

Grundwassermonitoring und Modellprognosen

Grundwasserüberwachung mit dem System GCI-GMS und Grundwassermodellierung auf Basis eines FEFLOW-3D-Modells für das Grundwassermanagement der Baumaßnahmen am Potsdamer Platz in Berlin

Abstract

Construction sites influencing groundwater flow and possibly groundwater chemistry may cause conflicts when located in ecologically sensible or urban areas. For the protection of vegetation and of buildings worth preserving in the vicinity of Potsdamer Platz, Berlin, a so called groundwater management was initiated to fulfil the requirements of Berlin water authorities.

The groundwater management is characterized by transparent groundwater monitoring and 3D modelling of groundwater flow. Groundwater monitoring and documentation with high evidential value is carried out using GCI-GMS Grundwasser-Monitoring-System: a GCI-database and evaluation application for PC. The regulation of dynamically influenced groundwater flow is planned with a 3D groundwater model generated for the central part of Berlin using FEFLOW 3D modelling software for UNIX workstations. This model enables the groundwater management to calculate prognoses of groundwater levels based on short and medium range scenario analyses.

1 Konfliktpotential - Bauen im Grundwasser

Im Zusammenhang mit den Bauvorhaben am Potsdamer Platz in Berlin und einer Vielzahl kleiner in ihren grundwasserrelevanten Auswirkungen sich raumzeitlich gegenseitig überlagernden Vorhaben kann es zu beachtenswerten Grundwasserbeeinflussungen kommen. Insbesondere in ökologisch und städtebaulich sensiblen Arealen, wie dem Gartendenkmal Großer Tiergarten in Berlin, bilden die bauseits bedingten Wirkungen auf das Grundwasser Konfliktpotential.

Maßnahmen des Grundwasserschutzes werden durch Auflagen und Restriktionen im Rahmen wasserrechtlicher Erlaubnisse, die die zuständigen Wasserfachbehörden den Bauherren erteilen, durchgesetzt. Darin sind neben den antragsabhängigen Festlegungen erlaubter und versagter Grundwasserentnahmen und Grundwasser-

standsänderungen, Forderungen zu wasserhaushaltlich oder schutzgutbezogen notwendigen Wiedereinleitungen von gehobenem Baugrubenwasser auch Anforderungen an die Grundwasserüberwachung, Dokumentation und Beweissicherung sowie die zielgerichtete Planung grundwassersteuernder Maßnahmen formuliert.

Eine detaillierte Auseinandersetzung [1] mit derartigen wasserbehördlichen Auflagen und Möglichkeiten sowie deren Realisierung einschließlich der notwendigen Organisation der Grundwasserbewirtschaftung, zum Beispiel als *Grundwassermanagement*, unterstreichen die Bedeutung der hierfür unerläßlichen Komponenten *Grundwassermonitoring* und *Grundwassermodellierung*.

2 Grundwassermanagement als Konfliktmanagement

Zur Beherrschung der skizzierten Interessenskonflikte wurde für die bislang unvergleichbare Situation intensiven innerstädtischen Baugeschehens, wie sie derzeit in Berlin am Potsdamer Platz existiert, von der Wasserbehörde die regulierende Tätigkeit eines Grundwassermanagements (GWM) gefordert. Seine Aufgabe ist die Beherrschung des Konflikts zwischen grundwasserbeeinflussenden Baumaßnahmen und für den Bestand ökologischer und baulicher Schutzgüter notwendigen Grundwasserhältnissen einschließlich des Interessenausgleichs zwischen den Konfliktpartnern, vertreten durch Bauherren, Fachbehörden sowie Personen und Institutionen des öffentlichen Interesses.

Ziel des GWM ist die Beherrschung der Grundwasserdynamik auf „niedrigstem Konfliktniveau“, d. h. Einhaltung wasserbehördlicher Forderungen bei Minimierung des dafür notwendigen Aufwandes, wie dies von IMS Ingenieurgesellschaft mbH in Zusammenarbeit mit GCI Grundwasser Con-

sulting Ingenieurgesellschaft mbH für die Baumaßnahmen am Potsdamer Platz angestrebt wird. Dazu dienen die drei GWM-Grundbausteine Grundwasserüberwachung, modellgestützte Planung und Prognose sowie Steuerung der Geohydrodynamik.

3 Grundwasserüberwachung bei Tiefbaumaßnahmen

3.1 Grundwassermeßstellen und Datenaufnahme

Zur Grundwasserüberwachung wurde den wasserbehördlichen Auflagen entsprechend unter Beachtung hydrodynamischer und hydrogeologischer Gegebenheiten, der zu kontrollierenden Baugruben, der zu überwachenden Schutzgüter wie städtische Grünflächen und bestehende Gebäude ein Netz von etwa hundert Grundwassermeßstellen errichtet und mit automatisch registrierenden (zu circa 15 % mit Datenfernübertragung ausgerüsteten) Meßeinrichtungen [2] ausgestattet. Die stündlich ermittelten und in den Ringspeichern der Datenlogger in den Meßstellen aus Sicherheitsgründen etwa einen Monat gespeicherten Daten werden i. a. arbeitstäglich weiterverarbeitet.

3.2 DV-Infrastruktur der Grundwasserüberwachung

Zur Informationsverarbeitung, Dokumentation und Beweissicherung der Meßwerte wird ein dv-gestütztes Überwachungs- und Beweissicherungssystem verwendet, das Grundwasserstände, Daten der Wasserförderung und -verbringung sowie chemische Analysen archiviert, zeit- und flächenbezogen auswertet und Kontrollen der Daten auf Plausibilität und Vollständigkeit selbstständig durchführt. Das aus Meßeinrichtungen [1, 2], PC und Softwarelösungen bestehende System für das GWM am Potsdamer Platz archiviert Daten teilweise automatisch, besitzt

hohe Zuverlässigkeit und erfährt wegen seiner anwenderfreundlichen und effizienten Anwendbarkeit hohe Akzeptanz bei den Fachbehörden (Abbildung 1). Seitens der Bauherren stehen preisgünstige Realisierung und Aufwandsminimierung im Vordergrund.

3.3 Datenverwaltung

In dem in der Baustellenlogistik installierten Überwachungssystem erfolgt die Datenverwaltung mit drei PC, die untereinander vernetzt sind und sich dabei in der Bewältigung folgender Aufgaben ergänzen:

- Einlesen von Meßstellendaten aus Handgeräten,
- Funkübertragung von Meßdaten,
- Systemeingang für externe Nutzer,
- Datenarchivierung sowie deren Auswertung.

Die im internen Netz abgelegten Daten werden stündlich automatisch in das Datenbanksystem eingelesen, unabhängig davon, welche Daten vorliegen und wie groß deren Umfang ist.

Über ein weiteres Netzwerk und Modem bzw. Telefonnetz sind Arbeitsstationen der Bauherren, des Grundwassermanagements und der Fachbehörden angeschlossen.

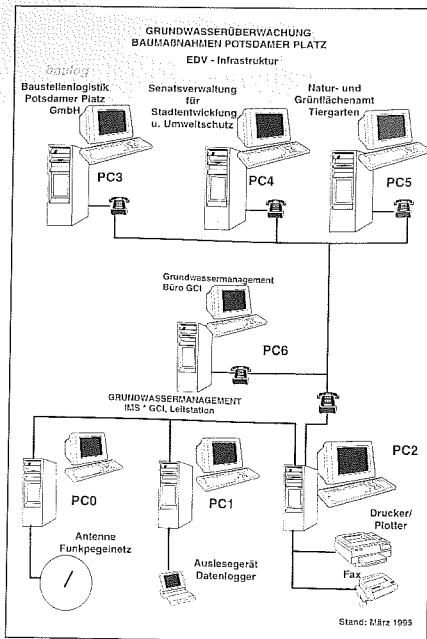


Abb. 1. DV-Infrastruktur des Grundwasser-Monitoring-Systems Potsdamer Platz.

Da jede Datenbank ein Unikat darstellt, dessen schon bestehender Datenbestand während der Aktualisierung der Meßdaten nicht verändert wird, arbeiten die PC-Systeme der überwachenden Fachbehörden relativ

autonom. Neu hinzukommende Daten werden an die bestehenden Daten angefügt. Diese Form der Datenhaltung gewährleistet neben der ständigen Verfügbarkeit und hohen Aktualität der vom Grundwassermanagement ermittelten Informationen auch eine hohe Fälschungssicherheit.

3.4 Grundwassermonitoring-Software

Grundlage des dv-gestützten Grundwasserüberwachungssystems ist die Basissoftware „GCI-GMS“ [3]. Dies ist ein auf Basis von MS ACCESS entwickeltes relationales Datenbank- und Auswertungssystem unter MS WINDOWS für PC-Anwendungen.

Neben Stammdaten wie Bohrungen, Schichtenprofile sowie jede Art von Meßstellen (Pegelrohre, Brunnen, Niederschlagsmeßstellen, Durchflußzähler u.a.m.) archiviert es vor allem die Bewegungsdaten dieser Meßstellen, d.h. Grundwasserstände, geförderte und verbrachte Wassermengen sowie Niederschläge und Beschaffenheitsdaten und erlaubt deren Dokumentation und wasserwirtschaftliche Auswertung auf vielfältige Art und Weise.

3.5 Datenprüfung

Datenbankabfragen mit Funktionsmakros prüfen Daten auf Vollständigkeit und Plausibilität. Prüfroutinen können über Zeitgeber in regelmäßigen Abständen wiederholt werden, wenn die Notwendigkeit besteht, die Zeitdauer eines kritischen Zustandes regelmäßig zu dokumentieren.

Die Kontrolle der Ganglinien von Meßstellen mit Datenloggern ist wesentlicher Bestandteil der Kontrolle auf mögliche Fehlfunktionen. Meßstellen, die über ein Funknetz eingebunden sind, werden bei fehlerhafter Übertragung direkt erkannt.

3.6 Auswertungen und Dokumentation

Die Effizienz und Akzeptanz des eingerichteten Überwachungssystems wird vor allem an der Vielzahl und Praktikabilität von fach- und sachgerechten Auswertungsmöglichkeiten der erfaßten Daten gemessen. Hierzu gehören Gangliniengraphiken für Zeitreihen von Grundwasserständen, Förder- und Ableitraten, Niederschlägen und Beschaffenheitsdaten, Importfunktionen für Zeitreihen aus Modellierungsprogrammen zum Vergleich mit den tatsächlichen Meßwerten, Grundwas-

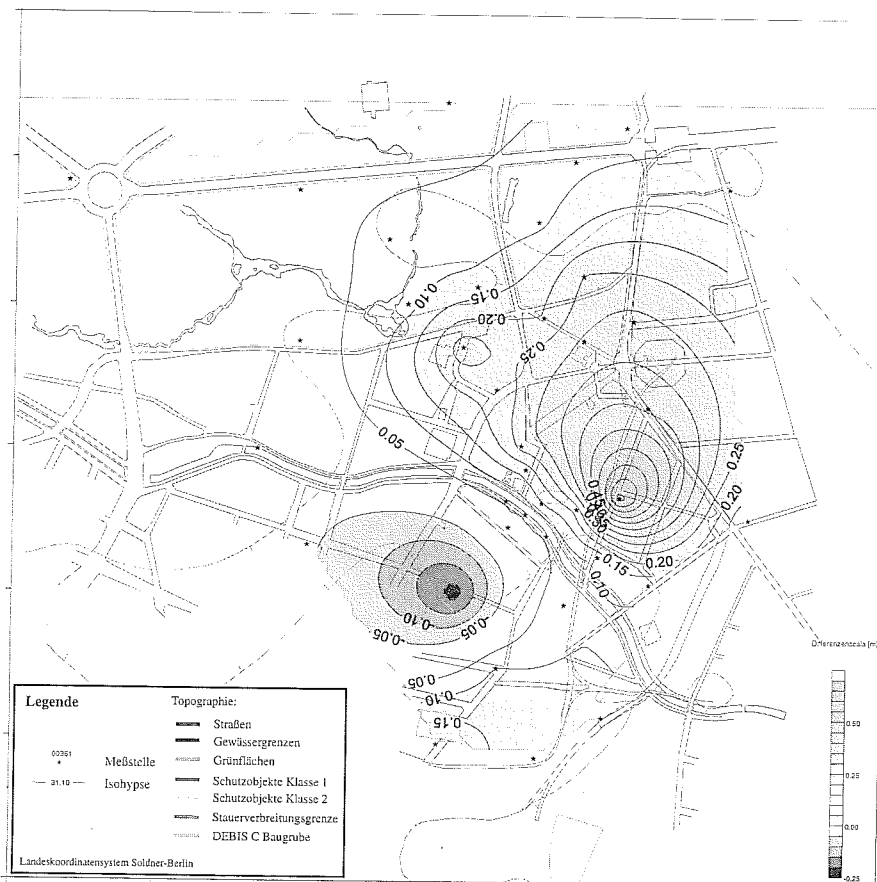


Abb. 2. Differenzplan der Grundwasserstände zwischen zwei Meßzeitpunkten.

sergleichen-, Differenzen- und Flurabstandspläne sowie Bohrpunktarten und Spezialgraphiken für hydrochemische Auswertungen, Diagramme u.a.m. (Abbildung 2).

Um im Einzelfall spezielle Überwachungsaufgaben erledigen zu können, wird die Basissoftware angepaßt, d.h. vorhandene Funktionen zu speziellen Makros zusammengefaßt und abgestimmt.

Die Zustandsbeschreibung des Überwachungsgebietes anhand kritischer Parameter erfolgt mithilfe von Systemberichten, die relevante Grenzwertverletzungen sinnfällig ermitteln, routinemäßig melden und ggf. graphisch anschaulich dokumentieren.

Für den Großen Tiergarten beispielsweise legte die Wasserbehörde des Landes Berlin den zulässigen Schwankungsbereich der Grundwasserstände zwischen 30 und 31 m NN mit einem Meter fest. Der hierfür angepaßte Systembericht zeigt die Grundwassermeßstellen auf topographischer Karte des Überwachungsgebietes, wobei Grenzwertverletzungen mit Signalfarben markiert und ihr Maß angegeben sowie Annäherungen der Grundwasserstände an für das Überwachungsgebiet definierte Grenzwerte bereits diagnostiziert und mittels Warnfunktionen angezeigt werden (Abbildung 3).

3.7 Flächenhafte zeitintegrierte Dokumentation von Kontrollwertverletzungen

Kurzfristig auftretende Verletzungen festgelegter Kontroll-Grundwasserstände müssen sich nicht zwangsläufig schädigend auf die Vegetation auswirken. Bedeutend ist neben dem Maß der Kontrollwertverletzung auch deren Zeitdauer.

In einem für derartige Bewertungen entwickelten erweiterten Grenzwertkontrollplan werden daher Niveaulinien mit einer Farbflächendarstellung kombiniert (Abbildung 4). Die abgestuften Farbflächen repräsentieren die Anzahl der Tage, an denen Grenzwertverletzungen innerhalb eines Bewertungszeitraumes festgestellt worden sind. Das über die entsprechenden Zeiten gemittelte Maß von Grenzwertverletzungen wird mit Niveaulinien dargestellt. Verletzungen zu kontrollierender Maxima und Minima werden mit Niveaulinien unterschiedlicher Farbe markiert. Innerhalb des großen Schutzgebietes Großer Tiergarten können erhebliche Unterschiede auftreten.

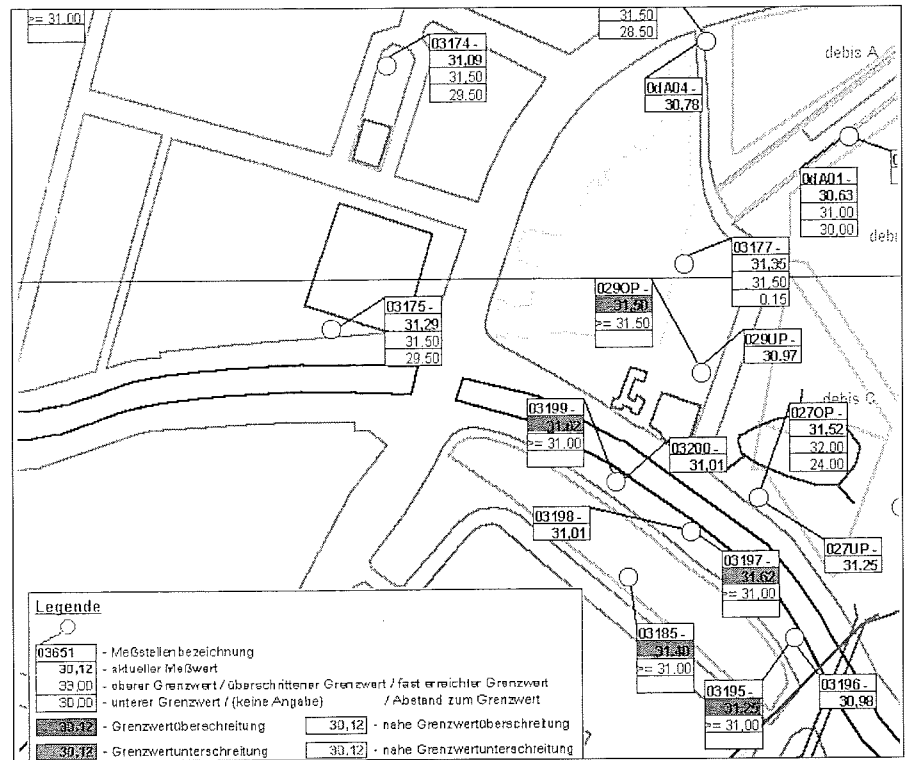


Abb. 3. Systembericht Grundwasserstände.

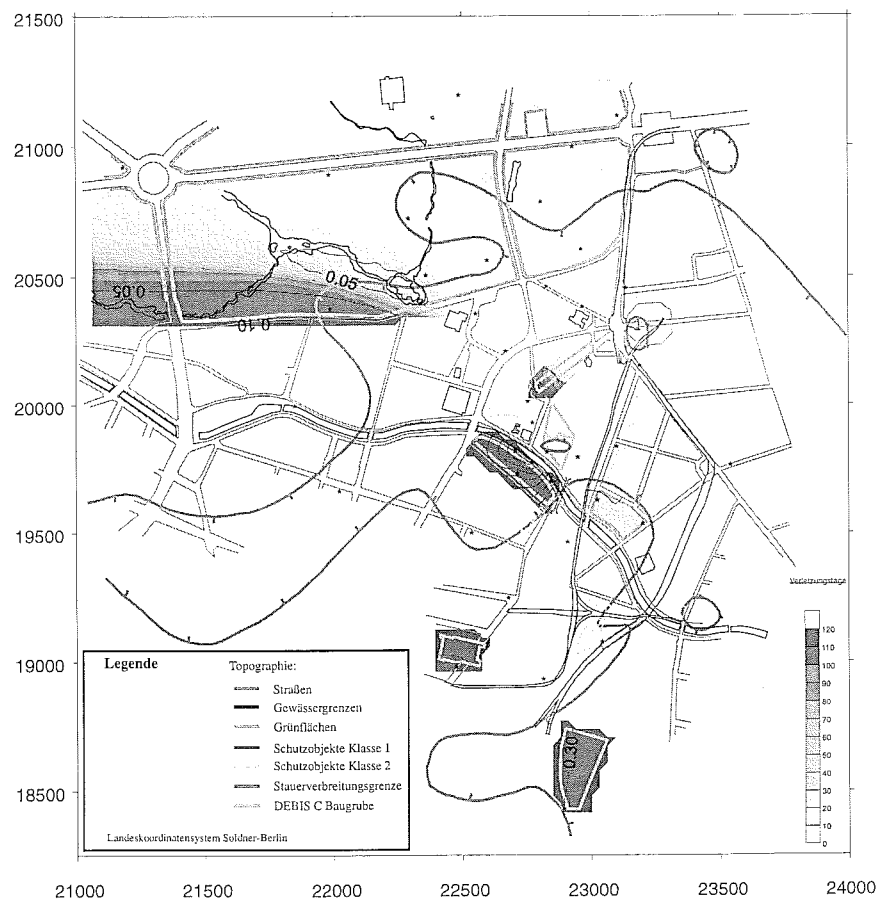


Abb. 4. Erweiterter Grenzwertkontrollplan des GMS Potsdamer Platz: Für fixierte Grundwasserstände unter Vegetationsflächen ausgewertete Tagesmittelwerte für einen Bewertungszeitraum von 3 Monaten.

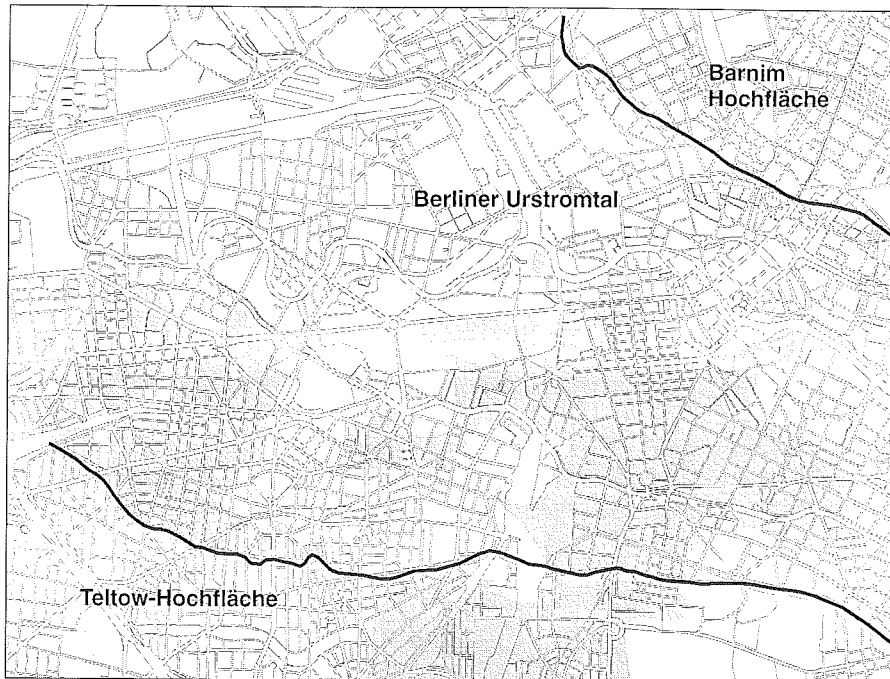


Abb. 5. Verbreitung des jüngeren Saale-Geschiebemergels im Modellgebiet des zentralen Bereichs von Berlin.

4 Grundwassersteuerung bei Grundwasserabsenkungen

4.1 Aufgabenstellung

Zum Schutz von Vegetation und benachbarter Bausubstanz dürfen fachbehördlich fixierte Höchst- und Tiefstände des Grundwasserspiegels im beeinflussten Gebiet nicht verletzt werden. Darüber hinaus sind ggf. auch Restriktionen der Menge des zu hebenden Grundwassers und seiner Beschaffenheit bei oberirdischer Ableitung und Re-Infiltration in den Grundwasserleiter einzuhalten.

Die hierzu notwendigen Steuerungsmaßnahmen der Grundwasserentnahme und Wiedereinleitung, die über Infiltrationsbrunnen geschieht, sind auf Grundlage der Prognose von Auswirkungen der Baumaßnahmen und durchzuführender Steuerungsmaßnahmen zielgerichtet zu planen. Ergebnis komplexer Szenario-Analysen ist die raumzeitliche Verteilung von Infiltrationswassermengen mittels sogenannter Negativbrunnen und gegebenenfalls auch die restriktive Koordinierung unterschiedlicher Grundwasserentnahmen.

Da die Komplexität der Einflußgrößen in ihrer raumzeitlichen Verteilung bei den umfangreichen Bauvorhaben eine zielsichere Planung der Managementhandlungen auf Grundlage

des Monitorings und von Erfahrungswerten allein nicht erlaubt, war zur Lösung dieser Aufgabenstellung der Aufbau eines leistungsfähigen numerischen Grundwassermodells auf der Grundlage eines hydrogeologischen Modells vom zentralen Bereich Berlins unerlässlich.

4.2 Hydrogeologisches Modell vom zentralen Bereich Berlins

4.2.1 Regionalgeologische Situation

Regionalgeologisch ist der mit dem Modell darzustellende Raum durch jungpleistozäne Bildungen der Saale- und Weichselkaltzeit geprägt und umfaßt einen Abschnitt des SE-NW verlaufenden Berliner Urstromtals, einen schmalen Rand der nördlich angrenzenden Barnimhochfläche und ein größeres Gebiet der südlich an das Urstromtal angrenzenden Teltow-Hochfläche (Abbildung 5). Die Baustellen am Potsdamer Platz liegen im südlichen Drittel des hier etwa 5 km breiten Urstromtals. Die am geologischen Bau beteiligten Horizonte bestehen aus gut bis sehr gut durchlässigen Sanden und Kiesen und aus geringleitenden Geschiebemergeln. Die hydrodynamische Situation wird durch ein starkes Grundwassergerinne an den Hochflächenrändern von Nord und von Süd, hochgespannte Druckverhältnisse im Bereich der Barnim-Hochfläche und hohe Grundwasserfließge-

schwindigkeiten in diesen Bereichen gekennzeichnet. In diesem Urstromtal dagegen herrscht ein wesentlich geringeres Grundwasserfließgefälle, das im wesentlichen durch die künstlichen Staustufen der Spree bestimmt wird. Der obere Grundwasserleiter ist hier ungespannt und unbedeckt.

4.2.2 Geologische Datengrundlage

Das Bohrarchiv der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz (SenStadtUm) bildete mit Bohraufschlüssen aus mehr als 100 Jahren Bohrtätigkeit in Berlin die entscheidende Datengrundlage. Die Recherche der auf Mikrofilm verfügbaren Informationen erfolgte entsprechend der Archivstruktur kartenblattweise für 24 Kartenblätter der K4 (Karte 1:4 000), die innerhalb der durchgängig nach hydrodynamischen Kriterien festgelegten Modellkontur liegen.

Von den jeweils mehr als eintausend Bohrungen pro Blatt wurden insgesamt 960 nach Teufe und Informationsqualität ausgewählt. Die Recherchedichte entspricht einem mittleren Aufschlußabstand von 400 m. Die Einbeziehung aller verfügbaren Aufschlüsse aus den Erkundungsarbeiten der Bauvorhaben selbst garantiert im Kernbereich des Modellgebietes eine wesentlich höhere Aufschlußdichte.

Die vertikale Modellgliederung erfolgte nach geologischen Baueinheiten, d.h. unter Wahrung des stratigrafischen Bezugs mit folgenden Baueinheiten:

- (1) Spätweichselglaziale bis holozäne fluviatile Bildungen des Berliner Urstromtals (Talsande),
- (2) Glazifluviatile Weichsel-Nachschüttbildungen,
- (3) Weichsel-Grundmoräne in den Hochflächenbereichen,
- (4) Glazifluviatile Nachschüttbildungen des jüngeren Saale-Glazials bis Vorschüttbildungen des Weichsel-Glazials,
- (5) Eem-Interglazial,
- (6) Die Grundmoräne des jüngeren Saale-Glazials (Grundwasserstauer zwischen GWL I und II) einschließlich der sie ersetzenden Erosionshorizonte (Kies- und Steinpackungen),
- (7) Glazifluviatile Bildungen der Saale-Kaltzeit,
- (8) Die ältere Saale-Grundmoräne,
- (9) Die Liegendbegrenzung des Grundwasserleiters II einschließlich der petrografischen und stratigrafischen Zuordnung der Liegendgrenze.

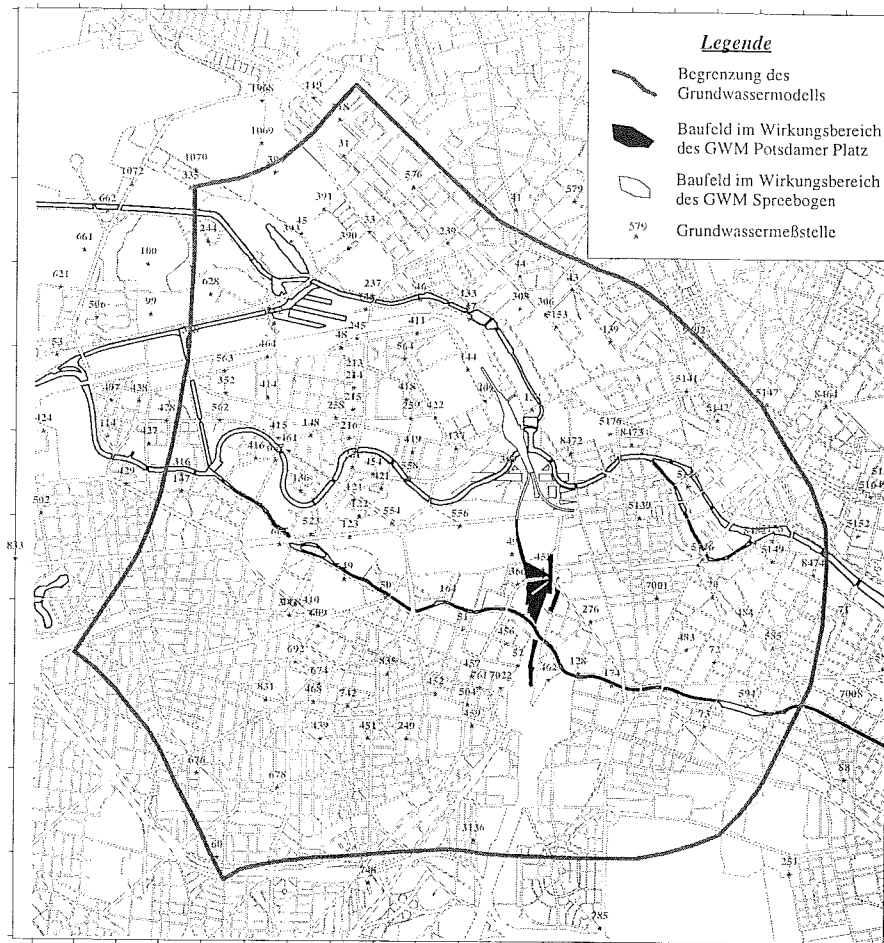


Abb. 7. Modellgebiet des GCI-Grundwassermodells für den zentralen Bereich Berlins.

librierung der Verteilung der geohydraulischen Parameter des Strömungsraumes war neben den Durchlässigkeiten dem Speicherverhalten besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

4.5 Problemadäquate Behandlung rezenter Modellrandbedingungen

Die Abmessungen des Modells wurden großzügig gewählt, um auszuschließen, daß durch die zeitweise sehr intensiven Grundwasserbewegungen nicht tolerierbare Beeinflussungen der Grundwasserhältnisse bis zu den äußeren Modellrändern hin stattfinden. Der Verlauf der Modellränder orientiert sich an geohydraulisch relevanten Konturen wie langjährig nahezu konstant verlaufenden Grundwassergleichen und unterirdischen Wasserscheiden (Abbildung 7). Die geplanten Baumaßnahmen für die Regierungs- und Verkehrsbauten am Spreebogen wurden in ihren wesentlichen Strukturen bereits im Modell berücksichtigt, da eine gegenseitige Be-

einflussung der beiden Großbaustellen zu erwarten ist.

Als besonders aufwendig gegenüber Standardaufgaben der Grundwassermodellierung macht sich hier die Vielzahl von Randbedingungsfunktionen der bauseitig bedingten Grundwasserentnahmen, die durch eine hohe Dynamik gekennzeichnet sind, bemerkbar. Am Potsdamer Platz und seiner näheren Umgebung sind zeitweilig bis zu 40 derartiger Randbedingungsobjekte zuzüglich der Infiltrationen zu berücksichtigen. Die dv-seitige Verwaltung dieser Daten erfolgt zweckmäßig in einem Geographischen Informationssystem.

Anfangs- und Randbedingungen für das eigentliche Bewertungsmodell werden durch Export der entsprechenden Daten aus dem Monitoringsystem gewonnen und großräumig über Datentransfer aus dem Meßnetz der Wasserbehörde in jeweils digitaler Form übernommen.

4.6 Planmäßige Steuerung der Grundwasserbeeinflussung

Die regelmäßig in Operativplänen erarbeiteten Steuerungsvorgaben werden mit den auf konzeptionellen Planungen basierenden Ausbaustufen des Wasserungsverbringungs- und -infiltrationssystems praktisch realisiert.

Rohrleistungssysteme, Reinigungsanlagen und Infiltrationsbrunnen werden in ihrer konkreten Gestaltung in Abhängigkeit der Baustellenentwicklung regelmäßig modifiziert, um den baustellenbedingt sich ständig verändernden Anforderungen optimal entsprechen zu können, wie in [1] detailliert ausgeführt ist.

Danksagung

Die Autoren danken der *baulog* Baustellenlogistik Potsdamer Platz GmbH, der IMS Ingenieurgesellschaft mbH und der Fa. SEBA Hydrometrie GmbH für die freundliche Unterstützung bei der Erarbeitung des Beitrags. IMS realisiert in Zusammenarbeit mit GCI das Grundwassermanagement im Auftrag der *baulog* für die Baumaßnahmen am Potsdamer Platz im Zentrum Berlins.

Literatur

[1] O. Matthes & P. Relotius: Grundwassermanagement für die Baumaßnahmen am Potsdamer Platz. Beitrag in diesem Heft.
 [2] B. Juppe: Moderne Meßeinrichtungen mit Datenfernübertragung als Teil eines effizienten Grundwassermonitoring. Beitrag im vorliegenden Heft, S. 141f.
 [3] A. Hoffknecht & R. Günzel: GCI-GMS. Grundwasser-Monitoring-System der Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft mbH. Software und Anwenderhandbuch, GCI GmbH, Königs Wusterhausen 1995.
 [4] H.-J. Diersch: FEFLOW – Interactive, Graphics-based Finite-Element Simulation System, Version 4.3, WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung GmbH, Berlin, 1995.
 Copyrights: FEFLOW ist ein eingetragenes Warenzeichen der WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung GmbH, Berlin

Anschrift der Verfasser:

Dr. Peter Nillert, Dr. Andreas Hoffknecht, Dr. Dietmar Schäfer & Michael Ziesche, Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft mbH, Weg am Krankenhaus 2, D-15711 Königs Wusterhausen.