

PROJEKT:

Bauvorhaben Kötterhagen in Paderborn

Hydrogeologisches Gutachten zur Bewertung der
Auswirkungen des Bauvorhabens auf die Grundwas-
serströmungsverhältnisse

AUFTRAGGEBER:

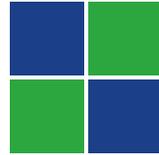
Volksbank Paderborn-Höxter
Schildern 2-6

33098 Paderborn

BEARBEITER: Dipl.-Geol. Frank Schmidt
Dipl.-Ing. Viola Redecker
Dipl.-Geol. Dr. Thomas Jurkschat

PROJEKT-NR.: 2136

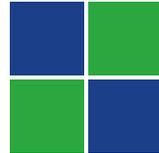
BIELEFELD IM APRIL 2006



Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht

1	<u>VORGANG UND AUFGABENSTELLUNG</u>	4
2	<u>DATENGRUNDLAGE UND DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN</u>	5
3	<u>ALLGEMEINE HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISS</u>	7
3.1	ALLGEMEINE GEOLOGISCHE SITUATION	7
3.2	HYDROGEOLOGISCH RELEVANTE EINHEITEN	8
4	<u>SPEZIELLE HYDROGEOLOGISCHE SITUATION IM BEREICH DES BAUVORHABENS</u>	10
4.1	GRUNDWASSERSTRÖMUNGSVERHÄLTNISS IM KARST	10
4.2	HYDROCHEMISCHE SITUATION	11
4.3	REGIONALE UND LOKALE DURCHLÄSSIGKEITEN	13
5	<u>AUSWIRKUNGSBEWERTUNG</u>	14
5.1	METHODIK	14
5.2	ENTNAHMERATEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN BEMESSUNGEN	15
5.3	AUSWIRKUNGSBEWERTUNG	16
6	<u>BEURTEILUNG UND ERGEBNIS (PLAN 7.1)</u>	17
7	<u>QUELLENVERZEICHNIS</u>	19
7.1	PROJEKTRELEVANTE UNTERSUCHUNGEN UND BERICHTE	19
7.2	SCHRIFTEN	20
7.3	KARTEN	22



Pläne

Plan-Nr.	Titel	Maßstab
1	Lageplan (mit Darstellung der Lage des Bauvorhabens sowie Aufschlussbohrungen und Grundwassermessstellen)	1: 5.000
2	Detallageplan	1: 2.500
3	Geologische Karte	1: 2.500
4	Grundwassergleichenplan (Potentialplan) des Karstgrundwasserleiters zum Stichtag 11/2002 (HW)	1: 2.500
5	Hydrogeologische Zonierung	1: 2.500
6	Flurabstandsplan zum Stichtag 11/2002	1: 2.500
7	Hydrogeologischer Schnitt	M.d.L.: 1: 2.500; M.d.H.: 1: 300
7.1	Hydrogeologischer Schnitt, Detailausschnitt	M.d.L.: 1: 1.250; M.d.H.: 1: 150
8	Ergebnisplan der modellgestützten Variantenanalyse	1: 5.000

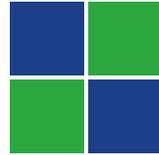
Anhang

Anlage-Nr.	Titel
1	Kenndaten der Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet
2	Schichtenverzeichnisse und Ausbauprofile der Grundwasseraufschlüsse
3	Tektonische Analyse
4	Pumpversuchsauswertung und kf-Wert-Ermittlung
5	Grundwasserstandsganglinien und Statistik

Anlage

Tafel 1: Variantenberechnung

Tafel 2: Modellstrukturen



Die geplante Gründungssohle befindet sich somit rd. 7 m unter dem Grundwasserstand am Standort und rd. 3 m unterhalb des tiefsten Quellniveaus der Pader.

Für die Bewertung der Machbarkeit erhielt das unterzeichnende Büro mit Schreiben vom 07.02.2006 von der Volksbank Paderborn-Höxter den Auftrag zur hydrogeologische Prüfung der Auswirkung des Bauvorhabens auf die Grundwasserströmungsverhältnisse, insbesondere die Prüfung der Machbarkeit und Umsetzung einer bauzeitigen Wasserhaltung hinsichtlich der zu erwartenden Entnahmemenge, der Auswirkung der Grundwasserabsenkung auf andere Schutzgüter (Grundwasserhaushalt, Gebäude, Paderquellen). In Abhängigkeit der ermittelten Auswirkungen sind Alternativen zur Auswirkungsminimierung zu erarbeiten und Beweissicherungsmaßnahmen in potentiell betroffenen Bereichen vorzuschlagen. Darüberhinaus sind Aussagen über die Auswirkung nach der Bauzeit auf den Grundwasserhaushalt zu treffen.

Besondere Bedeutung hat die Nähe des Bauvorhabens zur Paderquelle. Zur Bewertung der Auswirkungen, zur Bemessung des Grundwasseranfalles unter verschiedenen Lastfällen und zur Erarbeitung von Alternativen zur Auswirkungsminimierung wurde der Einsatz eines Grundwasserströmungsmodelles erforderlich.

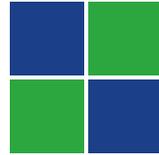
Das Gutachten wird hiermit vorgelegt.

2 Datengrundlage und durchgeführte Untersuchungen

Am 31.01.2006 fand zur Abstimmung der weiteren Abfolge ein Ortstermin mit den Planern, dem Auftraggeber und dem beauftragten Bohrunternehmen statt.

Folgende kurzfristige Maßnahmenabfolge wurde abgestimmt und umgesetzt:

- Errichtung eines Absenkbrunnens mit Ausbau DN 200 im südöstlichen Teil der Baugrube (zwischen GWM III und dem historischen Brunnen), (Br. 1))
- Abteufen zwei weiterer Bohrungen und Ausbau zu Messstellen DN 80 (Bohrungen VI und VII) zur verbesserten Darstellung der hydrogeologischen und tektonischen Verhältnisse im Planbereich parallel des Schichteinfallens.
- Durchführung von Pumpversuchen – hierzu werden alle Messstellen (5 Stück, II, III, V, VI, VII) mit Datenloggern ausgestattet.
 - Der 1. PV wird im Absenkbrunnen durchgeführt und dient der räumlichen Auswertung der Durchlässigkeit.



- Der 2. PV wird im historischen Brunnen durchgeführt, da nicht auszuschließen ist, dass es sich um eine ausgebaute Karstspalte handelt könnte, die eine hohe Wasserführung aufweisen kann.
- Die bestehenden Einzelpumpversuche werden an den neu errichteten Messstellen ergänzend durchgeführt, um weitere lokale Befunde über die Durchlässigkeit zu erhalten.
- Durchführung einer vertiefenden geologisch/tektonischen Ansprache der bisherigen Kernbohrungen zur Bewertung der Klüftigkeit und der Verkarstungsneigung sowie der Schichtenfolge im Planbereich
- Eichung des Grundwassermodelles und Variantenrechnung

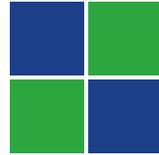
Alle Kenndaten der relevanten Aufschlüsse im Untersuchungsgebiet sind tabellarisch im Anhan 1 zusammengestellt. Die Lage der Aufschlüsse geht aus dem Plan 1 und ff hervor. Die Schichtverzeichnisse und Ausbaupläne der neu errichteten Grundwassermeßstellen sind in Anhang 2 dokumentiert. Die tektonische Analyse ist grafisch in Anhang 3 dargelegt. Im Anhang 4 sind die Ergebnisse der Pumpversuche und die darauf basierende kf-Wert-Ermittlung grafisch und tabellarisch zusammengestellt.

Die Grundlage zur Ermittlung des maximalen Grundwasserstandes im Baugrubenbereich ist in Anhang 5 enthalten.

Das verwendete Grundwassermodell und die Variantenberechnung findet sich in der Anlage.

Die gutachterliche Bewertung des Bauvorhabens stützt sich neben den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen im wesentlichen auf die folgenden Gutachten und die dort aufgeführten Erkenntnisse:

- /8/ SCHMIDT UND PARTNER, 2005: Tiefgarage Königsplatz – Wasserrechtsantrag. - unveröff. Gutachten im Auftrag der ASP, Bielefeld
- /9/ SCHMIDT UND PARTNER, 2005: Wasserrechtsantrag Tiefenwasserentnahme Wasserwerk Diebesweg der Wasserwerke Paderborn GmbH. - unveröff. Gutachten, Bielefeld



3 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse

Die geologische und hydrogeologische Situation ist in den Plänen 3, 4, und 5 dargestellt.

3.1 Allgemeine geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet bzw. das Bauvorhaben befindet sich am Westrand des Münsterländer Beckens, im Bereich der Niederterrasse der Pader. Im Osten und im Süden schließt sich die Paderborner Hochfläche an. Auf der Hochfläche treten flach nach Nordwesten einfallende kretazische Kalk- und Kalkmergelsteine großflächig zu Tage. Die Paderborner Hochfläche wird östlich und nordwestlich von den Höhenzügen der Egge und des Teutoburger Waldes umrahmt, in denen neben den Gesteinen der Oberkreide auch der Muschelkalk transgressiv unter dem Osningsandstein ansteht. Im Süden der Paderborner Hochfläche werden Gesteine des Paläozoikums angetroffen. Der Nordwesten und der Westen werden von der flachen Sand- und Kieslandschaft der Senne und der Westfälischen Bucht gebildet.

Die Brunnen liegen nahe der östlichen Verbreitungsgrenze der quartären Ablagerungen, die flach zum Beckeninneren hin einfallenden Gesteine der Oberkreide überdecken. Die Verbreitungsgrenze des Quartärs verläuft am Fuße der Paderborner Hochfläche.

Wie in Plan 3 gemäß den Angaben der Geologischen Karte Blatt 4218 Paderborn /5/ sowie aus den Kenntnissen naheliegender Brunnen und Messstellen wird das gesamte Untersuchungsgebiet von schluffig-sandigen (verlehmten) Kiesen der Pader-Niederterrasse oberflächennah überdeckt. Im Liegenden der quartären Lockergesteine schließen sich Tonmergelsteine bzw. Mergelsteine des Mittel- bis Oberconiac (krcc3 und krcc2, Emscher Mergel) und Santon (krca) sowie Mergelkalksteine des Unterconiac (krcc1) an. Östlich der Verbreitungsgrenze des Quartärs stehen die Mergelkalksteine des Unteren Coniac (krcc1, *schloenbachi*-Schichten) schließlich ohne Überdeckung an. Weiter in Richtung Osten streichen die Kalk- und Kalkmergelsteine des Ober- und Mittelurons (krt3 und krt2) aus.

Das Bauvorhaben befindet sich im Bereich des bedeckten „offenen Karstes“, ohne Quartärbedeckung unweit der Grenze zum „bedeckten Karst“, der durch die Lage der Paderquellen gekennzeichnet ist (Plan 5).

3.2 Hydrogeologisch relevante Einheiten

Die relevanten Einheiten ergeben sich aus der Abfolge der auf den Mergelkalk- bis Kalksteinen des Karstes aufliegenden Schichtenfolgen.

1. Das erste Grundwassersystem bildet der Porenaquifer aus quartären Lockersedimenten unterschiedlichster Zusammensetzung. Dieser ist im Bereich des Bauvorhabens nicht ausgebildet.
2. Die darunter lagernden, bis zu 300 m mächtigen Mergelsteine und Mergel des Mittelconiac (krcc2 β) bis Santon führen im allgemeinen kaum Grundwasser und sind daher als Aquiclude anzusprechen. Im Bereich des Bauvorhabens tritt diese Schichtenfolge noch nicht auf, sondern ist erst nordwestlich im Bereich der Paderquellen verbreitet.
3. Der basale Aquifer aus Kalken des Cenoman und Turon bis Unter-/Mittelconiac (krcc2 α) setzt sich aus 2 Subsystemen zusammen:
 - a) Dem marginalen Subsystem des offenen Karstes, gekennzeichnet durch hohe Wasserwegsamkeit und junges Süßwasser des Ca-HCO₃-Types.
 - b) Dem zentralen Subsystem des überdeckten Bereichs, der sich westlich an die von quartären Sedimenten bedeckte Ausstrichlinie der Emschermergel anschließt. An dieser Grenze treten typische Überlaufquellen in großer Zahl aus (z.B. Paderquelle).

Die Abbildung 1 zeigt die Abfolge offener Karst - offener Karst unter Quartärbedeckung - bedeckter Karst anhand eines schematischen Schnittes durch das Untersuchungsgebiet von Südost nach Nordwest.

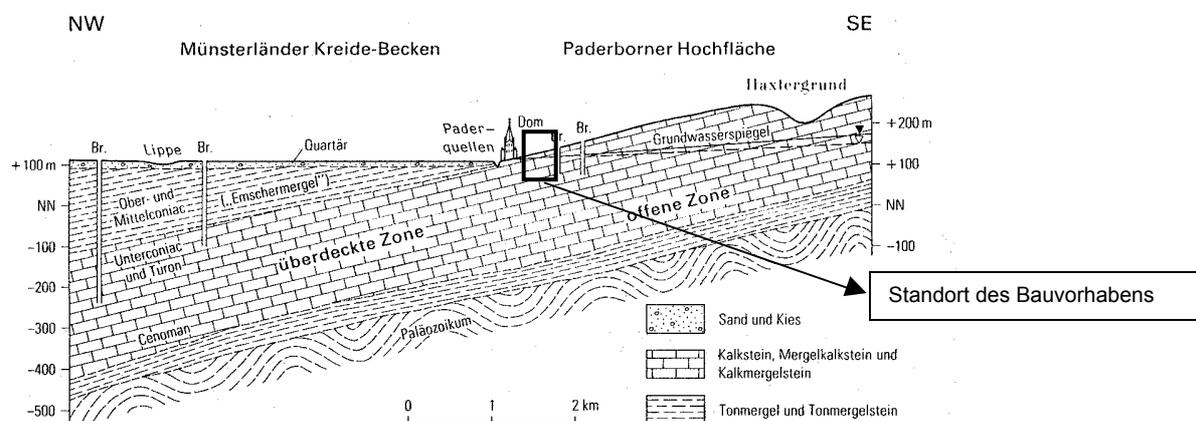
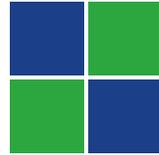


Abb. 1: Schematischer Schnitt durch das Untersuchungsgebiet



4 Spezielle hydrogeologische Situation im Bereich des Bauvorhabens

Die Gründungssohle der Tiefgarage, die primär bei 104,50 m+NN vorgesehen wurde, steht in den verkarstungsfähigen Schloenbachi-Schichten des Turon-Kalksteines, der im Hangenden von den geringdurchlässigeren koeneri-Schichten überlagert wird, die weiter nordwestlich von den gerindurchlässigen Emscher-Mergeln überdeckt werden.

Der Grundwasserleiter der Paderborner Hochfläche taucht flach nach Westen unter die quartären Ablagerungen ab. Die Grenze der Überlagerung verläuft in südwestlicher-nordöstlicher Richtung durch das Innenstadtgebiet von Paderborn bis östlich von Bad Lippspringe (Grenze bedeckter/unbedeckter Karst).

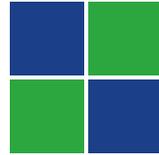
Die hydrogeologisch wichtigste Grenze ist die Schichtgrenze zwischen den Kalk- und Kalkmergelsteinen der Paderborner Hochfläche und den Tonmergelsteinen des Emscher Mergels. Entlang dieser Linie geht der freie Grundwasserleiter der Paderborner Hochfläche (offener Karst) in einen gespannten (überdeckter Karst) über. Der Verlauf dieser Grenzlinie ist in den Plänen als gestrichelte Linie dargestellt. Entlang dieser Linie tritt auch der rd. 300 m vom Bauvorhaben entfernte Teilast der Paderquellen zu Tage, dessen Sohltiefe bei 107,10 m+NN, also rd. 3 m höher als die primäre Gründungssohle liegt (Plan 7).

Westlich, nordwestlich der Grenzlinie bedeckter/unbedeckter Karst ist das oberflächennahe quartäre Stockwerk durch den nach Westen zunehmend mächtiger werdenden Emscher-Mergel hydraulisch vom Tiefenwasser getrennt. Aufgrund der mächtigen Überdeckung mit geringdurchlässigen Gesteinsschichten liegt das Tiefenwasser dort unter zeitweise artesisch gespannten Druckverhältnissen vor.

Oberflächennahe Auswirkungen von Eingriffen in den Karstgrundwasserleiter sind in der Zone des bedeckten Karstes daher ausgeschlossen (Plan 2a).

4.1 Grundwasserströmungsverhältnisse im Karst

Unter Zugrundelegung einer regionalen Aufnahme aller verfügbaren Grundwasserstände im Karstgrundwasserleiter wurde in /8/ und /9/ für den November 2002 ein Plan der Karstwasserpotentiale erstellt, aus dem die Fließrichtungen und die räumliche Verteilung der Grundwasserstände abgeleitet werden können (Plan 4). Die Fließrichtung orientiert sich senkrecht zu den im Plan eingetragenen Grundwassergleichen (Linien gleicher Grundwasserpotentiale in m+NN). Der überwiegende Teil des Karstgrundwassers fließt dem Hauptast der tiefliegenden Paderquellen zu. Die



Grundwasserabsenkung der Tiefgarage Königsplatz führt jedoch bereits vor Erreichen der Paderquellen zu einer Teilentspannung des Grundwasserpentials, ohne dass es zu einer nachweisbaren Änderung des Wasserstandes im Quelltopf und der Menge des Abflusses kommt, da die an den Paderquellen austretenden Wassermengen um ein Vielfaches über den Entnahmemengen der Tiefgarage liegen (vgl. auch /6/) und eine Absenkung des Wasserstandes erst durch eine Entnahme in der Größenordnung der Schüttung herbeigeführt werden kann. Da das entnommene Grundwasser der „Warmen Pader“ über die Regenwasserkanalisation wieder zugeleitet wird (Plan 2), entsteht dem Abfluss der Paderquellen durch die Grundwasserentnahme der Tiefgarage kein Bilanzdefizit. Eine Reduzierung des Druckes der austretenden Paderquelle ist jedoch grundsätzlich nicht auszuschließen, hat jedoch im vorliegenden Falle keine Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt.

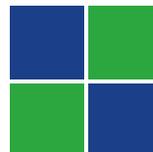
Anders sieht es im Falle des Bauvorhabens „Kötterhagen“ aus. Das Grundwasserpotential lag dort zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung 11/2002 bei rd. 111,40 m+NN. Betrachtet man den hydrogeologischen Schnitt in Plan 7, so erkennt man, dass es bei einer Absenkung im Baugrubenbereich bis zur primär vorgesehenen Gründungssohle zu einer Absenkung um mindestens 7 m kommen würde, die bei höherem Grundwasserstandsniveau auch auf 8 m steigen kann.

Wesentlich für die Beurteilung der Auswirkung ist auch, dass die notwendige Grundwasserhaltung ab einer Tiefe von 107,10 m+NN, das Entwässerungsniveau des tiefliesten Hauptastes der Paderquellen unterschreiten würde. Eine Verlagerung der Paderquelle in den Bereich der Baugrube kann somit im Falle der hierfür notwendigen Karsthohlräume nicht von vornherein ausgeschlossen werden.

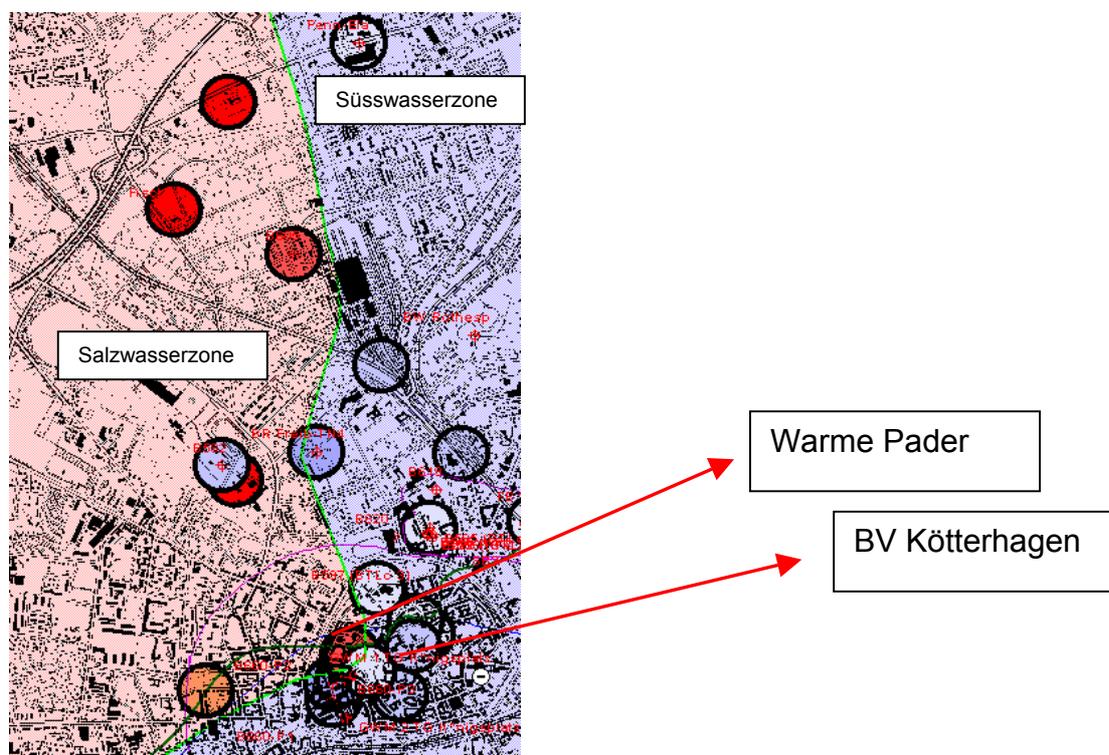
4.2 Hydrochemische Situation

Die Lage der „Warmen Pader“ definiert den Übergang von der Süßwasser- zur Salzwasserzone /9/.

Während der Bereich des offenen Paderborner Karstes durch geringe Na-Cl-Gehalte gekennzeichnet ist, kommt es nach dem Übergang in den bedeckten Karst zu einem immer größer werdenden Einfluss salinärer fossiler Wässer. Während im nordöstlichen Paderborner Karst die Süß-/Salzwassergrenze weit in den Bereich des bedeckten Karstes verschoben ist, liegt die Salzwassergrenze an den Paderquellen unmittelbar an der Grenze bedeckter/unbedeckter Karst, da hier ein Grossteil des neugebildeten Karstwassers zutage tritt, so dass keine Verdrängung des Salzwassers in Richtung bedeckter Karst erfolgen kann.

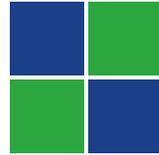


Das Bauvorhaben befindet sich im Bereich der Süßwasserzone des unbedeckten Karstes, während die Warme Pader und die Dampfpader eindeutig der Salzwasserzone zuzurechnen sind.



Bei Wasserhaltungsmaßnahmen im Bereich des Bauvorhabens „Kötterhagen“ ist auch aufgrund der Beobachtungen der Wasserhaltung „Tiefgarage Königsplatz bzw. der Entnahme des Brunnens Rathausplatz somit sicher davon auszugehen, dass gering mineralisiertes Grundwasser des offenen Karstes entnommen wird (vgl. Tabelle).

Entnahmestelle		Datum	Temperatur	NA [mg/l]	Cl [mg/l]	NO3 [mg/l]
P1	Kaufhof (Übergabe)	05.01.1999	11,2	15,9	30	33,3
P2	Königstraße	05.01.1999	10,8	35,3	55,4	32,3
P3	Marienstraße	05.01.1999	10,8	29,4	47,1	31,1
Salzwasser	Warme Pader	26.11.1998	15,3	344	570	16,1
	Dampfpader	04.11.1998	13,1	300	470	20,4
Süßwasser	Börnepader	04.11.1998	9,7	4,3	14,3	35,2
	Spülpader	04.11.1998	9,6	5	18,2	41,4
	Dielenpader	04.11.1998	9,2	4,2	15	39,4
	Masperspader	04.11.1998	9,1	4,9	15,8	41,7



4.3 Regionale und lokale Durchlässigkeiten

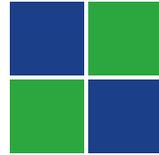
Die in /9/ ermittelte regionale Durchlässigkeitsverteilung im Karst des Paderborner Tiefenwassers liegt zwischen 1×10^{-4} bis 1×10^{-6} m/s. Im Bereich von Karsthöhlräumen kann sie auch weit darüber liegen. Daher war es für die Auswirkungsprognose des BV „Kötterhagen“ von großer Bedeutung, ein dichtes Erkundungsnetz von Aufschlussbohrungen abzuteufen, um die Variabilität der Durchlässigkeit im Vorhabensbereich belastbar beschreiben zu können.

Neben den Einzelpumpversuchen wurde eigens hierzu ein Absenkbrunnen errichtet, an dem ein Pumpversuch mit begleitendem Messprogramm an anderen Messstellen durchgeführt wurde. Auch wurde ermittelt, ob es sich bei dem „historischen Brunnen“ tatsächlich um ein zur Pader führenden Karsthohlraum handelt, wie durch unverbürgte Aussagen dargelegt.

Die im Anhang 4 zusammengestellten Ergebnisse bestätigen die bisherigen Befunde in /9/. Demnach liegt der mittlere kf-Wert im Bereich des Bauvorhabens bei 5×10^{-5} m/s. Auch die regionale Auswertung mittels COOPER-JAKOB kommt zum gleichen Ergebnis.

Aus der Aufstellung der Ergebnisse der Einzelpumpversuche wird jedoch deutlich, dass die Messstelle GWM V, die sich im südlichen Bereich des Bauvorhabens befindet augenscheinlich eine durchlässigere Kluftspalte angetroffen hat. Der an dieser Messstelle ermittelte kf-Wert liegt um mehr als das 10-fache über dem der anderen Messstellen.

Meßstellen- bezeichnung	Datum	Rwst.	abgesenkter Wasserstand	Absenkung	Fördermenge	LOGAN	LOGAN	HÖLTING	ERG
		m u. GOK	m u. GOK	m	m ³ /h	T [m ² /s]	kf [m/s]	kf [m/s]	[m ² /h/m]
GWM II	01.02.2006	13,10	21,80	8,70	2,70	1,74E-04	1,60E-05	5,65E-06	0,31
GWM III	01.02.2006	12,64	13,64	1,00	4,50	1,58E-03	1,28E-04	9,72E-05	4,50
GWM V	01.02.2006	13,73	13,74	0,01	4,00	1,35E-01	8,40E-03	7,27E-03	
GWM VI	24.03.2006	11,55	11,95	1,38	4,00	1,03E-03	7,67E-05	5,69E-05	2,90
GWM VII	24.03.2006	11,60	12,05	1,25	4,00	1,11E-03	4,74E-05	3,70E-05	3,20
Abs.-Br. 1	14.03.2006	10,85	21,30	10,45	39,00	1,53E-03	5,26E-05	3,02E-05	3,73
Hist. Br.	nach kurzer Abpumpzeit trocken gefallen (Sammelbrunnen für oberflächennahes Sickerwasser)								



5 Auswirkungsbewertung

5.1 Methodik

Zur Berechnung der abzuschöpfenden Grundwassermengen bei unterschiedlichen Bemessungswasserständen sowie zur Prognose der hiermit einhergehenden Grundwasserstandsveränderungen wurde für den weiteren Untersuchungsbereich eine modellgestützte Berechnung auf Basis der FINITEN-DIFFERENZEN vorgenommen

Die Modellgeometrie geht aus Tafel 2 hervor.

Modelltyp

FINITE-DIFFERENZEN-MODELL

Modular aufgebautes zwei-dimensionales (optional dreidimensional) Grundwassermodell:

- Strömungsmodell MODFLOW of the U. S. Geological Survey (McDonald et al., 1988)
- particle tracking Modell PMPATH for Windows (Chiang, 1994)
MODPATH (Pollock, 1988, 1989, 1994)
- parameter estimation program PEST (Doherty et al., 1994).

Quelle hierzu:

- Chiang, W. H. and W. Kinzelbach. 1993. Processing Modflow (PM), Pre- and postprocessors for the simulation of flow and contaminants transport in groundwater system with MODFLOW, MODPATH and MT3D.
- Chiang, W. H., 1994, PMPATH for Windows. User's manual. Scientific Software Group. Washington, DC.
- Diskretisierung bei 10 m, äquidistant

Modelldimension

Zweidimensionales, horizontalebene, äquidistantes, gebietsweise verfeinerbares Differenzennetz:
401 [x -Richtung] x 501 [y-Richtung] = 200.901 Elemente

Gesamtmodellgebiet = 2 km x 2,5 km = 5 km², Elementgröße bei 5 m

Randbedingungen

Paderquellen	->	Festpotentialrand
Ränder	->	Zu-/Abstromränder
BV Kötterhagen	->	Drainageelemente mit Höhenkote gem. Gründungssohle

Formationsparameter

Aquiferbasis bei -300 m +NN

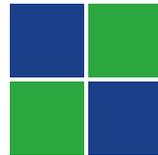
Grundwasserneubildung(aus /31/)

offener Karst 380 mm

bedeckter Karst bei 45 mm

kf-Wert-Verteilung durch Kalibrierung optimiert:

- Regionale Gebirgsdurchlässigkeit bei 5×10^{-5} m/s (vgl. Anhang 4, Pumpversuchsauswertung)
- Bereich der Paderquellen bei $1,5 \times 10^{-3}$ m/s



5.2 Entnahmeraten bei unterschiedlichen Bemessungen

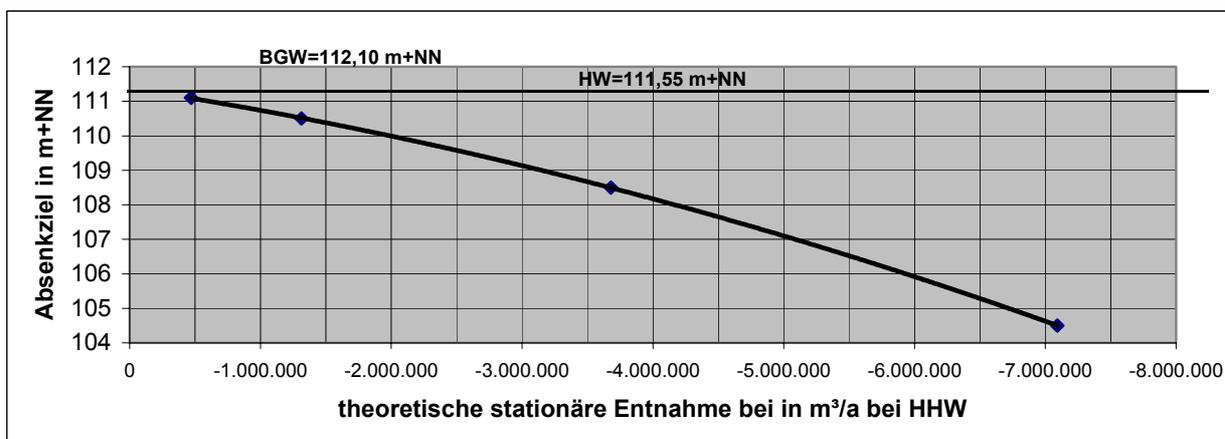
Es wurden für 5 Varianten Modellberechnungen durchgeführt. Hierbei wurde die Tiefe der erforderlichen Absenkung variiert und deren Auswirkung sowie die Abschöpfmenge der Wasserhaltung berechnet.

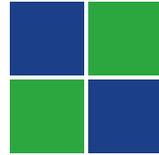
Die Anzahl der Varianten begründet sich darin, dass die Zielsetzung darin bestand, eine Variante zu ermitteln, die einerseits den Mindestanforderungen des Bauwerkes nach Parkplätzen entspricht und gleichzeitig einen verträglichen Eingriff in den Grundwasserleiter darstellt.

Die Wassermengenberechnung wurde für einen maximalen BGW von 112,10 m+NN durchgeführt, der rd. 0,55 m über dem bereits als Hochwasserniveau zu charakterisierenden Grundwasserstand im November 11/2002 angesetzt wurde (vgl. Anhang 5). Die ermittelte Wasserbilanz stellt daher ein Maximalwert dar. Die Jahresentnahme ist als theoretischer Wert zu verstehen, der nur erzielt wird, wenn ganzjährig ein Hochwasserstands-niveau vorliegen würde.

Die Wasserbilanzen für die einzelnen Entnahmevarianten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

BGW=112,10 m+NN		Mengenbilanz			Absenkziele m+NN	Bilanz %
	Variante	m ³ /s	m ³ /h	m ³ /a bei stat. HHW		
Ist	h1	0,00E+00	0			0
endgültige Planung	h2	-1,49E-02	-54	-469.256	111,1	7
primäre Planung	h3	-2,25E-01	-810	-7.092.446	104,5	100
	h4	-1,17E-01	-420	-3.679.200	108,5	52
	h5	-4,17E-02	-150	-1.314.000	110,5	19





5.3 Auswirkungsbewertung

Die durch das Modell berechneten Abschöpfungsmengen der primären Planung, die eine Gründungstiefe von 104,50 m+NN vorsah, liegen bei 810 m³/h. Diese Entnahmemenge ist technisch sowie im Hinblick auf die entstehenden Auswirkungen, insbesondere auf die Paderquellen nicht zu realisieren.

Eine sukzessive Anhebung der Gründungssohle verringert die erforderlichen Abschöpfungsmengen deutlich. Aus hydrogeologischer Sicht wurde vorgeschlagen, das Absenkkniveau deutlich über das höchste Quellniveau der Paderquellen zu legen, welches mit 109,60 m+NN angegeben werden kann.

Als Korridor einer verträglichen Planung wurde eine Gründungstiefe zwischen 110,50 m+NN und 111,50 m+NN empfohlen. Durch weitere Optimierung wurde das Gründungssohlniveau in der endgültigen Planung auf 111,10 m+NN festgelegt.

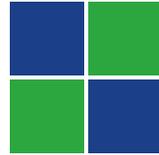
Auswirkungen der optimierten Planung auf die Grundwasserverhältnisse werden hierdurch weitestgehend vermieden. Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauzeit werden erst bei HW-Grundwasserstandsverhältnissen nötig sein und haben selbst unter Zugrundelegung höchster Grundwasserstände lediglich eine verhältnismäßig geringe Abschöpfmenge von rd. 55 m³/h zur Folge. Eine Entnahme in dieser Größenordnung ist nur für kurze Zeiträume anzunehmen und wäre beispielsweise in den letzten Jahren lediglich zum Jahreswechsel 2002/2003 erforderlich gewesen.

Bei mittleren Grundwasserstandsverhältnissen ist davon auszugehen, dass keine Wasserhaltung während der Bauzeit erforderlich wird.

Wie im Plan 8 dargestellt, ergibt sich bei stationärer Betrachtung ein Absenkungstrichter, der jedoch eng um das Bauvorhaben begrenzt ist. Eine Auswirkung auf Gebäude bzw. grundwassersensible Schutzgüter ist aufgrund der hohen Flurabstände (10-15 m u. GOK) sowie des felsigen Untergrundes auszuschließen.

Ein Einfluss auf die Paderquellen ist ebenfalls auszuschließen, da es sich bei dem Eingriff um eine temporäre Entnahme mit einer als gering einzustufenden Größenordnung handelt. Die abgeschöpften Wassermengen werden der Pader wieder zugeleitet.

Es ist davon auszugehen, dass die Gesamtentnahme während eines vollen Kalenderjahres 150.000 m³ nicht überschreitet, da man davon ausgehen muss, dass Höchstwasserstände maximal in einem Zeitraum von 3 Monaten vorliegen können. Voraussichtlich verbleibt die erforderliche Entnahme deutlich unter dem hier angegebenen Wert.



6 Beurteilung und Ergebnis (Plan 7.1)

Aufgrund der hydrogeologischen Bedingungen, die durch den verkarstungsfähigen Grundwasserleiter, die Nähe der Paderquellen und deren Sohlniveau definiert werden, ist es aus hydrogeologischer Sicht erforderlich geworden, von der ursprünglichen Planung abzurücken, die ein Gründungssohlniveau von 104,50 m+NN vorsah. Ein 5. UG ist aufgrund der hydrogeologischen Risikobeurteilung daher nicht realisierbar.

Die Planung konnte durch die modellgestützte Variantenberechnung verschiedener Absenkziele soweit optimiert werden, dass das Bauvorhaben nun im Einklang mit den hydrogeologischen Bedingungen realisiert werden kann. Hierzu wurde die Gründungssohle um rd. 6,60 m auf 111,10 m+NN angehoben.

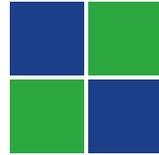
Auswirkungen der optimierten Planung auf die Grundwasserverhältnisse werden hierdurch weitestgehend vermieden. Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauzeit werden erst bei HW-Grundwasserstandsverhältnissen nötig sein und haben selbst unter Zugrundelegung höchster Grundwasserstände lediglich eine verhältnismäßig geringe Abschöpfmenge von rd. 55 m³/h zur Folge. Bei mittleren Grundwasserstandsverhältnissen ist davon auszugehen, dass keine Wasserhaltung während der Bauzeit erforderlich wird.

Wie im Plan 8 dargestellt, ergibt sich bei stationärer Betrachtung ein Absenkungstrichter, der jedoch eng um das Bauvorhaben begrenzt ist. Eine Auswirkung auf Gebäude bzw. grundwassersensible Schutzgüter ist aufgrund der hohen Flurabstände (10-15 m u. GOK) sowie des felsigen Untergrundes auszuschließen.

Ein Einfluss auf die Paderquellen ist ebenfalls auszuschließen, da es sich bei dem Eingriff um eine temporäre Entnahme mit einer als gering einzustufenden Größenordnung handelt. Die abgeschöpften Wassermengen werden der Pader wieder zugeleitet.

Es ist davon auszugehen, dass die Gesamtentnahme während eines vollen Kalenderjahres 150.000 m³ nicht überschreitet, da man davon ausgehen muss, dass Höchstwasserstände maximal in einem Zeitraum von 3 Monaten vorliegen können. Voraussichtlich verbleibt die erforderliche Entnahme deutlich unter dem hier angegebenen Wert.

Für die Wasserhaltung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis gem. §7 WHG erforderlich.



Der im seitlichen Oberstrom gelegene Schluckbrunnen der EON (Am Kamp) der m Sommer mit einer Infiltrationsmenge von 100 m³/h betrieben wird ist zu beachten. Aufgrund der seitstromigen Lage und dem Sachverhalt, dass der Brunnen wesentlich tiefer gelegene Klufzonen erschließt, ist jedoch nicht davon auszugehen, dass durch seinen Betrieb eine Anhebung des Grundwasserstandes im Bereich des Bauvorhabens erfolgt.

Zur Dokumentation ist während des Bauablaufes ein Grundwassermonitoring durchzuführen. Hierzu sind geeignete Grundwassermeßstellen zu überwachen, sowie die Abschöpfungsmengen zu dokumentieren. Die Infiltration des Brunnens „Am Kamp“ sollte einbezogen werden. Als Grundwassermeßstellen bieten sich im Außenbereich die Messstellen GWM 1, 2 und 3 der ASP an. Für die unmittelbare Beobachtung im Bereich des Bauvorhabens sollten 2 Meßstellen ausreichen, die an der Nord- und Südgrenze stationiert sind.

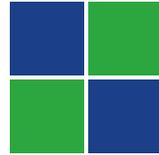
Die erhobenen Daten sollten in das umfassende „Monitoring Tiefenwasser“ integriert werden, um eine regionale Bewertung des Tiefenwassers auch zukünftig zu gewährleisten.

Bielefeld, 21.04.2006

Dipl.-Geol. Frank Schmidt

SCHMIDT UND PARTNER
Beratende Hydrogeologen BDG
Beratende Ingenieure VBI

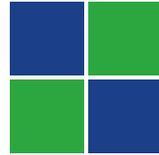




7 Quellenverzeichnis

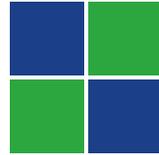
7.1 Projektrelevante Untersuchungen und Berichte

- 1 GD, NRW 1974: Stellungnahme zum Bauvorhaben Tiefgarage Königsplatz, Schreiben vom 05.08.1974, Krefeld.
- 2 ELE, 1974: Schreiben zur Besprechung über den Erläuterungsbericht zum Genehmigungsantrag für die Durchführung der Injektion der Klüfte im Kalkstein, Schreiben vom 27.08.1974, Essen.
- 3 EWERT, 1975: Hydrogeologisches Gutachten zur Frage möglicher Auswirkungen der Injektionen auf die Höhe des Grundwasserspiegels und die Paderquellen, unveröffentl. Gutachten, Paderborn.
- 4 KÜHN-VELTEN & MICHEL, 1975, Hydrogeologische Probleme bei großflächigen Gründungen im klüftigen Kalkstein, Z. dt. geol. Ges. 126, Hannover 1975.
- 5 SCHMIDT UND PARTNER, 1999: Wasserrechtsantrag zur Grundwasserentnahme „Alter Schlachthof“, Paderborner Spar- und Bauverein, unveröffentlichtes Gutachten, Bielefeld.
- 6 GD, NRW, 1999: Stellungnahme zum Antrag Bauvorhaben Tiefgarage Königsplatz, Schreiben vom 05.08.1974, Krefeld.
- 7 SCHMIDT UND PARTNER, 2000: Unterlagen zum Scoping-Termin Paderborner Tiefenwasser der Wasserwerke Paderborn GmbH, Scoping-Unterlage, Bielefeld.
- 8 SCHMIDT UND PARTNER, 2005: Tiefgarage Königsplatz – Wasserrechtsantrag. - unveröff. Gutachten im Auftrag der ASP, Bielefeld
- 9 SCHMIDT UND PARTNER, 2005: Wasserrechtsantrag Tiefenwasserentnahme Wasserwerk Diebesweg der Wasserwerke Paderborn GmbH. - unveröff. Gutachten, Bielefeld

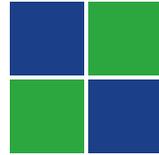


7.2 Schriften

- 8 BASKAN, M.E., 1968: Hydrogeologische Verhältnisse am Südostrand des Münsterschen Kreidebeckens und im Eggegebirge unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrologie. - Diss. Univ. Bonn: 52 S.; Bonn. - [Unveröff]
- 9 BASKAN, M.E., 1970: Hydrogeologische Verhältnisse am Südostrand des Münsterschen Kreidebeckens und im Eggegebirge unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrologie.- Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 17: 537-576; Krefeld.
- 10 BOLSENKÖTTER, H. (1967): Färbe- und Impfversuche im Einzugsgebiet der Paderquellen. Woher kommt das Wasser der Paderquellen? - Decheniana, 118: 212-215; Bonn.
- 11 BRETTHAUER, M., 1994: Erfassung und Bewertung hydrogeologischer Daten des Paderborner Aquifersystems.-216 S.; unveröffentl. Dipl.-Arbeit, Universität Münster.
- 12 BRÜGELMANN, C.J.W., 1882: Die Curanstalt Inselbad bei Paderborn. - 88 S.; Paderborn (Schöningh).
- 13 FEIGE, W., 1983: Wassermangel und zentrale Wasserversorgung, Hochwasser und Hochwasserschutz auf der Paderborner Hochfläche und dem östlichen Haarstrang. - Karst und Hohle, 1982/83: 175-194, München.
- 14 FEIGE, W., 1984: Östlicher Haarstrang und Paderborner Hochfläche. - Kölner geogr. Arb., 45: 565-583; Köln.
- 15 GEYH, M.A., MICHEL, G., 1974: Isotopen und Hydrochemie des tieferen Grundwasserleiters im Raum Paderborn.-Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 20: 67-78; Krefeld.
- 16 GEYH, M.A., MICHEL, G., 1979: Hydrochemische und isotopenphysikalische Entwicklung des Grundwassers im Paderborner Aquifer.-GWF (Gas und Wasserfach), 120: 576-582; München.
- 17 HAGELSKAMP, H., MICHEL, G., 1974: Die hydrogeologischen Grundlagen der Wasserversorgung des Regierungsbezirkes Detmold. In: Beiträge zur Hydrogeologie, I. Regionale Hydrogeologie. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 20: 1-26; Krefeld.



- 18 HEDERER, T., 1977: Trinkwasser aus tiefem Karst der Paderborner Hochfläche.-72 S.; Paderborn (Schöningh).
- 19 KÄß, W., LÖHNERT, E.P., WERNER, A.; 1996: Der jüngste Markierungsversuch im Karst von Paderborn (Nordrhein-Westfalen).-Grundwasser, 1 (2): 83-89; Springer, Heidelberg.
- 20 KOCH, M., MICHEL, G., 1972; mit Beiträgen von Schröther, R. & Vogel, K.: Hydrogeologische Karte des Kreises Paderborn und der angrenzenden Gebiete 1 : 50 000, Erläuterungen.-82 S.; Krefeld.
- 21 KOCH, M., VOGEL, K., 1981: Markierungsversuche am Haarstrang bei Erwitte (Oberkreide, südliches Münsterland). - Münstersche Forsch. Geol. Paläont. 54: 89-137; Münster.
- 22 LAUENSTEIN, J., 1932: Das neue Wasserwerk der Stadt Paderborn. - Gas- und Wasserfach, 75: 81-87; München u. Berlin.
- 23 LÖHNERT, E.P., 1990: Beitrag zur Hydrogeologie des Karst-Aquifersystems von Paderborn (Nordrhein-Westfalen). - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 181: 519-530; Stuttgart.
- 24 LÖHNERT, E.P., 1993: New Results on Cretaceous limestone karst in Westphalia , Germany.- In Hydrogeological Processes in Karst Terranes, IAHS Publ., 207: 405 - 412; IAHS, Wallingford/UK.
- 25 MICHEL, G., 1982: Hydrogeologie.- In: SKUPIN, K.: Erläuterungen Blatt 4218 Paderborn.- Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25.000, Erl.,4218 Paderborn: 92 - 107; Krefeld.
- 26 MICHEL, G., Struckmeier, W., 1985: The cretaceous basin of Münster - a general groundwater system in response to multiple impacts (water supply, spas, deep mining). Hydrology in the Service of Man. Mém. Assoc. Internat. Hydrogéol., 18 (2): 150-159; Cambridge.
- 27 SKUPIN, K., 1982, mit Beitr. von MERTENS, H., MICHEL, G., SEIBERTZ, E., WEBER, P.: Erläuterungen zu Blatt 4218 Paderborn. - Geol. Kt. Nordrh. Westf. 1:25.000, Erl., 4218: 140 S.; Krefeld.
- 28 SKUPIN, K., 1983, mit Beitr. von DAHM-Arens, H., MICHEL, G., REHAGEN, H.-W., VOGLER, H.: Erläuterungen zu Blatt 4217 Delbrück. - Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1:25.000, Erl., 4217: 140 S.; Krefeld.



- 29 STADTWERKE PADERBORN GMBH [Hrsg.] 1992: Tiefes Grundwasser in Paderborn.- 224 S.; Bonifatius Druck, Paderborn.
- 30 STILLE, H., 1903: Geologisch hydrologische Verhältnisse im Ursprungsgebiete der Paderquellen zu Paderborn.- Abh. Kgl. Preuß. Geol. L.-Anst., N.F., 38: Berlin. - [Nachdruck 1976 im Geol. Jb., C14; Hannover].
- 31 STRUCK, C., 1999: Zur Schüttung von Karstquellen und zur Hydrochemie des gepumpten Karstwassers im Paderborner Raum.- 77 S.; unveröffentl. Dipl.-Arbeit am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hannover.
- 32 VÜLLERS, A., 1898: Über geognostische und hydrognostische Verhältnisse der Ortslage Paderborn und Umgebung. - Z. vaterländ. Gesch. u. Altertumsde., 56: 73-88; Münster.
- 33 VÜLLERS, A., 1899: Die Wasserverhältnisse um und in Paderborn. - Z. vaterländ. Gesch. u. Altertumsde., 57: 225-226; Münster.

7.3 Karten

1. GEOLOGISCHES LANDESAMT NRW, 1979: Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1:50.000, Blatt L 4318 Paderborn, Krefeld 1979
2. GEOLOGISCHES LANDESAMT NRW, 1979: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, Blatt C 4318 Paderborn, Krefeld.
3. GEOLOGISCHES LANDESAMT NRW, 1982: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, Blatt 4218 Paderborn, Krefeld.
4. GEOLOGISCHES LANDESAMT NRW, 1972: Hydrogeologische Karte des Kreises Paderborn 1 : 50 000, Krefeld