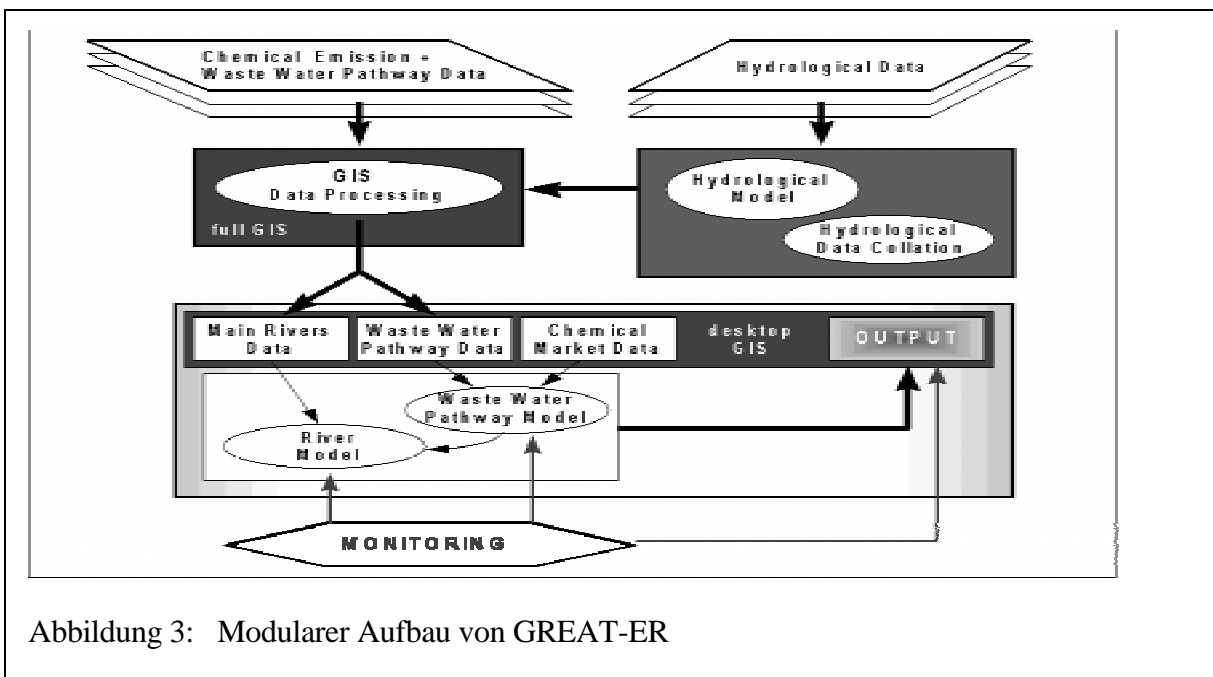


Abbildung 3: Modularer Aufbau von GREAT-ER

Als GIS wird ArcView eingesetzt, das mit Simulationsmodellen unterschiedlicher Komplexität gekoppelt wird. Je nach Datenlage und Fragestellung, kann der Benutzer den Komplexitätsgrad auswählen und mittels Monte-Carlo-Rechnungen, Unsicherheiten von PECs (**P**redicted **E**nvironmental **C**oncentrations) ermitteln. In ausgewählten Pilotgebieten in England, Deutschland, Italien und Belgien wurden Belastungswerte für ‚down-the-drain‘ Chemikalien (Detergentien, LAS und Bor) und chemische Zwischenprodukte berechnet und die Simulationsmodelle mit mehrjährigen Monitoringdaten kalibriert und validiert. Neben der Visualisierung als farbkodierte digitale Karten, kann die zeitliche Häufigkeitsverteilung von PECs in Flussabschnitten, Teileinzugsgebieten und dem gesamten Flussgebiet ausgegeben werden. Für die zeitlichen Mittelwerte und andere statistische Perzentile der simulierten Konzentrationen, können deren räumliche Verteilung in einem ausgewählten Einzugsgebiet ermittelt und so Aussagen über die raumzeitliche Variabilität der Belastung gewonnen werden.

2.4.2 WadBOS

WadBOS (**W**addenzee **B**eslissings-**O**ndersteunend **S**ysteem) ist ein DSS für das niederländische Wattenmeer, das im Auftrag des Niederländischen Bauministeriums entwickelt wurde. Ziel von WadBOS ist es, den schwierigen Prozess der Entscheidungsfindung im Wattenmeer zu erleichtern, indem die verfügbaren Informationen aus dem wissenschaftlichen, dem politischen und dem Verwaltungsbereich zusammengetragen und in einem integrierten System gekoppelt werden. Das Verständnis der Funktionsweise des Watts sollte auf diese Weise vergrößert werden und es sollten Wege aufgezeigt werden, wie mit dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung in das System eingegriffen werden kann. Darüber hinaus war es ein Anliegen, die Diskussionen zwischen verschiedenen in der Region aktiven Interessengruppen anzuregen und zu erleichtern.

Um diese Ziele zu erreichen, muss das System schnelle Bewertungen durchführen, d. h. eine große Anzahl alternativer Maßnahmen im Hinblick auf die Erreichung der geforderten Ziele in kurzer Zeit beurteilen können. Das hat zwangsläufig eine Beschränkung der erforderlichen Rechenzeit zur Folge. Zur Zeit benötigt WadBOS für eine Maßnahmenüberprüfung über einen (Simulations-)Zeitraum von 120 Monaten auf einem Standard-PC weniger als 5 Minuten.

Die Entwicklung von WadBOS erfolgte in zwei Schritten: Zunächst wurden die vorhandenen sektoralen Modelle modifiziert, vereinfacht und aggregiert. Anschließend wurden diese vereinfachten (Teil-)Modelle zu einem integrierten System verknüpft. Bei beiden Schritten arbeiteten die Entwickler von WadBOS eng mit den Wissenschaftlern der verschiedenen behördlichen und wissenschaftlichen Institutionen zusammen, die die sektoralen Modelle entwickelt oder genutzt hatten. Das resultierende integrierte Modell wurde in GEONAMICA, ein DSS-Generator-Paket, implementiert.

Zur Zeit liegt WadBOS als Prototyp vor (Abbildung 4). Eine große Anzahl von Beziehungen zwischen verschiedenen ökonomischen Sektoren und dem ökologischen System wurde implementiert; trotzdem fehlen noch viele Verknüpfungen. Die Initiatoren und die zukünftigen Nutzer von WadBOS reagierten durchweg positiv, so dass seine Weiterentwicklung bis zum Jahre 2004 durch einen Folgeauftrag sichergestellt ist. Dabei ist vor allem bemerkenswert, dass nicht nur öffentliche Behörden und Organisationen Interesse an WadBOS zeigen, sondern auch Interessengruppen (z. B. Fischerei) und die Privatwirtschaft (u. a. Shell).

WadBOS ist nur ein Beispiel für die Entwicklung eines DSS. Der verwendete Informatik-Rahmen GEONAMICA lässt sich auf zahlreiche andere Fragestellungen und Regionen anwenden. GEONAMICA stellt dabei ein Hilfsmittel dar, um Teilmodelle zu koppeln. Das integrierte Modell wird um Werkzeuge für die Eingabe, den Import und den Export von Daten sowie für die Interpretation, den Vergleich und die Beurteilung der durch das Modell erzeugten

Ergebnisse erweitert. Hinsichtlich der Auswahl ökologischer und sozioökonomischer Indikatoren bei der Entwicklung eines DSS konnte auf die in WadBOS entwickelten Ansätze und Methoden zurückgegriffen werden.

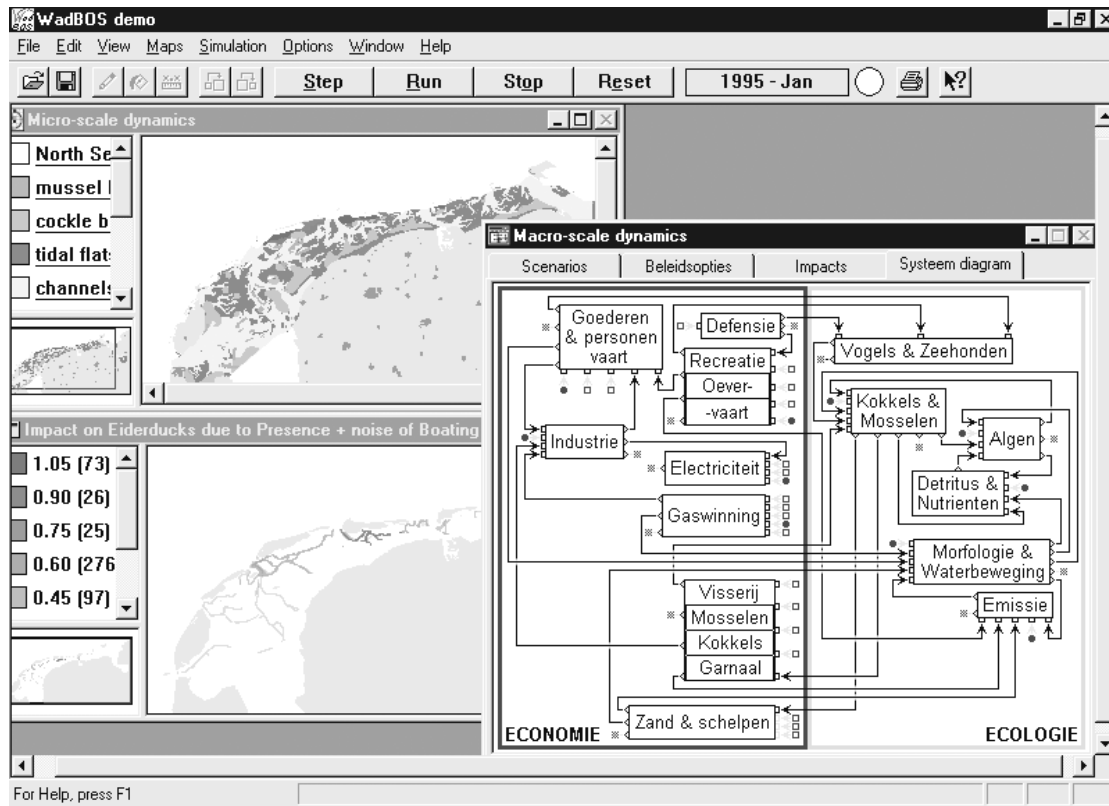


Abbildung 4: Systemdiagramm und Benutzeroberfläche von WadBOS

3 Durchführung einer Machbarkeitsstudie für ein Elbe-DSS

Ziel der Machbarkeitsstudie war die Erarbeitung von konkreten Empfehlungen zum Aufbau eines DSS, die Schaffung der erforderlichen Voraussetzungen, d. h. die Definition der Inhalte, der Funktionalitäten und der technischen Spezifikationen des DSS. Teil der Arbeiten waren Treffen für die notwendigen Abstimmungen mit den späteren Nutzern und den Forschergruppen der Elbe-Ökologie und des Leitprojektes "Elbe 2000". Es erfolgte dabei zunächst eine Konzentration auf die Elbe, um die dort vorhandene Datenfülle zu nutzen, ohne jedoch aus den Augen zu verlieren, dass das Instrument nach Möglichkeit später auch auf andere Flussgebiete übertragbar sein sollte.

Die Studie sollte zeigen, ob der Aufbau eines DSS machbar, sinnvoll und erfolgversprechend ist und ob im Anschluss eine Pilotstudie durchgeführt werden kann. Am Ende dieser Pilotstudie wird eine Pilot-Version des DSS verfügbar sein, die Szenarienanalysen für einzelne Aspekte (z. B. Buhnenbau bzw. -unterhaltung, Deichrückverlegung, Schadstoffbelastungs- und Risikoanalyse) erlaubt. Diese Pilot-Version verfolgt zum Einen das Ziel, die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Praxis zu erleichtern und kann zum Anderen genutzt werden, um Experten und Öffentlichkeit über die Forschungsergebnisse zu informieren. Auf Basis dieser Pilot-Version kann außerdem geklärt werden, ob das Modell die Erwartungen der Entscheidungsträger und der Wissenschaftler erfüllt, ein weiterer Ausbau sinnvoll erscheint und welcher Zeit- und Kostenaufwand damit verbunden ist. Die Durchführung erfolgte in fünf aufeinander aufbauenden Phasen:

Phase 1: Definition der Anforderungen an das DSS

Phase 2: Entwicklung eines Systemdiagramms

Phase 3: Recherche bezüglich der für ein Pilot-DSS verfügbaren Modelle und Daten

Phase 4: Auswahl eines informationstechnologischen Rahmens

Phase 5: Zusammenfassung

3.1 Phase 1: Definition der Anforderungen an das DSS

Das Hauptziel dieser Phase war es, eine bessere Vorstellung davon zu erhalten, welchen Zweck ein DSS aus Sicht der zukünftigen Nutzer zu erfüllen hat, d. h. welche Probleme und Fragestellungen mit Hilfe des DSS gelöst werden sollen. Im Laufe dieser Phase waren folgende Fragen zu beantworten (s. Abschnitt 4.1):

- Wer sind die zukünftigen Nutzer des DSS bzw. die Entscheidungsträger?
- Welche Ziele werden von Seiten der Entscheidungsträger für das Einzugsgebiet verfolgt? Mit welchen Parametern lässt sich die Annäherung an diese Ziele messen?
- Welche Mittel stehen den Entscheidungsträgern zur Verfügung, um ihre Ziele zu erreichen? Welche Maßnahmen kommen in Betracht?
- Welche ökologischen und sozioökonomischen Faktoren müssen durch die Entscheidungsträger berücksichtigt werden?
- Welche zeitlichen und räumlichen Maßstäbe müssen berücksichtigt werden? Ist eine Beschränkung auf große internationale Flüsse wie Rhein, Donau, Elbe sinnvoll? Sollen auch mittelgroße Flüsse wie Main oder Neckar oder kleine Flüsse mit einem Einzugsgebiet von etwa 200 km² in die Betrachtung einbezogen werden?
- Welche Eigenschaften hat das betrachtete Flusssystem bezüglich Landschaft und Landnutzung, Bevölkerungsdichte und Abwasserbehandlung, diffuser und punktueller Quellen, aquatischer Ökosysteme, ökologischer Lebensgemeinschaften etc.?

- Welche Funktionen muss das DSS erfüllen (Information, Erkenntnisgewinn, Analyse, Management, Bibliothek/Datenbank, Kommunikation zwischen Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit etc.)? In welcher Form werden die Entscheidungsträger das DSS für ihre Entscheidungsfindung anwenden? Wollen sie das Werkzeug als Kommunikationshilfe nutzen (erfordert dies eine räumliche Darstellung der Ergebnisse)? Werden alle Werte in einer Einheit (z. B. monetär) ausgedrückt oder kommen verschiedene Kriterien zur Anwendung?
- Soll das DSS allen potenziellen Anwendern zur Verfügung gestellt oder die Nutzung auf einige wenige Institutionen beschränkt werden? Wird das DSS dezentral nutzbar sein oder nur auf ausgewählten Rechnern installiert werden?

Zur Definition der Ziele eines Flussgebietsmanagements (Leitbild) und der hierfür erforderlichen und möglichen Maßnahmen ist es erforderlich, die Nutzer eines DSS, d. h. in erster Linie die Verwaltung (Bundes- und Landesministerien, -behörden, ...), aber auch die Nutzer der Gewässer (Schifffahrt, Hochwasserschutz, Landwirtschaft, Städteplanung, Trinkwassernutzung, Abwasser, etc.) einzubeziehen. Erst durch diese Beteiligung ist sichergestellt, dass sich das Instrument an den Anforderungen und Bedürfnissen der Betroffenen orientieren wird. Da der Kreis der späteren Anwender unter Umständen sehr groß sein kann, wurde dieser im Rahmen der Machbarkeitsstudie zunächst auf einige repräsentative Nutzer beschränkt. Zu diesem Zweck wurde ein sogenanntes Nutzergremium ins Leben gerufen, welches das Projekt begleitend berät. In diesem Gremium sind die BfG sowie die ARGE Elbe vertreten. Auf diese Weise sind dort sowohl der Bund und die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung als auch die Länder und somit die bedeutendsten Entscheidungsträger an der Elbe repräsentiert.

3.2 Phase 2: Entwicklung eines Systemdiagramms

Die wissenschaftlichen Projekte, die im Rahmen des Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“ und des Leitprojekts „Elbe 2000“ durchgeführt werden, konzentrieren sich auf spezielle Probleme mit unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Maßstäben und in unterschiedlichen Detaillierungsgraden. Gemeinsam mit den Entscheidungsträgern und den Wissenschaftlern wird darüber entschieden, wie detailliert die Probleme, die die Entscheidungsträger lösen wollen, behandelt werden sollen und für welche Genauigkeit ausreichend wissenschaftliches Material vorliegt. Das vorhandene Material wird in verschiedene Klassen eingeteilt, von „sehr detailliert“ bis „wenig detailliert“ und von „sofort einsetzbar“ bis „erfordert Modifikationen“. Mit dem sofort verfügbaren Material könnte bereits ein integriertes Modell entwickelt werden, das jedoch in Teilen noch keine zufriedenstellende Abbildung vorhandener Fragestellungen ermöglicht. Für die „weißen Flecken“ in diesem Modell, für die kein Material vorhanden ist, muss abgeschätzt werden, ob das verfügbare wissenschaftliche Material auf einer höheren Maßstabsebene aggregiert oder vereinfacht werden kann, so dass eine Integration möglich wird.

In Phase 2 wurde eine qualitative Systembeschreibung entwickelt. Diese entspricht den in Phase 1 ermittelten Erfordernissen. Das Ergebnis dieser Phase ist ein mit Wissenschaftlern aus den Forschungsprogrammen Elbe-Ökologie und Elbe 2000 und Nutzern abgestimmtes vorläufiges Systemdiagramm.

3.3 Phase 3: Recherche bezüglich der verfügbaren Modelle und Daten

In dieser Phase wurde untersucht, welche Modelle und Daten benötigt werden, um das Systemdiagramm, das in Phase 2 entworfen wurde, mit Inhalten zu füllen. Ergebnis dieser Phase ist eine Auswahl von Themen, die in einer möglichen Pilotphase vertieft werden sollen sowie ein Überblick über die zur Anwendung kommenden Modelle und Daten für die Darstellung dieser Themen. Ausgangsbasis für diese Phase waren die Ergebnisse der Phasen 1 und 2. Gemeinsam mit den beteiligten Instituten und Wissenschaftlern wurde ein Überblick über verfügbare Modelle für die Darstellung der Prozesse im Systemdiagramm erstellt. Zusätzlich war zu prüfen, ob auch Management- oder Entscheidungsmodelle, beispielsweise ökonomische Modelle oder multikriterielle Ansätze, in das DSS integriert werden können und sollten.

Nach Vollendung der ersten drei Phasen fand eine Rückkopplung mit den Entscheidungsträgern statt, um die Übereinstimmung der gewonnenen Ergebnisse mit deren Anforderungen und Erwartungen abzugleichen.

3.4 Phase 4: Auswahl eines informationstechnologischen Rahmens

In dieser Phase wurden alternative informationstechnologische Rahmen unter Berücksichtigung der Anforderungen der Entscheidungsträger überprüft und Vorschläge hinsichtlich der geeignetsten Software-Architektur des geplanten DSS gemacht. Zwei Varianten schienen möglich: die Stand-Alone- oder die Client-Server-Lösung.

- Stand-Alone bedeutet, dass der Anwender mit dem vorhandenen PC arbeiten kann, ohne auf zusätzliche Software oder Daten zurückgreifen zu müssen. Der Vorteil dieser Lösung liegt vor allem darin, dass keine Verbindung zu anderen Rechnern hergestellt werden muss.
- Bei einer Client-Server-Lösung bleiben Teile der Daten oder der Modelle auf einem anderen Rechner, dem Server. Für die Arbeit mit dem System muss eine Verbindung zwischen dem Server und dem Rechner, der durch die Anwender genutzt wird (Client), hergestellt werden (z. B. über Internet). Abhängig von der Art dieser Verbindung und der Art der Aufgaben, die durch den Server erfüllt werden, existieren verschiedene Client-Server-Lösungen. Vorteil dieser Variante ist, dass die Pflege des Systems und/oder der Datenbasis auf einem zentralen Server vereinfacht wird und alle Beteiligten mit dem aktuellsten Datensatz arbeiten.

Die Wahl des Systems ist auch davon abhängig, ob das zu entwickelnde DSS dezentral bearbeitet werden soll oder nicht. Die Vor- und Nachteile dieser Alternativen werden unter dem Punkt betrachtet, welcher informationstechnologische Rahmen für die Pilotstudie in Betracht gezogen werden sollte.

3.5 Phase 5: Zusammenfassung und Auswertung der Ergebnisse

In der letzten Phase der Machbarkeitsstudie ging es darum, die wesentlichen Schlussfolgerungen und Empfehlungen der einzelnen Berichte zusammenzufassen und auszuwerten.

4 Ergebnisse der Machbarkeitsstudie für ein Elbe-DSS

4.1 Anforderungen an das Pilot-DSS

4.1.1 Nutzer und Fragestellungen

Zur Klärung der Anforderungen an ein DSS wurden zunächst folgende potenzielle Nutzer des DSS, die jeweils ihre besonderen Fragestellungen bearbeiten oder zu entscheiden haben, identifiziert. Die Auswahl der in einer Pilotphase beteiligten Institutionen bzw. Nutzer ergibt sich in Abhängigkeit vom Umfang des später realisierten Systemdiagramms. Dabei haben sich die in Tabelle 1 dargestellten Fragestellungen und Probleme als relevant für die Integration in einem Pilot-DSS herausgestellt.

Tabelle 1: Nutzer und Fragestellungen für ein Pilot-DSS

Potenzielle Nutzer	Fragestellungen und Probleme
<ul style="list-style-type: none"> • Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) • Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Elbe (ARGE-Elbe) • Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) • Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) • Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) • Landesministerien für Umwelt, Wasser- und Landwirtschaft im Einzugsgebiet • Länder im Einzugsgebiet • Biosphärenreservate • Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) • Bundesumweltministerium (BMU) • Umweltbundesamt (UBA) • Wasserwirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verbesserung der sozioökonomischen Rahmenbedingungen für die verschiedenen Nutzungen des Flusses und seines Einzugsgebiets (Schifffahrt, Tourismus, Fischerei, Landwirtschaft, etc.) • Wirksame Maßnahmen für den Hochwasserschutz • Erreichen einer nachhaltigen Verbesserung des physikalischen, chemischen und biologischen Zustandes der Elbe und ihrer Nebenflüsse • Reduzierung der Chemikalien- und Nährstofffracht in die Nordsee • Verbesserung des ökologischen Zustandes des Flusses und der Auen im Elbeeinzugsgebiet

4.1.2 Handlungsziele und Kriterien

Handlungs- bzw. Bewirtschaftungsziele sind Systemzustände, die für den Entscheider wünschenswert sind. Sie sind in enger Abhängigkeit zu den Fragestellungen und Problemen zu sehen. Als Beispiel sei hier die Schiffbarkeit angeführt. Ziel kann es sein, einen Streckenabschnitt für die Schifffahrt auszubauen. Kriterium für das Erreichen dieses Ziels wäre z. B. die Einhaltung einer garantierten Wassertiefe. Für die Entwicklung eines DSS wäre in diesem Fall die Integration aller Informationen zu diesem Thema zu gewährleisten, die für die Lösung der Fragen zu dieser Problematik notwendig sind. In Tabelle 2 sind die wichtigsten Handlungsziele und Kriterien zusammengefasst.

Tabelle 2: Handlungsziele und Kriterien für ein Pilot-DSS

Handlungsziele	Kriterien
Verbesserung der sozioökonomischen Rahmenbedingungen für die Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Schiffbarkeit der Elbe • Erhalt/Verbesserung der landwirtschaftlichen Ertragssituation • Entwicklung von Tourismus und der Erholungsfunktion • Verbesserung der Möglichkeiten der Fischerei
Hochwasserschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion des Risikos von Überschwemmungen
Verbesserung des ökologischen Zustandes des Flusses und der Auen im Elbeinzugsgebiet	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der chemischen Qualität des Fluss- und Grundwassers • Verbesserung der Qualität der Sedimente in Fluss und Aue • Reduktion der Chemikalien- und Nährstofffracht in die Nordsee • Herstellung der autotypischen Flora und Fauna sowie der dazugehörigen abiotischen Faktoren (z. B. Wasserstandsdynamik)

4.1.3 Themen und Maßnahmen

Wie bereits festgestellt wurde, besteht die vornehmliche Aufgabe eines DSS darin, bei verschiedenen Themenstellungen eine Verbindung von Maßnahmen, die der Lösung eines Problems dienen können, herzustellen und transparent zu machen. Vorschläge für relevante Maßnahmen können von den Nutzern selbst oder von den am Aufbau des Systems beteiligten Wissenschaftlern stammen. Für die Erstellung eines Pilot-DSS erfolgte eine Auswahl prioritärer Themen und Maßnahmen, dargestellt in Tabelle 3.

Tabelle 3: Themen und Maßnahmen für ein Pilot-DSS

Themen	Maßnahmen
Hochwassermanagement, Deichrückverlegungen und ähnliche Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Deichrückverlegungen (Schaffung von Überschwemmungsräumen) • Gezielte Steuerung der Siedlungsaktivitäten und ähnlicher Maßnahmen im Deichvorland • Schaffung einer Informationsbasis für ein Hochwassermanagement
Naturschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Ausweisung von Schutzgebieten • Entwicklung von naturnahen Auenlandschaften
Schiffbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Modifikation von Bühnenkonstruktionen • Baggerungen
Wasserqualität	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion diffuser und punktueller Einleitungen (<i>Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel</i>), u. a. durch Optimierung der landwirtschaftlichen Praxis • Reduktion des Schadstoffeintrags allgemein • Verbesserung der Reinigungsleistung/Bau von Kläranlagen
Reduzierung der Sohlenerosion	<ul style="list-style-type: none"> • Zugabe von Geschiebe in den Fluss

Tourismus wurde während der Befragung verschiedener Institutionen (z. B. Biosphärenreservate) wiederholt als ein wesentlicher Faktor der Entwicklung, vor allem der Auenlandschaft genannt. Allerdings wurden noch keine ausreichend konkreten Angaben zu Maßnahmen gemacht. Zu diesem Thema müssen noch Ergebnisse nachfolgender Forschungsarbeiten abgewartet werden.

Obwohl die aufgeführten Maßnahmen lediglich einen Vorschlagscharakter haben, sollte ihre Auswahl mit Bedacht erfolgen, da (bisher) keine Prüfung vorgesehen ist, ob diese zu teuer sind oder aus anderer Sicht nicht akzeptabel erscheinen. Weiterhin ist zu beachten, dass sich die Auswahl der abzubildenden Maßnahmen auf die benötigten Modelle und Daten auswirkt. In der Pilotphase muss eine Beschränkung auf bestimmte Themen und Maßnahmen erfolgen.

Tourismus wurde ebenfalls als ein wichtiger Aspekt für die künftige Entwicklung genannt. Es können aber noch keine genaueren Angaben zu spezifischen Maßnahmen und Zielen in diesem Bereich gemacht werden. Daher wird für diesen bedeutenden Themenkomplex empfohlen, eine weitergehende Studie zu dieser Fragestellung anzufertigen. Nach Klärung der anstehenden Fragen sollte eine Integration erwogen werden.

4.1.4 Szenarien

Szenarien sind in der Terminologie von MISER AND QUADE [1985] unsichere physische, sozioökonomische und andere Bedingungen, die ein betrachtetes System beeinflussen können, sich jedoch nicht im Einflussbereich der Entscheider befinden. Sie bilden eine exogene Einflussgröße. Für die Pilotphase könnten folgende Rahmenbedingungen in das DSS implementiert werden:

- wirtschaftliche Rahmenbedingungen
- demographische Entwicklung
- Landnutzungsänderungen auf Einzugsgebietsebene
- hydrologische Bedingungen
- Klimawandel
- die tschechische Stofffracht in den deutschen Abschnitt der Elbe als Eingangsgröße

Die endgültige Auswahl von Szenarien auf Basis der Variation von Rahmenbedingungen ist in Abhängigkeit vom Entwurf des Systemdiagramms zu sehen.

4.1.5 Umfang und Funktion

Ein DSS kann verschiedene Aufgaben erfüllen: Bildung/Lernfunktion, Analyse, Information, Management, Bibliothek sowie Kommunikation zwischen Nutzern und der Öffentlichkeit. Der gewünschte Umfang orientiert sich dabei an den von den Nutzern genannten Anforderungen. Restriktionen können sich aus den je nach Themenstellung sehr unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Maßstäben ergeben.

Im Falle der Elbe sind die wichtigsten Funktionen die Analysefunktion, gefolgt von der Kommunikationsfunktion, der Management- und der Bibliotheksfunktion. Für den internen Gebrauch in der Bundesanstalt für Gewässerkunde hat sich eine Funktion zum Wissensmanagement herausgestellt. Die BfG sieht eine ihrer Zukunftsaufgaben in der Bereitstellung von gewässerkundlichen Informationen für die großen, zum Teil grenzüberschreitenden Fließgewässer und Kanäle. Dazu gehört mittel- und langfristig die Strukturierung der vorhandenen Daten und des heute verfügbaren Expertenwissens hin zu Systemen, die kurzfristig Trendausagen zu aktuellen Fragen einer umweltgerechten, nachhaltigen Nutzung der Gewässer liefern. Um die Übertragbarkeit zu gewährleisten, ist eine generelle Strukturierung von existierenden

Problemen und Prozessen sowie von vorhandenen/erforderlichen Daten und Modellen erforderlich.

4.1.6 Zeitlicher und räumlicher Maßstab

Eine der größten Herausforderungen bei der Entwicklung eines DSS ist es, zu entscheiden, auf welche Weise räumliche (Gesamteinzugsgebiet ÷ Flussabschnitt) und zeitliche (Jahrzehnte ÷ Minuten) Skalen integriert werden. Dabei ist immer zu beachten, dass sich das System an den Anforderungen der Nutzer orientieren muss. Unter Berücksichtigung dieser Restriktionen und als Ergebnis der Daten- und Modellevaluierung wird ein System vorgeschlagen, das Funktionen auf drei Skalen bereitstellt. Diese drei Ebenen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer räumlich-zeitlichen Detaillierung von Ergebnissen.

Die drei Ebenen erfahren durch drei Module ihre Entsprechung (Abbildung 5) und werden durch genau definierte Schnittstellen miteinander gekoppelt. Jedes Modul ist mit der Darstellung unterschiedlich großer Untersuchungsgebiete bzw. Ausschnitte des Elbeeinzugsgebietes verbunden.

Für die in Abbildung 5 dargestellten Skalen sind Ziele, Werte, Kriterien und Maßnahmen zu unterscheiden, wobei eine detaillierte Analyse der jeweils notwendigen zeitlichen und räumlichen Auflösung zu Beginn der folgenden Pilotphase erfolgen muss.



• Skala des Gesamteinzugsgebiets	→ Einzugsgebietsmodul
• Skala des „Flusschlauchs“ (Gewässernetz und angrenzende Elb-Auen)	→ Flussmodul
• Skala eines Flussabschnitts der Elbe (Elbe km 400-425, Bereich Havelberg/Sandau)	→ Flussabschnittsmodul

Abbildung 5: Berücksichtigung der unterschiedlichen Skalen durch Module im DSS

4.1.7 Entscheidungsmodelle

Es gibt eine Anzahl von Modellen, die Alternativen abwägen, Prioritäten setzen und diese dem Nutzer vorschlagen. Am meisten gebräuchlich sind räumliche, multikriterielle Bewertungswerkzeuge, die Optimierungsroutinen enthalten. Diese Option konnte im bisherigen Abstimmungsprozess nicht genügend behandelt werden. Es ist daher zu Beginn der Pilotphase zu diskutieren, inwiefern solche Optimierungsansätze Eingang in das zu entwickelnde DSS finden sollen.

4.2 Qualitative Beschreibung

Zweck der qualitativen Beschreibung des DSS ist die Schaffung eines begrifflichen Rahmens für die Verbindung der Bewirtschaftungsmaßnahmen mit den Zielen. In Abbildung 6 wird eine detaillierte Übersicht über das vorgeschlagene Elbe-Systemdiagramm gegeben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Wechselwirkungen zwischen den Szenarien, Funktionen, Maßnahmen und Zielen im Diagramm nicht dargestellt. Es enthält folgende Elemente:

- Szenarien zur Beschreibung exogener Faktoren, die außerhalb der Kontrolle der Entscheidungsträger liegen, aber dennoch das System beeinflussen. Der Vorteil der Szenario-Methode liegt darin, dass Einflüsse bestimmter Prozesse berücksichtigt werden können, selbst wenn diese nicht Bestandteile des Systems sind.
- Die während der Problemdefinition erkannten Maßnahmen, wie Veränderung der Bühnenkonstruktion, Deichrückverlegung und Geschiebezugabe
- Die sozioökonomischen Funktionen und wirtschaftlichen Aktivitäten im Elbe-Gebiet, z. B. Landwirtschaft, Tourismus, Schifffahrt, Kiesabbau
- Die natürlichen (ökologischen) Funktionen im Einzugsgebiet, im Fluss selbst und an seinen Ufern sowie in der Flussaue. Beispiele: Makrozoobenthos und Auenwälder
- Physische Prozesse (Abiotik), die sowohl die natürlichen Funktionen (morphologische Veränderungen, Wasserqualität) als auch die sozioökonomischen Funktionen (Hochwassergefährdung, Trinkwasser) beeinflussen können. Für das Leitprojekt „Elbe 2000“ sind dies Schwebstoff- und Sedimentkonzentrationen. Im Forschungsprogramm „Elbe-Ökologie“ betrifft dies hydrologische, hydraulische und morphologische Prozesse.
- Bewirtschaftungsziele als Systemoutput, wie Wert der landwirtschaftlichen Produktion oder die schiffbare Tiefe eines bestimmten Elbeabschnitts. Die Erfüllung der Ziele wird durch den Vergleich der natürlichen Funktionen und der Nutzungsfunktionen nach bestimmten Kriterien gemessen.

Das qualitative Diagramm in Abbildung 6 beruht auf vorläufigen Ergebnissen der Studie zur Problemdefinition. Damit wird sichergestellt, dass ausschließlich umsetzbare Bewirtschaftungsstrategien und relevante Zielstellungen aufgenommen werden. In einigen Fällen gehören die Verbindungen zwischen verschiedenen Systemelementen nicht zu den Forschungsthemen der Forschungsprogramme „Elbe-Ökologie“ und „Elbe 2000“. Aus praktischen Gründen und hinsichtlich der Beispielfunktion des Pilot-DSS war eine Auswahl von Schlüsselfunktionen und -prozessen erforderlich, die den Nutzen eines integrierten Modells hinreichend demonstrieren. Auch wenn das Diagramm für das Elbe-System erstellt wurde, ist der gewählte Ansatz übertragbar und allgemein auf die Flussgebetsbewirtschaftung anwendbar.

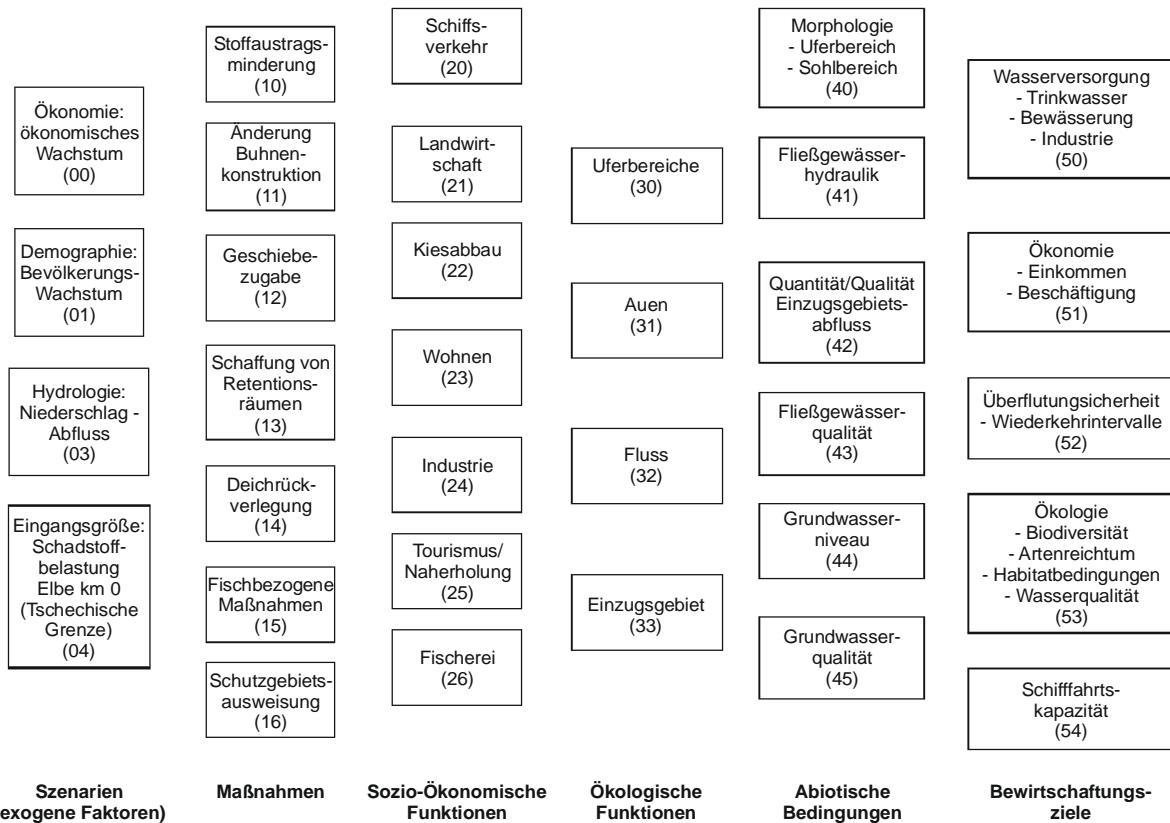


Abbildung 6: Entwurf eines Systemdiagramms für die Elbe, basierend auf Inhalten des Elbe-Ökologie- und des Elbe 2000-Programms.
(Zur Wahrung der Übersichtlichkeit sind die Systeminteraktionen nicht dargestellt.)

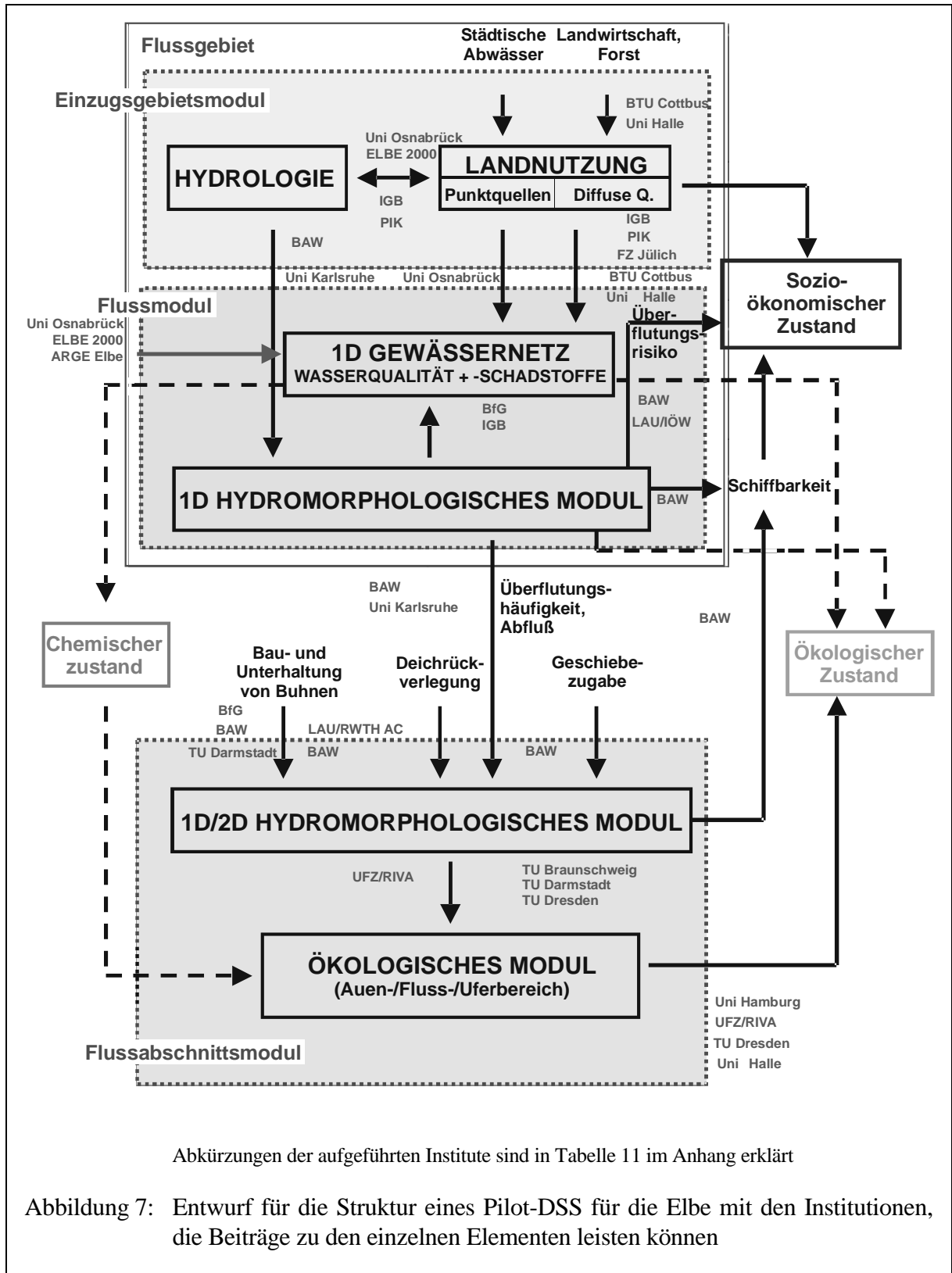
4.2.1 Modulare Struktur

Eines der Probleme bei der Erarbeitung eines Pilot-DSS bestand darin, dass Modelle und Daten in einer Vielzahl verschiedener räumlicher und zeitlicher Maßstäbe (Skalen) erhoben werden (1m²-Raster bis 1000 km² große Teileinzugsgebiete). Es stellt sich daher die Frage, wie diese unterschiedlichen Modelle und Daten in einen gemeinsamen Analyserahmen eingepasst werden können. Abbildung 7 zeigt, wie dieses Problem im Pilot-DSS angegangen werden könnte. Dabei wird zwischen drei Analyseebenen unterschieden, die in den Forschungsprojekten des Programms Elbe-Ökologie auftreten.

Auf der höchsten Analyseebene (Einzugsgebietsmodul, Kapitel 4.2.2) finden sich Prozesse, die im Maßstab des gesamten deutschen Elbe-Einzugsgebiets von knapp 100.000 km² untersucht werden. Die hier vorliegenden Modelle beschreiben die Auswirkungen der Landnutzung und der Hydrologie auf den diffusen (Nährstoff-) Austrag sowie die Auswirkungen der punktförmigen Einleitungen. Der Zeithorizont auf diesem Maßstabniveau ist lang (25 - 100 Jahre) und die räumliche und zeitliche Auflösung ist gering (100 – 1000 km² bei Zeitschritten von Monaten bzw. Jahren).

Auf dem zweiten Analyseniveau (Flussmodul, Kapitel 4.2.3) findet man die Modelle, die sich auf die gesamte Flusslänge der Elbe von 700 - 800 km beziehen. Dazu gehören beispielsweise Modelle zur Beschreibung der Schiffbarkeit, der Hochwassergefahr und der Wasserqualität. Obwohl für diese Zwecke viele Modelle einsetzbar wären, ist für ein Pilot-DSS ein eindimensionales Modell eher geeignet. Im Fluss-Modul liegt die räumliche und zeitliche

Auflösung je nach dem untersuchten Prozess in einer Größenordnung von 100 m bis 10 km bzw. von Wochen bis Jahren (Sohlveränderungen erfordern eine geringere zeitliche Auflösung als Hochwasserstandvorhersagen).



Ein drittes Analyseniveau (Flussabschnittsmodul, Kapitel 4.2.4) enthält die detailliertesten Modelle, die die Auswirkungen von wasserbaulichen Maßnahmen, wie Deichrückverlegung und Habitatbedingungen, für verschiedene Arten im Gewässer, am Ufer und in der Aue beschreiben. In diesem Maßstab findet man eine räumliche Auflösung von 10 - 50 m mit entsprechenden Zeitschritten. Dieses Modul könnte für einen ausgewählten Beispielabschnitt der Elbe von 10 - 100 km Länge entwickelt werden, der dann repräsentativ für den gesamten Fluss wäre und für den Daten sowie Modelle vorhanden wären bzw. im Zeitrahmen der Pilotstudie erhoben werden könnten. Diese drei Module sollten möglichst von oben nach unten miteinander verbunden werden, wie in Abbildung 7 dargestellt, indem die Ausgabewerte des höherstufigen Modells als Eingangswerte der Module auf niedrigerer Ebene fungieren. Beispielsweise kann die für das Einzugsgebiet berechnete Gesamt-Stickstofffracht als Eingangswert für ein eindimensionales Gewässerqualitätsmodul der Elbe genutzt werden. Andererseits können die im Fluss-Modul berechneten Wasserstände oder Hochwasserhäufigkeiten in den ökologischen Habitat-Modellen der dritten Analyseebene eingesetzt werden.

In den folgenden Abschnitten werden die Funktionen der drei Module allgemein diskutiert und Fragen formuliert, die bei der Gestaltung der drei Module zu beantworten sind. Natürlich waren oder sind viele dieser Fragen Gegenstand der Untersuchungen, die im Rahmen der Programme Elbe-Ökologie und Elbe 2000 durchgeführt wurden. Die Machbarkeitsstudie hatte die Aufgabe zu klären, in welchem Maß Modelle und Daten zur Beantwortung dieser Fragen zur Verfügung gestellt werden können.

4.2.2 Modul 1 (Einzugsgebiet): Landnutzungsänderung/Abfluss im Elbeeinzugsgebiet

Modul 1 dient der Beschreibung der Auswirkungen der Landnutzungs- und Klimaänderungsszenarien auf die Gesamtbelastung der Elbe mit ausgewählten Substanzen aus dem Einzugsgebiet (N, P, Sedimentbelastung). Darüber hinaus sind für das DSS Informationen über die wirtschaftlichen Aspekte des Landnutzungswandels wünschenswert. Änderungen der Landnutzung betreffen eher Fragen der Intensivierung/Extensivierung und der Änderung landwirtschaftlicher Techniken als den Übergang von einer Landnutzungsart zu einer anderen. Das Modul 1 umfasst auch die Auswirkungen industrieller und urbaner Aktivitäten, die direkt mit Abwassereinleitungen verbunden sind. Hierbei ist auch die Art der Abwasserbehandlung zu berücksichtigen.

Die Entwicklung des Moduls 1 zielt auf die Beantwortung der folgenden Fragen:

- 1a Für welche Schadstoffe sind die Gesamtlasten zu ermitteln?
- 1b Welche Änderungen der Landnutzung und landwirtschaftlicher Techniken beeinflussen die Belastung durch diese Stoffe pro Flächeneinheit und auf welche Weise?
- 1c Welche sozioökonomischen Folgen haben diese Änderungen?
- 1d Welche physischen Bedingungen beeinflussen die Schadstoffbelastung und auf welche Weise?
- 1e Wie gelangt die flächenhafte stoffliche Belastung in den Fluss und wie verteilt sie sich dort?

Tabelle 4: Minimales Set von Systemvariablen für Modul 1

Teilmodul	Systemvariablen	Institute	Genauigkeit
Hydrologie	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Niederschlag • Landnutzungsarten • Geländetopografie • Vegetationskartierung • Kartierung der Landnutzung 	PIK IGB Uni Osnabrück FZ Jülich	$\Delta x = 1 - 5 \text{ km}$ $\Delta t = 1 \text{ Monat} - 1 \text{ Jahr}$
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • N- und P-Frachten • Frachten der einzelnen Flussabschnitte 		
Landnutzung	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Szenarium der Landnutzungsarten • Szenarium der üblichen Landbewirtschaftung 	PIK IGB Uni Osnabrück	Δx Δt noch festzulegen
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • Ökonomische Bewertung 		

Derzeit ist schon eine Anzahl von Modellen fertiggestellt, mit denen diese Fragen behandelt werden können, hauptsächlich am PIK und im IGB (s. Tabelle 12). Es stellt sich die Frage nach deren Eignung für das DSS. Sehr komplexe Modelle, die viel Rechenzeit erfordern, sind ungünstig, sie könnten allerdings vor ihrem Einsatz eventuell vereinfacht werden, z. B. in Form von Metamodellen.

4.2.3 Modul 2 (Fluss): Schiffbarkeit, Hochwasser und Gewässerqualität entlang der Elbe

Modul 2 dient dem Zweck der Aufklärung und Darstellung der Schiffbarkeit (Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Sohlniveau), der Wasserqualität (ausgewählte Parameter), der Überschwemmungshäufigkeit (hinsichtlich der ökologischen Funktionen des Moduls 3) und der Hochwassergefährdung (hinsichtlich der wirtschaftlichen Ziele) im deutschen Teil der Elbe. Im Modul spielt ein eindimensionales hydromorphologisches Modell eine zentrale Rolle. Gegenwärtig steht ein solches Modell für die Elbe an der Universität Karlsruhe zur Verfügung. Ein entscheidender Aspekt des Moduls 2 ist die Wasserqualität, die sowohl die wirtschaftlichen Funktionen (Fischerei, Trinkwasserversorgung) als auch die ökologischen Funktionen entlang der Elbe beeinflusst.

Wenn sich auch im letzten Jahrzehnt bei der Elbe die Wasserqualität im Fluss selbst beträchtlich verbessert hat, bestehen weiterhin Probleme mit Schadstoffen wie Schwermetallen und mit Düngemitteln. Trotz verbesserter Abwasserbehandlung bleiben die Probleme der diffusen Einträge, z. B. aus der Landwirtschaft und der Abfallentsorgung, bestehen. Daher ist eine Verbindung des Moduls 2 mit dem Modul 1 (Landnutzung) wesentlich. In diesem Sinn bildet die Wasserqualität die Grundlage der Verbindung der Ergebnisse des Leitprojekts „Elbe 2000“ mit denen des Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“ im DSS.

Tabelle 5: Minimales Set von Systemvariablen für Modul 2

Teilmodul	Systemvariablen	Institute	Genauigkeit
Wasserqualität	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Frachten der einzelnen Flussabschnitte • Hydraulische Parameter • Querprofile der Fließquerschnitte 	PIK IGB Uni Osnabrück Elbe 2000	1D Modell $\Delta x = 5000 \text{ m}$ $\Delta t = 1 \text{ Monat}$
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • Wasserqualität (chemischer und ökologischer Status) 		
Sozio-ökonomische Bewertung	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Überflutungshäufigkeit • Bodenbewertung • Wasserspiegel • Flussbettgeometrie • Strömungsgeschwindigkeit 	BAW Uni Karlsruhe	Δx Δt noch festzulegen
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • Überflutungsrisiko • Schiffbarkeit (in Tagen) 		
Hydromorphologie	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Niederschlag • Abfluss • Hydraulik • Flussbettgeometrie • Sedimenteigenschaften 	BAW Uni Karlsruhe	1D Modell Δx Δt noch festzulegen
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • Wasserspiegellage • Überflutungshäufigkeit • Sohlage • Fließgeschwindigkeit 		

Die Gestaltung dieses Moduls integriert die folgenden (zusammenhängenden) Forschungsaufgaben:

- 2a Welche physischen Bedingungen beeinflussen auf welche Weise den Wasserstand, das Sohlniveau, die Fließgeschwindigkeit?
- 2b Welche physischen und sozioökonomischen Bedingungen beeinflussen auf welche Weise die Hochwasserhäufigkeit und die Hochwassergefahr?
- 2c Inwiefern hängt die zukünftige Wasserqualität der Elbe von diesen physischen und sozioökonomischen Bedingungen ab?
- 2d Welchen Einfluss hat der Landnutzungswandel (Modul 1) auf die Flusswasserqualität?

Flussbauliche Maßnahmen, wie die Veränderung der Buhnenkonstruktion und die Rückverlegung von Deichen, beeinflussen die hydraulischen Bedingungen und sind somit auch für die ersten beiden Fragen von Bedeutung. Die umfassenden Auswirkungen dieser Maßnahmen können im Modul 2 behandelt werden, während die lokalen Konsequenzen detaillierter im Modul 3 untersucht werden.

4.2.4 Modul 3 (Flussabschnitt): Hydromorphologie und Ökologie der Elbe, ihrer Uferbereiche und Auen

Der Zweck des Moduls 3 besteht darin, in einem geeigneten Maßstab die Auswirkungen sich verändernder Lebensraumbedingungen auf den Zustand der zentralen ökologischen Funktionen des Flusses selbst, seiner Ufer und Auen darzustellen. Dazu zählen beispielsweise sich ändernde Grundwasserstände, Überflutungshäufigkeiten oder flussbauliche Maßnahmen, wie die Veränderung der Buhnen und die Rückverlegung von Deichen. Außerdem könnte die Erosion des Flussbetts als eigenständiges Thema aufgenommen werden. Besondere Erosionsprobleme treten im Flussabschnitt bei Torgau auf. Sie fanden im Hinblick auf die Schiffbarkeit Erwähnung (größere Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit) sowie hinsichtlich der potenziellen Absenkung des Grundwasserspiegels (wodurch die ökologischen Funktionen beeinträchtigt werden können). Allerdings ist die Bedeutung des letztgenannten Problems für die Integration in einem Pilot-DSS gegenwärtig noch nicht geklärt. Es könnte zum Gegenstand einer Sensitivitätsanalyse werden, bevor ein endgültiges Systemdiagramm für das Pilot-DSS formuliert wird. Eine flussbauliche Maßnahme, die dem Erosionsproblem entgegenwirkt, ist die Geschiebezugabe (Abbildung 7).

Tabelle 6: Minimales Set von Systemvariablen für Modul 3

Teilmodul	Systemvariablen	Institute	Genauigkeit
Hydromorphologie	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Abfluss • Flussbettgeometrie • Buhnenform und -lage • Lage der Deiche • Sedimenteintrag 	BAW Uni Karlsruhe	2D Modell Δx Δt noch festzulegen
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • Sohlage • Überschwemmungshöhe • Überflutungshäufigkeit • Wasserqualität (aus Modul 2) 		
Ökologie	Input: <ul style="list-style-type: none"> • Strömungsgeschwindigkeit • Überschwemmungshöhe • Überflutungshäufigkeit • Sohlage • Wasserqualität 	UFZ/RIVA TU Braunsch. TU Darmstadt Uni Hamburg Uni Halle	2D Modell Δx Δt noch festzulegen
	Output: <ul style="list-style-type: none"> • Karte der Habitat-Eignung • Artenvorkommen • Artenreichtum • Artenvielfalt 		

Zusammenfassend gehören die folgenden Forschungsaufgaben zum Modul 3:

- 3a Welcher Flussabschnitt inklusive der Aue ist am besten für Modul 3 geeignet?
- 3b Worin bestehen die ökologischen Schlüsselfunktionen der Elbe, ihrer Ufer und Auen, und wie kann der Zustand dieser Funktionen erfasst werden?
- 3c Welche Lebensraumfaktoren haben den stärksten Einfluss auf diese ökologischen Funktionen?
- 3d Welche Faktoren beeinflussen auf welche Weise die Sohlerosion?
- 3e Wie beeinflusst die Sohlerosion den Grundwasserstand?
- 3f Wie werden diese Lebensraumfaktoren durch die ausgewählten Flussbaumaßnahmen beeinflusst?

Die Einbeziehung der Fluss- und Grundwasserqualität in Modul 3 sollte von deren Bedeutung als Lebensraumbedingung abhängig gemacht werden (ein allgemeines Wasserqualitätsmodell ist bereits in Modul 2 verfügbar).

4.2.5 Verbindung der drei Module

Aus konzeptionellen Gründen dürfen die drei Module nicht unabhängig voneinander arbeiten. Die Integration kann auf zwei Wegen erfolgen. Eine top-down-Integration ist der näherliegende Ansatz, was auch bedeutet, dass Prozesse auf höherer Maßstabsebene das System auf der tieferen Ebene beeinflussen. So kann z. B. der im Modul 2 für einen bestimmten Flussabschnitt berechnete Wasserstand die ökologischen Funktionen auf der im Modul 3 beschriebenen lokalen Ebene beeinflussen.

Dies könnte implizieren, dass die Überschwemmungshäufigkeit der Flussaue in allen Zellen entlang des betreffenden Flussabschnitts von einem Wert des Wasserstandes im Fluss sowie der Höhenlage jeder Zelle abhängt. Die top-down-Integration hat Konsequenzen für den benötigten Modelltyp. Eine Einbeziehung der Wasserqualität in Modul 2 beispielsweise erfordert ein Modell der Eintragspfade für den Schadstofftransport im Modul 1.

Ein anderer Ansatz ist die bottom-up-Integration der drei Module. Ein Beispiel dafür ist der Einfluss der molekularen Diffusion auf großräumige Transportprozesse. Für das Elbe-DSS könnte Integration von unten nach oben bedeuten, dass lokale Prozesse Auswirkungen auf die Analyse auf der Meso-Ebene (Fluss) und sogar der Makro-Ebene (Einzugsgebiet) haben. Dabei stellt sich allerdings die Frage, ob die im DSS-Elbe aufgenommenen Prozesse (wie die Lebensraum-Modelle) einen Einfluss von unten nach oben ausüben.

Es sind mindestens zwei Wechselwirkungen zwischen den Modulen zu unterscheiden:

- die Schadstofffracht von Modul 1 als Eingangsgröße des Wasserqualitätsmodells in Modul 2
- die in Modul 2 berechneten Werte des Abflusses, der Wasserqualität und des Wasserstandes als Eingangsgrößen für die Lebensraum-Modelle in Modul 3

4.3 Recherche der verfügbaren Modelle und Daten

Um einen Überblick über den gesamten Bestand an vorhandenen Modellen und Daten zu erhalten, wurde ein Fragebogen an die am Forschungsverbund beteiligten Institute gesendet, um die für die Entwicklung des Pilot-DSS relevanten Informationen zu möglichen Beispielgebieten, räumlicher und zeitlicher Auflösung, Eingangs- und Ausgangsvariablen sowie zu der Übertragbarkeit oder der Allgemeingültigkeit der verfolgten Ansätze zu prüfen. Das Ergebnis der umfangreichen Abfrage ist in Auszügen im Anhang (Tabelle 12) dokumentiert. Nicht alle Teile des dargestellten Systemdiagramms können derzeit in einem Pilot-DSS umgesetzt werden. Dazu wäre eine weitergehende Prüfung der Verfügbarkeit von Daten und Modellen erforderlich.

Die zeitliche Auflösung der vorhandenen Modelle und Daten reicht von 10 Sekundenschritten bis zu 5 Jahren oder mehr. Die räumliche Auflösung liegt zwischen 1 m und 5-10 km. Es ist offensichtlich, dass eine vollständige Integration solch unterschiedlich strukturierter Modelle und Daten nicht zu befriedigenden Ergebnissen führen würde. Der vorgeschlagene modulare Aufbau berücksichtigt diese Problematik und gewährleistet eine hinreichende Konsistenz zwischen den Modulen.

Die Auswahl des Maßstabs sollte sich an den Eigenschaften und Möglichkeiten der gewählten Modelle orientieren. Das Ziel des Moduls 1 ist es z. B., den Einfluss von Landnutzungsänderungen auf die Nährstoffflüsse zu beschreiben. Dabei kann bei der Betrachtung des Einzugsgebietes davon ausgegangen werden, dass eine feinere Auflösung als 10 km² nicht erforderlich ist. Für die Durchführung der Pilotphase ist zu diesem Zeitpunkt noch keine Festlegung auf einen genauen Maßstab möglich. Diese Auswahl und Anpassung muss zusammen mit der Validierung der integrierten Ansätze erfolgen. Es müssen Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen erfolgen, um zu erfahren, welche Sub-Modelle zu detailliert oder zu grob arbeiten.

4.3.1 Empfehlungen für die quantitative Systemgestaltung

Unter Berücksichtigung der in das DSS zu integrierenden Modelle (Abbildung 7) können folgende Situationen unterschieden werden:

- Prozesse, für die Daten und Modelle in der entsprechenden zeitlich-räumlichen Auflösung verfügbar sind; diese können in das DSS integriert werden. Da einige Prozesse in mehr als einem Projekt bearbeitet werden, kann in diesem Fall eines zur Koordination herangezogen werden. Beispiel: 1D-Wasserstands-Modell für die Elbe.
- Prozesse, für die Daten und Modelle verfügbar sind, aber nicht in der entsprechenden zeitlich-räumlichen Auflösung. Dies trifft hauptsächlich für die Prozesse des Moduls 3 zu. In diesem Fall ist zu entscheiden, ob die existierenden Modelle auf andere Beispielgebiete übertragbar sind. Beispiel: Fisch-Habitat-Modell.
- Prozesse, für die Daten und Modelle verfügbar sind, aber nicht in einem angemessenen Maß der zeitlich-räumlichen Auflösung. Dabei übersteigen die vorhandenen Modelle meist den für ein DSS notwendigen Detaillierungsgrad. In diesem Fall ist zu prüfen, ob der Grad der Auflösung der Modelle angepasst werden kann. Beispiel: Lebensraum-Eignungs-Modell. Wenn eine derartige Modellanpassung unerwünscht oder nicht möglich ist, kann dem entsprechenden Modell eine „dummy“-Funktion zugeordnet werden, indem ein Verweis gegeben bzw. eine hyperlink-Verbindung im DSS gelegt wird.
- Prozesse, für die Daten und Modelle in der entsprechenden Auflösung verfügbar sind, welche aber nicht direkt in das DSS appliziert werden können, z. B. ein physikalisches (gegenständliches) Fluss-Modell. In diesem Fall ist zunächst das Modell zu „transformieren“, d. h. eine analytische Form zu realisieren.

- Prozesse, für die Daten und Modelle nicht in absehbarer Zeit verfügbar sind. In diesem Fall müssten angepasste Modellansätze formuliert und die dazugehörigen Daten erhoben werden. Dieses sollte kein grundsätzliches Problem darstellen. Beispiel: Einfluss der Sohlerosion auf den Grundwasserspiegel.

Schließlich ist eine Anzahl von Forschungsthemen zu benennen, die nicht aus dem Fundus der Elbe-Ökologie Vorhaben angemessen bedient werden können:

- Großskalige Modelle, welche den Einfluss von auf der Skala der gesamten Flusstrecke vorhandenen, aggregierten Habitatparametern auf ökologische Funktionen beschreiben können. Diese Modelle könnten eine Verbindung von Modul 2 mit den Indikatoren des ökologischen Status des Gewässers ermöglichen.
- Ein Modell, das den Einfluss der Sohlerosion auf den Grundwasserspiegel in den Auen beschreiben kann. Zur Zeit ist noch nicht geklärt, ob dieser Prozess von besonderer Relevanz ist, aber er könnte von Bedeutung für das Modul 3 und eventuell für das Modul 2 sein.
- Es besteht ein Bedarf für Modelle, die die Beziehung von chemischen Parametern und ökologischen Qualitäten beschreiben können, wenn der Einfluss der Wasserqualität auf ökologische Funktionen als Entscheidungsgröße relevant ist. Bisher ist diese Anforderung nur im Zusammenhang mit Schadstoffgehalten in Fischen benannt worden.
- Ökonomische Modelle für die Bewertung der Überflutungsgefahr (Hochwasservorhersage) und der Einfluss hydromorphologischer Änderungen auf die Schifffahrt.

4.3.2 Koordination mit dem Elbe 2000 Programm

Die Ergebnisse des Forschungs- und Messprogramms Elbe 2000 sind sehr wertvoll für die Kalibrierung und Validierung der Wasserqualitätsmodelle. Dies trifft ebenso auf die laufenden Messprogramme der ARGE Elbe und der IKSE zu. Diese Daten sind im GIS-orientierten Elbe-Informationssystem ELBIS abrufbar, das seit November 2000 über das Internet zugänglich ist. Die geplanten Verbindungen zum DSS werden im Detail im Bericht zu den informatorischen Rahmenbedingungen geschildert.

Hauptproblem für die Integration der Daten des Leitprojektes „Elbe 2000“ in das Wasserqualitätssystem sind die meist fehlenden georeferenzierten Angaben zu den verantwortlichen Emittenten bzw. Quellen der Schadstoffe. Hierzu gibt es nur vereinzelte Informationen (Industriestandorte, Kläranlagen etc.). Für die Modellierung der Wasserqualität fehlen vollständige Daten zu folgenden Punkten:

- Orte und Mengen der Siedlungsabwässer und Kläranlagen, wobei Abwassermengen anhand von demographisch-statistischen Zusammenhängen abgeschätzt werden könnten
- Orte und Mengen der industriellen Einleitungen, wobei die Abwassermengen ebenfalls grob aufgrund statistischer Erhebungen ermittelt werden könnten

Zu dem Zeitpunkt, da Indikatoren für die Wasserqualität auf Basis ihres Einflusses auf ökologische Funktionen oder im Sinne allgemeiner Indikatoren der Belastung ausgewählt werden, kann ein 1D-Wasserqualitätsmodell für die Elbe entworfen werden. Dieses Modell sollte physikalische, chemische und biologische Faktoren, die zeitlich und räumliche Muster beeinflussen, berücksichtigen. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie kann dabei als Richtschnur für die Integration der relevanten Substanzen dienen. Die künftig zu bearbeitenden Fragen für die Integration des Wasserqualitätsaspektes sind:

- Welche Stoffe müssen unter dem Aspekt ihres Einflusses auf ökologische Funktionen betrachtet werden und wie kann dieser Einfluss beschrieben werden?
- Wie korreliert die Konzentration dieser Stoffe in der Elbe mit den Quellen, den Kläranlagen und den Prozessen im Einzugsgebiet bzw. des Transports?

4.3.3 Offene Fragen

Die Machbarkeitsstudie stellt eine Reihe von methodischen Aspekten heraus, die einer weiteren Klärung bedürfen, bevor über das Systemdiagramm für ein Pilot-DSS entschieden wird:

- Ist die Liste der formulierten Forschungsfragen vollständig?
- In welcher Weise können die drei Module verbunden werden?
- Welcher repräsentative Flussabschnitt sollte für das Modul 3 gewählt werden?
- Welche Habitatfaktoren und welche ökologischen Indikatoren sind zu verwenden?
- Wie können Forschungsdefizite behoben werden?
- Bis zu welchem Grad sind Modelle und Daten gebietsspezifisch?
- Welche Rolle werden die Wasserqualitätsmodelle im DSS spielen?

Neben den methodischen Aspekten existieren organisatorische Fragen, die beantwortet werden müssen:

- Wie können Forschungsergebnisse, die nicht direkt in das DSS integriert sind, präsentiert werden?
- Wie können die Ergebnisse von Forschungsvorhaben mit ähnlichen Inhalten kombiniert werden?
- Wie sollten die Nutzer konkret in den Prozess der Erstellung des Systemdiagramms einbezogen werden?

Für jedes der drei Module sind offene Forschungsfragen mit Relevanz für das zu erstellende Systemdiagramm erkannt worden, die es zu beantworten gilt. Abbildung 7 zeigt, welche Institute einen Beitrag in Form von Daten und Modellen zur Beschreibung der Zusammenhänge leisten können. Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Modellcharakteristiken und die vorhandenen Daten. Diese Liste ist an einigen Stellen noch zu komplettieren. Ein minimales Set von Systemvariablen für die drei Module ist in Abbildung 8 aufgeführt.

Das folgende Kapitel enthält eine Reihe von abschließenden Empfehlungen für das mögliche Design eines Pilot-DSS. Diese Empfehlungen berücksichtigen die Machbarkeit, die Gesamtproblematik, die Auswahl eines geeigneten Beispielgebietes, die Anforderungen der informatischen Umsetzung sowie die Verfügbarkeit der entsprechenden Daten und Modelle.

5 Empfehlungen für eine Elbe-DSS Pilotphase

5.1 Umfang und Ziel einer Pilotphase

Das Ziel der Pilotphase ist die Entwicklung eines DSS-Prototyps für ein integriertes Management der Elbe, der Auen und ihres Einzugsgebiets. Die in den Forschungsprogrammen „Elbe-Ökologie“ und „Elbe 2000“ erarbeiteten Daten und Modelle sollten die Basis des Systems bilden. Die Hauptfunktionen des vorgeschlagenen Elbe-DSS sind:

- Analyse von Management-Alternativen
- Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und Entscheidungsträgern
- Managementfunktion
- Bibliotheksfunktion

Die Gestalt des Systemdiagramms muss offen und ausreichend flexibel sein, um die Integration komplexerer Modelle zu ermöglichen, wenn die Notwendigkeit dazu besteht. Weiterhin muss der gewählte Ansatz allgemeingültig sein, d. h. übertragbar auch auf andere Flusseinzugsgebiete in Deutschland oder darüber hinaus.

5.2 Struktur des DSS

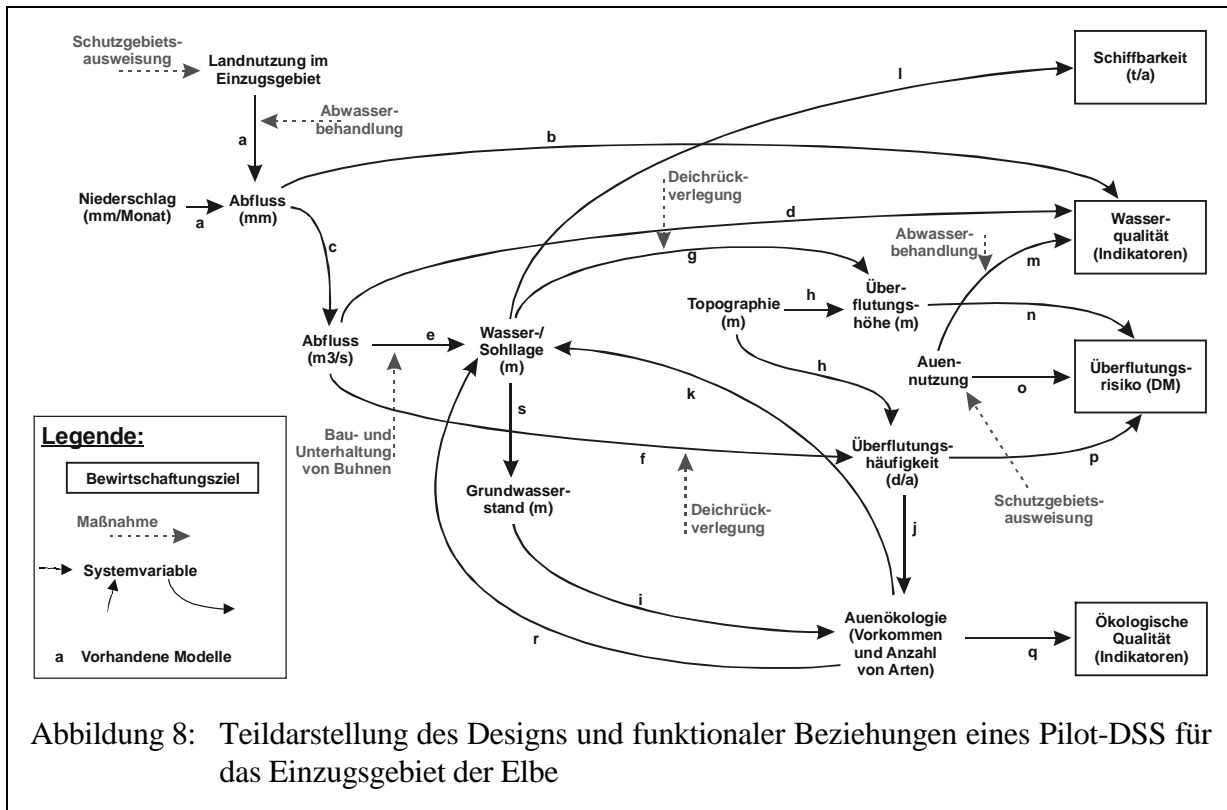
Grundsätzlich kann das in Abbildung 7 dargestellte Systemdiagramm alle relevanten ökologischen, physikalischen und ökonomischen Variablen abbilden. Das Pilot-DSS sollte vier funktionale Bereiche enthalten:

- Eine räumliche Übersicht über das Elbeeinzugsgebiet, die eine **Bibliotheksfunktion** erfüllt und einen Einblick in die Modelle und Daten der Forschungsvorhaben Elbe-Ökologie und Elbe 2000 gewährt.
- Ein vernetztes System ausführbarer 1D-Prozessmodelle für das gesamte Einzugsgebiet, für den Flussschlauch und für einen geeigneten Flussabschnitt, das eine **Analyse- und Kommunikationsfunktion** erfüllt.
- Einen read-only Zugang zu einer Auswahl von 2D-Prozessmodellen (**Bibliotheksfunktion**)
- Einen read-only Zugang zu einer Auswahl von 3D-Prozessmodellen (**Bibliotheksfunktion**)

Das Systemdiagramm, wie es in der Abbildung 7 gezeigt ist, ist auf der Ebene der Systemvariablen zu konkretisieren. Abbildung 8 schematisiert daher die zweite Ebene des DSS. Die Vernetzung der 1D-Prozessmodelle basiert auf den mit den Wissenschaftlern der Universität Karlsruhe und der BfG durchgeführten Diskussionen. Der Aufbau beschränkt sich auf vier Management-Zielkategorien:

- Schiffbarkeit,
- Wasserqualität,
- Hochwassergefährdung und
- ökologische Qualität.

Die Interaktion zwischen Maßnahmen, Systemelementen und den Management-Zielen wird durch Indizes von a bis s markiert (s. Tabelle 7). Für eine Reihe von Prozessen stehen alternative Modelle und Daten zur Verfügung, die sich in ihrem Detaillierungsgrad, ihren Ansprüchen an die Daten und die Rechenzeiten unterscheiden. Dies stellt kein grundsätzliches Problem dar, da das in Abbildung 8 dargestellte System Erweiterungen von eindimensionalen Modellen in zweidimensionale oder sogar dreidimensionale Prozessmodelle erlaubt, die nur qualitativ im Pilotmodell enthalten sind.



Unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Struktur des Pilot-DSS lassen sich drei Möglichkeiten für die Integration von Modellen unterscheiden:

- Ein Pilot-DSS, das auf einer Auswahl von verfügbaren 1D-Modellen und Daten der Forschungsprogramme „Elbe Ökologie“ und „Elbe 2000“ basiert (s. Tabelle 12 im Anhang).
- Ein vereinfachtes Pilot-DSS, das auf einer Auswahl von 1D-Modellen basiert, die überwiegend in der BfG verfügbar sind (s. Tabelle 7).
- Ein erweitertes System, basierend auf fortgeschrittenen 2D- und 3D-Modellen wie WAQUA und Sobek (s. Tabelle 7).

Ziel ist es zunächst, mit einem System der Option A zu beginnen. Wenn sich Probleme bei der Verfügbarkeit, Formulierung und Applikation der Modelle einstellen sollten, kann auf Option B übergegangen werden. In einem fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung kann das System dahingehend überarbeitet werden, dass die unter der Option C genannten Modelle integriert werden.

Tabelle 7: 1D Modelle und Daten für die Pilotphase und Modelle für einen detaillierteren Systemaufbau

Index	Prozess	1D Modelle für das Pilot-DSS (verfügbar bei ...)	Modelle für ein erweitertes DSS (2D/3D)
A	Niederschlag-Abfluss	HBV (BfG)	statistical (IWW)
B	(Nicht-)Punktquellen	QSIM (BfG)	MONERIS
C	Abfluss	HBV	GREAT-ER
D	Wasserqualität	QSIM	
E	Hydromorphologie	KWERT (BfG), angepasst für Elbe km 0 - 100	Sobek (BfG), WAQUA (BfG)
F	Abfluss - Überflutung	KWERT	Sobek
G	Wasserspiegellage - Überflutung	Digitales Gelände Modell (BfG)	
H	Topographie - Überflutung	DTM	
I	Grundwasser - Ökologie	INFORM (BfG)	2D Modell (RIVM)
J	Überflutung - Ökologie	INFORM	
K	Widerstand	KWERT	
L	Wassertiefe - Schifffahrt	PAWN norms (WL DH)	
M	Landnutzung - Wasserqualität	QSIM	
N	Überflutungshöhe - Flutschäden	Schadensfunktionen (Landesamt für Wasserwirtschaft)	
O	Landnutzung - Flutschäden	Schadensfunktionen	
P	Überflutungswahrscheinlichkeit		-
Q	Ökologische Qualität	RIVA Ergebnisse (BfG)	
R	Bewuchs - Widerstand	KWERT (BfG)	Sobek (BfG)
S	Grundwasserdynamik	Modell Burek (IWW)	Visual MODFLOW (BfG)

5.3 Auswahl eines Beispielgebiets

Modelle und Daten sind teilweise nur für einzelne Streckenabschnitte des Flusses verfügbar. Daher sollte das Pilot-DSS zunächst für einen ausgewählten Flussabschnitt entwickelt werden. Dabei sind existierende Modelle bei der Übertragung auf dieses Beispielgebiet erneut zu kalibrieren. In Tabelle 9 ist zusammengestellt, für welche Flussabschnitte Modelle und Daten existieren.

Die Wahl des Beispielgebiets sollte folgende Anforderungen erfüllen:

- Ein real existierendes Managementproblem (s. Tabelle 3, Tabelle 8)
- Tatsächlich durchzuführende oder geplante Maßnahmen (s. Tabelle 8)
- Durch die Durchführung dieser Maßnahmen zu erwartende signifikante Effekte
- Verfügbarkeit der Daten und Modelle der Forschungsprogramme Elbe-Ökologie und Elbe 2000

Tabelle 8: Beispiele für an der Elbe vorhandene Managementprobleme und geplante/durchgeführte Maßnahmen

	Torgau-Wittenberg	Mittlere Elbe	Steckby-Löderitzer Forst	Ohre	Bereich Havelberg	Wittenberge	Elbe	Andere Abschnitte
Problem / Maßnahme	120-240	242-243	283-285	340-350	400-425	438-495	0-600	
Schiffbarkeit / Buhnenveränderung	km 150			km 340	*			> km 350
Sohlerosion / Geschiebezugabe	*							210-220
Sohlerosion / Buhnenveränderung								203-205 235-236 440-450
Naturschutz / Unterschutzstellung		*	*		*			222-302
Hochwasserschutz / Deichrückverlegung					*	*		39 Stationen 176-555
Wasserqualität / Abwasserbehandlung							*	

Ein Pilot-DSS sollte vorzugsweise eine Kombination von ökologischen, hydraulischen und ökonomischen Faktoren enthalten.

Die Kombination der genannten Probleme (s. Tabelle 8) und der verfügbaren Daten und Modelle (s. Tabelle 9) sowie die Berücksichtigung des Integrationsaspektes (gleichberechtigte Rolle von Hydraulik, Ökonomie und Ökologie) ergibt, dass der Elbeabschnitt zwischen Tangermünde und der Havelmündung (Elbe-km 400-425) eine geeignete Wahl für ein erstes Beispielgebiet des Pilot-DSS ist.

Für diesen Flussabschnitt sind hydraulische Modelle und Grundwassermodelle verfügbar, ökologische Studien im Auenbereich werden vom Projekt des LAU Sachsen-Anhalt und vom UFZ-RIVA-Projekt durchgeführt, weiterhin sind dort zwei potenzielle Deichrückverlegungsgebiete in der Diskussion (Elbe-km 412 und km 421 nahe Sandau). Darüber hinaus werden Buhnenbereiche durch die TU Darmstadt und Vorhaben aus dem Bereich der Stoffdynamik im Fießgewässer untersucht.

Probleme und Maßnahmen sind aber auch an anderen Flussabschnitten zu finden:

- Erosionsstrecke zwischen Magdeburg und Torgau (Sohlerosion und Probleme mit der Schiffbarkeit) mit Geschiebezugabe als Management-Alternative (Elbe-km 121-235)
- Biospärenreservat Mittlere Elbe (Naturschutz, Tourismus, Elbe-km 222-302)
- geplante Deichrückverlegungsstrecke bei Wittenberge-Lenzen (Überflutungsproblematik, Elbe-km 438-495)

Für diese Abschnitte sollte während des weiteren Aufbau des (Pilot-) DSS erwogen werden, Anwendungen zu implementieren.

Tabelle 9: Orte einiger Modellentwicklungen und verfügbarer Daten

Pegel sind ungefähr bei den Kilometrierungen 50, 130, 210, 20, 300, 340, 400, 450 und 500 zu finden

Bereich:		Torgau- Wittemberg	Mittlere Elbe	Steckby-Lödde- ritzer Forst	Ohre	Bereich Havelberg	Wittemberge	Elbe
Problemstellung	Institut	120- 240	242- 243	283- 285	340- 350	417- 418	438- 495	0-600
VERFÜGBARE DATEN								
Deichrückverlegung	BAW/LAGS						*	
	IWK					*		
Buhnenveränderung	BfG							ca. km 440
	TU Darmstadt					*		
Grundwasserstand	BfG, RWTH		*	*		*		
	IWK				*			
Durchlässigkeit	IWK				*			
Q-H	IWW, RWTH					*		*
	BAW	*					*	
Wasserstand	IWW, RWTH					*		* (9 Pegel)
Sohnniveau	IWW, RWTH					*		*
Flussbettgeometrie	IWW, RWTH					*		*
	BAW	*					*	
Mittlere Fließgeschwindigkeit	IWK							*
Täglicher Abfluss	IWK							* (9 Pegel)
Täglicher Niederschlag	IWK							* (1450 Stationen)
Landnutzung	IWW, LAU					*		*
Ökologie	BfG, LAU		*	*		*		
Biochemische Wasserqualitätsparameter	Elbe 2000							* (20 Stationen)
VERFÜGBARE MODELLE								
Sedimenttransport (HFBM)	BfG							* (25 Abschnitte)
KWERT	BfG	geeicht für km 0-100, aber prinzipiell erweiterbar						
QSIM	BfG	prinzipiell erweiterbar						
HBV	BfG	prinzipiell erweiterbar						
Digitales Geländemodell (DTM)	IWK							*
Digitales Geländemodell (DTM)	BfG		*	*		*		
Grundwasser (MODFLOW)	BfG		*	*				

5.4 Empfehlungen zur Abbildung des Wasserqualitätsmanagements im DSS

Es wird empfohlen, das Wasserqualitätsmanagement im DSS für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe zu integrieren. Hierzu sind die vorhandenen Daten aufzuarbeiten und eventuelle Datenlücken zu schließen. Die vorhandenen Simulationsmodelle sind dem Modellzweck anzupassen (möglicherweise Vereinfachung der Modellstruktur, Ableitung von Metamodellen) und in ein einheitliches Softwarekonzept einzubinden. Hierbei sind eventuell Re-Implementationen notwendig.

In der Pilotphase ist auf der stofflichen Seite zunächst die Betrachtung derjenigen Substanzen zu empfehlen, die für die biologische Wasserqualität von Bedeutung sind oder der Liste der prioritären Schadstoffe nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie entstammen und für die Elbe als besonders relevante Stoffe angesehen werden müssen. Als geeignete Stoffe in diesem Rahmen werden empfohlen: Nitrat, Phosphat, Quecksilber, Blei, ausgewählte Pflanzenschutzmittel sowie Haushalts- und Industriechemikalien (LAS, Bor, NTA, EDTA).

Das zu entwickelnde DSS zum Wasserqualitätsmanagement muss die wesentlichen Eintragspfade dieser Stoffe aus Punkt- und diffusen Quellen in die Fließgewässer abbilden sowie die stoffspezifisch relevanten Umsetzungs- und Abbauprozesse berücksichtigen. Hierzu sind die im Kapitel 5.5 beschriebenen Modelle zu koppeln und in einem einheitlichen Softwaresystem zu integrieren. An Pfaden sind zu nennen:

- Einträge über Kläranlagen (Schmutzwasser, Niederschlagswasser)
- Einträge von industriellen Direkteinleitern
- Einträge aus anderen Punktquellen, z. B. aus dem Tagebau oder Tagebaurestlöchern
- Einträge aus der Land- und Forstwirtschaft
- Einträge aus atmosphärischer Deposition (falls stoffbezogen relevant)

Das Wasserqualitätsmanagement im Pilot-DSS ist so zu erstellen, dass es zunächst die langfristige, kontinuierliche Situation im Elbe-Einzugsgebiet wiedergibt. Die Integration eines Frühwarnmodells (Alarmmodell) ist wünschenswert, um im akuten Unglücks- oder Schadensfall eine zeitlich dynamische und kurzfristige Beurteilung der Auswirkungen auf das Fließgewässersystem zu ermöglichen. Aus diesem Grund wird empfohlen, im Rahmen der Pilotphase die Möglichkeit der Integration eines solchen Modells in das DSS zu prüfen, jedoch in der Pilotphase auf eine Implementation zu verzichten.

Weiterhin wird empfohlen, das DSS Wasserqualitätsmanagement flächenhaft für das gesamte deutsche Einzugsgebiet der Elbe zu entwickeln. Als Basis für das DSS kommt das feine Fließgewässernetz des Umweltbundesamtes (FGW) in Betracht. Es basiert auf der Vektorisierung der Gewässernetzdichtekarte des analogen Hydrologischen Atlases der Bundesrepublik Deutschland (1978) und der nachträglichen Anpassung an die Geometrie des ATKIS-DLM 1000 (BKG), ist Teil des Hydrologischen Atlases von Deutschland (BMU) und stellt dessen bereits digital verfügbare Version dar. Die typische Länge von Flussabschnitten, die als homogen angenommen werden, beträgt ca. 0.5-5 km. Unabhängig von den zunächst betrachteten Wasserinhaltsstoffen wird die zu entwickelnde Methodik weitgehend skalen- und stoffunabhängig sein, um eine Erweiterung um weitere Stoffe zu gewährleisten.

Das Wasserqualitätsmanagement im DSS sollte die Simulation von Stofffrachten und Konzentrationsverteilungen in den Flussabschnitten in Abhängigkeit von den Einträgen, den berücksichtigten Stoffabbauprozessen und den hydrologischen Verhältnissen ermöglichen. Eine Validierung der Modellergebnisse ist durch den direkten Vergleich mit vorliegenden, unabhängigen Messwerten, zum Beispiel aus dem Elbe 2000-Programm oder den Messkampagnen der ARGE Elbe, möglich. Für den Fall, dass nicht genügend Monitoringwerte vorliegen, wäre

die Erarbeitung von Vorschlägen für ein angepasstes und optimiertes Monitoringprogramm sinnvoll. Es wird weiterhin empfohlen, Möglichkeiten zur Definition von Szenarien vorzusehen, die die Untersuchung von Handlungsalternativen zur Schadstoffreduktion (z. B. Ertüchtigung von Kläranlagen, Landnutzungsänderungen, Änderung der Bewirtschaftungsweise, Ersatz problematischer Stoffe, Abstandsauflagen etc.) ermöglichen.

Ebenso wird empfohlen, zur Management- und Entscheidungsunterstützung verschiedenartige Werkzeuge zu erstellen und unter der einheitlichen Softwareoberfläche des DSS zu integrieren. Hierzu sind beispielsweise Tools zur Behandlung von Unsicherheiten der Eingabedaten und der Behandlung der Modell- und Ergebnisunsicherheiten (probabilistische Modellierung) sowie Analyse- und Auswertetools (z. B. Integration von Konzentrationen zu Predicted Environmental Concentrations - PECs für Teileinzugsgebiete; Vergleich von errechneten Konzentrationen und toxikologischen Daten) zu nennen. Mit diesen Tools wird der Nutzer des vorgeschlagenen DSS in die Lage versetzt werden, häufig auftretende Fragen, beispielsweise bei der Prioritätenermittlung von Eintragspfaden, der Risikobewertung in Teileinzugsgebieten oder der Sicherheit bzw. Unsicherheit von Vorhersagen zu beantworten.

5.5 Verfügbarkeit von Modellen und Daten

Die in Abbildung 8 dargestellte Systemstruktur erfordert Modelle für fünf verschiedene Bereiche:

- Gewässerhydrologie und Morphologie
- Grundwasserdynamik
- (Fluss-)Wasserqualität
- Hochwassergefährdung
- Auenökologie

Die für die Systemoption A (s. Kapitel 5.2/Tabelle 12) notwendigen Modelle und Daten müssen einer weitergehenden Prüfung und Auswahl für die Pilotphase unterzogen werden. Problematisch ist, dass einige Forschungsarbeiten noch laufen und daher die Datensammlung und Modellentwicklung noch nicht abgeschlossen ist.

Die Systemoption B könnte bereits mit 4 bei der BfG verfügbaren Modellen (s. Tabelle 7) realisiert werden: HBV [KRAHE ET AL.; BERGSTRÖM] als Niederschlags-Abfluss-Modell, KWERT [BUSCH ET AL.] für Hydromorphologie, QSIM [KIRCHESCH ET AL.] als Wasserqualitätsmodell und INFORM [KINDER ET AL.] zur Abschätzung ökologischer Einflüsse. In Ergänzung zu diesen vier Modellen wird für das in Abbildung 8 dargestellte System ein Grundwassermodell benötigt, ein ökonomisches Modell (Schifffahrt und Hochwasserschutz) und ein digitales Geländemodell.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass für die meisten in Tabelle 9 genannten Modelle Daten aus den Forschungsprogrammen Elbe-Ökologie und Elbe 2000 vorhanden sind, ausgenommen für die Funktionen der Berechnung der per Schiff transportierten Fracht und der Hochwasserschäden. Eine Reihe von Modellen wie HBV, KWERT und QSIM bedürfen einer Kalibrierung beim Einsatz im Beispielgebiet.

5.5.1 Modelle für hydrologische, hydraulische und hydromorphologische Prozesse

- HBV beschreibt den Niederschlag-Abfluss-Prozess und wurde in Schweden entwickelt. Es enthält Routinen für die Schneeansammlung und -schmelze, für die Bodenfeuchtigkeit und für den Abflussprozess.
- KWERT wurde bei der BfG entwickelt und kann bei stationären Abflussbedingungen diverse hydraulische Größen berechnen (Wasserstand, Rauheit, mittlere Fließgeschwindigkeit etc.).
- QSIM beschreibt die Wasserqualität und die Planktodynamik in Flüssen. Es ist modular aufgebaut und enthält ein hydraulisches, ein meteorologisches, ein Wasserqualitäts- und ein Transportmodul. QSIM rechnet bei stationären und instationären Abflüssen.
- INFORM (INtegrated FIOodplain Response Model) ermittelt die Zusammenhänge zwischen abiotischen Bedingungen (Grundwasserstand, Überflutungshäufigkeit und -dauer etc.) und ökologischen Indikatoren.
- Für Fragen der Grundwasserdynamik existieren verschiedene Modelle. INFORM benutzt das Modell VISUAL MODFLOW, ein weiteres Modell ist bei der Universität Karlsruhe im Einsatz. Beide wurden für spezielle Gebiete kalibriert, sind aber bei entsprechender Datenlage übertragbar. Eventuell könnten diese Ansätze auch vereinfacht werden, wenn die Eingangsdaten nicht überall erhoben werden können. Möglich wäre ein 1D-Ansatz, basierend auf der Boussinesq-Gleichung [BUREK ET AL.], oder es könnten einfache Annahmen getroffen werden, die von einem Grundwasserspiegel in Höhe des Flusswasserspiegels ausgehen.
- Die ökonomischen Aspekte des Pilotsystems können die Ertragssituation der Schifffahrt als Funktion der transportierbaren Fracht und der Schiffbarkeit beinhalten. Dazu existiert ein verfügbares Modell (PAWN, PULLES 1985). Weitere ökonomische Ansätze, die die Folgen von Hochwasser auf verschiedene Landnutzungstypen bewerten, sind verfügbar.
- Landnutzungsinformationen und digitale Geländemodelle sind für die Berechnung der Hochwassersituationen und der Auswirkungen auf ökologische Zusammenhänge in den Auen notwendig. Für diese Zielstellung stehen abschnittsweise Modelle der BfG und für den gesamten Flusslauf Modelle der Universität Karlsruhe zur Verfügung.

5.5.2 Modelle zum Wasserqualitätsmanagement

Für das Wasserqualitätsmanagement werden Modelle sowohl für Einträge aus Punktquellen als auch für Einträge aus diffusen Quellen auf der gewünschten Skala für das gesamte deutsche Einzugsgebiet der Elbe benötigt. Aus der Arbeit des Forschungsverbundes Elbe-Ökologie existieren zahlreiche Modelle zur Beschreibung der diffusen Einträge. Oftmals sind zu einer Fragestellung verschiedene Modellansätze auf unterschiedlichen Skalen realisiert. Hier besteht vor allem Bedarf bei der Auswahl geeigneter Modellansätze mit einem für die Fragestellung minimierten, optimalen Komplexitätsgrad. Vor allem im Bereich der Modellierung des diffusen Stofftransportes und der Abflusskomponenten in Abhängigkeit von Klima, Landnutzung und Bewirtschaftung müssen möglichst einfache, robuste aber auch hinreichend sensible Modellansätze ausgewählt werden.

Es wird empfohlen, die Modellierung der Wasserhaushaltskomponenten nach BECKER ET AL. (2000) auf der Grundlage der mit dem Modell ARC/EGMO (KLÖCKING ET AL. 1998) abgeleiteten Hydrotope oder Hydrotopklassen, die Flächen gleicher Prozessdominanz darstellen, zu verfolgen. Dieser Ansatz hat sich bereits mehrfach, auch im Forschungsverbund „Elbe Ökologie“ für das Einzugsgebiet der Elbe bewährt.

Probleme ergeben sich vermutlich bei der Auswahl eines geeigneten Ansatzes für den Nährstofftransport und die -retention. Zwar existieren hierzu, ebenfalls aus dem Verbund Elbe Ökologie zahlreiche Modellansätze, jedoch sind diese voraussichtlich hinsichtlich der Skala entweder zu fein (z. B. SWIM, KRYSANOVA ET AL. 1998) oder zu grobskalig (MONERIS, Behrendt et al. 1999). Eine Lösung kann die Ableitung empirischer Funktionen aus diesen verschiedenen Modellen sein, wie sie BECKER ET AL. (1999) vorschlagen.

Eine ähnliche Problematik ergibt sich bei der Ableitung von Nährstoffüberschüssen aus der Landwirtschaft. Zwar liegen auch hier Modelle des Stickstoffhaushaltes vor wie beispielsweise CANDY (FRANKO UND OELSCHLÄGEL 1993), MINERVA (RICHTER UND BEBLIK 1996) oder das komplexere MesON (SCHWARZE ET AL. 2000), allerdings sind diese aufgrund ihrer Komplexität, der meist lokalen Skala und des Datenbedarfs nicht für das gesamte deutsche Einzugsgebiet im Rahmen eines DSS einsetzbar. Aus diesem Grund wird für die Stickstoffmodellierung und die Untersuchung von Szenarien (Bewirtschaftung, Landnutzung) empfohlen, aus den Szenarienanalysen mit diesen Modellen empirisch oder regelbasiert generalisierte, einfachere Modelle (Metamodelle) abzuleiten, wie sie bereits von BECKER ET AL. (2000) vorgeschlagen und im Rahmen des Elbe-Ökologie-Verbundes zur Zeit realisiert werden.

Für die Modellierung der punktförmigen Einträge in die Fließgewässersysteme existiert mit GREAT-ER (MATTHIES ET AL. 2000, SCHULZE ET AL. 1999) ein flexibler, hinreichend differenzierbarer und in vielen Anwendungen bewährter Ansatz. Es wird empfohlen, diesen Ansatz als Grundlage für die Fließgewässermodellierung zu wählen und eine Erweiterung um diffuse Einträge in der Pilotphase zu realisieren. Für die Abschätzung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln in die Fließgewässersysteme wird empfohlen, auf die Arbeiten von HUBER ET AL. (1998, 1999) zurückzugreifen.

Im Folgenden sind die Modelle aufgeführt, die eventuell direkt, nach Modifikation oder nach Auswertung von Modellergebnissen und Integration in generalisierte Metamodelle zum Einsatz kommen können:

- ARC/EGMO (KLÖCKING ET AL. 1998)
- CANDY (FRANKO UND OELSCHLÄGEL 1993)
- GREAT-ER (ECETOC, 1999)
- MINERVA (RICHTER UND BEBLIK 1996)
- MESON (SCHWARZE ET AL. 2000)
- MONERIS (BEHRENDT ET AL. 1999)
- PSM-MODELL (HUBER ET AL. 1999)
- SWIM (KRYSANOVA ET AL. 1998)

5.5.3 Verfügbare Daten

Aus dem Forschungsverbund „Elbe Ökologie“ liegen großteils umfangreiche Datensätze zu wasserqualitätsrelevanten Fragen im Elbe-Einzugsgebiet vor. Vor allem in den Bereichen Hydrologie, Landnutzung, Topographie, Morphologie und Klimatologie ist die Datenlage als gut zu bezeichnen. Teilweise besteht die Notwendigkeit der Harmonisierung der Skalen für eine sinnvolle Datenintegration. Monitoringdaten liegen in unterschiedlicher räumlicher Dichte und zeitlicher Häufigkeit aus verschiedenen Projekten und aus routinemäßiger Überwachung vor. Die benötigten Daten können den folgenden Kategorien zugeordnet werden (Angaben zu den Nutzungsrechten können an dieser Stelle noch nicht getroffen werden):

Direkt nutzbare (Geo-)Daten aus den Elbe-Ökologie-Projekten:

- Digitale Geländemodelle
- Hydrologie: Abflüsse, Fließgeschwindigkeiten (Uni Karlsruhe)
- (Hydro-)Geologie
- Grundwasser
- interpolierte flächendeckende Temperatur- und Niederschlagsdaten

Verfügbare Monitoringdaten des Forschungsverbundes Elbe 2000 und der ARGE Elbe:

- Schwermetall-Monitoring von Filtrat, Schwebstoffen und Sedimenten in der Elbe und den Hauptzuflüssen 1991-1998 (Elbe 2000, s. Abbildung 12 im Anhang)
- Messkampagnen der ARGE-Elbe: Konzentrationen von bis zu 80 Wasserinhaltsstoffen an ausgewählten Messstellen und im Elbe-Längsprofil (s. Abbildung 13 im Anhang sowie <http://www.elbis.de>)

Verfügbare Daten von Länder- oder Bundesorganisationen:

- Geometrien der Fließgewässer (feines UBA-Netz, UBA Berlin)
- Niederschlagsdaten (DWD)
- Hydrologische Daten (BfG)
- Landnutzung (CORINE, StaBUA Wiesbaden)
- Bodenkarten (BÜK 1000, BGR Hannover)
- Daten der Gebietsstatistik, z. B.: Einwohnerzahlen, Industrieproduktion (StaBUA, StaLÄ)

Defizite bei notwendigen Informationen bestehen vor allem zu industriellen Einleitungen, deren Standorten sowie den dort eingeleiteten Stoffen und Einleitungsmengen.

5.6 Auswahl eines informationstechnologischen Rahmens

5.6.1 Funktionale Komponenten eines DSS

DSS bestehen prinzipiell aus den vier in Abbildung 9 dargestellten Elementen.

Die **Benutzeroberfläche** soll eine interaktive, einfache und flexible Kommunikation zwischen dem Nutzer und dem Softwaresystem ermöglichen. Der Nutzer muss sich um die komplexen internen Vorgänge nicht kümmern, kann sich aber dennoch, je nach Interesse und Vorwissen, Einblick in die Struktur der zugrundeliegenden mathematischen Modelle, Methoden, Variablen, Parameter und Prozesse sowie der zugrundegelegten Annahmen, Randbedingungen und Beschränkungen verschaffen. Über die Benutzeroberfläche werden die verschiedenen Komponenten des DSS angesprochen und die Benutzereingaben in computergeeignete Instruktionen übersetzt.

In der **Werkzeugbasis** werden die Methoden, analytischen Techniken und die für die Arbeit notwendigen Softwareinstrumente bereitgestellt. Softwareinstrumente sind z. B.

- Editoren für die textliche oder grafische Eingabe der benutzerdefinierten Szenarien,
- Filter- und Visualisierungsroutinen zur Ergebnisdarstellung,
- Erkundungswerkzeuge, um Szenarien und Lösungsräume festzulegen oder
- Auswertungswerkzeuge, die den Nutzer bei der Suche nach der besten Lösung unterstützen und den Bedienungskomfort des Systems bestimmen.

In der **Modellbasis** werden die relevanten mathematischen Modelle und die Abhängigkeitsbeziehungen bereitgehalten. Für ein übertragbares, integriertes Flusseinzugsgebietsmanagement-DSS wird eine große Anzahl von Modellen in Deutschland und der Tschechischen Republik verfügbar sein. Diese sind vornehmlich zum Zweck der Forschung entwickelt worden und müssen teilweise erst für Managementzwecke angepasst werden.

Die **Datenbasis** enthält die für die Beantwortung der Fragen benötigten Daten (Rohdaten, vorbearbeitete Daten, Vergleichsdaten). Die Daten können als Bestandteil des DSS mitgeliefert werden oder von externen Datenbanken (auf dem eigenen Rechner oder über eine Online-Verbindung) gelesen werden. Über den Zugriff auf externe Datenbanken ist die ständige Aktualität des DSS gewährleistet.

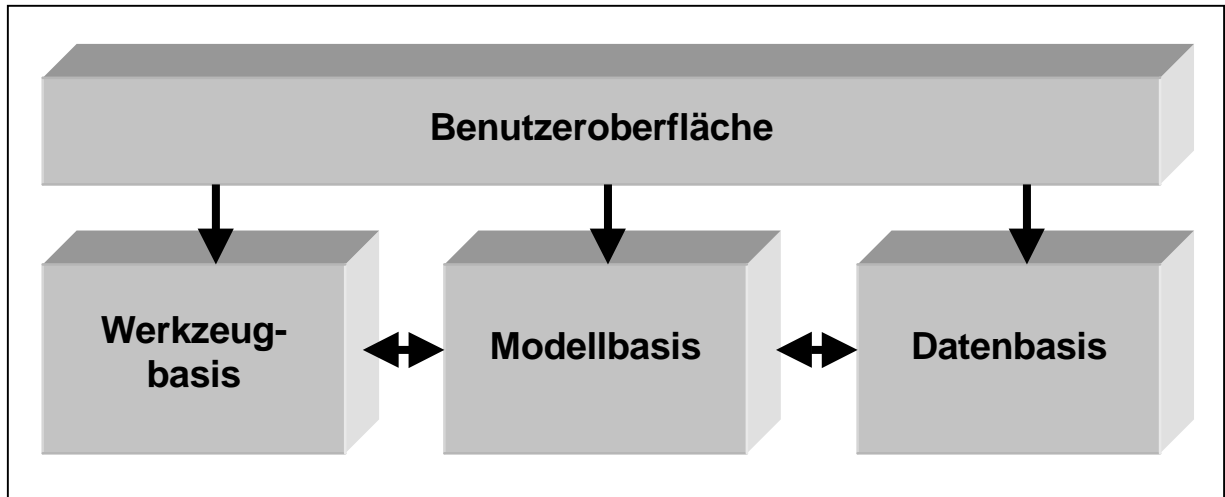


Abbildung 9: Funktionale Komponenten eines DSS

5.6.2 Systemarchitekturvarianten

Bezüglich der anzustrebenden Systemarchitektur sind vier verschiedene Lösungen zu unterscheiden (s. Abbildung 10). Um zu einer Bewertung ihrer Stärken und Schwächen zu gelangen, wurden sie anhand von 15 Kriterien, einschließlich der Entwicklungskosten und nutzungsorientierter Aspekte, eingestuft (Tabelle 10).

Im Folgenden werden die möglichen Systemarchitekturen genauer erläutert, bewertet und Empfehlungen ausgesprochen.

1) Zugang zu unverknüpften, räumlich verteilten Modellen

Bei dieser Lösung sind Modelle nur in geringem Grad integriert. Die Submodelle stehen dem Nutzer in ihrer ursprünglichen Form zur Verfügung. Unterhalt, Weiterentwicklung, Anpassung und Pflege liegen bei den Eignern der einzelnen Modelle. Sie sind auf den jeweiligen Hardware-Plattformen verfügbar. Wenn das DSS gestartet wird, erfolgt ein direkter Zugriff über das Internet oder über den Eigner selbst. Diese Lösung ist relativ nutzerunfreundlich und hat komplizierte Abläufe zur Folge, ebenso wie eine starke Reduzierung der Rechengeschwindigkeit. Die Vorteile liegen in dem geringen Entwicklungsaufwand und den geringen Kosten für die Pflege des Systems. Diese Lösung ist aber eine Möglichkeit, wenn ein Zugang zu sehr komplexen Modellen notwendig ist.

2) Verbindung von existierenden Modellen zu einem einzigen System

Diese Lösung unterscheidet sich von der vorhergehenden darin, dass das integrierte Modell aus Submodellen besteht, die enger verbunden sind und auf dem Computer des Nutzers installiert sind (stand-alone); eine größere Anwenderfreundlichkeit und Rechengeschwindigkeit ist die Folge. Die Entwicklungs- und Unterhaltungskosten sind im mittleren Bereich anzusiedeln, da die eingehenden Modelle teilweise angepasst werden müssen. Außerdem müssen Skalenprobleme gelöst werden, die durch die Koppelung entstehen. Diese Variante kombiniert einen hohen Grad an Integration mit akzeptablen Kosten. Sie wird als informatorischer Rahmen empfohlen, wenn die Entwicklung eines übertragbaren

Flusseinzugsgebietsmanagement-DSS, das der Entscheidungsfindung und der Analyse dient, im Vordergrund stehen soll. Dabei ist die gute Zusammenarbeit von Systementwicklern und Modelllieferanten Voraussetzung.

3) Umprogrammierung bestehender Modelle zu einem einzigen Systemmodell

Kernelement dieser Systemarchitektur ist ein integriertes Modell. Es ist gänzlich auf die eigentliche Rolle des DSS und die Interessen der Nutzer zugeschnitten. Es handelt sich um ein komplexes Modell. Alle Submodelle werden angepasst, d. h. teilweise neu entwickelt und reimplementiert. Nach der vollständigen Umsetzung besitzt eine solches System die höchste Anwenderfreundlichkeit und größten Leistungseigenschaften. Damit verbunden sind hohe Kosten, insbesondere bei Änderungen der Systemarchitektur. Die Entwicklung und Pflege des Systems sollte in der Hand einer überschaubaren Gruppe von Spezialisten liegen. Diese Variante wird für eine übertragbare Flusseinzugsgebietsmanagement-DSS Lösung empfohlen, wenn ein hohes Maß an integrierten Informationen für komplexe Fragestellungen geliefert werden muss und die Entwicklung einer besonders ausgewogenen, transparenten Systemarchitektur möglich ist.

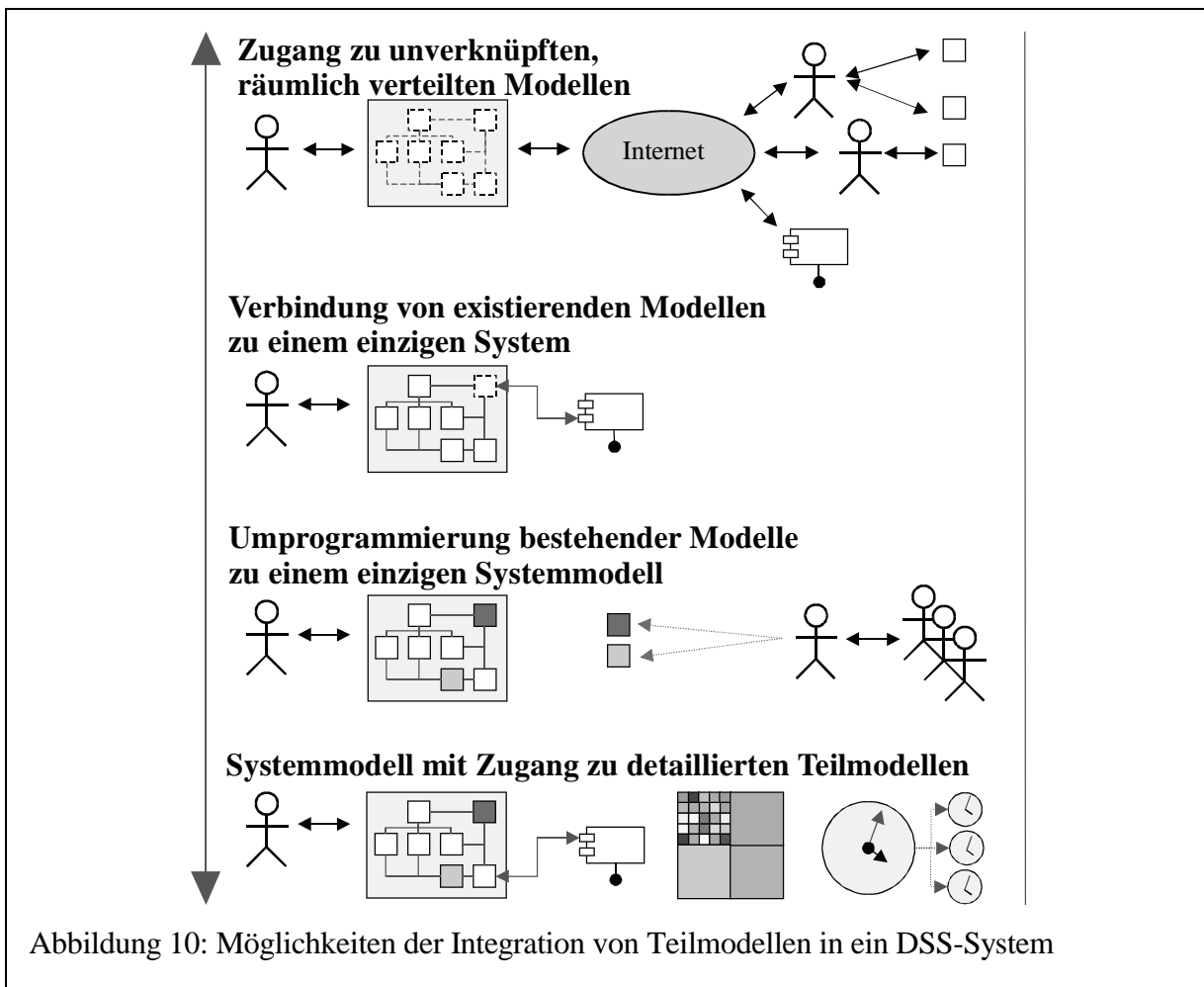


Tabelle 10: Kriterien und Bewertung von DSS-Systemarchitekturen

Kriterium	1) unverknüpfte, verteilte Modelle	2) schwach integrierte Komponenten	3) Systemmodell	4) Kombination System- & Detailmodelle
Entscheidungsmöglichkeiten	--	+	++	+
Möglichkeiten für Zusammenarbeit	--	++	+	++
Erfüllung der Lernfunktion	--	+	++	+
Anwenderfreundlichkeit		+	++	++
Transparenz	-	+	++	+
Integration	-	+	++	++
Interaktivität	--	+	++	+
Flexibilität	++	+	-	--
Validität	++	+	-	+
Performance	--	+	++	++
Entwicklungskosten	++	+	-	--
Pflegeaufwand	++	+	-	--
Vollständigkeit	++	+	-	++
Abstraktionsgrad	--	-	+	++
Grad der Schwierigkeit der Integration (z. B. von Modellen)	++	+	-	--

4) Systemmodell mit Zugang zu detaillierten Teilmodellen

Ein Nachteil der bisher genannten Varianten besteht darin, dass teilweise Kompromisse hinsichtlich der Genauigkeit der Modellergebnisse durch die Anpassungsmaßnahmen hinzunehmen sind. Es ist z. B. sehr schwierig, Habitat-Präferenzen von Carabiden, die in einem speziellen Flussabschnitt ermittelt wurden, in ein Gesamtfluss- oder Einzugsgebietsmodul zu integrieren. Der Detaillierungsgrad leidet in vielen Fällen außerdem aufgrund der mangelnden Datenlage. Für manche Entscheidungsträger ist dies weniger von Bedeutung, vielmehr aber für die Analyse von (Öko-)Systemen. Zur Lösung der Problematik kann eine Systemarchitektur gewählt werden, die mehrere, mehr oder weniger geschlossene Einzelsysteme enthält, aber mit einem zusätzlichen Zugang zu Detailmodellen mit guter Datenlage versehen wird. Darüber hinaus können die Ergebnisse dieser Detailmodelle über das integrierte Gesamtsystem ausgetauscht werden, so dass komplexe Fragestellungen beantwortet werden können.

Diese Architektur kombiniert die Vorteile der zweiten und dritten Lösung. Allerdings handelt es sich um die kostenintensivste Variante. Demgegenüber stehen die Vorteile einer großen Anwenderfreundlichkeit, einer maximalen Genauigkeit, Interaktivität und Flexibilität. Ebenso ist die Relevanz für Entscheidungsprozesse hoch, bei gleichzeitig guten analytischen Eigenschaften. Diese Lösung wird für ein übertragbares, integriertes

Flusseinzugsgebietsmanagement-DSS empfohlen. Dies geschieht auch unter dem Zwang, verschiedenste Fragestellungen und Skalen berücksichtigen und hinreichend genau beantworten zu müssen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die letzte Variante die Vorteile eines stand-alone-Systems mit denen eines stark integrierten Modells verbindet. Die Entwicklung des Systems kann an verschiedenen Orten unter Einbindung der Wissenschaftler und Systementwickler auf optimale Weise erfolgen. Die in den vorhergehenden Kapiteln gemachten Vorschläge zum Systemdiagramm für ein Elbe-DSS und die Pilotphase entsprechen dieser Empfehlung.

6 Zusammenfassung

Bei der Durchführung der Machbarkeitsstudie haben viele Personen und Institutionen, durch ihre Bereitschaft und das Interesse Fragen zu formulieren und Informationen bereitzustellen, mitgearbeitet. Für deren Unterstützung sei an dieser Stelle gedankt.

Die Machbarkeitsstudie ist ein erster Schritt hin zu der Entwicklung eines übertragbaren Werkzeugs für das Flussgebietsmanagement. Es werden Empfehlungen für die Pilotstudie formuliert, über deren Durchführung im Anschluss an die Machbarkeitsstudie entschieden werden kann. Obwohl jeder Fluss einzigartig ist und eine eigene Herangehensweise erfordert, sind einige Ergebnisse der Machbarkeits- und der Pilotstudie allgemeiner Natur. Derzeit sind sehr wenige operationelle räumliche DSS im Einsatz. Viele Systeme befinden sich noch in der Konzeptionsphase, so dass aus der Entwicklung eines Pilot-DSS auch ein wesentlicher Input für andere Systeme zu erwarten ist. Obwohl mittlerweile die Überzeugung herrscht, dass DSS werden auf Basis integrierter Modelle notwendig sind, um die Funktionsweise von (Öko-)Systemen zu verstehen, befinden sich die Arbeiten auf diesem Gebiet noch in der Anfangsphase. Die während der Machbarkeitsstudie und ebenso die mit WadBOS und GREAT-ER gemachten Erfahrungen zeigen, dass das Interesse der Entscheidungsträger an einem solchen Instrument sehr groß ist. Die Akzeptanz durch die Praxis kann positiv eingeschätzt werden. Mittelfristig kann das während der Entwicklungsphase gewonnene Know-How nicht nur innerhalb Deutschlands, sondern auch europaweit weitergegeben werden. Im Zuge eines flussgebietsbezogenen Managements, wie es die EU-Wasserrahmenrichtlinie in Zukunft fordert, kann ein Interesse an einem solchen Instrument vorausgesetzt werden.

Das Ziel der Machbarkeitsstudie war es, zu prüfen, ob ein allgemein anwendbarer Prototyp (Pilot-DSS) für ein integriertes Einzugsgebietsmanagement entwickelt werden kann, zunächst mit der Elbe als erstem Anwendungsgebiet. Dies bedeutet, dass

- a) Managementprobleme und potenzielle Maßnahmen existieren, die es zu lösen gilt,
- b) ein geeignetes Beispielgebiet vorhanden ist,
- c) Modelle und Daten bereits für den Einsatz in diesem Instrument verfügbar sind.

Neben Interviews mit Entscheidungsträgern wurden Abfragen bezüglich der vorhandenen Daten und Modelle bei den Wissenschaftlern der Forschungsprogramme „Elbe-Ökologie“ und „Elbe 2000“ durchgeführt. Das Pilot-DSS sollte aus verschiedenen skalenbezogenen Modulen zusammengesetzt sein und verschiedene Funktionen erfüllen. Während die Analysefunktion dem Aufzeigen von Managementalternativen dient ermöglicht die Bibliotheksfunktion eine Übersicht zu verfügbaren und darüber hinaus zu detaillierteren Modellen, welche nicht unmittelbar in das System integriert werden können.

Die Evaluierungen führten zu dem Vorschlag eines modular aufgebauten Systemdiagramms für ein Pilot-DSS, das ein Einzugsgebietsmodul, ein Flussmodul und ein Flussabschnittsmodul umfasst (s. Abbildung 11).

Die Datenlage für das Einzugsgebiets- und das Flussmodul ergibt sich aus den auf dieser Skala arbeitenden Vorhaben. Hier muss eine Auswahl und konkrete Bewertung der Ansätze erfolgen. Aufgrund des hohen räumlichen und zeitlichen Detaillierungsgrades der zu behandelnden Fragestellungen im Flussabschnittsmodul muss ein Beispielsgebiet ausgewählt werden. An diesem können exemplarisch Wirkungszusammenhänge abgebildet werden, wie sie für die gesamte Elbe und ihre Auen gelten. Dieser geeignete Flussabschnitt wurde auf der Basis der vorhandenen Managementprobleme, unter Berücksichtigung ökologischer, hydraulischer und sozioökonomischer Aspekte und der Tatsache, dass Maßnahmen in der nahen Zukunft geplant sind, sowie der verfügbaren Daten und Modelle der Forschungsverbände „Elbe-Ökologie“ und „Elbe 2000“ festgelegt. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, ein Pilot-DSS für den

Elbeabschnitt zwischen Tangermünde und Havelberg von km 400 bis 425 zu entwickeln. In weitergehenden Schritten wurde der modulare Aufbau konkretisiert und eine Anzahl von Schlüsselfunktionen identifiziert. Drei verschiedene Möglichkeiten der Gestaltung können unter Berücksichtigung des Systemdiagramms unterschieden werden (s. Kapitel 5.2):

- A. Ein Pilot-DSS, das auf einer Auswahl von verfügbaren 1D-Modellen und Daten der Forschungsprogramme „Elbe Ökologie“ und „Elbe 2000“ basiert (s. Tabelle 12 im Anhang).
- B. Ein vereinfachtes Pilot-DSS, das auf einer Auswahl von 1D-Modellen basiert, die überwiegend in der BfG verfügbar sind (s. Tabelle 7).
- C. Ein erweitertes System, basierend auf fortgeschrittenen 2D- und 3D-Modellen (s. Tabelle 7).

Eine Umsetzung der Option A in Verbindung mit Modifikationen von Modellen ist mittelfristig, eine Umsetzung der Option B mit Sicherheit kurzfristig machbar.

Der Aufbau eines Pilot-DSS unterstützt die Anstrengungen, Daten und bestehende Modelle, die zum Zwecke der Forschung entwickelt wurden, für die Entscheidungsträger anwendbar zu machen. Er dient weiterhin der Erfüllung der Zielstellungen der Forschungskonzeptionen der Forschungsprogramme Elbe-Ökologie und des Leitprojektes „Elbe 2000“.

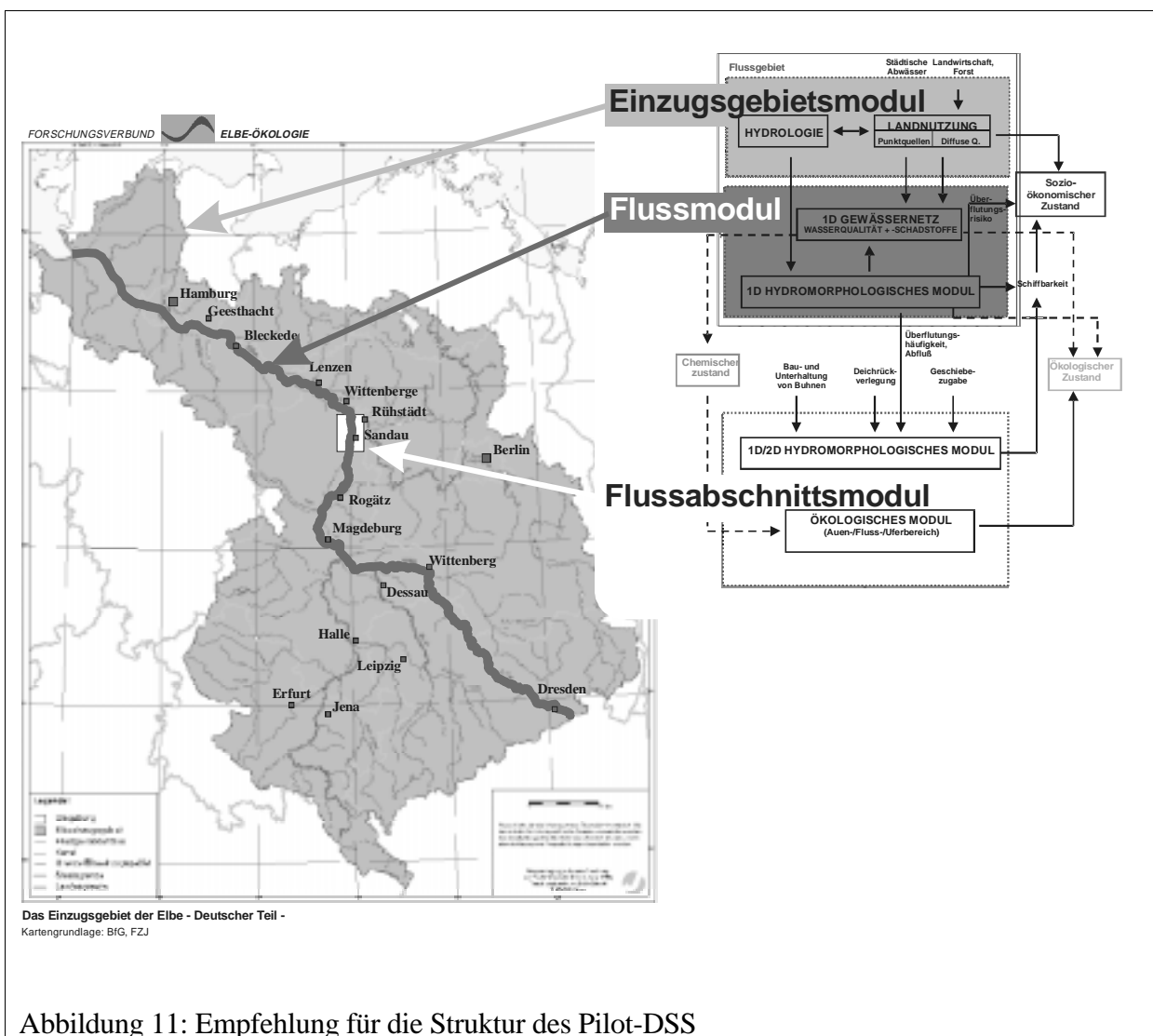


Abbildung 11: Empfehlung für die Struktur des Pilot-DSS

7 Literatur und relevante Veröffentlichungen

- Barnes, C.; Walker, D., Short, D.: Models for Integrated Catchment Management.
- Becker, A., Behrendt, H., Haberlandt, U. (2000): Genetete Analysen zu den Auswirkungen der Landnutzung auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Elbeinzugsgebiet. In: Mitteilung der Bundesanstalt für Gewässerkunde/Projektgruppe Elbe-Ökologie Nr. 6: Statusseminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 69-81.
- Behrendt, H., Huber, P., Kornmilch, M., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G., Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. Texte des Umweltbundesamtes 75/99
- Behrendt, H.; Bach, M.; Huber, P.; Kornmilch, M.; Opitz, D.; Pagenkopf, W.-G.; Schmoll, O.; Scholz, G.; Schweikart, U.; Uebe, R.: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands, Ergebnisse des Vorhabens FKZ 296 25 515 im Rahmen des Umweltforschungsplans des BMU, Umweltbundesamt, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V.
- Berding, V.; Berlekamp, J.; Matthies, M.: Vergleich von Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität privater Hausbrunnen im Landkreis Osnabrück. Wasser & Boden 51(4), 41-45, 1999.
- Berding, V.; Schwartz, S.; Matthies, M.: Visualisation of the Complexity of EUSES. ESPR-Environ. Sci. & Pollut. Res. 6, 37-43, 1999.
- Berding, V.; Schwartz, S.; Matthies, M.: Scenario analysis of a Level III multimedia model using generic and regional data. ESPR-Environ. Sci. & Pollut. Res. (submitted).
- Bergström, S.: The HBV Model, in: Singh, V.P. (ed.), Computer models of watershed hydrology, Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 443-476, 1995.
- Boeije, G.; Vanrolleghem, P.; Matthies, M.: A Geo-Referenced Aquatic Exposure Prediction Methodology for 'Down-The-Drain' Chemicals, Wat. Sci. Tech. 36, 251-258, 1996.
- Boeije G., Vanrolleghem P. and Matthies, M. (1997): A Geo-Referenced Aquatic Exposure Prediction Methodology for 'Down-The-Drain' Chemicals, Wat. Sci. Tech. 36(5), 251-258.
- Boeije, G.; Wagner, J.-O.; Koormann, F.; Vanrolleghem, P.A.; Schowanek, D.R.; Feijtel, T.C.J.: New PEC definitions for river basins applicable to GIS-based environmental exposure assessment, 1999. Chemosphere (accepted).
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Ecological Research in the Elbe Catchment Area (Elbe Ecology), Research conception by the German Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Bonn, August, 1995.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Indikationssystem für ökologische Veränderungen in Auen, Posterbeiträge Teilprojekt V.1, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat U21, Stand 15.10.1999, Forschungsverbund Elbe-Ökologie, Koblenz-Berlin, 1999.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Kurzinformationen zu Forschungsvorhaben, Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe (Elbe-Ökologie), Projektgruppe Elbe-Ökologie in der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin, November, 1999.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe - eine Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Statusseminar Elbe-Ökologie, Tagungsband Nr. 6, BfG Mitteilung, Projektgruppe Elbe-Ökologie in der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz - Berlin, November, 1999.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Workplan for the feasibility study for the Elbe DSS, December 1999, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG): Decision Support Systems (DSS) for river basin management, International workshop on 6 April 2000 in Koblenz. – Veranstaltungen, Heft 4/2000. Koblenz - Berlin.
- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW): Untersuchung der Auswirkung von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie am Beispiel der Erosionsstrecke und der Rückdeichungsbereiche zwischen Wittenberge und Lenzen, Zwischenbericht 1998, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe-Hamburg-Berlin.
- Burek, P.; Ihringer, J.: Langzeitlicher Modellierung der Wasserhaushaltsdynamik an der Elbe, Insitut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe.
- Busch, N.; Froehlich, W.; Lammersen, R.; Oppermann, R.; Steinebach, G.: Strömungs- und Durchflussmodellierung in der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Mathematische Modelle in der Gewässerkunde, Stand und Perspektiven, Beiträge zum Kolloquium am 15./16.11.1998 in Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz-Berlin, Mitteilung Nr. 19, Koblenz, August 1999, 70-82.
- Desortová, B. (1993): Distribuce fytoplanktonu podél toku Labe ve vztahu ke koncentraci živin (Verteilung des Phytoplanktons entlang des Laufs der Elbe im Bezug zur Nährstoffkonzentration). VÚV T.G.M Praha, Dez. 1993, 16 + 4 S.

- Diepenbrock, W.; Rost, D.; Hülsbergen, K.-J. (Hrsg.)* (1999): Informationssystem „Agrar-Umweltindikatoren“ und Bilanzierungsmodell „REPRO“. Forschungsbericht im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt. Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- ECETOC*, Special Report No. 16, GREAT-ER User Manual, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels, March 1999.
- El-Najdawi, M.K.; Stylianou, A.C.*: Expert support systems: integrating AI technologies. In: Communications of the ACM, 36 (2), 1993, S. 55-65
- Engelen, G., White, R., Uljee, I. und Wargnies, S.*, 1996 Numerical Modelling of Small Island Socio-Economics to Achieve Sustainable Development. In: Small Islands: Marine Science and Sustainable Development, Hrsg.: G. A. Maul, American Geophysical Union, Washington DC, S.437-463.
- Engelen, G., White, R. und Uljee, I.*, 1997 Vulnerability Assessment of Low-Lying Coastal Areas and Small Islands to Climate Change and Sea Level Rise - Phase 2: Case Study St. Lucia. Report to United Nations Environment Programme, Caribbean Regional Co-ordinating Unit, Kingston, Jamaica. RIKS publication, 90 S.
- Engelen, G., White, R. und Uljee, I.*, 1997 Integrating Constrained Cellular Automata Models, GIS and Decision Support Tools for Urban Planning and Policy Making. In: Decision Support Systems in Urban planning, Hrsg.: H. Timmermans, E & F Spon, London, S.125-155.
- Engelen, G., van der Meulen, M., Hahn, B.*, 1999 A Spatial Modelling Tool for Integrated Environmental Decision-making. Proceedings of the 5th EU-GIS Workshop, Stresa 28-30.6.1999.
- Fuchs, E.*: The floodplain model INFORM for predicting ecological impacts caused by alterations in mean river stage, Federal Institute of Hydrology, IAHS at IUGG, Birmingham, 1999.
- Feijtel, T.C.J.; Boeije, G.; Matthies, M.; Young, A.; Morris, G.; Gandolfi, C.; Hansen, B.; Fox, K.; Holt, M.; Koch, V.; Schröder, R.; Cassani, G.; Schowanek, D.; Rosenblom, J.; Niessen, H.*: Development of a Geography-referenced Regional Exposure Assessment Tool for European Rivers – GREAT-ER. Chemosphere 34, 2351-2374, 1997.
- Feijtel, T.C.J.; Boeije, G.; Matthies, M.; Young, A.; Morris, G.; Gandolfi, C.; Hansen, B.; Fox, K.; Matthijs, E.; Koch, V.; Schröder, R.; Cassani, G.; Schowanek, D.; Rosenblom, J.; Holt, M.*: Development of a Geography-referenced Regional Exposure Assessment Tool for European Rivers - GREAT-ER. Journal of Hazardous Materials 61, 55-60, 1998.
- Fuest, S.; Berlekamp, J.; Klein, M.; Matthies, M.*: Screening of regional groundwater contamination with agrochemicals and comparison with Monitoring Observations. In: Brebbia, C.A.; Pascolo, P. (Eds.): GIS Technologies and their Environmental Applications, Computational Mechanics Publications, Southampton, 53-62, 1998.
- Fuest, S.; Berlekamp, J.; Matthies, M.*: Modellierung großräumiger Grundwassergefährdung und flächendeckendes Grundwassermonitoring im Landkreis Osnabrück. Tagungsband des 2. Workshop "Modellierung des Wasser" (accepted), 1999.
- Glugla; Fürtig*: documentation on ABIMO Model, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg. 1998): Kontinuierlicher Abfluss und Stofftransport – Integrierte Modellierung unter Nutzung von Geoinformationssystemen. Neubiberg.
- Hoogerwerf, A. (ed.)*, Overheidbeleid, Samson Tjeenk Willink, 4th print (in Dutch), 1989.
- Huber, A., Bach, M., Frede H.-G.* (1998): Regional und zeitlich differenzierte Schätzung der Wirkstoff-Aufwandmengen in Feldkulturen in der Bundesrepublik Deutschland, Gesunde Pflanzen, 50 (2): 36 - 44.
- Huber, A., M. Bach und H.-G. Frede* (1999): Belastung der Oberflächengewässer mit Pflanzenschutzmitteln in Deutschland – Modellierung der Einträge über Drainagen und Oberflächenabfluss. In: Blaschke (Hrsg.): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung: Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung. H. Wichmann (im Druck).
- Hülsbergen, K.-J.; Diepenbrock, W.; Rost, D.* (1999): Konzept zur Analyse und Bewertung von Umweltwirkungen im Landwirtschaftsbetrieb. Vortrag zum 111. VDLUFA-Kongreß vom 13-17. September 1999 in Halle/Saale. Erscheint in VDLUFA-Schriftenreihe.
- Huizing, J., van de Ven K, Pothof I. und Engelen G.*, 1998 WadBOS: Een prototype van een kennissysteem voor beleidsanalyse van de Waddenzee - Eindrapport. Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland, Leeuwarden.
- IKSE*: Erster Bericht über die Erfüllung des „Aktionsprogramms Elbe, Magdeburg, Oktober, 1998.
- Kersebaum, K. C.; Richter, J.* (1991): Modelling nitrogen dynamics in a soil-plant system with a simple model for advisory purposes. Fertilizer Research 27, 273 - 281
- Kersebaum, K. C.* (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. Ecological Modelling 81, 145 - 156.
- Kersebaum, K. C.; Wenkel, K.-O.* (1998): Modelling water and nitrogen dynamics at three different spatial scales - influence of different data aggregation levels on simulation results. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50, 313-319.

- Kersebaum, K. C.* (1999): Model based evaluation of land use and management strategies in a nitrate polluted drinking water catchment in North-Germany. In: R. Lal (ed.): Integrated Watershed Management in the Global Environment. CRC Press, Boca Raton. 223-238.
- Kinder, M.; Fuchs, E.; Giebel, H.; Schleuter, M.; Schoell, F.*: Ökologische Modellansätze – Anwendungsbeispiele in der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Mathematische Modelle in der Gewässerkunde, Stand und Perspektiven, Beiträge zum Kolloquium am 15./16.11.1998 in Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz-Berlin, Mitteilung Nr. 19, Koblenz, August 1999, 115-126.
- Kirchesch, V.; Eidner, R.; Mueller, D.*: Gewässergütemodellierung in der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Mathematische Modelle in der Gewässerkunde, Stand und Perspektiven, Beiträge zum Kolloquium am 15./16.11.1998 in Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz-Berlin, Mitteilung Nr. 19, Koblenz, August 1999, 105-114. *Kirchesch, V.; Scholl, A.*: Das Gewässergütemodell QSIM - Ein Instrument zur Simulation und Prognose des Stoffhaushalts und der Planktodynamik von Fließgewässern, HW 43. 1999, H. 6, 302-309.
- Klaus, J.; Pflügner, W.; Schmidtke, R.; Wind, H.G.; Green, C.*: Models for flood hazard assessment and management. In: E.C. Penning-Rowsell und Maureen Fordham (Hrsg.). Floods across Europe. (S. 69-104). London: Middlesex University Press, 1994. ISBN 1 898253 01 3
- Klein, M.; Matthies, M.*: Modellierung des Wasserhaushalts der Groß-Lysimeteranlage St. Arnold. In: Bestimmung der Sickerwassergeschwindigkeit in Lysimetern (Eds. Klotz, D.; Seiler, K.-P.), GSF-Bericht 01/99, 85-90.
- Klöcking, B., B. Pfützner und A. Becker* (1998): Hydrologische Modellierung von meso- und makroskaligen Einzugsgebieten mit ARC/EGMO. In: 2. Workshop Modellierung des Wasser- und Stofftransportes in großen Einzugsgebieten, Rauschholzhausen, Nov. 1998
- Kok, J.L. de; Arifin, T.; Noor, A.; Wind, H.G.; Augustinus, P.G.E.F.*: Systems analysis as a methodology for sustainable coastal-zone management in tropical countries. Präsentiert auf dem Internationalen Seminar: The Sea and its Environment, 19-20 September 1995, Ujung Pandang, South Sulawesi, Indonesia
- Kok, J.L. de; Wind, H.G.; Titus, M.*: Applicability of fuzzy logic to incorporate social science concepts in a decision support system for coastal zone management. In: Babovic, V., Larsen, L.S. (Hrsg.). Proceedings of the Third International Conference on Hydro-informatics (pp387-393), 1997. Rotterdam/Brookfield, A.A. Balkema
- Kok, J.L. de; Wind, H.G.; Keizers, N.*: Integrated ecological-economic model for the Waddensea. In: Proceedings 5th Biennial Meeting of the International Society for Ecological Economics (ISEE), 15-19 November 1998, Santiago, Chile
- Kok, J.L. de; Wind H.G.*, Methodology for sustainable coastal zone management in the tropics, Final report prepared for the the netherlands organization for the advancement of tropical research (WOTRO) under grant WK.79.35, 272 p., March 1999.
- Koormann, F.; Matthies, M.; Trapp, S.*: Simulation and visualization of spatial exposure patterns: Intermediates in the Rhine River system. In: Regulation of chemical safety in Europe: Analysis, Comment and Criticism (Pugh, D.M., Tarazona, J.W., Eds.). Kluwer Academic, Dordrecht, 65-96, 1998.
- Krahe, P.; Daamen, K.-H.; Glugla, G.; Muelders, R.; Richter, K.; Wilke, K.*: Mathematische Modelle in der Gewässerkunde, Stand und Perspektiven, Beiträge zum Kolloquium am 15./16.11.1998 in Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz-Berlin, Mitteilung Nr. 19, Koblenz, August 1999, 36-45.
- Krysanova, V.; Müller-Wohlfeil, D.-I.; Becker, A.* (1996) Integrated Modelling of Hydrology and Water Quality in mesoscale watersheds. PIK Report No. 18, July 1996, PIK, Potsdam.
- Krysanova, V.; Müller-Wohlfeil, D.I.; Becker, A.* (1998) Development and test of a spatially distributed hydrological / water quality model for mesoscale watersheds. *Ecological Modelling* 106 (1-2), 261-289.
- Krysanova, V.; Becker, A.; Klöcking, B.* (1998) The linkage between hydrological processes and sediment transport at the river basin scale. In W. Summer E. Klaghoffer, W. Zhang (eds.) Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes. IAHS Publications no. 249, p. 13-20.
- Krysanova, V., D.I. Müller-Wohlfeil and A. Becker* (1998) Development and test of a spatially distributed hydrological / water quality model for mesoscale watersheds. *Ecological Modelling* 106 (1-2), 261-289.
- Krysanova, V.; Becker, A.* (1999) Integrated Modelling of Hydrological Processes and Nutrient Dynamics at the River Basin Scale, *Hydrobiologia*, 410, 131-138.
- Krysanova, V.; Wechsung, F.; Becker, A.; Poschenrieder, W.; Gräfe, J.* (1999) Mesoscale ecohydrological modelling to analyse regional effects of climate change, *Environmental Modelling and Assessment*, 4, 259-271.
- Krysanova, V.; Gerten, D.; Klöcking, B.; Becker, A.* (1999) Factors affecting nitrogen export from diffuse sources: a modelling study in the Elbe basin. In: Impact of Land Use Change on Nutrient Loads from Diffuse Sources, Proceedings of Symposium in Birmingham 19-30 July 1999, IAHS Publications no. 257, 201-212.

- Kunkel, R.; Wendland, F. (1997): WEKU – a GIS-supported stochastic model of groundwater residence times in upper aquifers for the supraregional groundwater management.- *Environmental Geology* 30 (1/2), 1-9.
- Kunkel, R.; Wendland, F.: Der Landschaftswasserhaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe, Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt Volume 12, 1998.
- Kunkel, R.; Wendland, F. (1998): Der Landschaftswasserhaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe – Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen. FZ Jülich, Buchreihe Umwelt 12, 107 S.
- Kunkel, R.; Wendland, F. (1999): Das Weg-/Zeitverhalten der unterirdischen Abflusskomponente im Flusseinzugsgebiet der Elbe.- FZ Jülich, Buchreihe Umwelt Bd. 13, 122 Seiten.
- Matthies M., Wagner J.-O.; Koormann F. (1997). Combination of Regional Exposure Models for European Rivers with GIS Information. In: *Information and Communication in Environmental and Health Issues*, K. Alef et al. (eds), ECO-INFORMA Vol. 12, Eco-Inforna Press, Bayreuth, pp. 523-529.
- Matthies, M.; Wagner, J.-O.; Koormann, F.: Combination of Regional Exposure Models for European Rivers with GIS Information. In: ECO-INFORMA Vol. 12: Information and Communication in Environmental and Health Issues, 523-529, 1997.
- Matthies, M.; Koormann, F.; Boeije, G.; Feijtel, T.C.J.: The Identification of Thresholds of Acceptability and Danger: The Chemical Presence Route. *Archives of Toxicology, Suppl.* 19, 123-135, 1997.
- Matthies, M.; Koormann, F.; Schulze, C.; Wagner, J.-O.: GREAT-ER a geography-referenced regional exposure assessment tool for European rivers. In: *River Basin Management*. Magdeburg, 8-10 June 1999. (accepted)
- Matthies M., Berlekamp J., Koormann F. and Wagner J.-O. (2000) Georeferenced regional simulation and assessment of water quality. *Wat. Sci. Technol.* (in press)
- Miser Hugh J.; Quade, Edward S., *Handbook of systems analysis: overview of uses, procedures, and applications, and practice*, John Wiley and Sons, Chichester, 1985.
- Mohrlok, U.; Jirka, G.: Grundwasserdynamik in den Auen des Elbetals: Aspekte der Deichrückverlegung an der Ohremündung, Fachtagung Elbe, Dynamik und Interaktion von Fluss und Aue, 4. bis 7. Mai 1999, Wittenberge, Universität Karlsruhe, pp. 76-79.
- Peerbolte, E.B.J.; Wind, H.G.: Policy implications of sea level rise in the Netherlands. In: *Proceedings International Conference on Climate Impacts on Environment and Society (CIES)* (S. B51-B55). Ibaraki, Japan, 1991
- Penning-Rowsell, E.; Fordham, M.; Green, C.; Peerbolte, E.B.; van der Veen, A.; Wind, H.G.: Flood vulnerability analysis and climatic change: towards a European methodology. In: *Floods and floodmanagement*. (S. 343-363). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. ISBN 0 7923 20786
- Pouwels, I.H.M.; Wind, H.G.; Witter, J.V.: Multiobjective decision-making in integrated water management. In: *Physics and chemistry of the earth*, 20 (3-4), 221 – 227, 1995. ISSN 0079-1946
- Prange, A. ; Furrer, R.; Einax, J.W.; Lochovský, P.; Kofalk, S. (verantwortlich für die Auswertung) (2000): Die Elbe und ihre Nebenflüsse – Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven. ATV-DVWK Forschungsberichte; Herausgeber: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. - Hennef: GfA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 2000, 168 S, ISBN 3-933707-63-3
- PAWN, Pulles, J.W.: *Beleidsanalyse voor de waterhuishouding in Nederland: PAWN*, Hoofddirectie Rijkswaterstaat, Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1985.
- Rademakers, J.G.M.; Wolfert, H.P.: *Het River-Ecotopen -Stelsel, Een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en beleidsstudies in het buitendijkse rivierengebied*, RIZA, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, The Netherlands, 1994.
- Rauscher, H.M.: Natural resource decision support: Theory and Practice. In: *AI Applications* 9 (3), 1995, S. 1-2
- Richter, G.M., Beblík, A. (1996): Nitrataustrag aus Ackerböden ins Grundwasser unterschiedlich belasteter Trinkwasser-Einzugsgebiete Niedersachsens. Braunschweig (TU BS - IfGG). 235 pp.
- Ritzert, F.; Nestmann, F.: Influence of silted groynefields on waterlevel development instancing the Elbe river, Institut of Water Resources Management, Hydraulic and Rural Engineering, University of Karlsruhe.
- Scheil, S.; Baumgarten, G.; Reiter, B.; Schwartz, S.; Wagner, J.-O.; Trapp, S.; Matthies, M.: An Object-Oriented Software for Fate and Exposure Assessments. *ESPR Environ Sci. & Pollut. Res.* 2(4), 238-241, 1995.
- Schmidt, J; Werner, M. von; Michael, A: EROSION 2D/3D Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser, Landesanstalt für Landwirtschaft/Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg, September, 1996.
- Schöl, A.; Bergfeld, T.; Kirchesch, V.; Müller, D.: IKSMS-Project: Oxygen budget and biological processes in the regulated rivers Mosel and Saar, Final report 1997 - Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG - 1091.
- Schröder, F.; Koch, V.; Matthies, M.: Das GREAT-ER Projekt: Perspektiven für ein geo-referenziertes Computer-Simulationsmodell im Rahmen der ökologischen Risikobewertung. *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium* (accepted).
- Schulze C., Matthies M., Trapp S. and Schröder F.R. (1999). Geographically Referenced Fate Modelling of LAS in the Stream Itter. *Chemosphere* 39, 1833-1852.

- Schulze, C.; Matthies, M.; Trapp, S.; Schröder, F.R.: Geographically Referenced Fate Modelling of LAS in the Stream Itter. *Chemosphere* 38, 1999.
- Schwartz, S.; Berding, V.; Trapp, S.; Matthies, M.: Quality Criteria for Environmental Risk Assessment Software - Using the Example of EUSES. *ESPR - Environ. Sci. & Pollut. Res.* 5, 217-222, 1998.
- Schwartz, S.; Berding, V.; Matthies, M.: Umweltexpositionsabschätzung des polycyclischen Moschusduftstoffes HHCB - Szenarienanalyse mit EUSES. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 4, 7-11, 1999.
- Schwarze, R., Drewlow, F., Dröge, W., Beblík, A., Grünwald, U. (2000): Wasser- und Stickstoffhaushalt im Festgesteinseinzugsgebiet der Elbe. In: Mitteilung der Bundesanstalt für Gewässerkunde/ Projektgruppe Elbe-Ökologie Nr. 6: Statusseminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 96-100.
- Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH: Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen (RIVA), Zwischenbericht für den Projektzeitraum 9/97 bis 5/99, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig, 1999.
- Trejtnar, K. (1993): Vliv provozu na tocích a řízení vodohospodářských soustav na jakost vody (Einfluss des Verkehrs auf Flüsse und der Führung des wasserwirtschaftlichen Systems auf die Gewässergüte). *Povodí Labe a.s. Hradec Králové*, 132 S.
- Universität Karlsruhe: Fachtagung Elbe, Dynamik und Interaktion von Fluss und Aue, 4. bis 7. Mai 1999, Wittenberge, Universität Karlsruhe.
- Verbeek, M.; Post, H.; Pouwels, I.H.M.; Wind, H.G.: Policy analysis for strategic choices in integrated water management. In: *Water science and technology*, 34 (12), 16-24, 1996. ISSN: 0273-1223
- Wagner, J.-O.; Matthies, M.: Guidelines for Selection and Application of Fate and Exposure Models. *ESPR Environ. Sci. & Pollut.Res.* 3(1), 47-51, 1996.
- Walker, D.; Johnson, A.: A toolkit-based approach to developing decision support systems for integrated catchment management.
- Walker, D.; Johnson, A.: Delivering flexible decision support for environmental management: a case study in integrated catchment management. In: *Australian Journal of Environmental Management*, Vol. 3, September 1996, S. 174-188
- Wechsung, F.; Krysanova, V.; Flechsig, W.; Shaphoff, S. (2000) May land use change reduce the water deficiency problem caused by reduced brown coal mining in the state of Brandenburg? *Landscape and Urban Planning* (accepted).
- Wendland, F.; Kunkel, R. (1999): Der Landschaftswasserhaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil) *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 43, H.5, 226 - 233.
- Wessel, J.; Wind, H.G.; Mostert, E.: Paradigms in water management. Delft University of Technology: RBA Centre. Research report nr. 11, 1999. UNESCO, Paris.
- White R.; Engelen G., 1997 Cellular Automata as the Basis of Integrated Dynamic Regional Modelling. *Environment and Planning B*, Vol.24, S.235-246
- Wind, H.G.: Impact of sea level rise on society. Hrsg. H.G. Wind, 1987. Rotterdam: Balkema publishers. (S. 192ff) ISBN 90-6191-7867
- Wind H.G.; Peerbolte, E.B.J.: Sea level rise, assessing the problems. In: *Proceedings International Workshop on Climate Change, Sea-level, Severe Tropical Storms and Associated Impacts* (S. 297-309). Norwich, 1990
- Wind, H.G., Peerbolte, E.B.J.: Sea level rise: assessing the problems. In Warrick, A. (ed). *Climate and sea level change: observations, projections and implications*. (S. 297-310). Cambridge: Cambridge University Press, 1993. ISBN 0 521 39516 x
- Wind, H.G.; de Blois, C.J.; Kok, M.; Green, C.: Model integration: an analysis of best practices in Europe. In: Penning-Rowsell (Hrsg.) *Improving Flood Hazard Management Across Europe* (S. 4.1-4.16). Middlesex (UK), 1996. ISBN 1-85924-086-0
- Wind, H.G.; de Kok, J.L.: Rapid assessment mode for coastal-zone management. *Bordomer '97. Aménagement et protection de l'environnement littoral. Tome 2. Actes du colloque. IFREMER (28-29 Octobre 1997)*, Bordeaux, France
- Wind, H.G.; Nierop, T.M.; de Kok, J.L.: Flood damage modelling: analysis of the 1993 and 1995 Meuse floods. In: "Water Resources Research", 1997
- Wind, H.G.; Reijngoud, T.T.; Engelen, G.; Keizers, N.: Decision support systems for river management, based on experience with WadBOS. *International Conference "River Basin Management – Challenge to Research"*, 8.-9. Juni 1999, Magdeburg
- Wind, H.G.; Verbeek, M.; Nieuwkamer, R.L.J.; de Blois, C.J.; de Kok, J.L.: An approach to consistent and efficient system building for decision support in water management. *Proceedings 3rd International Conference on Hydrosience and Engineering* (S. 15), 31.8.-3.9.1998, Cottbus
- Zentrum für Meeres- und Klimaforschung (ZMK): Ökologische Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Elbe- ELbeFische (ELFI), BMBF Projekt 0339578, Sachstandsbericht 1.3.97-31.1.1999, Universität Hamburg, Zentrum für Meeres- und Klimaforschung (ZMK), Insitut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft Elbelabor, Februar 1999.

8

9 Anhang

Tabelle 11: Übersicht über Vorhaben im Forschungsverbund Elbe-Ökologie

(Stand: Januar 2001). Die Projekte sind thematisch den Teilbereichen "Ökologie der Fließgewässer", "Ökologie der Auen" sowie "Landnutzung im Einzugsgebiet" zugeordnet.

Projektleitung	Projekttitel
Übergeordnete Themen	
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)	Aufbau eines WWW-basierten Informationssystems für das Forschungsprogramm "Elbe-Ökologie" des BMBF (ELISE)
Technische Universität Berlin	Monetäre Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft Elbe
Ökologie der Fließgewässer	
Universität Karlsruhe	Morphodynamik der Elbe
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)	Untersuchung der Auswirkung von Maßnahmen im Elbevorland auf die Strömungssituation und die Flussmorphologie am Beispiel der Erosionsstrecke und der Rückdeichungsbereiche zwischen Wittenberge und Lenzen
Universität Hamburg	Ökologische Zusammenhänge zwischen Fischgemeinschafts- und Lebensraumstrukturen der Elbe
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ)	Untersuchungen zum Wanderverhalten von Fischen im Bereich von Staustufen großer Ströme am Beispiel des Elbewehres Geesthacht
TU Darmstadt	Auswirkungen von Buhnen auf semiterrestrische Flächen
Universität Hamburg	Struktur und Dynamik der pelagischen, benthischen und aggregatassoziierten Biozöosen, ihrer Wechselwirkungen und Stoffflüsse
TU Dresden	Bedeutung der Biofilme im Interstitial der Elbe für die Stoffdynamik, die Sohlpermeabilität und die Nährstoffelimination
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)	Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)	Bedeutung der Stillwasserzonen und des Interstitials für die Nährstoffelimination in der Elbe
Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)	Bedeutung flussmorphologischer Strukturelemente für partikuläre Stoffaustausch- und -umsetzungsprozesse sowie für die Sedimentfauna der Elbe
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ)	Stofftransport und -umsatz in Buhnenfeldern der Elbe

Tabelle 11 (Fortsetzung)

Projektleitung	Projekttitle
Ökologie der Auen	
Landesanstalt für Großschutzgebiete (LAGS)	Möglichkeiten und Grenzen der Auenregeneration und Auenwaldentwicklung am Beispiel von Naturschutzprojekten an der Unteren Mittelbe (Brandenburg)
Thüringer Landesanstalt für Umwelt (TLU)	Revitalisierung der Unstrutau (Thüringen)
Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA)	Leitbilder des Naturschutzes und deren Umsetzung mit der Landwirtschaft - Ziele, Instrumente und Kosten einer umweltschonenden und nachhaltigen Landnutzung in den niedersächsischen Elbtalauen
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ)	Übertragung und Weiterentwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen
TU Braunschweig	Ökologische Indizes zur Bewertung von dynamischen Habitaten als Lebensraum für ausgewählte Carabidenarten im Elbauenbereich
Landesamt für Umweltschutz (LAU) Sachsen-Anhalt, Halle	Retentionsflächenrückgewinnung und Altauenreaktivierung an der Mittelbe im Bereich Sandau und im Bereich Rogätz (Sachsen-Anhalt)
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)	Entwicklung von dauerhaft-umweltgerechten Landbewirtschaftungsverfahren im sächsischen Einzugsgebiet der Elbe
TU Dresden	Forstliches und ökologisch begründetes Konzept zur naturnahen Bewirtschaftung, Renaturierung und Vermehrung von Elbe-Auenwäldern (Auenwaldökologie)
Universität Halle	Integration von Schutz und Nutzung im Biosphärenreservat Mittlere Elbe – westlicher Teil – durch abgestimmte Entwicklung von Naturschutz, Tourismus und Landwirtschaft
Landnutzung im Einzugsgebiet	
Forschungszentrum Jülich (FZJ)	Gebietsumfassende Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassergüte zur naturräumlichen Klassifizierung und Leitbildentwicklung im Elbe-Einzugsgebiet
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)	Auswirkungen der Landnutzung auf den Wasser- und Stoffhaushalt der Elbe und ihres Einzugsgebietes
TU Dresden	Potentielle Auswirkungen von Umweltveränderungen auf das Fließweg- und -zeitverhalten verschiedener Abflusskomponenten und den daran gekoppelten flächennutzungsabhängigen Stickstoffaustrag aus Festgesteinseinzugsgebieten der Elbe
Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V.	Wasser- und Stoffrückhalt im Tiefland des Elbeeinzugsgebietes
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ)	Gebietswasserhaushalt und Stoffhaushalt in der Lössregion des Elbegebietes als Grundlage für die Durchsetzung einer nachhaltigen Landnutzung

Tabelle 12: Im Forschungsverbund verfügbare oder in Entwicklung befindliche Modelle und Daten

Forschungsinstitut/ Teilprojekt	Forschungsgegenstand/ Modellbeschreibung (MODELL-NAME)	Wesentliche Eingangsdaten	Wesentliche Ausgabedaten	Unter- suchungs- gebiet	Anwen- dungs- bereich
				(Elbe-km)	(Elbe-km)
RIVA-UFZ Halle	Grundwasserbewegung, 2D Finite Elemente	Fluss-Wasserstand, Transmissivitäten	Grundwasserstand	283-285.5 241.8-243.6	
IfW- TU Darmstadt	Grundwasserbewegung, Austausch mit Ober- flächenabfluss 2D, quasi 3D (H0150)	Porositäten Transmissivitäten	Grundwasserstand	476-485	
RIVA-BFG Koblenz	Auen-Lebensräume 1D statistische Analyse	Grundwasserstand und -qualität Diverse Lebens- raumbedingungen	Arten und -reichtum	283-285 242-243 417-418	
RIVA-BFG Koblenz	Multivariate statistische Evaluationsmethoden, Ökologische Modelle, Modelle zu den Lebensraum-/ Biotop- vorlieben (GLM)	<i>Biotische Daten:</i> Vegetation, Weich- tiere, Spinnen und Käfer <i>Abiotische Daten:</i> Physio-chemische Bodendaten und hydrologische Parameter	Reaktion von Indikator-Arten Belastbare, Indikationssysteme	213-285 242-243 417-418	
UFZ Leipzig-Halle	Wasserbilanzen, Diffuse Quellen (REPRO, ABIMO, CANDY)		P, N	Löss region	
Uni Hamburg	Stationäres, 2D Fischhabitat modell	Wassertiefe, Fließ- geschwindigkeit, Substrate, Über- flutungsdauer und -häufigkeit	Arten und -reichtum (Über-)lebens- strategien	418-425	325-489
TU Berlin	Zahlungsbereitschafts- studien für ökologische Verbesserungen	Beschreibung möglicher Verbesserungen	DM / ha	Gesamte Elbe	Gesamte Elbe
Uni Karlsruhe	1D - 2D Hydrologie und Morphodynamik	Niederschlag, Abfluss	Wasserstand, Sedimenttransport- menge und -geschwindigkeit		Elbe
Uni Karlsruhe	Grundwasserbewegung	Grundwasserstand, Infiltrationsraten	Grundwasserstand	340-350	
Uni Karlsruhe	1D Überflutungshöhe	Abfluss	Überflutungshöhe	0-536	
Uni Karlsruhe	Hydrologie	Niederschlag			
BAW Karlsruhe	Hydraulik, Schifffahrt, Deiche/Buhnen, Ufer/ Sohlenerosion (1D-2D-Modelle)	Abfluss, Quer- profile, Korn- größen, h(Q,x)	Wasserstand, Sohlhöhe	120-236 438-495	
TU Darmstadt	Auswirkungen der Hydraulik auf Ökologie und Schifffahrt (2D)	Buhnenform, Abfluss, Morphologie	Fließgeschwindig- keit, Wassertiefe		
LAGS Rühstadt	Auenwälder/ Deichrückverlegung				
RWTH Aachen	(2D-instationär)	Wasserstand, Fließgeschwindig- keit, Geländemodell	Vorhersage der Überflutungshöhe	341-351 411-422	

Tabelle 12 (Fortsetzung)

Forschungsinstitut/ Teilprojekt	Forschungsgegenstand/ Modellbeschreibung (MODELL-NAME)	Wesentliche Eingangsdaten	Wesentliche Ausgabedaten	Unter- suchungs- gebiet (Elbe-km)	Anwen- dungs- bereich (Elbe-km)
NNA Schneverdingen	Leitbilder für ökologische Qualität von Boden, Wasser und Organismen			Untere Mittel-Elbe- Niederung (bei Hamb.)	
TLU Jena	Einfluss der Landwirt- schaft auf Auenökologie, Kosten-Nutzen- Analysen	Landwirtschaftliche Praktiken	N, P, Fracht, Biodiversität	Unstrut	
NLÖ Hildesheim	Einfluss von Schleusen auf die Fischwanderung (Funküberwachung)			570-590	
TU Dresden	Nährstoffabfluss (quasi 3D)	Bodeneigenschaf- ten, Landnutzung, N, C Frachten	Bodenfeuchte, N, C Frachten	Chemnitz, Zwickau ca. km 100	Einzugs- gebiet
BfG Berlin	Niederschlag - Abfluss (2D-stochastisch ABIMO)	Niederschlag, Verdunstung, Landnutzung, Bodenarten	Abfluss	Bei km 150	Elbe
TU Freiberg	Bodenerosion (EROSION 2D/3D)	Relief, Vegetation, Bodeneigenschaften	Erosion	Bei km 50	Elbe
Uni München	Abfluss und Transport (3D-Modell ASGi)	Bodenarten, Land- nutzung, Nieder- schlag, Temperatur	Abfluss	Bei km 150	Elbe
BTU Cottbus	Agro-Ökosystemmodell; auf Basis von meso-M (MINERVA)	Landnutzung, Bo- deneigenschaften, Bewuchs	Ablauf von Wasser und N	Bei km 50	Einzugs- gebiet
TU Dresden IfM	N-Umschlag (AkWa-M) und Grundwasser (SLOWCOMP)	Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit	Ablauf von Wasser und N	Bei km 50	Einzugs- gebiet
IGB Berlin	Landnutzung bzgl. N, P, Sedimentfracht (MONERIS)	Landnutzung, Niederschlag	N, P Fracht	Einzugs- gebiet	-
ZALF Müncheberg	Nitrat-Dynamik in Boden-Pflanze- Systemen (HERMES)	Grundwasserstand, Niederschlag, Bodenarten und -bewirtschaftung, Düngung, Klima- daten	Nitratfracht	bei Berlin, Torgau, Dresden, km 75, km 150	Regionale Verallge- meinerung
BfG Berlin	Sedimenttransport (1D)	Schubspannung, Fließgeschwindig- keit, Korngröße, Sedimentkonzent- ration	N-Gleichgewicht, Agroindikation, Kosten-Nutzen	2.6-536	
Uni Halle	Einfluss Landwirtschaft auf Abfluss (REPRO) Kosten-Nutzen-Analyse	Landwirtschaftliche Praxis		Einzugs- gebiet	-
UFZ Leipzig-Halle	CN- und Wasser- dynamik (CANDY)	Bodenparameter, Agrotechnische Methoden		Parthegebiet	
BfG Berlin	Einfluss von Buhnen auf die Ökologie (Macrozoobenthos, Fische, Vegetation)	Buhnenform, -länge und -winkel, Seich- tigkeit, Habiata- struktur, Vegetation	Biomasse, Käfer, Macrozoobenthos Fischreichtum Biotopstruktur	km 450 (Witten- berge)	Mittlere Elbe
Uni Tübingen	Oberflächenabfluss	Bodenarten, Niederschlag, Grundwasserstand, Bodenfeuchtigkeit	Bodenfeuchtigkeit	km 265	Generelle Anwend- barkeit

Tabelle 12 (Fortsetzung)

Forschungsinstitut/ Teilprojekt	Forschungsgegenstand/ Modellbeschreibung (MODELL-NAME)	Wesentliche Eingangsdaten	Wesentliche Ausgabedaten	Unter- suchungs- gebiet (Elbe-km)	Anwen- dungs- bereich (Elbe-km)
TU Dresden IfAM	Grundwasserbewegung (2D-Lösung der Laplace-DGL)	Grundwasserstand, Überflutungshöhe, In/ Exfiltration	Grundwasserstands- dynamik	km 265	Abhängig von Modell- voraussetz.
TU Dresden IffF	Wachstumsszenarien für Bäume, Wasserbilanzen	Wachstumsparamet er, Baumtypen, Licht, Höhe, Feuchtigkeit	Entscheidungs- modell	km 264 km 255	Nur lokale Gültigkeit
TU Dresden IfWF	Ökologie der Auenwälder, Wiederaufforstung	Wachstumsparamet er, Baumtypen, Licht, Höhe, Holz- preise etc.	Entscheidungs- modell	km 264	Nur lokale Gültigkeit
TU Braunschweig	Käferwachstumsdynamik	Geländehöhe, Temperatur, Lebensparameter	Eignung	Dornwerder bei Sandau	
PIK Potsdam	Integriertes Boden- und Wassermodell (SWIM; 2,5D)	Geländeform, Niederschlag, Evapotranspiration	Abfluss, N/P- Filterung, Sedimentablauf	10 Einzugs- gebiete	Einzugs- gebiet
	Hydrologisches Einzugsgebietsmodell (ARC ECMO, quasi 2D)	Bodentypen, Landnutzung, klimatische Daten	Landnutzung, Oberflächenabfluss		Einzugs- gebiet
	N, P Filterung im Boden (FUZNIL; 1D)	Boden/ Frucht, Dünger, Evapotranspiration	N/P Fracht über eine Bodensäule	Einzugs- gebiet	Einzugs- gebiet
FZ Jülich	Einfluss von Hydrologie + Landnutzung auf den Abfluss (WEKU; 2D)	Hydrologie, Landnutzung	Abfluss	Einzugs- gebiet	Einzugs- gebiet
	Grundwasser (GROWA98; 2D)	Hydrogeologische Daten	Grundwasser- bewegung	120 Teilein- zugsgebiete	Einzugs- gebiet
Uni Bremen IFOE	Habitatmodell für Käfer/ Vögel	Vegetation, Abio- tische parameter	Habitattypen	km 474-568	
ARUM Hannover	Qualitative Leitbilder		Leitbild	-	
Uni Lüneburg	Entscheidungsmatrix für Umwelteinflüsse		Indikatoren	-	
BfG	Hydraulik, Wasserquali- tät für die Tschechische Elbe (QSIM; 1D)	Algenzustrom, Hydraulik	Algenzustrom in den Deutschen Bereich	km 0-260 (in Tschechien)	
ELBE 2000	Wasserqualität	Sediment, Schwer- metalle, P, N, C, pH, Diverse	Wasserqualität	-370 (CS) - +757	

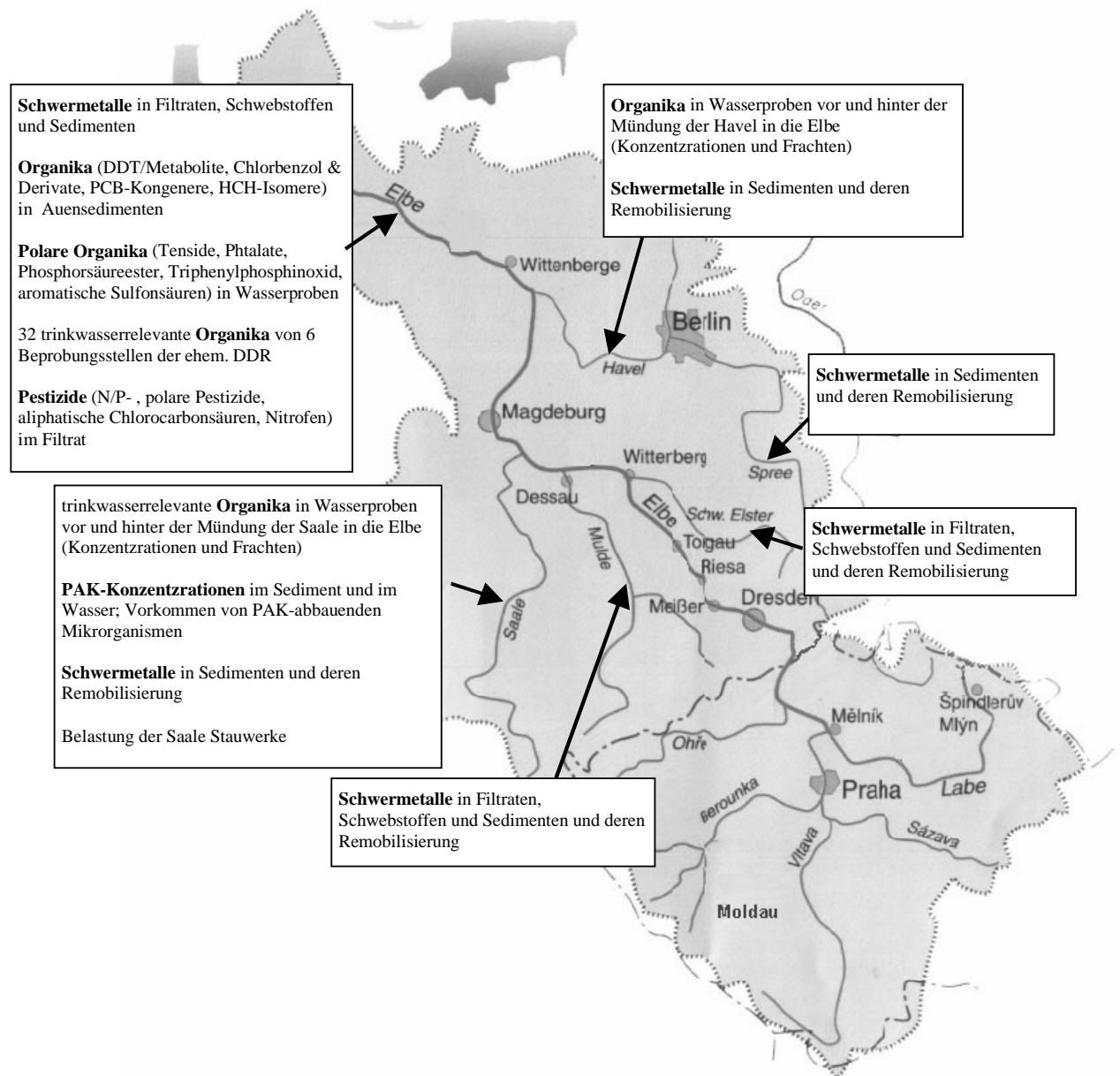


Abbildung 12: Daten des Leitprojektes „Elbe 2000“

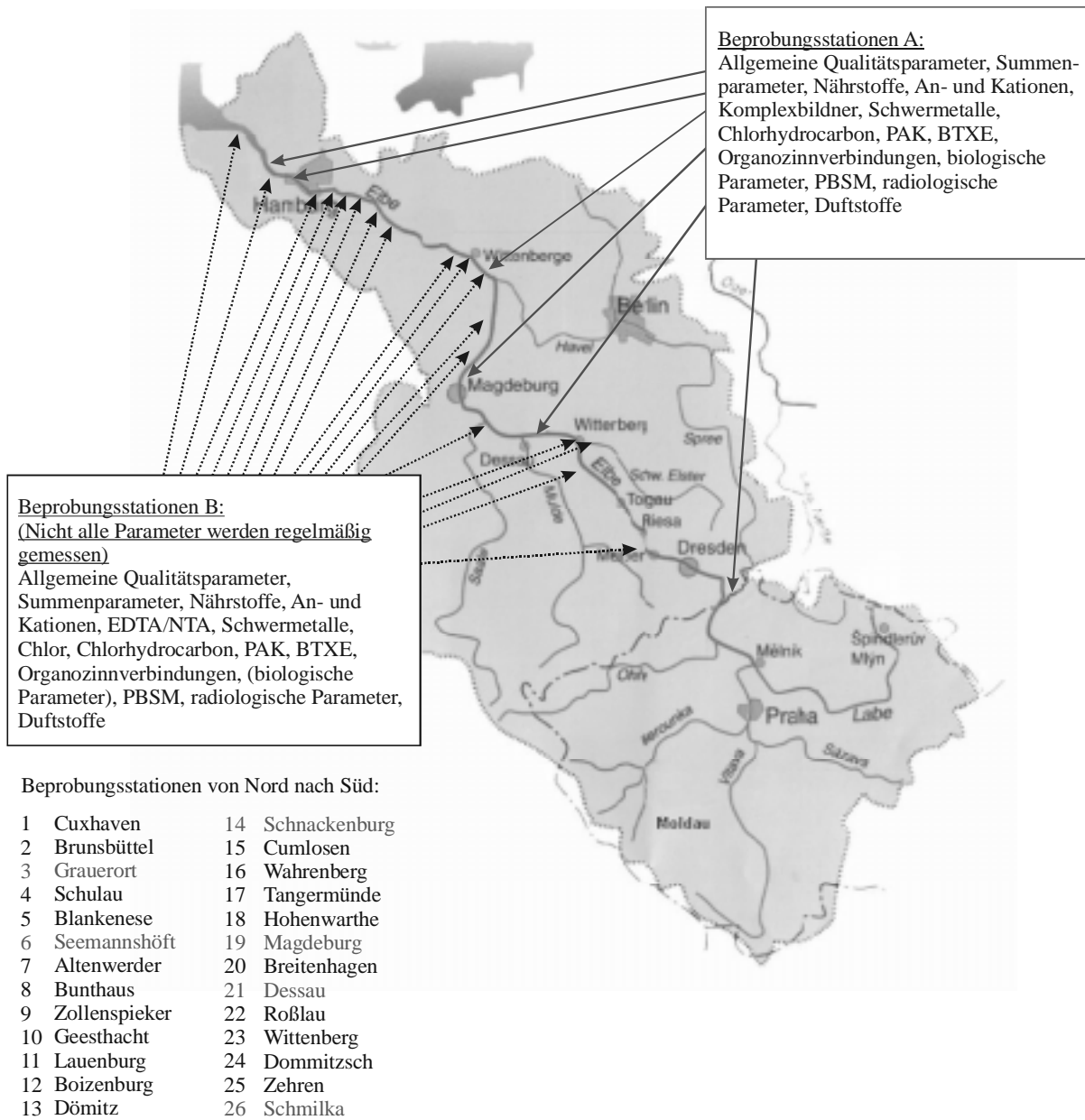


Abbildung 13: Messprogramm der ARGE Elbe

In der Reihe Mitteilungen der BfG/Projektgruppe Elbe-Ökologie sind bisher erschienen und können über das Internet <http://elise.bafg.de/?1817> herunter geladen *oder* bestellt werden über die

Projektgruppe Elbe-Ökologie,
Bundesanstalt für Gewässerkunde,
Schnellerstr. 140,
12439 Berlin

Telefon: 030 / 63986-438; Fax: -439, E-mail: PG-ELBE@bafg.de

- Mitteilung 1:* „Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe - Katalog über ökologische Daten, DV-Strukturen und Modelle“, einschließlich Schlagwortregister, 394 S., (vergriffen, nur über <http://elise.bafg.de> (Publikationen) erhältlich).
- Mitteilung 2:* Umwelt-/Sozio-Ökonomie im Forschungsprogramm Elbe-Ökologie - Dokumentation des Fachgesprächs. Auch erhältlich als Schriftenreihe des IÖW 126/97, ISBN 3-932092-25-2.
- Mitteilung 3:* BfG/Projektgruppe Elbe-Ökologie (Hrsg.)
Darstellung und Bewertung von mesoskaligen Stickstoffmodellen - Studie für den Forschungsverbund Elbe-Ökologie.
- Mitteilung 4:* Bestandsanalyse und Erstbewertung der verfügbaren Unterlagen zur Grundwasser-/Auenproblematik – Studie für den Forschungsverbund Elbe-Ökologie.
- Mitteilung 5:* Ökonomische Bewertung ökologischer Leistungen – Studie für den Forschungsverbund Elbe-Ökologie.
- Mitteilung 6:* Statusseminar Elbe-Ökologie, Tagungsband.
- Mitteilung 7:* Kiesabbau in Auen am Beispiel der Elbe (KABE) - Grundlagen zur Einschätzung großräumiger ökologischer Auswirkungen.
- Mitteilung 8:* Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines Decision Support Systems (DSS) – Zusammenfassung des im Auftrag der BfG erstellten Berichts „Towards a Generic Tool for River Basin Management - Feasibility Study –“

Weiterhin sind erhältlich:

Ökologische Forschung in der Stromlandschaft Elbe (Elbe-Ökologie) - Forschungskonzeption des BMBF, 71 S, Projektgruppe Elbe-Ökologie, siehe Internet: <http://elise.bafg.de/?2229> .

„*Ecological Research in the Elbe Catchment Area (Elbe Ecology)*“ - englische Fassung der Forschungskonzeption des BMBF einschließlich ACRONYMS AND ABBREVIATIONS; GLOSSARY; 67 S., Projektgruppe Elbe-Ökologie.

„*Ekologicky Vyzkum V Poricni Krajine Labe (Ekologie Labe)*“ - tschechische Kurzfassung der Forschungskonzeption des BMBF, 41 S., Projektgruppe Elbe-Ökologie.

Informationssystem über eine Flusslandschaft - Informationen über ELISE

BMBF/BEO

Projektinformation 1/98 „Ökologische Forschung“