

**Integrierte Wasserbewirtschaftung nach Menge und
Güte im Großraum Berlin/Untere Havel unter den
Bedingungen des globalen Wandels**

- Schlussbericht-

Schlussbericht für das Vorhaben

Förderkennzeichen: 203018

Integrierte Wasserbewirtschaftung nach Menge und Güte im Großraum Berlin/Untere Havel unter den Bedingungen des globalen WandelsVorhabenleiter: *Herr Dr. Reinhard Oppermann*

Bearbeiter:

*Wasserbewirtschaftung: Dipl.-Math. Claudia Rachimow, Dr. Walter Finke**Gewässergüte: Dr. Tanja Bergfeld, Dr. Regina Eidner, Dipl.-Ing. Volker Kirchesch,
Dipl.-Ing. Jens Schaper*

Ausführende Stelle:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Bewilligungszeitraum: 01.05.2000 bis 30.04.2003

I. Kurzdarstellung**1. Aufgabenstellung**

Das Teilprojekt betrifft schwerpunktmäßig die Konflikte, die sich auf Grund alternativer Land- und Wassernutzungen im Kontext des globalen Wandels (insbesondere des Klimawandels) im Ballungsraum Berlin und im Spreegebiet als Ganzes ergeben. Die integrative Bewertung der Konflikte konzentriert sich dabei auf das Studium der Wechselwirkungen, die sich zwischen diesem Gebiet und den oberhalb gelegenen, gesondert untersuchten Teilräumen „Obere Spree“ und „Spreewald“ ergeben. Bei der Untersuchung der Teilregion Berlin und der Wechselwirkungen zwischen den gesamten drei Teilräumen besteht das Gesamtziel darin, einen Beitrag zur Ableitung von Handlungsempfehlungen und -strategien zur Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung in der Gesamtregion zu leisten.

Um eine vergleichende Bewertung möglicher Handlungsalternativen durchführen zu können, wird der im Verbundprojekt verfolgte und in der Rahmenkonzeption beschriebene integrative methodische Ansatz angewendet.

Die Impaktanalysen beziehen sich auf den Teilraum der Spree unterhalb des Spreewaldes am Pegel Leibsch. Die Ergebnisse aus dem bergbaubeeinflussten Teilraum der Niederlausitz in Bezug auf die veränderten Wassermengen und Stoffströme werden in ihren Auswirkungen auf den Großraum Berlin berücksichtigt. Der Großraum Berlin selbst ist ein Beispielgebiet für Untersuchungen von Konfliktsituationen in urbanen Räumen (Bevölkerungs-, städtebauliche und industrielle Entwicklung) mit geringem Wasserdargebot. Für den Großraum Berlin sind zusätzlich zu den bereits laufenden Projekten weitere Untersuchungen dringend erforderlich, weil dem Gebiet eine Schlüsselfunktion bezüglich Wassermenge und Wasserqualität von Spree und Havel zukommt.

2. Voraussetzungen, unter denen der F/E-Auftrag durchgeführt wurde

Die wasserwirtschaftlichen Probleme im Ballungsraum Berlin erwachsen aus den vielfältigen Nutzungen auf einem sehr begrenzten Raum. Sie sind in erster Linie Wassergüteprobleme. Berlin genießt als Großstadt den Vorzug, Selbstversorger in der Trinkwasserbereitstellung zu sein. Notwendige Voraussetzung ist aber die Gewinnung von 70 % des Rohwassers aus dem Uferfiltrat und der Grundwasseranreicherung. Neben der Trinkwassergewinnung erfordern

auch die intensive Nutzung der Seenlandschaft als Fischerei- und Badegewässer sowie der ökologische Gewässerschutz eine ausreichende Wasserqualität. Demgegenüber steht die Einleitung des gereinigten Abwassers und des häufig ungereinigten Regenwassers in die gleichen Vorfluter. Die Nutzungen des Oberflächenwassers als Kühlwasser für die Kraftwerke führen zu einer erhöhten thermischen Belastung des Gewässers. Ungünstig wirken sich auch die durch die Stauhaltungen bedingten niedrigen Fließgeschwindigkeiten auf die Aufenthaltszeiten der Schadstoffe aus. Die geringen Gebietsniederschläge verdünnen das Oberflächenwasser nur unzureichend und verschärfen so die Güteproblematik. Die Berliner Fließgewässer Erpe, Wuhle und Nordgraben führten zeitweise bis zu 95 % Abwasser aus den Klärwerken Münchehofe, Falkenberg und Schönerlinde. Bei Starkniederschlägen ist als Folge diffuser Stoffeinträge über die Regenwassereinleitungen häufig ein Fischsterben zu beobachten. Auch die Überläufe aus der Mischwasserkanalisation führten zu einer nachweisbaren Verschlechterung der Wasserqualität.

Ziel der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie ist die durchgängige Erreichung der Gewässergüteklasse II in den rückgestauten planktondominierten Gewässern und Badewasserqualität. Gegenwärtig dominiert die Güteklasse III mit einem Schwankungsbereich von II bis IV. Haupthindernis ist die starke Eutrophierung der Gewässer durch die hohe Nährstoffbelastung. So beträgt der mittlere jährliche Phosphoreintrag 1992-1994 durch die Zuflüsse nach Berlin 265t/a, durch alle Kläranlagen 112t/a und durch die Misch- und Trennkanalisation 38t/a. Diese Belastung führt z.B. im Zeuthener See zu einem mittleren Biomassenäquivalent Chlorophyll-a von 110µg/l, was der Güteklasse III - IV entspricht.

Auch die Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink liegen mit 200 bis 500 % über den Zielvorgaben nach einem LAWA-Bewertungsverfahren. Die diffusen Stoffeinträge über die Trenn- und Mischkanalisation sind mit ca. 75% und die Kläranlagen mit ca. 25% an der städtischen Bruttoemission beteiligt. Kläranlagen und das Regenentwässerungssystem sind auch beteiligt an einer erhöhten Saprobie durch den Eintrag stark zehrender Substanzen.

Im Abwasserbeseitigungsplan für Berlin wird gefordert:

- Reduzierung der diffusen Phosphoreinträge der Misch- und Trennkanalisation um 50% durch die Sanierung des Mischsystems, Entkopplung von Einzugsgebieten, Versickerung von Regenwasser über die belebte Bodenzone und den Bau von zentralen Regenwasserreinigungsanlagen.
- Reduzierung der Phosphoreinträge der Kläranlagen Berlins und Brandenburgs um 90%

Das geringe Wasserdargebot verschärft nicht nur das Güteproblem, auch mengenmäßig muss die Wasserverfügbarkeit kritisch gesehen werden. Der Mindestabfluss am Pegel Große Tränke, dem Zuflusspegel zum Berliner Gewässersystem, wurde für die Jahresreihe 1993-97 im Mittel an 69 Tage im Jahr unterschritten. Als Hauptursache sind die Sanierungsmaßnahmen in den Tagebaugebieten der Niederlausitz anzusehen. Wasser wird nicht nur für die Trinkwasserbereitstellung benötigt, auch die Schifffahrt und die Fischerei benötigen Wasser, um die Wasserstände in den Stauhaltungen zu halten. Die Schifffahrt benötigt außerdem Schleusungswasser und die Kraftwerke Kühlwasser. Die Unterlieger des Landes Berlin sind an einem Abfluss der Spree interessiert, der den Mindestabfluss in der Unteren Havelwasserstraße mit gewährleistet. So wurde der Mindestabfluss von 10 m³/s am Pegel Ketzin (Havel) im Jahr 1998 an 24 Tagen erheblich (Minimum: 2,6 m³/s) unterschritten. Zusätzlich ist durch Veränderungen in der Landnutzung im urbanen Großraum Berlin auch mit einem veränderten Beitrag des Gebietes zum Wasserdargebot zu rechnen.

3. Planung und Ablauf des Auftrages

Planung und Ablauf des Auftrages mussten zwar zeitlich immer wieder neu abgeglichen werden, inhaltlich konnte der Auftrag aber erfüllt werden.

1. Jahr

- Durchführung von Datenrecherchen und Datenaufbereitung
- Durchführung von Workshops für die Szenarienableitung
- Auftragsvergabe für ein hydrodynamisches Modell des Berliner Gewässernetzes
- Erprobung und Optimierung des Sondermessprogramms für die Gewässergüte
- Modellanpassungen für das Langfristbewirtschaftungsmodell
- Aufgabenstellung für die Entwicklung eines dynamischen Ökosystemmodells

2. Jahr

- Durchführung von Szenarienrechnungen mit dem Langfristbewirtschaftungsmodell
- Routinemäßige Durchführung des Sondermessprogramms für die Gewässergüte
- Anpassung des Gewässergütemodells QSim
- Entwicklung des hydrodynamischen Modells des Berliner Gewässernetzes
- Auftragsvergabe für die Entwicklung eines dynamischen Ökosystemmodells

3. Jahr

- Szenarienrechnungen mit dem Langfristbewirtschaftungsmodell und dem Gütemodell
- Entwicklung des dynamischen Ökosystemmodells
- Auswertung der Ergebnisse und Aufbereitung für die Bewertung
- Erstellung des Ergebnisberichtes

Die Modellentwicklung für das hydrodynamische – und das Ökosystemmodell sind aus Eigenmitteln der BfG finanziert worden.

4. Wissenschaftlich-technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Untersuchungen zur langfristigen Wassermengenbewirtschaftung in Flussgebieten mit Bedarfsdeckungsschwierigkeiten, wasserwirtschaftlich bedeutenden Nutzungen sowie vorhandenen oder geplanten Speichern erfordern die Aufstellung von detaillierten wasserwirtschaftlichen Bilanzen, so auch für die Einzugsgebiete von Spree und Havel. Die detaillierte wasserwirtschaftliche Bilanz wird in der Form des Langfristbewirtschaftungsmodells auf der Monte-Carlo-Technik basierend realisiert. Es gestattet die Nachbildung des Wasserdargebots und der Nutzungsprozesse in einem Flussgebiet im Zeitschritt von einem Monat, ermöglicht parallel dazu die Registrierung interessierender Systemzustände und damit eine statistische Analyse der registrierten Ereignisse. Als Endergebnis liegen Wahrscheinlichkeitsverteilungen für solche Größen wie Talsperrenfüllung, Defizit bei der Wasserbereitstellung oder Durchfluss an ausgewählten Flussprofilen vor. Aus ihnen kann die Güte einer Wasserbewirtschaftungsstrategie eingeschätzt und über zielgerichtete Szenarien eine Verbesserung dieser Strategie erreicht werden.

Rechentechnische Realisierungen des Modelltyps Langfristbewirtschaftungsmodell liegen mehrfach vor. Die derzeit modernste Realisierung liegt mit dem Programmsystem ArcGRM der WASY GmbH vor, das von der BfG genutzt wird. Das Langfristbewirtschaftungsmodell für die Untersuchungen zur Sanierung des Wasserhaushalts des Lausitzer Braunkohlebergbaureviers wurde auf dieser Basis erarbeitet (ArcGRM Spree/Schwarze Elster) und liegt dem Projekt zugrunde.

Die komplexen biologischen und chemischen Vorgänge in Fließgewässern und deren Beeinflussung durch anthropogene Nutzungen sind seit langem Gegenstand ökologischer Modellierungen. Gewässergütemodelle im engeren Sinne sind mathematische Gleichungssysteme, mit deren Hilfe die Wasserbeschaffenheit beschrieben und vorhergesagt werden kann. Ein wesentliches Merkmal ist die Verknüpfung von hydraulischen mit ökologischen Modellbausteinen. Die meisten Modelle sind als Instrument der Wasserwirtschaft entwickelt worden. Besonders vor dem Hintergrund der EU-Wasser-rahmenrichtlinie mit ihrer stärkeren Beachtung der Immissionen und biologischen Komponenten im Gewässer nimmt die Bedeutung von Gewässergütemodellen zu. In der BfG wird seit 1979 das Gewässergütemodell QSim (Quality Simulation) zur Simulation des Stoff- und Sauerstoffhaushaltes von Fließgewässern entwickelt und zur Beurteilung der Auswirkung einer Vielzahl wasserbaulicher und wassergütewirtschaftlicher Maßnahmen eingesetzt. Das Modell wird laufend an aktuelle Fragestellungen angepasst. Bisherige Gütemodellrechnungen im Berliner Gewässersystem mit Hilfe von Qsim wurden zunächst nur stark vereinfacht vorgenommen (Eidner, 1997).

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Wesentlich für das Gelingen des Projektes war die enge Zusammenarbeit zwischen den Kooperationspartnern, Interessengruppen und Nachauftragnehmern. Alle Teilnehmer des Verbundprojektes wurden zentral koordiniert. Die wichtigsten Kooperationspartner und ihre Leistungen sind nachstehend aufgelistet.

- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin
Hydrologische, hydrobiologische, hydrochemische, biologische, chemische, physikalische, Landnutzungs- und Wassernutzungsdaten und Informationen zur Stadtentwicklung, Vorgaben für Szenarien
- Berliner Wasserbetriebe
Daten von Wasserentnahmen der Wasserwerke und zur Wasserquantität und –qualität, der Einleitungen der Klärwerke, sowie Überleitungen, Informationen zur geplanten Entwicklung
- BEWAG Aktiengesellschaft
Daten von Entnahmen und Einleitungen sowie Wärmeabgabe der Kraftwerke, Informationen zur geplanten Entwicklung
- Landesumweltamt Brandenburg
Hydrologische, hydrobiologische, hydrochemische, biologische, chemische, physikalische, Landnutzungs- und Wassernutzungsdaten und Informationen zur Entwicklung des Umlandes von Berlin
- Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
Übernahme von Klimaszenarien, Bewertung der Szenarienergebnisse
- Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie
Übernahme von Klimaszenarien
- Büro für Angewandte Hydrologie
Einzugsgebietsmodellierung mit Arc/EGMO, Szenarien zur Berechnung des Eigenwasserdargebots von Berlin bei Landnutzungs- und Klimaänderungen
- Brandenburgisch Technische Universität Cottbus

Gemeinsame Umsetzung von Klimaszenarien in das ArcGRM und gemeinsame Rechnungen von Szenarien mit dem ArcGRM GLOWA, Übernahme der Ergebnisse von ArcGRM-Szenarien im bergbaubeeinflussten Spreengebiet

- Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
Ermittlung des Stoffeintrags in das Berliner Gewässernetz und Untersuchungen zum Stofftransport und der Stoffumsetzung in den durchflossenen Seenstrecken, Daten zur Besiedlung an Makrozoobenthos
- Büro für Wasser und Umwelt
Entwicklung des hydrodynamischen Modells und des dynamischen Ökosystemmodells für das Berliner Gewässernetz.

Die BfG lieferte den Kooperationspartnern folgende Unterlagen und Untersuchungsergebnisse:

- Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
Ausgewählte Szenarienergebnisse aus ArcGRM GLOWA und QSim als Grundlage für die Bewertung
- Büro für Angewandte Hydrologie
Wassernutzungsdaten und Ergebnisse von Wasserhaushaltsuntersuchungen zur Verifizierung und Plausibilisierung der Arc/EGMO-Modelle
- Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
Ausgewählte Szenarienergebnisse aus dem ArcGRM GLOWA als Randbedingung für die Untersuchungen der durchflossenen Seenstrecken.

II. Eingehende Darstellung

1. Erzielte Ergebnisse

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse ist dem Bericht zum Teilprojekt 2.3 „Ballungsraum Berlin / Untere Havel“ zu entnehmen. In dem Schlussbericht zum Vorhaben soll deshalb nur eine kurze Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse erfolgen.

Die Auswirkungen der Szenarien und Handlungsalternativen auf die Wasserverfügbarkeit für alle wichtigen Nutzer des Großraumes Berlin wurden mit dem Modell ArcGRM GLOWA, Berlin-Baustein untersucht. Das Modell ermöglicht Auswertungen, die sich auf die Monatsmittelwerte für bestimmte Jahre oder auch bestimmte 5-Jahres-Perioden beziehen. Da die aus den Handlungsalternativen abgeleiteten Varianten sich nicht in den einzelnen Jahren, sondern periodenweise unterscheiden, wurden auch die Auswertungen periodenweise vorgenommen. So stehen für die Wahrscheinlichkeitsaussagen je Periode und Monat 500 Werte zur Verfügung.

Es wurden folgende Szenarien, die auf einem Auslaufen des Bergbaus in der Lausitz und dem Klimawandel A1 basieren, definiert:

- das Basisszenario (Flutung der Tagebaurestseen gemäß derzeitiger Planungen)
- das Flutungsszenario (schnellere Flutung)
- das Oderwasserszenario Berlin (zusätzliche Oderwasserüberleitung über die derzeitige Kapazität der Anlagen hinausgehend)
- und das Szenario reduzierte Fließe (Flutung auf Kosten der Versorgung der kleinen Fließe).

Es wurden folgende dazu alternative Varianten definiert:

- Alt1: business as usual (b.a.u.), Klärwerksabflüsse und –einleitungen sowie Betreiben der Heizkraftwerke wie nach Senatspolitik (BAS) vorgesehen
- Alt2: Energie- und Wasserpolitik (EP), Einführung wassersparender Maßnahmen und Technologien bei Wasserwerken, Kläranlagen und Heizkraftwerken
- Alt3: Umverteilung (UM), ganzjährige Umleitung des Ablaufs der KA Ruhleben in die Spree
- Alt4: Ganzjährige Umleitung des Ablaufs der KA Ruhleben und zusätzlich bessere Klärtechnologie

Die Ergebnisse für die Reihen der Pegel Große Tränke, Neue Mühle und Wernsdorf werden intern im ArcGRM vom Baustein Obere Spree (BTU Cottbus) an den Berlin-Baustein (BfG) übergeben.

Allen Szenarien und Varianten ist ein starker Abfall der Überschreitungswahrscheinlichkeiten für die Mindestdurchflüsse der wichtigen Berliner Pegel Sophienwerder, Mühlendamm, Kleinmachnow und Unterschleuse im Landwehrkanal ab der Periode 2033-2037, speziell für die Monate Juli und August gemeinsam. Der Abfall beträgt in der letzten Periode (2048-2052) bis zu 30 %-Punkte für die Stadtspreet (Wintermonate: 0), 20%-Punkte für die Havel (Wintermonate: 15) und 40 %-Punkte für den Teltowkanal (Wintermonate: 10). Der vorübergehenden Verbesserung durch höheren Zufluss am Pegel Große Tränke während des Zeitraumes 2018-2032 infolge des erreichten Fortschrittes beim Auffüllen der Tagebaurestlöcher folgt eine anhaltende Verschlechterung. Das liegt zum einen an der Beendigung des Bergbaus und somit dem Wegfall von Sumpfungswasser mit gleichzeitig erhöhtem Bedarf an Flutungswasser zur Auffüllung der stillgelegten Tagebaue und zum

anderen an der fortgeschrittenen Klimaveränderung, was negative Wasserbilanzen im Spreewald zur Folge hat.

Allein das Szenario Oderwasserüberleitung führt zu akzeptablen Überschreitungswahrscheinlichkeiten für Mindestdurchflüsse und Nutzerbefriedigung. Über den gesamten Zeitraum liegt die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Mindestdurchflusses für Große Tränke bei diesem Szenario über 90 %. Für die Pegel Mühlendamm und Sophienwerder verschlechtert sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Mindestdurchflusses in der letzten gegenüber der ersten Periode lediglich um 1 - 3%-Punkte. Somit liegen diese Werte um ca. 25 - 30%-Punkte über denen beim Basisszenario.

Auch das Flutungsszenario erwies sich als günstiger, verglichen mit dem Basisszenario. Beim Flutungsszenario werden, im Gegensatz zum Ergebnis für den Pegel Große Tränke, die Mindestdurchflusswerte für die Pegel Mühlendamm und Sophienwerder auch in der ersten Periode häufiger erreicht als beim Basisszenario.

Das Szenario reduzierte Fließe ist nicht nur nachteilig für den Spreewald, sondern auch für das unterhalb gelegene Einzugsgebiet Berlin. Bis zur dritten Periode (2013-2017) ist es schlechter, danach ähnlich wie das Basisszenario.

Von den drei mit ArcGRM untersuchten Varianten, die auf Handlungsalternativen für den Berliner Raum basieren, erwies sich die Variante EP (Verbrauch der Wasser- und Klärwerke geht um 1/3 zurück) in Bezug auf die Bedarfsbefriedigung der Nutzer als die günstigste, jedoch geht dies auf Kosten der Mindestdurchflusswerte der Pegel der Stadtspreewald ab Periode 2023-2027, da hier dann weniger Abwasser eingeleitet wird. Das kann auch durch die geringeren Entnahmen der Wasserwerke nicht ausgeglichen werden. Von der Variante UM (keine Überleitung des Ablaufs der KA Ruhleben in den Teltowkanal mehr) profitieren die Nutzungen ab bzw. unterhalb Pegel Sophienwerder.

Die o.g. Verschlechterung der Verfügbarkeit der Wasserressource und der Versorgung der Nutzer ab der Periode 2032-2037 bedeutet u.a., dass der Bedarf der Wasserwerke Friedrichshagen/Spreefassung (Abbildung 1) und Kladow trotz Verringerung des Entnahmebedarfes nicht mehr ohne eine Grundwasserabsenkung gedeckt werden kann.

Eine Fortführung des Bergbaus im oberhalb gelegenen Gebiet der Lausitz ist denkbar und könnte die Wasserknappheit sowohl für den Spreewald als auch für Berlin lindern.

Weitere Reserven bei der Erschließung von Wasserressourcen für Berlin liegen zum einen in der Aufhöhung des Zuflusses aus der Oberen Havel und zum anderen in der Nutzung der Reserven, die die Teileinzugsgebiete Berlins selbst beinhalten.

Wie Abbildung 2 zeigt, nimmt die Bedeutung dieser Komponenten der Wasserführung der Berliner Oberflächengewässer für die Zeit ab 2003 gegenüber dem beobachteten Zeitraum 1971-1995 wesentlich zu. Lag der Anteil des Zuflusses aus Spree, Dahme und Oder-Spree-Kanal während des Beobachtungszeitraumes im Mittel noch bei 60 %, so wird dieser in der Periode 2048-2052 nur noch bei 46 % liegen.

Diese ersten Ergebnisse der Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserverfügbarkeit im Ballungsraum Berlin unter den Bedingungen des Globalen Wandels zeigen, dass mit einer Abnahme der Wasserverfügbarkeit zu rechnen ist. Die angedachten Handlungsoptionen wie Verringerung des Wasserbedarfs, Umverteilung der Wasserflüsse innerhalb des Ballungsraumes und die Überleitung von Wasser aus der Oder reichen nicht aus, um das Defizit auszugleichen. Andererseits sind andere Handlungsoptionen denkbar, die noch nicht untersucht wurden.

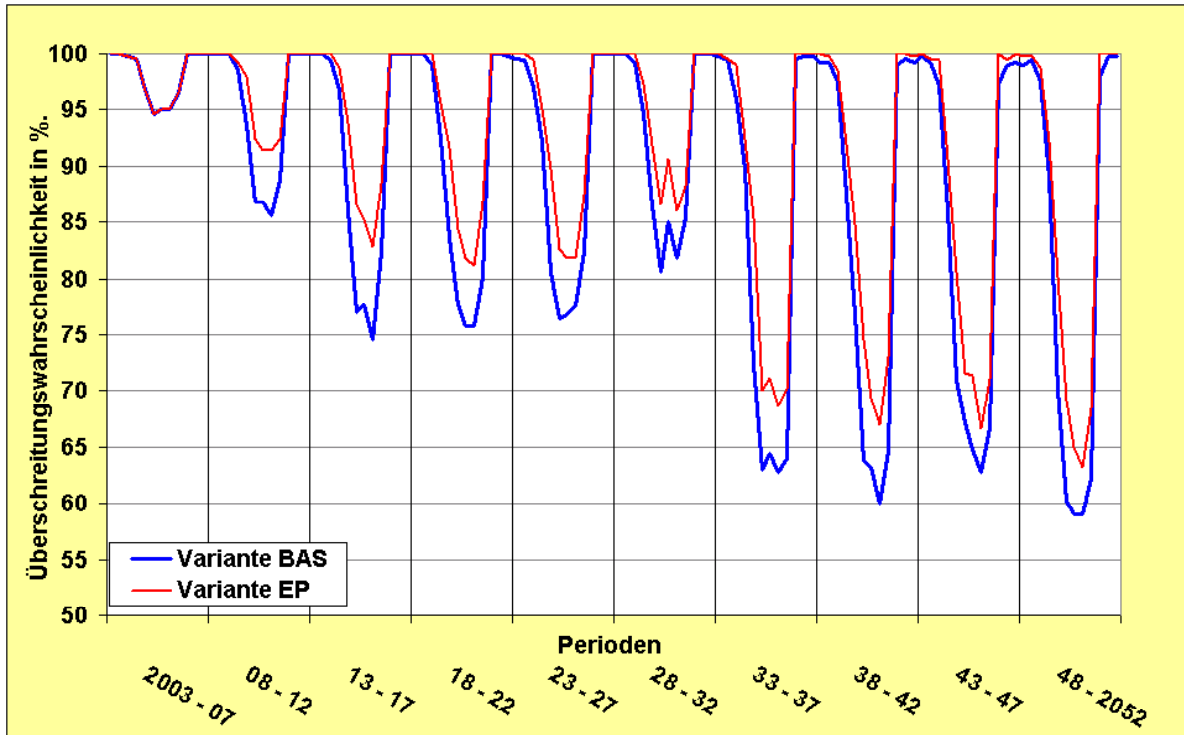


Abbildung 1: Variantenvergleich: Bedarfsbefriedigung für das Wasserwerk Friedrichshagen (Spreefassung) in den einzelnen Perioden (Basisszenario)

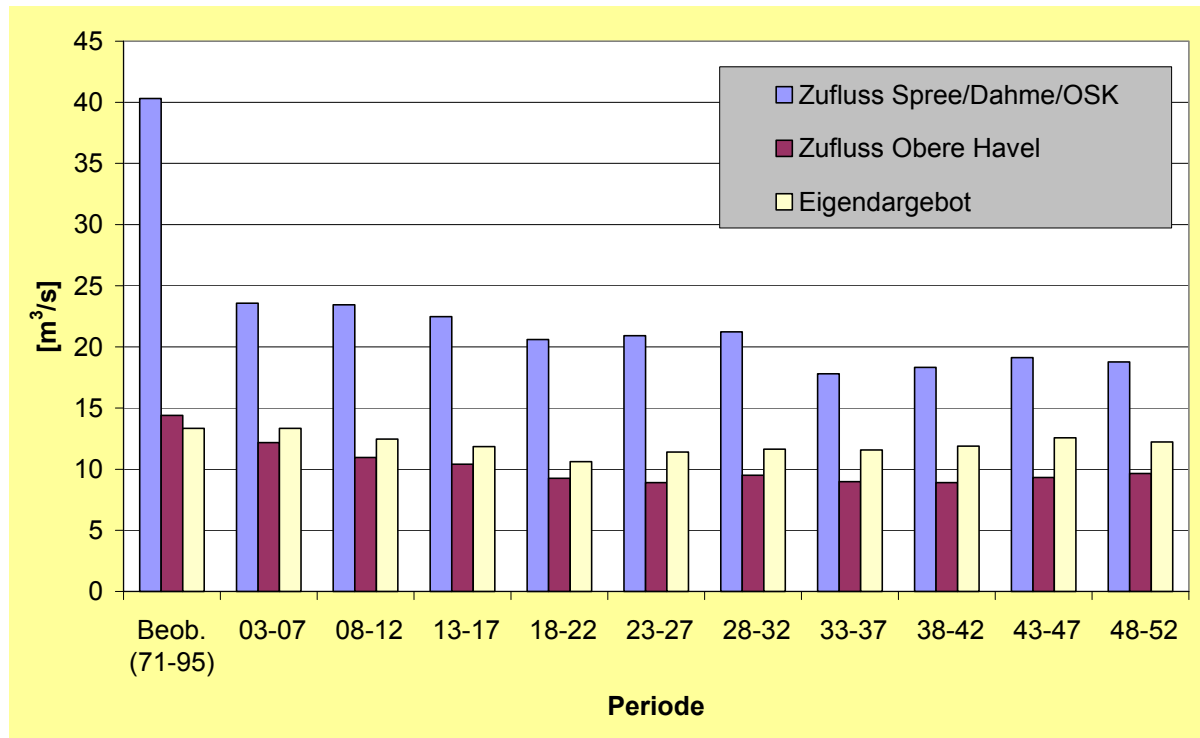


Abbildung 2: Vieljährige Monatsmittelwerte der Zuflüsse nach Berlin und des Eigendargebotes Berlin

Von ArcGRM GLOWA wurden an QSim Monatsmittelwerte des Abflusses der beiden Perioden 1 und 10 für das Basis- und Oderwasserszenario und alle Varianten übergeben. Für die Modellierung der Gewässergüte und Trophie im Müggelsee mit Hilfe des Modells EMMO wurden für die Periode 10 (2048 – 2052) Annahmen zur Entwicklung der Belastung des Einzugsgebietes sowie des oberhalb gelegenen Flussabschnittes getroffen. Diese

Annahmen wurden für die Periode 10 von QSim auf die Wasserqualität am oberen Modellrand bei der BfG-Messstelle (SOW-km 27,2) sowie den einmündenden Flüssen und Kanälen wie auch der Oder angewandt. Dabei wurden von QSim die Auswirkungen des Globalen Wandels auf die Gewässergüte und die Trophie zweier Fließstränge im Berliner Gewässernetz untersucht. Der Abschnitt Nord umfasst hauptsächlich die Untere Spree, der Abschnitt Süd hauptsächlich den Teltowkanal.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass sich der Sauerstoffgehalt im Abschnitt Nord bei den untersuchten Szenarien und Alternativen nur geringfügig ändert. Die geplanten gütetechnischen Maßnahmen erscheinen also als geeignet, die negativen Auswirkungen der Abflussverminderung auf den Sauerstoffhaushalt weitgehend auszugleichen (Abb. 3). Die Simulation einer Oderwasserüberleitung für die Periode 10 führt entgegen den Erwartungen zu einer nur geringen Belastung des Sauerstoffhaushaltes. Im Abschnitt Süd ergeben die Simulationen, dass eine Umstellung des Heizkraftwerkes Lichterfelde auf moderne Kühltechnologie für den generell belasteten Sauerstoffhaushalt von Vorteil wäre (Abb. 4). Eine Oderwasserüberleitung führt am Britzer Kreuz indirekt über einen erhöhten Zufluss aus dem Teltowkanal zu einer zusätzlichen Belastung des Sauerstoffhaushaltes im Abschnitt Süd. Eine ganzjährige Einleitung der Kläranlage Ruhleben in die Spree würde entgegen den Erwartungen im Abschnitt Nord an der Spreemündung und im Abschnitt Süd bei Kohlhasenbrück zu keinen merklichen Veränderungen im Sauerstoffgehalt führen (Alternative 3).

Im Gegensatz zum Sauerstoffhaushalt wird der Nährstoffhaushalt durch den Ablauf der KA Ruhleben in beiden Abschnitten deutlich belastet. Es zeigt sich, dass eine Aufrüstung der Kläranlagen Stahnsdorf und Ruhleben mit Membranfiltrationstechnologie (Alternative 4) die Stickstoffbelastung stark verringert. Durch die Einführung dieser Technologie würden auch die Badestellen in der Havel von den fäkalcoliformen Bakterien aus den Kläranlagen entlastet werden, so dass eine ganzjährige Einleitung der KA Ruhleben in die Spree möglich wäre. Die Oderwasserüberleitung führt erwartungsgemäß zu einer etwas höheren Nährstofffracht. Der Nährstoff- und Sauerstoffhaushalt im Abschnitt Süd ist und bleibt bei allen Alternativen stark belastet.

Die Trophie ändert sich bei den verschiedenen Szenarien und Alternativen eher geringfügig. Die reduzierte Belastung beider Flussabschnitte in der Periode 10 durch geringere Algenbiomassenfrachten flussaufwärts des Untersuchungsgebietes sowie im Einzugsgebiet führt nur zu leicht erniedrigten Algengehalten. Denn durch die reduzierten Abflüsse und die erhöhte Globalstrahlung werden die Zeit und die Lichtbedingungen für das Algenwachstum in Periode 10 verbessert, so dass dennoch hohe Gehalte erreicht werden können.

Bei der Simulation des Wärmehaushaltes im Abschnitt Nord wurden auch für die Periode 10 bei höherer Globalstrahlung keine kritischen Situationen ermittelt (Abbildung 3). Hier zeigt sich die Wirkung der bereits 2002 eingeführten Verbesserungen im Heizkraftwerksbetrieb. Im Abschnitt Süd wird die für die Periode 10 simulierte Zunahme der Globalstrahlung und Abnahme der Abflüsse zu einer stärkeren Belastung im Wärmehaushalt führen (Abbildung 4). Es werden deutliche wirtschaftliche Einbußen für die Betreiber des Heizkraftwerkes Lichterfelde prognostiziert, da das Kraftwerk bis zu 2 Monaten abgeschaltet werden muss. Dies könnte durch die Modernisierung des Kühlsystems verhindert werden, wodurch gleichzeitig der generell wärmebelastete Teltowkanal entlastet würde. Die Oderwasserüberleitung wirkt sich erwartungsgemäß entlastend für den Wärmehaushalt beider Abschnitte aus.

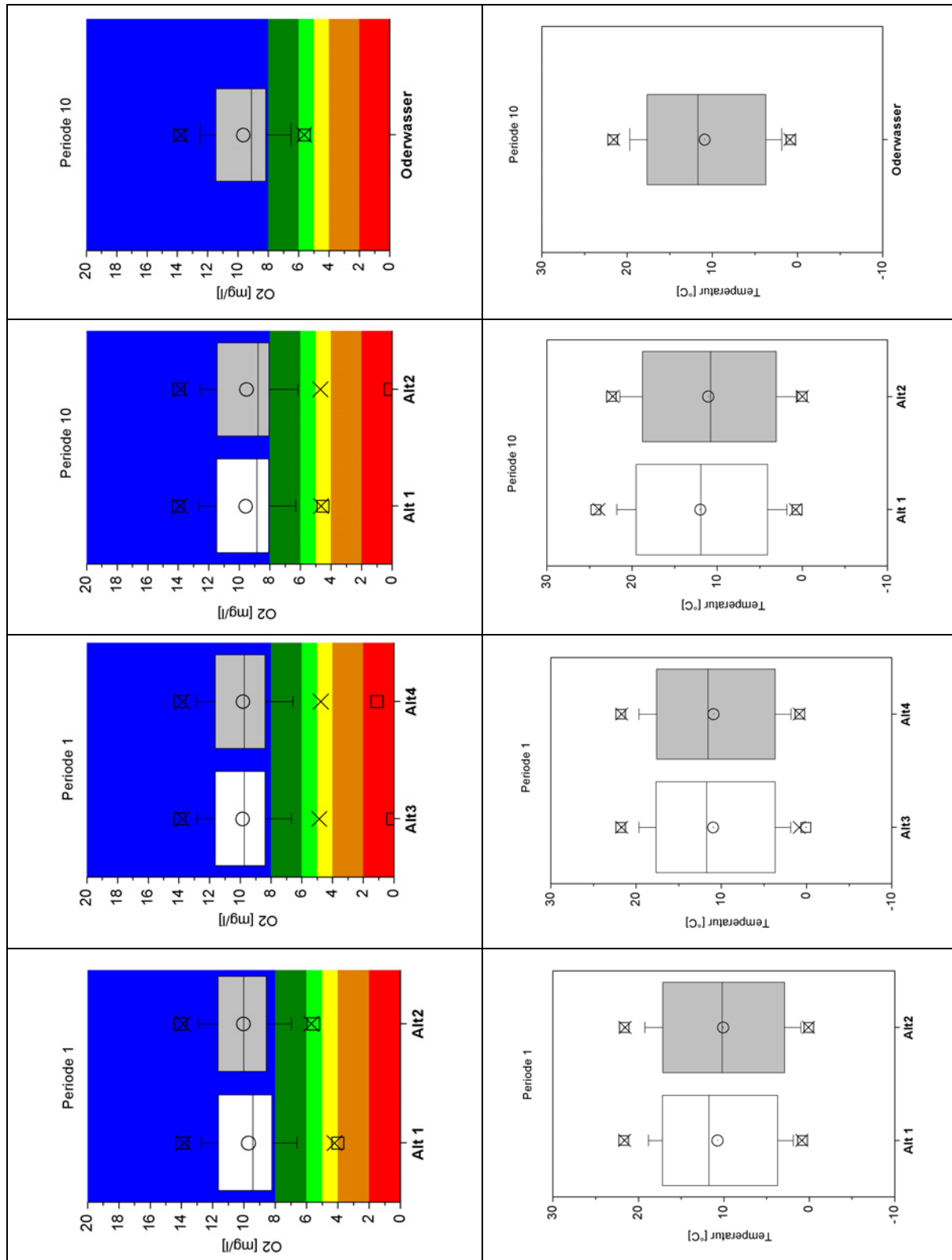


Abbildung 3: Boxplots des Sauerstoffgehaltes und der Wassertemperatur an der Spreemündung für das Basisszenario und alle vier Alternativen sowie für das Oderwasserszenario, Alternative 1. Beim Basisszenario in der Periode 10 sind die Alternativen 1, 3 und 4 identisch.

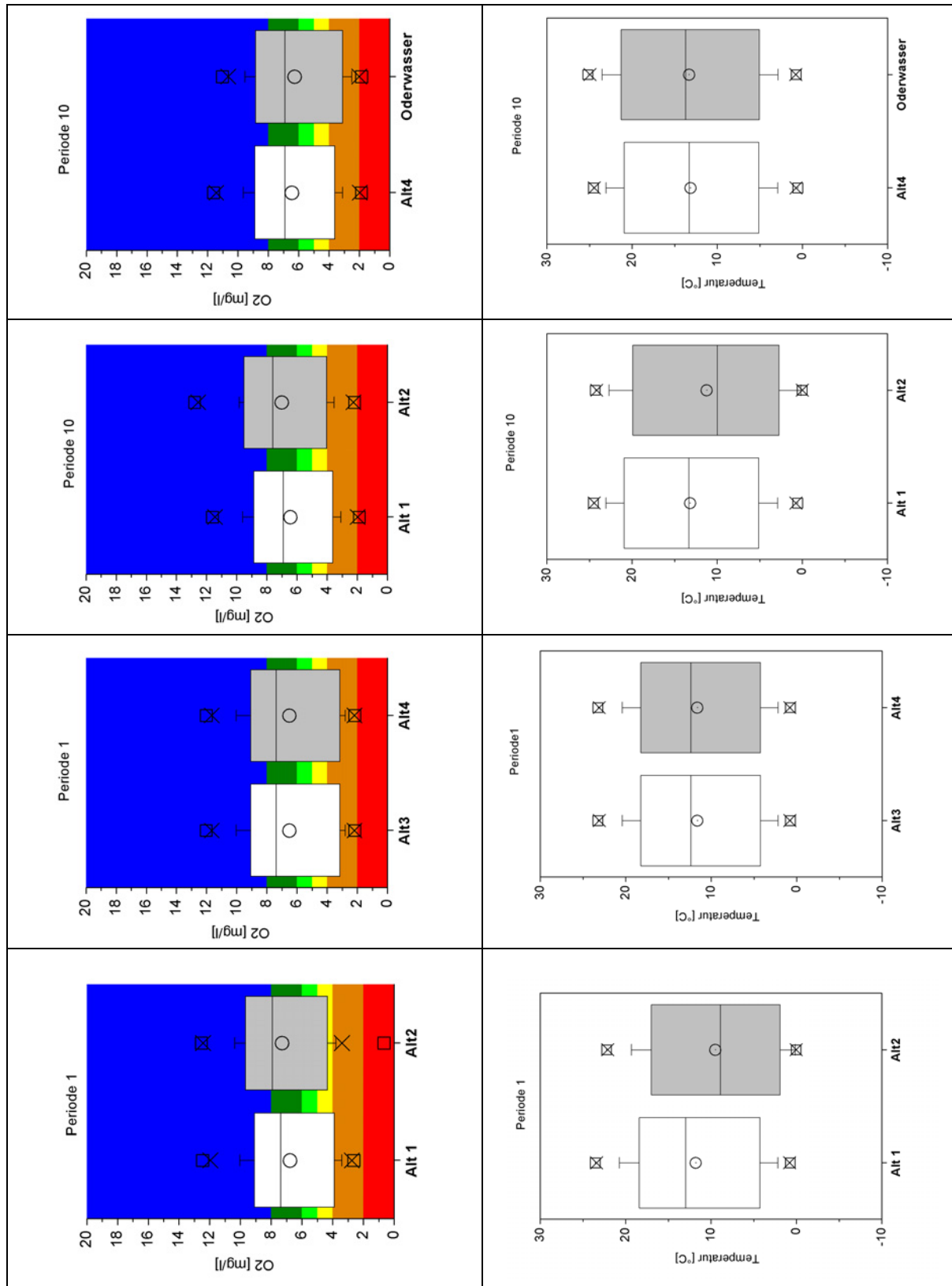


Abbildung 4: Boxplots des Sauerstoffgehaltes und der Wassertemperatur im Teltowkanal bei Kohlhasenbrück (TeK-km 3,5) für das Basisszenario und alle vier Alternativen sowie für das Oderwasserszenario, Alternative 1. Beim Basisszenario in der Periode 10 sind die Alternativen 1 und 3 identisch

Bei der Betrachtung der Gewässergüte im Berliner Gewässernetz wird deutlich, dass wie schon bei vorherigen Untersuchungen generell im Abschnitt Nord wesentlich bessere Verhältnisse im Vergleich zum Abschnitt Süd vorherrschen. Die Simulationen zeigen, dass in der Periode 10 die negativen Folgen sinkender Abflüsse im Berliner Gewässernetz durch eine verringerte Belastung aus dem Einzugsgebiet teilweise ausgeglichen werden können. Dies ist jedoch nur der Fall, wenn sich in 50 Jahren die Verbesserungen der Gewässergüte und der Trophie oberhalb der Stadtspreewälder See sowie die Belastung im Einzugsgebiet und in der Oder entsprechend der vom Projektpartner IGB übernommenen Annahmen einstellen werden. Ansonsten muss davon ausgegangen werden, dass zukünftig bei sinkenden Abflüssen vermehrt kritische Zustände der Gewässergüte und Trophie im Berliner Gewässernetz erreicht werden.

Generell hat sich das Gewässergütemodell QSim als geeignet erwiesen, die Verhältnisse im Berliner Gewässernetz abzubilden. Jedoch sollte der Abschnitt Süd nach Fertigstellung der Kopplung von QSim mit dem Abflussmodell HYDRAX erneut berechnet werden, um die zeitweise auftretende Fließumkehr im Britzer Verbindungskanal bei der Abflusssteuerung 2002 nachzubilden. Auch muss der quasi-zweidimensionale Ansatz, der im Wannsee zum Einsatz kam, überprüft werden. Allerdings liegen zu Konzentrationsänderungen von Sauerstoff- und Chlorophyll *a*-Gehalt im Vertikalprofil im Wannsee wie auch zu biologischen Gruppen (Phyto- und Zooplankton) im Berliner Gewässernetz kaum Messdaten vor. Für ein besseres Verständnis der Gewässergüte im Berliner Gewässernetz sollte deshalb auch das Untersuchungsprogramm von SenStadt entsprechend erweitert werden.

2. Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die **Modelle** ArcGRM GLOWA und das QSim können an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, das Landesumweltamt Brandenburg, die Wasser- und Schifffahrtsämter Berlin und Brandenburg zur eigenen Nutzung übergeben werden. Dies betrifft auch die erarbeiteten Nutzungsvarianten. So können beliebige Szenarien- und Variantenrechnungen durchgeführt werden, z.B. in Vorbereitung auf Baumaßnahmen oder für mittel- bzw. langfristige Prognosen. Mit der Senatsverwaltung wurden schon zwei Verwaltungsvereinbarungen zur Nutzung des Ökosystemmodells und des hydrodynamischen Modells abgeschlossen.

Die **Ergebnisse** werden nach Projektende an die oben genannten Entscheidungsträger und an das Wasserstraßenneubauamt Berlin sowie an die Stakeholder Berliner Wasserbetriebe und den Berliner Energiebetrieb BEWAG übergeben. Aus den Aussagen zu Über- bzw. Unterschreitungswahrscheinlichkeiten bestimmter Abflüsse bzw. Bedarfsbefriedigungen und zur Gewässergüte der Fließgewässer können Schlussfolgerungen über notwendige Veränderungen in der Wasserpolitik getroffen werden.

Im Ergebnis eines Workshops zu den Ergebnissen der BfG bekundeten die Entscheidungsträger und Stakeholder ihr Interesse an weiteren Szenarienuntersuchungen mit dem ArcGRM GLOWA und QSim zur Klärung spezieller Fragen aus ihrem Verantwortungsbereich. Gleichzeitig bedauerten sie jedoch auch den Mangel an personellen und finanziellen Ressourcen zur qualifizierten Weiterführung der Arbeiten außerhalb des GLOWA-Projektes oder der Beauftragung der BfG.

Die **Erfahrungen** bei der Bewirtschaftungsmodellierung eines Ballungsgebietes nach Menge und Güte können auf andere Ballungsgebiete, speziell der Elbe, angewendet werden.

3. Fortschritt auf dem Gebiet des Auftrages an anderen Stellen

Während des Auftrages wurde an keiner anderen Stelle versucht, Bewirtschaftungs-, hydrodynamische – und dynamische Ökosystemmodelle für das Berliner Gewässersystem zu entwickeln. Aus diesem Grund haben die Länder Berlin und Brandenburg auch ein starkes Interesse, diese Modelle zu nutzen.

4. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

WENZEL, V., EIDNER, R., FINKE, W., OPPERMAN R. AND C. RACIMOW: Integrated water resources management in terms of quantity and quality in the Berlin region under the conditions of global change. In: Modeling water resources phenomena – Water resources management. Proceedings of Third International Conference on Water Resources and Environment Research, Dresden, Germany, Vol. I, p. 413-416, 2002

RACHIMOW, C., EIDNER, R., FINKE, W., OPPERMAN, R., PFÜTZNER, B. UND V. WENZEL: Integrierte Analyse der Auswirkungen des globalen Wandels auf die Wasserverfügbarkeit, die Gewässergüte und die Sozioökonomie in der Region Berlin/Spree und untere Havel. In: Die Elbe – neue Horizonte des Flussgebietsmanagements. 10. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Teubner Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, S. 345-348, 2002

RACHIMOW, C., PFÜTZNER, B. UND W. FINKE: Untersuchungen zum Einfluss des globalen Wandels in Klima und Gesellschaft auf Wasserdargebot und –verfügbarkeit im Großraum Berlin. BfG-Bericht 1387, September 2003

BERGFELD, T., V. KIRCHESCH, J. SCHAPER, R. EIDNER & D. MÜLLER (in prep.): Modellgestützte Analyse der Gewässergüte des Berliner Gewässernetzes unter Berücksichtigung von Wassernutzungskonflikten im Ballungsraum Berlin unter den Bedingungen des globalen Wandels. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht 1393.

RACHIMOW, C., PFÜTZNER, B. UND W. FINKE: Wasserdargebot und Wasserverfügbarkeit im Großraum Berlin – Einfluss des globalen Wandels in Klima und Gesellschaft. BfG-Mitteilungen (2004)

BERGFELD, T., V. KIRCHESCH, J. SCHAPER, R. EIDNER & D. MÜLLER: Modellgestützte Analyse der Gewässergüte des Berliner Gewässernetzes - Einfluss von Wassernutzungskonflikten unter den Bedingungen des Globalen Wandels in Klima und Gesellschaft. BfG-Mitteilungen (2004).

W. FINKE, RACHIMOW, C. UND B. PFÜTZNER: Untersuchungen zu Wasserdargebot und Wasserverfügbarkeit im Ballungsraum Berlin im Rahmen des Verbundprojektes GLOWA Elbe. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 2004

III. Erfolgskontrollbericht

1. Wissenschaftlich- technische Ergebnisse und Erfahrungen

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Erfahrungen ist im Abschnitt II.1 zu finden

2. Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Es ergeben sich keine Schutzrechtsansprüche.

3. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Es erfolgt keine Vermarktung der Ergebnisse

4. Wissenschaftliche Erfolgsaussichten

Die Verwertbarkeit der Ergebnisse ist im Abschnitt II.2 dargestellt

5. Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit für eine nächste Phase

Eine teilweise Fortsetzung der Arbeiten wird in GLOWA II erfolgen.

6. Arbeiten, die zu keiner Lösung führten

Die Arbeiten zu einer Lösung des Problems der **Wasserbewirtschaftung von komplexen Flussgebieten nach Menge und Güte** durch Koppelung des Bewirtschaftungsmodells ArcGRM mit dem Ökosystemmodell QSim über ein instationäres hydrodynamisches Modell werden in der BfG fortgesetzt. Durch Probleme bei der Validierung des instationären hydraulischen Modells, die mit den in Berlin sehr geringen Fließgeschwindigkeiten zusammen hängen, kann vorläufig nur offline und quasistationär gerechnet werden. Dies berührt jedoch nicht die allgemeine Anwendbarkeit der Philosophie zur Schaffung eines einheitlichen Modells der integrierten Wasserbewirtschaftung von komplexen Flussgebieten nach Menge und Güte, die weiter verfolgt werden wird.

Für das Gewässergütemodell QSim wurde ein weiteres Modul „**Coli-Bakterien**“ entwickelt. Dieses Modul ist in dem Bericht zum Teilprojekt 2.3 „Ballungsraum Berlin / Untere Havel“ ausführlich beschrieben. Dabei ist es generell so, dass im Gewässer kein Wachstum der fäkalcoliformen Bakterien (hauptsächlich *Escherichia coli*) stattfindet, die Konzentration sinkt im Flussverlauf. Aus den Messwerten des Senats von 1996 wird ersichtlich, dass die Konzentration an fäkalcoliformen Bakterien flussabwärts der Spree angestiegen ist, obwohl keine Kläranlage einmündet (Daten von Senstadt). Hieraus lässt sich ableiten, dass fäkalcoliforme Bakterien durch diffuse Quellen in die Spree eingetragen werden. Da keine quantitativen Daten zu diesen Quellen im Untersuchungsgebiet vorliegen, ist aufgrund fehlender Eingabedaten eine Modellierung der Konzentration an fäkalcoliformen Bakterien in der Spree und im Teltowkanal derzeit nicht möglich.

7. Präsentationsmöglichkeiten

Ein Abschluss-Workshop für das Teilprojekt Spree/Havel wurde im Juni 2003 mit allen Interessengruppen durchgeführt. Weitere Präsentationen finden innerhalb der geplanten Auswertungen des Gesamtprojektes GLOWA I statt.

8. Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Der Kosten- und Zeitplan wurde eingehalten.