Literaturverzeichnis

BÁRDOSSY, A. (2005): Fuzzy sets in rainfall/runoff modelling. – John Wiley and Sons, Ltd.

BÁRDOSSY, A. & M. Disse (1993): Fuzzy rule-based models for infiltration. – Water Resources Research, 29 (2), S. 373-382

BÁRDOSSY, A. & L. SAMANIEGO (2002): Fuzzy Rule-Based Classification of Remotely Sensed Imagery. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40, 362-374

BÁRDOSSY, A., U. HABERLANDT & V. KRYSANOVA (2003): Automatic fuzzy-rule assessment and its application to the modelling of nitrogen leaching of large regions. – Soft Computing, 7, 370-385

BLÖSCHL, G. & R. GRAYSON (2002): Advances in distributed hydrological modelling – towards a new paradigm. In: Schmitz, G.H. (Ed.): Water Resources and Environment Research, Proceedings of ICWRER 2002, Dresden, Germany. – Eigenverlag des Forums für Abfallwirtschaft und Altlasten e. V., pp. 17-25

DUAN, Q., S. SOROOSHAIN & V.K. GUPTA (1992): Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. – Water Resources Research, 28(4), 1015-1031

DUAN, Q., S. SOROOSHAIN & V.K. GUPTA (1993): Shuffled complex evolution approach for effective and efficient global minimization. – Journal of Optimization Theory and Applications, 76(3), 501-521

DUAN, Q., S. SOROOSHAIN & V.K. GUPTA (1994): Optimal use of the sce-ua global optimization method for calibrating watershed models. – Journal of Hydrology, 158, 265-284

FRANK, E., A. OSTAN, M. CACCATO & G.S. STELLING (2001): Use of an integrated one dimensional-two-dimensional hydraulic Modelling approach for flood hazard and risk mapping. – River Basin Management, eds R.A. Falconer & W.R. Blain, WIT Press, Southampton, UK, pp. 99-108

HUNDECHA, Y., A. BÁRDOSSY & H.W. THEISEN (2001): Development of a fuzzy logic-based rainfall-runoff model. – Hydrological Sciences Journal, 46, 363-376

MADSON, H. (2000): Automatic calibration and uncertainty assessment in rainfall-runoff modelling. – Joint Conference on Water Resources Engineering and Water resources Planning and Management

MELCHING, C.S. (1995): Reliability estimation. In: Singh, V.P. (Ed.): Computer models of watershed hydrology. – Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, USA, pp. 69-118

NUJIC, M. (2006): HYDRO_AS-2D – Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis; Benutzerhandbuch

TONG, R.M. (1978): Analysisand Control of Fuzzy Systems using Finite Descrete Relations. – International Journal of Control, 27 (3), 431-440

WADE, A.J., G.M. HORNBERGER, P.G. WHITEHEAD, H.P. JARVIE & N. FLYNN (2001): On modeling the mechanisms that control instream phosphorus, mycrophyte, and epiphyte dynamics: An assessment of a new model using general sensitivity analysis. – Water Resources Research, 37 (11), 2777-2792

ZADEH, L.A. (1965): Fuzzy Sets. – Information and Control, 8 (3), 338 -&

ZADEH, L.A. (1968): Fuzzy Sets. – Journal of Mathematical Analysis and Applications, 23 (2), 421-&

Zeitnahe Erstellung digital verfügbarer Grundwassergleichenkarten im Rahmen des landesweiten Grundwassermanagements in Berlin

Timely production of digital groundwater isoline maps in the context of groundwater management in Berlin

von Stephan Hannappel, Ulrike Hörmann und Alexander Limberg

Für das Land Berlin werden monatlich digital verfügbare Grundwassergleichenkarten für den Haupt- und den Panketalgrundwasserleiter anhand eines automatisierten GIS-Tools erstellt. Diese Grundwassergleichenkarten stellen ein wichtiges Hilfsmittel für die im Rahmen von Baumaßnahmen notwendigen Informationen der Arbeitsgruppe Geologie und Grundwassermanagement der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz dar. Darüber hinaus sind sie ein erfolgreiches Instrument für das Grundwassermanagement im Einzugsbereich der Wasserwerke in Berlin.

In Berlin, each month, digital groundwater isoline maps of the main aquifer and of the Panke valley aquifer are produced by means of an automatic GIS tool. These isoline maps are a helpful aid in the provision of information needed in the working group “Geology and Groundwater Management” of the Senate Department of Health, Environment and Consumer Protection in the context of construction projects. These maps are also a well-established instrument for groundwater management in the catchment areas of the waterworks in Berlin.

1 Einleitung

Hydrogeologische Daten sind eine wichtige Planungs- und Steuerungsvoraussetzung für die Durchführung des Grundwassermanagements in Berlin, da das gesamte Trinkwasser für die Stadt (im Jahr 2006 waren es 218 Millionen m³) zu 100 % aus dem Grundwasser gewonnen wird. Dieses Grundwasser wird von neun Wasserwerken fast vollständig aus dem eigenen Stadtgebiet gefördert). Nur ein Wasserwerk am nördlichen Stadtrand entnimmt sein Wasser im Land Brandenburg und liefert etwa 9 % der Berliner Gesamtförderung in die Stadt. Darüber hinaus werden die Grundwasservorkommen durch Eigenwasser- und Brauchwasserentnahmen sowie durch große Bauwasserhaltungen, Grundwassersanierungsmaßnahmen und Wärmenutzungen beansprucht. In Berlin sind zahlreiche Boden- und Grundwasserkontaminationen bekannt, die sich nur bei genauer Kenntnis der Grundwasserverhältnisse sanieren lassen.

Durch den in den letzten Jahren sinkenden Trinkwassergebrauch ist es in Berlin zu Grundwasseranstiegen mit Vernässungsschäden in Problemgebieten gekommen. Insbesondere im Bereich potentieller Vernässungsgebiete in den Einzugsgebieten der Wasserwerke bilden aktuell ausgewertete Grundwasserstandsdaten die fachlich unverzichtbare Arbeitsbasis für die Umsetzung konkreter Maßnahmen im Rahmen des Grundwassermanagements in Berlin. Bei nicht fachgerechter Einbeziehung von Grundwasserdaten kann es zu Fehlinterpretationen und einem relevanten volkswirtschaftlichen Schaden kommen.

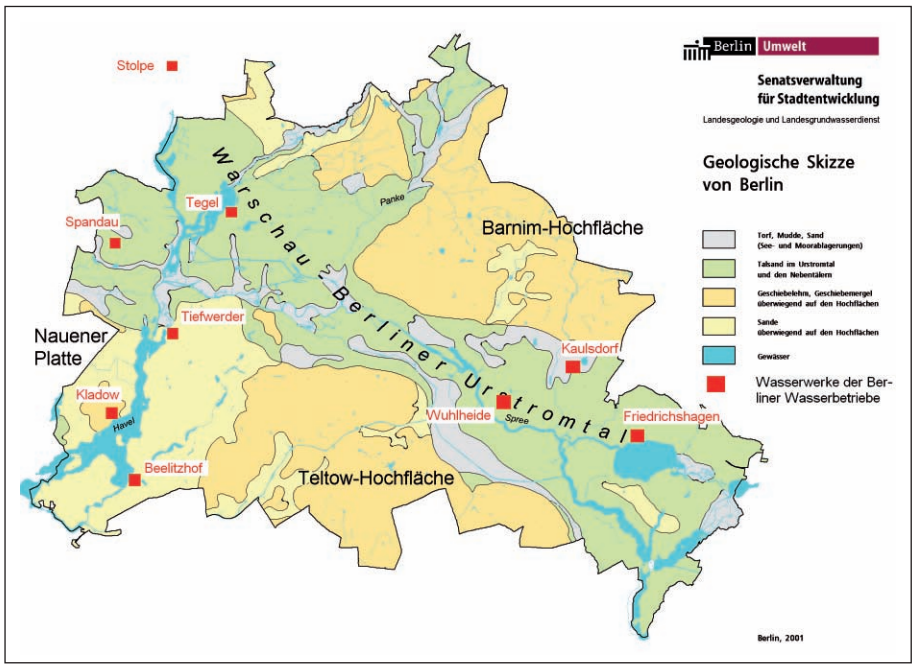

Abbildung 1

Geologische Skizze von Berlin und Lage der neun Wasserwerke

Geological outline map of Berlin and location of the nine waterworks

Darüber hinaus ist das hoheitlich vom Berliner Senat betriebene Grundwasserauskunftswesen Planungsgrundlage für Bauherren und Architekten im Rahmen der Bautätigkeiten. Dabei haben Aussagen zum aktuellen Grundwasserstand eine hohe Priorität. Ohne diese Auskünfte können einerseits Bauvorhaben nicht oder nur verzögert durchgeführt werden.

Für diese Aufgaben wurde daher ein Werkzeug zur Erzeugung aktueller Grundwassergleichenkarten für die Erfüllung gesetzlicher Aufgaben im Grundwassermanagement und zur Beschleunigung des Grundwasserauskunftswesens erstellt.

Für den Mai eines jeden Jahres wird eine Grundwassergleichenkarte erzeugt, bearbeitet und mit Erläuterungen im Internet unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ie212.htm veröffentlicht. Für die internen Arbeiten im Grundwassermanagement werden monatliche Karten erzeugt.

2 Hydrogeologische Situation von Berlin

Die heutige Oberflächenform Berlins wurde überwiegend durch die Weichsel-Kaltzeit, die jüngste der drei großen quartären Inlandvereisungen, geprägt. Die wichtigsten morphologischen Einheiten bilden das vorwiegend aus sandig kiesigen Ablagerungen aufgebaute Warschau-Berliner Urstromtal mit dem Nebental der Panke sowie die Barnim-Hochfläche im Norden und die Teltow-Hochfläche mit der Nauener Platte im Süden, die zu weiten Teilen mit mächtigen Geschiebemergeln bzw. Geschiebelehmen der Grundmoränen bedeckt sind (Abb. 1).

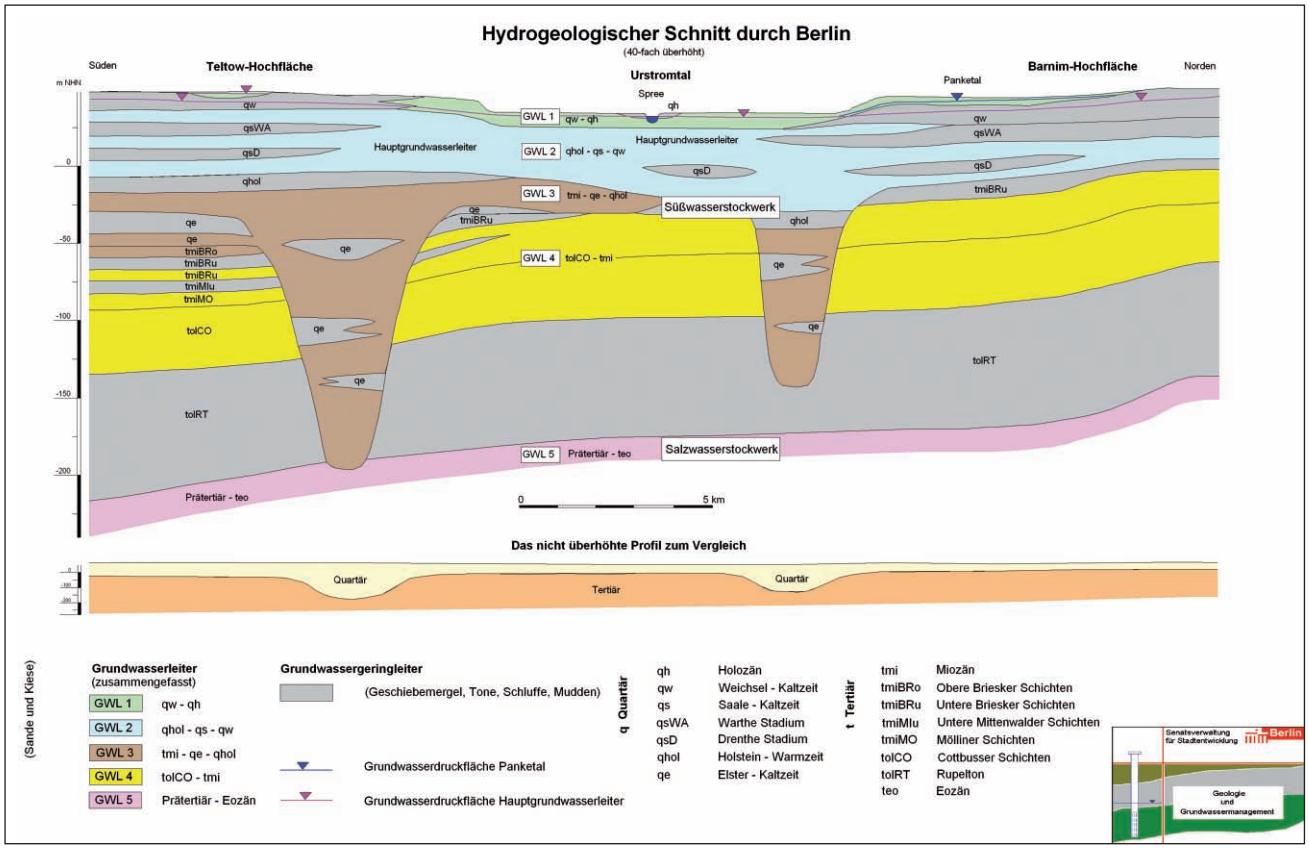

Abbildung 2

Hydrogeologischer Schnitt durch Berlin

Hydrogeological cross section through Berlin

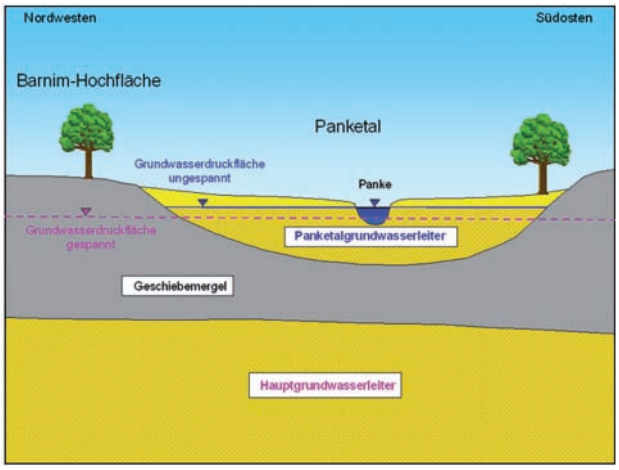

Abbildung 3

Der ungespannte Panketalgrundwasserleiter im Nordosten von Berlin liegt über dem Hauptgrundwasserleiter

The unconfined Panke valley aquifer in the North-East of Berlin lies above the confined main aquifer

Besondere Bedeutung für die Wasserversorgung und den Baugrund besitzen die im Durchschnitt ca. 150 Meter mächtigen Lockersedimente des Tertiärs und Quartärs. Sie bilden das Süßwasserstockwerk, aus dem das gesamte Trinkwasser und ein Großteil des Brauchwassers der Stadt gefördert wird. Der darunter liegende etwa 80 Meter mächtige tertiäre Rupelton stellt eine hydraulische Barriere zu dem tiefer liegenden Salzwasserstockwerk dar (Abb. 2).

Durch die wechselnde Abfolge von Grundwasserleitern und -geringleitern sind im Berliner Raum im Süßwasserstockwerk vier hydraulisch unterscheidbare Grundwasserleiter (Limberg & Thierbach 2002) ausgebildet. Der zweite, überwiegend saalezeitliche Grundwasserleiter wird als *Hauptgrundwasserleiter* (GWL 2) bezeichnet, da aus diesem der größte Anteil für die Trink- und Brauchwasserversorgung gefördert wird. Der fünfte Grundwasserleiter befindet sich unterhalb des Rupeltons im Salzwasserstockwerk.

Der Panketalgrundwasserleiter (GWL 1) liegt – durch den Geschiebemergel der Grundmoräne getrennt – über dem Hauptgrundwasserleiter (Abb. 3).

Im nordwestlichen Bereich der Barnim-Hochfläche sind die Grundmoränen so mächtig, dass der Hauptgrundwasserleiter nicht oder nur in isolierten, wenige Meter mächtigen Vorkommen ausgebildet ist. Für diese Flächen des Berliner Stadtgebiets werden keine Grundwassergleichen dargestellt.

Zurzeit betreibt der Landesgrundwasserdienst im Stadtgebiet rund 1000 Messstellen, die in den fünf unterschiedlichen Grundwasserleitern verfiltert sind. Die Messstellen sind mit automatischen Messeinrichtungen (Datenloggern) ausgerüstet und liefern tägliche Werte, einige davon über Funk. Ergänzend stellen für das Stadtgebiet und das Umland die Berliner Wasserbetriebe und das Landesumweltamt Brandenburg sowie andere Wasserwerksbetreiber aus Brandenburg Grundwassermessdaten, die meist monatlich erfasst werden, zur Verfügung. Besitzt das Grundwasser einen direkten Anschluss zum Oberflächengewässer (effluente Verhältnisse), werden dort zusätzlich Pegeldaten von Oberflächenwassermessstellen verwendet.

Die Verteilung der Messstellen ist unregelmäßig: Im Stadtzentrum und in den engeren Einzugsgebieten der Wasserwerke ist das Messnetz dichter, während es zum Stadtrand hin ausdünnt. Dies gilt besonders für das Brandenburger Umland.

3 Hydrogeologische Bezugshorizonte und Datengrundlagen

Die monatlichen Grundwassergleichenkarten werden auf Basis der jeweils aktuellen Messwerte von Messstellen an Grund- und Oberflächengewässern in der Datenbank der Senatsverwaltung in Form eines automatisierten GIS-Prozesses unter Verwendung einer GeoDin-View-Extention digital für den quartären „Hauptgrundwasserleiter“ und den so genannten „Panketalgrundwasserleiter“ (Limberg & Thierbach 2002) erstellt.

Abbildung 4 dokumentiert innerhalb des Rahmens des Sonderblattschnittes Berlin für den Hauptgrundwasserleiter, der in Berlin nahezu flächenhaft verbreitet ist, Angaben zur Grundwasserspannung und für den oberflächennahen Panketalgrundwasserleiter dessen Verbreitungsgebiet in einem Nebental des Berliner Urstromtales sowie dessen Spannung. Ebenfalls dargestellt ist die punktbezogene Datengrundlage zur Berechnung der terminbezogenen Grundwassergleichen:

Für die Berechnung der Grundwassergleichen wurden verschiedene Voraussetzungen geschaffen, die dem Bearbeiter eine komfortable Arbeitsweise ermöglichen. Voreingestellte Optionen ermöglichen die optimale Datenauswahl aus den aktuell geführten Messwerten innerhalb der Datenbank in Kom-

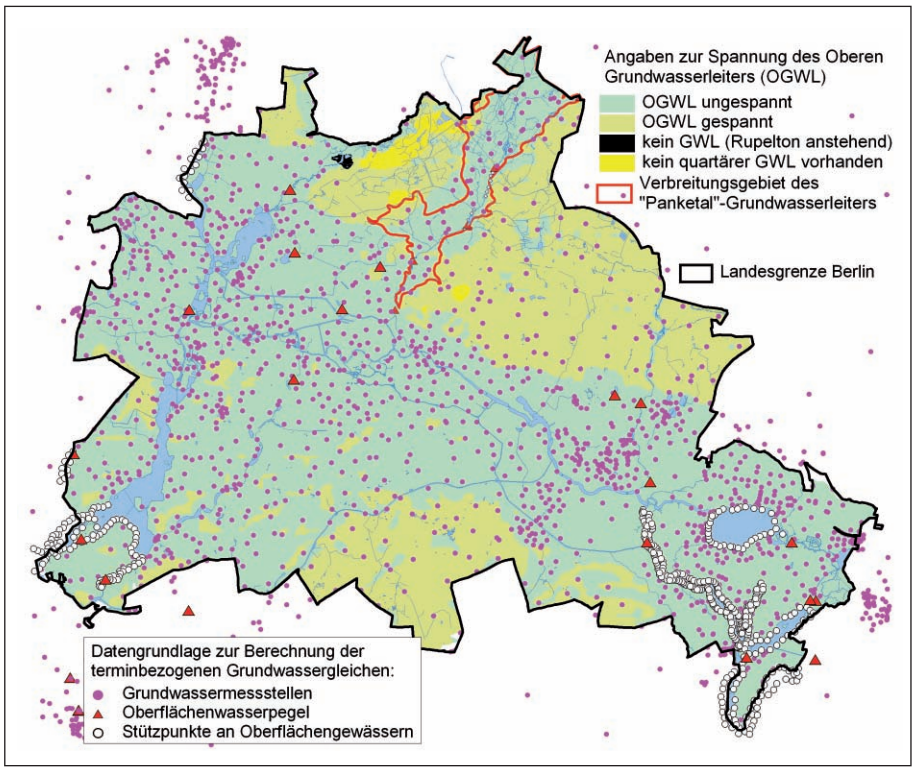

Abbildung 4

Spannung der oberen Grundwasserleiter in Berlin sowie Datengrundlagen zur Berechnung der terminbezogenen Grundwassergleichen

Tension of the upper aquifer in Berlin and data base to compute the date-related groundwater isohypses

Tabelle 1

Anzahl von Stützpunkten zur Ermittlung der terminbezogenen Grundwassergleichen

Number of data points to compute the date-related groundwater isohypses

Anzahl	Herkunft
1454	Messstellen des Hauptgrundwasserleiters in Berlin (Senats- und Wasserbetriebsmessstellen)
35	Messstellen des Panketalgrundwasserleiters in Berlin
18	Oberflächenwassermessstellen Hauptgrundwasserleiter in Berlin
6	Oberflächenwassermessstellen Panketalgrundwasserleiter in Berlin
458	Grundwassermessstellen in Brandenburg
11	Oberflächenwassermessstellen in Brandenburg
255	Stützpunkte

bination mit festen Stützwerten und die Verwendung optimaler Parameter für die regionalen und lokalen geostatistischen Berechnungen. Eine einfache Nutzerführung ermöglicht die problemlose Ausführung.

Die Datengrundlage setzt sich aus Grundwassermessstellen und Oberflächenwasserpegeln innerhalb des Sonderblattschnittes der „Übersichtskarte von Berlin 1:50 000“ in Berlin und Brandenburg sowie aus zusätzlichen Stützpunkten an Gewässerrändern zusammen. Die Daten entstammen einerseits den behördlichen Messnetzen und andererseits anlagenbezogenen Sondermessnetzen von Wasserversorgungsunternehmen in Berlin und Brandenburg. Daten zu Messstellen des Landesumweltamtes Brandenburg werden monatlich digital übermittelt.

Die Auswahl der zu berücksichtigenden Stützstellen erfolgte in mehreren Arbeitsschritten. Zunächst wurden alle Messstellen, die nicht im Hauptgrundwasserleiter verfiltert sind, aus der Datenbasis herausgenommen. Anschließend wurde sukzessiv eine individuelle Prüfung der Messwertdaten auf Grundlage des jeweiligen Berechnungsergebnisses durchgeführt. Ein wichtiges Kriterium hierbei waren die Nachbarschaftsbeziehungen der Messstellen. Alle Messstellen mit einem Abstand von weniger als 50 Meter wurden auf Plausibilität ihrer Messwerte hin überprüft. Auf diese Art und Weise wurden auch innerhalb des Hauptgrundwasserleiters (GWL 2) verfilterte Messstellen, die im Gelände unmittelbar benachbart angeordnet sind (zumeist wenige Meter), in der Datenbasis auf jeweils eine Messstelle reduziert.

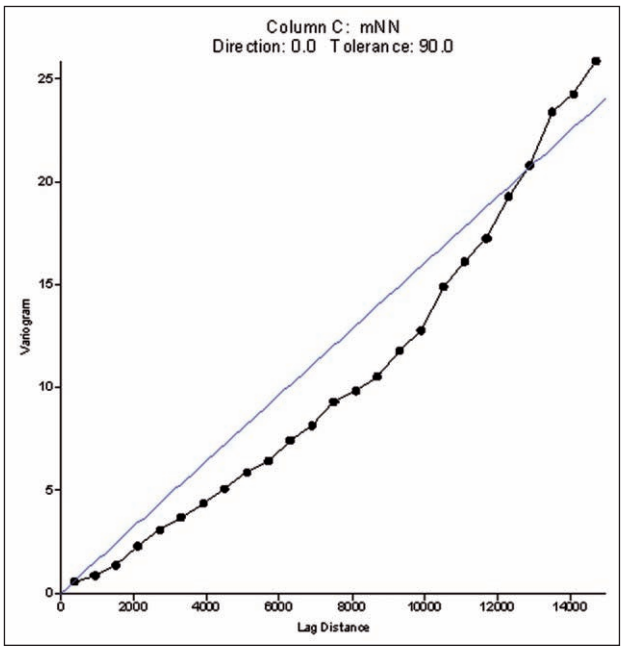

Abbildung 5

Variogrammfunktion zur Berechnung der Grundwassergleichen des Hauptgrundwasserleiters

Variogram function to compute the isohypses of the main aquifer

Da im Panketal über der Grundmoräne und damit über dem Hauptgrundwasserleiter ein flächenhaft zusammenhängender Grundwasserleiter ausgebildet ist, wird für das Panketal ein eigenständiger Grundwassergleichenplan erstellt, der in der ArcView-Darstellung den landesweiten Gleichenplan des Hauptgrundwasserleiters überlagernd dargestellt wird. Die Prüfung der seitens des Senats für diesen Plan übergebenen Messwertdaten erfolgte auf die gleiche Art und Weise wie für den landesweiten Plan zum Hauptgrundwasserleiter. Das Ergebnis der Messstellenauswahl ist in Tabelle 1 in Bezug auf die ausgewählte Anzahl von insgesamt 2237 Stützpunkten (Beispiel: Monat November 2005) dokumentiert:

Die terminbezogen zur Verfügung stehende Messwertanzahl schwankt von Monat zu Monat. So lagen z.B. für den Hauptgrundwasserleiter im Oktober 2006 bei 260 von 1454 (18 %) Messstellen in Berlin keine Grundwasserstandsdaten vor. Die

Tabelle 2

Vorgaben für die automatische Interpolation der Kriging-Prozedur

Rules for the automatical interpolation of the Kriging-process

Geostatistische Parameter	Haupt-GWL	Panketal-GWL
Rechtswert (Min / Max)	-5600 / 56800	22000 / 35000
Hochwert (Min / Max)	-3200 / 48000	25000 / 38000
Gitterabstand (Spacing)	200 m	200 m
Anzahl der Gitterlinien	x = 313 / y = 257	x = 66 / y = 66
Variogrammmodell	Linear	Linear
Slope	0.00109	0.001615
Anisotropieverhältnis (Ratio)	2	2
Anisotropiewinkel (angle)	141.4	128,6
Kriging-Type	Point	Point
Drift-Typ	Kein	kein
Interpolationstyp	Linear	linear
Anzahl Sektoren	4	No search (use of all data)
Max. Anzahl Daten in allen Sektoren	128	No search (use of all data)
Max. Anzahl Daten pro Sektor	32	No search (use of all data)
Mindestanzahl Daten im Suchbereich	2	No search (use of all data)
Anzahl der max. freien Sektoren	3	No search (use of all data)
Suchellipse Radius	R1=10 000 m/ R2=5000 m	No search (use of all data)
Suchellipse Winkel	141.4	No search (use of all data)

Mehrzahl der fehlenden Messstellen (250) wird nur halbjährlich (im Mai und im November) gemessen. Die Messwerte von 3 Messstellen hingegen waren aus unterschiedlichen Gründen nicht verfügbar. Die ausgewählten Grundwassermessstellen des Panketalgrundwasserleiters hingegen waren im Oktober 2006 alle durch Wasserstandswerte belegt. In Brandenburg lagen im Oktober 2006 von den insgesamt 458 Grundwassermessstellen der Wasserversorgungsunternehmen und des Landesumweltamtes Brandenburg nur 227 monatsbezogene Messwerte vor, die bei der Berechnung berücksichtigt werden konnten. Auch hier ist der Grund für die relativ große Zahl der fehlenden Messwerte durch den oftmals nur halbjährlichen Messturnus bei einer Reihe von Werken begründet.

4 GIS-gesteuerte geostatistische Berechnungen

Die Berechnung der Isolinien für die landesweite Übersicht sowie für das Panketal erfolgt anhand des Kriging-Interpolationsverfahren (Punktkriging). Hierzu wurde zuerst eine Datenanalyse mittels Variogramm durchgeführt, die eine Auskunft über Zusammenhänge zwischen den Messpunkten in Bezug auf räumliche Verteilung und betrachtetem Wert (Grundwasserstand) erteilt. Das Ergebnis ist eine Variogrammfunktion (s. Abb. 5).

Durch Anpassung einer Modellkurve an die Variogrammfunktion werden Parameter für eine verbesserte Einstellung für die Kriging-Interpolation im Vergleich zur Standardeinstellung (Steigung=1, Anisotropie =1) gewonnen.

Die anhand der Variogrammanalyse ermittelten geostatistischen Parameter für die Berechnung der Gleichenlinien im Hauptgrundwasserleiter und im Panketal enthält die nachfolgende Tabelle 2.

Der als Gitterabstand (spacing) in der Tabelle 2 angegebene Wert von 200 Meter wird für die eher lokal ausgerichtete Betrachtung der Grundwasserstände im Rahmen des Auskunftswesens aufgrund der überwiegend hohen Messstellendichte (insbesondere in den zentralen Bereichen des Stadtgebietes) empfohlen. Für die eher als Übersichtsdarstellung durchgeführte Erstellung der Grundwassergleichen im Maßstab 1:50 000 kann dieser Abstand auf 400 Meter aufgeweitet werden, ohne dass die übrigen Einstellungen bei der Durchführung des Kriging-Verfahrens ihren Sinn verlieren. Bei 400 Meter werden die Strukturen in der Übersichtsdarstellung stärker geglättet und ergeben – insbesondere in Gebieten mit geringer Messstellendichte – ein mit den bisherigen Darstellungen der Grundwasserstände in Berlin kohärenteres Bild.

Die Ausführung der Berechnung erfolgt menügesteuert unter Verwendung der Optionen der Steuerungsdatei und der darin definierten Daten. Der Anwender startet die Berechnung aus der Oberfläche der GeODin-View-Extension (Fugro 2003) heraus. Dazu wird aus dem Menü „GeODin“ der Menüpunkt „aktuelle GW-Dynamik“ aufgerufen (s. Abb. 6).

Durch diese Aktion wird eine GeODin-Funktion aufgerufen, welche die spezielle Ansteuerung des Programms Surfer vorbereitet. Auf den im Dialog verfügbaren Seiten werden auf der ersten Seite die Auswahl von Jahr und Monat sowie die der Berechnungen angeboten. Auf den folgenden Seiten werden die Einstellungen nur im Lesemodus angezeigt, da deren Einstellungen durch die Steuerungsdatei vorgegeben werden. Voreingestellt ist der Vormonat des aktuellen Jahres. Nach Ausführung der entsprechenden Schalter wird intern die Berechnung unter Verwendung der in Tabelle 2 aufgeführten geostatistischen Parameter durchgeführt und die Ergebnisse im View angeboten bzw. dargestellt.

5 Terminbezogene Grundwassergleichenkarten und Differenzenpläne

Die Plausibilität der Datenbasis wird monatsweise anhand der ermittelten Grundwassergleichen geprüft und ggf. modifiziert.

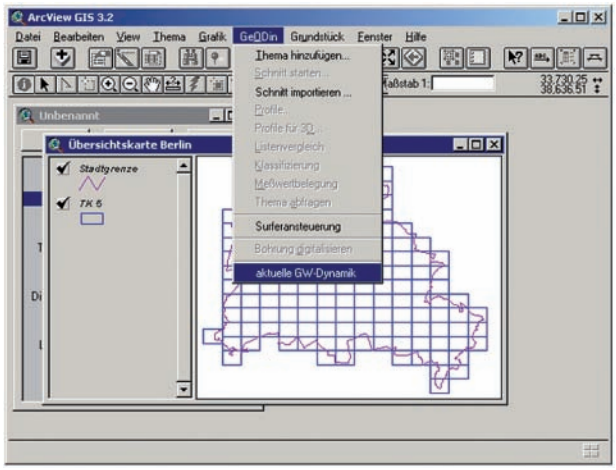

Abbildung 6

Ausschnitt aus der GeODin-View-Extension zum Starten der Berechnung der Grundwassergleichen

Detail from the GeODin-View extension to start the interpolation of the groundwater isohypses

Diese Veränderungen sind Bestandteil der monatlichen Kurzdokumentationen (Hydor 2006). Sie enthalten jeweils folgende Angaben:

- Auflistung von Messstellen mit unplausiblen monatsbezogenen Messwerten,
- Darstellung der Grundwassergleichen für den Hauptgrundwasserleiter,
- Darstellung der Grundwassergleichen für den Panketalgrundwasserleiter,
- Darstellung der Differenzen der aktuellen monatsbezogenen Grundwassergleichen im Vergleich mit denjenigen des Vormonats

Die Dokumentationen enthalten nicht eine Auflistung der Messstellen ohne Monatswert. Diese enthält der sog. „Fehlstellenbericht“, der digital im Zuge der GeODin-View-Anwendung entsteht und abgelegt wird. Die dort zunächst aufgeführten Messstellen werden jedoch geprüft und recherchierbare Messdaten der Datenbasis separat hinzugefügt. Nach dieser Modifizierung werden die Grundwassergleichen berechnet. Abbildung 7 zeigt exemplarisch die auf der Grund-

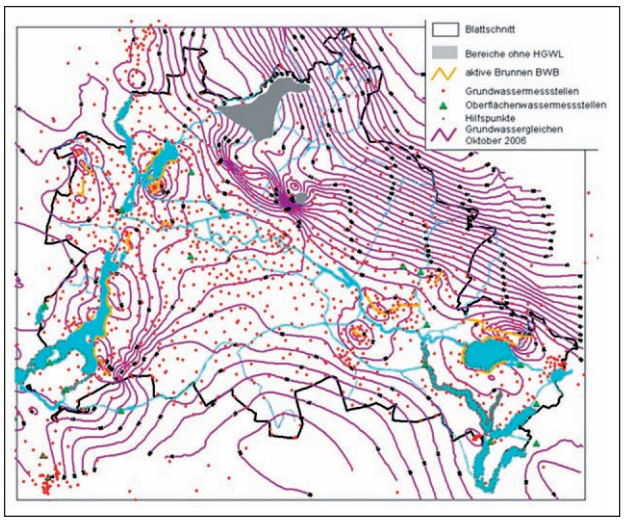

Abbildung 7

Grundwassergleichen des Hauptgrundwasserleiters im Oktober 2006 in Berlin und Umgebung

Isohypses of the main aquifer in Berlin and its surrounding in October 2006

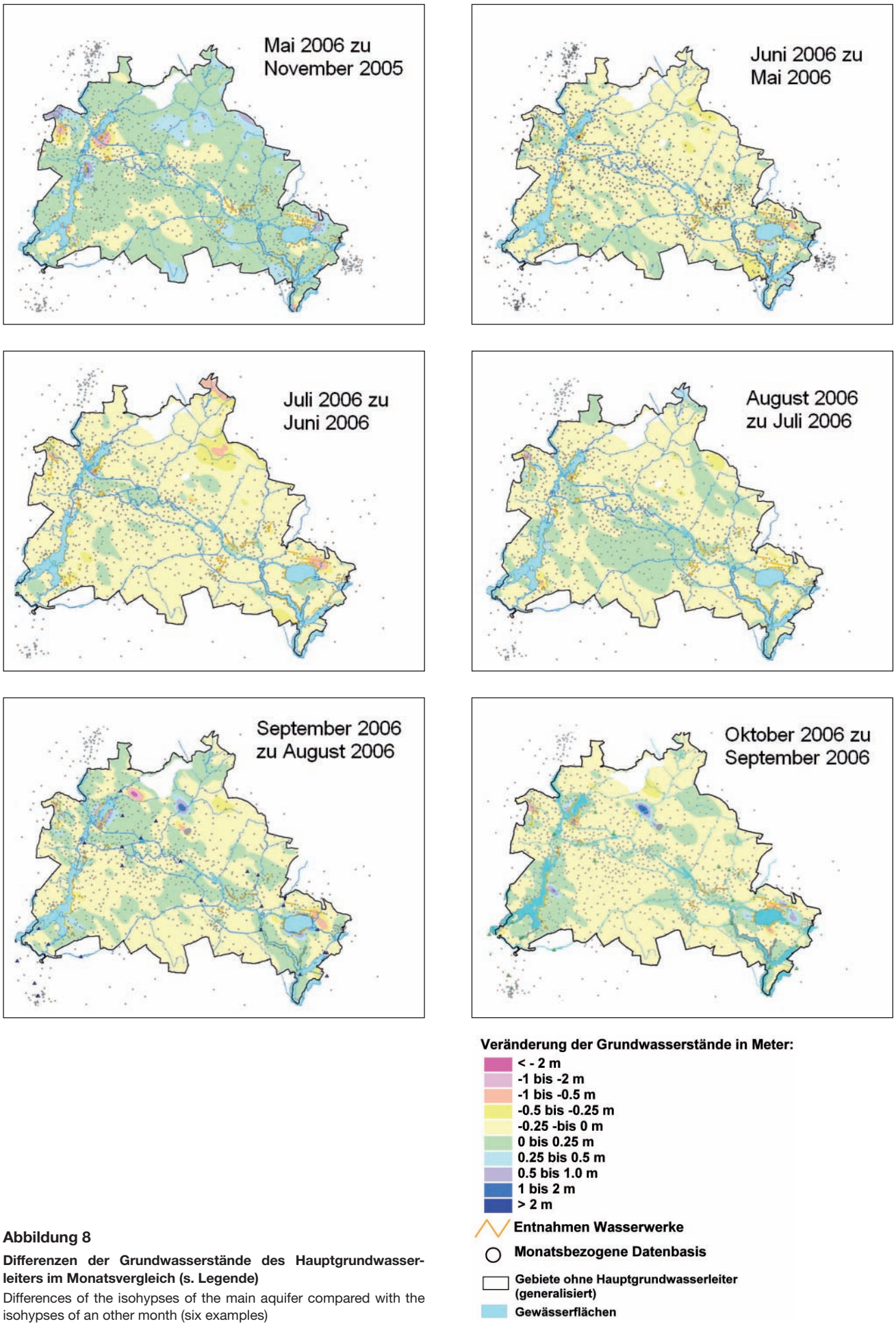

Abbildung 8

Differenzen der Grundwasserstände des Hauptgrundwasserleiters im Monatsvergleich (s. Legende)

Differences of the isohypses of the main aquifer compared with the isohypses of an other month (six examples)

lage von insgesamt 1951 Stützpunkten für den Monat Oktober 2006 ermittelte Übersicht für den Hauptgrundwasserleiter:
Die Linien sind im 1 Meter-Abstand dargestellt, liegen darüber hinaus aber natürlich in Form regelmäßiger Gitter-Daten vor. Die Fließrichtung des Grundwassers ist in Berlin generell von den Hochflächen hinab auf die Hauptvorfluter Spree und Havel bzw. die dort befindlichen Brunnen der Wasserbetriebe gerichtet. Die absoluten Höhenlagen der Grundwasserstände bewegen sich von etwa 65 Meter +NHN bis hinab auf etwa 29 Meter +NHN als der mittleren Höhenlage der Unterhavel.
Die auf diese Art und Weise ermittelten flächenhaften aktuellen Grundwasserstände werden innerhalb des Auskunftswesens der Senatsverwaltung von den Bearbeitern verwendet (näheres hierzu s. Kap. 6).
Im Sinne einer Plausibilitätsprüfung der berechneten Grundwasserstände werden jeweils auch die Differenzen der Grundwasserstände im Vergleich zu einem vorhergehenden Bezugszeitraum (i.d.R. dem Vormonat) berechnet. Hierzu zeigt Abbildung 8 sechs Beispiele aus dem Zeitraum von November 2005 bis Oktober 2006. Es wurde jeweils der aktuelle Monat minus der vorherige Bezugszeitraum gerechnet, so dass bei positiven Werten (grüne und blaue Farben) ein Anstieg, bei negativen Werten (gelbe und rote Farben) ein Abfall der Grundwasserstände erkennbar ist:
Oben links z.B. ist in Abbildung 8 anhand der über ein halbes Jahr eingetretenen Differenzen der für das Winterhalbjahr typische Anstieg der Grundwasserstände erkennbar, der jedoch flächenhaft einen Betrag von 0,25 m zumeist nicht übersteigt. Ausnahmen sind in Form von Absenkungen im Bereich von Brunnen der öffentlichen Trinkwasserversorgung erkennbar. Die übrigen dokumentierten Unterschiede zeigen dagegen die für die Sommermonate aufgrund der hohen Verdunstungsraten und der damit einhergehenden niedrigen bzw. nicht vorhandenen Grundwasserneubildung typischen Absenkungen des Grundwasserstandes (z.B. Juni / Juli), die in Berlin jedoch flächenhaft 25 Zentimeter ebenfalls nicht übersteigen.
In den Monatsberichten wird routinemäßig eine Kurzinterpretation der eingetretenen Veränderungen gegeben. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die in Abbildung 8 unten rechts dargestellten Veränderungen von September zu Oktober 2006:

- Die Differenzen der Grundwassergleichen des Hauptgrundwasserleiters zeigen im Monat Oktober im überwiegenden Teil des Stadtgebietes leicht fallende Grundwasserstände gegenüber dem Monat September (bis 25 Zentimeter Abfall, hellgelbe Farben), lediglich in einigen wenigen, über die ganze Stadt verteilten Teilbereichen ist ein geringfügiger Anstieg (bis 25 Zentimeter, hellgrüne Farben) verbreitet. Diese Tendenz ist plausibel, da zum Ende des hydrologischen Jahres noch keine nennenswerte Grundwasserneubildung eingesetzt hat. Im Monat Oktober fielen – im langjährigen Vergleich – leicht unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen, so dass sich die Grundwasservorräte noch nicht wieder auffüllen konnten, jedoch auch nicht übermäßig stark beansprucht wurden.
- Lokal auftretende größere Grundwasserabsenkungen sind überwiegend im Bereich der unmittelbaren Beeinflussung der Wasserwerke erkennbar und durch höhere Entnahmen im Oktober im Vergleich zum Vormonat zu erklären (z.B. Wasserwerk Spandau, Wasserwerk Tegel, Wasserwerk Friedrichshagen).
- Umgekehrt sind auch lokale Anstiege des Grundwassers bis etwa 1 Meter durch geringere Entnahmen im Oktober im Vergleich zum Vormonat im Bereich der Wasserwerke erkennbar (z.B. Wasserwerk Tegel am Tegeler See, Wasserwerk Beelitzhof an der Unterhavel, Wasserwerk Friedrichshagen).
- Durch Änderungen der Datenbasis sind lokal größere Änderungen der Grundwasserstände im Vergleich zum Vormonat erkennbar (z.B. bei einer Messstelle im Bereich des Panketals oder einer Messstelle auf der Barnim-Hochfläche), die keinen realen Hintergrund haben.

6 Implementierung in das behördliche Auskunftswesen

Die Erstellung von monatlichen Grundwassergleichenplänen für den Haupt- und Panketalgrundwasserleiter anhand des speziell entwickelten GIS-Tools wird seit dem Jahr 2004 routinemäßig für das Land Berlin durchgeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde ein landesweiter Gleichenplan jährlich jeweils für den Monat Mai mittels der Interpolationssoftware Surfer angefertigt. Weitere Berechnungen der aktuellen Grundwasserstände erfolgten im Allgemeinen nur aufgrund konkreter Anfragen an die Behörde für einzelne Flächen mithilfe „Hydrologischer Dreiecke“, was seit einigen Jahren bereits durch spezielle Optionen innerhalb der GIS-Software Arc View 3.2 möglich war. Durch die automatisierte, aber nachfolgend jeweils plausibilitätsgeprüfte Gleichenerstellung waren jedoch nun durch das flächenhafte Interpolationsverfahren deutlich verbesserte Angaben zum aktuellen monatlichen Grundwasserstand verfügbar. Hierbei ist von auch Bedeutung, dass in diesem Zusammenhang die zu Grunde liegende Datenbasis in den Randbereichen des Landes Berlin um die Grundwasserstandsangaben von benachbarten Messstellen im Land Brandenburg signifikant erweitert wurde, so dass – landesweit betrachtet – insgesamt eine erheblich fundiertere Berechnungsgrundlage für die Regionalisierung der Grundwasserstände mittels geostatistischem Verfahren einbezogen wurde. Erheblich optimierte monatsbezogene Aussagen zu den Grundwasserständen und der Hydrodynamik des Haupt- und Panketalgrundwasserleiters, die insbesondere für aktuelle Baumaßnahmen von Bedeutung sind, konnten somit landesweit für die Bearbeiter des behördlichen Auskunftswesens effizient über die GIS-Software abrufbar bereitgestellt werden.
Neben einer beschleunigten Bearbeitung der Anfragen zu aktuellen Grundwasserständen für einzelne Standorte des Landes Berlin stellen die monatlichen Grundwassergleichenpläne auch ein relevantes Hilfsmittel für das landesweite Grundwassermanagement der Senatsverwaltung insbesondere in Bezug auf siedlungsverträgliche Grundwasserstände im Einzugsbereich der Wasserwerke dar. An Hand der Differenzenbildung zu den behördlichen Vorgaben der anzustrebenden Grundwasserstände bzw. der Ermittlung von Flurabständen können etwaige Problemgebiete potentiell vernässter Bausubstanz zeitnah erkannt und ggf. entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

7 Ausblick

Eine zeitnahe Erstellung von Grundwassergleichenkarten und Differenzenkarten ist als Werkzeug zur Erteilung von Grundwasserauskünften für laufende Baumaßnahmen sowie zur Überwachung von Grundwasserstandsänderungen in sensiblen Gebieten äußerst hilfreich.
Zeitnah bedeutet in diesem Fall etwa sechs Wochen. Solange dauert es, bis alle erforderlichen Daten (ca. 2.000) des eigenen Messnetzes und die der anderen Betreiber ausgelesen, in der Datenbank zusammengestellt und plausibilisiert sowie die Karten fachgerecht bearbeitet sind.
Eine mögliche weitere Beschleunigung durch eine komplette Ausrüstung des gesamten Messnetzes mit Funkübertragung ist zurzeit aus Kostengründen nicht realistisch und bei der Bewegungsgeschwindigkeit des Grundwassers auch nicht erforderlich. Gleichwohl kann eine Funküberwachung ggf. in besonders sensiblen Gebieten mit geringen Flurabständen in der Nähe von Grundwasserfördereinrichtungen relevant sein.

Outlook

The timely availability of isoline maps and difference maps of groundwater is extremely useful for providing information for ongoing construction projects and for the monitoring of changes in groundwater levels in sensitive areas.
Timely means here about six weeks. This is the time it takes to poll all required data (about 2,000) from the Senate-operated network and from those of other operators, to compile them in the database, to plausibility check the data, and to produce the maps.
A possibility to accelerate this procedure by equipping the whole network with radio transmitters is not realistic at present for financial constraints and is – in fact – not necessary given the flow velocity of the groundwater. Nevertheless, radio data transmission may be reasonable in particularly sensitive areas, where aquifers are shallow.

Anschrift der AutorInnen:
Dr. S. Hannappel
HYDOR Consult GmbH
Am Borsigturm 40, 13507 Berlin
hannappel@hydor.de
Dipl. Geol. U. Hörmann
Dipl. Geol. A. Limberg
Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Brückenstraße 6, 10179 Berlin
ulrike.hoermann@senguv.verwalt-berlin.de
alexander.limberg@senguv.verwalt-berlin.de

Literaturverzeichnis

Fugro (2003): Erstellung eines GIS-Werkzeuges zur Erzeugung aktueller Grundwassergleichenkarten im Rahmen der Erfüllung gesetzlicher Aufgaben im Grundwassermanagement (GruWaSteuV), zur Beschleunigung des Grundwasserauskunftswesens und zur Vorbereitung des Messstellenrückbaus. – Bericht der FUGRO Consult GmbH an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin (unveröff.)

Hydor (2006): GIS-Werkzeug zur Erzeugung aktueller Grundwassergleichenkarten im Rahmen der Erfüllung gesetzlicher Aufgaben im Grundwassermanagement. Monatliche Kurzberichte November 2005 bis Oktober 2006. – Bericht der HYDOR Consult GmbH an die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin (unveröff.)

Limberg, A. & J. Thierbach (2002): Hydrostratigraphie in Berlin. – Korrelationen mit dem norddeutschen Gliederungsschema. – Brandenburger Geowiss. Beitr., 9, 1/2, S.65-68; Kleinmachnow

IHP der UNESCO

HWRP der WMO

Forum IHP/HWRP

http://IHP.bafg.de

Expertensitzung zur Hydrologie der Donau

Expert meeting on the hydrology of the Danube

Die langjährige und fruchtbare Kooperation der Donauländer im Bereich der Hydrologie und Wasserwirtschaft wird im Rahmen des International Hydrological Programme (IHP) der UNESCO durchgeführt. Am 26. Juni 2007 fand in Novi Sad, Serbien, ein Expertentreffen statt, bei dem aktuelle Aspekte aus der hydrologischen Forschung und Wasserbewirtschaftung im Donauraum thematisiert wurden.
Schwerpunktmäßig wurden zwei wissenschaftliche Projekte diskutiert. Dabei ging es zum einen um das Projekt „Hochwasserregime in Flüssen des Donaueinzugsgebietes“, ein Vorschlag des slowakischen IHP-Nationalkomitees. Grundlage dieses Vorschlages ist die beabsichtigte Verbesserung des Hochwasserschutzes im Donaueinzugsgebiet. Dazu werden vertiefte Kenntnisse über die Entstehung von Hochwasserereignissen und deren statistische Eigenschaften benötigt, die in dem Projekt erarbeitet werden sollen. Als zweites Projekt wurde ein Vorschlag der bulgarischen Delegation ausführlich diskutiert. Hierbei handelt es sich um eine Projektskizze zur Untersuchung von Niedrigwasser- bzw. Dürreperioden im Donaueinzugsgebiet. Damit soll der Wasserwirtschaft in den Donauländern die Grundlage zu einer wissenschaftlich begründeten, nachhaltigen Wasserbewirtschaftung ermöglicht werden. Die Ergebnisse dieses Projektes sind sowohl für die Wasserversorgung der Bevölkerung, für die Absicherung des landwirtschaftlichen Wasserbedarfs sowie für die Regelung der Wasserführung der Donau als wichtiger Transportweg bedeutend.
Weiterhin wurde auf dem Treffen mitgeteilt, dass eine Studie zu langjährigen Veränderungen des Niederschlags im Donaueinzugsgebiet unter der Federführung Österreichs fertig gestellt ist und nun publiziert wird. Außerdem ist die Erstellung der gemeinsamen hydrologischen Metadatenbank abgeschlossen. Die Datenbankbeschreibung wurde in Deutsch und Englisch erstellt und wird demnächst auf der Website der Donaukooperation (www.unesco.org/water), die vom UNESCO Regionalbüro in Venedig gepflegt wird, eingestellt werden.
Dieses Jahr wurde das Expertentreffen von einem Workshop zur Sedimentbilanz der Donau flankiert. Der Workshop war auf die organisatorische Umsetzung des Projektvorhabens SEDBAL (SEDiment BALance of the Danube River) ausgerichtet. Mit dem Projekt wird eine Grundlage zur Implementierung der WRRL im Bereich Boden/Wasser/Sediment gelegt.