

Verbundvorhaben

„Integrierte Analyse der Auswirkungen des Globalen Wandels
auf die Umwelt und die Gesellschaft im Elbegebiet“

GLOWA-ELBE

Vorhaben 2.9 (FE-Vertrag 203023)

Obere Spree/

**Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und regionale Entwicklung
unter Berücksichtigung von Wassermenge und -beschaffenheit
sowie differenzierten klimatischen
und ökonomischen Rahmenbedingungen**

ABSCHLUSSBERICHT

WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung
und Systemforschung mbH

Dr. Stefan Kaden
Dr. Michael Schramm
Dipl.-Ing. (BA) Michael Redetzky

Berlin / Dresden, den 31.10.2003

I Grundlagen

Eine ausführliche Darstellung der Ziele, Grundlagen, Arbeitsschritte und Ergebnisse der Untersuchungen enthält der gemeinsame Abschlussbericht der BTU, des UFZ und der WASY für das Teilgebiet Obere Spree.

I.1 Aufgabenstellung

Das vorliegende Vorhaben ordnet sich in die Teilaufgabe 2.1 „Bergbaubeeinflusstes Einzugsgebiet - Obere Spree“ des Verbundvorhabens GLOWA Elbe ein. Diese, federführend von der BTU Cottbus bearbeitete Teilaufgabe zielte darauf, die bereits heute bestehenden Wasserverfügbarkeitskonflikte im Betrachtungsraum Obere Spree unter geänderten Rahmenbedingungen im Kontext des globalen Wandels zu untersuchen und Handlungsstrategien zu ihrer Bewältigung herauszuarbeiten.

Mit diesem Vorhaben waren methodische und modelltechnische Bausteine für die Teilaufgabe 2.1 zu erarbeiten. Im Einzelnen bestand folgende Aufgabenstellung:

Modell SESIM

Das bisher vorliegende Modell SESIM generierte mit Hilfe stochastischer Simulationsbeziehungen (mehrdimensionale instationäre Autoregressionsmodelle) beliebig viele Reihen monatlicher Niederschläge und potentieller Verdunstungswerte sowie monatlicher Abflüsse in bergbauunbeeinflussten Teilgebieten der Spree und der Schwarzen Elster für den Zeitraum 1998 – 2032. Zusätzlich waren in SESIM N-A-Modelle vom Typ EGMOD integriert, die, ausgehend von den simulierten meteorologischen Reihen, auf deterministischem Wege Teilgebietsabflüsse in der Bergbauregion erzeugen. Durch Veränderung der EGMOD-Parameter in Abhängigkeit von der Lage der Grundwasser-Absenkungstrichter im Zeitraum 1998 – 2003 lässt sich die bergbaubedingte Entwicklung des Abflussregimes nachbilden.

Die bisherige Grundlage für den stochastischen Teil des Modells SESIM in Form von Beobachtungsreihen der meteorologischen Prozesse und des Abflusses an Pegeln konnte im Rahmen der Teilaufgabe 2.1 nicht mehr genutzt werden. An die Stelle dieser Grundlage sollten vorgegebene Reihen täglicher Werte des Niederschlages und der potentiellen Verdunstung für die bisherigen Teilgebiete der Spree und der Schwarzen Elster oder für ausgewählte meteorologische Stationen treten. Damit ergaben sich folgende Arbeitsschritte für die Anpassung von SESIM an die veränderte Aufgabenstellung:

- Bildung von Gebietsmitteln und Monatswerten für alle bisherigen Teilgebiete und für den Zeitraum 2001 – 2050 für alle vorgesehenen Realisierungen dieses Zeitraums
- Anpassung des N-A-Modells EGMOD an die bergbauungestörten Teilgebiete der Oberen Spree und Schwarzen Elster (ca. 1 500 km²)
- Anpassung der bisherigen EGMOD-Parameter an die vorgegebene Entwicklung der GW-Absenkungstrichter bis 2050
- Modifikation des Modells SESIM an die einheitliche deterministische Abflusssimulation
- Test von SESIM und Bereitstellung der trendbehafteten Abflussreihen für das ArcGRM GLOWA SPREE.

Aufbau des ArcGRM GLOWA SPREE

Der zweckmäßige Ausgangspunkt für den Aufbau des ArcGRM GLOWA SPREE war das zwischen den Ländern Sachsen, Brandenburg und Berlin abgestimmte ArcGRM Spree-Schwarze Elster, das die gesamten Flussgebiete der Spree und Schwarze Elster überdeckt. Ausgehend von seinen konkreten Randbedingungen hinsichtlich

Bilanzzeitraum, Bergbauentwicklung, Wasserbedarfsentwicklung, waren für den Aufbau des neuen ArcGRM folgende Arbeiten notwendig, bei denen die WASY GmbH mitarbeitete:

- Anpassung des ArcGRM Spree-Schwarze Elster an den Bilanzzeitraum 2001 – 2050
- Integration der vorgegebenen Wasserbedarfsentwicklung in den ArcGRM-Datensatz
- Integration der Methodik zur Wassergütemodellierung in das ArcGR
- Formulierung der notwendigen Registrierungen von Systemzuständen zur Einschätzung der Auswirkungen der Klimaänderungen
- Durchführung von Variantenrechnungen
- Statistische Analyse der Auswirkungen der meteorologischen Trends auf das Bewirtschaftungssystem in den Flussgebieten der Spree und der Schwarzen Elster.

I.2 Voraussetzungen

Wesentliche Grundlage des Vorhabens war die Bereitstellung des Modellsystems ArcGRM[®] durch die WASY GmbH als Eigenleistungen. Auf der Grundlage dieser Software wurden die Modellentwicklungen und -anwendungen im Teilprojekt Obere Spree realisiert. Dabei konnte auf den Datensatz 26u des ArcGRM Spree/Schwarze Elster aufgebaut werden, der durch die Länder Sachsen, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt sowie den Sanierungsträger, die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbauverwaltungsgesellschaft mbH, mit Unterstützung der WASY GmbH genutzt und ständig erweitert wird.

I.3 Planung und Ablauf des Auftrages

Die Bearbeitung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus und weiteren Partnern des Verbundvorhabens GLOWA Elbe.

In der ersten Phase des Projektes wurde gemeinsam mit dem Projektpartner BTU (VH 2.2) das ArcGRM GLOWA aufgebaut. In diesem Rahmen wurde der Planungszeitraum des Modells um 20 Jahre auf den Zeitraum 2003-2052 erweitert.

In der zweiten Phase wurde das Abfluss-Simulationsmodell SESIM für das gesamte Einzugsgebiet von Spree und Schwarzer Elster entwickelt, s. dazu Abschnitt III.1.

I.4 Wissenschaftlich-technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Grundlage der Arbeiten waren die den Stand der Technik bestimmenden Methoden und Modellsysteme zur Langfristbewirtschaftung der WASY GmbH, vgl. hierzu Grünewald et al. 2001.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Vorhaben 2.9 wurde in enger Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus realisiert, da seine Ergebnisse unmittelbar im Vorhaben 2.2 benötigt wurden, wofür die BTU Cottbus verantwortlich war.

[®] ArcGRM ist eingetragenes Warenzeichen der WASY GmbH.

Im Zusammenhang mit der Bereitstellung benötigter Daten und mit der Festlegung einer Bewirtschaftungskonzeption für das Spreegebiet sind weitere Stellen konsultiert worden: Landesumweltamt Brandenburg, Staatliches Umweltfachamt Bautzen, Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbauverwaltungsgesellschaft, Vattenfall Europe.

II Ergebnisse

II.1 Darstellung des erzielten Ergebnisses

Zur Lösung der im Teilaufgabe 2.2 formulierten Aufgaben einer Abschätzung der Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Wasserbereitstellung im Spreegebiet war das Bewirtschaftungsmodell ArcGRM Spree/Schwarze Elster vorgesehen worden, da es als Simulationsmodell seine Eignung bei der Nachbildung wasserwirtschaftlich relevanter Prozesse im Flussgebiet bereits nachgewiesen hat. Weil es zudem in den betroffenen Bundesländern Sachsen, Brandenburg und Berlin als verbindliches Planungsinstrumentarium genutzt wird, war sowohl das Interesse dieser Länder an den anstehenden Untersuchungen von vornherein gegeben als auch deren Unterstützung bei der Datenbeschaffung.

Die Aufgaben des Vorhabens 2.9 resultierten aus übergeordneten Vorgaben:

- Der Untersuchungszeitraum umfasst die Jahre 2003-2052.
- In diesem Zeitraum werden Klimaänderungen angenommen.

Da sich das ArcGRM Spree/Schwarze Elster zu Bearbeitungsbeginn aber auf die 35 Jahre 1998 - 2032 bezog und man von einer Invarianz der klimatischen Bedingungen ausging, waren folgende Probleme zu lösen:

- Vorbereitung des Aufbaus des ArcGRM GLOWA Spree/Schwarze Elster durch
 - Anpassung des ArcGRM Spree/Schwarze Elster an den 50-jährigen Bilanzzeitraum 2003 - 2052
 - Überarbeitung und Aktualisierung der Modellbausteine zur Einbeziehung der Tagebaurestlochspeicher Lohsa II, Bärwalde und Cottbus-Nord
- Umstellung des bislang stochastischen Abfluss-Simulationsmodells SESIM auf eine einheitliche deterministische Abfluss-Simulation auf der Basis vorgegebener trendbehafteter Klimareihen des PIK (SESIM-GLOWA):
 - Berechnung von monatlichen Gebietsmitteln des Niederschlages und der potentiellen Verdunstung aus den PIK-Reihen täglicher Klimagrößen (100 Realisierungen des Zeitraumes 2001 - 2055)
 - Anpassung des Niederschlag-Abfluss-Modells EGMOD an 13 bergbauungestörte Teilgebiete
 - Aufbereitung der Daten für die bergbauliche Entwicklung im Zeitraum bis 2052 in Form der Grundwasserabsenkungstrichter für die EGMOD-Anwendung in den bergbaugestörten Teilgebieten
 - Erzeugung von 100 Realisierungen 50-jähriger Abflussreihen für alle Teilgebiete der Spree und Schwarzen Elster mit dem modifizierten Simulationsmodell SESIM.

In Abstimmung mit den Behörden der betroffenen Bundesländer sind zeitlich parallel zu den formulierten Aufgaben die bisherigen Modellversionen von SESIM und des ArcGRM Spree/Schwarze Elster ebenfalls auf die Jahre 2003 - 2052 umgestellt worden, um als Referenzmodelle zur Darstellung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse ohne Klimaänderungen zu dienen (vgl. Vorhaben 2.2).

Im Folgenden werden die Arbeiten zu den zwei genannten Schwerpunkten skizziert.

Abfluss-Simulationsprogramm SESIM-GLOWA:

Zu Jahresbeginn 2002 sind vom PIK für insgesamt 300 meteorologische Stationen im Elbegebiet jeweils 100 Realisierungen täglicher Werte von 11 Klimagrößen aus dem Zeitraum 2001 - 2055 übergeben worden. Ihnen liegt das sog. B2-Basiszenario mit einem Temperaturanstieg von 1,4°C bis 2050 zugrunde. Diese täglichen Klimawerte mussten für das Programm SESIM-GLOWA zu Gebietsmitteln des Niederschlages und der potentiellen Verdunstung von insgesamt zehn meteorologischen Teilgebieten in den Flussgebieten der Spree und der Schwarzen Elster auf Monatsbasis komprimiert werden. Dazu waren fünf Arbeitsschritte erforderlich:

- Auswahl von 51 Stationen, welche den zehn Teilgebieten zugeordnet worden sind.

- Bestimmung der Anteile der Stationen an den 10 Teilgebieten mit Hilfe der Thiessen-Methode
- Berechnung der täglichen Niederschläge unter Berücksichtigung der Schneeverlagerung (Programm SNOW der TU Dresden) und der potentiellen Verdunstung nach Turc-Ivanov für die 51 Stationen
- Bildung der Monatssummen beider Klimagrößen
- Berechnung der Gebietsmittel für die zehn meteorologischen Gebiete aus den Stationsmitteln mit der Thiessen-Methode.

Im bisherigen Programm SESIM werden die Abflüsse von 13 sog. Simulationsteilgebieten (STG) in den bergbaugestörten Teilen der Oberen Spree und der Schwarzen Elster stochastisch generiert, wobei die Simulationsparameter aus langjährigen Reihen monatlicher Pegelabflüsse berechnet werden. Dabei wird eine Invarianz des Klimas vorausgesetzt, welche im vorliegenden Verbundprojekt gerade nicht angenommen wird. Deshalb mussten diesen STG jetzt Niederschlag-Abfluss-Modelle vom Typ EGMOD angepasst werden. Die Anpassung erfolgt über eine Bestimmung von 11 Systemmodellparametern und von sieben Flächenparametern an Hand von Abflussreihen an Pegeln und topografischen Karten.

Für die bergbaugestörten STG der Spree und der Schwarzen Elster wurden Grenzen der Grundwasserabsenkungsgebiete durch das Vorhaben 2.2 vorgegeben, die sich durch die dortigen Annahmen hinsichtlich der Entwicklung des Bergbaus im Lausitzer Revier ergaben. Da diese Grenzen nicht mit jenen der oben zitierten Ländermodelle übereinstimmen, mussten für SESIM-GLOWA die Gebietsanteile der abflusslosen Bereiche neu bestimmt und in die EGMOD-Parametersätze der betroffenen STG übernommen werden.

Das entstandene Programm SESIM-GLOWA transformierte dann die vorher generierten, trendbehafteten Reihen monatlicher Niederschläge und potentieller Verdunstungswerte in zwangsläufig ebenfalls trendbehaftete Abflussreihen für sämtliche STG. Die so erzeugten 100 Realisierungen des Zeitraumes 2003 - 2052 bilden schließlich wesentliche Eingangsgrößen für das im Vorhaben 2.2 aufzubauende ArcGRM GLOWA Spree/Schwarze Elster.

Vorbereitende Arbeiten für das ArcGRM GLOWA Spree/Schwarze Elster:

Das Bewirtschaftungsmodell ArcGRM Spree/Schwarze Elster der Länder Sachsen, Brandenburg und Berlin bezog sich bisher auf sieben fünfjährige Perioden von 1998 - 2032. Es musste auf zehn Perioden derselben Länge mit dem Zeitraum 2003 - 2052 erweitert und aktualisiert werden. Die dafür notwendigen Vorbereitungen sind von der WASY GmbH als Modellentwickler und Betreuer des Ländermodells ausgeführt worden:

- Elimination der bereits abgelaufenen bisherigen 1. Periode von 1998 - 2002
- Erweiterung um vier künftige Perioden bis 2052 durch Fortschreibung der Nutzungsverhältnisse der bisher letzten Periode von 2028 - 2032
- Anpassung der über 50 sog. „dynamischen Elemente“ zur Berücksichtigung spezieller Natur- und Nutzungsprozesse in den Flussgebieten der Spree und der Schwarzen Elster, z. B. der Zuführung von Spree- und Neißewasser zur Flutung der Restlochketten im Raum Senftenberg.

Für die künftigen Speicher Lohsa II, Bärwalde und Cottbus-Nord existieren im ArcGRM Spree/Schwarze Elster dynamische Speichermodelle, welche die Wechselbeziehungen zwischen dem Wasserkörper und dem Grundwasser im Umfeld näherungsweise beschreiben. Diese Modelle wurden durch die Aktualisierung der natürlichen Grundwasser-Wiederanstiegskurven und der Speicherinhaltskurven den Randbedingungen des ArcGRM GLOWA Spree/Schwarze Elster angepasst.

II.2 Nutzen, Verwertbarkeit

Die Ergebnisse wurden Wasserbehörden (LUA Brandenburg, StUFA Bautzen, Senat von Berlin) und Wirtschaftsunternehmen (LMBV, LAUBAG) zur Verfügung gestellt, deren Berechnungen bisher nur bis zum Jahr 2030 – jetzt bis 2050 - und unter gleichbleibenden klimatischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen liefen.

II.3 Dem AN während der Bearbeitung des Auftrags bekannt gewordene Fortschritte bei anderen Stellen:

Fehlmeldung

III Erfolgskontrollbericht

III.1 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis

Mit dem Modell SESIM-GLOWA ist ein Modell zur Simulation des monatlichen Abflusses in den Flussgebieten der Spree und der Schwarzen Elster entstanden, das, von vorgegebenen trendbehafteten Klimareihen der Jahre 2003-2052 ausgehend, mit Hilfe des Niederschlag-Abfluss-Modells EGMOD simultane, ebenfalls trendbehaftete Abflussreihen für alle Teilgebiete der beiden Flussgebiete als Eingangsgrößen für das Bewirtschaftungsmodell ArcGRM GLOWA Spree/Schwarze Elster (Vorhaben 2.2) erzeugen kann. Als Besonderheit kann dabei EGMOD die zeitlich variablen Einwirkungen des Bergbaus im Lausitzer Revier durch eine Einbeziehung der abflusslosen, in den Grundwasserabsenkungstrichtern liegenden Gebietsanteile berücksichtigen, welche ihrerseits das Ergebnis eines regionalen Grundwassermodells mit einer angenommenen Bergbauentwicklung sind.

Als Nebenergebnis konnte den Bundesländern Sachsen, Brandenburg und Berlin ein zehnerperiodisches ArcGRM Spree/Schwarze Elster für den Zeitraum 2003 - 2052 übergeben werden, das aus dem Referenzmodell des Vorhabens 2.2 für invariante Klimaverhältnisse entstanden war.

Mit den Arbeiten im Rahmen des Vorhabens 2.9 sind die Instrumentarien geschaffen worden, mit denen Zeitreihen von Klimagrößen für angenommene Klimaszenarien in korrespondierende Abflussreihen transformiert und dadurch die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen von Klimaänderungen sichtbar gemacht werden können.

III.2 Erfindungen und Schutzrechtsanmeldungen

entfällt

III.3 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Da das vorliegende Vorhaben Bausteine zur Teilaufgabe „Obere Spree“ lieferte, sind die Erfolgsaussichten nur aus der Sicht der Gesamtleistung für diese Teilaufgabe zu interpretieren. Das entwickelte ArcGRM GLOWA Spree wird durch die Wasserwirtschaftsbehörden der Länder Sachsen, Brandenburg und Berlin sowie die LMBV für Planungsarbeiten genutzt. Die Anwendungsbetreuung und Weiterentwicklung liegen dabei grundsätzlich in den Händen der WASY GmbH. Längerfristige Wartungs- und Consultingaufträge setzen auf den Ergebnissen des Vorhabens und der Teilaufgabe auf.

III.4 Wissenschaftliche und / oder technische Erfolgsaussichten

s. II.3

III.5 Wissenschaftlichen und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die entwickelten Methoden und Instrumentarien bilden eine wichtige Grundlage für die geplante Forschung zu GLOWA Elbe II. Dabei werden die für die Obere Spree vorliegenden Ergebnisse auf das gesamte Einzugsgebiet der Elbe übertragen.

Darüber hinaus wird erwartet, dass die Methoden der modellgestützten Langfristbewirtschaftung zukünftig bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie Anwendung finden werden.

III.6 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Fehlmeldung

IV Literatur

U. Grünwald, M. Kaltfen, S. Kaden, Länderübergreifende Bewirtschaftung der Spree und der Schwarzen Elster, KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 2001(48) Nr. 2, S. 205 -213