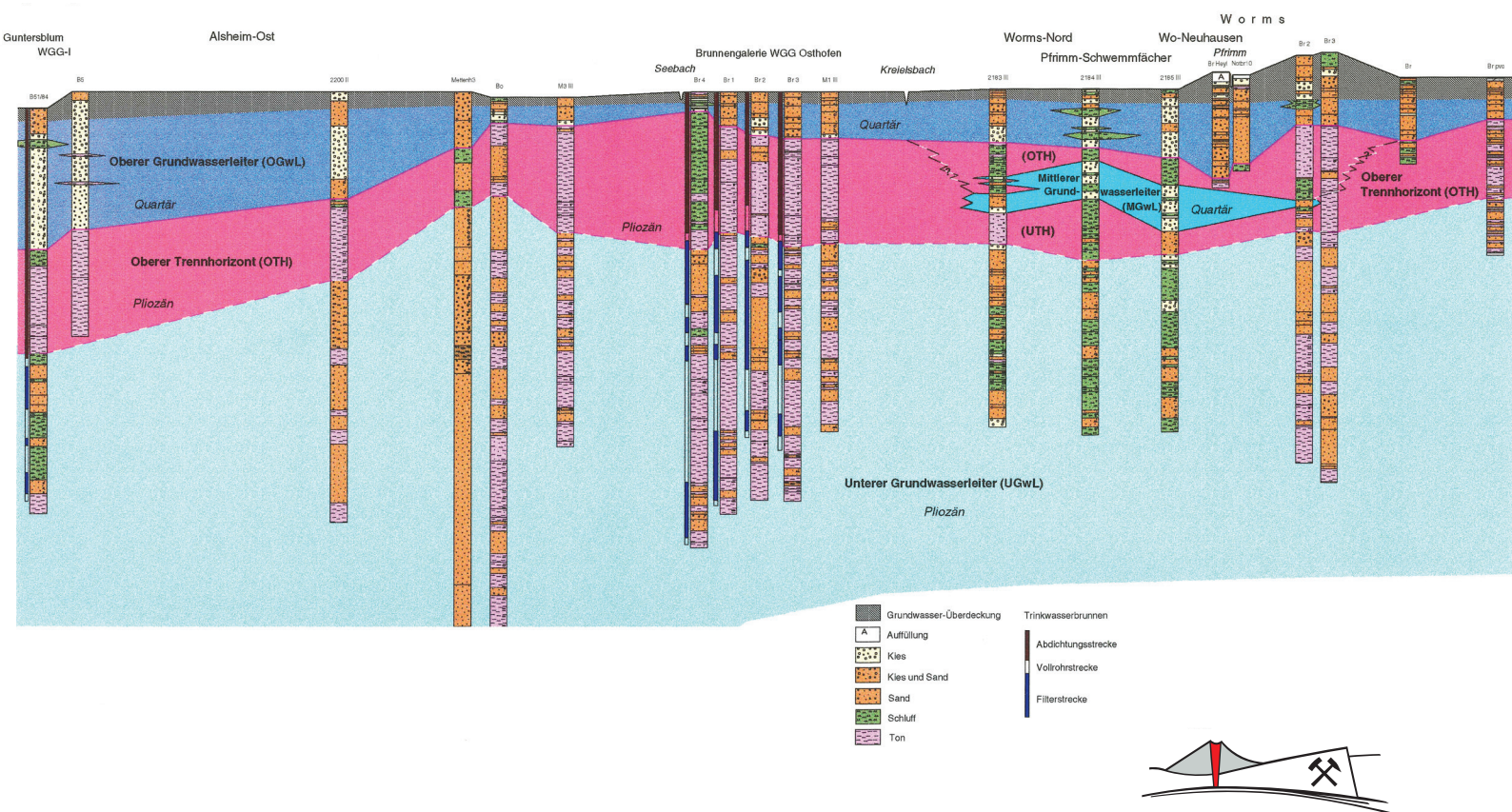


Hydrogeologische Kartierung Worms – Oppenheim



Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz

Hydrogeologische Kartierung Worms – Oppenheim

Originaltitel: Hydrogeologischer Aufbau des Untersuchungsgebietes
Worms-Oppenheim (aus dem Jahr 1997)

Projektleitung und Bearbeitung

Dr. Thomas Kärcher
(LGB)

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB)
Emy-Roeder-Str. 5 · 55129 Mainz

Redaktionelle und fachliche Bearbeitung: Dr. Bettina Wagner (LGB), Roman Storz (LGB), Dr. Frank Bitzer (LGB)

Fotos: Dr. Frank Bitzer (LGB)

Satz: Tatjana Schollmayer, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU)

Auflage: Bericht mit Anlagen als pdf-Dokument zum Herunterladen unter: www.lgb-rlp.de

© 2020

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

VORWORT

Der Raum Worms-Oppenheim ist der nördlichste Bereich der Tiefebene des Oberrheingrabens auf rheinland-pfälzischer Seite. Zusammen mit den bereits vorliegenden Berichten „Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum“ und „Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer“ besteht nun eine den gesamten rheinland-pfälzischen Bereich des Oberrheingrabens abdeckende hydrogeologische Bearbeitung.

Die im Jahr 1997 am damaligen Geologischen Landesamt und unter dem Titel „Hydrogeologischer Aufbau des Untersuchungsgebietes Worms-Oppenheim“ bearbeitete Untersuchung wurde bislang nicht veröffentlicht. Da sie das aktuelle, für den gesamten Oberrheingraben geltende Gliederungskonzept der Lockergesteinsablagerungen im Oberrheingraben aufgegriffen hat, stellt sie den nahtlosen inhaltlichen Anschluss an die beiden o.g. Gebietsbearbeitungen dar. Mit dem aktualisierten Titel und der Einordnung in die Reihe der bisherigen hydrogeologischen Kartierungen wird dies verdeutlicht. Der ursprüngliche Bericht wird in Text und Anlagen weitgehend in seiner originalen Form wiedergegeben.

Die Erstreckung des vom rheinhessischen Hügelland im Westen und dem Rhein im Osten begrenzten des Gebietes nimmt nach Norden hin ab; es keilt unmittelbar nördlich Oppenheims aus. Die wasserwirtschaftliche Nutzung zum Zweck der Trinkwasserversorgung ist in den letzten Jahrzehnten in die unmittelbare Nähe des Rheins verlegt worden. Wie auch in den südlich anschließenden Räumen hinterlässt die intensive landwirtschaftliche Flächennutzung ihre „Fußabdrücke“ in der Beschaffenheit des Grundwassers.

Der Focus der vorliegenden Untersuchung gilt dem Aufbau des hydrogeologischen Untergrunds. Abweichend von anderen veröffentlichten Kartierungen sind in diesem Bericht keine Aussagen zur Beschaffenheit des Grundwassers enthalten. Hier sei auf den öffentlichen Zugang zum [geoportal-wasser.rlp](http://geoportal-wasser.rlp-ver-wiesen) verwiesen. Ebenfalls enthält der Bericht keine Abschätzungen zu lokalen Gebirgsdurchlässigkeiten. Diese beiden inhaltlichen Punkte werden bei der zukünftigen Überarbeitung der Kartierung mit aufgenommen werden.

Allen, die an diesem hydrogeologischen Projekt damals mitgewirkt haben und denen, die ihre Veröffentlichung auf den Weg gebracht haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.



PROF. DR. GEORG WIEBER
LEITER DES LANDESAMTES FÜR
GEOLOGIE UND BERGBAU
RHEINLAND-PFALZ

INHALT

Verzeichnis der Anlagen	5
1 Einführung	6
1.1 Morphologischer Überblick	6
1.2 Geologischer Überblick	8
2 Aufgabenstellung	9
3 Regionalgeologische und stratigraphische Grundlagen	10
3.1 Pliozän	10
3.2 Quartär	11
4 Bohrungsdaten- und Datenaufbereitung	13
4.1 Bohrprobenaufnahme und Gliederungskriterien	13
4.2 Hydrogeologische Gliederung der Bohrungen 2209 und 2033	14
Lithologie/Stratigraphie	14
Hydrogeologie	16
5 Kurzbeschreibung der hydrogeologischen Übersichtsschnitte	17
Übersichtsschnitt Q1	17
Übersichtsschnitt Q2	17
Übersichtsschnitt Q3	17
Übersichtsschnitt L1	18
Übersichtsschnitt L2	18
6 Beschreibung des hydrogeologischen Aufbaus im Untersuchungsgebiet	19
Schriften	22

VERZEICHNIS DER ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtskarte – Basis des Oberen Grundwasserleiters (OGwL)
- Anlage 2: Geologisches Profil durch den nördlichen Oberrheingraben
- Anlage 3: Gliederung der Lockergesteine im nördlichen Oberrheingraben
- Anlage 4: Bohrprofile und Geophysik-Logs der Messstellen-Bohrungen 2209 und 2033
- Anlage 5: Hydrogeologischer Übersichtsschnitt Q1
- Anlage 6: Hydrogeologischer Übersichtsschnitt Q2
- Anlage 7: Hydrogeologischer Übersichtsschnitt Q3
- Anlage 8: Hydrogeologischer Übersichtsschnitt L1
- Anlage 9: Hydrogeologischer Übersichtsschnitt L2
- Anlage 10: Tafel „Hydrogeologische Kartierung Worms-Oppenheim“

1 EINFÜHRUNG

1.1 Morphologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet umfasst den nördlichen Teilabschnitt des Oberrheingrabens zwischen Worms im Süden und Oppenheim im Norden (Abb. 1).

Die Westgrenze bildet die westliche Rheingrabenhauptstörung, im Osten verläuft die Bearbeitungs-grenze auf hessischer Seite rheinbegleitend in einem Abstand von ca. 2 bis 5 km (Anlagen 5 bis 7). Das Gebiet der Grabenscholle ist mit Geländehöhen zwischen etwa 85 bis 95 m NN morphologisch weitgehend eben ausgebildet und durch den Verlauf des Rheins mit seinen zahlreichen verlandeten Altrheinschleifen geprägt, die z. T. als Naturschutzgebiete ausgewiesen sind (z. B. Eich-Gimbsheimer Altrhein).

Der Bereich der Herrnsheimer Hochscholle ist morphologisch deutlich gegliedert (Anlagen 1 und 5). Die nach Osten bis an die Ortsgrenze von Worms heranreichenden Riedelflächen (ca. 120 bis 160 m NN) werden durch die West-Ost verlaufenden Bachtäler der Pfrimm, des „Lachgrabens“ und des Seebaches zertalt.

Die landwirtschaftlichen Flächen werden intensiv genutzt. Im Zuge des Sand- und Kiesabbaus sind zahlreiche Baggerseen wie z. B. der Eicher See im Eicher Rheinknie und der Altrheinsee nördlich der Ortslage Eich entstanden.

Westlich der Rheingrabenhauptstörung, außerhalb des Untersuchungsgebiets, treten beim steilen Anstieg zu den Weinbaulich genutzten Plateauflächen Ost-Rheinhessens (Rheinhessisches Tafel- und Hügelland) Geländehöhen bis 180 m NN auf.



Foto 1: Brunnengalerie am Rhein; Wasserwerk Guntersblum.

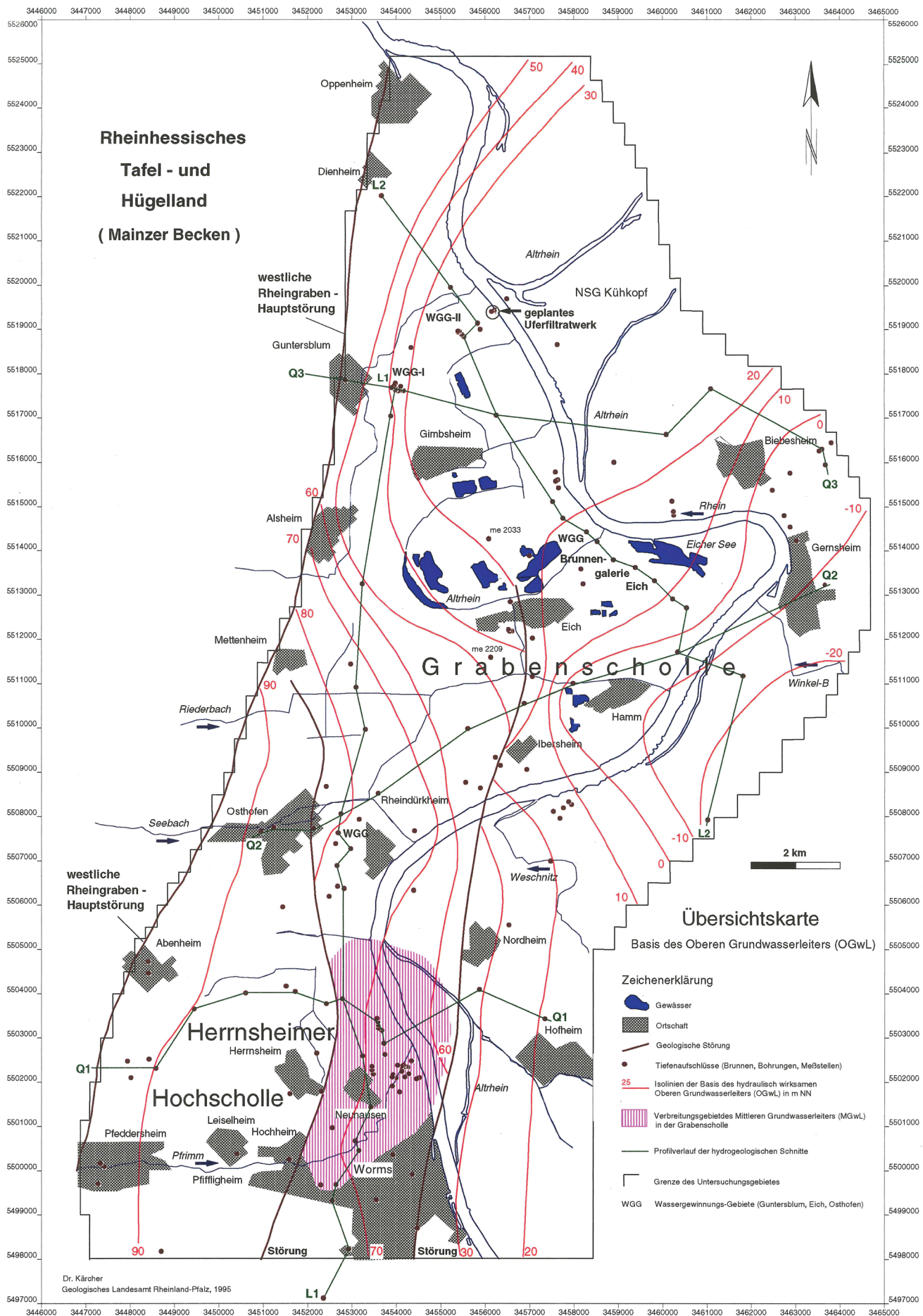


Abb. 1: Übersichtskarte – Basis des Oberen Grundwasserleiters (OGWL); Stand aus dem Jahre 1997 (s. a. Anlage 1).

1.2 Geologischer Überblick

Die im Raum Eich über 10 km breite linksrheinische Grabenscholle verjüngt sich bis in den Raum Oppenheim immer mehr und findet in dem SW-NE-gerichteten Rotliegend-Horst bei Nierstein ihr Nordende. Westlich der Störung stehen im Rheinhessischen Tafel- und Hügelland miozäne Festgesteine an. Östlich der Störung, auf der Grabenscholle, sind sie um mehrere Hundert Meter in die Tiefe versetzt worden. Innerhalb der Grabenscholle sind im Gegensatz zum tieferen tertiären Unterbau, der in ein komplexes Schollenmosaik gegliedert ist, im jüngeren Tertiär offensichtlich nur noch wenige Störungen nachweisbar. Inwieweit diese bis in die pliozänen- und quartären Lockergesteine hinaufreichen, ist unsicher. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist auf der linksrheinischen Grabenhälfte von zwei Störungssystemen auszugehen, die bis in die jüngeren und jüngsten Lockersedimente heraufreichen. Westlich von Worms wird die sogenannte Herrnsheimer Hochscholle, auf der Pliozän unter wenig mächtiger Quartärüberdeckung ansteht, von einer Nord-Süd streichenden Verwerfung begrenzt. Innerhalb der Grabenscholle versetzt eine parallel dazu verlaufende synthetische Störung noch quartäre Schichtglieder, sodass sich generell eine Mächtigkeitszunahme des Quartärs in östliche Richtung ergibt (Anlage 5).

Wasserwirtschaftlich von Bedeutung sind die pliozänen und quartären Lockergesteine. Die unterlagernden geringdurchlässigen Tone und Ton-Mergelgesteine des Miozäns (Mergeltertiär) bilden großräumig die Aquifersohlschicht.

Über den tieferen Untergrundaufbau liegen mangels ausreichend tiefer Wasserbohrungen keine detaillierten Kenntnisse vor. Die vorhandenen Tiefbrunnen erfassen nur den oberen Teil (bis max. 180 m) der ca. 500 bis 600 m mächtigen pliozänen und quartären Lockergesteinabfolge. Die zahlreichen Erdöl- und Erdgasbohrungen sind für spezielle Betrachtungen der Lockersedimente nur wenig brauchbar.

Im Eicher Feld wurde Erdgas hauptsächlich in den Sandsteinabfolgen des Jungtertiär I (Untermiozän) in einer Tiefe von etwa 500 bis 570 m unter Gelände angetroffen, in die es vermutlich aus den unterlagernden bituminösen Hydrobienschichten hinein migriert ist. Die Erdölfelder im Bereich einer von Störungszonen begrenzten Hochscholle haben ihre produktiven Horizonte in den Unteren und Oberen Pechelbronn-Schichten (Unteroligozän), die in einer Tiefe von etwa 1700 bis 2000 m unter Gelände anstehen (Abb. 2).

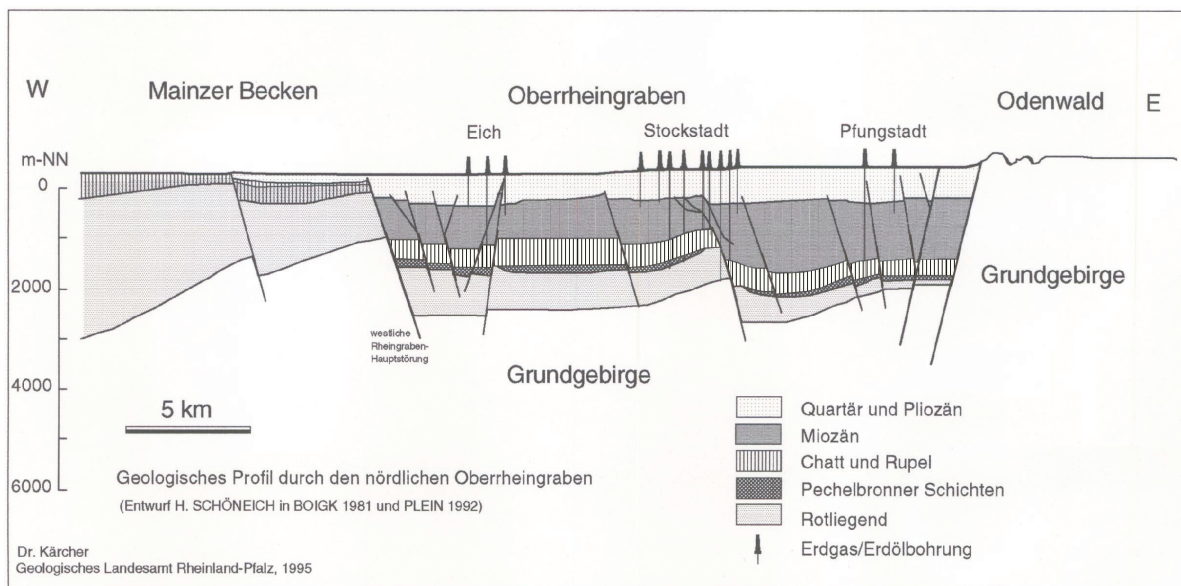


Abb. 2: Geologisches Profil durch den nördlichen Oberrheingraben (s. a. Anlage 2).

2 AUFGABENSTELLUNG

Ziel der hydrogeologischen Großraumuntersuchungen war es, anhand von Bohrungsdaten unter Einbeziehung von bohrlochgeophysikalischen, seismischen, hydraulischen und hydrochemischen Daten ein hydrogeologisches Modell für den gesamten Untersuchungsraum als Grundlage für ein Grundwasser-Strömungsmodell zu erarbeiten.

Hierzu wurden zunächst die verfügbaren Bohrungsdaten in Zusammenarbeit mit Ingenieurbüros, dem Landesamt für Wasserwirtschaft und dem Geologischen Landesamt neu zusammengestellt und die lithologisch aufgenommene Schichtenfolge unter hydrogeologischen Gesichtspunkten gegliedert. Vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung konnten im Rahmen der geologischen Kartierung des TK-Blattes 6217 Gernsheim weitere Bohrunterlagen in die Großraumuntersuchungen integriert werden.

So war es möglich, anhand der einzelnen Bohrprofile die gebietsspezifischen Untergrundverhältnisse und daraus die Lagerungsverhältnisse des gesamten Untersuchungsgebietes zu erfassen. Zu unterscheiden war in der quartären und pliozänen Lockergesteinsabfolge zwischen hydraulisch gut bis sehr gut leitenden Schichtabfolgen (Grundwasserleiter) und gering bis sehr gering leitenden Gesteinsschichten (Grundwassergeringleiter).

Für den Bereich des TK-Blattes 6316 Worms liegt eine geologische Karte mit Erläuterungen vom Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, bearbeitet von SCHARPFF (1977) vor. Die pleistozäne und pliozäne Lockergestein-Schichtenfolge wurde in ein oberes Süßwasserstockwerk (Sand/Kies-Serien mit einer mit der Teufe abnehmenden Permeabilität) und ein mit dem Pliozän beginnendes Salzwaterstockwerk gegliedert. Die Salzwasservorkommen entstanden durch Ablaugungen der in der untermiozänen Schichtenfolge vorkommenden Steinsalzlagen. Ein flächiger Aufstieg und damit eine Versalzung des oberen Süßwasserstockwerkes wurde aufgrund der geringen Durchlässigkeit im tieferen Teil und Unterlager des Aquifers damals nicht angenommen.

Für die vorhandenen Trinkwassergewinnungsgebiete (Guntersblum, Eich, Osthofen) und den Entnahmebereich der Industrieansiedlung im Norden von Worms sind in den letzten Jahren zur hydrogeologisch-hydraulischen Situation bereits umfangreiche Untersuchungen einschließlich des Aufbaus von mathematischen Grundwasserströmungsmodellen durchgeführt worden.

Definiert wurden hierbei für den durch Brunnen erfassten Teufenbereich zwei maßgebende Grundwasserstockwerke (Oberer bzw. Unterer Grundwasserleiter), die durch eine gering durchlässige Zwischenschicht getrennt werden. Im Bereich Worms-Nord erforderte der stark differenzierte Untergrundaufbau die Nachbildung eines zusätzlichen, hydraulisch abgetrennten Mittleren Grundwasserleiters.

Durch die Großraumuntersuchungen galt es die Beziehungen der Einzelgebiete zueinander zu klären und die großräumigen Lagerungsverhältnisse der maßgebenden Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter festzulegen.

Die Arbeiten wurden aufbauend auf die genannten Voruntersuchungen ab dem Jahr 1994 durchgeführt und entsprechend den Zwischenergebnissen verifiziert. Die erarbeiteten Karten- und Schnittdarstellungen im Anhang repräsentieren den Bearbeitungsstand von 1995 und sollen im Rahmen der hydrogeologischen Kartierung des rheinland-pfälzischen Gebietsanteiles in den Folgejahren fortgeschrieben und ergänzt werden.

3 REGIONALGEOLOGISCHE UND STRATIGRAPHISCHE GRUNDLAGEN

3.1 Pliozän

Im Profil des nördlichen Oberrheingrabens folgt im Hangenden der Hydrobienschichten des älteren Miozäns (Abb. 2) eine schwer datier- und gliederbare limnisch-fluviatile Serie, die das jüngere Tertiär (Pliozän) und das Quartär umfasst (z. B. BOICK 1981, BARTZ 1982, HOTTENROTT 1993). Der hier gebräuchliche Begriff „Jungtertiär“ geht auf die regionalen Erdölgeologen zurück und wird in ein Jungtertiär I im Liegenden und ein Jungtertiär II im Hangenden geteilt (z. B. STRAUB 1962). Die Grenze Jungtertiär I/Jungtertiär II lässt sich mithilfe von geophysikalischen Bohrlochmessungen innerhalb einer monotonen lithologischen Abfolge gut erkennen und weiträumig verfolgen (z. B. BOICK 1981). Diese Grenze scheint eine tektonische Bewegungsphase (im Bereich Obermiozän bis Unterpliozän) widerzuspiegeln (SCHAD 1965, ILLIES 1962).

Das Jungtertiär II kann im hier betrachteten Abschnitt des nördlichen Oberrheingrabens miozäne wie auch pliozäne Zeitabschnitte umfassen. Frühere stratigraphische Auffassungen sahen für das Jungtertiär II ausschließlich ein pliozänes Alter vor (z. B. BARTZ 1982). Der Grenzbereich Miozän/Pliozän ist hier bislang biostratigraphisch nicht untersucht, daher ist die Lage dieser Grenze noch nicht genau zu fassen. Unklar ist auch, inwieweit örtlich oder generell miozäne Bildungen vor der pliozänen Sedimentation bereits wieder entfernt wurden. Eine durchgehende Sedimentation während des Miozäns und Pliozäns im nördlichen Oberrheingraben erscheint unwahrscheinlich. Vielmehr hat es den Anschein, dass sich zwischen miozänen und pliozänen Schichten hier immer eine Diskordanz und damit eine erhebliche Zeitlücke befindet (HOTTENROTT 1993).

Wesentliche Kenntnisse über die pliozänen und quartären Lockergesteine gehen auf die Arbeiten von BARTZ zurück. In seiner Arbeit über den Großraum Karlsruhe gliedert BARTZ (1982) das Pliozän nach seiner lithologischen Ausbildung, unterstützt durch palynologische Befunde, in drei Abschnitte (Pliozän I bis III; Abb. 3).

Die pliozänen Sedimente setzen sich überwiegend aus Sanden, Schluffen und Tonen zusammen. Gelegentlich treten auch geringmächtige Kieslagen auf, stärkere Kieseinschaltungen sind auf die Basis beschränkt.

Die zyklische Abfolge lässt einen dreifachen Wechsel von stärkeren Sandschüttungen, offenbar fluviatiler Herkunft, mit mächtigeren Stillwassersedimenten erkennen (BARTZ 1982). Die pollenanalytischen Befunde von VON DER BRELIE (1982) deuten darauf hin, dass das Jungtertiär II in der Region Karlsruhe keine miozänen Anteile enthält. Da dort das Jungtertiär II direkt den Oberen Hydrobienschichten des älteren Miozäns aufliegt (BARTZ 1982), fehlen offensichtlich nicht nur das Jungtertiär I, sondern auch die miozänen Zeitabschnitte des Jungtertiärs II.

Im Raum Speyer-Germersheim ist die zyklische Entwicklung des Pliozäns in drei verschiedene Schüttungskomplexe teilweise ebenfalls erkennbar, allerdings ist eine einheitliche und großräumige Gliederung im nördlichen Oberrheingraben bislang nicht möglich (KÄRCHER 1987; Abb. 3). Aus palynologischen Altersdatierungen an kohligten Einschaltungen durch VON DER BRELIE (zuletzt 1982) kann abgeleitet werden, dass das Pliozän im nördlichen Oberrheingraben offensichtlich mehr oder weniger vollständig entwickelt sein dürfte.



Foto 2: Grundwasserblänke, entstanden im Zuge von Sand-/Kiesgewinnung; südlich der Ortslage Gimbsheim.

3.2 Quartär

Die quartären Lockergesteine des Oberrheingrabens bestehen aus einer Abfolge fein- und grobklastischer, fluviatiler und limnischer Sedimente, die mit variabler Mächtigkeit entwickelt sind. Im Akkumulationszentrum des nördlichen Oberrheingrabens, im „Heidelberger Loch“, werden mit über 1000 m die größten Mächtigkeiten der pliozänen und quartären Ablagerungen erreicht (davon etwa 350 m quartäre Sedimente).

Das Quartär überlagert dabei meist konkordant das Pliozän. In der Schichtenfolge sind nach BARTZ (1982) nur noch wenige große Brüche nachweisbar, wobei offensichtlich eine gleichmäßige Sedimentation über vorhandene Schollengrenzen hinweg stattgefunden hat. Dieser Befund konnte durch die Hydrogeologische Kartierungen im Rhein-Neckar-Raum (MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG & HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT RHEINLAND-PFALZ, 1980) und im Raum Karlsruhe-Speyer (MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT RHEINLAND-PFALZ, 1988; Anmerkung: mittlerweile liegen die Fortschreibungen aus den Jahren 2001 und 2007 vor) weitgehend bestätigt werden (KÄRCHER 1987). Nördlich des Absenkungszentrums verringern sich die Quartärmächtigkeiten sehr rasch, größere Mächtigkeiten konzentrieren sich auf die östlichen Teile der Grabenscholle. Die von BARTZ (1974) konstruierte Mächtigkeitskarte des Quartärs für den gesamten Oberrheingraben weist für das Gebiet des Eicher Rheinbogens Werte zwischen 50 m im Westen und 150 m im Osten auf.

Die in den südlichen Anschlussräumen entwickelte lithostratigraphische Gliederung der Lockergesteine ist aus Abb. 3 ersichtlich und um die aktuelle stratigraphische Gliederung ergänzt worden.

Es kann zwischen einer gröberklastischen Abfolge im Hangenden mit Einschaltungen von tonig-schluffigen Horizonten, die dem Jungquartär zugeordnet wird und einer überwiegend feinklastisch ausgebildeten Abfolge im Liegenden, die ins Altquartär gestellt wird, unterschieden werden (KÄRCHER 1987).

Das Altquartär umfasst die bis über 100 m mächtige Untere, sandig-schluffige Folge des Quartärs und baut sich aus einer Ton-Schluff-Feinsand-Wechselfolge mit gelegentlichen Einschaltungen von größerem Sand, Kies, Braunkohlen und Holzresten auf. Neben umgelagertem pliozänen Material sind es fluviatil gebildete Sedimente des Rheins und seiner Seitenzuflüsse sowie limnische Ablagerungen. Nach BARTZ (1982) kann im Raum Karlsruhe anhand der Pollenbefunde der untere Teil (AQ 1) dem Tegelen, der obere Teil (AQ 2) dem Cromer-Komplex zugeordnet werden. ENGESSER & MÜNZING (1991) stellen die gesamte Abfolge aufgrund paläontologischer Befunde ins Pliozän. Damit würde sich die für den Rhein-Neckar-Raum und den Raum Karlsruhe-Speyer ausgewiesenen Quartär-Mächtigkeiten deutlich reduzieren.

Das Jungquartär im Rhein-Neckar-Raum mit Mächtigkeiten bis über 250 m setzt sich aus fluviatilen und limnischen Sedimenten des Pleistozäns und Holozäns zusammen. Im Gegensatz zum Altquartär besteht es vor allem in den zentralen und östlichen Bereichen der Grabenscholle aus mehreren sandig-kiesigen Abfolgen, die durch feinklastische Horizonte voneinander getrennt werden. Eine klare Abgrenzung zu den altquartären Bildungen ist nach KÄRCHER (1987) nur in der Grabenscholle möglich. Oberes-, Mittleres- und Unteres Kieslager können in Anlehnung an BARTZ (1982) den drei Hauptglazialen der herkömmlichen süd- bzw. norddeutschen Gliederung (Würm/Weichsel, Riß/Saale, Mindel/Elster) zugeordnet werden. Die zwischengeschalteten Ton/Schluffhorizonte können als warmzeitliche Bildungen gedeutet werden. Der überregional verbreitete Obere Zwischenhorizont, der innerhalb der jungquartären Schichtenfolge die auffälligsten Ton/Schluffhorizonte beinhaltet, lässt sich dann in die Zeitspanne vom Eem-Interglazial bis Frühwürm einstufen, für den Unteren Zwischenhorizont kommt der Zeitraum des Holstein-Interglazials in Frage.

Demgegenüber kommen ENGESSER & MÜNZING (1991) zu einer differierenden chronostratigraphischen Einstufung. Auf der Basis von Molluskenbestimmungen stellen sie den unteren Teil des Oberen Zwischenhorizonts in den Cromer-Komplex und postulieren für den oberen Teil noch rißzeitliches Alter. Die darunter liegende Mittlere sandig-kiesige Folge entspricht nach ihrer Auffassung dem Günz und älteren Pleistozän. Grundsätzlich wird von den Autoren ein maßgebender Zusammenhang zwischen grobklastischen Sedimenten und Kaltzeiten sowie feinklastischen Ablagerungen und warmzeitlichem Bildungsmilieu in Frage gestellt (siehe hierzu auch VON KOENIGSWALD 1988).

Rhein-Neckar-Raum und Raum Ludwigshafen-Frankenthal		Raum Speyer	Raum Karlsruhe-Speyer	aktuelle Stratigraphie
Jungquartär	Deckschichten	Deckschichten	Deckschichten	
	Terrassenablagerungen (TA) bzw. Oberes Kieslager (OKL)	Terrassenablagerungen (TA) bzw. Oberes Kieslager (OKL)	Terrassenablagerungen (TA) bzw. Oberes Kieslager (OKL)	Mannheim-Formation
	Oberer Zwischenhorizont (OZH)	Oberer Zwischenhorizont (OZH)	Oberer Zwischenhorizont (OZH)	Ludwigshafen-Formation
	Mittlere, sandig-kiesige Folge	Unterer Zwischenhorizont (UZH)	Mittleres Kieslager (MKL)	Viernheim-Formation
		Unteres Kieslager (UKL)	Arbeitsbegriff „Altquartär“ (lithologisch)	
Altquartär	Untere, sandige-schluffige Folge	Altquartär 2 (AQ2) Altquartär 1 (AQ1)		
Pliozän	Wechselfolge von Sand-Schluff und Tonlagen	Pliozän III (PIII) Pliozän II (PII) Pliozän I (PI)	Pliozän III (PIII) Pliozän II (PII) Pliozän I (PI)	Iffezheim-Formation
Miozän	Tone und Schluffe			

Abb. 3: Gliederung der Lockergesteine im nördlichen Oberrheingraben (s. a. Anlage 3). Die aktuelle stratigraphische Zuordnung wurde im Rahmen der redaktionellen Überarbeitung ergänzt.

4 BOHRUNGSDATEN UND DATENAUFBEREITUNG

4.1 Bohrprobenaufnahme und Gliederungskriterien

Grundlage für die lithologische bzw. hydrogeologische Gliederung der Lockergesteinabfolge stellen in erster Linie die Wasserbohrungen (Erkundungsbohrungen, Förderbrunnen, Grundwassermessstellen) dar. Hinzu kommen tiefere geotechnische Aufschlussbohrungen sowie Rohstoffbohrungen.

Die Qualität von Bohrprofilen hängt in entscheidendem Maße von der Güte der gewonnenen Bohrproben und deren teufengerechten Zuordnung ab.

Bei den häufig für die Erkundung von Lockergesteinsabfolgen eingesetzten drehenden Spülbohrverfahren kommt es insbesondere bei Druckspülbohrungen infolge von Ent- oder Vermischungseffekten im Spülstrom zu mehr oder minder starken Vermischungen in dem gewonnenen Bohrprobenmaterial.

Durch den Einsatz geophysikalischer Bohrlochmessungen ist eine entsprechende Korrektur und Interpretation der abgebohrten Schichtenfolge möglich. Mittlerweile gehören solche Messprogramme zum festen Bestandteil einer wissenschaftlich korrekten Bohrerkundung in Lockergesteinen. Von den vielfältigen elektrischen, radioaktiven und akustischen Messverfahren haben sich besonders die Gamma-Ray-Messung und die Widerstands-Messung als unverzichtbar für die Aufnahme eines brauchbaren Aufschlussprofils erwiesen. Bei den elektrischen Widerstandsmessungen (ES, RES) wird der elektrische Widerstand der Gesteine einschließlich ihres Wassergehaltes mittels durch das Bohrloch geführter Messsonden (Elektroden) gemessen. Die Ermittlung der natürlichen Gammastrahlung (GR, GRL) beruht auf dem Zerfall radioaktiver Elemente und Isotope (u. a. Kaliumisotop ^{40}K), die in tonigen Substanzen und glimmerreichen Sanden angereichert sind. Auch hier erfolgt die Messung mittels einer durch das Bohrloch geführten Messsonde (Messeinheit in Impulsen pro Zeiteinheit bzw. umgerechnet in den internationalen api-Standard = Einheit des American Petroleum Institute). Beide Messungen sollten unmittelbar nach Erreichen der Bohrungsendteufe im unverrohrten Bohrloch – für die Widerstandsmessung obligatorisch – durchgeführt werden.

Die Messkurven ermöglichen zusammen mit den Bohrproben eine recht gute Interpretation des Sedimentkörpers und liefern wichtige Anhaltspunkte für die Untergliederung in größere lithostratigraphische Einheiten. Generell lassen sich so Wechselfolgen von Schluffen/Tonen und Sandlagen in den gegenläufigen Messprofilen deutlich voneinander abgrenzen (Ton/Schluff = hohe Gamma-Werte und niedrige Widerstands-Werte; Sande = niedrige Gamma-Werte und hohe Widerstands-Werte).

Für die Ermittlung der Pliozän/Pleistozän-Grenze haben sich die kaolinreichen Tone und Schluffe des Pliozäns als brauchbare Marker erwiesen. Sie zeichnen sich deutlich im Gamma-Log mit einer hohen Gamma-Eigenstrahlung ab. Eine detaillierte Gliederung von Pliozän und Pleistozän mittels eindeutigen Leithorizonten kann dagegen aus den Messlogs nicht abgeleitet werden.

Nach den grundlegenden Arbeiten von BARTZ werden grobklastische Sedimente im Grabeninnern dann dem Quartär zugerechnet, wenn sie deutlich alpine Komponenten aufweisen, was auf dem veränderten Liefergebiet infolge der Vereinigung von Urrhein und Alpenrhein beruhen soll. Im Pliozän existierte dieser Anschluss noch nicht und demzufolge bestehen die Ablagerungen überwiegend aus Abtragungsschutt der Grabenrandgebiete, wonach sich nach BARTZ auch der im Quartärmaterial vorhandene Kalkgehalt erklärt. Die Änderung in der Lockergesteinsabfolge wird auch durch einen Farbwechsel bei den Tonen und Schluffen von bunten Farbtönen – vorherrschend ockergelb – im Pliozän zu grau dominierten „schmutzigen“ Farben im Quartär gekennzeichnet. Des Weiteren treten im Quartär verbreitet Kalkschalenreste auf.

An die Pliozän/Pleistozän-Grenze ist zusätzlich ein charakteristischer Wechsel in der Schwermineral-Vergesellschaftung gekoppelt. Eine detaillierte lithostratigraphische Differenzierung mittels Schwermineraluntersuchungen scheint nicht möglich zu sein (BARTZ 1982).

4.2 Hydrogeologische Gliederung der Bohrungen 2209 und 2033

Die an allen bohrlochgeophysikalisch vermessenen tieferen Bohrprofilen durchgeführte Interpretation soll exemplarisch an den im Rahmen der Modellbearbeitung vom Landesamt für Wasserwirtschaft niedergebrachten Aufschlussbohrungen 2033 und 2209 (ausgebaut als tiefendifferenzierte Messstellen) aufgezeigt werden (Abb. 4). Ihre Lage nordwestlich bzw. südwestlich von Eich kann der beigegebenen Übersichtskarte entnommen werden.

Die Profilaufnahme der Bohrungen wurde vor Ort anhand der ausgelegten Bohrproben durchgeführt und anschließend mit den geophysikalischen Messlogs korreliert.

Lithologie/Stratigraphie

Die beiden jeweils 180 m tiefen Bohrungen schließen die quartäre und pliozäne Lockergestein-Schichtenfolge bis etwa -100 m NN auf. Nach dem lithologischen und bohrlochgeophysikalischen Befund lässt sich in beiden Profilen im oberen Profilabschnitt eine vorwiegend sandige, z. T. schwach kiesige Abfolge abtrennen, die von einem jeweils ca. 20 m mächtigen tonig/schluffig entwickelten Horizont unterlagert wird, der in der Bohrung 2209 durch zwei Sandlagen aufgespalten ist.

Darunter folgt wieder ein Sandpaket. Ab einer Teufe von 75,5 m in der Bohrung 2209 und ca. 104 bzw. 120 m in der Bohrung 2033 setzt bis zur Endteufe eine insgesamt feinerklastische Wechselfolge von Ton/Schluff- und Sandlagen ein, die in den Gamma- und Widerstandslogs gut zum Ausdruck kommt.

Während die oberen, sandigen Abfolgen vorwiegend mit dunklen, graubraunen bis graublauen Farbtönen vorliegen, herrschen in dem unteren feinklastischen Profilabschnitt hellere Farbtöne vor. Deutlich sind auch die olivfarbenen und ockergelben Einlagerungen mit Beginn der unteren Wechselfolge in der Bohrung 2209. Wie BARTZ (1974) mitteilt, wurde in den Erdölbohrungen bei Weinheim und Heppenheim die Abgrenzung des Quartärs mit dem Einsetzen von ockergelben Tonen durchgeführt, was sich durch Pollenanalysen stützen ließ. Dies gilt auch für das Profil der Bohrung 2209. Neue Pollenuntersuchungen an diesem Profil (HOTTENROTT 1993) ergaben für den unteren feinklastischen Profilabschnitt zweifelsfrei ein pliozänes Alter. Der obere Teil des tonig/schluffigen Horizontes kann danach wahrscheinlich einem frühwürmzeitlichen Interstadial oder dem ausgehenden Eem-Interglazial zugeordnet werden. Palynologische Befunde für die Bohrung 2033 liegen bislang nicht vor.

Bohrprofile und Geophysik-Logs der Meßstellen 2209 und 2033

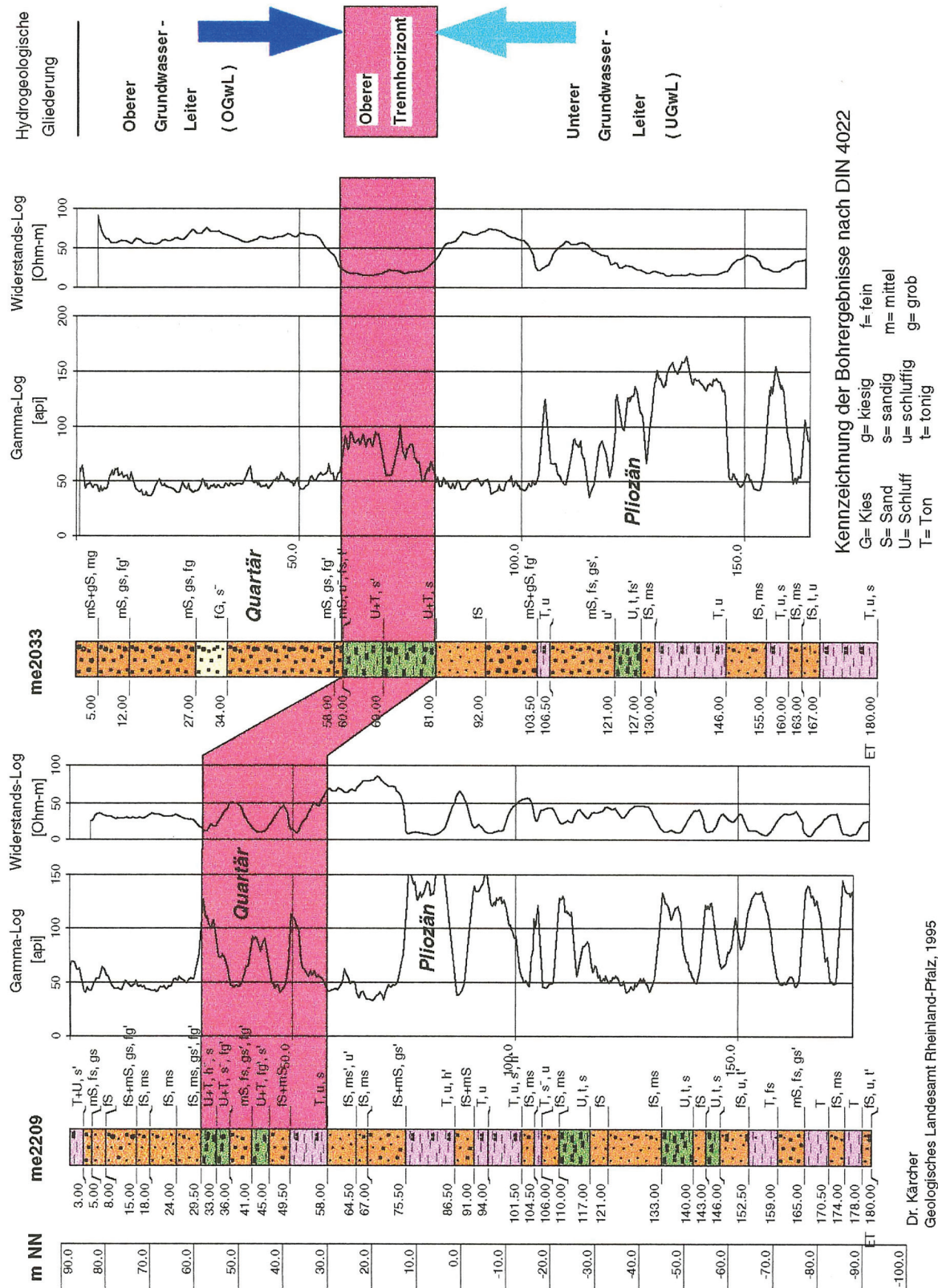


Abb. 4: Bohrprofile und Geophysik-Logs der Messstellen-Bohrungen 2209 und 2033 (s. a. Anlage 4).

Das Kriterium „Kalkgehalt“ konnte generell in den aufgenommenen Bohrprofilen aus dem Großraum Eich nicht für die Pliozän/Pleistozän-Grenzziehung herangezogen werden, da Kalkanteile im Bohrgut immer wieder auch in den tieferen Profilabschnitten beobachtet werden konnten.

Weiterführende Untersuchungen des Bohrprofils 2209 anhand von Holz-, Pflanzen-, und Faunenrelikten sowie Konkretionen lieferten keine eindeutigen Befunde zur chronostratigraphischen Gliederung (HOTTENROTT 1993).

Hydrogeologie

Die aus dem Schichtenaufbau abgeleitete hydrogeologische Gliederung kann den Abb. 3 und 4 entnommen werden. Der obere Ton/Schluffhorizont wirkt als erste hydraulische Trennschicht und teilt das Gesamtprofil in drei maßgebende Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter:

- Oberer Grundwasserleiter (OGWL)
- Oberer Trennhorizont (OTH); z. T. mit lokal eingeschaltetem Mittleren Grundwasserleiter (MGWL); s. Übersichtsschnitte Q1 und L1; Anlagen 5 und 8.
- Unterer Grundwasserleiter (UGWL) integrierend über den gesamten tieferen Teil der Schichtabfolge, wobei durch die Wechselfolge von Ton/Schluff- und Sandlagen gebietsspezifisch unterschiedlich mächtig entwickelte Grundwasserteilstockwerke bzw. Trennhorizonte vorliegen.



Foto 3: Blick auf die Rheinebene zwischen den Ortslagen Alsheim und Mettenheim.

5 KURZBESCHREIBUNG DER HYDRO- GEOLOGISCHEN ÜBERSICHTSSCHNITTE

Die durch das Untersuchungsgebiet gelegten Übersichtsschnitte Q1 bis 3 sowie L1 und L2 sollen Aufschluss über den geologisch/hydrogeologischen Untergrundaufbau geben (Anlagen 5 bis 9). Ein Großteil der tieferen Bohrungen, an denen die hydrogeologische Gliederung erarbeitet wurde, ist auch in den Schnitten dargestellt. Zusätzlich ist der Ausbau der Tiefbrunnen in den Trinkwassergewinnungsgebieten Guntersblum I (mittlerweile stillgelegt; Anm. d. Red.) und II, Eich und Osthofen eingetragen. Die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung basiert auf den Grundwasserstichtagsmessungen vom 27. September 1993.

Übersichtsschnitt Q1

Der W-E Schnitt umfasst alle ausgegliederten Teilschollen auf der Höhe von Worms. Deutlich kommt der unterschiedliche geologisch-hydrogeologische Aufbau auf der tektonisch höher gelegenen Herrnsheimer Hochscholle und der tiefer eingesunkenen Grabenscholle zum Ausdruck. Die verantwortliche Störungszone, die bis in die jüngeren Sedimentabfolgen heraufreicht, ist anhand von seismischen Profilauswertungen ausgehend vom tieferen tertiären Unterbau gut zu fassen. An der Lockergesteinbasis ist von einem Versatzbetrag von über 100 m auszugehen. Im Bereich der Störung erfolgt auch der steile Anstieg des Druckwasserspiegels des UGWL zur Herrnsheimer Hochscholle, was auf eine abdichtende Wirkung schließen lässt. Die zweite Störungszone östlich des Rheins ist hier nicht durch Bohraufschlüsse belegt und aus hydraulischer Sicht nicht so relevant.

Übersichtsschnitt Q2

Der Schnitt Q2 verläuft von Osthofen in nordöstliche Richtung über Ibersheim und Hamm nach Gernsheim. Während die westliche Störungszone hier an Bedeutung verliert, lässt sich durch benachbarte Bohrungen im Bereich der grabenscholleninternen Störung ein „sprunghafter Anstieg“ der OGWL-Mächtigkeit nachweisen.

Übersichtsschnitt Q3

Ausgehend von den Plateauflächen Ost-Rhein Hessens verläuft der Schnitt bis in den Raum östlich von Biebesheim in der wenig strukturierten Grabenscholle. In dem Gewinnungsgebiet Guntersblum I in Randnähe zu den Festgesteinsbereichen westlich der Rheingraben-Hauptstörung können die Aufstiegswege des in den tieferen Schichten zirkulierenden Salzwassers in die Filterstrecken der dort errichteten Tiefbrunnen verdeutlicht werden. Der Salzwasseraufstieg wird durch die entnahmebedingte Druckabsenkung im UGWL und die hydraulischen Verbindungen infolge verstärkt sandiger Ausbildung der grabenrandnahen Schichtenfolge ermöglicht.

Übersichtsschnitt L1

Der Schnitt L1 durchzieht den westlichen Teil der Grabenscholle von Nord nach Süd. Verdeutlicht werden die Lagerungsverhältnisse und Ausbildung der hydrogeologischen Einheiten in den Gewinnungsgebieten Guntersblum I, Osthofen und dem Industriebereich von Worms, wo im OTH die Verzahnung mit den Schwemmfächer-Ablagerungen der Pfrimm bzw. die Einschaltung des MGWL zu erkennen sind.

Übersichtsschnitt L2

Im Schnitt L2, der den nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes ausgehend von Dienheim in süd-östliche Richtung durchzieht, ist das generelle Einfallen der hydrogeologischen Einheiten von Westen nach Osten veranschaulicht. Im Eicher Rheinknie wird durch die Brunnengalerie Eich der Stadtwerke Mainz AG Trinkwasser aus den mächtigen sandig-kiesigen Schichten des OGWL gefördert, die dort ein wichtiges Grundwasserreservoir darstellen. Im Wassergewinnungsgebiet Guntersblum II erfolgt die Entnahme auch aus dem UGWL.



Foto 4: Hohlweg im Anstieg von der Rheinebene auf die Plateauflächen des Rheinhessisches Tafel- und Hügellands im Bereich Alsheim.

6 BESCHREIBUNG DES HYDROGEOLOGISCHEN AUFBAUS IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Entsprechend dem geologischen Untergrundaufbau und den hydraulischen sowie hydrochemischen Verhältnissen kann der Untersuchungsraum in Bezug auf die Geometrie der vorgenannten hydrogeologischen Gliederung wie folgt charakterisiert werden (Anlage 1 und Anlagen 5 bis 9):

Der **Obere Grundwasserleiter (OGWL)**, dessen Basis mit Beginn der ersten im Gesamtprofil auftretenden mächtigeren Ton/Schluffschichten festgelegt wurde, zeigt generell eine Mächtigkeitszunahme von Westen nach Osten (s. Übersichtskarte, Anlage 1). Im Bereich der Herrnsheimer Hochscholle wird der OGWL aus Sanden des Pliozäns aufgebaut. Seine Basis liegt hier zwischen ca. 80 m und 90 m NN. Allerdings reicht die Aufschlussdichte nicht zu einer detaillierten flächenhaften Interpretation aus. In den Talzonen ist die Grundwasserüberdeckung gering, auf den Hochflächen erreicht diese bis über 40 m Mächtigkeit. Über pliozänen Sanden folgen hier verbreitet noch quartäre Terrassensedimente. In den Sandgruben an der nördlichen Talflanke der Herrnsheimer Hochscholle können die rötlich gefärbten Terrassensedimente der Pfrimm von der A 61 aus gut eingesehen werden (s. Schnitt Q1; Anlage 5).

Östlich der Randstörung zur Herrnsheimer Hochscholle fällt die Basis des OGWL dann von ca. 70 bis 80 m NN im Bereich von Worms-Osthofen/Rheindürkheim-Alsheim auf unter -10 m NN am östlichen Bearbeitungsrand ein. In die quartären Sande schalten sich zunehmend kiesige Lagen ein. Tonig-schluffige Schichten treten in den Bohrungen nur lokal in unterschiedlichem Höhenniveau auf. In der Brunnengalerie Eich der Stadtwerke Mainz AG können im oberen Teil der Abfolge zwischen ca. 60 m und 70 m NN in mehreren Bohrungen Ton/Schluffeinschaltungen beobachtet werden. Hierbei dürfte es sich um Relikte eines Oberen Zwischenhorizontes handeln (s. Schnitt L2; Anlage 9).

Im Norden des Untersuchungsraumes reicht der OGWL auf der Höhe von Alsheim-Guntersblum mit größerer Mächtigkeit bis nahe an die westliche Rheingraben-Hauptstörung (s. Schnitt Q3; Anlage 7). Im Wassergewinnungsgebiet I Guntersblum (mittlerweile stillgelegt; Anm. d. Red.) liegt die Basis des überwiegend aus Sanden und Kiesen aufgebauten OGWL unter 40 m NN und fällt bis in das Gebiet von Biebesheim nur mit schwachem Gefälle in östliche Richtung ein. Beidseitig des Rheins ergibt sich somit ein Plateau mit annähernd gleicher Basislage des OGWL bei ca. 20 m bis 30 m NN.

Die Mächtigkeitsverteilung des OGWL entspricht der generell von Westen nach Osten einfallenden Basislage. Auf der Herrnsheimer Hochscholle und in einem Streifen Worms-Osthofen-Mettenheim ist der OGWL ca. 10 bis 15 m mächtig, wobei im Bereich des Pfrimm-Schwemmfächers bei Worms-Neuhausen lokal auch bis 20 m erreicht werden. Genutzt wird er in diesen Teilräumen nur durch Flachbrunnen zur Brauch- bzw. Beregnungswasserentnahme.

Im Nordostteil des Untersuchungsgebietes, wo der OGWL mit Mächtigkeiten von 40 m im Westteil bis 120 m am östlichen Bearbeitungsrand ansteht, wird daraus in den Gewinnungsgebieten Guntersblum I (s. Schnitt Q3; Anlage 7, eingetragen sind hier beispielhaft nur die Tiefbrunnen) und der Eicher Brunnengalerie der Stadtwerke Mainz AG (s. Schnitt L2; Anlage 9) Grundwasser für die öffentliche Trinkwasserversorgung gewonnen.

Der für den Gesamtuntersuchungsraum festgelegte maßgebende **Obere Trennhorizont (OTH)** liegt mit Mächtigkeiten zwischen 10 m auf der Herrnsheimer Hochscholle und 40 m in der Grabenscholle vor. Analog zum OGwL fällt der OTH in östliche Richtung ein. Während die Grenze zu den überlagernden Sanden und Kiesen des OGwL in der Grabenscholle durch eine recht gute Aufschlussdichte auch flächenhaft belegt ist, kann die Abgrenzung des OTH zu dem darunter folgenden Unteren Grundwasserleiter nur anhand der tieferen Brunnen und Grundwassermessstellen durchgeführt werden.

Auf der Herrnsheimer Hochscholle ist die Abgrenzung des OTH wegen der geringen Ausschlussdichte noch unsicher. Die über das Gesamtprofil anstehende Wechselfolge von Sanden und Ton/Schlufflagen lässt hier eine klare Abgrenzung nur unter Zuhilfenahme hydraulischer und hydrochemischer Befunde zu. Die Basis des Trennhorizontes liegt auf der Herrnsheimer Hochscholle bei etwa 60 m bis 80 m NN. Im westlichen Teil der Grabenscholle, in den Bereichen Worms-Rheindürkheim, steht die Basis zwischen ca. 20 m und 40 m NN an, im östlichen Teil taucht sie auf Werte unter 10 m bis -40 m NN ab.

Die größten Mächtigkeiten weist der OTH in den Wassergewinnungsgebieten Osthofen und Guntersblum I (s. Schnitte Q2, Q3 und L1; Anlagen 6, 7 und 8) auf. Eine Zone erhöhter Durchlässigkeit des Trennhorizontes erstreckt sich rheinbegleitend von Worms bis in den Raum von Ibersheim, was z. T. mit der Verbreitung des Mittleren Grundwasserleiters als auch einer verstärkt sandigeren Ausbildung des Trennhorizontes zusammenhängt.

Östlich der Herrnsheimer Hochscholle ist im Bereich von Worms und dem Industriegebiet Worms-Nord das Verbreitungsgebiet des **Mittleren Grundwasserleiters (MGwL)** ausgewiesen (s. Übersichtskarte und Schnitte Q1, L1; Anlagen 1, 5 und 8). Ursache sind die in diesem Teilbereich im Höhenniveau des Trennhorizontes zwischen ca. 45 m und 60 m NN eingeschalteten Sand- und Kieslagen. Diese bilden einen vom OGwL und UGwL hydraulisch abgekoppelten geringmächtigen Grundwasserkörper, aus dem in geringem Umfang Grundwasser zu Brauchwasserzwecken gefördert wird. Die grobklastischen Ablagerungen können als Schwemmfächerbildungen der Pfrimm in die einsinkende Grabenscholle gedeutet werden.

Die Trennung zum OGwL wird durch den oberen Teil der Trennschichten gebildet, für die aus der großräumigen Situation nur ein jungquartäres Alter in Frage kommt.

Die Trennung zum UGwL erfolgt nach der vorgelegten Interpretation durch den **unteren Teil der Trennschichten („UTH“)**, die altquartäre Bildungen bzw. nach neuester Auffassung auch schon pliozäne Ablagerungen umfassen. Nördlich und südlich des Verbreitungsgebietes des MGwL verzahnen sich die oberen und unteren Trennschichten mit dem dort anstehenden OTH.

Die unterhalb des OTH in der Schichtenfolge auftretenden wasserwegsam Schichten werden als **Unterer Grundwasserleiter (UGwL)** zusammengefasst. Wie aus den tieferen Aufschlußprofilen zu erkennen ist, handelt es sich um Wechselfolgen von Sandlagen, z. T. mit kiesigen Einschaltungen, und Ton/Schluffserien. Die zu geringe Aufschlussdichte erlaubt bislang keine weiterführende Untergliederung in Teilstockwerke. Selbst bei benachbarten Bohrungen ist eine Korrelation der in unterschiedlichem Tiefenniveau vorkommenden Schichtglieder kaum durchführbar, die zudem durch die existierenden Tiefbrunnen mit ihren meist langen Filterstrecken hydraulisch verbunden werden.

Wie eingangs erwähnt, endet der Lockergestein-Aquifer in größerer Tiefe mit Beginn der geringdurchlässigen Schichten des Miozäns. Über den Aufbau und die Ausbildung dieser, in der Grabenscholle noch mehrere Hundert Meter mächtigen Schichtabfolge, liegen aber bislang keine Kenntnisse vor. Die Basis des UGwL wurde mit der Unterkante der Tiefbrunnen im Bereich Worms bzw. Guntersblum angenommen und ein analoges Schichteinfallen wie für den OGwL und den OTH nachgebildet.

Auf der Herrnsheimer Hochscholle liegt die Pliozänbasis in weit höherem Niveau. Offensichtlich haben die auf dem Übersichtsschnitt Q1 (Anlage 5) dargestellten Tiefbohrungen den Basisbereich angefahren, was sich auch durch den markanten Rückgang der Widerstandswerte in den geophysikalischen Bohrlogs abzeichnet. Die erbohrten Basistone können eventuell dem Obermiozän zugeordnet werden. Während die Aufschlussprofile in den Gewinnungsgebieten Osthofen, Guntersblum und der Industrie Worms-Nord vielfach sehr mächtige Ton/Schluffserien beinhalten, zeigen die Bohrprofile auf der Hochscholle westlich bzw. nordwestlich von Herrnsheim eine mehr sandige Ausbildung.



Foto 5: Blick auf den Übergang von der Rheinebene auf die Plateauflächen des Rheinhessisches Tafel- und Hügellands im Bereich Mettenheim.

SCHRIFTEN

- BARTZ, J. (1953): Revision des Bohrprofils der Heidelberger Radium-Sol-Therme. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., 33: 101-125, 2 Abb., Freiburg i. Br.
- BARTZ, J. (1974): Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingraben. – In: Illies, J. H. & Fuchs, K. (Hrsg.) (1974): Approaches to Taphrogenesis, 78-87, 1 Abb., Stuttgart (Schweizerbart).
- BARTZ, J. (1982) mit Beiträgen von VON DER BRELIE, G. & MAUS, H.-J.: Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – Geol. Jb., A 63: 3-237, 28 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- BOIGK, H. (1981): Erdöl und Erdölgas in der Bundesrepublik Deutschland. – 329 S., 109 Abb., 51 Tab., 2 Falttaf.; Stuttgart (Enke).
- ENGESSER, W. & MÜNZING, K. (1991): Molluskenfaunen aus Bohrungen im Raum Philippsburg-Mannheim und ihre Bedeutung für die Quartärstratigraphie des Oberrheingrabens. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 33: 97-117, 4 Abb., 5 Tab., 1 Tafel; Freiburg im Breisgau.
- HOTTENROTT, M. (1993): Mikrofloristische Gliederung und Charakterisierung der Tertiärschichten von Frankfurt a.M. – In: KÜMMERLE, E. SEIDENSCHWANN, G. (1993): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25000, Blatt 5818 Frankfurt a.M. Ost, 3. Auflage, 54-69, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- ILLIES, H. (1962): Prinzipien der Entwicklung des Rheingrabens, dargestellt am Grabenabschnitt von Karlsruhe. – Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 31: 58-121, 18 Abb., 2 Taf.; Hamburg
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG & HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT RHEINLAND-PFALZ (1980): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung, Rhein-Neckar-Raum - Analyse des Ist-Zustandes. – 71 S., 12 Abb., 10 Tab., 14 Anlagen; Stuttgart-Wiesbaden-Mainz.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG & MINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT RHEINLAND-PFALZ (1988): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer - Analyse des Ist-Zustandes und Aufbau eines mathematischen Grundwassermodells. – 111 S., 23 Abb., 9 Tab., 11 Anlagen; Stuttgart-Mainz.
- KÄRCHER, T. (1987): Beiträge zur Lithologie und Hydrogeologie der Lockergesteinsablagerungen (Pliozän, Quartär) im Raum Frankenthal, Ludwigshafen - Mannheim, Speyer. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., 69: 279-320, 17 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- SCHAD, A. (1965): Abtragungserscheinungen an der Grenze Jungtertiär I/Jungtertiär II im Inneren des mittleren Rheintalgrabens. – Senckenbergiana leth., 46a: 363-376, 3 Abb., 1 Tab.; Frankfurt a.M.
- STRAUB, E.W. (1962): Die Erdöl- und Erdgaslagerstätten in Hessen und Rheinhessen. – Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 4: 123-136, 6 Abb.; Freiburg im Breisgau.
- VON DER BRELIE, G. (1974): Mikrofloristische Untersuchungen zur Altersstellung der jungtertiären Ablagerungen im mittleren und nördlichen Oberrheingraben. – In: Illies, H. & Fuchs, K. (Hrsg.) (1974): Approaches to Taphrogenesis. (Inter Union Comm. Geodyn. sci. Rep. 8): 145-155, 1 Abb., 1 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

- VON DER BRELIE, G. (1982): Pollenuntersuchungen. – In: BARTZ, J. mit Beiträgen von VON DER BRELIE, G. & MAUS, H.-J. (1982): Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – Geol. Jb., A 63: 199-227, 8 Tab.; Hannover.
- VON KOENIGSWALD, W. (1988.): Zur Paläoklimatologie des letzten Interglazials im Nordteil der Oberrheinebene. – Mit Beiträgen VON BEUG, H.-J., FRENZEL, B., KINZELBACH, R., KLINGER, R., KOENIGSWALD, W., KREUZ, A., LEISTIKOW, K. U., LÖSCHER, M., NEUBERT, E., SCHOCH, W. & SCHWEISS, D. – Paläoklimaforschung, Bd. 4, 327 S., 137 Abb., 25 Tab.; Stuttgart, New York (Gustav Fischer).