

## 02.07 Flurabstand des Grundwassers (Ausgabe 2010)

### Problemstellung

Die Grundwasserstände in einem Ballungsgebiet wie Berlin unterliegen nicht nur naturbedingten Abhängigkeiten, wie Niederschlägen, Verdunstungen, unterirdischen Abflüssen, sondern sie werden auch durch menschliche Einwirkungen - Grundwasserentnahmen, Bebauung, Versiegelung der Oberfläche, Entwässerungsanlagen und Wiedereinleitungen - stark beeinflusst.

Hauptfaktoren bei der **Entnahme** sind die Grundwasserförderungen der öffentlichen Wasserversorgung, private Gewinnungsanlagen und Grundwasserförderung bei Baumaßnahmen. Zur **Grundwasserneubildung** tragen hauptsächlich Niederschläge (vgl. Karte 02.13.5), Uferfiltrat, künstliche Grundwasseranreicherung mit Oberflächenwasser und Wiedereinleitung in das Grundwasser im Zusammenhang mit Baumaßnahmen bei.

In Berlin sind zwei Grundwasserstockwerke ausgebildet: Das tiefere führt Salzwasser und ist durch eine etwa 80 Meter mächtige Tonschicht von dem oberen süßwasserführenden Grundwasserstockwerk hydraulisch - mit Ausnahme lokaler Fehlstellen der Tonschicht - getrennt. Dieses etwa 150 Meter mächtige Süßwasserstockwerk, das für die Berliner Trink- und Brauchwasserversorgung genutzt wird, besteht aus einer wechselnden Abfolge von rolligen und bindigen Lockersedimenten: Sande und Kiese (rollige Schichten) bilden die Grundwasserleiter, während Tone, Schluffe, Geschiebemergel und Mudden (bindige Schichten) Grundwasserhemmer darstellen (SenGUV 2007).

Die Oberfläche des Grundwassers wird in Abhängigkeit von dem (meist geringen) Grundwassergefälle und der Geländemorphologie in unterschiedlichen Tiefen angetroffen (Abb. 1).

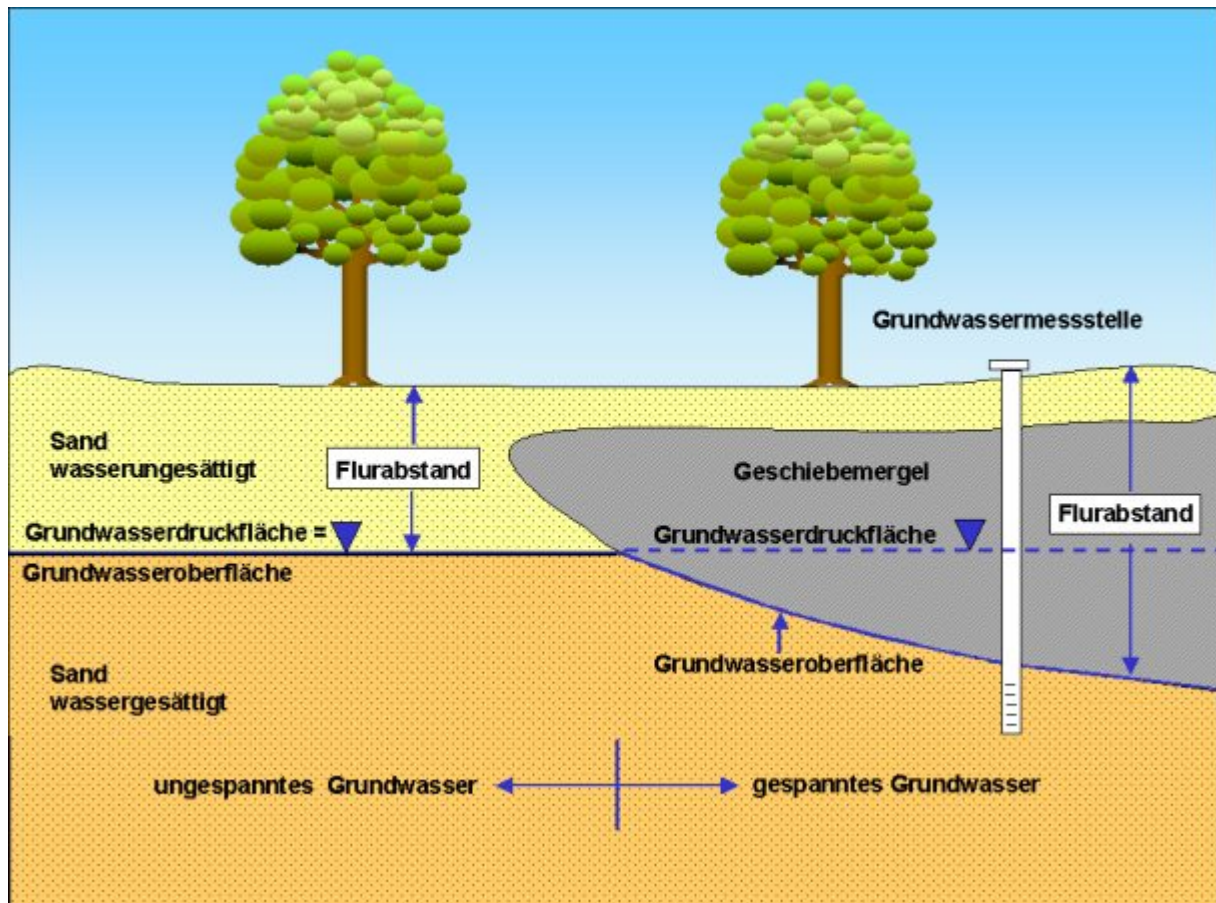


Abb. 1: Hydrogeologische Begriffsbestimmungen zum Flurabstand bei ungespanntem und gespanntem Grundwasser

Der **Grundwasserflurabstand** wird als lotrechter Höhenunterschied zwischen der Geländeoberkante und der Grundwasseroberfläche definiert (DIN 4049-3). Wird der Grundwasserleiter von schlecht durchlässigen, bindigen Schichten (Grundwasserhemmern, wie z. B. Geschiebemergel) so überlagert, dass das Grundwasser nicht so hoch ansteigen kann, wie es seinem hydrostatischen Druck entspricht, liegt gespanntes Grundwasser vor. In diesem Fall ist der Flurabstand als der lotrechte Höhenunterschied zwischen der Geländeoberkante und der Grundwasseroberfläche definiert, die von der Unterkante des grundwasserhemmenden Geschiebemergels bzw. von der Oberkante des unterlagernden Grundwasserleiters gebildet wird (Abb. 1).

Die Flurabstandskarte gibt einen Überblick über die räumliche Verteilung von Gebieten gleicher Flurabstandsklassen (Hydor 2009, Gerstenberg 2009). Sie wurde auf Grundlage der Daten aus dem Zeitraum Mai 2009 berechnet. Sie hat für den jeweils oberflächennahen Grundwasserleiter mit dauerhafter Wasserführung Gültigkeit. Dies ist zumeist der in Berlin wasserwirtschaftlich genutzte Hauptgrundwasserleiter (GWL 2 nach der Gliederung von Limberg & Thierbach 2002), der im Urstromtal unbedeckt, im Bereich der Hochflächen jedoch bedeckt ist. In Ausnahmefällen wurde für die Ermittlung des Flurabstandes der GWL 1 (z. B. im Gebiet des Panketals) herangezogen.

Von besonderer Bedeutung sind vor allem Flächen mit geringem Flurabstand (bis etwa vier Meter). In Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Deckschichten über dem Grundwasser können dort **Bodenverunreinigungen** besonders schnell zu Beeinträchtigungen des Grundwassers führen. Die Flurabstandskarte ist also eine wesentliche Grundlage für die Erarbeitung der Karte der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (s. Karte 02.16). Die räumliche Überlagerung der Flurabstände mit der Beschaffenheit der geologischen Deckschichten ermöglicht die Abgrenzung von Gebieten unterschiedlicher Schutzfunktionen der Grundwasserüberdeckung.

Die Kenntnis der Flurabstände ermöglicht des Weiteren eine Einschätzung, an welchen Standorten Grundwasser Einfluss auf die **Vegetation** hat. Der Einfluss des Grundwassers auf die Vegetation hängt von der Durchwurzelungstiefe der einzelnen Pflanze und, je nach Bodenart, vom kapillaren Aufstiegsvermögen des Grundwassers ab. Der Grenzflurabstand, bei dem Grundwasser bis zu einem gewissen Grad für Bäume nutzbar sein kann, wird für Berliner Verhältnisse im Allgemeinen mit vier Metern angegeben. Die Vegetation der Feuchtgebiete ist in ihrem Wasserbedarf meist auf das Grundwasser angewiesen und benötigt einen Flurabstand von weniger als 50 cm.

## Entwicklung der Grundwasserstände

Die Grundwasserstände sind im Stadtgebiet in vielfältiger Weise **künstlich beeinflusst**. Die ersten Grundwasserabsenkungen und damit die Vernichtung von Feuchtgebieten im Berliner Raum sind auf die Entwässerung von Sumpfbereichen wie z.B. dem Hopfenbruch in Wilmersdorf im 18. Jahrhundert zurückzuführen. Im 19. und 20. Jahrhundert wurden durch den Ausbau von Kanälen weitere Gebiete entwässert. Das Grundwasser wurde dann durch die verstärkte Nutzung als Trink- und Brauchwasser, durch Wasserhaltungen bei Baumaßnahmen sowie durch Einschränkung der Grundwasserneubildungsrate infolge der Versiegelung des Bodens weiter abgesenkt bzw. starken periodischen Schwankungen mit Amplituden bis zu 10 Meter am Standort unterworfen.

Bis zum Ende des neunzehnten Jahrhunderts unterlag der Grundwasserstand weitgehend nur den durch die Niederschläge hervorgerufenen natürlichen jahreszeitlichen Schwankungen. Ab 1890 bis zum Zweiten Weltkrieg prägten dann der steigende Wassergebrauch der rasch wachsenden Stadt sowie Grundwasserhaltungen das Grundwassergeschehen. Große Grundwasserhaltungen für den U- und S-Bahnbau (z. B. Alexanderplatz, Friedrichstraße) sowie andere Großbauten senkten das Grundwasser in der Innenstadt flächenhaft über längere Zeiträume um bis zu acht Meter ab. Infolge des Zusammenbruchs der Wasserversorgung am Ende des Krieges erreichte das Grundwasser fast wieder die natürlichen Verhältnisse (Abb. 2).

In der Folgezeit, von Anfang der 1950er Jahre bis Anfang der 1980er Jahre, wurde das Grundwasser durch steigende Entnahmen erneut kontinuierlich und großflächig **abgesenkt**. Besonders stark machte sich dieser Trend in den Wassergewinnungsgebieten bemerkbar. Neben dem allgemeinen Anstieg des Wassergebrauchs der privaten Haushalte wurde diese Entwicklung auch durch Baumaßnahmen verursacht (Wiederaufbaumaßnahmen, U-Bahn-Bau und große Bauvorhaben). Der Ausbau der Wassergewinnungsanlagen der kommunalen Wasserwerke war im Westteil der Stadt Anfang der 1970er Jahre abgeschlossen, während in Ost-Berlin zur Versorgung der neuen Großsiedlungen in Hellersdorf, Marzahn und Hohenschönhausen Mitte der 1970er Jahre mit dem Ausbau des Wasserwerks Friedrichshagen begonnen wurde.

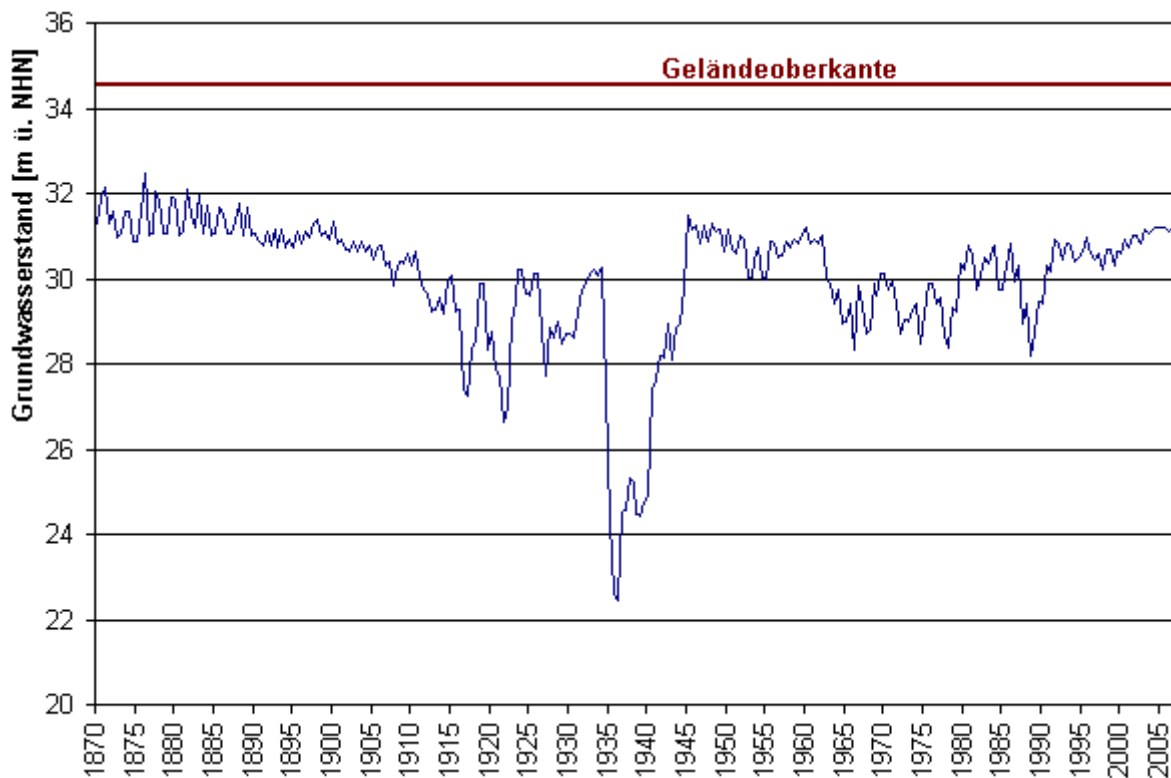


Abb. 2: Entwicklung des Grundwasserstandes seit 1870 an der Messstelle 5140 in Mitte, Charlottenstraße

In den Wassergewinnungsgebieten haben sich im Einzugsbereich der Brunnen der Wasserwerke dauerhafte, weitgespannte und tiefe **Absenkungstrichter** ausgebildet. Dort sind zudem, analog zu den innerhalb des Jahres schwankenden Fördermengen der meisten Wasserwerke, zum Teil erhebliche Schwankungen der Grundwasserstände zu beobachten. Schon zu Beginn des letzten Jahrhunderts fielen im Grunewald der Riemeistersee und der Nikolassee durch die Wasserentnahmen des Werkes Beelitzhof trocken. Der Spiegel des Schlachtensees fiel um 2 Meter, der Spiegel der Krummen Lanke um 1 Meter. Zum Ausgleich wird unter Umkehrung der natürlichen Fließrichtung seit 1913 Havelwasser in die Grunewaldseen gepumpt. Die Feuchtgebiete Hundekehlefenn, Langes Luch, Riemeisterfenn sowie die Uferbereiche der Seen konnten nur durch diese Maßnahme erhalten werden.

Die Absenktrichter der Brunnengalerien an der Havel wirken sich bis weit in den Grunewald aus. So sank der Grundwasserstand am Postfenn zwischen 1954 und 1974 um 3,5 m, am Pechsee im Grunewald zwischen 1955 und 1975 um 4,5 m. Durch die Entnahme der Brunnengalerien am Havelufer kommt es selbst in unmittelbarer Nähe der Havel zu starker Austrocknung im Wurzelraum der Pflanzen.

Im Südosten Berlins sind 90 % der Feuchtgebiete um den Müggelsee in ihrem Bestand bedroht (Krumme Laake Müggelheim, Teufelsseemoor, Neue Wiesen/Kuhgraben, Mostpfuhl, Thyrn, Unterlauf Fredersdorfer Fließ).

Um die negativen Auswirkungen der Grundwasserabsenkungen zu mildern, werden einige Feuchtgebiete durch Überstauung und Versickerung von Oberflächenwasser wieder vernässt. Beispiele sind die Naturschutzgebiete Großer Rohrpfuhl und Teufelsbruch im Spandauer Forst, der Barsee im Grunewald sowie die Krumme Lake in Grünau und die Bogenseekette in Pankow.

Großflächige Absenkungen ergaben sich ebenso im Bereich des Spandauer Forstes, bedingt durch die seit den 1970er Jahren erheblich angestiegene Grundwasserförderung des Wasserwerkes Spandau. Mit Hilfe einer 1983 in Betrieb genommenen Grundwasseranreicherungsanlage wird durch die Versickerung von aufbereitetem Havelwasser versucht, den Grundwasserstand allmählich wieder anzuheben. Bis Mai 1987 konnte der Grundwasserstand im Spandauer Forst im Durchschnitt zwischen 0,5 und 2,5 m angehoben werden. Wegen der Vernässung von Kellern angrenzender Wohngebiete wurde die Grundwasseranreicherung in diesem Gebiet inzwischen wieder beschränkt. Mit der gleichzeitigen Steigerung der Fördermengen des Wasserwerkes Spandau sank der

Grundwasserstand bis 1990 wieder ab. Durch eine weitere Reduzierung der Fördermengen kam es in der Folgezeit zu einem erneuten Anstieg des Grundwassers (Abb. 3).

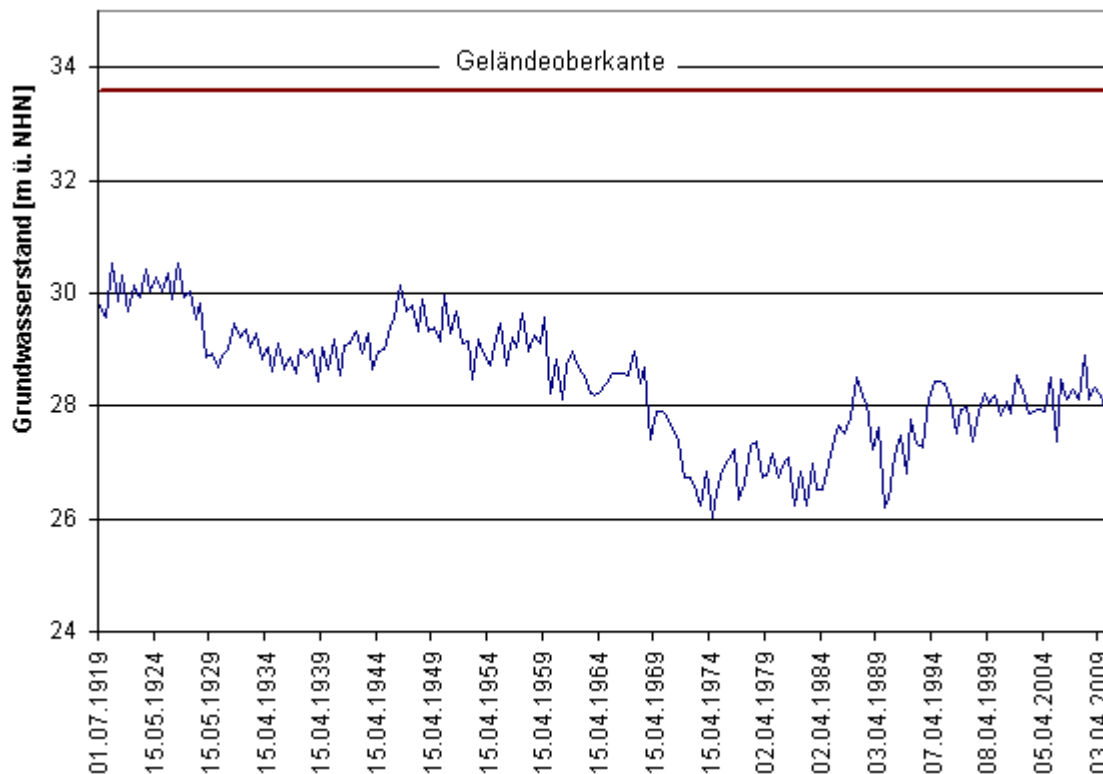


Abb. 3: Entwicklung des Grundwasserstandes an der Messstelle 1516 im Spandauer Forst

Generell ist im Westteil Berlins bereits seit Ende der 1980er Jahre ein **Wiederanstieg** der Grundwasserstände zu beobachten. Ursache dafür waren in erster Linie drei gegensteuernde Maßnahmen wider den sinkenden Grundwassertrend:

- Die Erhöhung der künstlichen **Grundwasseranreicherung** durch gereinigtes Oberflächenwasser in wasserwerksnahen Gebieten (Spandau, Tegel und Jungfernheide) führte zu geringeren Absenkungsbeträgen.
- Die **Wiedereinleitpflicht** bei Grundwasserhaltungsmaßnahmen für große Baumaßnahmen führte zu einer geringeren Belastung des Grundwasserhaushalts.
- Die Einführung des **Grundwasserentnahmeentgelts** bewirkte einen sparsameren Umgang mit der Ressource Grundwasser.

Insgesamt befand sich die Grundwasseroberfläche im Mai 2009 auf einem relativ hohen Niveau. Grund dafür ist der rückläufige Wassergebrauch, der an der verringerten Rohwasserförderung der Berliner Wasserbetriebe seit der politischen Wende 1989 - besonders in den östlichen Bezirken - abzulesen ist. Fünf kleinere Berliner Wasserwerke stellten ihre Produktion in den Jahren von 1991 bis 1997 völlig ein: Altglienicke, Friedrichsfelde, Köpenick, Riemeisterfenn und Buch. Dadurch stiegen die Grundwasserstände stadtweit bis in die Mitte der 1990er Jahre wieder an. Es kam in diesem Zeitraum gebietsweise durch den plötzlichen Grundwasserwiederanstieg bei nicht fachgerecht abgedichteten Kellern zu zahlreichen Vernässungsschäden. In zwei Gebieten waren die Schäden so umfangreich, dass grundwasserregulierende Maßnahmen durchgeführt wurden (Rudow, Kaulsdorf).

Im September 2001 wurde zusätzlich die Trinkwasserproduktion der beiden Wasserwerke Johannisthal und Jungfernheide vorübergehend eingestellt; bei letzterem auch die künstliche Grundwasseranreicherung. Im Rahmen des Grundwassermanagements wird am Standort Johannisthal jedoch weiterhin Grundwasser gefördert, um laufende lokale Altlastensanierungen und Baumaßnahmen nicht zu gefährden. Am Standort Jungfernheide wird seit Januar 2006 die Grundwasserhaltung von einer Firma zum Schutz ihrer Gebäude betrieben.

Die Gesamtförderung der Wasserwerke zu Trinkwasserzwecken sank innerhalb von 20 Jahren in Berlin um über 45 %: 1989 wurden 378 Millionen m<sup>3</sup>, im Jahr 2008 dagegen nur noch 205 Millionen m<sup>3</sup> gefördert.

Der Rückgang der Grundwasserförderung der Wasserwerke in den östlichen Bezirken fiel mit über 63 % in diesem Zeitraum noch deutlich höher aus. Daraus resultierte in den Jahren seit 1989 ein stadtweiter Grundwasseranstieg, der sich am stärksten im Urstromtal in der Nähe der Förderbrunnen der Wasserwerke mit ihren tiefen Absenktrichtern auswirkte.

Das Ausmaß des flächenhaften Grundwasserwiederanstieges in Berlin seit 1989 verdeutlicht Abbildung 4. Hier ist der Anstieg der Grundwasserstände von 1989 bis 2002 dargestellt.

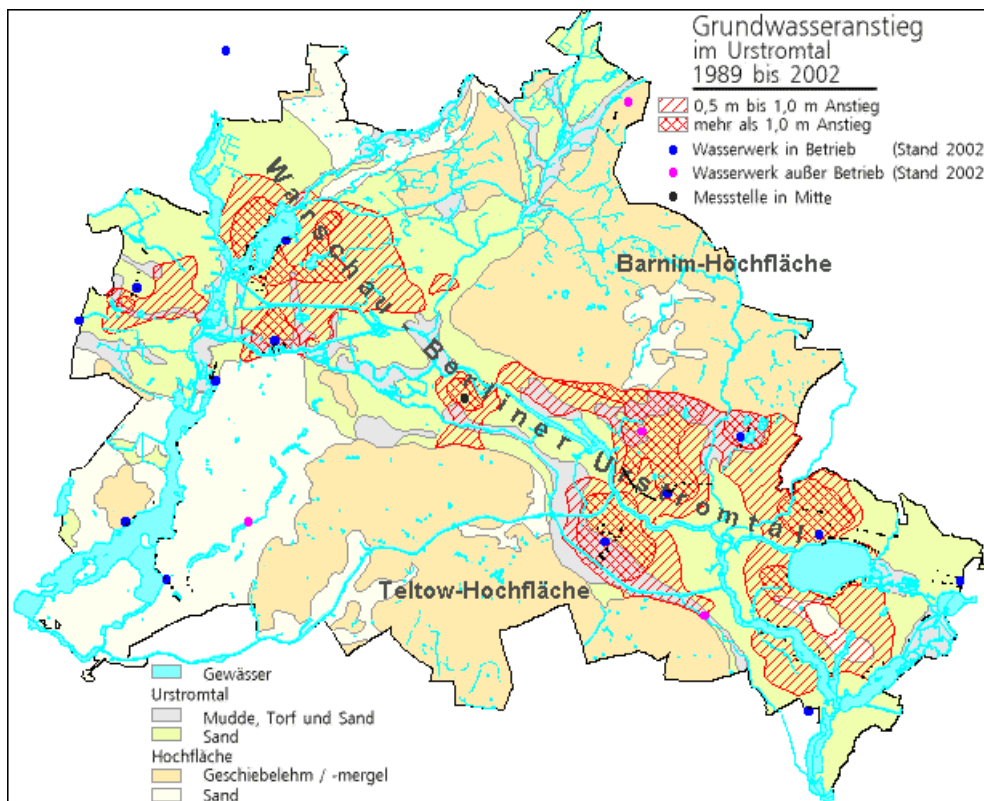


Abb. 4: Grundwasseranstieg im Zeitraum 1989 bis 2002.

Dargestellt ist der Grundwasseranstieg nur im Urstromtal, da er hier für die Gebäude auf Grund des geringen Flurabstandes relevant ist. Auf den Hochflächen herrschen höhere Flurabstände.

## Datengrundlage

Die Flurabstände sind rechnerisch aus der Differenz zwischen der Geländehöhe und der Höhe der Grundwasseroberfläche bzw. der -deckfläche (bei gespannten Verhältnissen) ermittelt.

Die vorliegende Ausgabe der Karte unterscheidet sich von der Ausgabe 2008 darin, dass für die Berechnung der Flurabstände ein wesentlich verbessertes **Höhenmodell** zur Verfügung stand. Den Angaben über die Geländehöhe liegt nun flächendeckend für das Land Berlin ein hoch aufgelöstes und verlässliches Modell der Geländeoberfläche zu Grunde.

Für das Gebiet des Landes Berlin wurden die Daten des Digitalen Geländemodells DGM5 mit einer Gitterweite von 5 m und einer Genauigkeit von +/- 0,5 m verwendet. Sie sind Ergebnis der Auswertungen von Daten aus Laserscanbefliegungen.

Für das Gebiet des Landes Brandenburg wurden die Daten des Digitalen Geländemodells DGM25 mit einer Gitterweite von 25 m und einer Genauigkeit von +/- 2 m verwendet. Da das Modell nur im System ETRS89 vorlag, wurden die Gitterpunkte in das System Soldner-Neu transformiert (max. Fehler 20 cm) und anschließend mittels der Software Surfer ein neues 5 m - Gitter berechnet.



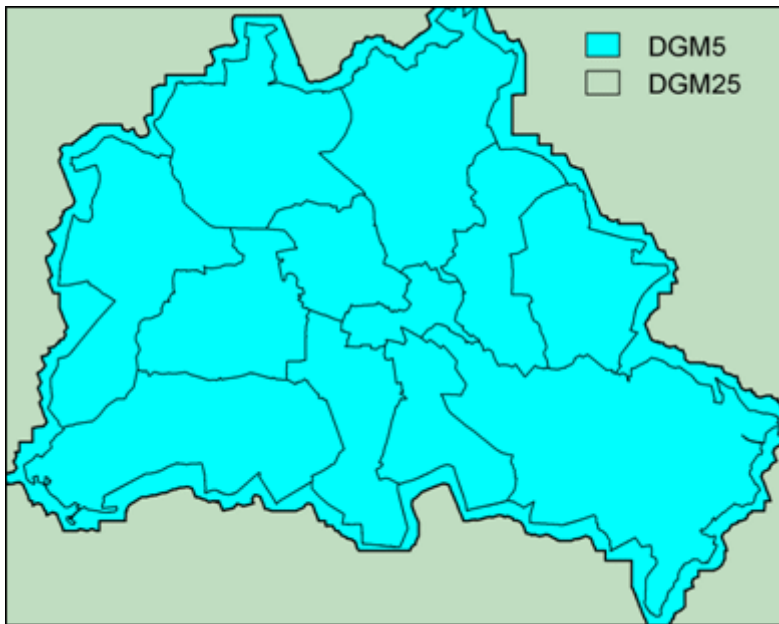


Abb. 5: Datengrundlagen für das verwendete Höhenmodell

Die Ermittlung der Grundwasseroberfläche basiert auf Daten von 1.496 Grundwassermessstellen des Landesgrundwasserdienstes von Berlin und von den Berliner Wasserbetrieben vom Mai 2009. Zusätzlich wurden Messwerte des Landesumweltamtes Brandenburg sowie von Versorgungsunternehmen aus dem Umland in die Arbeiten integriert.

Gebiete mit gespannter Grundwasseroberfläche in Berlin wurden unter Verwendung der digital vorliegenden Informationen zu den hydrogeologischen Schnitten des Geologischen Atlas (SenStadt 2002) von Berlin sowie ausgewählter Bohrungen des Bohrchivs ermittelt (s. Abb. 6). In diesen Gebieten wurden nicht die Wasserstände der Messstellen, sondern die Unterflächen der Grundwasserhemmer digital ermittelt. Im brandenburgischen Umland innerhalb des "Sonderblattschnittes Berlin" wurden hierfür ebenfalls Bohrungen und zusätzlich teufenbezogene Informationen aus dem hydrogeologischen Kartenwerk verwendet (ZGI 1983).

Des Weiteren wurden zahlreiche Hilfspunkte zu den Gewässerrhöhen entlang der Oberflächenwasser in die Ermittlung der regionalen Verteilung der Grundwasseroberfläche einbezogen. Diese Hilfspunkte wurden ausschließlich in Gebieten ohne wasserwirtschaftlich induzierte Störung des Wasserhaushaltes verwendet, die sich in Berlin lediglich in den Außenbereichen (z. B. Dahme, Obere Havel) befinden. Hintergrund der Einbeziehung dieser Stützpunkte ist die angestrebte Vermeidung von errechneten Grundwasserständen über Flur entlang der Gewässer. Auch kleinere Fließgewässer, wie die Große Kuhlake im Spandauer Forst oder das Tegeler sowie das Neuenhagener Mühlenfließ (Erpe) wurden hierbei berücksichtigt.

Die beschriebene Herleitung der flächenhaften Informationen zur Grundwasserspannung basiert einerseits auf den zeitlich "invariant" vorliegenden Daten zur räumlichen Verteilung der Grundwasserleiter und -hemmer im Untergrund und andererseits auf den zeitlich varianten Daten zur freien Grundwasseroberfläche in Gebieten ohne hemmende Deckschichten des oberflächennahen Grundwassers. Da die Höhe der freien Grundwasseroberfläche in den zuletzt genannten Gebieten in Abhängigkeit von den Zeiträumen, zwischen denen verglichen wird, in Berlin um mehrere Dezimeter variieren kann, ist es auch möglich, dass ein als "ungespannt" für den Zeitraum Mai 2006 markiertes Gebiet im Mai 2009 "gespannt" vorliegt und umgekehrt.

Aus diesem Grund musste die o. g. Analyse der räumlichen Verteilung der Grundwasserspannung mit Hilfe der Informationen zum Grundwasserstand im Mai 2009 überprüft bzw. wiederholt werden. Das Ergebnis zeigt Abb. 6.

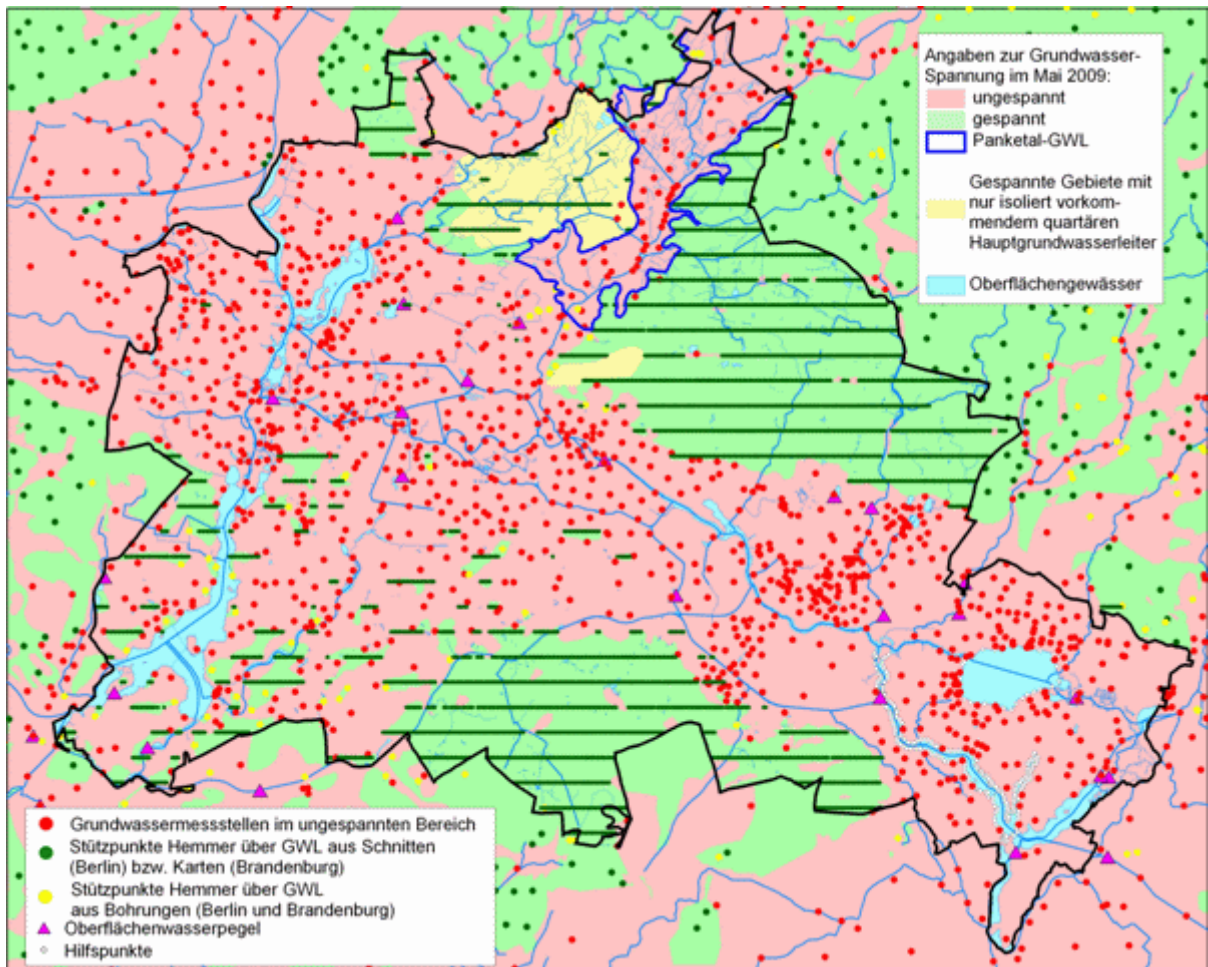


Abb. 6: Messpunktinformationen zur Ermittlung der Grundwasseroberfläche im Mai 2009

Die Unterschiede im Ergebnis der Analyse für die beiden Zeiträume im Mai 2006 und Mai 2009 sind aufgrund der zumeist nur um wenige Zentimeter schwankenden Grundwasserstände nur geringfügig. Im südlichen Randbereich der Barnim-Hochfläche und dem nördlichen Randbereich der Teltow-Hochfläche im Süden sind einige Gebiete erkennbar, die 2006 als gespannt und 2009 als ungespannt ausgewiesen wurden. Im Bereich des Panketals sowie der "gespannten Gebiete mit nur isoliert vorkommendem quartärem Hauptgrundwasserleiter" wurden in den vergangenen Jahren seitens der Landesgeologie umfangreiche räumliche Modifizierungen durchgeführt, so dass hier kein direkter Vergleich mit dem Zeitraum Mai 2006 mehr möglich ist.

## Methoden

Zur Ermittlung der Flurabstände wurde zunächst aus den Daten der Grundwassermessstellen die Höhe der freien Grundwasseroberfläche über dem Meeresspiegel für den Monat Mai 2009 errechnet. Das Verfahren ist im Text zur Karte Grundwasserhöhen Mai 2009 beschrieben (vgl. Karte 02.12).

In Bereichen mit gespanntem Grundwasser ist der Flurabstand als Abstand zwischen der in der Höhenlage unterschiedlichen Unterfläche der Deckschicht (bzw. der Oberfläche des Grundwasserleiters) und der Geländeoberfläche definiert. In diesen Bereichen wurden daher die Grundwasserstandsdaten der Messstellen durch die Stützpunkte ersetzt, die die Unterflächen der Deckschichten repräsentieren (s. Abb. 6). Zusätzlich existieren im Norden von Berlin (Märkisches Viertel, Lübars, Blankenfelde, Rosenthal) Gebiete, wo der bedeckte quartäre Hauptgrundwasserleiter unter Geschiebemergel nicht zusammenhängend, sondern nur isoliert verbreitet ist. Das in den Untergrund versickernde Wasser erreicht diesen zumeist nicht, sondern fließt auf oberflächennahen bindigen Zwischenschichten lateral zum nächsten Vorfluter (sog. "hypodermischer Abfluss"). Diese Gebiete wurden aufgrund der Komplexität der hier bestehenden Lagerungsbedingungen von der Berechnung des Flurabstandes ausgenommen.

Die Erarbeitung des einheitlichen Rasterdatenbestandes (Grid) zur Grundwasseroberfläche aus der beschriebenen Datengrundlage geschah sukzessiv in mehreren Arbeitsschritten. Im Rahmen der

Bearbeitung im Jahr 2003 hatte sich gezeigt, dass es durch die einheitliche Regionalisierung der gesamten Stützpunktbasis - bestehend aus den Grundwasserständen in den ungespannten und den Stützpunkten zu den Unterflächen in den gespannten Gebieten - zu einer lokal z. T. weit reichenden Beeinflussung über die als signifikant erkannten Grenzlinien unterschiedlicher Spannungszustände hinaus kommen kann. Da an diesen Grenzlinien aber zumeist auch sehr große Unterschiede der Tiefenlage der Grundwasseroberfläche bestehen (auf der gespannten Seite der Grenze liegt die Oberfläche zumeist deutlich tiefer als auf der ungespannten Seite) führt das einheitliche Regionalisierungsverfahren hier zu unbefriedigenden Ergebnissen.

Aus diesem Grund wurde das Kriging-Verfahren getrennt jeweils in ungespannten und gespannten Gebieten durchgeführt und anschließend die separaten Teil-Grids zusammengeführt. Hierdurch können die hydrogeologisch begründeten Differenzen bzw. "Sprünge" an den Grenzlinien der Grundwasserspannung besser abgebildet werden. Dies wirkt sich vor allem an den Rändern des Urstromtals zu den nördlich bzw. südlich angrenzenden Hochflächeengebieten positiv aus, da es hier nicht mehr zu einem "Herabziehen" der Grundwasseroberfläche im ungespannten Bereich kommt.

Mit dieser aggregierten Datengrundlage wurde dann das Modell der Grundwasseroberfläche erstellt, das in Form von Isohypsen (Linien gleicher Höhenlage der Grundwasseroberfläche) sichtbar gemacht werden kann (s. Abb. 7). Zur Interpolation wurde eine Variogrammanalyse erstellt und das Kriging-Verfahren mit Hilfe des Programmes Surfer verwendet.

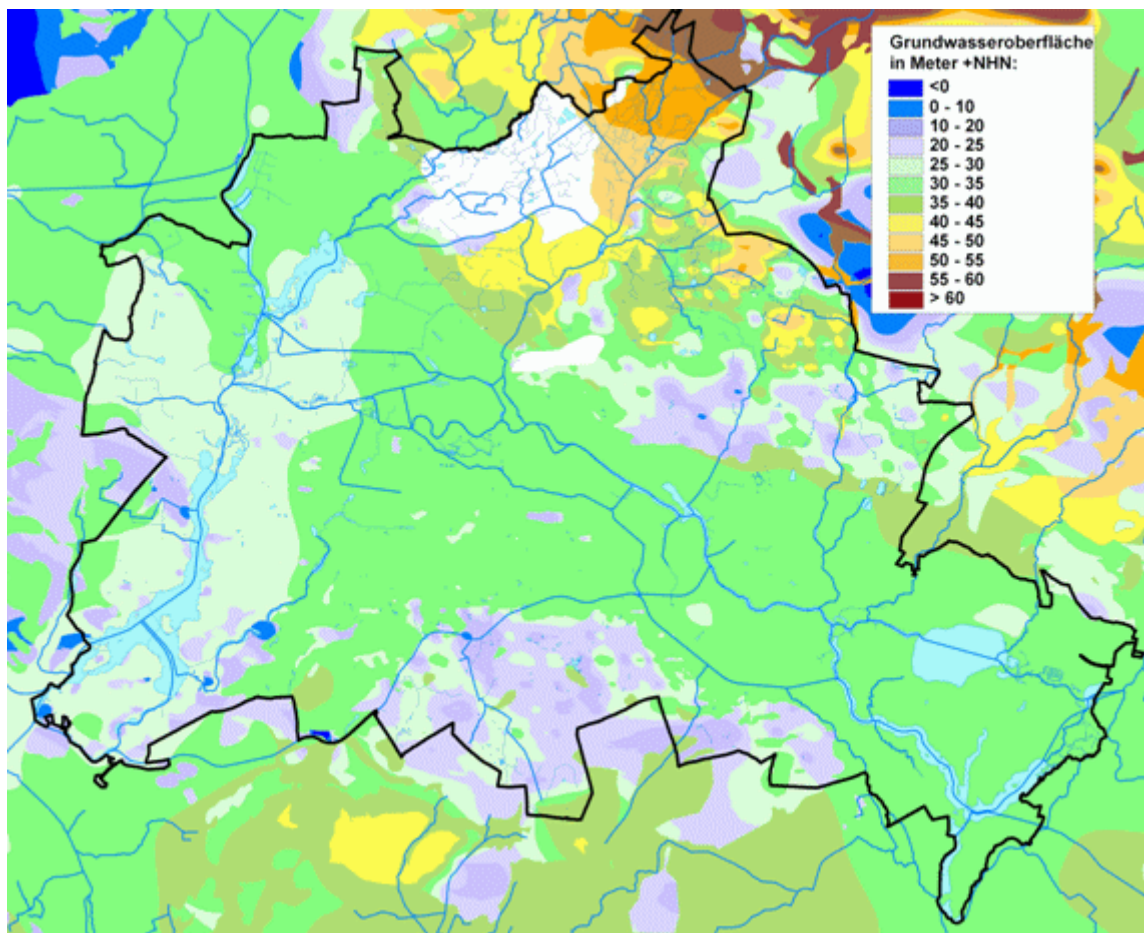


Abb. 7: Grundwasseroberfläche in Berlin und im Umland im Mai 2009 in Meter NHN

Diese Übersicht zur Grundwasseroberfläche ist ein Zwischenergebnis im Sinne eines synthetischen Berechnungsergebnisses. Die Darstellung und Interpretation dieses Zwischenergebnisses ist eine wichtige Plausibilitätsprüfung auf dem Weg der Ermittlung des Flurabstandes, da durch den Verschnitt mit dem Höhenmodell eine neue, unabhängige Information in das Modell integriert wird. Unklarheiten in diesem Verschneidungsergebnis können ihre Ursachen dann in Unplausibilitäten einer der beiden unabhängigen Informationen haben.

Durch die Einbeziehung der Unterflächen der hemmenden Deckschichten zeigen sich die Bereiche, in denen die (gespannte) Grundwasseroberfläche unter mächtiger Geschiebemergelbedeckung in



großen Tiefen liegt, sehr deutlich. Zugleich sind auch die "Sprünge" der Grundwasseroberfläche an den Rändern der Gebiete von gespanntem bzw. ungespannten Grundwasser gut erkennbar.

Auf der Barnim-Hochfläche befinden sich tiefe Bereiche insbesondere im nordöstlichen sowie im südlichen Randbereich der Grundmoränenplatte. Hier liegt die gespannte Grundwasseroberfläche nahe bei bzw. lokal tiefer als 0 Meter NHN. Es sind zumeist auch diejenigen Gebiete, in denen kein bzw. nur ein isoliert verbreiteter Grundwasserleiter vorhanden ist. Innerhalb der gespannten Gebiete in Frohnau taucht die Grundwasseroberfläche hingegen nur auf etwa 15 Meter +NHN ab.

Der südliche Bereich der Teltow-Hochfläche (Marienfelde, Buckow) ist durch Tiefenlagen der Grundwasseroberfläche von etwa 10 Meter +NHN geprägt. Im Bereich der Hochflächensande des Teltow östlich der Havel sind ebenfalls sehr tiefliegende Bereiche erkennbar, lokal erreichen diese hier annähernd 0 Meter +NHN. Westlich der Havel ist dies auch der Fall, zumeist liegt die Grundwasseroberfläche in den gespannten Bereichen hier jedoch zwischen 10 und 25 Meter +NHN.

Die höchsten Lagen der Grundwasseroberfläche finden sich mit Höhenlagen zwischen 55 und 60 Meter +NHN im nordöstlichen, ungespannten Bereich des Panketals in Buch an der Landesgrenze zu Brandenburg. Außerhalb Berlins steigt die Grundwasseroberfläche auf dem Barnim sogar lokal bis oberhalb von 60 Meter +NHN, zeigt aber auch kleinräumig sehr große Schwankungen (z. B. an der Stadtgrenze bei Ahrensfelde). Im Nordwesten von Berlin befindet sich die Grundwasseroberfläche innerhalb des Urstromtals auf einem relativ homogenen Niveau, fällt aber bei Marwitz im gespannten Bereich wieder deutlich ab. Südlich von Berlin liegt sie im Bereich des Teltows bei wechselnden Spannungszuständen zumeist oberhalb von 35 Meter, lokal auch oberhalb von 40 Meter +NHN.

Der ungespannte Bereich des Panketals tritt deutlich gegenüber den gespannten Gebieten in der Umgebung mit Höhenlagen der Grundwasseroberfläche von zumeist 40 bis 50 Meter +NHN in Erscheinung. An den Rändern des Panketals sind auch die größten "Sprunghöhen" der Grundwasseroberfläche mit lokal bis zu 40 Meter vertikaler Differenz auf wenige Hundert Meter in der Horizontalen erkennbar (z. B. am östlichen Rand auf der Höhe von Blankenburg). Durch die zunächst getrennte und anschließend wieder aggregierte Berechnung der Grundwasseroberfläche konnte erreicht werden, dass hier keine gegenseitige - und in der Natur nicht vorhandene - Beeinflussung aufgrund des Regionalisierungsprozesses entstanden ist.

Im Urstromtal entspricht die Grundwasseroberfläche den Grundwassergleichenlinien. Es zeigt sich ein kontinuierlicher Abfall der Grundwasseroberfläche in Fließrichtung der beiden für den Hauptgrundwasserleiter maßgeblichen Vorfluter Spree und Havel in Ost-West- bzw. Nord-Süd-Richtung. Dies entspricht dem hier flächendeckend vorhandenen hydraulischen Kontakt zwischen Oberflächen- und Grundwasser.

Anschließend wurde aus dem **Modell der Grundwasseroberfläche** und dem **Geländehöhenmodell** ein Differenzmodell errechnet. Die Rasterweite betrug dabei 5 Meter.

Neben dem 5 m-Modell wurden weitere Modelle mit größeren Rasterweiten berechnet (10, 25, 50 und 100m), die je nach Abbildungsmaßstab im GIS dargestellt werden. Für die PDF-Karte wurde die Rasterweite 25 m gewählt.

Der Flurabstand des Grundwassers wurde in 14 Abstandsklassen eingeteilt und als Schichtstufenkarte ausgegeben. Um die Flurabstände vor allem in dem für die Vegetation wichtigen Bereich bis zu 4 Metern differenziert angeben zu können, wurde dort eine detailliertere Klasseneinteilung gewählt.

Für kleinräumige Betrachtungsweisen ist es unter Verwendung kleinerer Rasterweiten bei der Interpolation mit den digital vorliegenden Ausgangsdaten möglich, genauere Ergebnisse zu erzielen. Auch die Klassengrenzen für die Flurabstandsklassen sind frei wählbar und liegen in den berechneten Gitterdaten dementsprechend mit diskreten Angaben vor.

Die Aussagegenauigkeit des Flurabstandsmodells ist unmittelbar abhängig von der Qualität des Höhenmodells; deshalb sind die für die Höhenmodelle angegebenen Genauigkeiten im Prinzip auch für die Flurabstandskarte gültig. Für das DGM 25 auf Brandenburger Gebiet liegen die Genauigkeiten bei kleiner +/- 2 m, für das DGM 5 auf Berliner Gebiet bei +/- 0,5 m oder besser.

Um möglichen Fehlinterpretationen vorzubeugen, sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Daten zu den Geländehöhen weisen aufgrund der Datenlage z. T. Ungenauigkeiten auf. Dies betrifft einerseits das Gebiet des Landes Brandenburg, das durch das DGM5 noch nicht erfasst wird. Andererseits sind auch in den Gebieten, die durch Daten des DGM5 abgedeckt werden einige methodisch bedingte Fehler (z.B. Fehlinterpretation des Laserscan-Verfahrens bei Glasdächern und Solarkollektoren) enthalten, die z.T. zu falschen Höhenangaben und damit zu

scheinbaren Senken mit geringen Flurabständen führen, die in der Realität nicht vorhanden sind. Solche Gebiete treten z.B. in der dicht bebauten Innenstadt auf, sind aber selten und in ihrer Ausdehnung eng begrenzt.

- In Bereichen, in denen Grundwasser unter mächtigen schlecht durchlässigen grundwasserhemmenden Geschiebemergelschichten ansteht und zumeist dann auch gespannt ist, ist in der Regel von Flurabständen von mehr als 10 Metern, oftmals auch von mehr als 20 Metern auszugehen. Die Unterkante des Grundwasserhemmers wurde dort als Oberfläche des Grundwassers angenommen. Sandige Einlagerungen in und auf diesen Geschiebemergelschichten, in denen auch oberflächennah bzw. nur saisonal ausgebildetes Grundwasser auftreten kann, sind räumlich eng begrenzt, in ihrem Vorkommen nur mit großem Aufwand lokalisierbar und für die Flurabstandsermittlung nicht berücksichtigt. Besonders im gespannten Gebiet mit nur isoliert vorkommendem quartären Hauptgrundwasserleiter ist ebenfalls mit oberflächennahem Vorkommen von Grundwasser (z. B. im Tegeler Fließ) zu rechnen.
- Im Nahbereich der Brunnen unterliegt die Grundwasseroberfläche je nach Förderleistung starken Schwankungen. Aus diesem Grunde können hier kleinräumig höhere Flurabstände auftreten, die in ihrer flächenmäßigen Ausdehnung im gewählten Maßstab ebenfalls nicht darstellbar sind.
- Es ist zu beachten, dass in der Flurabstandskarte nicht alle feuchten, für den Biotop- und Artenschutz potentiell wertvolle Flächen abgelesen werden können (Flurabstand < 1,0 m). Dies betrifft z.B. Flächen, die keinen Grundwasseranschluss besitzen und durch Stauwasser bzw. periodisch auftretende Überflutungen vernässt werden (z.B. die Tiefwerder Wiesen, Tegeler Fließ).

## Kartenbeschreibung

Jeweils etwa 20 % Flächenanteil nehmen die Flurabstandsklassen 2 bis 4 Meter, 4 bis 10 Meter, 10 bis 20 Meter und 20 bis 40 Meter in Berlin ein. Grundwassernahe Gebiete mit Flurabständen < 2 Meter machen ca. 12 % der Fläche aus. Sehr hohe Flurabstände > 40 Meter treten nur vereinzelt an morphologischen Hochlagen in ca. 1 % der Fläche in Berlin auf.

Kein Flurabstand ist in den Gebieten eingetragen, in denen - wie oben im Kapitel Methode beschrieben - der bedeckte quartäre Hauptgrundwasserleiter unter Geschiebemergel nicht zusammenhängend, sondern nur isoliert verbreitet ist. Lokal kann hier trotzdem oberflächennahes Grundwasser im Untergrund auftreten, das sogar Feuchtgebiete (z. B. im oberen Tegeler Fließtal bei Lübars) mit ausreichend Wasser für die dort lebenden Biozönosen versorgt.

In Brandenburg sind die Flurabstände des Grundwassers im Südosten und im Nordwesten der Stadt innerhalb des Urstromtals zumeist sehr gering, außerhalb davon im Bereich der Hochflächen z. T. sehr hoch ausgeprägt. Im Nordosten liegen sie großflächig bei mehr als 40 Meter innerhalb der gespannten Gebiete des Barnims.

Im Urstromtal liegen die Flurabstände überwiegend im Bereich von 2 bis 4 Meter unter Gelände. Flurnahe Flächen mit weniger als 2 Meter Abstand des Grundwassers zur Geländeoberkante finden sich generell im Umfeld vieler Oberflächengewässer. Relativ große Flächen mit einem Flurabstand zwischen 1 und 2 Meter finden sich auch in den südlichen Ortsteilen des Bezirkes Köpenick (nördlich und südlich des Langen Sees) sowie im Spandauer Forst, am Heiligensee östlich der Havel und nördlich sowie südlich der Rummelsburger Bucht.

Höhere Flurabstände (> 4 Meter) innerhalb des Urstromtals haben entweder morphologische Ursachen (z. B. Dünen innerhalb des Tegeler Forstes, östlich des Müggelsees oder in den Rehbergen) oder sie liegen im Einflussbereich der Wasserwerksbrunnen (z. B. Spandau, Tegel, Friedrichshagen, Johannisthal), und sind hier durch die aktuelle Absenkung bedingt. Kleinflächig finden sich auch Bereiche mit erhöhten Flurabständen innerhalb des Urstromtales, in denen gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten. Hier werden die Flurabstände durch die Unterkanten der Weichselmoräne über dem Hauptgrundwasserleiter gebildet.

In den Hochflächenbereichen steigen die Flurabstände generell stark an. Sie liegen hier zumeist oberhalb von 10 Meter. Sehr markant zeichnet sich insbesondere der südliche Rand der Barnim-Hochfläche ab. Innerhalb des östlichen Bereichs der Barnim-Hochfläche treten vereinzelt in lokalen Senken Flurabstände von weniger als 10 Meter auf (z. B. im Gebiet um den Malchower See oder im Quellgebiet der Wuhle). Ansonsten dominieren hier jedoch Flurabstände oberhalb von 20 Meter, lokal auch oberhalb von 30 bzw. 40 Metern. Der nördliche Bereich der Barnim-Hochfläche - getrennt durch den Taleinschnitt der Panke mit sehr niedrigen Flurabständen des oberflächennahen Grundwasserleiter 1 - ist durch z. T. sehr hohe Flurabstände von bis zu 40 Meter und mehr geprägt. Hier erreicht die Grundmoräne sehr große Mächtigkeiten. Im Nordwesten (Frohnau) liegen die

Flurabstände hingegen zumeist im Bereich von maximal 20 bis 30 Meter, im westlichen Bereich (Bieselheide) oftmals auch unterhalb von 20 Meter im hier ungespannten Bereich.

Innerhalb des Grunewaldes sowie auch überwiegend westlich der Havel in Kladow und Gatow zeigen sich großflächig Flurabstände von mehr als 20 Meter. Hier bestehen überwiegend ungespannte Verhältnisse innerhalb der anstehenden Hochflächensande, die hohen Beträge werden durch morphologische Hochlagen verursacht (Teufelsberg, Schäferberg, Havelberge am Grunewaldturm), ebenso wie in den Müggelbergen.

Der westliche Bereich der Teltow-Hochfläche zwischen der Grunewaldseenkette sowie dem Teltowkanal ist durch stark wechselnde Flurabstände zwischen 5 Meter und 30 Meter geprägt. Hier bestehen auch heterogene regionale Verhältnisse in Bezug auf den Spannungszustand des Grundwassers. Südöstlich des Teltowkanals hingegen zeigen sich überwiegend Flurabstände oberhalb von 20 Meter in Gebieten mit gespanntem Grundwasser. Gegliedert wird dieser Bereich nochmals durch den Taleinschnitt des Rudower Fließes. Östlich hiervon finden sich in Bohnsdorf wieder Flurabstände von mehr als 20 Meter.

Deutlich niedrigere Flurabstände finden sich überwiegend in den ungespannten Gebieten und ganz besonders deutlich an den Rändern zu den gespannten Gebieten. Dieser Effekt wird durch die aktuell getrennte Berechnung der Grundwasseroberfläche in gespannten und ungespannten Gebieten erreicht (s. o.). Hierdurch wird sichergestellt, dass es bei der Berechnung zu keiner Beeinflussung außerhalb der gespannten Gebiete kommt. Auch der Barnimrand (z. B. östlich der Wuhle oder westlich des Panketals) zeigt diesen Effekt sehr deutlich.

Im Vergleich zur letzten Ausgabe der Flurabstandskarte mit den Grundwasserstandswerten vom Mai 2006 ergeben sich vor allem dort Abweichungen, wo nunmehr das verbesserte Höhenmodell zur Anwendung kommen konnte. Darüber hinaus sind überwiegend nur geringfügige Abweichungen zu verzeichnen, die einen Meter Unterschied nicht übersteigen. Es treten jedoch auch Gebiete auf, in denen der Flurabstand deutlich abgenommen hat. Hierbei handelt es sich ganz überwiegend um die Innenstadtgebiete, in denen das Grundwasser neben den klimatischen Einflüssen auch lokalen bzw. nur zeitlich befristet wirksamen Einflüssen (z. B. durch Tiefbaumaßnahmen) ausgesetzt waren. Im ungespannten Bereich des Urstromtals sind die Flurabstände insgesamt gesehen im Vergleich der drei Jahre auf einem gleich bleibenden Niveau geblieben.

## Literatur

- [1] **DIN 4049-3 (1994):**  
Hydrogeologie Teil 3. Begriffe zur quantitativen Hydrogeologie. - DIN Deutsches Institut Datengrundlagen für Normung e. V., Berlin (Beuth).
- [2] **Gerstenberg (2009):**  
Berechnung des Flurabstandes und Erstellung einer Flurabstandskarte Mai 2009 - Dokumentation J. Gerstenberg im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, (unveröffentlicht).
- [3] **Hydor (2006):**  
Erarbeitung der Karte zum Flurabstand des Grundwassers im Mai 2006.- Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin , Autoren: S. Hannappel & I. Keilig, (unveröffentlicht).
- [4] **Hydor (2009):**  
Erarbeitung der hydrogeologischen Grundlagen zur Flurabstandskarte Mai 2009.- Gutachten der HYDOR Consult GmbH (Autoren: S. Hannappel & S. Reinhardt) im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin, (unveröffentlicht).
- [5] **Limberg, A. & J. Thierbach 2002:**  
Hydrostratigraphie in Berlin. - Korrelationen mit dem norddeutschen Gliederungsschema. – Brandenburger Geowiss. Beitr., 9, ½, S.65-68; Kleinmachnow
- [6] **SenGUV (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz) 2007:**  
Grundwasser in Berlin, Vorkommen, Nutzung, Schutz, Gefährdung. - Redaktion: A. Limberg u. a., Berlin.
- [7] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung) 2002:**  
Geologischer Atlas von Berlin. - Geologische und hydrogeologische Schnitte im Maßstab 1 : 25.000 (Redaktion A. Limberg & Jens Thierbach, (unveröffentlicht).

**[8] ZGI (1983):**

HK 50, Hydrogeologisches Kartenwerk 1 : 50 000 der DDR, Grundwasserleiterbezogene Karten der hydrogeologischen Kennwerte, Hrsg.: Zentrales Geologisches Institut, Berlin.