

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.

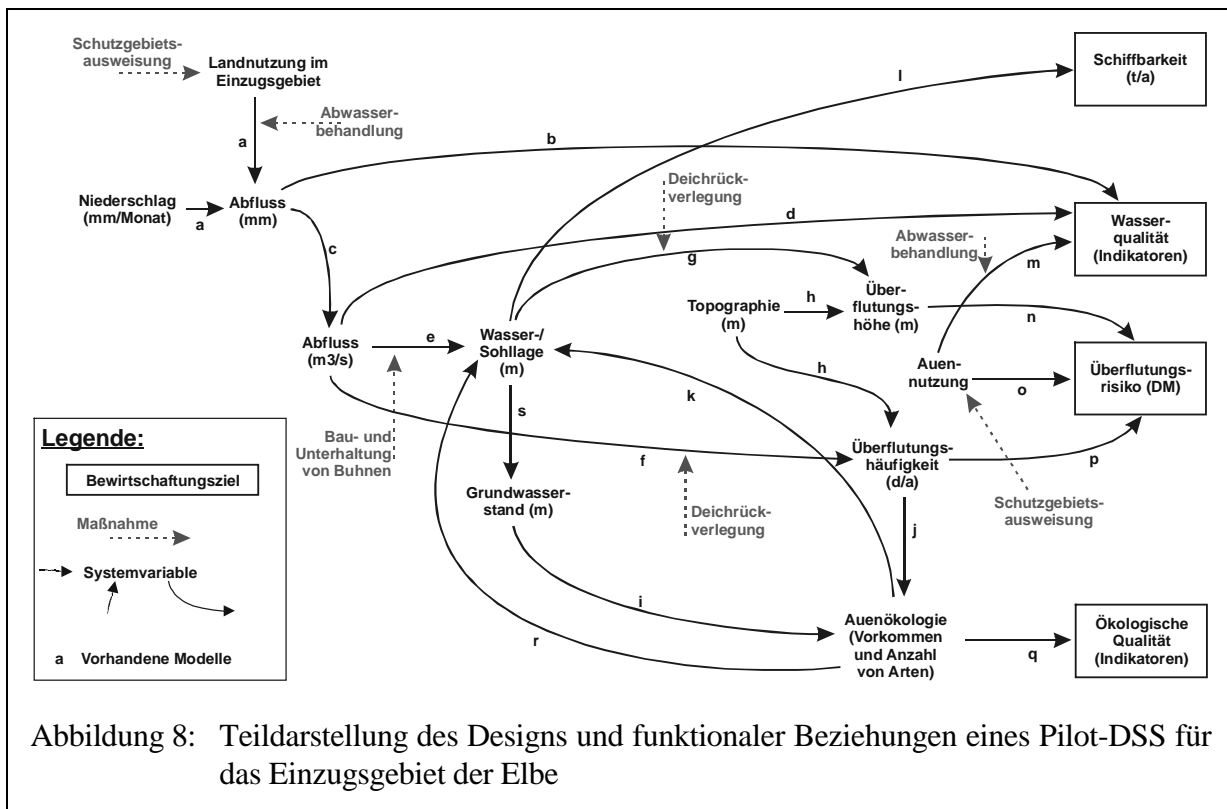


Abbildung 8: Teildarstellung des Designs und funktionaler Beziehungen eines Pilot-DSS für das Einzugsgebiet der Elbe

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 Fließgewässer 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- Wittenberg	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.

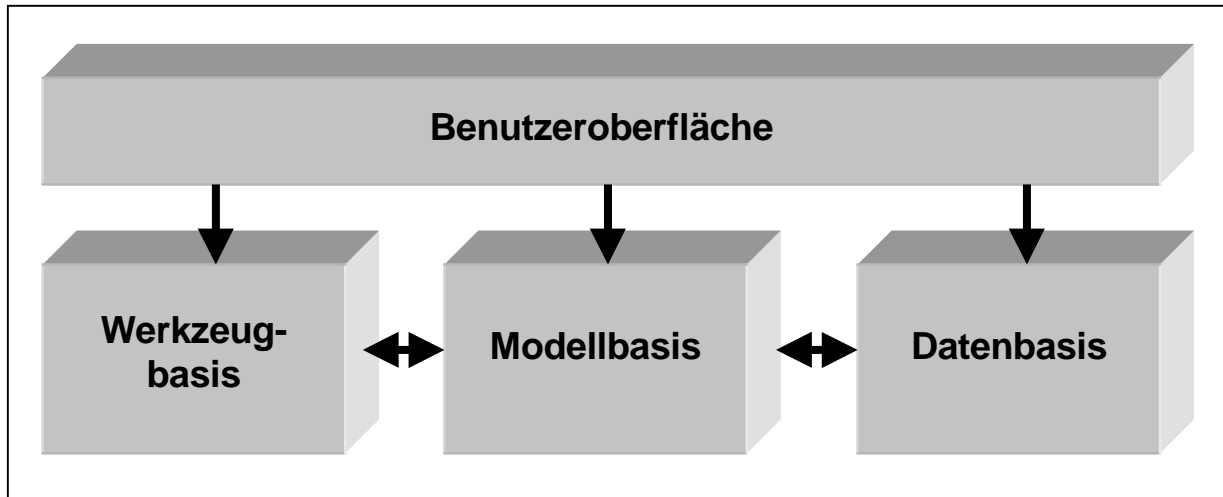


Abbildung 9: Funktionale Komponenten eines DSS

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.

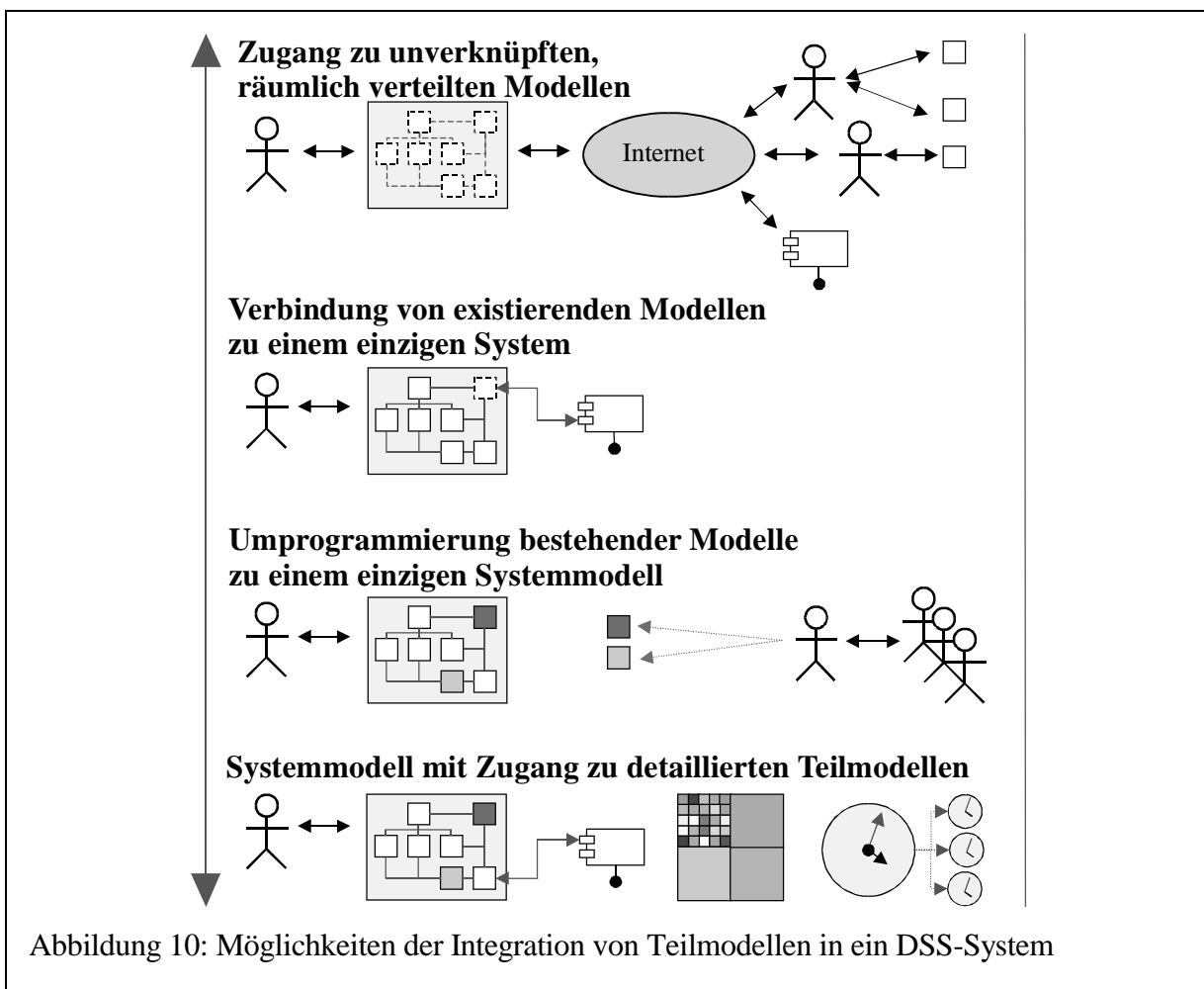


Tabelle 10: Kriterien und Bewertung von DSS-Systemarchitekturen

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.