

Teilprojekt 6 – WASY

Teil I (Kurze Darstellung zu ?)

I.1 Aufgabenstellung

Gegenstand von GLOWA-Elbe II waren Analysen zur regionalen Ausprägung des globalen Wandels im Elbegebiet und die Erarbeitung von Handlungsstrategien zum Oberflächenwassermanagement in der Region unter den Bedingungen des globalen Wandels. Neben der konsequenten gesamtelbischen Betrachtung waren insbesondere Extremereignisse im Niedrigwasserbereich zu untersuchen.

Im Vorhaben III lag der Focus auf Konflikten und deren Bewältigung, die sich aus Veränderungen der Wasserverfügbarkeit und von Wassernutzungen infolge des globalen Wandels ergeben. Dafür war ein Bewirtschaftungsmodell WBalMo GLOWA Elbe zu schaffen, das eine raum-zeitlich differenzierte Analyse der hydrologischen/wasserwirtschaftlichen Aspekte und Probleme des Wasserressourcenmanagements im gesamten Einzugsgebiet der Elbe ermöglicht. In das Modell waren Funktionen zur szenarioabhängigen Berechnung der Wassernachfrage sowie zur nichtmonetär wasserwirtschaftlichen sowie monetär ökonomischen Bewertung der Bedarfsdeckung zu integrieren.

Das hier dokumentierte Teilprojekt 6 der WASY GmbH war wesentlicher Bestandteil des genannten Vorhabens III.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die in diesem Vorhaben verwendeten und modifizierten Methoden und Instrumente der Wasserbewirtschaftung gehen auf umfangreiche Arbeiten im Forschungsbereich „Wasserbewirtschaftung“ im damaligen Institut für Wasserwirtschaft (IfW) Berlin zurück. Mit Prof. Dr. Kaden war einer der fachlichen Träger dieser Arbeiten im Teilprojekt vertreten. Die Entwicklung der darauf basierenden Simulationssoftware sowie ihre Erweiterung um methodische Aspekte wurden bei der WASY GmbH weitergeführt (Modellsystem ArcGRM[®]) und mündeten in die Version WBalMo[®] 3.0, die im Teilprojekt 6 zum Einsatz kam (vgl. KADEN, REDETSKY, 2000). Nachfolgend wird grundsätzlich die Modellbezeichnung WBalMo (im Projektantrag noch ArcGRM) verwendet, sofern nicht auf alte ArcGRM-Programmversionen Bezug genommen wird.

Durch die WASY GmbH wurde eine Vielzahl, auch komplexer Projekte zur wasserwirtschaftlichen Planung unter Nutzung der Simulationssoftware WBalMo durchgeführt. Ein Schwerpunkt bilden die Untersuchungen im Zusammenhang mit den Problemen des Sanierungsbergbaus einschließlich der Steuerung der Flutung (z. B. DORNIER et al. 1993, SCHRAMM 1994, KADEN u. a. 1995, SCHRAMM u. a. 2001, DYDYSKI et al. 2002).

Die WASY GmbH war durch ihre Mitarbeit in GLOWA Elbe, Phase 1, mit den Fragestellungen des globalen Wandels und der Anwendung der Methoden und Instrumente der langfristigen wasserwirtschaftlichen Planung vertraut. Hier wurde ihre Szenariofähigkeit hinsichtlich der Rahmenbedingungen von Klima und Ökonomie sowie der Umsetzung von Handlungsalternativen des Wasserressourcenmanagements nachgewiesen. Einzelheiten dazu enthält KALTOFEN et al., 2004.

[®] ArcGRM und WBalMo sind eingetragene Warenzeichen der WASY GmbH.

Neben den genannten fachlichen Voraussetzungen war die enge Zusammenarbeit mit allen Partnern im Projektverbund die wesentliche Grundlage für die erfolgreiche Durchführung des Projektes.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Teilprojekt 6 war in folgende Teilaufgaben untergliedert:

- (1) Strukturierung des Bewirtschaftungsmodells für das Elbeinzugsgebiet
- (2) Erweiterung der Simulationssoftware
- (3) Teilmodelle des WBalMo Elbe
- (4) Gesamtmodell WBalMo Elbe
- (5) Ableitung und Analyse von Handlungsstrategien
- (6) Bewertung der konfliktbereichsspezifischen Optionen

Jede der Teilaufgaben war nochmals in Arbeitspakete unterteilt, die wesentliche inhaltliche Aspekte enthalten. Sie dienten zur Strukturierung des detaillierten zeitlichen Ablaufs des Teilprojekts und ermöglichten die Darstellung der Abhängigkeiten der Arbeitspakete des Teilprojekts untereinander aber auch mit denen anderer Teilprojekte des Verbundes.

Demnach waren die Vorarbeiten zum Aufbau des Modells WBalMo GLOWA Elbe innerhalb von 6 Monaten nach Projektbeginn abzuschließen. Im gleichen Zeitraum wurde die Simulationssoftware bereits so erweitert, dass in den darauffolgenden zwei Quartalen der Aufbau der Modelle der Teil- und Feuchtgebiete erfolgen konnte. Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der BTU (Module Tschechien) und dem ZALF (Module für Feuchtgebiete). In dieser Zeit wurde die Erweiterung der Simulationssoftware abgeschlossen. Darauf aufbauend konnten die Teilmodelle mit den ökonomischen Funktionen zum Gesamtmodell integriert werden. Das fertige Modell ermöglichte die iterative Konfliktanalyse und -bewertung einschließlich geänderter Handlungsstrategien des Wasserressourcenmanagements im gesamten Elbeinzugsgebiet.

Der dargestellte Ablauf der Teilaufgaben und Arbeitspakete war durch Meilensteine fixiert. Im Laufe des Vorhabens konnten diese Meilensteine grundsätzlich eingehalten werden, wenn auch zeitliche Verschiebungen untereinander aufgetreten sind. Hier sind insbesondere die Datenbeschaffung für die Vorarbeiten bei den Wasserbehörden der Länder, Tschechiens sowie der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und die komplexe Abstimmung der Struktur und Daten des hydrologischen Modells SWIM und des wasserwirtschaftlichen Modells WBalMo zu nennen. Durch Vorziehen anderer Arbeitspakete und die teilgebietsweise Abarbeitung der Teilaufgaben konnten Verzögerungen insgesamt vermieden werden.

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Der modellgestützten Bewirtschaftung des Oberflächenwassers kommt für großräumige wasserwirtschaftliche Planungsaufgaben in Flussgebieten aufgrund der hohen räumlichen und zeitlichen Komplexität und Variabilität des Wasserdargebots, des Wasserbedarfs und der Wasserbewirtschaftung eine zentrale Bedeutung zu. Darüber hinaus erfordert die Analyse der Risiken der Wassernutzung:

- die lage- und zeitgerechte Berücksichtigung der Wechselwirkungen des Wasserdargebots mit den variablen Wasserbedarfsgrößen unterschiedlicher Priorität und der Bewirtschaftung der Speicher, Überleitungen usw.,
- die Betrachtung kontinuierlicher Durchflussreihen, um das gesamte Spektrum von Wasserdargebotssituationen und ihre Aufeinanderfolge zu erfassen,
- die Einbeziehung der Unsicherheit bei der Prognose des zukünftigen Wasserdargebotes unter dem Aspekt des Planungscharakters dieser Analysen, die sich im Allgemeinen über mehrere Jahrzehnte erstrecken.

Diese Forderungen setzt die Methodik der stochastischen Bewirtschaftungsmodellierung um, indem sie die Bewirtschaftungsmodellierung in folgende Elemente aufteilt (Abb. 1):

- die stochastische Simulation der Systeminputs (Niederschläge, natürliche Abflüsse u. a.),
- eine deterministische Nachbildung der Wassernutzungen im Flussgebiet unter Beachtung von Rangfolgeeregeln,
- eine Registrierung interessierender Systemzustände (Speicherfüllungen, Abflüsse an bestimmten Gewässerprofilen im Vergleich zu Mindestabflüssen, Defizite bei der Wasserbereitstellung, wasserverfügbarkeitsbezogene monetäre Bewertungsfunktionen u. a.),
- eine statistische Analyse der registrierten Systemzustände als Grundlage einer Bewertung der jeweils untersuchten Bewirtschaftungsvariante.

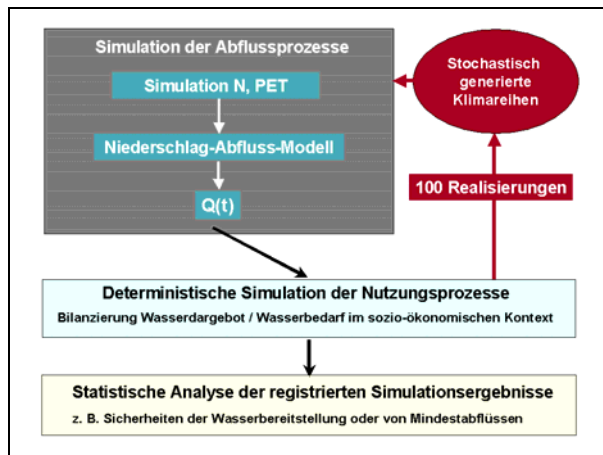


Abb. 1: Methodik der stochastischen Bewirtschaftungsmodellierung

Diese von der WASY GmbH maßgeblich entwickelte und umgesetzte Methodik ist in der Simulationssoftware WBalMo umgesetzt. Die möglichen Einsatzgebiete sowie die methodischen Erweiterungen kommen in folgenden Beispielen zum Ausdruck:

- langfristige wasserwirtschaftliche Planung in Flussgebieten (vgl. SCHRAMM 1995),
- Umsetzung von Langfriststrategien in Modelle zur kurzfristigen Steuerung (vgl. DYDYSKI et al. 2002),
- Untersuchung der Steuerung bei Hochwasser im Rahmen der Langfristsimulation (vgl. THIELE & SCHRAMM 1997),
- Untersuchung von Auswirkungen des globalen Wandels auf die Wasserverfügbarkeit (vgl. KALTOFEN et al. 2004),
- Erweiterung um den Wassernutzer „Feuchtgebiete“ (vgl. SCHRAMM et al. 2001),
- Verknüpfung der Wassermengenbewirtschaftung mit der Wasserbeschaffenheit in Gewässern (vgl. KÖNGETER et al. 2003).

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Bearbeitung erfolgte im Rahmen des Verbundvorhabens „Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbeeinzugsgebiet – Risiken und Optionen“ (GLOWA-Elbe II). Das Verbundvorhaben war in aufgabenspezifische Vorhaben (I bis V) und an Institutionen gebundene Teilprojekte strukturiert. Eine Zusammenarbeit erfolgte sowohl zwischen den Bearbeitern der Vorhaben als auch innerhalb der Vorhaben (in Teilprojekten). Ein Gesamtüberblick hierzu ist im Bericht des PIK (Projektkoordinator) zu Teilprojekt 1 gegeben.

Das Vorhaben III wurde unter Federführung der WASY GmbH (Teilprojekt 6) insbesondere in enger Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus (Teilprojekt 7), dem ZALF e.V. (Unter-auftragnehmer in Teilprojekt 7) sowie der BfG (Teilprojekt 9) bearbeitet,

Teil II

II.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse des Teilprojektes 6 ist im Abschlussbericht des Verbundvorhabens (Beitrag: Modellierung der Wasserverfügbarkeit im Elbeinzugsgebiet und Auswirkungen des Globalen Wandels im deutschen Teilgebiet, Michael Kaltofen, Martina Hentschel, Stefan Kaden) gegeben. Nachfolgend folgt die Gegenüberstellung der erzielten Ergebnisse und der vorgegebenen Ziele gemäß Projektantrag anhand der Teilaufgaben und Arbeitspakete des Teilprojekts 6 der WASY GmbH.

Strukturierung des Bewirtschaftungsmodells für das Elbeinzugsgebiet (Arbeitspaket III.1)

Das Gesamtgebiet der Elbe wurde so untergliedert, dass für jeden bedeutenden Nebenfluss und in Einzelfällen auch für große Niedermoore ein separates WBalMo-Modul erstellt werden konnte (Abb. 2).

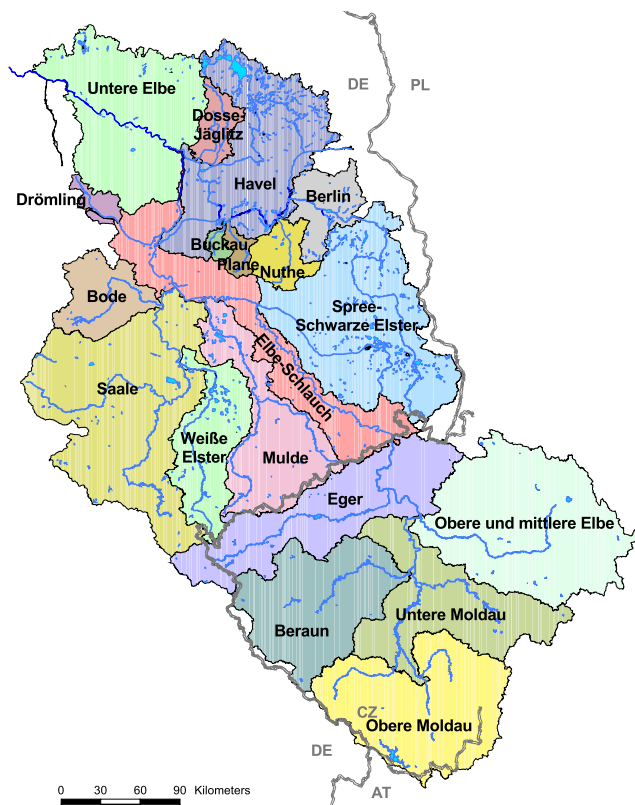


Abb. 2 Gliederung des WBalMo GLOWA Elbe in WBalMo-Module für Teilgebiete

Die Simulationssoftware WBalMo erlaubt es, diese Module sowohl als einzelne Modelle als auch im Verbund des WBalMo GLOWA Elbe zu nutzen, ohne dass besondere Vorkehrungen durch den Nutzer erforderlich sind.

Innerhalb der Teilmodule (-modelle) wurde eine detaillierte Struktur in weiteren hydrologischen Teileinzugsgebiete abgeleitet. Sie ergab sich einerseits aus der Lage der Wassernutzungen an den Gewässern und andererseits aus der Notwendigkeit, dass die Teilgebietsstruktur des WBalMo mit der des SWIM (ökohydrologisches Modell zur Simulation der Abflüsse, Vorhaben II, Teilprojekt 1) konsistent ist, damit die von SWIM simulierten Abflüsse eindeutig Teilgebieten des WBalMo zuzuordnen sind. Die Teilgebietsstruktur der einzelnen WBalMo-Module musste mindestens so detailliert sein, dass an den Querschnitt-

ten der Gewässer, an denen Wassernutzungen stattfinden, das natürliche Dargebot mit ausreichender Genauigkeit bereitgestellt werden kann. Dazu wurden zunächst alle Nutzungen erfasst und Gewässerquerschnitten, im WBalMo Bilanzprofile genannt, zugeordnet. Die den Bilanzprofilen zugehörigen hydrologischen Einzugsgebiete wurden dann so zusammengefasst, dass die sich ergebenden Teilgebiete hydrologisch ausreichend homogen waren. Damit ist innerhalb der Teilgebiete eine Aufteilung des mit SWIM simulierten Abflusses über die Flächenanteile der Bilanzprofile möglich.

Weitere Aspekte der Konsistenz der hydrologischen Gliederung zwischen WBalMo und SWIM war die synchrone Berücksichtigung der Entwicklung der Grundwasserabsenkung in Tagebaugebieten sowie die Bilanzierung der Verdunstung und des Niederschlages auf den Niedermoorflächen sowie auf bedeutenden Wasserflächen, die in den WBalMo- bzw. den zugehörigen WABI-Modellen (vgl. Bericht des ZALF im Bericht zu Teilprojekt 7) vorgenommen wird.

Erweiterung der Simulationssoftware und problemspezifische Module (Arbeitspaket III.2)

Um die gleichzeitige gekoppelte Simulation einzelner WBalMo-Modelle in einem geschlossenen Gesamtmodell zu ermöglichen, wurden gemäß Plan entsprechende Erweiterungen der Simulationssoftware WBalMo vorgenommen. Diese umfassen insbesondere:

- Initialisierung eines WBalMo-Modells vom aufrufenden Modell aus,
- Austausch von Daten mit dem aufgerufenen Modell,
- Wechsel in das Arbeitsverzeichnis des aufgerufenen Modells,
- Schließen des aufgerufenen Modells.

Weiterhin wurde WBalMo so erweitert, dass für die Berücksichtigung der Laufzeit des Wassers entlang der Elbe nun jedem Bilanzprofil eine Laufzeit relativ zu einem Bezugsprofil zugeordnet werden kann. Alle Dargebots- und Nutzungsdaten werden vor Beginn, die Ergebnisdaten am Schluss der Simulationsrechnung mit Hilfe dieser Angaben synchronisiert.

Für die Einbindung der ökonomischen Bedarfs- und Bewertungsfunktionen wurde die Möglichkeit geschaffen, beliebige Routinen aus externen Bibliotheken zu initialisieren und zu starten.

Eine Simulationsrechnung benötigt gegenwärtig ca. 6 Stunden. Um diese Zeit zu verringern, wurde die Option geschaffen, einen speziellen Compiler für die Erstellung des lauffähigen WBalMo-Modells zu nutzen, der die Parallelisierung von Programmabläufen ermöglicht.

Für die Bewirtschaftung nach Menge und Güte der Niedermoore sowie die Bedarfs- und Bewertungsfunktionen wurden spezifische Module entwickelt. Für die Niedermoore wurde dazu eine konsequente Trennung von Daten und Modell realisiert. Somit konnte der Programm-Code zentral für alle WBalMo-Module bereitgestellt werden. Die Bedarfs- und Bewertungsfunktionen wurden in eine externe Windows-DLL-Bibliothek verlagert. Sie kann ebenfalls zentral genutzt werden. Die Routinen selbst wurden entsprechend den Vorgaben der kooperierenden Teilprojekte/Vorhaben erstellt.

Schließlich wurde die Simulationssoftware WBalMo um eine Exportschnittstelle für die enthaltenen Wassernutzer erweitert. Damit konnten die Daten der Wassernutzer so exportiert werden, dass sie für den Abgleich mit den erhobenen Daten und die Entwicklung der Teilmodelle Bedarf bzw. Bewertung mit geringem Aufwand eingesetzt werden konnten.

Teilmodelle des WBalMo GLOWA Elbe (Arbeitspaket III.3)

Die Erstellung der Teilmodelle ging von der für GLOWA-Elbe II maßgeblichen hydrologischen Struktur des Elbeeinzugsgebiets aus, die durch Hinzufügen der Bilanzprofile ergänzt wurde. Mit diesen Bilanzprofilen wurden die Wassernutzungen verknüpft. Sie umfassen vor allem Wasserentnahmen der Industrie und Landwirtschaft einschließlich der Binnenfischerei, zur Trinkwassergewinnung und Tagebauseeflutung, kommunale und industrielle Direkteinleitungen sowie Wassernutzungen zur Stromerzeugung einschließlich in Kleinkraftwerken (Wasserkraftanlagen). Dazu kommt die Bewirtschaftung der Wasserressourcen durch Talsperren, Speicher, Überleitungen und durch Pumpwerke vor allem für die Schifffahrt. Diese Daten konnten natürlich nicht „vor Ort“ erhoben werden. Sie wurden direkt von den Wasserbehörden sowie von der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (im Rahmen der B-Berichte zur europäischen Wasserrahmenrichtlinie erfasste signifikante Entnahmen und Einleitungen) bereitgestellt. Diese Daten sind für jeden Koordinierungsraum (mehrere Flussgebiete) von den Wasserbehörden homogen erfasst worden. Zwischen den Koordinierungsräumen sind Unterschiede hinsichtlich der Erfassung von Wasserrechten bzw. mittleren Nutzungsdaten bestimmter Zeiträume sowie ihrer Aktualität festzustellen. Gleiches trifft für die in bereits bei Projektbeginn vorliegenden WBalMo-Modulen vorhandenen Daten zu. Eine Homogenisierung der Daten konnte aus Aufwands- und Zeitgründen nicht vorgenommen werden. In diesem Zusammenhang ist aber zu beachten, dass für einen bedeutenden Teil der Wasserentnahmen und Durchflussforderungen Bedarfsfunktionen wirksam werden, die Werte entsprechend der regionalen Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung und der Umweltorientierung sektoraler Politiken vorgeben.

Für Tschechien konnten umfangreiche Daten auf der Grundlage einer Kooperationsvereinbarung mit den tschechischen Wasserbehörden erfasst und auf dieser Basis WBalMo-Module aufgebaut werden (Federführung BTU Cottbus, Teilprojekt 7), deren Datenqualität und -quantität den WBalMo-Modulen des deutschen Elbeeinzugsgebietes gleichwertig sind. Die Bewirtschaftung der Niedermoore wird durch das WABI-Modell erfasst, indem den bewirtschafteten Flächen Zielwasserstände zugeordnet werden. Der Abgleich mit den unter Berücksichtigung von Niederschlag und Verdunstung berechneten Grundwasserständen führt zur Entwässerung der Flächen oder zu einem Zusatzwasserbedarf, der mit dem WBalMo bilanziert wird.

Gesamtmodell WBalMo Elbe (Arbeitspaket III.4)

Um die online- und offline-Kopplung der Teilmodelle zum Gesamtmodell zu realisieren, wurden folgende Routinen erarbeitet:

- Organisation des Aufrufens der Module,
- Organisation des Datenaustausches,
- Steuerung der Ergebnisausgabe separat für wasserwirtschaftliche und sozioökonomische Module.

Diese Vorgaben können zentral vom Elbeschlauch-Modell aus vorgegeben werden. Die realisierte Kopplung ermöglicht auch die offline-Simulation für einzelne oder für Gruppen von Teilgebieten.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Aufbau und die Struktur des WBalMo GLOWA Elbe und die erfassten Wassernutzungen.

Tab. 1 Anzahl der Modellobjekte in den Modulen des WBalMo Elbe

WBalMo Modul	BP	HG	TG (einschl. HG)	SB	DYN	N	FG
Elbe – Hauptfluss	62	23	40	2	20	99	

WBalMo Modul	BP	HG	TG (einschl. HG)	SB	DYN	N	FG
Eger (CR)	96	29	77	16	37	218	
Unter Moldau (CR)	33	13	33	9	13	36	
Obere Moldau (CR)	28	14	26	5	14	42	
Berounka (CR)	31	14	30	8	11	41	
Obere/Mittlere Elbe (CR)	91	32	70	14	19	185	
Spree/Schwarze Elster	170	52	132	15	101	340	x
Spreewald	168	13	24	0	64	132	x
Mulde	198	47	88	15	40	313	
Saale	47	7	37	5	21	176	
Bode	35	8	18	6	20	60	
Weißer Elster	59	17	39	9	17	86	
Drömling	72	16	32	0	23	89	x
Havel	191	32	97	3	40	194	x
Rhin	149	9	26	5	44	122	x
Berlin	56	12	29	0	34	146	x
Nuthe	70	11	25	0	22	88	x
Buckau	25	9	11	0	17	27	x
Plane	42	7	12	0	22	49	x
Großer Havelländischer Hauptkanal	44	7	19	0	19	45	x
Dosse-Jäglitz	61	12	26	2	28	63	x
Untere Elbe	189	50	84	0	31	168	x
Summe	1917	434	975	114	657	2719	

Abkürzungen:

BP: Bilanzprofile

HG: Hydrologische Teilgebiete

TG: Teilgebiete (einschließlich hydrologischer Teilgebiete)

SB: Speicherbecken

DYN: DYN-Elemente

N: Nutzer

FG: Modul mit integrierten Feuchtgebieten

Ableitung und Analyse von Handlungsstrategien (Arbeitspaket III.5)

Mit dem nun fertigen Modell wurden verschiedene Entwicklungsrahmen (vgl. Berichte zu Vorhaben II) und Handlungsalternativen untersucht und mit Daten zum Dargebot und zu den Wassernutzungen spezifiziert. Diese Daten wurden durch vorgeschaltete Modelle an das WBalMo GLOWA Elbe übergeben. Im Einzelnen bezieht dabei der Entwicklungsrahmen den Klimawandel, die regionale Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung und die Umweltorientierung sektoraler Politiken ein. Sie umfassen:

- Globalisierung oder Differenzierung mit unveränderter oder verstärkter Umweltorientierung,

- Klimawandel mit 100 Realisierungen, 25 feuchten oder trockenen Realisierungen.

Die Handlungsalternativen für das Handlungsfeld Wassermengenmanagement betrafen (Abkürzung in Klammern):

- aktuelle Bewirtschaftungsplanung (*MBasis*),
- Überleitung von Elbewasser zur Spree/Schwarzen Elster (*MElbeSpree*),
- Überleitung von Oderwasser zur Malxe im Spreegebiet (*MOderBB*)
- Überleitung von Oderwasser über den Oder-Spree-Kanal nach Berlin (*MOderBln*),
- Änderung der Nutzung im Feuchtgebiet in Richtung Extensivierung mit verbessertem Wasserrückhalt (*MExtF*),

Ausgewählte und untersuchte Handlungsalternativen werden nachfolgend kurz beschrieben:

Elbewasserüberleitung in Einzugsgebiete der Spree und Schwarzen Elster (*MElbeSpree*)

- Die maximale Überleitung beträgt 3 m³/s ab Januar 2013 bei einer Nutzungsdauer von 40 Jahren. Die Überleitungstrasse beginnt bei Riesa und ist ca. 72 km lang. Mindestabflüsse der Schifffahrt in der Elbe werden beachtet. Das übergeleitete Wasser wird vorrangig für die Flutung / Nachsorge des Speichersystems Lohsa II verwendet, weiterhin für die Lausitzer Seenkette.

Oderwasserüberleitung in das Einzugsgebiet der Spree (*MOderBB*)

- Die maximale Überleitung beträgt 2 m³/s ab Januar 2013 bei einer Nutzungsdauer von 40 Jahren. Die Überleitungstrasse beginnt nahe Ratzdorf bei Riesa und ist ca. 41 km lang. Die Einleitung erfolgt bei Peitz in die Malxe. Für die Verfügbarkeit von Oderwasser werden keine Einschränkungen angenommen. Das übergeleitete Wasser wird vorrangig für den Spreewald genutzt.

Oderwasserüberleitung über den Oder-Spree-Kanal nach Berlin (*MOderBln*)

- Die Entnahme erfolgt durch ein Pumpwerk in Eisenhüttenstadt ab 2013 mit 3 m³/s und ab 2033 6 m³/s. Die Überleitung von maximal 6 m³/s ab 2033 macht bauliche Veränderungen, z. B. an Brücken, notwendig. Für die Verfügbarkeit von Oderwasser werden keine Einschränkungen angenommen.

Die Analyse der Handlungsstrategien erfolgte jeweils für einen Planungshorizont von 50 Jahren auf der Basis der nachstehend beschriebenen Indikatoren. Die erhaltenen Ergebnisse und deren Bewertung sind nachfolgend zusammengefasst dargestellt (weitere Details s. Abschlussbericht des Verbundvorhabens).

Der Umfang der Wassernutzungen im Elbegebiet (vgl. Teil II, Tab. 1) stellte für die wasserwirtschaftliche Bewertung von Wasserverfügbarkeitskonflikten eine Herausforderung dar. Einerseits soll es möglich sein, nutzungsbezogene Fragestellungen zu untersuchen. Andererseits sind flussgebiets- oder auf Nutzergruppen wie Industrie oder Kommunen bezogene Auswertungen sinnvoll. Einen weiteren Aspekt stellen die Szenarioanalysen in GLOWA Elbe dar. Um an dieser Stelle exemplarisch das entwickelte Vorgehen zu zeigen, werden zu Beginn verschiedene Szenarien verglichen, die sich in folgenden Aspekten unterscheiden:

- Klimaentwicklung (**STAR T2i**: 100 Realisierungen, **STAR T2f**: 25 feuchte Realisierungen, **STAR T2t**: 25 trockene Realisierungen),
- Regionale Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung sowie Umweltorientierung sektoraler Politiken (**A1⁰**: Globalisierung mit unveränderter Umweltorientierung, **B2⁺**: Regionalisierung mit verstärkter Umweltorientierung),
- Handlungsalternativen (*MElbeSpree*, *MOderBB*, *MOderBln*, *MExtF*, *MExtF+ModerBB*)

Der Szenarienvergleich wurde für folgende Ergebnisse vorgenommen:

- Elbelängsschnitt, in dem sich die Wirkungen in den Teilgebieten summieren,

- einzelne Wasserentnehmer und Gewässerquerschnitte, die für diese Detailanalysen überwiegend exemplarisch ausgewählt wurden oder Bezüge zu den Handlungsalternativen aufweisen.

Einzelheiten zu Lage und Bezeichnung sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

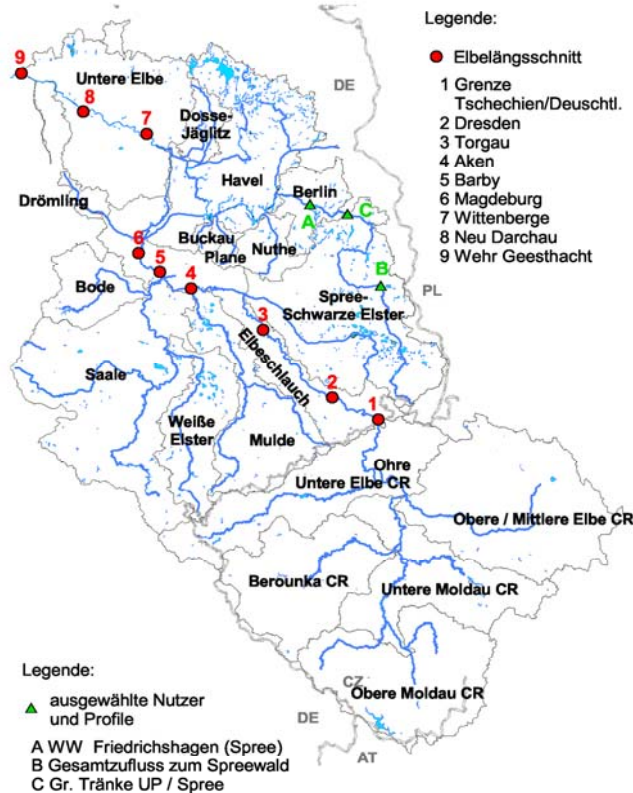


Abb. 3 Lage und Bezeichnung von Wasserentnehmern und Gewässerquerschnitten

Für Aussagen zu den Wasserverfügbarkeitskonflikten auf Flussgebietesebene oder für bestimmte Nutzergruppen wurden die Indikatoren

- Nutzungskonflikt und
- Verschärfung des Nutzungskonflikts durch geänderte Entwicklungsrahmen oder Handlungsalternativen

analysiert und in einer Matrix der Flussgebiete und Nutzergruppen zusammengefasst. In einer weiteren Matrix wurden die Nutzungskonflikte ohne Unterscheidung zwischen den Szenarien ausgewertet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der drei Szenarien *MBasis A1⁰ STAR T2*, *MBasis A1⁰ STAR T2t* und *MBasis A1⁰ STAR T2f* für die **mittleren Abflüsse im Elbelängsschnitt** bezüglich der beiden Planungshorizonte 2010 (Abbildung 4) und 2050 (Abbildung 5) vorgestellt. Für die Darstellung der Abflussentwicklung wurde als zeitlicher Bezug der August, als Beispiel für einen abflussarmen Monat, ausgewählt. Die mittleren Augustabflüsse im Elbelängsschnitt wurden wiederum im Vergleich zu den Mindestabflüssen für die Schifffahrt (GIQ89) dargestellt.

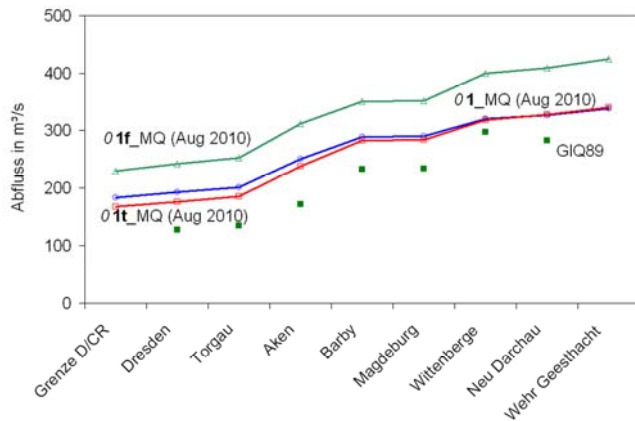


Abb. 4 Mittlere Augustabflüsse im Elbelängsschnitt (Planungshorizont 2010) für die Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2 (01)***, ***MBasis A1⁰ STAR T2f (01f)*** und ***MBasis A1⁰ STAR T2t (01t)*** im Vergleich zu den Mindestabflüssen für die Schifffahrt (GIQ89)

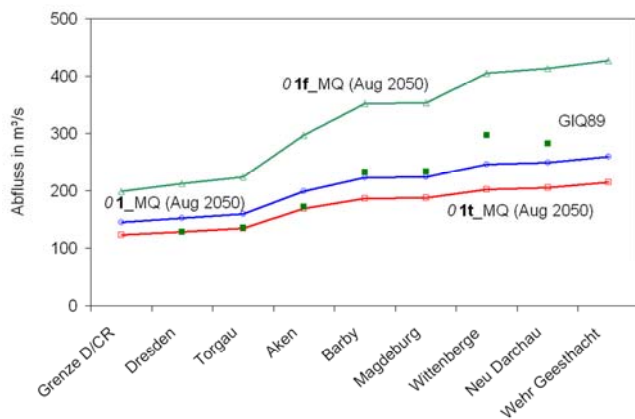


Abb. 5 Mittlere Augustabflüsse im Elbelängsschnitt (Planungshorizont 2050) für die Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2 (01)***, ***MBasis A1⁰ STAR T2f (01f)*** und ***MBasis A1⁰ STAR T2t (01t)*** im Vergleich zu den Mindestabflüssen für die Schifffahrt (GIQ89)

Betrachtet man die Entwicklung der mittleren Augustabflüsse, fällt auf, dass unter den Bedingungen der Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2*** und ***MBasis A1⁰ STAR T2t*** der Abflussrückgang vom Planungshorizont 2010 zum Planungshorizont 2050 gravierend ist, vor allem unterhalb Aken. Unter den Bedingungen des Szenarios ***MBasis A1⁰ STAR T2f*** ist der Abflussrückgang hingegen geringfügig.

Die Auswertung der Abflüsse bei Mittelwasserverhältnissen für August zeigt demzufolge, dass von 2010 bis 2050 für die Elbe auf deutschem Gebiet

- beim Szenario ***MBasis A1⁰ STAR T2*** mit einem mittleren Abflussrückgang um ca. 60 m³/s (entspricht ca. 20 %),
- beim Szenario ***MBasis A1⁰ STAR T2f*** mit einem mittleren Abflussrückgang um ca. 10 m³/s (entspricht ca. 4 %) und
- beim Szenario ***MBasis A1⁰ STAR T2t*** mit einem mittleren Abflussrückgang um ca. 85 m³/s (entspricht ca. 30 %)

gerechnet werden muss.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass für den Zeithorizont 2010 unter den Bedingungen aller drei untersuchten Szenarien der Wasserbedarf für die Schifffahrt im August bei Mittelwasserverhältnissen gedeckt werden kann. Bis 2050 verringern sich die mittleren Augustabflüsse unter den Annahmen der Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2*** und ***MBasis A1⁰ STAR T2t*** allerdings so stark, dass der Wasserbedarf für die Schifffahrt, vor allem unterhalb Aken, nicht mehr voll gedeckt werden kann.

Neben den Mittelwasserverhältnissen wurde die Entwicklung der Abflüsse des Elbelängs-schnitts bei **ausgeprägten (Wiederkehrintervall $T = 20$ a) und extremen (Wiederkehrintervall $T = 100$ a) Niedrigwasserverhältnissen** analysiert. Details enthält der Abschlussbericht. Dabei zeigt sich, dass die ausgeprägten Niedrigwasserabflüsse ($T = 20$ a) für 2010 in der Größenordnung der mittleren Augustabflüsse für 2050 liegen.

Neben den Auswirkungen des angesetzten Klimawandels auf die Entwicklung der Abflüsse im Zeitraum 2010 bis 2050 wurden die Auswirkungen auf die **Bedarfsdeckung des Wasserbedarfs von Einzelnutzern** für die Planungshorizonte 2010 und 2050 analysiert. Dazu wurde die relative Bedarfsdeckung (tatsächliche Entnahme bezogen auf den Entnahmebedarf in Prozent) im August untersucht und unter folgenden Kriterien für 2010 und 2050 beurteilt:

- mittlere relative Bedarfsdeckung (Mittel),
- bei ausgeprägter Wasserknappheit: relative Bedarfsdeckung mit einer Sicherheit von 95 % oder einem Wiederkehrintervall von 20 a ($T = 20$ a),
- bei extremer Wasserknappheit: relative Bedarfsdeckung mit einer Sicherheit von 99 % oder einem Wiederkehrintervall von 100 a ($T = 100$ a).

Zur weiteren Einschätzung möglicher Wassernutzungskonflikte wurden neben den Ergebnissen des Szenarios ***MBasis A1⁰ STAR T2*** auch die Ergebnisse unter ***MBasis A1⁰ STAR T2t*** und ***MBasis A1⁰ STAR T2f*** ausgewertet. Anhand eines exemplarischen Nutzers sind die Ergebnisse nachfolgend dargestellt. Die Abbildungen 8 und 9 zeigen die relativen Bedarfsdeckungen für das Wasserwerk Friedrichshagen (Spreefassungen) für 2010 und 2050.

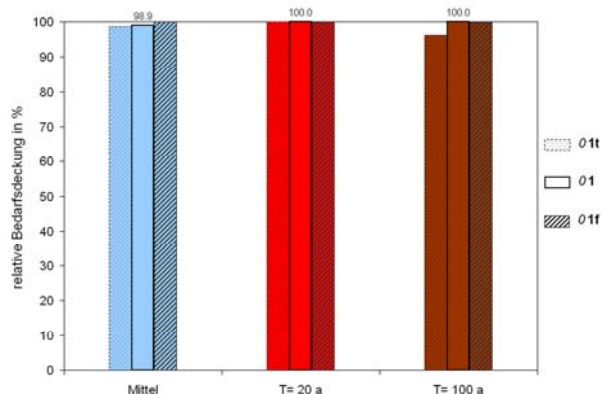


Abb. 8 Relative Bedarfsdeckung für das Wasserwerk Friedrichshagen (Spree) (mittlerer Bedarf: 0,697 m³/s) im August (Planungshorizont 2010) für die Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2 (01)***, ***MBasis A1⁰ STAR T2f (01f)*** und ***MBasis A1⁰ STAR T2t (01t)***

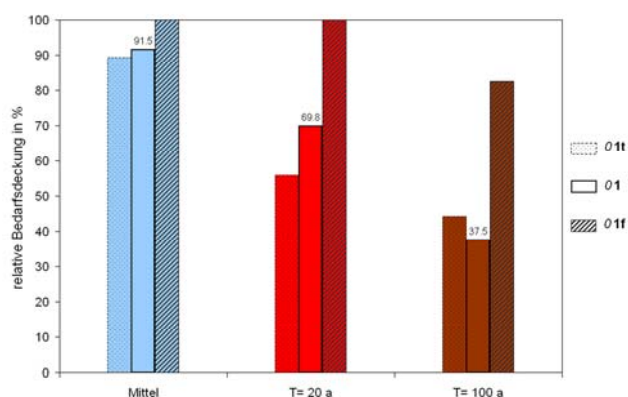


Abb. 9 Relative Bedarfsdeckung für das Wasserwerk Friedrichshagen (Spree) (mittlerer Bedarf: 0,696 m³/s) im August (Planungshorizont 2050) für die Szenarien *MBasis A1⁰ STAR T2 (01)*, *MBasis A1⁰ STAR T2f (01f)* und *MBasis A1⁰ STAR T2t (01t)*

Die Analyse der relativen Bedarfsdeckung für das Wasserwerk Friedrichshagen zeigte, dass 2010 nur mit geringfügigen Nutzungskonflikten zu rechnen ist. Für den Planungshorizont 2050 verändert sich die Situation hinsichtlich der Bedarfsdeckung. Der Bedarf des Wasserwerkes verringert sich dabei nur unwesentlich. Unter den angesetzten Bedingungen von *MBasis A1⁰ STAR T2* beträgt dann für den Planungshorizont 2050 die mittlere relative Bedarfsdeckung im August noch reichlich 90 %. Bei ausgeprägter Wasserknappheit (T = 20 a) kann noch mit einer relativen Bedarfsdeckung von knapp 70 %, bei extremer Wasserknappheit (T = 100 a) nur noch mit einer relativen Bedarfsdeckung von knapp 38 % gerechnet werden. Unter dem angenommenen Klimawandel des Szenarios *MBasis A1⁰ STAR T2f* kann 2050 auch noch bei ausgeprägter Wasserknappheit (T = 20 a) von einer hundertprozentigen Bedarfsdeckung ausgegangen werden. Unter den Bedingungen des Szenarios *MBasis A1⁰ STAR T2t* verschlechtert sich, mit Ausnahme der Bedingung extremer Wasserknappheit, die relative Bedarfsdeckung.

In vergleichbarer Weise wurden ebenfalls die Auswirkungen unterschiedlicher Umweltorientierung sektoraler Politiken (hier der Braunkohlebergbau) analysiert. Dabei wurde besonders das Gebiet der Spree betrachtet. Details dazu enthält der Abschlussbericht.

Bewertung der konfliktbereichsspezifischen Optionen (Arbeitspaket III.6)

Ein wesentliches Arbeitsziel dieser Teilaufgabe bestand in der Ableitung von Indikatoren für die Bewertung der Szenarien und Handlungsalternativen. Dabei wird von der Bewertung von Wasserbewirtschaftungsstrategien in der Regel erwartet, dass sie auch für Wassermangelverhältnisse belastbare Planungsgrundlagen zur Verfügung stellt. Diese Aufgabe lösen stochastische Langfristbewirtschaftungsmodelle, indem hohe Sicherheiten der Wasserversorgung in Wassermangelmonaten im Mittelpunkt der Wirkungsanalyse stehen. Daher wurden Indikatoren wie Durchflüsse oder Bedarfsdeckung für den Monat August und für große Überschreitungswahrscheinlichkeiten berechnet, wie 80 oder 99 %. Ihnen lassen sich Wiederkehrintervalle der Unterschreitung der berechneten Werte zuordnen, wie sie in der Hydrologie gebräuchlich sind (80 % entspricht einem Wiederkehrintervall der Unterschreitung T von 5 Jahren, 99 % entspricht T = 100 a). Da die Berechnung von Mittelwerten in der Hydrologie für hydrologische Hauptwerte breite Anwendung findet, wurden auch sie als Indikatoren verwendet.

Häufig weisen die Wassernutzungen über den gesamten Planungshorizont von 50 Jahren veränderliche Werte auf oder dies ist der Fall, wenn der Bedarfswert durch eine ökonomische Funktion berechnet wird. Um diese Variabilität zu berücksichtigen, wurde die Entnahme (als absoluter Werte der Bedarfsdeckung) mit dem jeweiligen aktuellen Bedarf normiert. Damit wird als Indikator die relative Bedarfsdeckung verwendet. Die relative Bedarfsdeckung wurde für verschiedene Grade der Wasserknappheit (moderat: Wiederkehrintervall T = 5 a, ausgeprägt: Wiederkehrintervall T = 20 a und extrem: Wiederkehrintervall T = 100 a) analysiert.

Die genannten Indikatoren quantifizieren die Wasserverfügbarkeit für einzelne Nutzer. Um diese Analyse auch aggregiert nach Nutzungsgruppen (ökonomischen Sektoren der Wassernutzung) oder Flussgebieten vornehmen zu können, erfolgten einheitliche Festlegungen zu Sicherheiten:

- Quantifizierung des Nutzungskonflikts mittels der Wasserverfügbarkeit bei moderater Wasserknappheit: 80 %-Perzentil der relativen Bedarfsdeckung (Quotient aus Entnahme bzw. Bedarfsdeckung und Bedarf).

Neben diesem einfachen Indikator wurden folgende zusammengesetzte Indikatoren für aggregierte Analysen verwendet:

- Quantifizierung der Verwundbarkeit mittels der Verringerung der Wasserverfügbarkeit zwischen moderater und ausgeprägter Wasserknappheit: Quotient aus dem 80 %-Perzentil und dem 95 %-Perzentil der Entnahmen,
- Quantifizierung des Einflusses der zeitlichen Änderung der Entwicklungsrahmen (z. B. Klima) mittels der Verringerung der Wasserverfügbarkeit bei moderater Wasserknappheit zwischen dem Beginn des Planungszeitraumes und seinem Ende: Quotient aus dem 80 %-Perzentil der Entnahmen für 2010 und 2050.

Für die Aggregation wurde die Anzahl der Nutzer, für die der Indikator über einem bestimmten Schwellenwert liegt, je Nutzergruppe und Flussgebiet gezählt. Ihre Summierung erlaubte den Vergleich des jeweiligen Indikators zwischen Flussgebieten oder Nutzergruppen.

Die durch die Bewertungsfunktionen errechneten Indikatoren dienen zur multikriteriellen Analyse der Szenarien und Handlungsalternativen im Vorhaben V.

Die Auswirkungen unterschiedlicher **Handlungsalternativen** wurden für die Wassernutzungen analysiert, für die die bedeutendsten Effekte auftraten. Zum Beispiel:

- Durchflüsse am Pegel Große Tränke/Spree (Spreezufluss nach Berlin),
- Gesamtzufluss zum Spreewald,
- Abschluss der Flutung der Tagebauseen in der Lausitz.

Exemplarisch sollen hier die Ergebnisse für den Abschluss der Flutung der Tagebauseen dargestellt werden. Für weitere Details wird auf den Abschlussbericht verwiesen.

In Tabelle 2 sind die mittleren und spätesten Termine für den Abschluss der Flutung von ausgewählten Tagebauseen für die Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2***, ***MElbeSpree A1⁰ STAR T2***, ***MOderBB A1⁰ STAR T2*** und ***MBasis B2⁺ STAR T2*** aufgeführt.

Tab. 2 Mittlere und späteste Flutungsendtermine für ausgewählte Tagebauseen für die Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2***, ***MElbeSpree A1⁰ STAR T2***, ***MOderBB A1⁰ STAR T2*** und ***MBasis B2⁺ STAR T2***

Szenario	<i>MBasis A1⁰ STAR T2</i>		<i>MBasis B2⁺ STAR T2</i>		<i>MElbeSpree A1⁰ STAR T2</i>		<i>MOderBB A1⁰ STAR T2</i>	
	mittlerer Termin	spätester Termin	mittlerer Termin	spätester Termin	mittlerer Termin	spätester Termin	mittlerer Termin	spätester Termin
Sedlitzer See	01.2017	08.2021	02.2017	09.2021	02.2015	04.2019	01.2017	09.2021
Ilse See	11.2017	06.2022	11.2017	07.2022	10.2015	11.2019	11.2017	07.2022
Greifenhainer See	11.2020	06.2023	11.2020	06.2023	06.2016	07.2017	11.2020	05.2023
Scheibe See	01.2019	04.2026	01.2019	04.2026	01.2019	01.2025	12.2018	05.2025
Cottbusser See	06.2025	12.2029	06.2025	01.2030	11.2024	03.2029	03.2025	03.2029

Die Differenzen der Flutungsendtermine zwischen den Szenarien ***MBasis A1⁰ STAR T2*** und ***MBasis B2⁺ STAR T2*** sind vernachlässigbar gering. Es zeigt sich, dass alle ausgewählten Tagebauseen von der Elbewasserüberleitung profitieren würden, die Flutungszeiträume verkürzen sich um einige Monate bis mehrere Jahre. Im Szenario ***MOderBB A1⁰ STAR T2*** profitieren lediglich die Tagebauseen Scheibe See und Cottbusser See von der Oderwasserüberleitung, deren Flutungszeiträume verkürzen sich um mehrere Monate.

Neben Auswertungen für Einzelnutzer wurden für das Szenario ***MBasis A1⁰ STAR T2 aggregierte Untersuchungen der Wasserverfügbarkeitskonflikte im deutschen Elbeinzugsgebiet*** durchgeführt. Für diese Betrachtungen wurden die oben beschriebenen Indikatoren angewendet. Die wasserwirtschaftlichen Indikatoren wurden sowohl bezogen auf die Flussgebiete/Module als auch nutzergruppenspezifisch ausgewertet. Im

Folgendes wird die Aggregation der Indikatoren „Nutzungskonflikt“ und „Verschärfung des Nutzungskonflikts“ dargestellt. Details, insbesondere zu den einzelnen Indikatoren, enthält der Abschlussbericht.

Der resultierende Indikator von „Nutzungskonflikt“ und seiner „Verschärfung“ wird berechnet, indem das Maximum der betroffenen Nutzeranzahl ausgewählt wurde. Die aggregierte Betrachtungsweise gibt Anhaltspunkte zur räumlichen und nutzergruppenspezifischen Ausprägtheit der Wasserverfügbarkeitskonflikte. Durch die Berücksichtigung der betroffenen Nutzeranzahl kann auch auf den Ursprung der Ausprägtheit eines der beiden Indikatoren geschlossen werden.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bis auf den Schleusungswasserbedarf alle Nutzergruppen hauptsächlich durch einen Nutzungskonflikt im Betrachtungszeitraum 2010 geprägt sind und die zeitliche Verschärfung der Wasserverfügbarkeitskonflikte von nachrangiger Bedeutung ist.

Besonders ausgeprägt sind die Wasserverfügbarkeitskonflikte auch nach der Aggregation bei der Einhaltung der Mindestabflüsse, der landwirtschaftlichen Bewässerung außerhalb der Niederungsflächen und den Wasserkraftanlagen. Viele Wasserverfügbarkeitskonflikte sind auch bezüglich der Binnenfischerei zu verzeichnen. Räumlich gesehen zeigt sich, dass die Nutzer im mittleren Bergland (Mulde- und Saaleeinzugsgebiet bezüglich Wasserkraftanlagen), im Spree-Schwarze Elster-Gebiet (Binnenfischerei, landwirtschaftliche Bewässerung, Mindestabflüsse), im Haveleinzugsgebiet (Mindestabflüsse, besonders in Nuthe und Plane), im Elbeschlauch (schifffahrtsrelevante Mindestabflüsse) und im Drömling (landwirtschaftliche Bewässerung und Trinkwasserversorgung) durch Wasserknappheit besonders betroffen sind.

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Positionen des zahlenmäßigen Nachweises im Vergleich von Bewilligung (präzisierte Vorkalkulation) und Nachkalkulation nach Abschluss des Vorhabens gegenübergestellt.

	Position	Vorkalkulation in €	Nachkalkulation in €
813	Material	0,00	0,00
823	FE Fremdleistungen	0,00	0,00
837	Personal	491.738,00	494.704,64
838	Reisekosten	9.100,00	9.092,55
847	AfA Investitionen	4.611,00	3.200,00
	Gesamt	505.449,00	506.997,19

Die geplanten Kosten wurden grundsätzlich eingehalten.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Entwicklung des Bewirtschaftungsmodells WBalMo Elbe war eine komplexe, auf die speziellen Belange des Einzugsgebietes der Elbe ausgerichtete Aufgabe. Mit dem entwickelten Gesamtmodell mussten Methoden, Instrumentarien und Ergebnisse verschiedener Vorhaben des Verbundvorhabens integriert und zu einem für die Strategiebildung Oberflächenwasserverfügbarkeit im globalen Wandel nutzbaren Instrumentarium zusammengeführt werden. Mit diesem Instrumentarium waren Handlungsszenarien und -optionen zu untersuchen. Darüber hinaus lag im Teilprojekt 6 die Gesamtverantwortung für das Vorhaben III „Konfliktbereich Oberflächenwasserverfügbarkeit“.

Die hierfür im Teilprojekt 6 geplanten ca. 68 Personenmonate wurden (weitgehend kostenneutral) mit ca. 72 realisierten Personenmonaten um ca. 10 % überschritten. Der geringe personelle Mehraufwand resultierte aus einem überplanmäßigen Aufwand der

Grundlagenermittlung sowie bei der Einbindung und Verifizierung der Ergebnisse der Abflusssimulation (Vorhaben II). Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Zunächst wird ein Nutzen aus der Verwendung der Ergebnisse in Szenarien und Handlungsalternativen in der Bewirtschaftungsplanung für das Elbeinzugsgebiet seitens der verantwortlichen Einrichtungen und Behörden erwartet.

Das entwickelte Modell WBAIMo GLOWA-Elbe wird wesentlicher Bestandteil der im Rahmen des Verbundvorhabens GLOWA-Elbe III zu entwickelnden Elbe-Expert-Toolbox. Diese wird bei der BfG implementiert und für Anwender in Praxis und Forschung nutzbar gemacht.

In Projekten im Auftrag der Länder oder des Bundes wurden bereits Teilergebnisse von GLOWA-Elbe II nutzbar gemacht. Das betrifft:

- Wasserbilanz Naturpark Drömling (Auftrag der Länder Sachsen-Anhalt und Niedersachsen)
- Wasserbilanzierung Unteres Odertal im Rahmen der Erstellung eines Pflege- und Entwicklungsplanes für den Naturpark (Auftrag BfNL).

Dementsprechend wird erwartet, dass auch zukünftig das Gesamtmodell WBAIMo Elbe sowie insbesondere auch detaillierte Teilmodelle für Teileinzugsgebiete als Arbeitsinstrument durch die entsprechenden Wasserwirtschaftsbehörden eingesetzt werden. International liegt der Schwerpunkt auf der Ergebnisverwertung in Projekten zum integrierten Wasserressourcenmanagement und zum globalen Wandel in China.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden aufbereitet und in Fachzeitschriften, Fachtagungen etc. veröffentlicht. Dadurch stehen die Informationen der interessierten Fachwelt zur Verfügung, wodurch sich weitergehende Arbeiten, Forschungsprojekte und sonstige Untersuchungen anknüpfen lassen.

II.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Den Untersuchungen im Rahmen des Verbundvorhabens GLOWA-Elbe II, insbesondere auch im Teilprojekt 6 vergleichbare Entwicklungen und Wasserverfügbarkeitsanalysen wurden nicht bekannt. Neben einer kontinuierlichen Literaturlauswertung bezieht sich diese Aussage auf die Teilnahme an folgenden Tagungen:

- 3rd Biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, Vermont, USA, 9.-13. Juli 2006,
- 3rd International Symposium on Integrated Water Resources Management- Reducing the Vulnerability of Societies Against Water Related Risks at the Basin Scale, 26 – 28 September 2006, Ruhr-Universität Bochum
- 10. Workshop „Großskalige Modellierung“ in Potsdam, 8.-10. Nov. 2006,
- Cohesian-Meeting der DHI-Group, 4.9.-5.9.2007, Kopenhagen,
- Konferenz "Climate Change Impacts in the Czech-German Elbe River Basin", Usti (Tschechische Republik), 5.-6. November 2007,

II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

Folgende Veröffentlichungen sind bereits erfolgt:

- F. F. HATTERMANN, H. GÖMANN, T. CONRADT, M. KALTOFEN, P. KREINS, and F. WECHSUNG (2007): "Impacts of global change on water-related sectors and society in a trans-boundary central European river basin – Part 1: project framework and impacts on agriculture". In: *Advances in Geosciences*, Volume 11, 2007, Large-scale hydrological modelling and the European Union water policies, Editor(s): K.-E. Lindenschmidt, F. Hattermann, and A. Bronstert, Page(s) 85-92. ISSN 1680-7359
-
- T. CONRADT, M. KALTOFEN, M. HENTSCHEL, F. F. HATTERMANN, and F. WECHSUNG (2007): "Impacts of global change on water-related sectors and society in a trans-boundary central European river basin – Part 2: from eco-hydrology to water demand management". In: *Advances in Geosciences*, Volume 11, 2007, Large-scale hydrological modelling and the European Union water policies, Editor(s): K.-E. Lindenschmidt, F. Hattermann, and A. Bronstert, Page(s) 93-99. ISSN 1680-7359

Weiterhin ist eine Veröffentlichung in der Zeitschrift „Regional Environmental Change“, Verlag Springer Berlin / Heidelberg, ISSN 1436-3798 (Print) 1436-378X (Online), geplant.

II.7 Literatur

- DIETRICH, O., M. REDEZKY & K. SCHWÄRZEL (2007a): Wetlands with Controlled Drainage and Subirrigation Systems - Modelling of the Water Balance. *Hydrological Processes* 21(14): 1814-1828, DOI: 10.1002/hyp.6317.
- DORNIER (1993): Ökologischer Sanierungs- und Entwicklungsplan Niederlausitz. Grundlagen -Analysen - Empfehlungen, im Auftrag des Umweltbundesamtes (FE-Vorhaben 10104057/02), Koordinierung und Gesamtbearbeitung Dornier GmbH Deutsche Aerospace, Dezember
- DYDYSKI, A.-K., D. MISCHKE, E. SCHOLZ, M. SCHRAMM UND U. DIETZSCH (2002): Flutungssteuerungs-Modell für die Lausitz. In: *Wasserwirtschaft - Wassertechnik* (3). Berlin 2002.
- HATTERMANN, F.F. et al. (2005), Runoff simulations on the macroscale with the ecohydrological model SWIM in the Elbe catchment - validation and uncertainty analysis. *Hydrological Processes* 19, 693-714.
- KADEN, S., I. MICHELS, M. SCHRAMM (1995): Stochastische Modellierung der Wasserbewirtschaftung in den Einzugsgebieten von Spree und Schwarzer Elster. *Rezente Flutungsprobleme mitteldeutscher und Lausitzer Tagebaurestlöcher*, Dresdner Grundwasserforschungstage 24./25. 10. 1995, Proceedings Band 2, S. 23-27, Herausgeber: DGFZ e.V.
- KADEN, S. und M. REDEZKY (2000): Simulation von Bewirtschaftungsprozessen. In: Oppermann, R. (Hrsg.): *BfG-Mitteilungen, Wasserbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen - Probleme, Methoden, Lösungen - Kolloquium am 14./15. September 1999*. Koblenz, Berlin (Bundesanstalt für Gewässerkunde) 2000.
- KALTOFEN, M., KOCH, H., SCHRAMM, M., GRÜNEWALD, U., KADEN, S., (2004): Anwendung eines Langfristbewirtschaftungsmodells für multikriterielle Bewertungsverfahren – Beispiel globaler Wandel und Wasserverfügbarkeit im bergbaubeeinflussten Spreegebiet. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 48, H. 2, ISSN 1439-1783, 60 - 70.
- KÖNGETER, J., G. DEMNY, S. KADEN und J. WALTHER (2003): Steuerung der bergbaubelasteten Gewässerbeschaffenheit der Spree in den Bergbaufolgelandschaften der Lausitz. In: *Nachhaltige Entwicklung von Folgelandschaften des Braunkohlebergbaus*. Tagungsband, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 2003.
- SCHRAMM, M. (1994): Die Bewirtschaftungsmodelle LBM und GRM und ihre Anwendung auf das Spreegebiet. In: *Wasserbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen*. Ausgewählte Beiträge zum Kolloquium am 2. Februar 1994 in Berlin, BfG Mitteilung Nr. 8, Koblenz 1995. 7-19

- SCHRAMM, M. (1995): Die Bewirtschaftungsmodelle LBM und GRM und ihre Anwendung auf das Spreegebiet. In: BfG-Mitteilungen (8). S. 7-19. Koblenz 1995.
- SCHRAMM, M., K.-H. SEIDEL, S. ROLOFF (2001), Langfristbewirtschaftung und Steuerung in den Flussgebieten von Spree und Schwarzer Elster, In: Wasserbewirtschaftung im neuen Jahrtausend, Verlag Bauwesen Berlin , Hrsg. Diersch/Kaden/Michels, 1. Auflage 2001, S. 224-232
- SCHRAMM, M., S. KADEN, O. DIETRICH und P. STILLE (2001): Modellgestützte Planung eines Flussgebietes. In: Wasserwirtschaft - Wassertechnik (5). Verlag für Bauwesen. Berlin 2001.
- THIELE, W. und M. SCHRAMM (1997): HQGRM Bode - Integration der Simulation täglicher Abflüsse in die Langfristbewirtschaftung zur Hochwassersteuerung. Dresden (Langfristbewirtschaftungsmodelle für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung - Neue Ergebnisse und Entwicklungen. WASY-Fachtagung). Dresden 1997.

Teil III Erfolgskontrollbericht

III.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen

Das Teilprojekt ist dem Vorhaben III „Konfliktbereich Oberflächenwasserverfügbarkeit“ des Verbundvorhabens GLOWA-Elbe II zugeordnet, das sich auf Konflikte und deren Bewältigung konzentriert, die sich aus Veränderungen der Wasserverfügbarkeit und Wassernutzungen infolge des globalen Wandels ergeben. Unter Verwendung des Integrativen Methodischen Ansatzes von GLOWA-Elbe (IMA) wurden Strategien für ein Wasserressourcenmanagement entwickelt und bewertet, die dem globalen Wandel und den damit verbundenen Unsicherheiten in der Klima- und Wasserdargebotsentwicklung einerseits und der sozio-ökonomischen Entwicklung andererseits Rechnung tragen. Das Teilprojekt und dessen Ergebnisse ordnen sich dementsprechend in den Förderschwerpunkt GLOWA des BMBF ein,

III.2 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis des Teilprojektes

Nachfolgend ist eine kurzgefasste Darstellung der Ergebnisse des Teilprojekts anhand der geplanten Arbeitspakete gegeben.

Strukturierung des Bewirtschaftungsmodells für das Elbeeinzugsgebiet (Arbeitspaket III.1)

Das Gesamtgebiet der Elbe wurde so untergliedert, dass für jeden bedeutenden Nebenfluss und in Einzelfällen auch für große Niedermoore ein separates WBalMo-Modul erstellt werden konnte.

Innerhalb der Teilmodule (-modelle) wurde eine detaillierte Struktur in weitere hydrologische Teileinzugsgebiete abgeleitet. Es wurden zunächst alle Nutzungen erfasst und Gewässerquerschnitten, im WBalMo Bilanzprofile genannt, zugeordnet. Die den Bilanzprofilen zugehörigen hydrologischen Einzugsgebiete wurden dann so zusammengefasst, dass die sich ergebenden Teilgebiete hydrologisch ausreichend homogen waren.

Weitere Aspekte der Konsistenz der hydrologischen Gliederung zwischen WBalMo und SWIM war die synchrone Berücksichtigung der Entwicklung der Grundwasserabsenkung in Tagebaugebieten sowie die Bilanzierung der Verdunstung und des Niederschlages auf den Niedermoorflächen sowie auf bedeutenden Wasserflächen, die in den WBalMo- bzw. den zugehörigen WABI-Modellen (vgl. Bericht des ZALF in Bericht zu Teilprojekt 7) vorgenommen wird.

Erweiterung der Simulationssoftware und problemspezifische Module (Arbeitspaket III.2)

Um die gleichzeitige gekoppelte Simulation einzelner WBalMo-Modelle in einem geschlossenen Gesamtmodell zu ermöglichen, wurden entsprechend Plan entsprechende Erweiterungen der Simulationssoftware WBalMo vorgenommen. Diese umfassen insbesondere:

- Initialisierung eines WBalMo-Modells vom aufrufenden Modell aus,
- Austausch von Daten mit dem aufgerufenen Modell,
- Wechsel in das Arbeitsverzeichnis des aufgerufenen Modells,
- Schließen des aufgerufenen Modells.

Erweiterungen von WBalMo wurde entwickelt für:

- die Berücksichtigung der Laufzeit des Wassers entlang der Elbe nun jedem Bilanzprofil
- die Einbindung der ökonomischen Bedarfs- und Bewertungsfunktionen durch Schaffung der Möglichkeit, beliebige Routinen aus externen Bibliotheken zu initialisieren und zu starten

- eine Option, einen speziellen Compiler für die Erstellung des lauffähigen WBalMo-Modells zu nutzen, der die Parallelisierung von Programmabläufen ermöglicht.
- die Bereitstellung spezifischer Module für die Bewirtschaftung nach Menge und Güte der Niedermoore sowie die Bedarfs- und Bewertungsfunktionen
- die Bereitstellung einer Exportschnittstelle für die enthaltenen Wassernutzer.

Teilmodelle des WBalMo GLOWA Elbe (Arbeitspaket III.3)

Die Erstellung der Teilmodelle ging von der für GLOWA-Elbe II maßgeblichen hydrologischen Struktur des Elbeinzugsgebiets aus. Folgende Teilmodelle (-module) wurden entwickelt bzw. eingebunden:

Bezeichnung des Moduls	Einzugsgebiet / Teilgebiet	Inhalt der Arbeiten	Verantwortlich
WBalMo Elbe – Hauptfluss	Elbeschlauch von der Grenze bis zur Havelmündung	Neuaufbau	DHI-WASY GmbH
WBalMo Eger (CR)	Eger mit Elbe unterhalb Moldau bis Grenze	Neuaufbau	BTU Cottbus
WBalMo Untere Moldau (CR)	Untere Moldau	Neuaufbau	BTU Cottbus
WBalMo Obere Moldau (CR)	Obere Moldau	Neuaufbau	BTU Cottbus
WBalMo Berounka (CR)	Berounka	Neuaufbau	BTU Cottbus
WBalMo Obere/Mittlere Elbe (CR)	Elbe oberhalb Moldaumündung	Neuaufbau	BTU Cottbus
WBalMo Spree/Schwarze Elster	Spree bis Große Tränke, Schwarze Elster	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	BTU Cottbus
WBalMo Spreewald	Spreewald	Anpassung und Erweiterung des Modells aus GLOWA I	ZALF Münchenberg
WBalMo Mulde	Mulde	Neuaufbau	
WBalMo Saale	Saale	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Bode	Bode	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Weiße Elster	Weiße Elster	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Drömling	Drömling	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	ZALF Münchenberg
WBalMo Havel	Havel	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Rhin	Rhin	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	ZALF Münchenberg
WBalMo Berlin	Berlin	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH

Bezeichnung des Moduls	Einzugsgebiet / Teilgebiet	Inhalt der Arbeiten	Verantwortlich
WBalMo Nuthe	Nuthe	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Buckau	Buckau	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Plane	Plane	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Großer Haveländischer Hauptkanal	Großer Havelländischer Hauptkanal	Neuaufbau	ZALF Münchenberg
WBalMo Dosse-Jäglitz	Dosse, Jäglitz	Anpassung und Erweiterung behördliches Modell	DHI-WASY GmbH
WBalMo Untere Elbe	Elbe unterhalb der Havelmündung	Neuaufbau	DHI-WASY GmbH

Gesamtmodell WBalMo Elbe (Arbeitspaket III.4)

Um die online und offline Kopplung der Teilmodelle zum Gesamtmodell zu realisieren, wurden folgende Routinen erarbeitet:

- Organisation des Aufrufens der Module,
- Organisation des Datenaustausches,
- Steuerung der Ergebnisausgabe separat für wasserwirtschaftliche und sozioökonomische Module.

Diese Vorgaben können zentral vom Elbeschlauch-Modell aus vorgegeben werden. Die realisierte Kopplung ermöglicht auch die Offline-Simulation für einzelne oder für Gruppen von Teilgebieten.

Ableitung und Analyse von Handlungsstrategien (Arbeitspaket III.5)

Mit dem nun fertigen Modell wurden verschiedene Entwicklungsrahmen (vgl. Berichte zu Vorhaben II) und Handlungsalternativen untersucht und mit Daten zum Dargebot und zu den Wassernutzungen spezifiziert. Diese Daten wurden durch vorgeschaltete Modelle an das WBalMo GLOWA Elbe übergeben. Im Einzelnen bezieht dabei der Entwicklungsrahmen den Klimawandel, die regionale Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung und die Umweltorientierung sektoraler Politiken ein. Sie umfassen:

- Globalisierung oder Differenzierung mit unveränderter oder verstärkter Umweltorientierung,
- Klimawandel mit 100 Realisierungen, 25 feuchten oder trockenen Realisierungen.

Die Handlungsalternativen für das Handlungsfeld Wassermengenmanagement betrafen (Abkürzung in Klammern):

- aktuelle Bewirtschaftungsplanung (*MBasis*),
- Überleitung von Elbewasser zur Spree/Schwarzen Elster (*MElbeSpree*),
- Überleitung von Oderwasser zur Malxe im Spreegebiet (*MOderBB*)
- Überleitung von Oderwasser über den Oder-Spree-Kanal nach Berlin (*MOderBln*),
- Änderung der Nutzung im Feuchtgebiet in Richtung Extensivierung mit verbessertem Wasserrückhalt (*MExtE*),

Darstellungen zu den diesbezüglichen Ergebnissen sind Teil II des Schlussberichtes zu Teilprojekt 6 und dem Abschlussbericht des Verbundvorhabens zu entnehmen.

Bewertung der konfliktbereichsspezifischen Optionen (Arbeitspaket III.6)

Es wurden Indikatoren für die Bewertung der Szenarien und Handlungsalternativen entwickelt, Beispiele sind Indikatoren wie Durchflüsse oder Bedarfsdeckung für den Monat August und für große Überschreitungswahrscheinlichkeiten berechnet, wie 80 oder 99 %. Die genannten Indikatoren quantifizieren die Wasserverfügbarkeit für einzelne Nutzer. Um diese Analyse auch aggregiert nach Nutzungsgruppen (ökonomischen Sektoren der Wassernutzung) oder Flussgebieten vornehmen zu können, erfolgten einheitliche Festlegungen zu Sicherheiten:

- Quantifizierung des Nutzungskonflikts mittels der Wasserverfügbarkeit bei moderater Wasserknappheit: 80 %-Perzentil der relativen Bedarfsdeckung (Quotient aus Entnahme bzw. Bedarfsdeckung und Bedarf).

Neben diesem einfachen Indikator wurden folgende zusammengesetzte Indikatoren für aggregierte Analysen verwendet:

- Quantifizierung der Verwundbarkeit mittels der Verringerung der Wasserverfügbarkeit zwischen moderater und ausgeprägter Wasserknappheit: Quotient aus dem 80 %-Perzentil und dem 95 %-Perzentil der Entnahmen,
- Quantifizierung des Einflusses der zeitlichen Änderung der Entwicklungsrahmen (z. B. Klima) mittels der Verringerung der Wasserverfügbarkeit bei moderater Wasserknappheit zwischen dem Beginn des Planungszeitraumes und seinem Ende: Quotient aus dem 80 %-Perzentil der Entnahmen für 2010 und 2050.

Die Auswirkungen unterschiedlicher **Handlungsalternativen** wurden für die Wassernutzungen analysiert, für die die bedeutendsten Effekte auftraten. Zum Beispiel:

- Durchflüsse am Pegel Große Tränke / Spree (Spreezufluss nach Berlin),
- Gesamtzufluss zum Spreewald,
- Abschluss der Flutung der Tagebauseen in der Lausitz.

Darstellungen zu den diesbezüglichen Ergebnissen sind Teil II des Schlussberichtes zu Teilprojekt 6 und dem Abschlussbericht des Verbundvorhabens zu entnehmen.

III.3.3 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Das Vorhaben wird in einer dritten Phase von GLOWA-Elbe weitergeführt.

Für die dritte Phase orientiert das GLOWA-Programm darauf, dass ‚Entscheidungern in den Einzugsgebieten die Möglichkeit gegeben wird, die Auswirkungen von verschiedenen Entscheidungen durchzuspielen und abzuschätzen. Diese Systeme sollen so ausgestaltet sein, dass sie auf andere, vergleichbare Flusseinzugsgebiete übertragbar sind‘ (BMBF 2005).

Die dritte Phase von GLOWA-Elbe setzt sich zum Ziel, Instrumente und Untersuchungsergebnisse zur Anpassung des Wassermanagements im Elbegebiet an die Herausforderungen des globalen Wandels, die im Rahmen des Verbundprojektes GLOWA-Elbe II entwickelt bzw. gewonnen wurden, praxiswirksam bereitzustellen. Hierfür wird die sogenannte Elbe-Expert Toolbox entwickelt. Eine der wesentlichen Bausteine hierfür wird das im Rahmen des Teilprojektes 6 entwickelte Modell WBalMo Elbe sein.

Die EET stellt ein innovatives, offenes System funktional aufeinander abgestimmter Tools zur Ableitung regionaler Szenarien des globalen Wandels, zur Simulation ihrer Folgen für die wassergebundenen Sektoren in einem Flusseinzugsgebiet, sowie zur Bewertung von Handlungsstrategien dar. Die informationelle Zusammenwirken der einzelnen Tools in der Toolbox und die Bereitstellung der für die Modellanwendung notwendigen Daten zum Elbeeinzugsgebiet wird durch das Informationssystem WISYS[®] gewährleistet.

[®] WISYS ist eingetragenes Warenzeichen der WASY GmbH.

III.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Keine

III.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Die Ergebnisse des Vorhabens werden aufbereitet und in Fachzeitschriften, Fachtagungen etc. veröffentlicht. Dadurch stehen die Informationen der interessierten Fachwelt zur Verfügung.

Die im Rahmen der Fortführung des GLOWA-Projektes vorgesehene Erstellung einer Elbe-Expert-Toolbox wendet sich direkt an potentielle Anwender. Im Rahmen dieser dritten Phase des GLOWA-Elbe-Projektes werden für das Tool „Wassermengenmanagement“ Handbücher und Trainingskurse angeboten.

III.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Die geplanten Ausgaben in Höhe von 505.449,00 € wurden mit verwendeten 506.997,19 € grundsätzlich eingehalten.

Der geplante Ablauf der Teilaufgaben und Arbeitspakete war durch Meilensteine fixiert. Im Laufe des Vorhabens konnten diese Meilensteine grundsätzlich eingehalten werden, wenn auch zeitliche Verschiebungen untereinander aufgetreten sind. Hier sind insbesondere die Datenbeschaffung für die Vorarbeiten bei den Wasserbehörden der Länder, Tschechiens sowie der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und die komplexe Abstimmung der Struktur und Daten des hydrologischen Modells SWIM und des wasserwirtschaftlichen Modells WBalMo zu nennen. Durch Vorziehen anderer Arbeitspakete und die teilgebietsweise Abarbeitung der Teilaufgaben konnten Verzögerungen insgesamt vermieden werden.

Das Teilprojekt wurde grundsätzlich gemäß Zeitplan abgeschlossen.