

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Walther, Jörg; Adynkiewicz-Piragas, Mariusz; Müller, Fabian; Redetzky, Michael; Schramm, Martina; Zdralewicz, Iwona

Ein Simulationsmodell für die Wasserbewirtschaftung in einem transnationalen Flusseinzugsgebiet

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103475>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Walther, Jörg; Adynkiewicz-Piragas, Mariusz; Müller, Fabian; Redetzky, Michael; Schramm, Martina; Zdralewicz, Iwona (2014): Ein Simulationsmodell für die Wasserbewirtschaftung in einem transnationalen Flusseinzugsgebiet. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Simulationsverfahren und Modelle für Wasserbau und Wasserwirtschaft. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 50. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 549-558.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Ein Simulationsmodell für die Wasserbewirtschaftung in einem transnationalen Flusseinzugsgebiet

Jörg Walther
Mariusz Adynkiewicz-Piragas
Fabian Müller
Michael Redetzky
Martina Schramm
Iwona Zdralewicz

Für das Flusseinzugsgebiet der Lausitzer Neiße mit Gebietsanteilen in der Republik Polen, der Tschechischen Republik sowie in den Bundesländern Sachsen und Brandenburg wurde im Auftrag der Vattenfall Europe Mining AG ein Simulationsmodell für die Wasserbewirtschaftung entwickelt. Veranlassung für die Modellentwicklung auf Grundlage der Software WBalMo und MIKE BASIN war die geplante Erweiterung des Abbaugebietes des Braunkohletagebaus Jänschwalde um das Abbaufeld Jänschwalde-Nord. Mit dem Simulationsmodell, das Ende 2012 fertig gestellt wurde, ist es jetzt möglich, das Wasserdargebot der Lausitzer Neiße unter Berücksichtigung vorhandener und geplanter Wassernutzungen zu bilanzieren und dabei potenzielle Konflikte zwischen verschiedenen Nutzungen zu erkennen und zu bewerten.

Stichworte: Wasserbewirtschaftung, Bergbau, Simulationsmodell

1 Veranlassung und Zielstellung

Im Jahr 2011 beauftragte das Bergbauunternehmen Vattenfall Europe Mining AG die DHI-WASY GmbH und das Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft Wrocław - National Research Institut (IMGW-PIB) mit der Entwicklung eines Simulationsmodells zur Planung der Wasserbewirtschaftung und Konfliktanalyse im Flussgebiet der Lausitzer Neiße. Der Auftrag stand in Zusammenhang mit der geplanten Erweiterung des Abbaugebietes des Braunkohletagebaus Jänschwalde um das Abbaufeld Jänschwalde-Nord. Der Betrieb des erweiterten Tagebaus, der für den Zeitraum von 2025 bis 2047 geplant ist, sowie die anschließende Flutung des verbleibenden Hohlraums sind zwangsläufig mit Eingriffen in den Wasserhaushalt der Flussgebiete Spree und Lausitzer Neiße verbunden. Während für das Spreegebiet mit dem Simulationsmodell WBalMo

Spree - Schwarze Elster seit etwa 20 Jahren ein ausgereiftes und anerkanntes Werkzeug zur Verfügung steht (Walther *et al.*, 2008), um die Auswirkungen von anthropogenen Einflüssen auf den Wasserhaushalt und mögliche Konflikte zwischen verschiedenen Wassernutzungen zu analysieren, gab es bis 2011 für das Flussgebiet der Lausitzer Neiße kein gleichwertiges Simulationsmodell.

2 Untersuchungsgebiet und -methodik

Das Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße, das ca. 4400 km² umfasst, liegt zu 16 % auf dem Territorium der Tschechischen Republik, zu 51 % auf dem der Republik Polen und zu 33 % auf dem der Bundesrepublik Deutschland (Abbildung 1). Daraus resultieren unterschiedliche administrative Zuständigkeiten, die als eine wesentliche Ursache dafür angesehen werden können, dass in der Vergangenheit die Entwicklung von hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Simulationsmodellen für die Lausitzer Neiße nicht Schritt gehalten hat mit der Entwicklung im benachbarten Flussgebiet der Spree.

Das Simulationsmodell wurde 2011 bis 2012 sowohl auf Basis der Software WBalMo (DHI-WASY, 2012) als auch auf Basis der Software MIKE BASIN 2011 (DHI, 2011a) aufgebaut. Mit der Entscheidung, das Modell mit zwei unterschiedlichen Softwareprodukten auf derselben Datengrundlage aufzubauen, wurde für weitere Untersuchungen zur Wasserbewirtschaftung im Flussgebiet der Lausitzer Neiße eine größtmögliche Flexibilität gewährleistet.

Das entwickelte Simulationsmodell ist ein stochastisches Langfristbewirtschaftungsmodell, das durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist:

- stochastische Simulation des Systeminputs (Niederschlag, Abfluss u. a.) in einer Vielzahl von Realisierungen über den Planungszeitraum,
- deterministische Nachbildung der Wassernutzungen im Flussgebiet,
- statistische Analyse von registrierten Systemzuständen, z. B. Abflüsse im Gewässer, Speicherfüllungen, Defizite bei der Wasserbereitstellung, als Grundlage für die Bewertung und den Vergleich von verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten.

Grundlage für das Bewirtschaftungsmodell bilden Daten zu Wassernutzungen, zur Bergbauentwicklung und zum natürlichen Wasserdargebot, die entsprechend dem Berechnungszeitschritt des Bewirtschaftungsmodells als Monatswerte vorliegen mussten (Kapitel 5). Das natürliche Dargebot wurde auf Grundlage stochastisch generierter meteorologischer Zeitreihen (Kapitel 3) mit einem Niederschlag-Abfluss-Modell (Kapitel 4) berechnet.

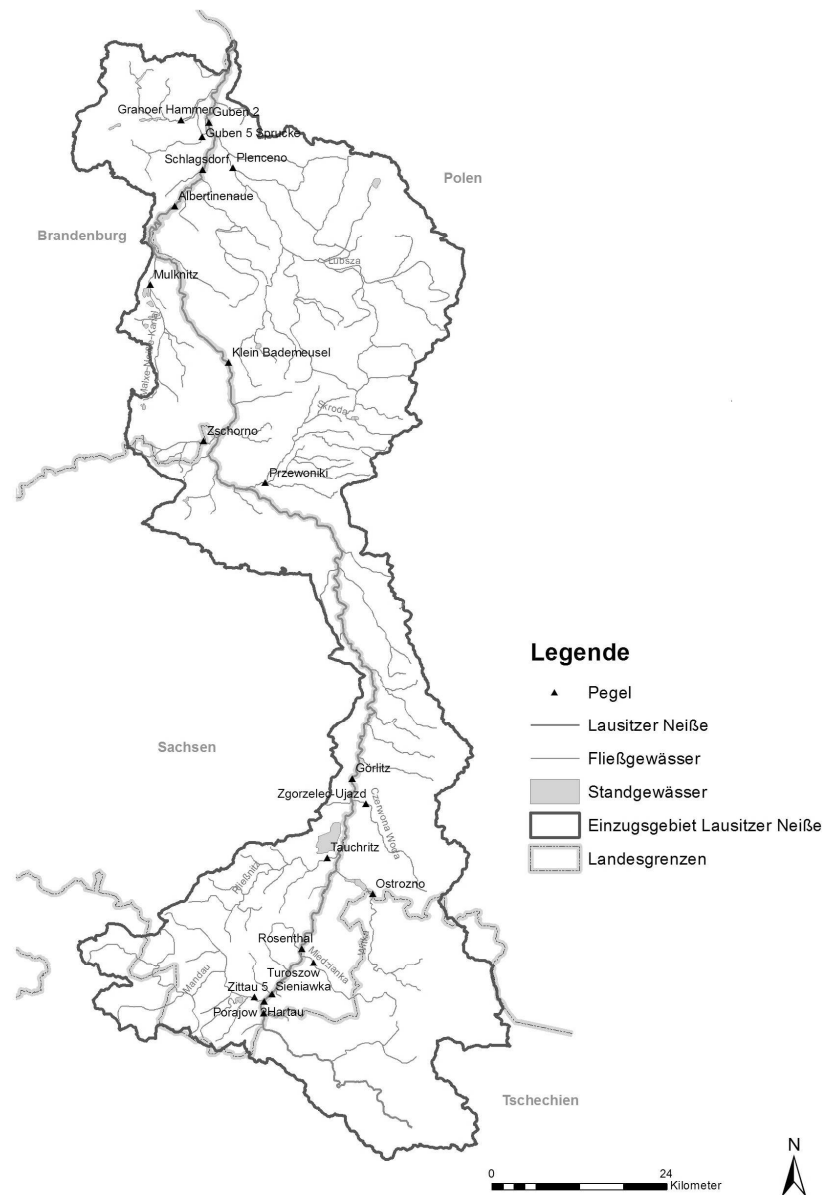


Abbildung 1: Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße

3 Stochastische Simulation meteorologischer Zeitreihen

Zur stochastischen Simulation meteorologischer Zeitreihen wurde mit Hilfe der Software SIKO/SIMO (WASY, 2001) ein mehrdimensionales Autoregressionsmodell für das Neißeinzugsgebiet aufgestellt. Da Wasser vom Neißeinzugsgebiet in die Einzugsgebiete von Spree und Schwarze Elster übergeleitet werden kann, war eine Verknüpfung mit dem Simulationsmodell SESIM für das Spree- und Schwarze-Elster-Gebiet erforderlich, um bestehende Korrelationen zwischen den Zeitreihen entsprechend zu berücksichtigen. Im Ergebnis liegen die

monatlichen Zeitreihen des Niederschlagsdargebotes und der potenziellen Verdunstung für fünf meteorologische Teilgebiete im Neißegebiet für je 100 Realisierungen über den Planungszeitraum von 2003 bis 2102 (100 Jahre) vor.

4 Niederschlag-Abfluss-Modellierung

Für insgesamt 16 hydrologische Teilgebiete wurde je ein Niederschlag-Abfluss-Modell (N-A-Modell) auf Basis der Software MIKE NAM (*DHI, 2011b*) aufgebaut und kalibriert (Abbildung 2). Abbildung 3 zeigt exemplarisch das Ergebnis der Kalibrierung des MIKE NAM-Modells für das Teilgebiet der Mandau.

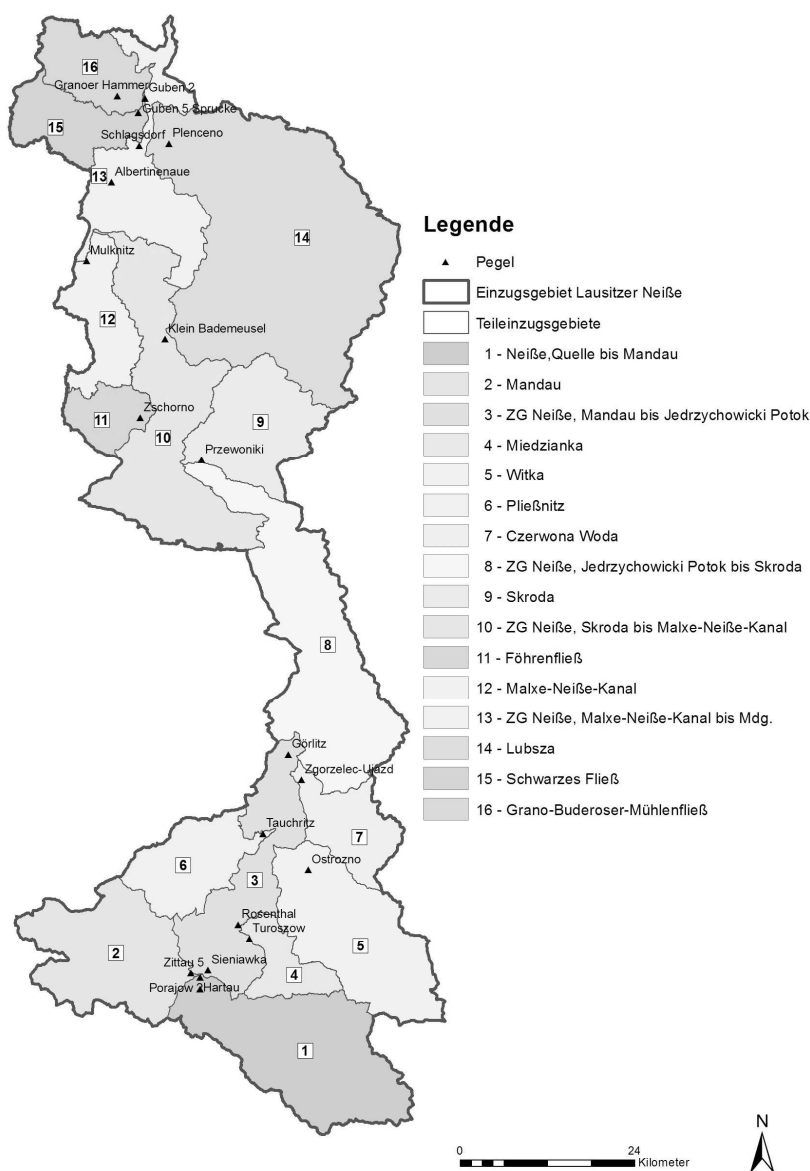


Abbildung 2: Hydrologische Teilgebiete für die N-A-Simulation

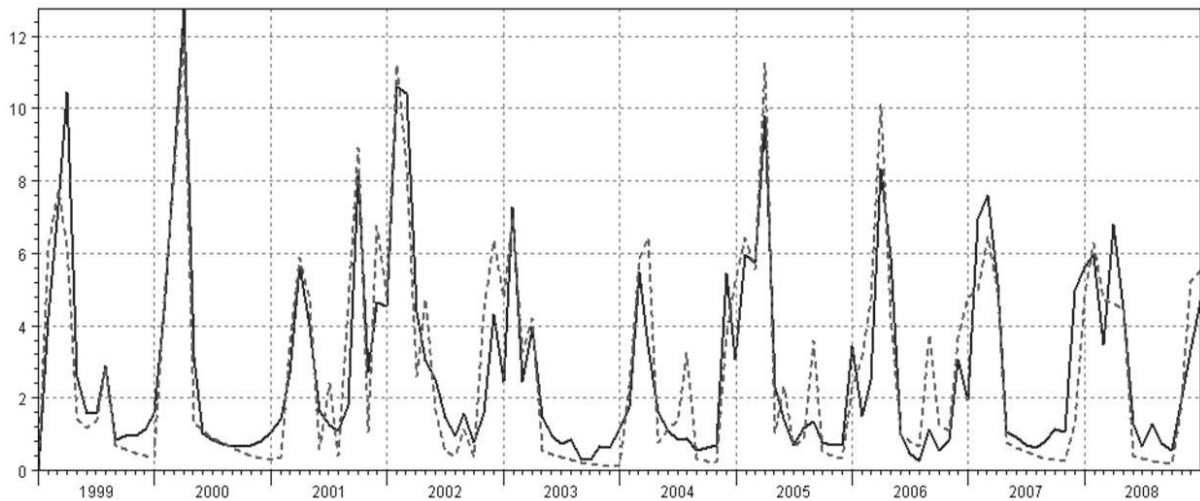


Abbildung 3: Vergleich von beobachteten (durchgezogen) und simulierten (gestrichelt) monatlichen Abflüssen in m^3/s am Pegel Zittau 5 / Mandau

Mit den kalibrierten N-A-Modellen wurden auf Grundlage der stochastisch simulierten meteorologischen Zeitreihen (Kapitel 3) Abflusszeitreihen für jedes Teilgebiet ebenfalls für je 100 Realisierungen à 100 Jahre berechnet. Sie bilden als natürliches Dargebot die hydrologische Grundlage für das Bewirtschaftungsmodell. Bei der N-A-Simulation mit MIKE NAM wurde der Einfluss der durch den Braunkohlebergbau in den Tagebauen Jänschwalde, Nochten und Reichwalde verursachten flächenhaften und zeitvarianten Grundwasserabsenkung entsprechend berücksichtigt. Für den Tagebau Turow auf polnischer Seite lagen diesbezüglich keine Daten vor.

5 Bewirtschaftungsmodell

5.1 Zeitliche Modellstruktur

Die Simulationsrechnungen mit dem Bewirtschaftungsmodell erfolgten über den Planungszeitraum von 2003 bis 2102 in Monatsschritten. Demzufolge waren die zugrunde liegenden Daten (Kapitel 5.3) als Monatswerte zu erfassen. Der Planungszeitraum wurde in 20 Perioden mit jeweils 5 Jahren unterteilt, z. B. 2003 – 2007, 2008 – 2012 usw. Die Nutzerdaten können von Periode zu Periode variieren. Ihre Erfassung erfolgte für die Perioden 1 und 2 auf Grundlage von tatsächlichen Werten. Ab Periode 3 mussten für die Nutzerdaten sinnvolle Annahmen getroffen werden.

5.2 Räumliche Modellstruktur

Die räumliche Modellstruktur entspricht der Unterteilung für die N-A-Modellierung (Abbildung 2) in 16 Teileinzugsgebiete. Das mit den N-A-Modellen bestimmte natürliche Wasserdargebot wurde als Gesamtabfluss oder über Anteilsfaktoren den an den Teilgebietsauslässen bzw. innerhalb der Teilgebiete liegenden Bilanzprofilen aufgeprägt. Maßgebend für die Verortung von Bilanzprofilen innerhalb der Teilgebiete waren Pegel, Speicher, Überleitungen und Wassernutzer. Die wasserwirtschaftlichen Elemente wurden je nach verwendeter Software oder ihrer Relevanz lagegerecht bzw. zusammengefasst an Bilanzprofilen berücksichtigt, wobei eine Priorisierung der einzelnen Nutzer vorgenommen wurde (zu den diesbezüglichen Software bedingten Unterschieden siehe Abschnitt 5.4). Inhalt von Abbildung 4 sind die Systemskizzen des Bewirtschaftungsmodells auf Basis von WBalMo und MIKE BASIN.

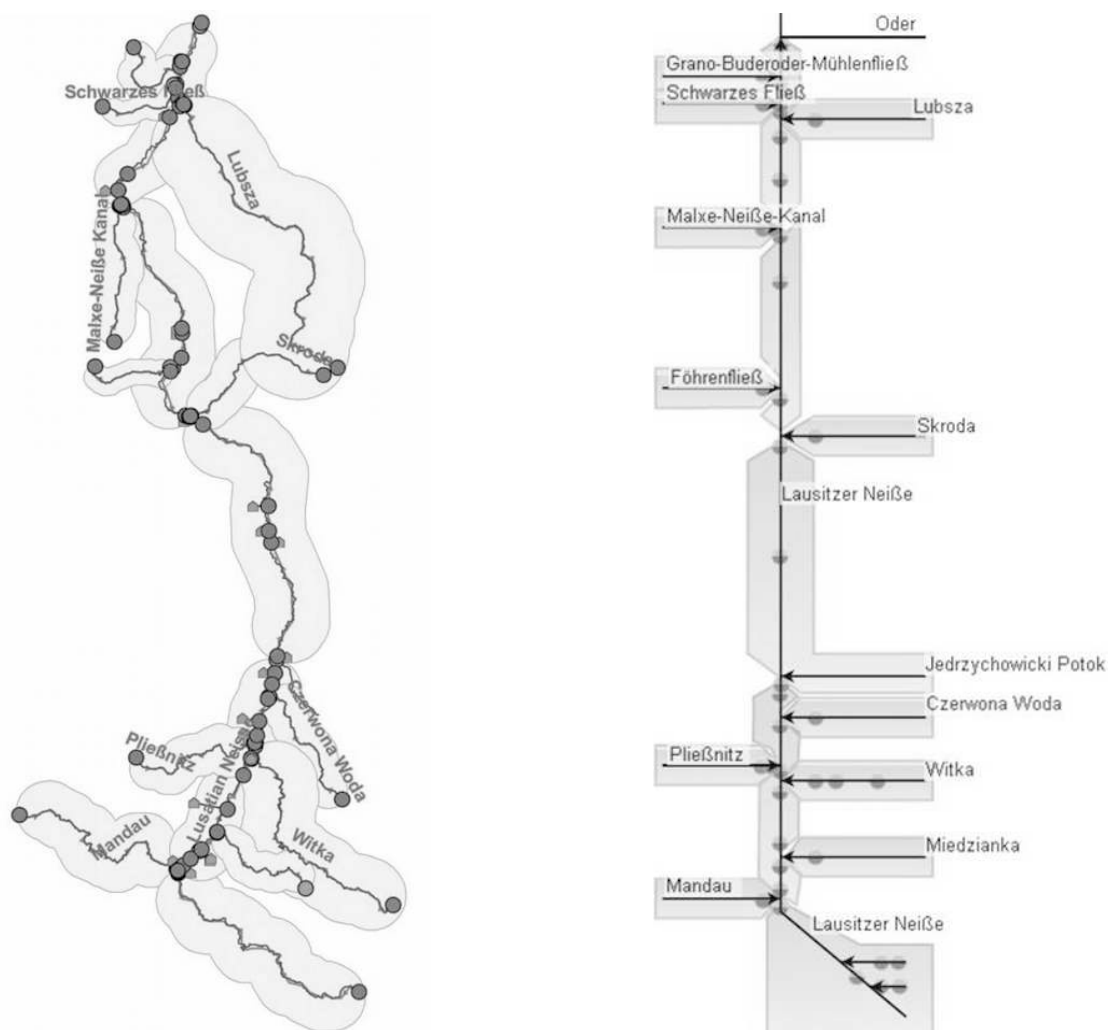


Abbildung 4: Systemskizze des Bewirtschaftungsmodells mit schematisierten Teileinzugsgebieten, Fließgewässern und Bilanzprofilen (links: MIKE BASIN, rechts: WBalMo)

5.3 Datengrundlage

Die Daten zu existierenden oder geplanten Wassernutzungen wurden für den deutschen und tschechischen Teil des Einzugsgebietes der Neiße von der DHI-WASY GmbH und für den polnischen Teil vom IMGW-PIB recherchiert. Die Daten für den deutschen Teil wurden von den Landesumweltämtern in Sachsen und Brandenburg sowie vom Auftraggeber bereitgestellt. Für den tschechischen Teil wurden mit Zustimmung des Povodi Labe Daten aus einem vorhandenen Modell des Büros VRV genutzt.

Nach Sichtung der vorliegenden Daten wurde entschieden, für die Basisversion des Wasserbewirtschaftungsmodells zunächst nur Wassernutzer, z. B. Wasserwerke, Kläranlagen, Industriebetriebe, Landwirtschaft oder Fischteiche, mit einer Wasserentnahme bzw. -rückleitung ab einem Grenzwert von 10 l/s zu berücksichtigen.

Im Modell berücksichtigt wurden neben den eigentlichen Wassernutzern die Bewirtschaftung der wichtigsten Stauanlagen, die Forderung von Mindestabflüssen, die Flutung der Tagebaurestseen nach Auslaufen des Bergbaus in Jänschwalde und Turow sowie die Neißewasserüberleitung zur Spree und zur Schwarzen Elster. Für die ersten beiden Perioden war auch die Flutung des Berzdorfer Sees zu beachten.

Die Überleitung von Neißewasser in die Einzugsgebiete von Spree und Schwarze Elster wurde für beide Anwendungen mit Hilfe einer Offline-Kopplung der Modelle WBalMo Neiße und WBalMo Spree-Schwarze Elster iterativ berechnet. So konnten beeinflussende Faktoren beider Flussgebiete berücksichtigt werden. Die auf diese Weise ermittelten Zeitreihen der Neißewasserüberleitung fanden sowohl im Modell WBalMo Neiße als auch im MIKE BASIN Neiße Verwendung.

5.4 Unterschiede zwischen den Modellen auf Basis von WBalMo und MIKE BASIN

Die auf weitgehend gleicher Datenrundlage mit WBalMo und MIKE BASIN aufgebauten Bewirtschaftungsmodelle unterscheiden sich u. a. bezüglich der Reihenfolge der zu bilanzierenden wasserwirtschaftlichen Elemente. MIKE BASIN unterstützt in der verwendeten Version ausschließlich die Bilanzierung im Längsschnitt, d. h. Oberlieger haben eine höhere Priorität als Unterlieger. WBalMo kann durch die Vergabe von so genannten Rangzahlen unabhängig von deren Lage im Längsschnitt Wassernutzer gemäß ihrer Priorität berücksichtigen.

Mit WBalMo war es möglich, alle relevanten wasserwirtschaftlichen Elemente lagegerecht in das Modell zu integrieren. Mit MIKE BASIN war dies nur innerhalb der Teilgebiete der Neiße möglich, die keine Kopfgebiete sind. Elemente innerhalb von Kopfgebieten, das sind alle seitlichen Zuflüsse sowie der Oberlauf der Neiße, wurden am Gebietsauslass des jeweiligen Gebietes lokalisiert.

WBalMo und MIKE BASIN unterscheiden sich zudem in der Umsetzung des stochastischen Konzeptes (Kapitel 1) mit einer Vielzahl (hier: 100) von Realisierungen. WBalMo unterstützt dieses Konzept ohne Einschränkungen und gibt auf Wunsch Ergebnisse in aggregierter Form aus. Für die Umsetzung des stochastischen Konzeptes wurden mit MIKE BASIN 100 Modelle mit identischen Bewirtschaftungsdaten vorgehalten, die sich aber hinsichtlich der verwendeten meteorologischen und Abflussreihen unterschieden. Um eine mit WBalMo vergleichbare Ergebnisdarstellung zu erhalten, waren die von MIKE BASIN ausgegebenen Ergebnisreihen noch in einem externen Postprozessing zu aggregieren.

In WBalMo wurden neben der Talsperre Niedow an der Witka auch die beiden tschechischen Talsperren Bedrichov und Mseno im Oberlauf der Neiße als Speicher berücksichtigt. Dagegen wurde in MIKE BASIN auf die Berücksichtigung der tschechischen Talsperren verzichtet, da wesentliche Datengrundlagen, insbesondere die Wasserstands-Flächen-Volumen-Beziehungen, nicht verfügbar waren. Da in WBalMo ein Speicher im Wesentlichen durch seinen Nutzraum gekennzeichnet wird, der für die tschechischen Talsperren bekannt ist, war deren Berücksichtigung in WBalMo möglich.

Wie ein Vergleich von simulierten Abflüssen an ausgewählten Pegeln zeigte, liefern das Modell auf Basis von WBalMo und das Modell auf Basis von MIKE BASIN trotz der genannten Unterschiede sehr ähnliche Ergebnisse.

6 Anwendung des Bewirtschaftungsmodells

Die Simulationsrechnungen mit dem Bewirtschaftungsmodell erfolgten auf der Grundlage der mit den MIKE NAM-Modellen simulierten Abflussreihen für 100 Realisierungen à 100 Jahre. Dadurch wurde bei der Simulation der Wasserbewirtschaftung im Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße der Variabilität des natürlichen Dargebotes entsprechend Rechnung getragen. Der Einfluss eines sich ändernden Klimas wurde bei den Simulationsrechnungen noch nicht berücksichtigt. Grundsätzlich ist seine Berücksichtigung bei Vorliegen entsprechender meteorologischer Zeitreihen aber möglich.

Nachfolgend werden beispielhaft Ergebnisse vorgestellt, die im Zusammenhang mit der geplanten Flutung des Restlochs des Tagebaus Jänschwalde-Nord ab

2050 stehen. Der durch die Flutung entstehende Bergbaufolgesee ist der Heide-See. Die Flutung des Heide-Sees soll mit Wasser aus der Neiße erfolgen, wobei für die Simulationsrechnungen von einer Kapazität der Flutungsleitung von $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgegangen wurde. Den Berechnungen wurde ein Mindestabfluss Q_{min} am Bilanzprofil Albertinenaue in unmittelbarer Nähe zur Entnahmestelle von $8 \text{ m}^3/\text{s}$ zugrunde gelegt, der in einem alternativen Szenario auf $10,1 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht wurde.

Die Wassermenge, die an der Entnahmestelle zur Flutung entnommen werden kann, ist abhängig von den konkreten meteorologischen und hydrologischen Randbedingungen einer Realisierung. Die mittlere Flutungswassermenge ist umso höher, je günstiger die meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse im Flutungszeitraum sind. Zur Charakterisierung von relativ günstigen, feuchten Verhältnissen wird die Flutungswassermenge herangezogen, die in 80 von 100 Realisierungen unterschritten wird. Dementsprechend wird zur Charakterisierung von relativ ungünstigen, trockenen Verhältnissen die Flutungswassermenge herangezogen, die in 20 von 100 Realisierungen unterschritten wird. Die Flutungswassermenge, die mit gleicher Häufigkeit unter- oder überschritten wird, charakterisiert mittlere Verhältnisse (Tabelle 1).

Tabelle 1 Mittlere Flutungswassermengen für den Heide-See

Unterschreitungs- häufigkeit [%]	Verhältnisse	Mittlere Flutungswassermenge [m^3/s] bei	
		$Q_{\text{min}} = 8 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{min}} = 10,1 \text{ m}^3/\text{s}$
80	feucht	1,99	1,93
50	mittel	1,95	1,85
20	trocken	1,86	1,70

Die Auswertung der mittleren Flutungswassermengen zeigt, dass bei Einhaltung eines Mindestabflusses in der Neiße von $8 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Flutung des Heide-Sees bei trockenen Verhältnissen im Mittel $1,86 \text{ m}^3/\text{s}$, bei mittleren Verhältnissen im Mittel $1,95 \text{ m}^3/\text{s}$ und bei feuchten Verhältnissen im Mittel $1,99 \text{ m}^3/\text{s}$ entnommen werden können. Bei einem höheren Mindestabfluss von $10,1 \text{ m}^3/\text{s}$ sind die mittleren Flutungswassermengen erwartungsgemäß geringer, wobei der Abstand zum Szenario mit einem Mindestabfluss von $8 \text{ m}^3/\text{s}$ umso deutlicher ausfällt, je trockener die Verhältnisse sind.

Das Beispiel zeigt, dass das entwickelte Simulationsmodell eingesetzt werden kann, um das Wasserdargebot der Lausitzer Neiße unter Berücksichtigung vorhandener und geplanter Wassernutzungen zu bilanzieren und dabei potenzielle Konflikte zwischen konkurrierenden Nutzungen, z. B. Restlochflutung und Sicherung des Mindestabflusses, zu erkennen und zu bewerten.

7 Literatur

- DHI (2011a): MIKE BASIN - A modelling system for river basin management and planning. User Guide - MIKE by DHI 2011.
- DHI (2011b): MIKE NAM. User Guide - MIKE by DHI 2011.
- DHI-WASY (2012): Handbuch WBalMo 4.0 - Interaktives Simulationssystem für Planung und Bewirtschaftung in Flussgebieten.
- Walther, J., Kaltofen, M. und Dydymki, A.-K. (2008): Modellgestützte Wassermengen- und -gütebewirtschaftung in den vom Bergbau beeinflussten Flussgebieten der Spree und Schwarzen Elster. Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft an der RWTH Aachen Nr. 154, S. M1 - M19, Shaker Verlag GmbH, Aachen.
- WASY (2001): Programmsystem SIKO/SIMO zur statistischen Analyse und Simulation von hydrologischen und meteorologischen Prozessen. Version 3.1.

Autoren:

Dr. rer. nat. Jörg Walther
Dipl.-Hydrol. Fabian Müller
Dipl.-Inf. (BA) Michael Redetzky
Dipl.-Hydr. Martina Schramm

DHI-WASY GmbH
Niederlassung Dresden
Comeniusstraße 109
01309 Dresden

Tel.: +49 351 31 61 61 1
Fax: +49 351 31 61 61 2
E-Mail: j.walther@dhi-wasy.de
f.mueller@dhi-wasy.de
m.redetzky@dhi-wasy.de
m.schramm@dhi-wasy.de

Dr Eng. Mariusz Adynkiewicz-Piragas
Dr Iwona Zdralewicz

Institute of Meteorology and Water
Management
National Research Institute (IMGW-PIB)
Wrocław Branch
ul. Parkowa 30
51-616 Wrocław

Tel.: +48 71 32 00 356
Fax: +48 71 32 00 355
E-Mail: mariusz.adynkiewicz@imgw.pl
iwona.zdralewicz@imgw.pl