

BMBF Verbundprojekt ELaN



*Entwicklung eines integrierten **Landmanagements** durch nachhaltige Wasser- und Stoffnutzung in **Nordostdeutschland***

Schlussbericht



Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) im Forschungsverbund Berlin e.V. (FvB)

Prof. Dr. Gunnar Nützman

Berlin, 18.02.2015

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033 L 025 J gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Schlussbericht zu Nr. 3.2. BNBest-BMBF 98 - Schlussbericht ELaN-IGB -

Zuwendungsempfänger:

Leibniz-Institut für Gewässerökologie und
Binnenfischerei im FvB e.V.

Förderkennzeichen:

033 L 025 J

Vorhabenbezeichnung:

ELaN- Entwicklung eines integrierten Landmanagements durch nachhaltige Wasser-
und Stoffnutzung in Nordostdeutschland – Teilvorhaben J:
Wasserhaushaltsmodellierung Berlin

Der Bericht für das IGB umfasst die Darstellung des Teilprojekts:

TP02_ Wasser- und Stoffhaushalt Berlin, Teilvorhaben J:
Wasserhaushaltsmodellierung Berlin

Laufzeit des Vorhabens:

01.01.2011 – 30.06.2014

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das Ziel dieses Teilprojekts bestand darin, mit Hilfe der Kopplung von hydrologischen und Grundwassermodellen für den Rieselfeldstandort Berlin-Buch/Hobrechtsfelde verschiedene Optionen alternativer Klarwasserausbringung hinsichtlich des Effektes der Stützung sensibler Feuchtgebiete und Oberflächengewässer zu untersuchen. Dabei waren sowohl die Reaktionen des Wasserhaushalts dieser Standorte auf Extremereignisse (insbesondere der Fall von hydrologischer Trockenheit) als auch auf verschiedene Stützungsmaßnahmen mit Klarwasser zu testen und zu bewerten. Darüber hinaus sollten die Modelle für spätere Stofftransportuntersuchungen geeignete Datensätze der Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den verschiedenen hydrologischen Kompartimenten liefern.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Der Antragsteller IGB und sein Projektpartner, das Büro für Angewandte Hydrologie (BAH) unter Leitung von Dr. Pfützner, haben in den letzten Jahren zu Schwerpunkten gearbeitet, die für das Forschungsvorhaben von entsprechender Relevanz sind (u.a. Entwicklung gekoppelter hydrologischer Modelle für die Abflusssimulation in Tieflandeinzugsgebieten, Bilanzierung des Wasser- und Stoffhaushalts von Seen unter besonderer Berücksichtigung der unterirdischen Abflusskomponenten). Aus dieser Zusammenarbeit sind Publikationen und Vorträge auf nationalen und internationalen Tagungen hervorgegangen, von denen das DWA-Themenheft „Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser“ exemplarisch hervorzuheben wäre (DWA 2013). Zu den weiteren Voraussetzungen zählten beim IGB die durch verschiedene Projekte

unterstützte Entwicklung eines interdisziplinären Forschungsbereichs zu aquatischen Grenzzonen, in dem Forschungen zur Quantifizierung der hydrologischen und biogeochemischen Wechselwirkungen zwischen Fließgewässern, Seen und dem Grundwasser konzipiert und erfolgreich durchgeführt wurden.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens.

Ehemalige Rieselfeldgebiete im Berliner Umland haben aufgrund der sehr spezifischen Nutzungsart und –dauer sich deutlich von natürlichen Landschaften unterscheidende hydrologische und hydrogeologische Charakteristiken. Die Aufnahme und Klassifizierung dieser für den Wasserhaushalt von Tieflandeinzugsgebieten wesentlichen Eigenschaften wurde bereits als Vorstufe zum Projekt in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Senatsverwaltung Berlin, Berliner Wasserbetriebe und der FU Berlin geleistet. Ein nächster Meilenstein bestand in der Entwicklung konzeptioneller Modelle zur Abbildung ober- und unterirdischer Abflussprozesse, welche die Grundlage für die numerischen Simulationen bilden. Dies erfolgte in enger Abstimmung mit den Bearbeitern des TP 02, um eine möglichst einheitliche methodische Basis herzustellen. Des Weiteren dienten die Simulationen der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern mit den ausgewählten Modellsystemen zur flächendifferenzierten Abbildung des Landschaftswasserhaushalts, um die bereits eingetretenen Veränderungen der Abflussbildung im quantitativen (und an einzelnen Standorten auch im qualitativen) Sinne abzubilden und zu verstehen. Diese Ergebnisse sollten die hydrologische Grundlage für die Ableitung von Maßnahmen für eine nachhaltige Verbesserung der wasserhaushaltlichen Situation dieser Gebiete bilden, die Modellcharakter für geographisch-klimatisch-hydrologisch ähnliche Gebiete im Nordostdeutschen Tiefland haben.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Veränderungen im Abflussregime von kleineren und mittleren Fließgewässern im Raum Berlin/Brandenburg in den letzten Jahren sind bereits als Folgen von Klimaänderungen anzusehen (Nützmann 2007). Aus einer Ursachenanalyse für zunehmende hydrologische Trockenheit im Nordostdeutschen Tiefland (Nützmann und Mey 2007) wird deutlich, dass die Grundwasserverhältnisse zum erheblichen Teil für die Abflussverluste verantwortlich sind (siehe auch Möller und Burgschweiger 2008). Aus diesem Grunde können die bisher angewandten klassischen Methoden der Niederschlags-Abfluss-Modellierung durch die fehlende Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Basisabflüsse die zu erwartenden Verhältnisse nicht adäquat abbilden. Da auch im Einzugsgebiet des Lietzengrabens die Abflussbildungsprozesse vorwiegend unterirdisch über das Sicker- und Grundwasser stattfinden, war die modellgestützte Quantifizierung dieser Komponenten und der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern von besonderer Wichtigkeit. Deshalb wurden ein bereits in verschiedenen Anwendungen getestetes gekoppeltes Wasserhaushaltsmodell (Oberflächenwasser-Grundwasser) auf der Basis der Programme ArcEGMO-PSCN-ASM (Pfützner 2003, Klöcking 2009) und das System HydroGeoSphere (Therrien et al. 2010) ausgewählt. Letzteres ist weltweit das einzige, mit dem alle Teile des hydrologischen Kreislaufs abgebildet werden können, und es wird im Wesentlichen zu Forschungszwecken eingesetzt.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit bezog sich vor allem auf das Büro für Angewandte Hydrologie und die direkten Partner innerhalb des Teilprojektes TP02.

Literatur

- DWA (2013): Themenheft T2 T2/2013 „Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser“, 157 S.
- Klöcking, B. (2009): Das ökohydrologische PSCN-Modul innerhalb des Flussgebietsmodells ArcEGMO: Theoretische Modellbeschreibung. - Modelldokumentation ArcEGMO [Online], Verfügbar: http://www.arcegmo.de/PSCN_2009.pdf [Zugriffsdatum: 15.12.2011]
- Nützmann, G., Mey, S. 2007. Model based estimation of runoff changes in a small watershed of north-eastern ermany, *Journal of Hydrology*, 334, 467-476.
- Nützmann, G. 2007. Klimaänderungen und Wassermangel. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 51 (4), 190-191.
- Möller, K. und Burschweiger, J. (Hrsgb.) 2008: Wasserversorgungskonzept für Berlin und für das von den BWB versorgte Umland (Entwicklung bis 2040). Berliner Wasserbetriebe, 73 S.
- Pfützner, B. (2003). Modelldokumentation ArcEGMO. <http://www.arcegmo.de>, 2003.
- Therrien, R., McLaren, R.G., Sudicky, E.A., Panday, S.M. (2010): HydroGeoSphere. A three-dimensional numerical model describing fully-integrated subsurface and surface flow and solute transport.

II. Eingehende Darstellung

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

Auswahl der Modellwerkzeuge

Zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellung wurde zum einen das bereits praktisch erprobte gekoppelte Wasserhaushaltsmodell ArcEGMO-PSCN-ASM aktualisiert und implementiert, zum anderen erfolgte die erstmalige Anwendung des Modellsystems HydroGeoSphere. Letzteres wurde statt der im Antrag vorgeschlagenen Modellkopplung von ArcEGMO und PMWIN ausgewählt, weil mit diesem Modell der hydrologische Kreislauf (Oberflächenabfluss, Abfluss in den Gräben, Versickerung und Grundwasserneubildung, Exfiltration von Grundwasser in die Vorflut, Infiltration von Oberflächenwasser in den Aquifer, Grundwasserströmung) geschlossen abgebildet werden kann, d.h. ohne zusätzliche Übergangsbedingungen und –annahmen zwischen den einzelnen hydrologischen Kompartimenten. Ein Vergleich beider Modellsysteme sollte insbesondere die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Simulation von Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen auf ihre Eignung besser aufklären, um für spätere Modellanwendungen praktische Hinweise geben zu können.

Konzeptionelle Modelle/Tests

In der ersten Phase erfolgte in Abstimmung mit der AG Hydrogeologie (FU Berlin) die Ableitung der konzeptionellen Modelle, um Parameter, Randbedingungen, hydrogeologische Strukturen sowie Landschaftselemente und wasserbauliche Elemente für beide Systeme festzulegen. Bei ersten Testsimulationen mit dem System HydroGeoSphere zeigte sich, dass die Berücksichtigung der Entwässerungsgräben im Gebiet der Rieselfelder zu Problemen bei der numerischen Lösung des Modells führt. Die Unterschiede in den Fließgeschwindigkeiten der Oberflächengewässer (Gräben) und des Boden- und Grundwassers lassen das Modell extrem kleine Zeitschritte einstellen, und die Folge waren unökonomische Rechenzeiten. Dies wurde verstärkt durch die tief ins Gelände eingeschnittenen Grabenstrukturen. Im Februar 2012 wurde deshalb die erste Messkampagne zur Quantifizierung der Grundwasser-Oberflächenwasser-Wechselwirkung im Graben 1 (südlich Teich 11) durchgeführt. Dabei wurde die am IGB vorhandene DTS-Technik verwendet. Im Juli/August 2012 wurde im selben Abschnitt eine weitere Messkampagne durchgeführt. Die Ergebnisse flossen in die Simulationen zum Einzugsgebiet des Teichs 11 mit Hilfe des detaillierten Modells ein. Im Gegensatz zum Modell des gesamten Untersuchungsgebietes konnten damit nun kleinräumige Heterogenitäten (hydraulische Durchlässigkeit, Porosität) berücksichtigt und Lösungen für die numerischen Stabilitätsprobleme, auch für das Gesamtmodell, erarbeitet werden.

Kalibrierung und Validierung der Modelle

Für das gekoppelte Modell ArcEGMO-PSCN-ASM wurde eine Kalibrierung anhand der im Untersuchungsgebiet vorhandenen und in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung gemessenen Grundwasserganglinien und der Abflussganglinien vorgenommen. Für das Grundwassermodul ASM ist dazu vor allem die Anpassung des Leakagewertes wichtig, der den hydraulischen Kontakt zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser beschreibt. Die Leakagewerte sind im Bereich der Grabensohle durch Kolmation geringer als in den Böschungen, so dass bei höheren Wasserständen im Graben mehr Wasser an das Grundwasser abgegeben werden kann, als bei geringen Wasserständen. Die

aktuelle Datenbasis beinhaltet dazu eine Unterscheidung der Leakage-Raten für den Abstrom aus, und den Zustrom in das Gewässer. Die Reinfiltration aus dem Grundwasser in das Gewässer wurde um einen Faktor kleiner gewählt, da sich der Abstrom aus den Gräben zum Grundwasser bei höheren Grabenwasserständen, also vornehmlich über die Uferbereiche, und der Rückstrom bei geringeren Grabenwasserständen, also vornehmlich über die Sohlbereiche, vollzieht. Bei der Kalibrierung der Leakagewerte konnte auf die Ergebnisse der stationären Grundwassermodellierung zurückgegriffen werden. So wurde für die Leakagewerte der in der Modelllaufzeit als durchschnittlich ermittelte Wassertransfer zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser verwendet um die Interaktion abzubilden. In welche Richtung sich die Wasserbewegung dabei vollzieht, wird in jedem Rechenschritt erneut aus dem Gefälle zwischen Grundwasser- und Oberflächenwasserstand ermittelt. Ein Vergleich der gemessenen und modellierten mittleren Grundwasserstände zeigt, dass die Grundwassersituation auch ohne Eichung im Mittel richtig wiedergegeben wird, allerdings gibt es lokale Abweichungen. Die mittlere Abweichung beträgt -0,28m, und das bedeutet, dass die Grundwasserhöhe vom Modell im Mittel nur leicht unterschätzt wird.

Nach der Implementierung des hydrogeologischen Strukturmodells in das System HydroGeoSphere und ersten Tests wurde in Vorbereitung der Kalibrierung des Modells ein mittlerer, stationärer Zustand (Abfluss, Grundwasserhöhen) eingestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass eine erhebliche Menge an Wasser im System verblieb, was zu unrealistisch hohen Grundwasserständen führte. Eine Untersuchung der möglichen Ursachen hierfür zeigte, dass entgegen der ursprünglichen Annahme die ausgewählten Materialeigenschaften des Grundwasserleiters dafür nicht ursächlich waren. Sowohl Grundwasserstände als auch die Wassertiefe und der Abfluss im Gebiet sind extrem sensitiv bezüglich der Rauigkeit der Gewässersohle. Dies war insofern erstaunlich, als dass die Werte, die einzustellen waren, um realitätsnahe Wasserstände zu erreichen, um Größenordnungen von tabellierten Vergleichswerten und Parametersätzen in vorhandenen Studien auf der Grundlage von HydroGeoSphere abweichen. Inwieweit sich dies ungünstig auf die dynamische, instationäre Simulation der Grundwasserstände und des Abflussgeschehens auswirkt, kann sich erst zeigen, sobald die Kalibrierung und Validierung des Modells abgeschlossen ist. Weiter wurde im Zuge der Fehlersuche die Mächtigkeit des oberen Grundwasserleiters aus Bohrprofilen neu interpoliert. Das detaillierte Modell des Umfelds von Teich 11 zeigte dieselbe Sensitivität in Bezug auf die Parameter der Oberflächen-Rauigkeit wie das Gesamtmodell. Auch hier verblieb nach anfänglichen guten Ergebnissen bei der Einstellung eines stationären Zustands ein Überschuss an Wasser im System. Durch Anpassung der Rauigkeitsparameter der Gewässersohle konnte dies behoben werden. Dennoch sind die Ergebnisse dieser Modellläufe bisher nicht befriedigend. Durch die weiterhin sehr langen Rechenzeiten und unklare Sensitivitäten in Bezug auf einige Modellparameter gestaltet sich die Verbesserung der Qualität der Modellergebnisse schwierig und langwierig. Es treten lokal große Abweichungen zwischen gemessenen und simulierten Werten auf, während die Anpassung in anderen Bereichen gut ist.

Modellaktualisierung

Für die Aktualisierung des Modells ArcEGMO-PSCN-ASM wurden die meteorologischen Zeitreihen und die Zeitreihen der Klarwasseraufleitung bis zum 31.12.2012 verlängert. Zusätzlich wurden auch der Teich 11 als neues Einleitungsbecken und die neu eingerichteten Grundwassermessstellen der FU in das Modell integriert. Darüber hinaus erfolgte die Integration neuer wasserbaulicher Maßnahmen (Wehre, Staue) und der rezenten klimatischen Daten (Niederschlag, Verdunstung) in das gekoppelte Modell.

Plausibilisierung (Modellvergleich)

Für die Plausibilisierung der Modellaktualisierung und -ergänzungen wurden die modellierten Werte den Messwerten gegenübergestellt und ein Modellvergleich zwischen dem aktualisierten (mit Teich 11) und dem ursprünglichen (ohne Teich 11) Modell vorgenommen. Für die Darstellung der Auswirkungen der Teiche auf die Grundwasserstände wurde eine Differenzkarte der Grundwasserhöhen zum Endpunkt der beiden Modellierungen (ursprünglich und aktualisiert) erstellt. Diese Grundwasserdifferenzkarte zeigt eine Grundwassererhöhung von bis zu 1 m im Bereiche der Teiche 11, die in 400 bis 500m Entfernung ausstreicht. Das Anspringen der Grundwasserstände durch die einsetzenden Einleitungen im Januar 2007 wird ebenfalls deutlich sichtbar. An den beiden oberen Messstellen im Bereich der Teiche 11 beträgt dieser Anstieg etwa einen Meter. An den im Abstrom befindlichen Grundwassermessstellen nimmt der Anstieg mit der Entfernung von den Teichen 11 langsam ab und beträgt im Bereich des Grabens 2 nur noch wenige Zentimeter. Auch die Gegenüberstellung der gemessenen und modellierten Abflussganglinien zeigt über den gesamten Zeitraum gute Übereinstimmungen an den Pegeln, die sich auch in hohen Korrelationskoeffizienten von 0,75 und 0,93 ausdrücken. Das aktualisierte Modell wird insgesamt als plausibel bewertet. Die geringen bis mittleren Abweichungen an den Grundwassermessstellen spielen für die großräumige Grundwasserbewegung und die Abflussbildung nur eine geringe Rolle. Bei einer detaillierten Betrachtung einzelner Werte muss hervorgehoben werden, dass das Modell weder an den neuen Grundwassermessstellen noch an den Messwerten seit 2006 nachgeeicht werden musste, was die Qualität der Ergebnisse unterstreicht.

2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Um die Auswirkungen einer Klarwasserbeaufschlagung zur Stützung des Landschaftswasserhaushalts auf einem potentiell trockenen Standort einschätzen und bewerten zu können, ist die flächendifferenziert genaue Modellierung des Wasserhaushalts unerlässlich. Insbesondere aufgrund der Wechselwirkungen von Oberflächengewässern und dem Boden- und Grundwasser in Regionen des Tieflandes besteht die Notwendigkeit, diese – oftmals nur getrennt betrachteten – Wasserhaushaltskomponenten im Zusammenhang zu quantifizieren. Die simulierten Wasserstände und Abflussraten bilden die Grundlage zur Bewertung des Stoffhaushalts dieser Flächen und damit zur Entscheidung über Bewirtschaftungs- und Managementmaßnahmen.

Mit der parallelen Applikation der Modellsysteme ArcEGMO-PSCN-ASM und HydroGeoSphere wurde das Ziel verfolgt, ein praktisch erprobtes und ausgereiftes Modellsystem mit einem konzeptionell völlig neuartigen System zu vergleichen. Der Vergleich beider Modellsysteme sollte insbesondere die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Simulation von Oberflächenwasser-Grundwasser-Wechselwirkungen auf ihre Eignung zur Lösung praktischer Anwendungen besser aufklären und Hinweise für deren Weiterentwicklung geben.

3. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die Ergebnisse der Simulation der ober- und unterirdischen Abflussbildung im Lietzengraben Einzugsgebiet mit dem System ArcEGMO-PSCN-ASM sind für die Planung von Maßnahmen zur Stützung des Wasserhaushalts von großer Bedeutung. Sie demonstrieren einerseits, ob und wie die zum Teil schon realisierten wasserbaulichen Maßnahmen funktionieren, und andererseits, welche

Zielwasserstände mit der Abwasserbeaufschlagung anzustreben sind, um in ausgewiesenen Bereichen eine hydrologische Trockenheit zu vermeiden. Aufgrund der berechneten Transportraten im Sickerwasser und zwischen dem Grundwasserleiter und den Fließgewässern können erste Abschätzungen der Stofffrachten zwischen den Kompartimenten vorgenommen werden. Die mit der Simulation der hydrologischen Verhältnisse auf der Grundlage des Systems HydroGeoSphere beabsichtigte Ableitung unterirdischer Fließwege und Stofftransporte kann zurzeit noch als nicht befriedigend eingeschätzt werden. Unerwarteter Weise haben sich die numerischen Probleme (Stabilität und Konvergenz der Lösungen) als größer als erwartet herausgestellt. Das bedeutet jedoch nicht, dass das System zur Lösung derartiger Aufgaben ungeeignet ist, jedoch sind längere und intensivere Einarbeitungs- und Testzeiten notwendig.

4. Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Die Simulation des Gebietswasserhaushalts mit Hilfe gekoppelter Modelle (Oberflächenwasser-Grundwasser) nimmt bei der Bearbeitung praktischer Fragestellungen immer mehr zu (DWA 2013). Insofern ist die hier verwendete Modellkopplung ArcEGMO-PSCN-ASM auf der einen Seite eine an das Problem angepasste Lösungsvariante, auf der anderen Seite existieren auch weitere Varianten, die z.B. andere Grundwassermodelle verwenden. Als Alleinstellungsmerkmal kann aber die Berücksichtigung der aufwachsenden Vegetation mit Hilfe des Moduls PSCN und die Möglichkeit der Implementierung wasserbaulicher Maßnahmen angesehen werden, die es in dieser Form sonst nicht gibt. Ebenfalls sind die mit dieser Modellkopplung erzielten Ergebnisse für das Gesamtvorhaben von Bedeutung, weil die gründliche und auf umfangreiche Modellberechnungen gestützte Wasserhaushaltsmodellierung unter Einbeziehung der ungesättigten Zone und des Grundwassers immer noch nicht gängige Praxis ist.

Das komplexe Modellsystem HydroGeoSphere befindet sich trotz mehrjähriger Entwicklungszeit immer noch in der Testphase. So ist es nicht verwunderlich, dass in der internationalen Literatur immer wieder neue Anwendungsfälle zu unterschiedlichen Fragestellungen dokumentiert werden, aber der Schritt in die Praktikabilität noch nicht vollständig getan ist. Man muss davon ausgehen, dass auch noch in den nächsten Jahren jeder neue Anwendungsfall als ein neues Problem anzusehen ist, mit welchem sich in der Regel nicht der Anwender sondern der Entwickler auseinandersetzen sollte.

5. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Bis zum jetzigen Zeitpunkt sind noch keine aus dem Projekt heraus entstandenen Publikationen in ISI-gelisteten Zeitschriften erfolgt, es ist aber ein Aufsatz zur Modellierung mit HydroGeoSphere in einem hydrologischen Journal geplant. Eine Dissertationsschrift wird im Sommer 2015 eingereicht.

I. Kurzfassung (Berichtsblatt-dt)

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel TP02_Wasser- und Stoffhaushalt Berlin, Teilvorhaben J: Wasserhaushaltsmodellierung Berlin		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Prof. Dr. Gunnar Nützmann	5. Abschlussdatum des Vorhabens Juni 2014	
	6. Veröffentlichungsdatum Februar 2015	
	7. Form der Publikation Bericht	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei im Forschungsverbund Berlin e.V. Müggelseedamm 310 12587 Berlin	9. Ber. Nr. Durchführende Institution IGB	
	10. Förderkennzeichen 033 L 025 J	
	11. Seitenzahl 11	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben DWA (2013): Themenheft T2 T2/2013 „Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser“, 157 S. Klöcking, B. (2009): Das ökohydrologische PSCN-Modul innerhalb des Flussgebietsmodells ArcEGMO: Theroretische Modellbeschreibung. - Modelldokumentation ArcEGMO [Online], Verfügbar: http://www.arcegmo.de/PSCN_2009.pdf [Zugriffsdatum: 15.12.2011] Nützmann, G., Mey, S. 2007. Model based estimation of runoff changes in a small watershed of north-eastern ermany, Journal of Hydrology, 334, 467-476. Nützmann, G. 2007. Klimaänderungen und Wassermangel. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51 (4), 190-191. Pfützner, B. (2003). Modelldokumentation ArcEGMO. http://www.arcegmo.de , 2003. Therrien, R., McLaren, R.G., Sudicky, E.A., Panday, S.M. (2010): HydroGeoSphere. A three-dimensional numerical model describing fully-integrated subsurface and surface flow and solute transport.	
	14. Tabellen	
	15. Abbildungen	
16. Zusätzliche Angaben		



17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)

Projektträger Jülich, Postfach 61 02 47, 10923 Berlin im Februar 2015

Technische Informationsbibliothek – Deutsche Forschungsberichte – Welfengarten 1B, 30167 Hannover im Februar 2015

18. Kurzfassung

1. Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik

Veränderungen im Abflussregime von kleineren und mittleren Fließgewässern im Raum Berlin/Brandenburg in den letzten Jahren sind bereits als Folgen von Klimaänderungen anzusehen (Nützmann 2007). Aus einer Ursachenanalyse für zunehmende hydrologische Trockenheit im Nordostdeutschen Tiefland (Nützmann und Mey 2007) wird deutlich, dass die Grundwasserhältnisse zum erheblichen Teil für die Abflussverluste verantwortlich sind. Aus diesem Grunde können die bisher angewandten klassischen Methoden der Niederschlags-Abfluss-Modellierung durch die fehlende Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Basisabflüsse die zu erwartenden Verhältnisse nicht adäquat abbilden. Da auch im Einzugsgebiet des Lietzengrabens die Abflussbildungsprozesse vorwiegend unterirdisch über das Sicker- und Grundwasser stattfinden, war die modellgestützte Quantifizierung dieser Komponenten und der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern von besonderer Wichtigkeit.

2. Begründung/Zielsetzung

Um die bereits eingetretenen Veränderungen der Abflussbildung im quantitativen Sinne abzubilden und zu verstehen, sollten die Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern mit den ausgewählten Modellsystemen zur flächendifferenzierten Abbildung des Landschaftswasserhaushalts simuliert werden. Diese Ergebnisse bilden die hydrologische Grundlage für die Ableitung von Maßnahmen für eine nachhaltige Verbesserung der wasserhaushaltlichen Situation dieser Gebiete, die Modellcharakter für geographisch-klimatisch-hydrologisch ähnliche Gebiete im Nordostdeutschen Tiefland haben.

3. Methode

Zur Simulation des Landschaftswasserhaushalts dieses Einzugsgebietes wurden ein bereits in verschiedenen Anwendungen getestetes gekoppeltes Wasserhaushaltsmodell (Oberflächenwasser-Grundwasser) auf der Basis der Programme ArcEGMO-PSCN-ASM (Pfützner 2003, Klöcking 2009) und das System HydroGeoSphere (Therrien et al. 2010) ausgewählt. Letzteres ist weltweit das einzige, mit dem der hydrologische Kreislauf geschlossen abgebildet werden kann, und es wird im Wesentlichen zu Forschungszwecken eingesetzt.

4. Ergebnis

Mit Hilfe des gekoppelten Wasserhaushaltsmodells ArcEGMO-PSCN-ASM konnten gemessene Abflussganglinien in den Oberflächengewässern und Grundwasserganglinien mit sehr guter Genauigkeit reproduziert werden. Durch verschiedene Modellerweiterungen wurden die Berechnungen weiter präzisiert, und das aktualisierte Modell konnte insgesamt als plausibel bewertet werden. Damit wurden hydrologische Grundlagen zur Bewertung der Auswirkungen einer Klarwasseraufleitung für andere Teilprojekte bereitgestellt. Als Alleinstellungsmerkmal kann die Berücksichtigung der aufwachsenden Vegetation mit Hilfe des Moduls PSCN und die Möglichkeit der Implementierung wasserbaulicher Maßnahmen angesehen werden, die es in dieser Form sonst nicht gibt. Ebenfalls sind die mit dieser Modellkopplung erzielten Ergebnisse für das Gesamtvorhaben von Bedeutung, weil die gründliche und auf umfangreiche Modellberechnungen gestützte Wasserhaushaltsmodellierung unter Einbeziehung der ungesättigten Zone und des Grundwassers immer noch nicht gängige Praxis ist. Die erstmalige Anwendung des Modellsystems HydroGeoSphere war mit einer Reihe von numerischen Problemen verbunden. Es zeigte sich, dass die simultane Modellierung ober- und unterirdischer Wasserflüsse auf Grund der sehr unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten zu Konvergenz- und Stabilitätsproblemen führte. Außerdem erwiesen sich die Sohlrauigkeiten der Gewässer als äußerst sensitive Parameter, die ständig angepasst werden mussten.

5. Schlußfolgerung/Anwendungsmöglichkeiten

Die Ergebnisse der Simulation der ober- und unterirdischen Abflussbildung im Lietzengraben Einzugsgebiet mit dem System ArcEGMO-PSCN-ASM demonstrieren einerseits, ob und wie die zum Teil schon realisierten wasserbaulichen Maßnahmen funktionieren, und andererseits, welche Zielwasserstände mit der Abwasserbeaufschlagung anzustreben sind, um in ausgewiesenen Bereichen eine hydrologische Trockenheit zu vermeiden. Diese Modelle werden bereits in naher Zukunft vor allem für Tieflandregionen klassische Niederschlags-Abflussmodelle ersetzen (DWA 2013). Die erzielten Ergebnisse bilden die hydrologische Grundlage für die Ableitung von Maßnahmen für eine nachhaltige Verbesserung der wasserhaushaltlichen Situation im Lietzengraben Einzugsgebiet und besitzen darüber hinaus Modellcharakter für geographisch-klimatisch-hydrologisch ähnliche Gebiete im Nordostdeutschen Tiefland. Die mit der Simulation der hydrologischen Verhältnisse auf der Grundlage des Systems HydroGeoSphere beabsichtigte Ableitung unterirdischer Fließwege und Stofftransporte kann zurzeit noch als nicht befriedigend eingeschätzt werden.



19. Schlagwörter Wasserhaushalt, Tieflandeinzugsgebiet, Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Grundwasser, gekoppelte Modelle	
20. Verlag	21. Preis

BMBF-Vordr. 3831/03.07_2

IV. Kurzfassung (Document Control Sheet –eng)

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Report	
3. title TP02_Water and Solute Balance in Berlin, Part J: Modelling of Water Balance		
4. author(s) (family name, first name(s)) Dr Gunnar Nützmann, Professor of Hydrology	5. end of project June 2014	6. publication date February 2015
	7. form of publication Report	
	8. performing organization(s) (name, address) Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB) in the Forschungsverbund Berlin e.V.	9. originator's report no. IGB
11. no. of pages 11		
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn		13. no. of references DWA (2013): Themenheft T2 T2/2013 „Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser“, 157 S. Klöcking, B. (2009): Das ökohydrologische PSCN-Modul innerhalb des Flussgebietsmodells ArcEGMO: Theoretische Modellbeschreibung. - Modelldokumentation ArcEGMO [Online], Verfügbar: http://www.arcegmo.de/PSCN_2009.pdf [Zugriffsdatum: 15.12.2011] Nützmann, G., Mey, S. 2007. Model based estimation of runoff changes in a small watershed of north-eastern ermany, Journal of Hydrology, 334, 467-476. Nützmann, G. 2007. Klimaänderungen und Wassermangel. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51 (4), 190-191. Pfützner, B. (2003). Modelldokumentation ArcEGMO. http://www.arcegmo.de , 2003. Therrien, R., McLaren, R.G., Sudicky, E.A., Panday, S.M. (2010): HydroGeoSphere. A three-dimensional numerical model describing fully-integrated subsurface and surface flow and solute transport.
	14. no. of tables	
	15. no. of figures	
16. supplementary notes		

<p>17. presented at (title, place, date) Projektträger Jülich, Postfach 61 02 47, 10923 Berlin im Februar 2015 Technische Informationsbibliothek – Deutsche Forschungsberichte – Welfengarten 1B, 30167 Hannover im Februar 2015</p>	
<p>18. abstract</p> <p>1. Recent state of research and technique Changes in the discharge regime of small and medium sized streams in Berlin/Brandenburg over the last years are consequences of climate change (Nützmann 2007). A cause analysis for increasing hydrological droughts in the lowlands of North-East Germany (Nützmann and Mey 2007) clearly shows that groundwater conditions are significantly responsible for discharge. Thus, classical methods of rainfall-runoff modeling are not able to adequately show future perspectives due to the lack of spatial and temporal variability of basic runoffs. In the catchment of the Lietzengraben, runoff generation processes mainly proceed in subsurface over leachate and groundwater. Therefore, model-based quantification of these components and the interactions between ground- and surface water were of high importance.</p> <p>2. Explanation/Aiming In order to illustrate and understand the recent changes of the runoff generation quantitatively, the interactions between ground- and surface water were to be simulated with the selected model systems for spatially distributed illustration of regional water regime. Based on the results, further measures for a sustainable improvement of the water regime of these regions, being a model for the similar geographical-climate-hydrological regions in lowlands of North-East Germany, were made.</p> <p>3. Method For modeling the regional water regime of the catchment, we used ArcEGMO-PSCN-ASM and HydroGeoSphere (Therrien et al. 2010). The first one is a model for linked water balances (surfacewater – groundwater) already being tested various times (Pfützner 2003, Klöcking 2009). The second one, mainly used for scientific reasons, is the only one being able to illustrate the hydrologic cycle simultaneously.</p> <p>4. Result With the linked water regime model ArcEGMO-PSCN-ASM we were able to reproduce measured runoffs hydrographs in surface waters and groundwater hydrographs very precisely. By adding further moduls, we received even more precise results. In total, the updated model was rated as satisfying. We supplied hydrological basics to evaluate impacts of a clear water distribution for other part projects. The model is unique, as it is able to consider the growing vegetation as well as the implementation of hydraulic engineered measures by using PSCN. Our results are important for the total project, as it is still common to use the thoroughly and based on extensive model calculation supported water regime modeling including unsaturated zone and groundwater. The first application of HydroGeoSphere created a number of numeric problems. Modeling surface and subsurface flows lead to convergence and stabilization problems due to the high contrast of flow velocity. Additionally, the river bed roughness was very sensitive parameter, needing to be adjusted constantly.</p> <p>5. Conclusion/ Uses The results of the modeling of the surface – and subsurface runoff in the catchment Lietzengraben with ArcEGMO-PSCN-ASM illustrate, if and how the already established hydrological engineering measures are working. They also indicate what water levels should be aimed for the wastewater admission, in order to avoid hydrological droughts in certain areas. These models will soon substitute classical rainfall-runoff models (DWA 2013). Based on our results, further measures for a sustainable improvement of the water regime situation of the catchment Lietzengraben were made: Additionally, the results can be used as a model for other catchments with a similar geographic-climatic-hydrologic condition. The modeling of the hydrological relations of subsurface flow and nutrient transport with HydroGeoSphere is not yet satisfying.</p>	
<p>19. keywords Water balance, lowland area, interplay between surface and groundwater, coupled models</p>	
<p>20. publisher</p>	<p>21. price</p>