

Projekt:

Grundwassermonitoring-System für das Stadtgebiet von Bad Homburg v.d.H.

4. Bericht: Dokumentation und Bewertung der Feld- und Laborarbeiten in 2006 / '07

Auftraggeber:

**Magistrat der Stadt Bad Homburg
Fachbereich Stadtplanung
Rathausplatz 1
61343 Bad Homburg v.d.H.**

I. Inhaltsverzeichnis (Text)

		Seite
1.	Veranlassung	1
1.1	Situation, Auftrag	1
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	2
2.	Dokumentation der durchgeführten Arbeiten	4
2.1	Errichtung der GwMessstellen GWM 11 bis GWM 18	4
2.2	Ergebnisse der Bohrungen	4
2.2.1	Bohrungen nordwestlich der Taunusrandstörung	4
2.2.2	Bohrungen südöstlich der Taunusrandstörung	5
2.2.3	Lokale hydrogeologische Situation	5
2.2.4	Vermessungsarbeiten	6
2.3	Kurzpumpversuche	6
2.4	Probenahme	6
2.5	Analytik	7
2.6	Längerfristige Beobachtungen des GwSpiegels	7
2.7	Stichtagsmessung	7
3.	Bewertung der Ergebnisse	8
3.1	Bestimmung der geohydraulischen Kennwerte	8
3.2	Erstellung eines aktuellen GwGleichenplans	10
3.3	Schwankungen des GwSpiegels	11
3.4	Erstellung einer Karte des GwFlurabstands	14
3.5	Untersuchung der GwBeschaffenheit	17
4.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	19
4.1	Wesentliche Ergebnisse	19
4.2	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen	21

• Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 3-1:	Ergebnis der Auswertung von Kurzpumpversuchen	9
Abb. 3-2:	Ganglinie des GwStands an der GWM am Kolbenberg (Mittelwerte wöchentlicher GwMessungen)	13

II. Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarten mit Lage der Probenahmestellen	
Anlage 1.1	Übersichtskarte mit Lage der vorhandenen und neu errichteten GwMessstellen sowie der übrigen Probenahmestellen	M 1:25.000
Anlage 1.2	Geologische Übersichtskarte mit Darstellung der an den GWM gemessenen Transmissivitäten	
Blatt 1	Ausschnitt aus der Geologischen Übersichtskarte	M 1:50.000
Blatt 2	Legende zur Geologischen Übersichtskarte	
Anlage 2	Darstellungen zur Hydrogeologie	
Anlage 2.1	GwGleichenplan für das Stadtgebiet Bad Homburg	M 1:15.000
Anlage 2.2	Flurabstandskarte für das Stadtgebiet Bad Homburg	M 1:15.000
Anlage 2.3	Karte der CKW -Summenkonzentrationen für das Stadtgebiet Bad Homburg - Zeitraum 1992 - 2007	M 1:25.000
Anlage 2.4	Karte der Nitrat -Konzentrationen für das Stadtgebiet Bad Homburg - Zeitraum 1992 - 2007	M 1:25.000
Anlage 2.5	Übersichtskarte mit Lage der untersuchten GwMessstellen differenziert nach Durchlässigkeit des GwLeiters	M 1:25.000
Anlage 2.6	Karte der elektrischen Leitfähigkeit des Grundwassers im Stadtgebiet Bad Homburg	M 1:25.000
Anlage 3	Darstellungen zu den errichteten GwMessstellen	
Anlage 3.1	Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile und Ausbaupläne der GWM 11 – GWM 18	
Anlage 3.2	Einmessdaten der neu errichteten GwMessstellen	
Anlage 3.3	Ganglinien des GwSpiegels für mit Drucksonden ausgerüstete GWM	
Blatt 1	GWM 1 Großer Tannenwald GWM 2 Kleiner Tannenwald GWM 3 Rotlaufweg GWM 4 Philosophenweg	
Blatt 2	GWM 5 Castillostraße GWM 6 Am Pilgerrain GWM 7 Massenheimer Weg GWM Lange Meile	
Blatt 3	GWM Schlosskirche GWM Meiereiberg (Daten BGK)	

Anlage 4	Dokumentation der Kurzpumpversuche mit Auswertung
Anlage 4.1	GWM 11
Anlage 4.2	GWM 12
Anlage 4.3	GWM 13
Anlage 4.4	GWM 14
Anlage 4.5	GWM 15
Anlage 4.6	GWM 16
Anlage 4.7	GWM 17
Anlage 4.8	GWM 18
Anlage 5	Dokumentation der Probenahme- und Analyseprotokolle
Anlage 5.1	Dokumentation der chem-phys. Feldmessungen im Rahmen von Kurzpumpversuchen und der Ergebnisse der chemischen Analytik
Anlage 5.2	Prüfberichte des Labors UEG GmbH
Anlage 6	Übersicht aller im Zeitraum 11/03 bis 02/07 beprobten GwMessstellen im Hinblick auf die Eignung für das GWMS

III. Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- Gutachten, fachtechnische Stellungnahmen, Veröffentlichungen
- /1/ Hydrogeologische Untersuchungen zum Aufbau eines **Grundwassermodells** für das Gebiet **Bad Homburg v.d.H. / Oberursel** (1. – 3. Bericht).- Gutachten Büro HG GmbH, Gießen 12/1999 – 11/2000
 - /2/ Ausarbeitung eines Hydrogeologischen **Grundwassermodells** für den Raum **Bad Homburg v.d.H. / Oberursel** im Hinblick auf die CKW-Belastung von Brunnen des WW Riedwiese (Abschlussbericht PNr. 03049).- Gutachten Büro HG GmbH Gießen, 07/2005
 - /3/ GwUntersuchungen im Bereich der Stadt Rosbach vor der Höhe - Hydrogeologische Berichte zum laufenden Grundwassermessprogramm (PNr. 99106).- Gutachten Büro HG GmbH, Gießen 1995 – 2006
 - /4/ GwUntersuchungen im Bereich der Stadt Rosbach v. d. H.– Modellgestützte Grundwasserbilanz zur Sicherung der Trinkwasserversorgung und zur Beurteilung des Nitrat-Gehalts (PNr. 99135).- Gutachten Büro HG GmbH, Gießen 12/2001
 - /5/ a) Hydrogeologisches Gutachten zu den Möglichkeiten einer Bespannung der **Teichanlagen** „Kleiner und Großer Tannenwald“ in der Gartenlandschaft **Bad Homburg v.d.H.**- Gutachten Büro HG GmbH (Gießen) vom 07.07.1999
b) Erfassung und Bewertung des Wasserhaushalts – Möglichkeiten zur Wiederherstellung der Teichanlagen ... zur Genehmigung nach §31 WHG mit §63 HWG.- Anlage 2 zu Teil I des Parkpfliegerwerks zur Landgräflichen Gartenlandschaft Bad Homburg v.d.H.- Gutachten Büro HG GmbH, Gießen vom 10.12.2003
 - /6/ Hydrogeologisches Gutachten für das Stadtgebiet von Bad Homburg v.d.H.– **Kataster der Brunnen und Grundwassermessstellen.**- Januar 1991
Grundwasserdifferenzenplan.- 16.11.1992
Beurteilung der GwBeschaffenheit.- 11.01.1993
Grundwasserdifferenzenplan.- 09.07.1993
Ingenieur- und Hydrogeolog. Inst. Dr. Haag, Mainz
 - /7/ Ehemalige Farbenfabrik **Vossen** in 61350 Bad Homburg v.d.H. – Bau weiterer Grundwassermessstellen und Grundwasser-Monitoring – Ergebnisbericht.- Gutachten Infutec Dr. Neumayr GmbH (Mühlthal) vom 17.02.1998
 - /8/ Grundwassermodell – Grundwassersanierung auf dem **EATON-Gelände**, Frölingstraße 41, 61348 Bad Homburg.- Gutachten der WCI-Umwelttechnik GmbH (Dreieich) vom November 2000
 - /9/ 5. Sanierungsbericht – Grundwassersanierung auf dem **EATON-Gelände**, Frölingstraße 41, 61348 Bad Homburg.- Gutachten der WCI-Umwelttechnik GmbH (Dreieich) vom März 2001
 - /10/ Konzept zur Sanierung einer Grundwasserverunreinigung auf dem Grundstück der Fa. **Vickers Systems** Zweigniederlassung der TRINOVA GmbH, Frölingstraße 41, 61348 Bad Homburg.- Gutachten Hydrodata GmbH, Bad Homburg 04.12.1995
 - /11/ Ergebnisbericht – **Vickers**, Bad Homburg – Geophysikalische Erkundung.- Gutachten der Geophysik GGD mbH (Leipzig) vom 30.09.1994

- /12/ Sanierungskonzept Untergrundverunreinigung auf dem Betriebsgelände Fa. **Vickers Systems GmbH**, Frölingstraße 41, 61348 Bad Homburg.-
Gutachten der Hydrodata GmbH (Bad Homburg) vom 13.06.1994
- /13/ Gutachten über mögliche Eingriffe in Natur und Landschaft durch die Entnahme von **Heilwasser** in Bad Homburg v.d.H., Hochtaunuskreis.-
Gutachten HLfB, Wiesbaden 21.09.1995
- /14/ Umwelttechnisches Gutachten zum Projekt Grundwasseruntersuchungen **Louisenstraße 102**, Bad Homburg (1. Bericht).-
Gutachten Inst. für Geotechnik Limburg (Auszug; ohne Datum)
- /15/ Umweltschutzbericht Teil V - Bodenschutz - Umlandverband Frankfurt, Mai 1994
- /16/ Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung des **Heilquellenschutzgebietes** für die staatlich anerkannten Heilquellen in Bad Homburg v.d.H., Hochtaunuskreis.-
Gutachten HLfB, Wiesbaden 04.04.1973
- /17/ Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung des **Wasserschutzgebietes** für den Brunnen „Lange Meile I“ der Stadtwerke Bad Homburg v.d.H., Hochtaunuskreis.-
Gutachten HLfB, Wiesbaden 03.09.1970
- /18/ Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung des **Wasserschutzgebietes** für die Bohrbrunnen 1 und 2 des Stadtteiles Ober-Erlenbach der Stadt Bad Homburg v.d.H., Hochtaunuskreis.-
Gutachten HLfB, Wiesbaden 12.01.1977
- /19/ Gutachten des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung zur Festsetzung des **Wasserschutzgebietes** für die Brunnenanlage „Ober-Eschbach“ der Stadtwerke Bad Homburg v.d.H. im Gemeindebezirk Ober-Eschbach, Landkreis Friedberg.-
Gutachten HLfB, Wiesbaden, vom 17.09.1970
- /20/ **Grundwasserentnahme** der Stadtwerke **Oberursel GmbH (SWO)** im Taunus.-
Büro HG vom 29.08.1996, Tischvorlage zum Besprechungstermin am 04.09.1996
- /21/ Gutachten zur Verbesserung des Grundwasserschutzes im Einzugsgebiet der Brunnen des **WW Riedwiese** der **Stadtwerke Oberursel (Taunus) GmbH**.-
Gutachten HLfB, Wiesbaden 26.01.1994
- /22/ Sicherung der **Trinkwasserversorgung** – Modellgestützte Grundwasserbilanz für die Umgebung der **Stadt Rosbach vor der Höhe** und Beurteilung der Entwicklung des Nitrat-Gehaltes im Grundwasser.-
Gutachten Büro HG GmbH, Gießen Dezember 2001
- /23/ Grundwassermodell für die WW Praunheim II + III der Stadtwerke Frankfurt GmbH (Einsicht bei Mainova AG am 26.04.00, Anlagen A1, B1, C2 und D5 zur Verfügung gestellt).-
Geohydrolog. Büro Schneider u. Partner, Bielefeld 15.03.1999
- /24/ Hydrogeologisches Gutachten zur Anlage von Versickerungs- und Retentionsflächen im Gebiet der Stadt Bad Homburg.-
Gutachten Büro HG GmbH, Lich April 1994
- /25/ Grundwassermonitoring-System für das Stadtgebiet von Bad Homburg v.d.H. -
1. Bericht: Erstellung des Messstellenkatasters und Entwicklung der Hydrogeologischen Modellvorstellung für das Stadtgebiet.-
Gutachten Büro HG GmbH, Gießen Juni 2003

- /26/ Grundwassermonitoring-System für das Stadtgebiet von Bad Homburg v.d.H. -
2. Bericht: Dokumentation und Bewertung der Feld- und Laborarbeiten in 2003.-
Gutachten Büro HG GmbH, Gießen Januar 2004
- /27/ Grundwassermonitoring-System für das Stadtgebiet von Bad Homburg v.d.H. -
3. Bericht: Dokumentation und Bewertung der Feld- und Laborarbeiten in 2004.-
Gutachten Büro HG GmbH, Gießen Mai 2005
- /28/ Friedhof Dornholzhausen, Bad Homburg - Vertiefende hydrogeologische Untersu-
chungen auf der Bestands- und Erweiterungsfläche.-
Gutachten Dr. Hug Geoconsult GmbH, Oberursel/Ts. September 2004
- /29/ Hydrogeologische Gutachten zu dem BV Anbindung der A661 an die L 3003 in
der engeren Wasserschutzzone des Brunnens „Lange Meile“ der Stadtwerke Bad
Homburg v.d.H.-
Büro HG GmbH, Gießen 21.01.04 & 30.01.06

- **Literatur**

- /30/ Hydrogeologische Modelle - Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und
Fachbehörden - Schriftenreihe der DGG Heft 10, Hannover 1999
- /31/ Kämmerer, D. (1994): Zur Neutralisation saurer Niederschläge in Grundwassersys-
temen des Taunus - Forschungsbericht HLFb, Wiesbaden 10/94
- /32/ Golwer, A. (1968): Die Vorkommen und die Gewinnung von Grundwasser im
Obertau-nuskreis - Mitteilungen des Vereins für Heimatkunde, Oberursel/Ts. 1968
- /33/ Solle, G. (1951): Geologie, Paläomorphologie und Hydrologie der Main-Ebene öst-
lich von Frankfurt am Main - Abh. Senckenberg. Ges. 485, S.121 – 220, Frankfurt
1951
- /34/ Umweltvorsorge-Atlas der Region Rhein-Main.- Umlandverband Frankfurt, 1998
- /35/ Ertel et. al. (1999): Störerauswahl bei Boden- und Grundwasserverunreinigungen /
Isotopensignaturen, fingerprints und Biomarker in der Praxis.-
TerraTech 01 S. 36ff, Mainz 1999
- /36/ Oster et. al. (1996): FCKW-Untersuchung nitratbelasteten Grundwassers / Ein Fall-
beispiel zur Altersdatierung - Grundwasser H 3-4 S. 148 - 155, Heidelberg 1996
- /37/ Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25.00 Blatt Nr. 5618 Fried-
berg.- HLFb, Wiesbaden 1976
- /38/ Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.- LAWA,
Düsseldorf 12/2004

- Kartengrundlagen

- /39/ Topographische Karte Hessen TK25 – digital.-
Hessisches Landesvermessungsamt, Wiesbaden (04/2000)
- /40/ Geologische Karte GK25 Blatt 5716 Oberreifenberg.-
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden (1978)
- /41/ Geologische Karte GK25 Blatt 5717 Bad Homburg.-
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden (1972)
- /42/ Geologische Karte GK25 Blatt 5718 Ilbenstadt.-
Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden (Nachdruck, Vorlage von 1936)
- /43/ Geologische Karte GK25 Blatt 5817 Frankfurt am Main West.-
Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden (Nachdruck, Vorlage von 1929)
- /44/ Geologische Karte GK25 Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost.-
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden (1993)
- /45/ Standortkarte von Hessen – Hydrogeologische Karte L5716 Bad Homburg.-
Hessisches Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz – Abteilung
Landwirtschaft und Landesentwicklung (1984)
- /46/ Geologische Übersichtskarte GÜK200 Blatt CC6310 Frankfurt a. M. –West.-
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover (2001)
- /47/ Bodenkarte von Hessen 1:25.000, Blatt 5717 Bad Homburg.-
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden (1980)

IV. Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

BKG	Bundesanstalt für Kartografie und Geodäsie (Messstation Schloss)
HLUG	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie
DHM	Digitales Höhenmodell
Gw / gw	Grundwasser... (Abkürzung nach DIN 4049)
GWM	Grundwassermessstelle
GWMS	Grundwassermonitoring-System
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
CKW	chlorierte Kohlenwasserstoffe
PBSM	Pflanzenbehandlungs- und Schutzmittel
ROK	Rohroberkante (bei GwMessstellen)
TrinkwV	Trinkwasserverordnung (2003)
TwGA	Trinkwassergewinnungsanlage
uGOK	unter Geländeoberkante
üNN	über NormalNull (Meeresniveau)
W, N, S, E	Westen, Norden, Süden, Osten
w´, n´, s´	westlich, nördlich, südlich, ...

1. Veranlassung

1.1 Situation, Auftrag

Innerhalb des Stadtgebiets von Bad Homburg werden mehrere im Bereich des Hoch- und Vortaunus sowie des Taunus-Vorlands und somit z. T. unterstromig der Stadt gelegene Trinkwassergewinnungsanlagen betrieben. Weiterhin sind die im Zentrum der Stadt gelegenen Heilquellen von wirtschaftlicher und kultureller Bedeutung.

In Bad Homburg führte die Entwicklung im vergangenen Jahrhundert zur verstärkten Ansiedlung von Industrie- und Gewerbebetrieben im Stadtgebiet. Durch den aus heutiger Sicht unsachgemäßen Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen kam es lokal zu Verunreinigungen von Boden und Grundwasser, die teilweise auch zu einer noch heute nachweisbaren Beeinflussung der GwBeschaffenheit geführt haben.

Die Stadt Bad Homburg hatte zur **Erfassung der GwSituation** bereits 1990 mit der Erstellung eines **Katasters der Brunnen und GwMessstellen** die Aufnahme der hydrogeologischen Situation innerhalb des Stadtgebietes eingeleitet /6/.

Die Erhebung und Beobachtung von (quantitativen und qualitativen) Veränderungen des Grundwassers erwies sich jedoch als schwierig, da sich das Stadtgebiet von Bad Homburg vom Hochtaunus über den Vortaunus bis in das Taunus-Vorland erstreckt; es umfasst damit ein geologisch und hydrogeologisch sehr komplexes Gebiet, in dem sich der Aufbau des Untergrunds kleinräumig rasch ändert (vgl. **Anlage 1.2**).

Diese Strukturen konnten jedoch mit dem bestehenden Messnetz nicht nachvollzogen werden, da die Aufschlusspunkte dafür zu unregelmäßig verteilt waren. Dies resultiert aus der Tatsache, dass die vorhandenen GwMessstellen in der Regel zur Untersuchung punktueller Fragestellungen installiert wurden, wodurch lokal Bereiche mit einer hohen Aufschlussdichte entstanden, während in großen Bereichen dazwischen kein Beobachtungspunkt existierte.

Weiterhin zeigte sich im Verlauf der folgenden Jahre, dass das Netz bestehender GwAufschlüsse starken Veränderungen unterlag; während einerseits, insbesondere aufgrund der Erkundung von Altlast-Verdachtsflächen und Bauvorhaben neue Aufschlüsse geschaffen wurden, entfielen andererseits viele durch intensive Bautätigkeit. Daher wurde in 2002 eine Bestandsaufnahme durchgeführt und der aktuelle Kenntnisstand als Grundlage eines EDV-gestützten **GwMonitoring-Systems** (GWMS) für den Bereich des Stadtgebietes dokumentiert und bewertet /25/.

Dieses GWMS wird als Bestandteil eines umfassenderen Fachinformationssystems in die EDV der Stadt Bad Homburg integriert.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Zielsetzung des gesamten Vorhabens ist es letztlich, ein näherungsweise flächendeckendes Beobachtungssystem zu schaffen, das einen zeitnahen Überblick der GwSituation sowohl hinsichtlich quantitativer (Flurabstand, Fließrichtung, Durchlässigkeit), als auch hinsichtlich qualitativer (GwQualität, differenziert nach relevanten Stoffen) Fragen gestattet.

Das System soll zunächst die - bislang nicht mögliche - Kontrolle und Pflege des Messnetzes ermöglichen (dessen Installation über Jahre hinweg mit erheblichen Kosten verbunden war), darüber hinaus aber auch die kurzfristige Beantwortung verschiedenster, für die Stadtentwicklung wesentlicher Fragen beantworten, die mit dem Grundwasser verbunden sind.

Um die im 1. HG-Gutachten vom Juni 2003 /25/ dokumentierte Datenbasis zu ergänzen und aktuell zu halten, wurde in Sitzungen der entsprechenden städtischen Gremien am 23.06. und 02.07.03 beschlossen, weiterführende Arbeiten durchzuführen.

Der Magistrat der Stadt Bad Homburg (Fachbereich Stadtplanung) beauftragte daraufhin die Büro HG für Hydrogeologie und Umwelt GmbH (Gießen) mit Schreiben vom 19.09.2003 mit der Durchführung des ersten Schritts der ergänzenden Datenerhebung.

Dieser umfasste die Durchführung von Kurzpumpversuchen an 20 ausgewählten GwMessstellen, mit denen folgende Ziele verfolgt wurden:

- Überprüfung der Funktionsfähigkeit dieser GWM
- Bestimmung der lokalen geohydraulischen Kennwerte (Transmissivität, kf-Wert)
- Untersuchung der GwBeschaffenheit durch Messung der Feldparameter und die chemische Analyse von Proben im Labor.

Die Dokumentation und Bewertung der im Rahmen dieser Arbeiten erhobenen Informationen wurde im Januar 2004 vorgelegt /26/.

Demzufolge wurde das regionale Strömungsbild mit generellen GwFließrichtungen nach E und SE bestätigt, das lokal von GwEntnahmen überprägt wird (z. B. Gewinnungsanlage Lange Meile). Die berechneten Transmissivitäten spiegeln jeweils den lokalen geologischen Aufbau wider, mit geringen Durchlässigkeiten im Bereich von verwitterten Grünschiefern und schlecht klassierten Sedimenten sowie höheren Durchlässigkeiten entlang der aus dem Taunus geschütteten grobklastischen Lockergesteinsfächer.

Im Hinblick auf die GwBeschaffenheit zeigte die Variation von elektrischer Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Nitratkonzentrationen in erster Linie anthropogene Ursachen, während Hydrogenkarbonat eine tw. auch geogen bedingte Verteilung aufweist.

Eindeutige lokale Beeinträchtigungen der GwBeschaffenheit im Abstrom von Altstandorten waren anhand der Stoffgruppe der LHKW nachweisbar.

Insgesamt konnten mit Hilfe dieser Untersuchungen bereits fundierte Kenntnisse der GwDynamik und Beschaffenheit für das gesamte Stadtgebiet gewonnen werden, für eine detailliertere Auflösung erschien die Messstellendichte jedoch nicht ausreichend.

Dementsprechend wurden im Laufe des Jahres 2004 die Untersuchungen an bestehenden Messstellen fortgesetzt. Als nächster Schritt wurde ein Konzept für die Errichtung von 10 neuen GwAufschlüssen erarbeitet und mit den zuständigen Fachbereichen bei der Stadt Bad Homburg und der Unteren Wasserbehörde abgestimmt.

Nach öffentlicher Ausschreibung wurden die Messstellen von November 2004 bis Januar 2005 eingerichtet und beprobt. Die Dokumentation und Bewertung der im Rahmen dieser Arbeiten erhobenen Informationen wurde in einem Jahresbericht vom 17.05.2005 der Stadt Bad Homburg vorgelegt /27/.

In Abstimmung mit der Stadt Bad Homburg, wurden im Jahr 2006 / 2007 weitere Arbeiten zum GWMS vorgenommen. Diese beinhalten die Errichtung von 8 weiteren GwMessstellen sowie die Durchführung von Kurzpumpversuchen, Probenahmen etc.. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in dem vorliegenden Bericht bewertend dokumentiert.

2. Dokumentation der durchgeführten Arbeiten

2.1 Errichtung der GwMessstellen GWM 11 bis GWM 18

Die Standorte der neuen Bohrungen wurden in Abstimmung mit der städtischen Fachbehörde so gewählt, dass die noch vorhandenen Lücken aus den vorangegangenen Bohrkampagnen weitgehend geschlossen werden konnten.

Die neuen GWM 13, 14 und 18 befinden sich im Zustrom und die GWM 11, 12, 15, 16 und 17 im Abstrombereich des Siedlungsgebiets der Stadt Bad Homburg (s. **Anlage 1.1**).

Die Festlegung der Ansatzpunkte erfolgte im Rahmen einer Geländebegehung durch das Büro HG. Die Untere Wasserbehörde des Hochtaunuskreises sowie die Abteilung Umwelt (Wiesbaden) beim RP Darmstadt wurden hierüber in Kenntnis gesetzt.

Die Bohrarbeiten wurden im Zeitraum vom 11.12.2006 bis 06.02.2007 durch das vom DVGW zertifizierte Unternehmen Terrasond GmbH aus Weiterstadt ausgeführt. Die fachtechnische Bauleitung erfolgte durch das Büro HG.

2.2 Ergebnisse der Bohrungen

Die Bohrungen können analog der vorangegangenen Bohrkampagne wieder 2 Gruppen zugeordnet werden, die sich hinsichtlich ihrer geologischen und tektonischen Lage unterscheiden (vgl. Bohrprofile etc. in **Anlage 3.1**):

- W' der Taunusrandstörung(en) befinden sich die GWM 13, 14 und 18; unter Löss- und Terrassensedimenten folgen dort metamorphe Vulkanite („Grünschiefer“). Die GWM 18 erschließt Taunusquarzit.
- E' der Taunusrandstörung(en) liegen die Messstellen GWM 11, 12, 15, 16 und 17; unter zunehmender Quartär-, im wesentlichen Lössbedeckung, wurde hier stets eine tertiäre Schichtenfolge mit heterogenem Aufbau durchteuft.

Die in einigen Bohrungen angetroffenen geringmächtigen Auffüllungen sind i. d. R. als Material für Wegeunterbau oder rückverfüllte Kanaltrassen einzustufen. Hinweise auf Verunreinigungen der Erdstoffe wurden in keinem Fall festgestellt.

2.2.1 Bohrungen nordwestlich der Taunusrandstörung

Die Bohrungen GWM 13 und GWM 14 erschließen eine bis zu 7 m mächtige Quartärbedeckung, die in der GWM 13 aus Lößlehm und in der GWM 14 aus fluviatilen Ablagerungen des Heuchelbachs besteht.

Darunter folgen in GWM 13 bis zur maximalen Endteufe von 22,2 m stark verwitterte devonische Tonschiefer (Phyllite). Grundwasser wurde in der GWM 13 während der Bohr-

arbeiten in 15,3 m Tiefe angetroffen. Nach Ausbau der Bohrung stieg das Grundwasser bis 5,05 m u.GOK an.

In GWM 14 wurde Grundwasser in 9,2 m Tiefe angebohrt und stieg im Anschluss bis auf 2,4 m an. Nach Ausbau der Bohrung wurde der Wasserstand bei 0,7 m uGOK gemessen.

In der Bohrung GWM 18 wurde unter der Wegebefestigung bis 15,3 m Taunusquarzit angetroffen. Darunter folgt bis zur Endtiefe von 23,5 m stark verwitterter Tonschiefer mit quarzitischen Einlagerungen. Grundwasser wurde während der Bohrarbeiten erst in 23,2 m Tiefe angetroffen und stieg sofort bis auf 18,1 m u.GOK an. Nach Ausbau der Bohrung stellte sich der Ruhewasserspiegel bei 4,4 m u.GOK ein.

2.2.2 Bohrungen südöstlich der Taunusrandstörung

Im Taunusvorland nimmt die Lösslehmüberdeckung bis auf 10 m zu (GWM 11, GWM 15, GWM 16 und GWM 17).

In der Bohrung GWM 12 wurde unter 3,6 m Lösslehm bis ca. 20 m verwitterter Basalt / Basalttuff angetroffen, der die Reste einer ehem. Basaltdecke darstellt.

Bis zur max. Endteufe von 30 m (GWM 15) folgen tertiäre Kiese und Sande mit zum Teil quarzitischen Geröllen; stellenweise wurden Holzreste angetroffen (GWM 11 und 15). In der Bohrung GWM 15 dominieren Ton und Schluff, Kies ist hier nur untergeordnet vorhanden.

Das Grundwasser wurde zwischen 9,2 m (GWM 11) und 26,5 m Tiefe (GWM 15) angetroffen. Es liegen durchweg gespannte Verhältnisse vor.

Aus allen Bohrungen wurde ein vollständiger Kerngewinn erzielt. Das Material wird bis zur Einsichtnahme durch Mitarbeiter des HLUG in der städtischen Gärtnerei gelagert¹.

2.2.3 Lokale hydrogeologische Situation

Westlich der Taunusrandstörung wurden in den als Kluftgrundwasserleiter anzusprechenden Gesteinen gespannte GwVerhältnisse angetroffen. Die Druckspiegel liegen zwischen 4,4 und 5 m uGOK, reichen aber in der Eintalung des Heuchelbachs (GWM 14) mit ca. 0,7 m bis nahe an die Erdoberfläche.

Eine Zunahme der Flurabstände weisen die e' gelegenen Messstellen innerhalb der tertiären Schichtenfolge auf, die als Porengrundwasserleiter anzusprechen sind. Die Flurabstände reichen bis maximal 20,4 m uGOK in GWM 12.

¹ Die Dokumentation der Bohrungen in Anlage 3 wurde der Landesbehörde zur Verfügung gestellt, um die dahingehende gesetzliche Auflage zu erfüllen.

Sämtliche Bohrungen wurden als GwMessstellen DN 125 ausgebaut (s. Anlage 3.1). Verfiltert wurde jeweils der obere GwLeiter; dabei blieben oberflächennahe GwZutritte (= schwebende GwStockwerke), wie z. B. innerhalb der Ablagerungen der Bachläufe, unberücksichtigt. Somit ist gewährleistet, dass in der weiteren hydrogeologischen Betrachtung trotz möglicher kleinräumiger Abweichungen insgesamt von einem einheitlichen GwStockwerk ausgegangen werden kann. Die Messstellen wurden nach ihrer Fertigstellung vom Bohrunternehmen klar gepumpt.

2.2.4 Vermessungsarbeiten

Die Vermessung erfolgte im Mai 2007 durch das Vermessungsbüro Wittig + Kirchner, Bad Homburg. Die mit GPS ermittelten Einmessdaten Rechts-/Hochwerte sowie GOK und ROK sind in der **Anlage 3.2** aufgeführt.

2.3 Kurzpumpversuche

An den neu errichteten GwMessstellen wurden im Januar und Februar 2007 Kurzpumpversuche zur Bestimmung der hydraulischen Kennwerte durchgeführt. Die Dokumentation und Auswertung ist in der **Anlage 4** enthalten.

Die Versuche wurden mit Tauchpumpen der Bauart Grundfos MP 1 und SP 3 durchgeführt. In der Regel erfolgte eine 2-stündige Förderdauer bis zum Erreichen eines quasistationären Zustandes. Vor der Probenahme (s. u.) wurde am Fördergut eine sensorische Ansprache sowie die Messung der Feldparameter elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Redox-Potenzial durchgeführt.

Zur Bestimmung der geohydraulischen Parameter (Transmissivität, K-Wert) wurde nach Abschalten der Pumpe die Wiederanstiegsphase etwa 2 - 2,5 h beobachtet, möglichst bis zum Erreichen des Ruhewasserspiegels.

2.4 Probenahme

Die Probenahme erfolgte kurz vor dem Abschalten der Pumpe, so dass neben der Konstanz der elektrischen Leitfähigkeit auch ein 3 - 5facher Austausch des Messstelleninhalts gewährleistet war. Als Probenahmegefäße dienten Braunglasflaschen und Headspace-Gläser, wobei letztere mit einem definierten Volumen von 10 ml befüllt wurden. Die Proben gelangten anschließend arbeitstäglich in das Labor UEG GmbH in Wetzlar zur Analyse.

2.5 Analytik

Das Untersuchungsprogramm orientierte sich analog der vorangegangenen Messkampagne an den Parametern Bor, Nitrat und Phosphat, anhand derer eine zivilisatorische Beeinträchtigung (Infiltration von häuslichen Abwässern, Düngung) nachweisbar ist.

Die analysierten organischen Verbindungen umfassen die Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe (CKW) sowie den Summengehalt des organisch gebundenen Kohlenstoffs (TOC). Hiermit können vor allem gewerblich und industriell bedingte Einträge von entsprechenden Substanzen in das Grundwasser belegt werden.

2.6 Längerfristige Beobachtungen des GwSpiegels

Für die längerfristige Beobachtung des GwSpiegels im Untersuchungsraum wurden bereits Ende 2004 in ausgewählten Messstellen Drucksonden eingebaut, die den Wasserstand in zeitlich festgelegten Abständen automatisch aufzeichnen. Diese Ganglinien sind in der **Anlage 3.3** grafisch aufbereitet. Zur Kontrolle erfolgen in diesen Messstellen zudem ca. halbjährlich Wasserstandsmessungen mit dem Lichtlot.

Die durchgeführten Kontrollmessungen mit dem Lichtlot ergaben im Vergleich mit den Aufzeichnungen der Drucksonden keine oder nur geringe Abweichungen im cm-Bereich.

Für die zukünftigen Beobachtungen werden die installierten Drucksonden zum Teil in andere GWM installiert, um sukzessive einen möglichst flächendeckenden Überblick der GwDynamik im Stadtgebiet zu gewinnen.

Lediglich in den GWM am Kleinen Tannenwald und zwischen Südring und Brunnen Lange Meile werden die Beobachtungen fortgesetzt, da diese Messpunkte der Beweissicherung geplanter Maßnahmen im Umfeld dienen.

2.7 Stichtagsmessung

Für die Erstellung eines GwGleichenplans wurde am 25.06.07 eine Stichtagsmessung durchgeführt. Von den ursprünglich geplanten 51 konnten jedoch nur 36 Messungen erfolgen. Die Einschränkungen sind auf den Wegfall (z.B. ehemaliges Mahle-Gelände), fehlende Zugänglichkeit (ehemaliges Vickers-Gelände, parkende Kfz, Containerstellplätze) sowie Defekte an Verschlüssen der Messstellen zurückzuführen. Im Gegensatz zur Stichtagsmessung vom Juli 2002 bedeutet dies die Berücksichtigung von nur ca. einem Drittel der damals erfolgten Messungen.

Des Weiteren wurden die mittleren Betriebswasserspiegel von TwBrunnen einbezogen, um im näheren Umfeld der Brunnen ein möglichst schlüssiges Bild der GwGleichen zu erhalten.

3. Bewertung der Ergebnisse

3.1 Bestimmung der geohydraulischen Kennwerte

Die Durchlässigkeit des GwLeiters wurde anhand der Wiederanstiegskurve mit dem Verfahren nach THEIS berechnet. Die entsprechenden Daten wurden im Rahmen der Kurzpumpversuche gewonnen (s. o.).

In der **Anlage 4** sind die Kurzpumpversuche an den neuen GWM 11 – 18 mit der Auswertung dokumentiert. Sämtliche grafischen Auswertungen und Berechnungen erfolgten EDV-gestützt mit dem Programm Hydro-Tec 5.1[®]. Die Auswertung des KPV an GWM 18 brachte kein Ergebnis, da trotz geringster Förderleistung von 1,5 l/min eine sehr große Absenkung, jedoch kein stationärer Zustand erreicht wurde. Auf die Berechnung des k_f -Wertes wurde daher verzichtet, dieser wird jedoch auf $< 10^{-7}$ m/s geschätzt.

Die ermittelten Transmissivitäten T und Durchlässigkeitsbeiwerte k_f sind in Tabelle 3-1 aufgelistet. Eine Übersichtskarte mit Fortschreibung aller bisher ermittelten T-Werte im beprobten GwLeiter zeigt die **Anlage 2.5**. Hierbei wurde die Differenzierung nach hoher ($> 10^{-3}$ m²/s), mittlerer (10^{-3} - 10^{-5} m²/s) und geringer ($< 10^{-5}$ m²/s) Durchlässigkeit des Gebirges beibehalten.

Gleichzeitig wurden die entsprechenden Signaturen auch in die geologische Karte aufgenommen (s. **Anlage 1.2**), um einen Zusammenhang mit der beprobten lithologischen Einheit herstellen zu können.

Die ermittelten Durchlässigkeiten an den neu errichteten GwMessstellen fügen sich in das vorhandene Bild ein (**Anlage 1.2**). Die westlich der Taunusrandstörung befindlichen GWM 13 und 14 zeigen eine nur mittlere Durchlässigkeit. Die Transmissivität des Ton-schiefers im Bereich der GWM 18 wird als gering geschätzt.

Die das sedimentäre Tertiär erschließenden GWM 11, 12, 15, 16 und 17 zeigen eine mittlere bis hohe Durchlässigkeit. Der Trend zu höheren Transmissivitäten in Richtung auf das Taunusvorland wurde mit den Untersuchungen generell bestätigt.

Tabelle 3-1: Ergebnis der Auswertung von Kurzpumpversuchen

ID ¹	Bezeichnung / Lage erschlossener GwLeiter	Endtiefe [m]	Transmissivität T [m ² /s]	k _r -Wert [m/s]* / Randbedingungen
16	GWM 5/Ferdinandstraße Grünschiefer	8,7	5,9 x 10 ⁻⁴	2,4 x 10 ⁻⁴ C
27	GWM 6/Golfplatz	10,1	1,7 x 10 ⁻⁶	1,3 x 10 ⁻⁶ C
75	GWM 9/Frankfurter Str. (ehem. Gaswerk) sedimentäres Tertiär	20,0	1,6 x 10 ⁻⁷	n. b.
77	GWM 17/Frölingstraße Quartär (Terrasse)	9,0	1,5 x 10 ⁻³	7,4 x 10 ⁻⁴ B
149	37/Ober-Eschbacher Straße 143	10,7	1,1 x 10 ⁻⁴	5,6 x 10 ⁻⁵ B
210	95/Tannenwaldweg 37	13,6	1,8 x 10 ⁻⁵	n. b.
215	Beobachtungsbrunnen Lange Meile sedimentäres Tertiär	48,0	6,7 x 10 ⁻⁵	4,2 x 10 ⁻⁶ B, S
HG 003	GWM Lange Meile sedimentäres Tertiär	35,0	1,1 x 10 ⁻³	1,7 x 10 ⁻⁴ S
234	138/Siemensstraße	29,8	>1 x 10 ⁻⁴	n. b.
HG 004	GWM 1/Friedhof Dornholzhausen Quartär (Terrasse)	12,7	5,0 x 10 ⁻⁶	1,3 x 10 ⁻⁶ C
HG 005	GWM 3/Friedhof Dornholzhausen Quartär (Terrasse)	7,0	3,4 x 10 ⁻⁷	n. b.
HG 006	GWM Meiereiberg Grünschiefer	11,7	1,8 x 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻⁶
HG 001	GWM Schloss Grünschiefer	28	Ca. 8 x 10 ⁻⁶	7,7 x 10 ⁻⁷
HG 007	GWM 7/Frölingstraße (Vickers)	5,8	5,4 x 10 ⁻⁴	n. b. B
20	GWM 2/Wiesenstraße	27,0	8,1 x 10 ⁻⁵	3,0 x 10 ⁻⁵ B
205	92/A661 Quartär (Terrasse)	18,7	9,8 x 10 ⁻⁴	2,7 x 10 ⁻⁴ B
318	GWM 2/Usinger Weg (Weberpfad)	15,5	n. b.	n. b.
HG 016	Stedter Weg/Kleingartenanlage	4,0	n. b.	n. b.
197	84/Vor der Kuppe 6	4,0	n. b.	n. b.
Messstellen, 11/2004 bis 01/2005 errichtet				
296	GWM 1/Großer Tannenwald Grünschiefer	34,8	1,7 x 10 ⁻⁵	1,7 x 10 ⁻⁶ A
295	GWM 2/Kleiner Tannenwald Quartär (Terrasse)	11,4	1,4 x 10 ⁻⁴	5,9 x 10 ⁻⁵ A, B
HG 008	GWM 3/Weilburger Straße Phyllit	13,1	3,6 x 10 ⁻⁶	6,6 x 10 ⁻⁷ C
HG 009	GWM 7/Massenheimer Weg sedimentäres Tertiär	9,8	7,5 x 10 ⁻⁶	2,9 x 10 ⁻⁶ B
HG 010	GWM 8/Ober-Erlenbach sedimentäres Tertiär	26,0	2,9 x 10 ⁻⁴	2,7 x 10 ⁻⁵ B
HG 011	GWM 10/Ober-Eschbach sedimentäres Tertiär	30,0	2,5 x 10 ⁻⁴	9,8 x 10 ⁻⁵ B
HG 012	GWM 9/Benzstraße Quartär (Terrasse)	15,5	3,7 x 10 ⁻⁴	2,5 x 10 ⁻⁴ B
HG 013	GWM 6/Am Pilgerrain sedimentäres Tertiär	29,9	6,0 x 10 ⁻⁶	1,6 x 10 ⁻⁶ B
HG 014	GWM 5/Castillostraße Grünschiefer	16,7	1,5 x 10 ⁻⁴	1,6 x 10 ⁻⁵

¹ GWM-Schlüssel-Nr. gemäß Datenbank

ID ¹	Bezeichnung / Lage erschlossener GwLeiter	Endtiefe [m]	Transmissivität T [m ² /s]	k _f -Wert [m/s]* / Randbedingungen
HG 015	GWM 4/Philosophenweg Grünschiefer	20,7	4,3 x 10 ⁻⁵	4,3 x 10 ⁻⁶
Messstellen, 12/2006 bis 02/2007 errichtet				
HG 017	GWM 11/Gonzenheim, Weinstraße sedimentäres Tertiär	17,5	1,6 x 10 ⁻⁴	2,3 x 10 ⁻⁵ C
HG 018	GWM 12/Ober-Erlenbach, Lohwald sedimentäres Tertiär	27,5	2,7 x 10 ⁻³	1,4 x 10 ⁻³
HG 019	GWM 13/Kirdorf, San Lazarius Tonschiefer (Unterdevon)	22,2	3,6 x 10 ⁻⁵	3,6 x 10 ⁻⁶ B
HG 020	GWM 14/Landgraf-Friedrich-Platz Grünschiefer	19,3	5,5 x 10 ⁻⁵	2,7 x 10 ⁻⁵
HG 021	GWM 15/Ober-Erlenbach sedimentäres/vulkanisches Tertiär	30,0	1,2 x 10 ⁻⁴	4,0 x 10 ⁻⁵ S, B
HG 022	GWM 16/In den Frauenäckern sedimentäres Tertiär	26,0	9,5 x 10 ⁻⁴	1,7 x 10 ⁻⁴ B
HG 023	GWM 17/Südring, Atzelnest sedimentäres Tertiär	25,0	3,5 x 10 ⁻³	8,9 x 10 ⁻⁴ B
HG 024	GWM 18/Unterer Rotlaufweg Tonschiefer (Unterdevon)	23,5	<10 ⁻⁷ (Schätzwert)	n. b.

- * als Mächtigkeit des GwLeiters wird die Länge der Filterstrecke (bei gespanntem GwSpiegel) bzw. der Abstand vom Ruhewasserspiegel bis zum Filterfußpunkt (bei ungespanntem GwSpiegel) eingesetzt
- n. b. = nicht bekannt; eine Berechnung wurde aufgrund von fehlenden Ausbaudaten, Aquifermächtigkeiten oder aus pumpentechnischen Gründen nicht durchgeführt.
- A** = Anreicherungsgrenze nachgewiesen (vorzeitiges Erreichen des Ruhewasserspiegels)
- B** = starker Brunnenverlust (schlechter hydraulischer Anschluss an den GwLeiter, sog. positiver skin-Effekt)
- C** = guter hydraulischer Anschluss an den GwLeiter, Zone erhöhter Durchlässigkeit im Nahbereich (sog. negativer skin)
- S** = Staugrenze nachgewiesen (verzögertes Erreichen des Ruhewasserspiegels)

¹ GWM-Schlüssel-Nr. gemäß Datenbank

3.2 Erstellung eines aktuellen GwGleichenplans

Auf Grundlage der Stichtagsmessung vom 25.06.07, ergänzt um Betriebsdaten der Stadtwerke Bad Homburg, wurde der bestehende GwGleichenplan überarbeitet (**Anlage 2.1**). Das Strömungsfeld zeigt innerhalb des Stadtgebietes die nach E bis SE gerichtete regionale GwStrömung, die lokal durch den Einfluss der Vorfluter (Kirdorfer Bach) und GwEntnahmen (z. B. Ober-Eschbach) überprägt ist.

An den Rändern des betrachteten Gebietes konnte durch die Einrichtung neuer GwMessstellen eine verbesserte Auflösung der lokalen GwStrömung und damit eine Abgrenzung der Randzuflüsse aus den benachbarten Gebieten erzielt werden. Dies betrifft in erster Linie den nördlichen Stadtrand (GWM 13 und 18), den Raum Ober-Eschbach und Ober-Erlenbach (GWM 11, 12 und 15) sowie das Gebiet entlang des Südrings (GWM 16, 17).

Der Druckwasserspiegel im oberen GwLeiter fällt von ca. 235 m üNN am w' Stadtrand mit einem mittleren hydraulischen Gradienten von $i = 0,013$ ($i = 0,014$) auf 130 m üNN an der se' Gemarkungsgrenze ab.

Um zu dokumentieren, dass die Situation im Sommer 2007 weitgehend dem GwGleichenplan in /29/ entspricht, wurden die GwGleichen der Stichtagsmessung 2002 mit dargestellt.

Die GwSchwankungen betragen nach dem derzeitigen Kenntnisstand etwa 1 - 5 m, sofern sie von Entnahmen unbeeinflusst sind (Trinkwasserbrunnen, Kurbetrieb, GwSanierungen). Wie der aktualisierte GwGleichenplan zeigt, konnte auch bei Verwendung eines kleineren Datensatzes (30 - 40 Messwerte zuzüglich der Betriebswasserspiegel von Brunnen) ein detailliertes Bild für das Stadtgebiet erzielt werden.

3.3 Schwankungen des GwSpiegels

Die GwStände in den Messstellen GWM Großer und Kleiner Tannenwald, Rotlaufweg (ehem. Vossen-Gelände) und Philosophenweg zeigen einen typischen Jahresgang mit einem Anstieg während der GwNeubildungsperiode (Spätherbst bis Frühjahr) und einer sukzessiven Speicherentleerung über die Sommermonate bis zum Herbst.

Die maximalen GwStände werden jeweils im Mai / Juni erreicht, die Minima im November / Dezember. Die Amplituden liegen im Jahresgang zwischen 1,6 m (Philosophenweg) und 3,3 m (Großer Tannenwald).

Der Jahresgang kann mit ähnlich großen Schwankungen auch an den vom BKG betreuten zwei **Messstellen am Schlossberg** (Schlosskirche und Meiereiberg) nachvollzogen werden (**Anlage 3.3Blatt 3**), jedoch sind im Vergleich zu den tendenziell oberstromigen GWM raschere Spiegelschwankungen zu verzeichnen, deren Ursache mutmaßlich nur durch ergänzende Untersuchungen geklärt werden könnte. Eine offensichtliche Erklärung für die größere Dynamik in diesem Bereich gibt es nicht.

Die GwStände der **GWM Kleiner Tannenwald** weisen im Frühjahr 2005 und 2006 über einen Zeitraum von jeweils 2 - 3 Monaten ein untypisches Plateau bei ca. 197,0 – 197,5 mNN auf (vgl. GWM 1 mit GWM 2). Hier lag die Vermutung nahe, dass diese Beobachtung auf eine GwSpiegelbegrenzung zurückzuführen ist (im Kellergeschoss der benachbarten Wohnanlage Mariannenweg 42, deren Gründungsniveau in dem Tiefenbereich von ca. 198 m üNN liegt, wird ein Pumpensumpf vermutet /4/. Hierüber liegen jedoch weiterhin keine näheren Informationen vor).

Der Teich des Kleinen Tannenwalds kommt als Drainage für das Grundwasser nicht in Frage, weil dessen Ablaufniveau bei ca. 198,7 mNN liegt, also ca. 1 - 2 m höher als der GwSpiegel /4/. Mit dem Umbau des Teichs Ende 2006 und dem damit beginnenden Einstau¹ deutet sich jedoch eine Änderung des status quo an. Vorbehaltlich der zukünftigen Beobachtung scheint aus dem wieder dauerhaft bespannten Teich trotz der Sohlabdichtung so viel Wasser zu versickern, dass im Umfeld eine Aufhöhung des GwSpiegels über 198 mNN erfolgt. Die mögliche GwEntnahme in der oberstromigen Tiefgarage kann dadurch kompensiert werden.

¹ Die eigentliche Befüllung ist für das 3. Quartal 2007 vorgesehen. Bilder vom Juli 07 zeigen aber, dass bereits eine flächig ausgedehnte Bespannung des Sohlneaus vorhanden ist.

Die o. g. Messstellen erschließen jeweils den gespannten GwLeiter in den geklüfteten und oberflächennah verwitterten Grünschiefern nordwestlich der Taunusrandstörung, wobei u. a. die unterschiedliche Durchlässigkeit des anstehenden Gebirges Einfluss auf die Dynamik / Dämpfung der Spiegelschwankungen haben dürfte.

Die Ganglinien der in den Tälern des Kirdorfer Bachs (**HG 014, Castillostraße**) und des Eschbachs (**HG 009, Massenheimer Weg**) errichteten Messstellen sowie die **HG 013 am Pilgerrain** (Hanglage) zeigen deutliche Unterschiede zum Verhalten der o. g. GWM. Ein Jahresgang ist hier nur schwach ausgeprägt und die Amplituden betragen lediglich 0,5 – 1 m (**Anlage 3.3Blatt 2**).

Die (abgesehen vom zeitweiligen Ausfall der Sonde) längste Messreihe an der **GWM Lange Meile** umfasst mittlerweile eine etwa dreijährige Zeitspanne von November 2003 bis Januar 2007. Der generelle Trend in den hier erfassten Lockergesteinen des Taunusvorlands wird bestimmt von dem überregional zu beobachtenden Absinken des GwSpiegels (hier im betrachteten Zeitraum um etwa 4 m).

Dieser wird verursacht von der sich an die bis 2002 währende Feuchtperiode mit regional ansteigenden GwSpiegeln anschließende Trockenperiode ab 2003. Da in den Wintern 2003/04 und 2005/06 keine Speicherauffüllung zu verzeichnen war, wurde der minimale GwStand im Juni 2006 mit 134,4 m registriert. Die seither unterdurchschnittlichen GwNeubildungsraten führen zu einer sukzessiven Speicherentleerung des PorenGwLeiters, die lediglich durch Ausfallzeiten des nahegelegenen Brunnens Lange Meile unterbrochen wird.

Der Anstieg um ca. 1,2 m Ende 2004 ist, wie aus Betriebsdaten der Stadtwerke Bad Homburg hervorgeht, auf die zeitweilige Einstellung der TwFörderung dieses Brunnens zurück zu führen. Ebenso der jahreszeitlich untypische Anstieg um 1,5 m ab August 2006, der durch die Betriebsunterbrechung wegen der Sanierung des Brunnens verursacht wurde. Insgesamt spiegelt die Ganglinie der GWM Lange Meile die natürliche Entwicklung im tertiären PorenGwLeiter wider, die von der TwFörderung im nahe gelegenen Brunnen „Lange Meile“ überprägt wird. Wie weit sich die Speicherentleerung des PorenGwLeiters fortsetzt, kann vor dem Hintergrund der Veränderungen des regionalen Wasserhaushalts durch den Klimawandel noch nicht prognostiziert werden¹.

¹ In dem naturräumlich vergleichbaren, östlich angrenzenden Raum Friedrichsdorf / Rosbach wird die Entwicklung der GwNeubildung in den letzten 15 Jahren anhand der dort bereits vorliegenden langfristigen Messreihen wie folgt beschrieben (Jahresbericht 2006 /3/):

„In der Zusammenschau der GwGanglinien mit den Niederschlägen zeigt sich eine räumliche und zeitliche Differenzierung des GwNeubildungsgeschehens. Es zeichnet sich ab, dass nach den Jahren 1994 und 1995 mit überdurchschnittlichen Niederschlägen und eher günstigen GwNeubildungsverhältnissen in den Jahren 1996 und 1997 eher ungünstige GwNeubildungsbedingungen vorherrschten. Ab ca. Oktober 1998 folgen dann wieder günstige GwNeubildungsverhältnisse. Nachdem das Jahr 1999 in seiner Gesamtheit als eher unterdurchschnittlich hinsichtlich der GwNeubildung einzustufen ist, stellen sich die Jahre 2000 bis 2002 als etwas überdurchschnittlich dar. Die Jahre 2003 bis 2006 zeigen wiederum mit teils deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlägen ungünstige GwNeubildungsverhältnisse. Im Jahr 2006 werden im Bereich des Taunus die Tiefststände der Wasserspiegel, wie sie 1999/2000 und 2005 bereits einmal vorlagen, unterschritten.“

Letztlich zeigen die längeren Messreihen, dass die GwNeubildung im Taunus ein sehr instationäres Geschehen ist, das bei langfristiger Betrachtung stark von der klimatischen Entwicklung bestimmt wird. Der sich dabei abzeichnende Trend dürfte daher relevante Auswirkungen auf das natürliche GwDargebot und den regionalen GwHaushalt haben.

Für das Stadtgebiet Bad Homburg ist anhand der bisher vorliegenden Ganglinien festzustellen:

- Ein eindeutiger Trend zu steigenden oder fallenden GwSpiegeln kann aufgrund der noch zu kurzen Datenreihen in keinem Fall abgeleitet werden (**Anlage 3.3Blatt 1**). Durch den heterogenen Untergrundaufbau, die unterschiedlichen Flächen- und Landnutzung, die ausgeprägte Morphologie sowie die räumliche und zeitliche Differenzierungen des Niederschlags kommt es zu differenzierten hydrologischen Entwicklungen innerhalb des Betrachtungsgebietes. Entsprechend uneinheitlich ist die Entwicklung des GwStands an den einzelnen GwMessstellen.

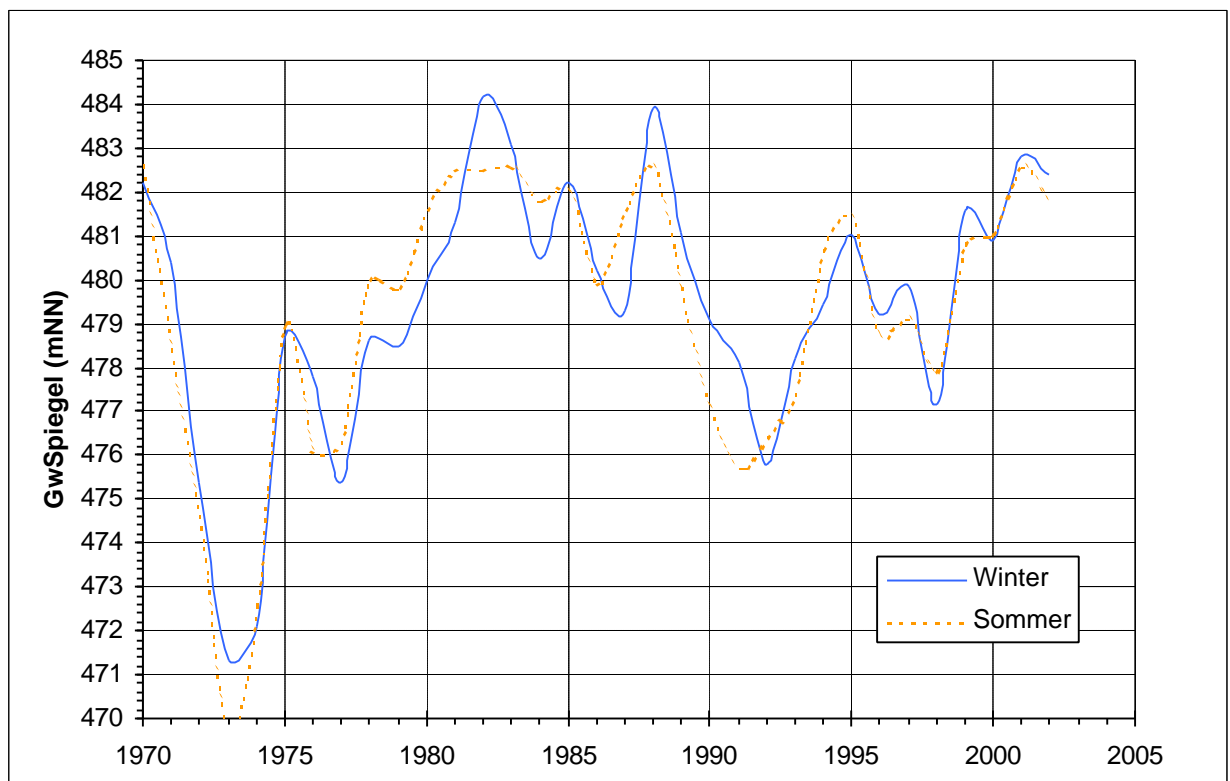


Abb. 3-2: Ganglinie des GwStands an der GWM am Kolbenberg (Mittelwerte wöchentlicher GwMessungen)

- Aus hydrogeologischer Sicht ist davon auszugehen, dass das (i. wes. von der GwNeubildung bestimmte) Druckniveau im Taunusquarzit, dem maßgeblichen GwSpeicher im Hochtaunus, auch den GwStand im Vortaunus beeinflusst. Wie die Ganglinie einer Messstelle am Kolbenberg aus /1/ zeigt¹ (s. Abb.), werden im Hochtaunus Spiegelschwankungen von über 10 m beobachtet, wobei diese Änderungen je nach Witterung sehr rasch ablaufen können. Die resultierenden Druckänderungen pflanzen sich, unterschiedlich stark gedämpft, in die geringer durchlässigen Festgesteine des Vortaunus fort. Tendenziell ist daher zu

¹ Im Stadtgebiet von Bad Homburg sind im Hochtaunus bislang keine GWM vorhanden. Deren Einrichtung ist aufgrund der erforderlichen Tiefe mit einem erhöhten technischen und finanziellen Aufwand verbunden.

erwarten, dass die Schwankungsbreite mit dem Abstand zum Verbreitungsgebiet des Taunusquarzits abnimmt. Die Beobachtungen in den GWM am Schlossberg zeigen, dass der Effekt bis in eine Entfernung von über 1 km wirksam sein kann¹.

Andererseits lässt die GWM in der Castillostraße erkennen, dass sich die Druckänderungen im GwNeubildungsgebiet in der gleichen Entfernung und im gleichen Gebirge an anderer Stelle bereits nicht mehr auswirken. Dies könnte darauf zurück zu führen sein, dass die GWM im Taleinschnitt des Kirdorfer Bachs liegt, der mutmaßlich den Verlauf einer Querstörung markiert, die als gebirgsinterne Drainage für eine Druckentlastung im Nahbereich sorgt.

Trifft diese Modellvorstellung zu, so besteht ein hydraulischer Kurzschluss zu dem lokalen GwStockwerk in den gering mächtigen fluviatilen Sedimenten der Talfüllung, so dass die Spiegelschwankungen in der GWM Castillostraße (und GWM in vergleichbarer Position) i. wes. von den Änderungen des Pegelstands im Bach bestimmt werden.

- Jenseits der Taunusrandstörung ist in den tertiären Lockergesteinen des Taunusvorlands keine vergleichbare Dynamik des GwSpiegels erkennbar. Zwar wird dieser GwLeiter i. wes. durch die unterirdischen Zuflüsse aus dem Neubildungsgebiet Hochtaunus gespeist, es handelt sich jedoch um einen hydraulisch entkoppelten PorenGwLeiter, so dass ein vergleichbares Verhalten wie in den KluftGwLeitern des Hoch- und Vortaunus nicht zu erwarten ist.

Der Vergleich der bisher vorliegenden drei Ganglinien in diesem GwLeiter zeigt innerhalb dieser Gruppe trotzdem deutliche Unterschiede in der GwDynamik (GWM HG 009 Massenheimer Weg und HG 013 Pilgerrain vs. HG 003 Lange Meile). Ob die abweichende Entwicklung in der GWM Lange Meile allein durch die Nähe zu dem gleichnamigen Brunnen bedingt ist, sollte durch zukünftige Beobachtungen geklärt werden. Trifft die hydrogeologische Modellvorstellung in /2/ zu, so lassen sich durch entsprechende Beobachtungen im Vortaunus bezüglich des GwHaushalts unterschiedliche Bereiche differenzieren, was mit Blick auf die zukünftige Flächen- und GwBewirtschaftung von Bedeutung sein kann.

3.4 Erstellung einer Karte des GwFlurabstands

Als Grundlage für die Karte des GwFlurabstands diene wiederum das vom Fachbereich Informationstechnik der Stadtverwaltung Bad Homburg zur Verfügung gestellte digitale Höhenmodell (DHM). Dieses geht auf ein vom BKG entwickeltes DHM zurück, das modifiziert wurde und interpolierte Höhenpunkte im 1 m-Raster enthält. Die Berechnung des Flurabstands wurde für eine Fläche von $12 \times 8 = 96 \text{ km}^2$ und ein Gitternetz von 100×67 Knoten durchgeführt. Damit beträgt die Maschenweite ca. 120 m in N-S- und auch in W-E-Richtung.

¹ In dem östlich angrenzenden Raum Friedrichsdorf / Rosbach, für den bereits langfristige Messreihen vorliegen und ein instationär kalibriertes numerisches GwModell existiert, können diese zeitlich-räumlichen Änderungen bereits nachvollzogen / prognostiziert werden /3/, /4/. Mit dem auf mittlere Verhältnisse stationär kalibrierten GwModell für den Raum Oberursel / Bad Homburg, das im Auftrag des RP Wiesbaden und der SW Oberursel ausgearbeitet wurde /2/, besteht diese Möglichkeit noch nicht.

Dieses Höhenmodell wurde mit dem GwGleichenplan in Anlage 2.1 digital verschnitten und so die Differenz zwischen Geländehöhe und GwSpiegel ermittelt, die tendenziell dem GwFlurabstand entspricht. Eine digital generierte Differenzenkarte erfordert allerdings eine Nachbearbeitung, da es unter bestimmten geologischen Bedingungen zu Abweichungen des realen vom rechnerisch ermittelten Flurabstand kommt:

- In Teilen des Stadtgebiets ist das **Grundwasser unter z. T. sehr mächtigen, gering durchlässigen Deckschichten gespannt**, bereichsweise liegt das Druckniveau sogar über Gelände (artesische Verhältnisse).

Der **Flurabstand**, d. h. die Tiefe, in der tatsächlich Grundwasser angetroffen wird, ist **dann größer als berechnet**, da das in GwMessstellen ermittelte Druckniveau (als Grundlage des GwGleichenplans) über der gesättigten Bodenzone liegt.

Diese Differenzen können bereichsweise mehr als 10 m erreichen, was im Hinblick auf die Beurteilung von Erdarbeiten von Bedeutung ist. Gespannte GwLeiter unter GwStauern erlangen eine oberflächennahe Wirkung / Bedeutung in der Regel jedoch nur in den Fällen, in denen Eingriffe in den Untergrund eine Druckentlastung der GwOberfläche ermöglichen. In diesen Fällen kann es ohne GwAbsenkung zu einem hydraulischen Grundbruch und / oder plötzlichem massiven Wasserandrang kommen. Für die Masse oberflächennaher Baumaßnahmen ist dieses Risiko nicht relevant.

- Für oberflächennahe Baumaßnahmen von Bedeutung ist dagegen der umgekehrte Fall. Lokal können **schwebende GwLeiter** auftreten (z.B. entlang der Bachtäler oder in Terrassenablagerungen) und zu einer relevanten GwFührung auch oberhalb des rechnerisch ermittelten Flurabstands führen. Der **Flurabstand**, d. h. die Tiefe, in der Grundwasser angetroffen wird, ist **dann geringer als berechnet**.

Die Verbreitung schwebender GwLeiter kann aus den vorhandenen Aufschlusssdaten nur sehr eingeschränkt rekonstruiert werden, da die meisten der ausgewerteten Bohrprofile keine Hinweise auf GwZutritte in den oberflächennahen Bodenschichten enthalten. Daher kann allenfalls aus der Beschreibung oberflächennaher Sande, Kiese oder Schotter im Bohrprofil darauf geschlossen werden, dass schwebende GwLeiter vorhanden sein können.

Die in den GWM der Gebiete mit schwebenden GwLeitern gemessenen GwSpiegel repräsentieren entweder das Druckniveau im jeweiligen HauptGwLeiter, oder einen Mischwasserspiegel, sofern über den Ausbau ein hydraulischer Kurzschluss zwischen verschiedenen wasserführenden Horizonten hergestellt wurde (wovon in einigen Fällen auszugehen ist).

Durch die Auswertung insbesondere der Geologischen /40/f sowie der Bodenkennwert- und Bodenübersichtskarten /47/, in denen gwnahe und staunasse Gley-Böden als Anhaltspunkte auf geringe Flurabstände verzeichnet sind, war es jedoch möglich, Bereiche abzugrenzen, in denen zumindest zeitweilig mit dem Auftreten schwebenden Grundwassers zu rechnen ist. Diese Flächen sind in der Karte durch eine gesonderte Schraffur ausgewiesen.

Der tatsächliche Wasserandrang zu einer Baugrube in diesen Gebieten kann in Ab-

hängigkeit von der lang- und kurzfristigen Wetterentwicklung, von Eingriffen im Umfeld u. a. Einflüssen erheblichen Schwankungen unterliegen.

Für die kartographische Darstellung wurde folgende **Einteilung des Flurabstands in Klassen** gewählt (s. Anlage 2.2):

- < 0 m, der Druckspiegel liegt über GOK (artesische GwVerhältnisse)
- 0 bis 2 m (gwnahe Flächen)
- 2 bis 5 m,
- bis 10 m und
- 10 bis 15 m (gwferne Flächen).

Das Hauptaugenmerk gilt dem Flurabstand von 0 bis 5 m, da in diesem Bereich der überwiegende Teil von Tiefbaumaßnahmen stattfindet. Demgegenüber ist ein Flurabstand von > 10 m von untergeordneter Bedeutung, da Grundwasser in diesen Tiefen in der Regel keine Bedeutung für Bauwerke, den Wasserhaushalt in den oberen Bodenschichten oder die Vegetation hat.

Eine feinere Klassenunterteilung des Flurabstands insbesondere zwischen 0 und 5 m ist nicht sinnvoll, da:

- Die berechneten Flurabstände aufgrund der Messstellendichte teilweise über mehrere 100 m interpoliert sind und somit kleinräumige Variationen der GwOberfläche nicht abgebildet werden können. In diesem Zusammenhang macht sich auch der im Vergleich mit der Flurabstandskarte von 2005 deutlich reduzierte Datensatz nachteilig bemerkbar (s. u.).
- Die Flächen nicht als statisch zu betrachten sind, da der Flurabstand einem jahreszeitlichen Gang und ggf. langfristigen Trends unterliegt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Flurabstandskarte für das Stadtgebiet von Bad Homburg ein bereichsweise differenziertes und insgesamt plausibles Bild zeigt (s. Anlage 2.2):

- Die Eintalungen von Kirdorfer, Heuchel- und Dornbach heben sich deutlich mit Flurabständen von maximal 2 m hervor. Abschnittsweise treten hier artesische Verhältnisse auf, wie im Bereich des Golfplatzes, am Heuchelbach s' Dornholzhausen, im Kurpark sowie im Unterlauf von Eschbach und Erlenbach. Dies entspricht in weiten Teilen den Flächen, die im Rahmen der Untersuchung von 2005 ermittelt wurden. Jedoch erscheint eine deutliche Ausdehnung der als artesisch berechneten Teilfläche vom Kurpark in nördliche Richtung zum Rotlaufweg (GWM 18) über eine Distanz von ca. 1,8 km nicht plausibel. Dort führt der hohe Druckwasserspiegel in der GWM 18 von 251,5 mNN (Flurabstand ca. 4 m) aufgrund der Interpolation zu relativ großflächig ausgebildeten artesischen GwVerhältnissen. Die Geländeoberfläche steigt in diesem Bereich vom Kirdorfer Bach zunächst nur mäßig bis unterhalb des Rotlaufwegs an, um dort mit einer Versteilung zum Waldrand zu führen. Aufgrund dessen können durch die lineare Interpolation von Gwständen artesische Verhältnisse vorgetäuscht werden.

- Entlang der Talflanken (z.B. zum Hardtwald) und auf den Hochflächen (Stadtzentrum, Gebiet entlang des Südrings) nehmen die Flurabstände rasch auf 5 m bis mehr als 10 m zu. Neben den natürlichen Verhältnissen machen sich bereichsweise auch die GwEntnahmen s' Bad Homburg (Lange Meile, Taunengraben) und n' Ober-Erlenbach bemerkbar.

Abschließend ist hervorzuheben, dass die Aussagen der Karte immer vor dem Hintergrund der Fragestellung zu interpretieren sind. Im Zweifelsfall ist im Rahmen der Planung konkreter Bauvorhaben eine dahingehende Detailerkundung des Standorts erforderlich, um potentielle Risiken aus der lokalen GwSituation mit der erforderlichen Aussagekraft beurteilen zu können.

3.5 Untersuchung der GwBeschaffenheit

Die während der Kurzpumpversuche gemessenen Feldparameter sowie die Ergebnisse der chemischen Analysen sind in der **Anlage 5.1** tabellarisch zusammengefasst aufgeführt. Die Originalanalysenprotokolle des Labors UEG sind in der Anlage 5.2 enthalten.

Die gemessenen **pH-Werte** weisen an den untersuchten Messstellen nur geringe Unterschiede auf, wobei die Wässer am Taunusrand geogen bedingt etwas saurer sind. Hier wurden pH-Werte zwischen 6,8 – 7,0 festgestellt, die übrigen Werte schwanken zwischen 6,9 und 7,3.

Auch bei den **Sauerstoffgehalten** liegen die Werte nah beieinander und weisen auf vorwiegend reduzierende Verhältnisse hin. Die O₂-Gehalte liegen zwischen 1,3 und 1,7 mg/l. Die Werte des **Redoxpotentials** liegen jedoch alle im positiven Bereich zwischen rd. 100 –220 mV, was insgesamt auf eher indifferente Verhältnisse hinweist.

Die **GwTemperaturen** zeigen an den neu errichteten Messstellen kein einheitliches Bild, da im Siedlungsgebiet aufgrund der anthropogen bedingten Energiezufuhr von einer Erwärmung auszugehen ist. Lokale Einflüsse prägen die Wassertemperaturen, so z.B. bei GWM 13 und 14, die mit ca. 13°C deutlich höhere Temperaturen aufweisen, als die etwas weiter nördlich befindliche GWM 18 mit 10,3°C. Im Stadtgebiet liegen die gemessenen Temperaturen zwischen 12 und 13 °C (anthropogene Einflüsse, Aufstieg von Tiefenwässern), in der GWM 12 Ober-Erlenbach wird mit gemessenen 10°C wieder das natürliche Temperaturniveau erreicht.

Die gemessenen el. **Leitfähigkeiten** geben ebenfalls einen Hinweis auf anthropogene Einflüsse auf das Grundwasser, da mit dieser Messung summarisch der Inhalt des Grundwassers an festen gelösten Stoffen erfasst wird.

Die niedrigsten Leitfähigkeiten wurden mit 344 bzw. 240 µS/cm w' der Taunusrandstörung in den GWM 14 und 18 gemessen. Dies steht im Einklang mit den überwiegend quarzitischen Gesteinen im Einzugsgebiet der Messstellen, die nur einen geringen Anteil

an löslichen Stoffen aufweisen. Dementsprechend folgt die etwa den natürlichen Hintergrund repräsentierende 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -Isolinie dem Waldrand vom Rotlaufweg zum Golfplatz an der Karlsbrücke und weiter südlich bis zum Großen Tannenwald (Anlage 2.6).

Mit dem Eintritt des Grundwassers in den Bereich landwirtschaftlicher Nutzflächen und das Siedlungsgebiet steigen der Lösungsinhalt und damit die Leitfähigkeit um den Faktor 2 – 3 auf Werte in der Größenordnung 500 - 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an.

Durch Auswirkungen der Zivilisation erhöhte Leitfähigkeiten treten im Abstrom der Altablagerungen an der Karlsbrücke und am Weberpfad sowie unterstrom des ehemaligen Vossen-Geländes auf. Im Gegensatz hierzu zeigen die Leitfähigkeiten im südlich der Kernstadt gelegenen Industrie- und Gewerbegebiet keine erhöhten Werte.

Die Leitfähigkeiten > 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Bereich Schlossberg / Kurpark stehen wahrscheinlich im Zusammenhang mit aufsteigenden Mineralwässern, sind also wohl eher natürlichen Ursprungs. Dies macht sich auch im weiteren Abstrom nach SE im Raum Ober-Eschbach bemerkbar, wo sich allerdings die anthropogenen und natürlichen Einflüsse summieren.

Die chemischen Parameter **Bor**, **o-Phosphat** und organisch gebundener Kohlenstoff (**TOC**) wurden in den entnommenen Wasserproben überwiegend nicht oder nur in Spuren nachgewiesen (s. Anlage 5.1). Ein anthropogener oder natürlicher Eintrag dieser Stoffe ist somit nicht abzuleiten.

Die Konzentrationen an **Hydrogenkarbonat** schwanken zwischen 128 mg/l in der GWM 18 und 449 mg/l in der GM 17 und korrelieren insgesamt mit den gemessenen Leitfähigkeiten.

Die analysierten **Nitrat**-Konzentrationen sind je nach Nutzung im unmittelbaren Umfeld sehr unterschiedlich. In der am Waldrand befindlichen GWM 18 sowie in der am nw' Stadtrand liegenden GWM 14 sind die Konzentrationen mit 1,4 und 5,3 mg/l erwartungsgemäß sehr niedrig. In den Messstellen GWM 11, 12, 16 und 17 ist ein landwirtschaftlicher Einfluss bereits deutlich spürbar. Hier liegen die Nitrat-Konzentrationen über 20 mg/l. **An 2 Proben** wurde sogar der **Grenzwert der TrinkwV von 50 mg/l überschritten**. In der GWM 11 (Weinstraße) zwischen Bad Homburg und Ober-Erlenbach und in der GWM 17 (Südring) macht sich die intensive landwirtschaftliche Nutzung im direkten Umfeld mit 53,1 bzw. 57,6 mg/l Nitrat bemerkbar (Anlage 2.4).

Die Analysen auf leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (**CKW**) zeigen in den jetzt untersuchten Messstellen keine relevanten Belastungen. In den GWM 13 und 14 konnten keine CKW's nachgewiesen werden, in den übrigen Proben liegen die Konzentrationen < 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ und somit auch deutlich unterhalb des Grenzwertes von 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ nach TrinkwV. Die innerhalb des Stadtgebietes bekannten Belastungszonen teilen sich hier dem Grundwasser nur noch untergeordnet mit (Anlage 2.3).

Das Stoffspektrum wird dominiert von Trichlor- und Tetrachlorethen sowie untergeordnet auch von 1,1,1-Trichlorethan. Die übrigen analysierten Einzelstoffe sind nicht vorhanden.

4. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

4.1 Wesentliche Ergebnisse

Zur Fortschreibung des GWMS für das Stadtgebiet Bad Homburg wurden auf Basis einer Bestandsaufnahme in 2002 / 2003 /25/ seit Oktober 2004 insgesamt 18 GwMessstellen errichtet, die zusammen mit dem vorhandenen Bestand eine detaillierte Beschreibung der GwDynamik und -Beschaffenheit ermöglichen.

Darüber hinaus wurden in 2004 – 2007 54 Messstellen auf ihre Eignung zu Probenahmen und Pumpversuchen überprüft, von denen die überwiegende Anzahl als geeignet eingestuft wurde (s. **Anlage 6**).

Das bestehende Messstellennetz im Stadtgebiet von Bad Homburg wurde im Zeitraum von Dezember 2006 bis Februar 2007 um 8 GwMessstellen DN 125 erweitert (Lage s. **Anlage 1.1**). An diesen GWM wurden bis Februar 2007 Kurzpumpversuche und Probenahmen durchgeführt.

Während die Wiederanstiegsdaten aus den Pumpversuchen zur Ermittlung der Durchlässigkeiten des Gebirges herangezogen wurden (**Anlage 4, Anlage 1.2**), erfolgte die chemische Analyse auf charakteristische Inhaltsstoffe, anhand derer eine anthropogene Beeinflussung der GwBeschaffenheit ableitbar ist (z.B. Nitrat, CKW; s. **Anlage 2, Anlage 5**). Auf Grundlage dieser Ergebnisse können folgende Erkenntnisse formuliert werden:

- **Die Messstellen GWM 13, 14 und 18 liegen westlich der Taunusrandstörungen und erschließen die gwführenden unterdevonischen Quarzite sowie vordevonische Grünschiefer (KluftGwLeiter) unterhalb der gering mächtigen quartären Deckschichten. Die lokalen GwVerhältnisse sind stets gespannt, es herrschen Druckspiegel von 4 - 5 m uGOK vor, im Talverlauf von Vorflutern (z.B. Heuchelbach) reicht der GwSpiegel bis ca. 1 m uGOK.**
Die Messstellen GWM 11, 12 sowie 15 - 17 wurden östlich der Taunusrandstörungen angesetzt. In diesem Gebiet wurden die gwführenden Kiese und Sande des Quartärs und Pliozäns erschlossen (PorenGwLeiter). Die Flurabstände nehmen bis auf ca. 20 m zu, es wurden z. T. nur leicht gespannte GwVerhältnisse angetroffen.
- **Die gemessenen GwStände bis zum Januar 2007 bestätigen grundsätzlich das regionale Strömungsbild, nach dem Fließrichtungen nach E und SE vorherrschen, die lokal von GwEntnahmen (z.B. TwGA Lange Meile, s. Anlage 2.1) und dem Einfluss von Bachläufen überprägt werden.**
Durch die Verdichtung des Messstellennetzes ist in einigen Bereichen eine detailliertere Darstellung der lokalen GwStrömung (z.B. entlang der nördlichen und südlichen Stadtgrenze sowie im Raum Ober-Erlenbach) und auch eine bessere Abgrenzung der GwZu- und Abflüsse aus den bzw. in die Gebiete(n) der Nachbarkommunen möglich.

- Die seit Ende 2003 in einigen Messstellen installierten Drucksonden zeigen in den Festgesteinen des Vortaunus einen ausgeprägten Jahresgang mit Schwankungen des GwSpiegels bis 3,3 m.
Innerhalb der tertiären PorenGwLeiter ist der Jahresgang kaum noch erkennbar, die Schwankungsbreiten des GwSpiegels sind geringer (s. Anlage 3.3). Allerdings deutet sich anhand der 3 bisher vorliegenden Ganglinien eine relevante Differenzierung in Bereiche unterschiedlichen Verhaltens an.
- **Die auf der Basis eines DHM entwickelte Flurabstandskarte zeigt für das Stadtgebiet in weiten Teilen ein plausibles Bild** (s. Anlage 2.2). Niedrige Flurabstände bis 2 m und teilweise artesische Druckverhältnisse wurden naturgemäß entlang der Täler von Kirdorfer- und Heuchelbach festgestellt (z.B. Golfplatz, Kurpark-Gelände. In Richtung der Talflanken ist jedoch rasch mit einem Anstieg bis > 10 m zu rechnen. Gleichermaßen ist auch das jeweilige Umfeld der TwGA durch Flurabstände von > 15 m gekennzeichnet.
- **Die gemessenen Transmissivitäten korrespondieren mit dem lokalen geologischen Aufbau** und umfassen 4 Größenordnungen. Insbesondere zeigen quartäre Terrassen- und tertiäre Sedimente einen großen Schwankungsbereich, wobei die Transmissivitäten mit zunehmender Entfernung vom Taunusrand tendenziell höher sind.
- Eine anthropogen verursachte Änderung der GwBeschaffenheit kann bereits mit den chem.-phys. Feldmessgrößen O₂-Gehalt, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur nachgewiesen werden. Aus der Gruppe der analysierten anorganischen Stoffe zeigt nur die Nitratverteilung eine Abhängigkeit von landwirtschaftlich genutzten Flächen im Anstrom von Messstellen mit erhöhten Konzentrationen (s. Anlage 2.4).
Hingegen lassen die Konzentrationen von Bor, TOC und Phosphat weiterhin keinen relevanten anthropogenen Einfluss erkennen. Für die Verteilung der Hydrogenkarbonat-Konzentrationen und teilweise auch der elektrischen Leitfähigkeit kommen außer anthropogenen auch geogene Ursachen in Betracht (Aufstieg von höher mineralisiertem Grundwasser und Vermischung im oberflächennahen GwLeiter).
- **In den Messstellen GWM 11 – 18 wurde keine Beeinträchtigung der GwBeschaffenheit durch die Stoffgruppe der LHKW festgestellt.** Die Einzelstoffe wurden nicht oder nur in Spuren nachgewiesen. Die entsprechenden Grenzwerte der TrinkwV und GFS nach GwSVO Hessen werden nicht überschritten (Anlage 5). Insgesamt bestehen nur kleinräumig begrenzte Beeinträchtigungen durch LHKW im unmittelbaren Abstrom von Altstandorten.

4.2 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Nachdem im Verlauf mehrerer Jahre ein **funktionsfähiges GwMonitoringsystem** für das Stadtgebiet von Bad Homburg installiert worden ist, sollte dieses Instrument auch genutzt werden, **um den GwHaushalt im Hinblick auf Quantität und Qualität** analog zu benachbarten Beobachtungsgebieten längerfristig **zu überwachen** (vgl. /3/).

Ohne weiter führende Messungen wären die bisherigen Untersuchungen wenig effizient. Entsprechende Maßnahmen sind daher auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll, um den durch die bisherigen Investitionen geschaffenen Wert zu nutzen.

Im Gegensatz zu den Jahren des Auf- und Ausbaus verursacht der weitere Betrieb des GWMS wesentlich geringere Kosten, da die **konstenintensive Verdichtung des Messtellennetzes abgeschlossen** ist.

Zur Pflege des Bestandes und zur weiteren Nutzung werden für die nächsten Jahre folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

1. Aktualisierung der Datenbasis / Revision des Messstellenkatasters

Das Kataster wurde im Jahr **2002 letztmalig überprüft**. Da zwischenzeitlich durch umfangreiche Bau- und Abbruchmaßnahmen (z.B. ehemalige Vickers- und Mahle-Gelände) der aktuelle Bestand nicht mehr demjenigen des Katasters entspricht, sollten Begehungen durchgeführt werden, um zumindest bereichsweise den aktuellen Bestand zu erfassen und zu dokumentieren.

Die Datenbank ist in der Folge zu aktualisieren, um die von der Stadtverwaltung genutzten EDV-Angebote nicht veralten zu lassen. Nur die Pflege des Monitoringsystems mittels einer in mehrjährigem Abstand vorzusehenden Überprüfung des Bestands, die Erfassung neuer Aufschlüsse und die Aktualisierung der EDV-Dokumentation kann sicher stellen, dass das Werkzeug den wechselnden Anforderungen gerecht werden kann.

2. Fortsetzung der Messungen des GwSpiegels

Wesentlich bei der zukünftigen GwBeobachtung ist **die Fortführung der Erfassung der Wasserstandsverhältnisse** vor dem Hintergrund der natürlichen Verhältnisse (Veränderung der GwNeubildung durch Klimawandel) und der **Entwicklung der Entnahmesituation** im Stadtgebiet.

Die an bisher 10 GWM¹ für zumindest ein hydrologisches Jahr durchgeführten kontinuierlichen Messungen weisen auf eine Gliederung des Gesamtgebiets in verschiedene „Homogenbereiche“ hin, die sich nicht immer mit den geologischen Einheiten decken. Es wird daher in Übereinstimmung mit dem bisherigen Konzept weiterhin für sinnvoll gehalten, kontinuierliche Messungen des GwSpiegels an weiteren GWM

¹ Incl. der beiden GWM des BKG am Schlossberg, der GWM Lange Meile und Kleiner Tannenwald, die im Rahmen anderer Projekte weiterhin überwacht werden.

durchzuführen, um sukzessive ein flächendeckendes Bild der GwDynamik im Stadtgebiet zu gewinnen.

Da an den einzelnen GWM ein Messzeitraum von 6 – 12 Monaten erforderlich ist, werden sich diese automatischen Messungen mit dem vorhandenen Inventar an Drucksonden über Jahre hinziehen. Dies ist allerdings auch sinnvoll, da die Messungen nicht nur einen größeren Raum, sondern auch eine größere Zeitspanne abdecken sollten.

Wie die entsprechenden Beobachtungen im Raum Friedrichsdorf / Rosbach zeigen /3/, reichen zwölf Jahre nicht aus, um das Spektrum der möglichen natürlichen Verhältnisse und Entwicklungen zu erfassen. Für die zukünftige Beurteilung der Folgen z. B. des Klimawandels, oder einer möglichen Steigerung / Reduzierung der GwEntnahmen, ist die genaue Kenntnis der Entwicklungen der Wasserstandsverhältnisse unter verschiedenen hydrologischen Verhältnissen eine wesentliche Grundlage. Die Fortführung der **Erfassung der Wasserstandsverhältnisse** sowie die **Zusammenführung der Daten und deren Beurteilung** im Rahmen **jährlicher Berichte** ist daher sinnvoll.

Zur Beobachtung der GwDynamik wird der ständige **Einsatz von Drucksonden** empfohlen. Hierzu sollten jeweils zumindest 2 - 3 Sonden in Messstellen verbleiben, die den KluftGwLeiter am Taunusrand und den tertiären PorenGwLeiter im Vorland erschließen und langfristige Trends aufzeichnen können. Die übrigen Sonden können je nach Bedarf im Stadtgebiet eingesetzt werden und Aussagen hinsichtlich kleinräumiger Entwicklungen der GwDynamik im Rhythmus von 1 - 2 Jahren ermöglichen. Auch die Messreihen des BKG (GWM Schlosskirche und Meiereiberg) sollten weiter für langfristige Betrachtungen genutzt werden.

Die regelmäßigen Kontrollen der Funktionstüchtigkeit durch Lichtlotmessungen und die Nachjustierung, wie sie im Laufe der letzten Jahre realisiert wurden, sollten beibehalten werden (max. 4 Termine jährlich), um Datenverluste zu vermeiden. Im Rahmen dieser Kontrollen bieten sich jährliche Stichtagsmessungen an einer ausgewählten Anzahl von GWM an, um flächigere Aussagen zu ermöglichen und um den Überblick über laufende Baumaßnahmen und deren mögliche Auswirkungen auf das Grundwasser zu behalten.

3. Sonstige Messungen

Über die Beobachtung der räumlichen Variation der GwDynamik zum Erkennen lokaler, kurz- und langfristiger Entwicklungen hinaus werden **keine weiteren Maßnahmen empfohlen**. Zwar kann es sich im Einzelfall als sinnvoll erweisen, die qualitativen Untersuchungen zu ergänzen, eine räumlich, zeitlich und / oder vom Umfang der Analytik her ausgedehnte Kontrolle erscheint jedoch nur erforderlich, falls konkrete Fragen beantwortet werden sollen, wie z. B. nach den Auswirkungen der Landwirtschaft (NO₃, P_BSM) oder gewerblicher Nutzungen auf das Grundwasser.

Generell sollten allerdings Probenahmen als Kurzpumpversuch ausgeführt und ausgewertet werden, um ergänzend zu den hydrochemischen Daten auch die geohydraulischen Kennwerte zu erheben.

4. Ausbau des vorhandenen numerischen GwModells

Wie im Rahmen des vorliegenden Berichts mehrfach angesprochen, existiert für den Raum Bad Homburg / Oberursel ein numerisches GwModell /2/, das im Auftrag des RP Darmstadt und der Stadtwerke Oberursel ausgearbeitet worden ist, und das im Osten an das Gebiet eines numerischen GwModells für den Raum Friedrichsdorf / Rosbach anschließt /4/.

Das ältere Modell Friedrichsdorf / Rosbach wurde auf Veranlassung des damaligen HlFB (heute HLUG) zusammen mit einem GwMonitoringsystem als Instrument für die GwBewirtschaftung im Modellgebiet installiert und zu diesem Zweck instationär ausgebaut; d. h., die gemessenen Ganglinien werden damit auf der Grundlage der realen täglichen Wetterdaten (Niederschlag, Temperatur etc.) mittels eines digitalen Höhenmodells und eines flächendifferenzierten Modells für den Bodenwasserhaushalt dazu genutzt, für jede Modellzelle die tägliche GwNeubildung / Verdunstung zu berechnen. Auf diesem Weg können die Spiegelschwankungen an den einzelnen Beobachtungspunkten unter Berücksichtigung der GwEntnahmen aus Brunnen und Quellen nachvollzogen, aber auch Reaktionen auf mögliche Veränderungen des Systems berechnet werden (GwEntnahmen, Klimawandel).

Im Gegensatz zu diesem Modell ist das für den Raum Bad Homburg / Oberursel bislang nur stationär ausgelegt; d. h., es geht von mittleren Verhältnissen in der Vergangenheit aus (Spiegellagen, Entnahmen) und ist daher (noch) nicht in gleicher Weise in der Lage, Veränderungen im Lauf der Zeit zu reproduzieren, oder zu prognostizieren. Im Hinblick auf die langfristige GwBewirtschaftung im Raum Bad Homburg / Oberursel wird es aber, entsprechend zur Vorgehensweise im Nachbargebiet, für sinnvoll gehalten, das bereits vorhandene Instrument auszubauen, um für die Anforderungen der Zukunft gerüstet zu sein.

Aus fachlicher Sicht wird der Stadt Bad Homburg daher empfohlen, die mittlerweile vorhandene umfangreiche Datenbasis zu nutzen, um das von anderer Seite finanzierte Instrument GwModell an den Stand der Technik anzupassen.

Büro HG GmbH

Gießen, den 20.07.2007



Dipl.-Geol. Dr. Walter Lenz

gez.
Dipl.-Geol. Udo Müller