

# scriptum

Arbeitsergebnisse aus dem  
Geologischen Dienst  
Nordrhein-Westfalen

# 13

## Der tiefere Untergrund der Niederrheinischen Bucht

– Ergebnisse eines Tiefbohrprogramms  
im Rheinischen Braunkohlenrevier –



Alle Rechte vorbehalten

**scriptum**

Arbeitsergebnisse aus dem  
Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen

© 2005 Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –  
De-Greiff-Straße 195 · 47803 Krefeld · Postfach 10 07 63 · D-47707 Krefeld  
Fon (0 21 51) 897 0 · Fax (0 21 51) 89 75 05  
poststelle@gd.nrw.de  
<http://www.gd.nrw.de>

Satz und Gestaltung: Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen

Druck: Obermann GmbH & Co KG · Krefeld

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich.

**scriptum** erscheint in unregelmäßigen Abständen.

Bezug über den Buchhandel oder  
den Geoshop des Geologischen Dienstes NRW  
(Fon 0 21 51/897-210 oder -212 · Fax 0 21 51/89 74 28)  
Best.-Nr. 8014

ISSN 1430-5267

Umschlagbild:

Bohranlage 8541 der RWE Power AG im Einsatz

# Der tiefere Untergrund der Niederrheinischen Bucht

– Ergebnisse eines Tiefbohrprogramms im Rheinischen Braunkohlenrevier –

## Inhalt

	Seite
Josef Klostermann: .....	5
<b>Vorwort</b>	
Norbert Cuvelier: .....	7
<b>Planung und Durchführung eines Bohrprogramms zur Erkundung des tiefen Untergrundes der Niederrheinischen Bucht</b>	
Karl-Heinz Ribbert & Volker Wrede: .....	33
<b>Stratigrafische und tektonische Ergebnisse der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach</b>	
Bernd Becker & Sven Asmus: .....	61
<b>Beschreibung und Korrelation der känozoischen Lockergesteinsschichten der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Tagebaus Hambach</b>	
Martin Hiss: .....	75
<b>Mikropaläozoologische Daten aus neuen Tiefbohrungen im Südteil der Niederrheinischen Bucht</b>	
Thomas Oswald: .....	91
<b>Neue geohydrologische Erkenntnisse aus dem Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach (Niederrheinische Bucht, Deutschland)</b>	

scriptum	13	120 S., 75 Abb., 7 Tab., 2 Taf. in der Anl.	Krefeld 2005
----------	----	--	--------------



## Vorwort

Die Rheinische Braunkohlenlagerstätte in dem etwa 2 500 km<sup>2</sup> großen Dreieck zwischen Köln, Aachen und Mönchengladbach wird seit Ende des 19. Jahrhunderts wirtschaftlich genutzt. Sie hat für die Gewinnung heimischer Energie im Lauf der Jahrzehnte eine immer größere Bedeutung erlangt.

Nach 1890 setzte eine systematische Bohrtätigkeit zur Erkundung der Lagerstätte ein, in deren Verlauf bis heute mehr als 20 000 Bohrungen durch die Bergbautreibenden niedergebracht worden sind. Nur wenige Bohrungen haben das Festgestein unterhalb der tertiärzeitlichen Füllung der Niederrheinischen Bucht erreicht. Der Schichtenaufbau der Lagerstätte, Grundwasserfragen und die Standsicherheit von Tagebauböschungen waren und sind bis heute Gegenstand einer intensiven Zusammenarbeit mit dem staatlichen Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen.

Im November 1997 erfolgte ein Einbruch von Tiefengrundwasser in den Braunkohlentagebau Hambach. Die geologische und hydrogeologische Aufarbeitung dieses Vorfalles zeigte rasch, dass die Kenntnis des paläozoischen Festgesteinsuntergrundes in der südlichen Niederrheinischen Bucht unzureichend ist. In einem nachfolgenden, vom Geologischen Dienst NRW begleiteten und geologisch ausgewerteten Bohrprogramm sind durch die damalige RHEINBRAUN AG (heute RWE Power AG) insgesamt 10 Tiefbohrungen mit einer Gesamtteufe von 7 416,8 m, davon über 500 m in paläozoischen Schichten, niedergebracht worden.

Erkundungsziel des Bohrprogramms war insbesondere die Verbreitung von schutzwürdigen Karbonatgesteinsaquiferen unter den Grundwasser führenden und in Sümpfung befindlichen quartär- und tertiärzeitlichen Lockersedimenten. Das erbohrte Gesteinsmaterial, die geologischen Profile und Bohrlochmessungen sowie die nach der Bohrkampagne einsetzenden hydrologischen Untersuchungen waren die Grundlage für eine zusammenfassende Darstellung neuer Erkenntnisse aus den tiefen Liegendschichten der Rheinischen Braunkohlenlagerstätte einschließlich des nahen Festgesteinsuntergrundes.

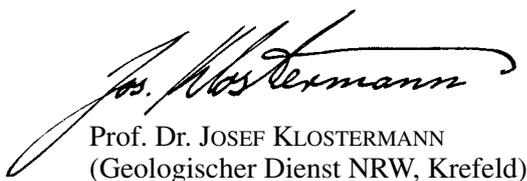
Planung und Durchführung des Bohrprojektes durch die Abteilung BOWA-B (Bergheim) der RWE Power AG beschreibt N. CUVELIER, dessen Mitarbeiter auch die Erstbeschreibung, insbesondere der Schichtenfolge im Lockergestein, anhand von Proben und Bohrlochmessungen durchführten.

Die spezielle Bearbeitung der Bohrabschnitte im Festgestein – repräsentiert durch Kerne oder Bohrklein – erfolgte durch den Geologischen Dienst NRW. Die Ergebnisse der stratigrafischen und tektonischen Detailuntersuchungen sind im Beitrag von K.-H. RIBBERT und V. WREDE zusammengestellt und durch Bohrprofile sowie eine Karte mit Schnitten erläutert.

Die Einpassung der Bohrergebnisse in das Lagerstättenmodell des Rheinischen Braunkohlenvorkommens wurde von der Markscheiderei der RWE Power AG durchgeführt. Als Ergebnis liegen drei tektonisch-lagerstättenkundliche Schnitte des Untersuchungsgebietes vor. Sie sind im Beitrag von B. BECKER und S. ASMUS erläutert und dienen einem Überblick über die tertiär- und quartärzeitliche Schichtenfolge, in die die Lagerstätte eingebettet ist.

Neben der Untersuchung der Festgesteine wurden auch bestimmte Abschnitte der Lockergesteine vom Geologischen Dienst (A. PRÜFERT) für biostratigrafische Untersuchungen beprobt. Die Ergebnisse, speziell für die tiefen, tertiärzeitlichen Liegendschichten sind in einem Beitrag von M. HISS dargestellt.

Erste Ergebnisse des Grundwasser-Monitorings anhand der neu geschaffenen Tiefenpegel werden von TH. OSWALD (Abt. Wasserwirtschaft der RWE Power) vorgestellt. Sie umfassen nicht nur die Pegelstände, sondern auch hydrochemische Analysen und isotopengeochemische Untersuchungen zur Grundwassererneuerung.



Prof. Dr. JOSEF KLOSTERMANN  
(Geologischer Dienst NRW, Krefeld)



<b>scriptum</b>	<b>13</b>	7 – 31, 16 Abb., 1 Tab., Abb. 17 – 26 im Anh.	Krefeld 2005
-----------------	-----------	--	--------------

# Planung und Durchführung eines Bohrprogramms zur Erkundung des tiefen Untergrundes der Niederrheinischen Bucht

Von Norbert Cuvelier\*

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> .....	8
<b>2</b>	<b>Geologisches Umfeld</b> .....	10
<b>3</b>	<b>Bohrtechnik</b> .....	13
	3.1 Anforderungen und Planung .....	14
	3.2 Technische Durchführung .....	17
<b>4</b>	<b>Ergebniss</b> .....	19
<b>5</b>	<b>Literatur</b> .....	19
<b>6</b>	<b>Anhang:</b> Schichtenprofile und Pegelausbau (Abb. 17 – 26) .....	21

---

Anschrift des Autors:

\* Dipl.-Geol. Norbert Cuvelier, RWE Power AG, BOWA-B, D-50126 Bergheim

**Kurzfassung:** In den Jahren 1999/2000 wurde im Rheinischen Braunkohlerevier zur Erkundung des prätertiären Untergrundes ein umfangreiches Bohrprogramm durchgeführt. Sein Umfang von fast 7 500 m Bohrstrecke mit dem Einbau von 23 500 m Peilrohren stellte bei maximalen Endteufen von mehr als 1 000 m neue Anforderungen an den Bohrbetrieb der RWE Rheinbraun AG, heute RWE Power AG.

Ursächlich entstand der Bedarf nach einer geologischen und hydrogeologischen Erkundung der tieferliegenden Gebirgsschichten durch plötzlich auftretende Wasseraustritte im Tagebau Hambach.

Fußend auf den bisherigen geologischen Erkenntnissen wurde gemeinsam mit den involvierten Behörden ein Anforderungsprofil für Grundwassermessstellen mit Mehrfachausbau entwickelt, die Aufschluss über Wasserwegsamkeiten und mögliche Beeinflussungen tieferer Grundwasserstockwerke geben sollten.

Außer der Frage nach geeignetem Pegelausbaumaterial war aus Kostengründen die Einsatzmöglichkeit des vorhandenen Bohrequipments unter dem Aspekt einer kalkulierbaren Risikobereitschaft zu prüfen. Die Bohrungen wurden im Lufthebebohrverfahren bzw. im Rotarybohrverfahren abgeteuft und mit bis zu sechs Peilrohren bestückt. Neben dem Durchteufen von 1 000 m mächtigem Lockergestein im größtenteils unverrohrtem Bohrloch, was wegen der regelmäßig auftretenden Phänomene Quellen der Tone und totale Spülungsverluste in den Braunkohlen Präventivmaßnahmen erforderte, waren die Unkenntnis der hydraulischen Verhältnisse im Grundgebirge, die Anforderungen an die Spülungstechnik und das Kern des Festgesteins in Teufen > 1 000 m aus einem unverrohrten Bohrloch heraus die besonderen Herausforderungen.

**Summary:** An extensive drilling campaign for investigating the pretertiary basement of the Rhenish lignite mining area was carried out during the years of 1999 und 2000. Almost 7 500 m of drilling with maximum depth of more than 1 000 m and the installation of 23 500 m of groundwater monitoring levels (sounding pipes) set new standards for the drilling division of the RWE Rheinbraun AG, now RWE Power AG. The need for a geological und hydrogeological investigation of the deep solid rock strata was caused by a sudden groundwater discharge into the opencast mine of Hambach in 1997.

Based on existing geological conceptions and together with all authorities involved standards for a requirement profile for multilevel sounding pipes were developed in order to get notice of groundwater flow directions and possible influences on deeper aquifers.

Besides the question of suitable sounding pipe material the application of available drilling equipment under the aspect minimizing costs and covering all calculable risks had to be taken into account.

The boreholes were drilled with the air lift technology and rotary drilling method respectively; up to six levels in one hole could be installed. Open hole drilling in unconsolidated sediments with a thickness up to 1 000 m and the casing shoe set at a depth of 120 m needed special methods of preventing phenomena like the swelling of clay horizons and the total loss of drilling mud in the lignite seams. Besides that the unknown hydraulic features in the basement rock, requirements of mud technology and coring solid rocks in more than 1 000 m depth out of an uncased hole turned out to be a great challenge.

## **1 Veranlassung**

In den Jahren 1999 und 2000 hat die RWE Rheinbraun AG, heute RWE Power AG, ein umfangreiches Bohrprogramm zur Erkundung des Festgesteins-Untergrundes der Niederrheinischen Bucht und damit verbundener hydrogeologischer Fragestellungen durchgeführt. Die Veranlassung für dieses Projekt zeigt das Foto des Tagebaues Hambach (Abb. 1) in seinem ganzen Ausmaß. Am 4. November 1997 kam es im Liegenden von Flöz Frimmersdorf, Horizont 6, auf der Tiefschnittseite der 7. Sohle zu einem plötzlichen Wasseraustritt. Das Niveau des Wasseraustritts (Abb. 2) lag bei -225 m NN im Zwischenmittel Flöz Frimmersdorf .

Am 11. November 1997 öffnete sich eine zweite Wasseraustrittsstelle auf einer Zwischenberme der 7. Sohle auf dem Niveau -204 m NN, unmittelbar im dort aufgeschlossenen Elsdorfer Bürge-Sprung-System. Die Summe der austretenden Wassermengen betrug anfangs aus beiden Austrittsstellen ca. 35 m<sup>3</sup>/min, wobei das Wasser eine Temperatur von 34 °C hatte. Aufgrund dieser Temperatur und des Geruchs von Schwefel-

wasserstoff musste angenommen werden, dass dieses Wasser einem tiefen Liegendhorizont der Lagerstätte zuzuordnen sei.

Schnitt A (Abb. 2) zeigt im Kern der Abbildung das so genannte Elsdorfer Bürge-Sprung-System. Es ist eine Abfolge von Verwerfungen (Sprüngen), die mit etwa  $65 - 68^\circ$  nach Südwesten einfallen; im Westen die Hochscholle, östlich die leicht verkippte Tiefscholle. Dargestellt ist das tiefe Liegende unter den Kohleflözen und die besondere hydrologische Situation dieser Schichten. Markiert sind die beiden Wasseraustrittsstellen, der erste Wasseraustritt an der vom Sprung entfernten Böschung und der zweite Wasseraustritt unmittelbar am Sprungsystem.

Die Druckspiegelsituation des Grundwassers ist in Abbildung 2 ebenfalls zu erkennen. Die Liegendentension ergab einen Wasserspiegel für den Horizont 4 von -250 m NN. Das darunter folgende Stockwerk zeigte einen Wasserspiegel zum Zeitpunkt Oktober 1997 von -230 m NN. Bedeutender ist jedoch die hydraulische Situation in den tiefen Liegendwasserspiegeln Horizont 09 und Horizont 07/05. Dieser Wasserspiegel wird gemeinsam erfasst, da ein deutlicher Stauhohizont nicht durchhaltend auszumachen ist. Die Wasserspiegel drücken in Niveaus von -90 bzw. -100 m NN. Von daher war anzunehmen, dass das Wasser über das Elsdorfer Bürge-Sprung-System aufstieg.

Zwei unmittelbar nach dem Wasseraustritt abgeteufte Bohrungen zeigten ein – wahrscheinlich auch in seiner inneren Struktur – zerstörtes Sprunggefüge. Hier lässt sich ein Wasseraufstieg vorstellen, wenn man eine Klüftung und Verschleppung bzw. Ausdünnung dieser Ton- und Kohlepakete unterstellt.

Als erste Maßnahme wurden artesische Brunnen in der Nähe der Austrittsstellen abgeteuft; sie sind auf dem Schnitt A (Abb. 2) dargestellt.

Die Bohrungen, von Fremdunternehmen durchgeführt, wurden mit Schwerspülung abgeteuft, um den auftretenden Druck ab dem Horizont 1 zu beherrschen. Währenddessen bohrte der Bohrbetrieb von Rheinbraun



Abb. 1 Tagebau Hambach mit Gewinnungs- und Verkippungsseite sowie dem Grundwasser-See (aufgenommen im Dezember 1997)

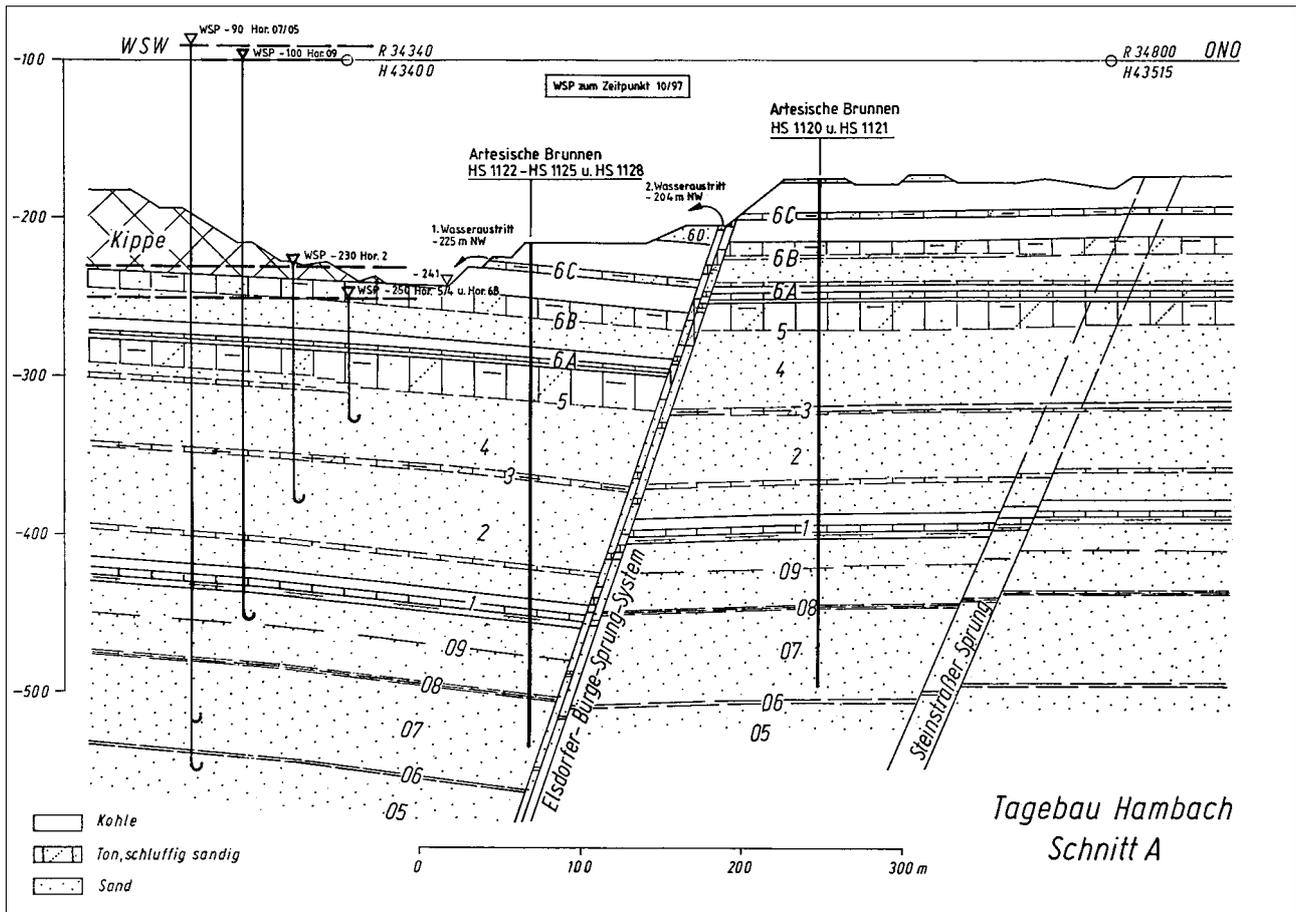


Abb. 2 Tagebau Hambach, Schnitt A: Tektonischer Schnitt im Bereich der Wasseraustritte (angefertigt durch Abt. Markscheidewesen und Lagerstätte im Nov. 1997, nachgetragen im Jan. 1998)

großkalibrige Brunnenbohrungen von einem höheren Stockwerk aus, wo die Spülungssäule genügenden hydrostatischen Überdruck erzeugte. Für die notwendigen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen war eine Entspannung der Grundwasserleiter 09 und 07 bis etwa auf das Niveau des Tagebautiefsten notwendig, was durch das Niederbringen von zehn konventionellen, großkalibrigen Brunnen und sieben artesischen Brunnen erreicht wurde. Insgesamt wurde so ein Fördervolumen von  $100 \text{ m}^3/\text{min}$ . erreicht. Diese Bohrungen sind jedoch nicht Gegenstand der folgenden Ausführungen.

Am 31. März 1998 versiegten die beiden artesischen Quellen und sind inzwischen abdichtend verkippt worden.

## 2 Geologisches Umfeld

Die geologische Umgebung des Tagebaus Hambach zeigt ein Schnitt (Abb. 3) durch die Niederrheinische Bucht. Der Tagebau Hambach findet sich im zentralen Teil dieser Bucht. Sie stellt ein junges, in mehrere tektonische Teilschollen gegliedertes Senkungsfeld zwischen Eifel und Bergischem Land dar, das mit Lockergesteinen aus dem Tertiär und Quartär gefüllt ist (HAGER 1981; SCHÄFER et al. 1997).

In der Niederrheinischen Bucht lassen sich zwei grundsätzlich verschiedene, grundwasserführende Gesteinsabfolgen unterscheiden. Die tertiär- und quartärzeitlichen Lockergesteine beinhalten bedeutende Grundwasservorkommen. Bedingt durch die Wechsellagerung von wasserdurchlässigem Sand und Kies und wasserstauenden Schichten – Ton, Schluff, Braunkohle – sind bis zu sechs Hauptgrundwasserstockwerke ausgebildet. Zwischen den einzelnen Stockwerken finden an Verwerfungen sowie in Bereichen, in denen die wasser-

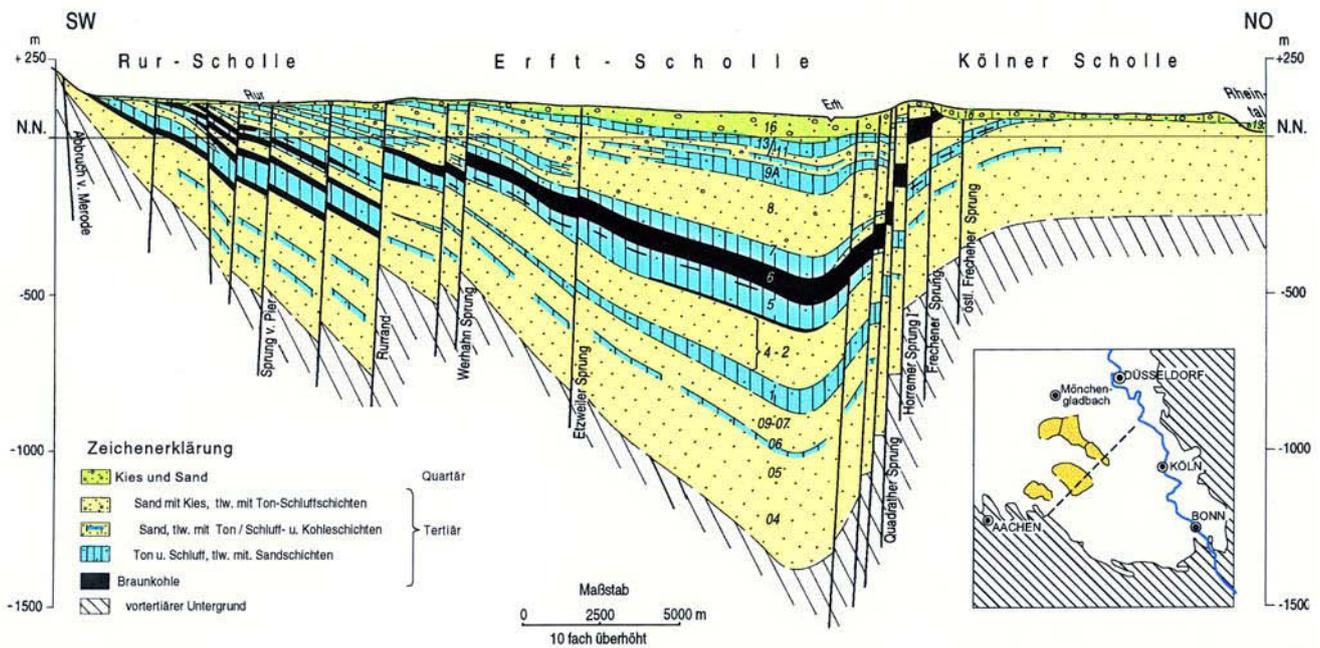


Abb. 3 Querschnitt durch den Untergrund der Niederrheinische Bucht (Entwurf RWE-Rheinbraun AG, Bowa 5/2001)

stauenden Schichten fehlen, zahlreiche Austauschvorgänge statt. Das Grundwasserfließsystem im Lockergestein ist im Allgemeinen gut bekannt. Die Kenntnis nimmt jedoch mit zunehmender Tiefe ab. Fließvorgänge in diesen Schichten lassen sich mit Hilfe mathematischer Modelle berechnen und auch prognostizieren.

Im tieferen Untergrund der Niederrheinischen Bucht stehen Festgesteine des Paläozoikums und untergeordnet des Mesozoikums an. Sie treten in den angrenzenden Mittelgebirgen von Nordeifel und Bergischem Land zu Tage (WREDE & HILDEN 1988). Es handelt sich um Ton-, Schluff- und Sandsteine, aber auch um Karbonatgesteine. Die Wasserführung in den Festgesteinen ist an Klüfte, Verwerfungen, oberflächennahe Auflockerungszonen und in den Kalksteinen zusätzlich an verkarstete Bereiche gebunden. Innerhalb der Niederrheinischen Bucht gibt es bisher nur sehr wenige Bohrungen, die bis in die Festgesteine des tiefen Untergrundes hinabreichen. Der Erkundungsgrad dieser Gesteinsfolgen ist gemessen an dem wirtschaftlichen Nutzen der darüberliegenden Braunkohle-Lagerstätte unzureichend.

Die Gesteine des Paläozoikums sind gefaltet und an großen Überschiebungsbahnen überschoben (s. RIBBERT & WREDE, in diesem Heft). Die Wasserführung der Festgesteine im Untergrund ist bisher nicht erkundet. Wasserwegsamkeiten sind am ehesten im Bereich der Kalksteine und an Verwerfungen zu erwarten, die noch während der Tertiärzeit aktiv waren. Fließbewegungen lassen sich bisher jedoch weder messen noch räumlich verfolgen.

Zum Zeitpunkt der Wasseraustritte im Tagebau Hambach wurden Stimmen laut, dass – trivial ausgedrückt – die Aachener Thermalquellen versiegen könnten, weil man beim bisherigen Kenntnisstand davon ausgehen musste, dass die devonzeitlichen Schichtenfolgen sich im Untergrund des Niederrheingebietes fortsetzen und mit jenen des Bergischen Landes verknüpft werden können (Abb. 4).

Folgt man dieser Vorstellung, so sind im tiefen Untergrund des Tagebaus Hambach, zumindest in Teilbereichen, möglicherweise massige Kalksteine des Ober- und Mitteldevons zu erwarten. Nimmt man eine direkte Auswirkung der Wasseraustritte des Tagebaus Hambach an, muss man eine hydraulische Verbindung beider Gebiete über klüftige, devonische Kalksteine voraussetzen. Abbildung 4 deutet an, dass eine solche Verbindung theoretisch existieren könnte. Ist die Schichtenfolge nicht oder nicht durchweg kalkig entwickelt, ist eine direkte Beeinflussung der weiteren Umgebung und damit der Aachener Thermalquellen auszuschließen. Sollten Kalksteine vorhanden sein, so könnte die Verbindung der Kalksteine nur durch die großen Nordwest – Südost streichenden Verwerfungen der Niederrheinischen Bucht unterbrochen werden.

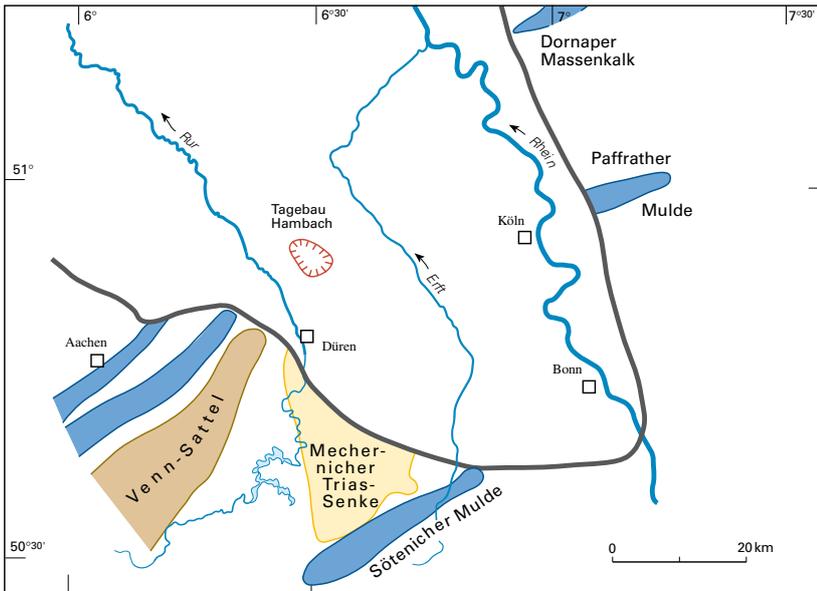


Abb. 4  
Niederrheinische Bucht mit den angrenzenden Festgesteins-Ausstrichen in der Eifel und im Bergischen Land (Entwurf Geologischer Dienst NRW)

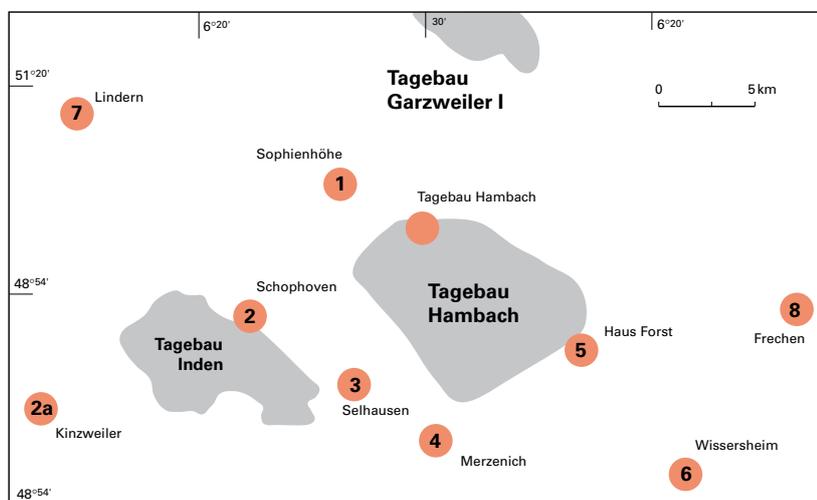
Neben eventuellen Druckentlastungen in den Festgesteinsaquiferen der Niederrheinischen Bucht und der Eifel wäre auch eine Beeinflussung der mesozoischen Grundwasserleiter südlich Düren denkbar. Aufgrund fehlender Tiefenmessstellen ließ sich eine mögliche Beeinflussung weder ausschließen noch bestätigen.

Aus dem bisher Gesagten lässt sich leicht ableiten, dass der

Wunsch nach einer besseren Erkundung des Untergrundes der Niederrheinischen Bucht die Ansprüche formulierte. Diesen Gedanken machten sich auch die den Braunkohleabbau beaufsichtigenden Behörden zu eigen.

Im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis nach § 7 Wasserhaushaltsgesetz für den Tagebau Hambach wurde festgeschrieben, wie die Auswirkungen der Sumpfung des Tagebaues zu beobachten sind und in diesem Zusammenhang das vorhandene Netz der Grundwassermessstellen durch in das Grundgebirge reichende, tiefe Messstellen zu ergänzen sei. In mehreren Arbeitskreisen und in Kontakten mit allen beteiligten Behörden – hier sind zu nennen das LOBA NRW (Landesoberbergamt NRW, heute Abteilung 8: Bergbau und Energie in NRW der Bezirksregierung Arnsberg), das Bergamt Düren, das GLA NRW (Geologisches Landesamt NRW, Krefeld, heute Geologischer Dienst NRW) die StUÄ (Staatliche Umweltämter) Aachen und Bonn, der Regierungspräsident Köln (heute Bezirksregierung Köln) und die RWTH (Technische Hochschule) Aachen mit Prof. LANGGUTH, der als Gutachter für das MURL (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft) eingeschaltet war – wurden Gespräche geführt. Als Ergebnis konnten die Bohransatzpunkte (s. Abb. 5), die voraussichtlichen Endteufen, das Bohrverfahren und der Ausbau zur Grundwassermessstelle bzw. die zu verfilternden Horizonte festgelegt werden.

Ziel dieser Bohrungen (s. Tab. 1) war es, den Untergrund geologisch zu erkunden – möglichst mit Probenahme des Grundgebirges, um eine Alterszuordnung zu gewährleisten – Aufschluss über die Struktur des Untergrundes zu gewinnen und eine Einordnung in den tektonischen Großbau zu ermöglichen. Die Bohrungen sollten 50 m bis ins Festgestein niedergebracht werden, wobei zu Beginn nicht vorhersehbar war, ob eine Verwitterungszone auf dem Festgestein zu erwarten war. Schließlich einigte man sich auf mindestens 40 m anstehendes Festgestein als Zielgröße.



Alle Bohrungen sollten geophysikalisch gemessen werden. Als Messverfahren wurden durchgeführt: Elektrische Leitfähigkeit, Widerstand (DIL), radioaktive Eigenstrahlung (SL) und Dichte (Dens). Im Festgestein wurde zur Erkundung des

Abb. 5  
Lage der durchgeführten Bohrungen (Entwurf Geologischer Dienst NRW)

Tabelle 1  
Daten der durchgeführten Bohrungen

GLA Nr.	Projekt Nummer	Bezeichnung	Peilrohre	Planteufe	Ist-Teufe
-	121/704	Tgb. Hambach	3	860	722
1	46/706	Sophienhöhe	3	1 000	853,5
2	50/616	Schophoven	3	760	775
2a	28/616	Kinzweiler 1	3	100	67,5
3	29/616	Selhausen	5	675	825
4	30/616/2	Merzenich	3	875	818
5	45/706	Haus Forst	3	1 070	1 052
6	47/706	Wissersheim	5	1 050	845,8
7	31/616	Lindern	6	1 040	1 000
8	11/507	Frechen-Kippe	6	420	460
Summe in m			<b>23 678</b>	<b>7 850</b>	<b>7 419</b>

Schichteinfallens und der Struktur Diplogs gefordert und auch gefahren. Alle Bohrungen sollten zu Grundwassermessstellen ausgebaut werden. Als zu verfilternde Horizonte waren das Festgestein und die beiden tiefsten Grundwasserleiter im Tertiär vorgesehen.

### 3 Bohrtechnik

Grundsätzlich lassen sich alle geologischen und hydrologischen Bedingungen erfüllen, indem eine Bohrung im Lufthebebohrverfahren abgeteuft wird. Es gewährleistet eine gute Probenahme und bietet genügend Raum für den Einbau mehrerer Peilrohre. Da bei Bohrungen in unmittelbarer Nähe des Tagebaus bzw. im Tagebauvorfeld jedoch mit totalen Spülverlusten zu rechnen ist, die das Lufthebebohrverfahren ausschließen, sollte ein Teil der Bohrungen im Spülbohrverfahren – Rotaryverfahren – abgeteuft werden. Hier war es dann erforderlich, dass im Bereich des Grundgebirges zur Probenahme gekernt wurde. Im bohrtechnischen Teil wird noch näher darauf einzugehen sein.

Ein spezieller Aspekt dieser Bohrungen ist ihr Ausbau zu Grundwassermessstellen. Bei Rheinbraun sind das in der Regel Mehrfachmessstellen. Das Ausbaumaterial ist üblicherweise 2“ verzinktes Stahlrohr. Bei Pegeln, die eine Gütebeprüfung erfordern, sind diese 2“ Rohre außen mit einem PE-Überzug versehen und innen beschichtet. Der Übergang zwischen den Rohren ist eine Doppelmuffe (Abb. 6), die ebenfalls innen beschichtet ist. Als Filter werden Kiesklebefilter mit Außenschutz eingebaut (Abb. 7). Dieser Außenschutz bewirkt, dass bei dem Aneinandervorbeigleiten mehrerer Peilrohre die Kiesbeklebung nicht abgeschert wird.



Abb. 6 Peilrohre mit Doppelmuffe Mapec-Vetco



Abb. 7 Kiesklebefilter Hagulit



Abb. 8 Einbau der 4" Pegelrohre

Für eine qualifizierte Probenahme, z. B. für Isotopenuntersuchungen aus großen Teufen, waren zunächst größer dimensionierte Peilrohre in der Diskussion. Zum einen hätte dies aber bedeutet, dass in den Spülbohrungen nur ein größer dimensioniertes und ein 2" Rohr von den Platzverhältnissen her unterzubringen gewesen wäre. Zusätzlich stellte sich heraus, dass handelsübliche 3" oder 4" Rohre für den Einsatz in Teufen größer 1 000 m nicht zur Verfügung standen. Die Versuchsabteilung Rheinbrauns entwickelte dann mit der Fa. Mannesmann ein 4" Stahlrohr verzinkt – nach DIN 2441 – mit Doppelmuffe, in der Art und Weise wie auch 2" Rohre gefertigt werden (Abb. 8). Zum Einsatz kam jedoch nur ein 4" Peilrohr in einer Bohrung, die auf Wunsch des Gutachters Prof. LANGGUTH in möglichst nahem Abstand zu den Wasseraustrittsstellen niedergebracht wurde.

### 3.1 Anforderungen und Planung

Die dem Bohrbetrieb der Rheinbraun (BOWA) vorgegebene Aufgabenstellung fasst die Abbildung 9 zusammen. Wie oben bereits geschildert, sollten die Bohrungen je nach Örtlichkeit in zwei verschiedenen Bohrverfahren abgeteuft werden. Die projektierten Endteufen waren für beide Bohrverfahren ähnlich, so waren beim Lufthebeverfahren ca. 1 000 m und beim Direktspülverfahren ca. 1 100 m in der ersten Planung als Endteufe zu erwarten. Die Endteufe war dann erreicht, wenn mindestens 40 m des Grundgebirges erbohrt worden waren. Beim Lufthebebohrverfahren musste die geologische Schichtansprache durch eine saubere und kontinuierliche Probenahme gewährleistet werden. Da die Probenahme beim Direktspülverfahren für eine qualifizierte Schichtansprache ungenügend ist, war hier die Forderung, das Grundgebirge mit einem Mindestdurchmesser von 60 mm zu kernen. Als Pegelausbau waren 5 bzw. 3 Peilrohre vorgegeben und bestimmten damit auch direkt die Bohrloch- enddurchmesser.

Abb. 9

Aufgabenstellung und Planungsschritte

#### Technische Durchführung

Aufgabenstellung an den Bohrbetrieb:

##### 1. Lufthebeverfahren

- Abteufen einer ca. 1 000 m tiefen Pegelbohrung bis 50 m ins Grundgebirge hinein.
- Pegelausbau 5 Stück 2" Peilrohre
- Bohrdurchmesser 330 mm
- Kontinuierliche Probenahme zur geologischen Ansprache des Gebirges.

##### 2. Direktspülverfahren

- Abteufen einer ca. 1 100 m tiefen Pegelbohrung bis 50 m ins Grundgebirge hinein.
- Pegelausbau 3 Stück 2" Peilrohre
- Bohrdurchmesser 200 mm
- Das Grundgebirge ist mit einem Kerndurchmesser von min. 60 mm zur geologischen Ansprache zu kernen.

##### 3. Planungsschritte

- Erstellung eines Bohrkonzpts
- Auswahl der Bohranlage und der Bohrausrüstung
- Auswahl des noch zu beschaffenden Bohrzubehörs
- Bestimmung der Bohrspülung

Eine wesentliche Aufgabe bestand bereits bei der bohrtechnischen Planung darin, die Kosten so gering wie möglich zu halten, einmal in Bezug auf das Bohrkonzept, aber auch auf das vom Bohrbetrieb für das Projekt noch zu beschaffende Bohrzubehör.

Zunächst wird die Planung für das Direktspülverfahren beschrieben, da hier umfangreiche Vorbereitungen nötig waren. Die Pegel- und Untersuchungsbohrungen, die üblicherweise im Rheinischen Braunkohlenrevier abgeteuft werden, erreichen die oberen Liegendhorizonte der Braunkohle und bestimmen damit die maximale Endteufe von ca. 700 m im Vorfeld des Tgb. Hambach. Diese Bohrungen werden teilweise ganz oder abschnittsweise gekernt, wobei es sich ausnahmslos um Lockergestein handelt. Durch die langjährige Bohrtätigkeit in unserem Revier waren uns im wesentlichen die anstehenden „Problemzonen“ bekannt:

- **Rotton-Serie**  
Die Rotton-Serie neigt in einigen Bereichen des Rheinischen Braunkohlenreviers dazu, zu quellen bzw. nachzufallen – auf diese Situation musste spülungstechnisch reagiert werden.
- **Braunkohlenflöze**  
Beim Erreichen der Braunkohlenflöze tritt in aller Regel ein totaler Spülverlust ein – hier war über eine geeignete Maßnahme nachzudenken.
- **Grundwasserspiegel**  
Die hydraulischen Verhältnisse der sonst nie erbohrten, tiefen Liegendschichten mussten in die Überlegungen einfließen.
- **Festgestein**  
Das Kernieren im Festgestein ist mit der herkömmlichen Lockergesteinsausrüstung nicht möglich – hier musste die vorhandene Technik modifiziert werden.

Die hier aufgezeigten Problemzonen und die ergriffenen Maßnahmen sollen im Weiteren näher erläutert werden.

Beim Erreichen des Kohleflöztes tritt ein totaler Spülverlust ein, d. h. der Spülungskreislauf wird unterbrochen. Die Bohrwasserversorgung wird dann an die Standverrohrung angeschlossen und geöffnet. Der Wasserspiegel im Bohrloch pendelt sich hiernach je nach Größe der Spülverlustrate zwischen 30 und 90 m ein. Beim Fortsetzen der Bohrarbeiten muss nun der Spülcontainer kontinuierlich mit Wasser aufgefüllt und Bentonit zugemischt werden. Das jetzt anfallende Bohrgut wird bis Erreichen der Endteufe in die Spülverlustzone gezogen (Abb. 10).

Bei den Grundgebirgsbohrungen ist von der bisher bewährten Verfahrensweise abgewichen worden, in dem die Spülverlustzonen durch Zementinjektionen verschlossen wurden. Diese Maßnahme war notwendig, da bei den Grundgebirgsbohrungen, nach dem Erreichen der Spülverlustzone, eine wesentlich längere Bohrstrecke als sonst üblich abzuteufen war. Dadurch wäre ein extrem hoher Spülmittel-Bedarf, verbunden mit hohen Spülmittel-Kosten, entstanden. Desweiteren war es erforderlich, mit einer

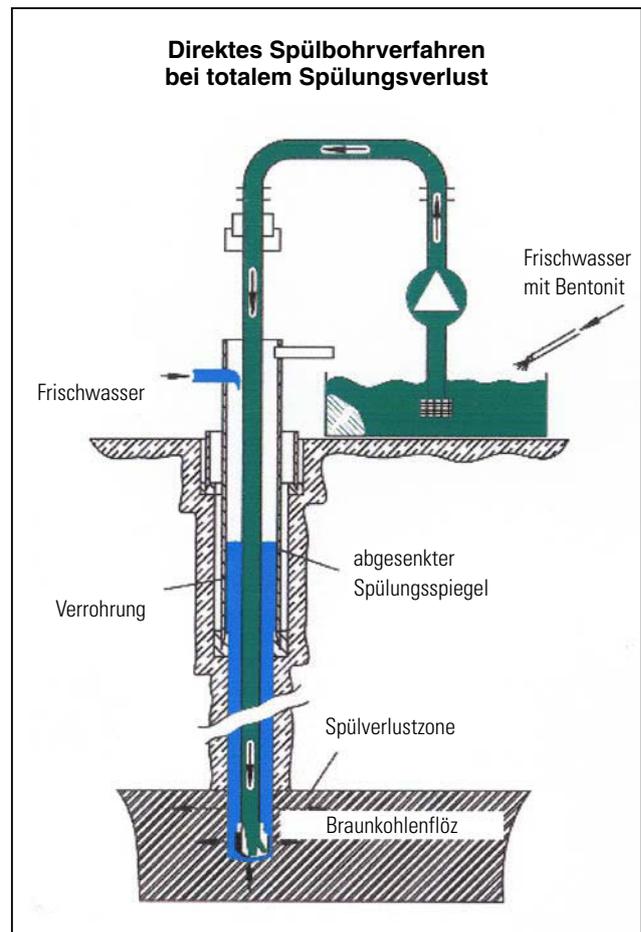


Abb. 10 Bohrtechnische Maßnahmen bei Spülungsverlust

Abb. 11 Bohrausrüstung des Spülbohrverfahrens

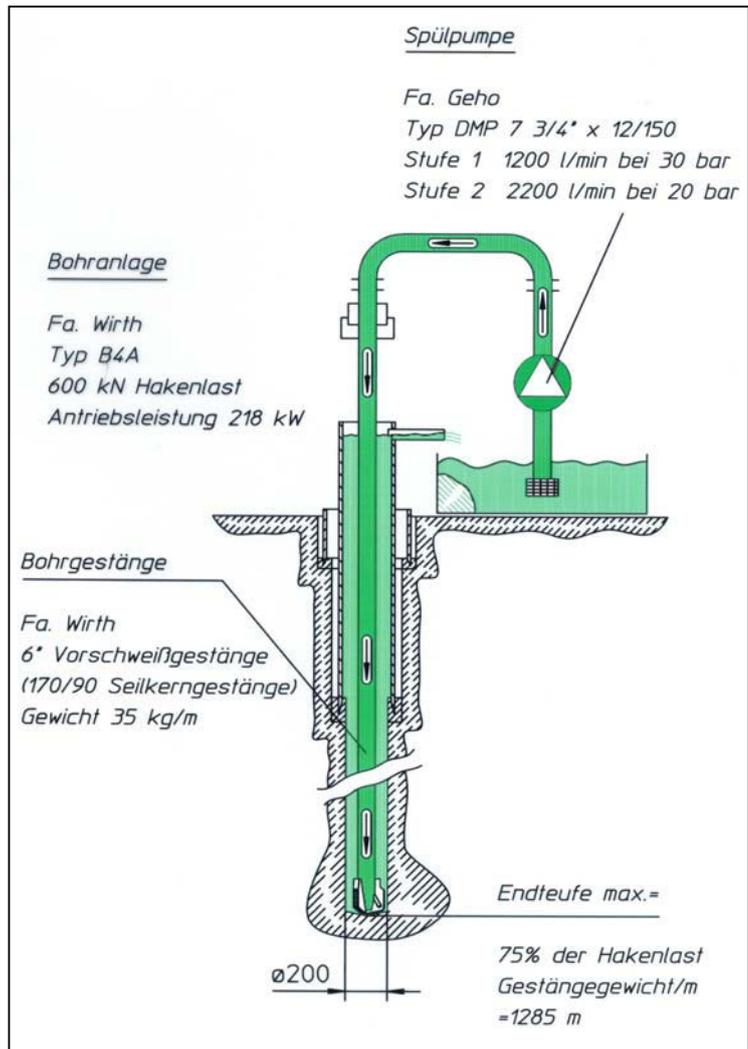
ausgereiften, bohrtechnisch einwandfreien Spülung das Grundgebirge zu kernen. Ganz entscheidend war für diese Maßnahme jedoch, dass das hydraulische Gleichgewicht in der Bohrung beim Durchteufen der nicht entwässerten Liegendschichten durch einen totalen Spülverlust nicht mehr kontrollierbar wäre.

Im engen Zusammenhang mit den Spülungsverlusten steht im Rheinischen Braunkohlenrevier der Einbau einer Standverrohrung. Der Bohrbetrieb vermeidet es jedoch, mit einer verlorenen Verrohrung zu arbeiten,

- weil dies ein hoher Kostenaufwand je Bohrung für die verlorene Rohrtour bedeutet,
- weil ein Einbau einer Grundwassermessstelle innerhalb des Verrohrungsgebietes nicht möglich ist und
- weil dies ein großes Abbauhindernis für die Tagebau-Großgeräte darstellt.

Bei der Erstellung des Verrohrungskonzepts für die Grundgebirgsbohrungen ist der Bohrbetrieb ganz bewusst ein kalkuliertes Risiko eingegangen, nämlich auf eine vollständige Verrohrung des Lockergesteins – wie sonst üblich – zu verzichten. Ansonsten hätte man mit der dem Bohrbetrieb zur Verfügung stehenden Bohrausrüstung die an das Projekt gestellten Aufgaben nicht realisieren können. Also ist bei den Grundgebirgsbohrungen für eine verlorene Verrohrung entschieden worden. Sie wurde nur bis zu einer Teufe von 150 m eingebaut und anschließend vollständig einzementiert.

Im nächsten Planungsschritt war die Wahl der Bohranlage und der Bohrausrüstung vorzunehmen. Die technischen Angaben können der Abb. 11 entnommen werden. Die ausgewählte Bohranlage (s. Abb. 12) ist



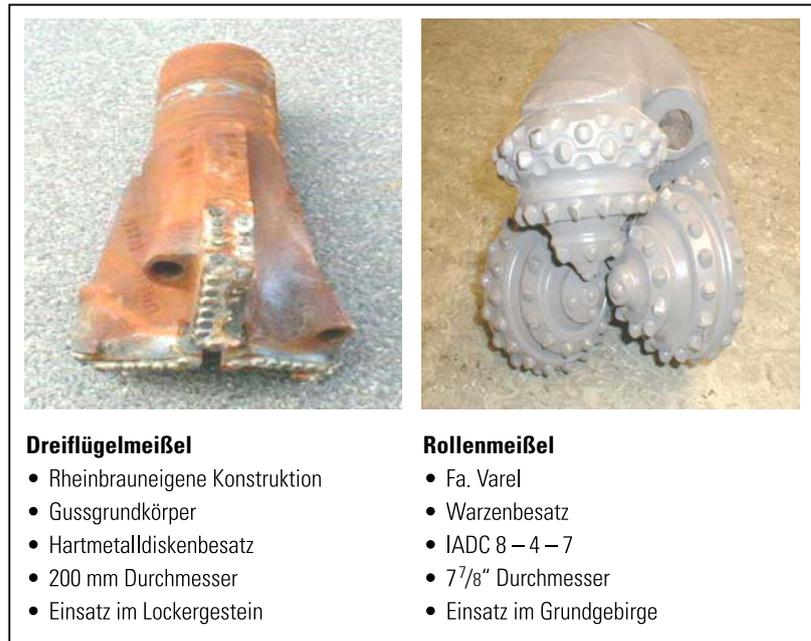
eine B 4A der Fa. WIRTH mit einer Hakenlast von 600 kN. Das verwendete Bohrgestänge ist ein 6“ Vorschweißgestänge, welches im Bohrtrieb üblicherweise zum Seilkernen eingesetzt wird. Eine theoretische Endteufe von 1 285 m ist in dieser Bohrerät/Bohrgestängekombination möglich. Die hier aufgeführte Spülpumpe der Fa. GEHO ist die Standardpumpe des Bohrbetriebs.

Abb. 12 Einsatzbereite Bohranlage 8541 auf der mit Baggermatratzen ausgelegten Baustelle: Bohranlage, Bohrgestängehänger, Spülpumpe, Bohrzubehör und Sozialcontainer

### 3.2 Technische Durchführung

Bei der Planung des eigentlichen Bohrzubehörs, war die Auswahl geeigneter Bohrmeißel hierbei unproblematisch (Abb. 13). Der Teufenbereich der gesamten Lockergesteinsformationen sollte mit dem Standard-Dreiflügelmeißel durchbohrt werden. Dieser Meißeltyp ist auf die speziellen Ansprüche im teilentwässerten Lockergestein ausgerichtet und ist eine Rheinbraun-Konstruktion. Zum Aufbohren der Kernstrecken in den Festgesteinsformationen wurde ein 7<sup>7/8</sup>“ Warzenmeißel eingesetzt.

Wesentlich aufwendiger war dagegen die Beschaffung der Festgesteinkernausrüstung. Die vom Bohrbetrieb eingesetzte Kernausrüstung arbeitet drehend/schlagend und ist im Laufe der Jahre zielgerichtet weiterent-



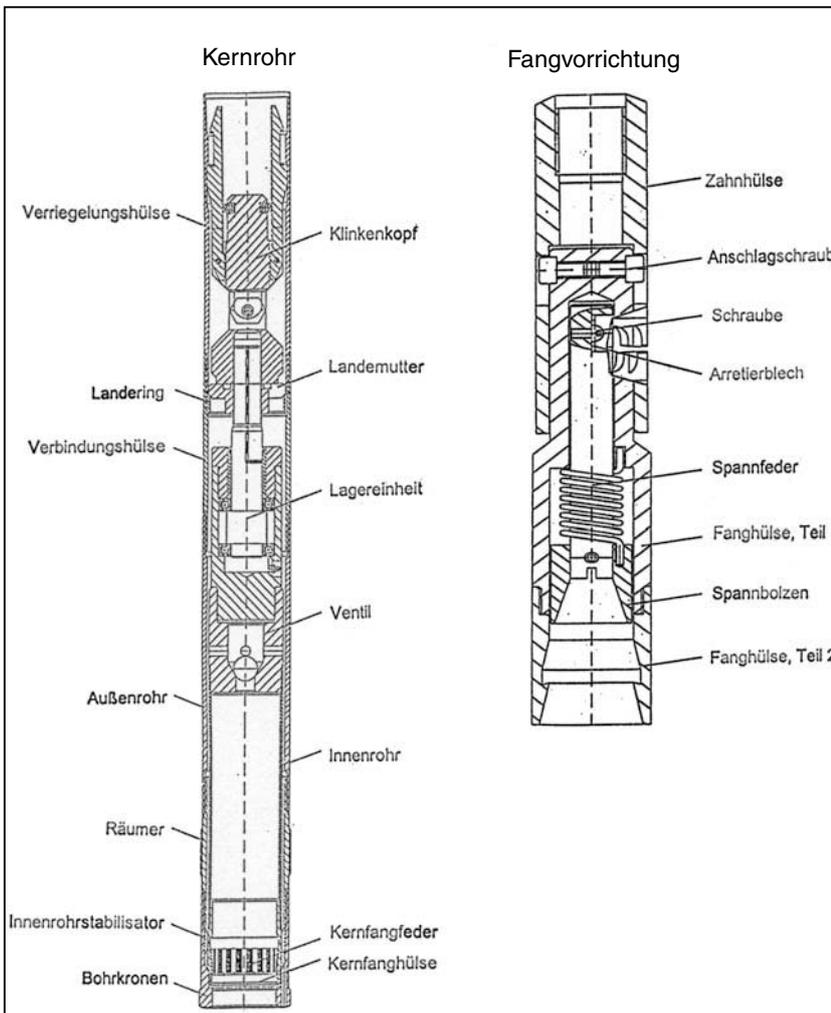
#### Dreiflügelmeißel

- Rheinbrauneigene Konstruktion
- Gussgrundkörper
- Hartmetallplattenbesatz
- 200 mm Durchmesser
- Einsatz im Lockergestein

#### Rollenmeißel

- Fa. Varel
- Warzenbesatz
- IADC 8-4-7
- 7<sup>7/8</sup>“ Durchmesser
- Einsatz im Grundgebirge

Abb. 13 Bohrmeißel (Dreiflügelmeißel, Rollenmeißel)



wickelt worden. Das Verfahren hat jedoch einen so speziellen Zuschnitt, wie ihn nur teilentwässerte Lockergesteinsformationen erfordern. Vor diesem Hintergrund musste über eine kostengünstige Lösung bei der Beschaffung der Festgesteinkernausrüstung nachgedacht werden. Die Vorstellung war, das vom Bohrbetrieb eingesetzte Seilkerngestänge mit einem Festgesteinskernrohr zu kombinieren, da bei einem Kauf eines komplett neuen Bohrstranges eine erhebliche Investition angefallen wäre (Abb. 14).

Gemeinsam mit der Fa. COMDRILL konnte diese Vorstellung umgesetzt werden. Das in der Prinzipskizze dargestellte Kernrohr CSK 146 wurde mit dem 6“ Vorschweißgestänge der Fa. WIRTH kombiniert und zu diesem Zweck lediglich der Verbinderbereich des Bohrgestänges um wenige Millimeter ausgedreht. Zum Einsatz kamen sonderangefertigte Diamantbohrkronen und Hartmetallräumer

Abb. 14 CSK 146 Seilkernsystem



Abb. 15 Sonderanfertigung Diamantbohrkronen und Hartmetallräumer

spezieller Bauart (s. Abb.15). Sie mussten mit einer breiteren Schneidlippe angefertigt werden, weil das 6“ Vorschweißgestänge im Durchmesser um 10 mm größer als das Kernrohr ist, und deshalb den minimalen Bohrdurchmesser bestimmt.

Überlegungen hinsichtlich der einzusetzenden Bohrspülung führten sehr schnell zu der Erkenntnis, die Grundgebirgsbohrungen mit den im Rheinischen Braunkohlenrevier bewährten Spülmitteln abzuteufen.

Die Spülbasis bildet ein aktivierter Calciumbentonit mit ausgewogenen rheologischen Eigenschaften für den Spezialtiefbau, welcher mit einem Gewichtsanteil von 8 % bis 15 % der Bohrspülung zugesetzt wird.

Stokopol 3812 wird als Additiv eingesetzt und verhindert die Quellung, den Nachfall und die Auskesselung von fast allen Tonen. Das Produkt wird nur in einigen Bereichen des Reviers gegen den Nachfall der Rotton-Serie eingesetzt. Alle Grundgebirgsbohrungen wurden jedoch präventiv unter Zugabe des Spülmitteladditivs abgeteuft.

Zur Behandlung der Spülverlustzonen und zur Erstellung von hydraulischen Abdichtungen wurde gemeinsam mit der Fa. ANNE-LIESE eine Zementmischung entwickelt. Der Rheinbraunmörtel (RBM BE) ist im Laufe der Jahre konsequent in bohrtechnischer, sowie aber

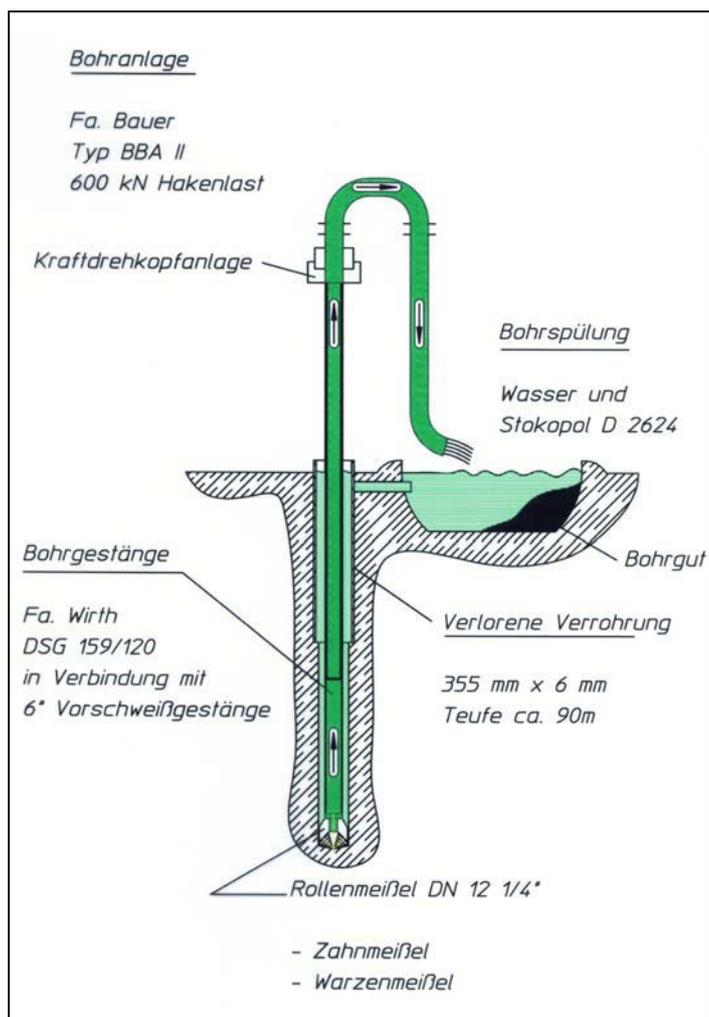


Abb. 16 Bohrausrüstung des Lufthebebohrverfahren

auch in ökonomischer Hinsicht weiterentwickelt worden. Er wurde bei Zementationen bis ca. 650 m Teufe bei den Grundgebirgsbohrungen eingesetzt. In größeren Teufen ist Portlandzement nach DIN 1164, in Verbindung mit einem Abbindebeschleuniger, verwendet worden, weil keine praktischen Erkenntnisse über das Abbindeverhalten des RBM BE bei Spülungsdrücken größer 60 bar vorliegen.

Die technische Planung der Lufthebebohrungen war für den Bohrbetrieb weniger aufwendig, da hier die Standardausrüstung eingesetzt werden konnte (Abb. 16). Die Lufthebebohrungen wurden mit einer Bohranlage der Fa. BAUER, Typ BBA60, mit ebenfalls 600 KN Hakenlast, abgeteuft. Das eingesetzte Gestänge, Doppelwandschraubgestänge und Vorbaugestänge, sind eine Fertigung der Fa. WIRTH. Die Klarwasserspülung wurde durch das Spülungsadditiv 2624 der Fa. STOCKHAUSEN – ebenfalls ein Toninhibitor – unterstützt. Im Unterschied zu den Standard-Lufthebebohrungen der Rheinbraun ist in diesem Projekt wieder mit einer verlorenen Verrohrung gearbeitet worden – auch, um im Falle eines Spülverlustes eine höhere Sicherheit für die Mitarbeiter und die Bohranlage zu gewährleisten.

## 4 Ergebnis

Im Zeitraum von April 1999 bis Februar 2000 konnten zehn Tiefbohrungen (s. Tab. 1, S. 13) gemäß der Projektplanung und mit vollem Erfolg durchgeführt werden. Die geologische Aufnahme der erbohrten Profile – insbesondere der Lockergesteine – erfolgte durch die BOWA der Rheinbraun AG. Die Schichtenprofile sind in den Abbildungen 17 – 26 (im Anhang) gemeinsam mit dem Pegelausbau dargestellt.

Als wesentliches Ergebnis der Untersuchungen ist hier schon festzuhalten, dass in allen Bohrungen kein devonischer Massenkalk, also kein verkarsteter Kluftgrundwasserleiter, angetroffen worden ist. Alle Bohrungen im näheren und weiteren Umfeld des Tagebau Hambach haben einen Festgesteinsuntergrund entweder aus wenig durchlässigen Devon-Gesteinen der Liegendschichten des Massenkalkes oder aus wenig durchlässigen Gesteinen des Oberkarbons angetroffen. Einzige Ausnahme ist die weiter entfernte Bohrung Kinzweiler 1, die innerhalb einer gestörten Gesteinsabfolge unterkarbonischen Kohlenkalk erbrachte.

## 5 Literatur

- HAGER, H. (1981): Das Tertiär des Rheinischen Braunkohlenreviers – Ergebnisse und Probleme. – Fortschr. Geol. Rheinld.u. Westf., **29**: 529 – 564; Krefeld.
- WREDE, V.; HILDEN, H. D. (1988): Geologische Entwicklung. – In: HILDEN, H. D. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein [4. Aufl.] – 142 S.; Krefeld (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen)
- RIBBERT, K.-H.; WREDE, V. (2005): Stratigrafische und tektonische Ergebnisse der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Tagebaus Hambach (Niederrheinische Bucht). – Scriptum, **13**: 33 – 60; 12 Abb., 1 Tab., 2 Taf. in der Anl.; Krefeld.
- SCHÄFER, A.; UTESCHER, T.; HOCHT, F. VON DER (1997): Klastische Sedimentsysteme im Tertiär der Niederrheinischen Bucht. – In: RICKEN, W. (Ed.): Exkursion E 4, SEDIMENT '97, 12. Sedimentologentreffen, 21. – 24. Mai 1997 am Geologischen Institut der Universität zu Köln. – Terra Nostra, **1997** (3): 68 – 113, Köln.
- SCHNEIDER, H.; S. THIELE (1965): Geohydrologie des Erftgebietes. – 185 S., 75 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Düsseldorf. (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Nordrh.-Westf.)

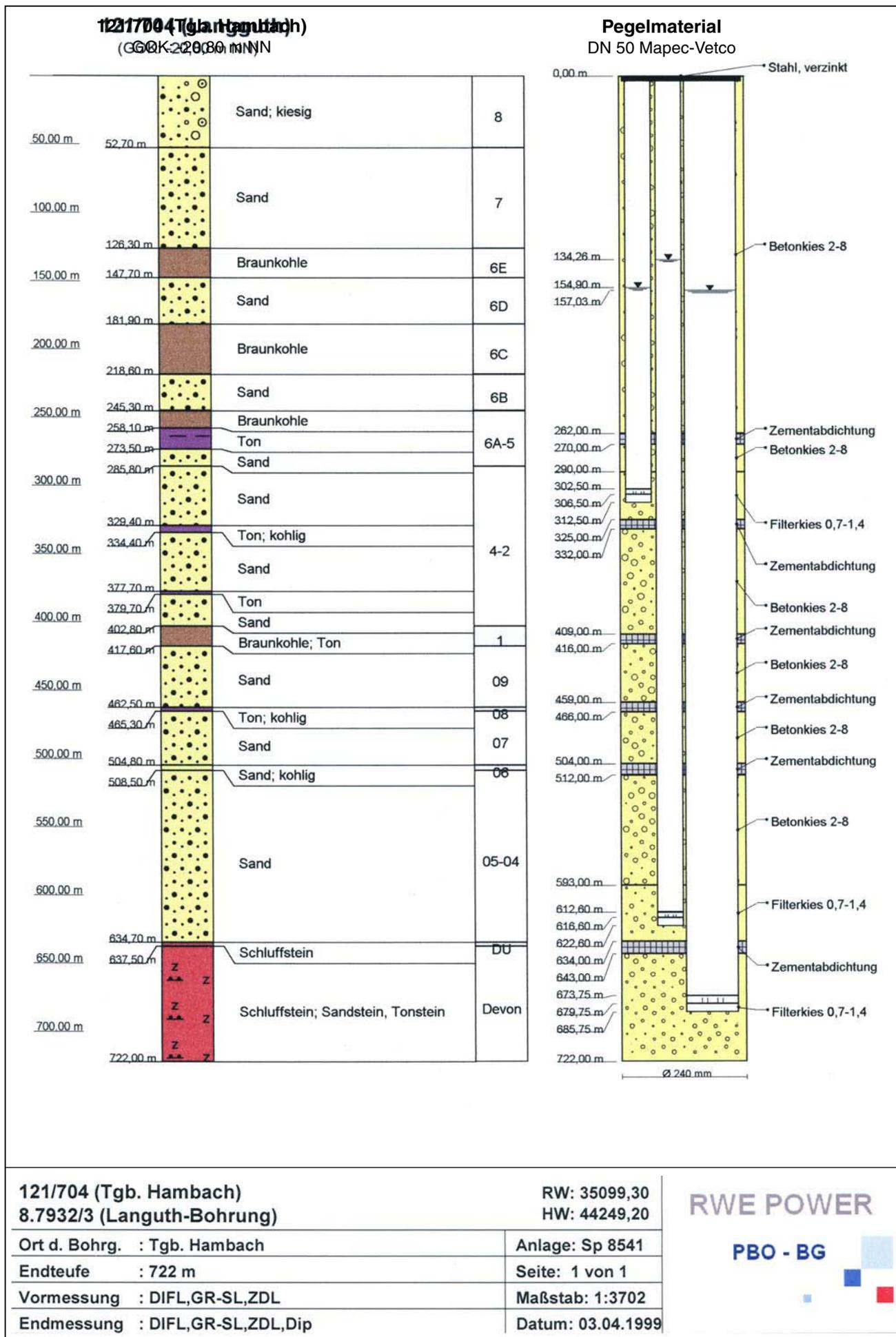


## **Anhang**

### **Schichtenprofile und Pegelausbau**

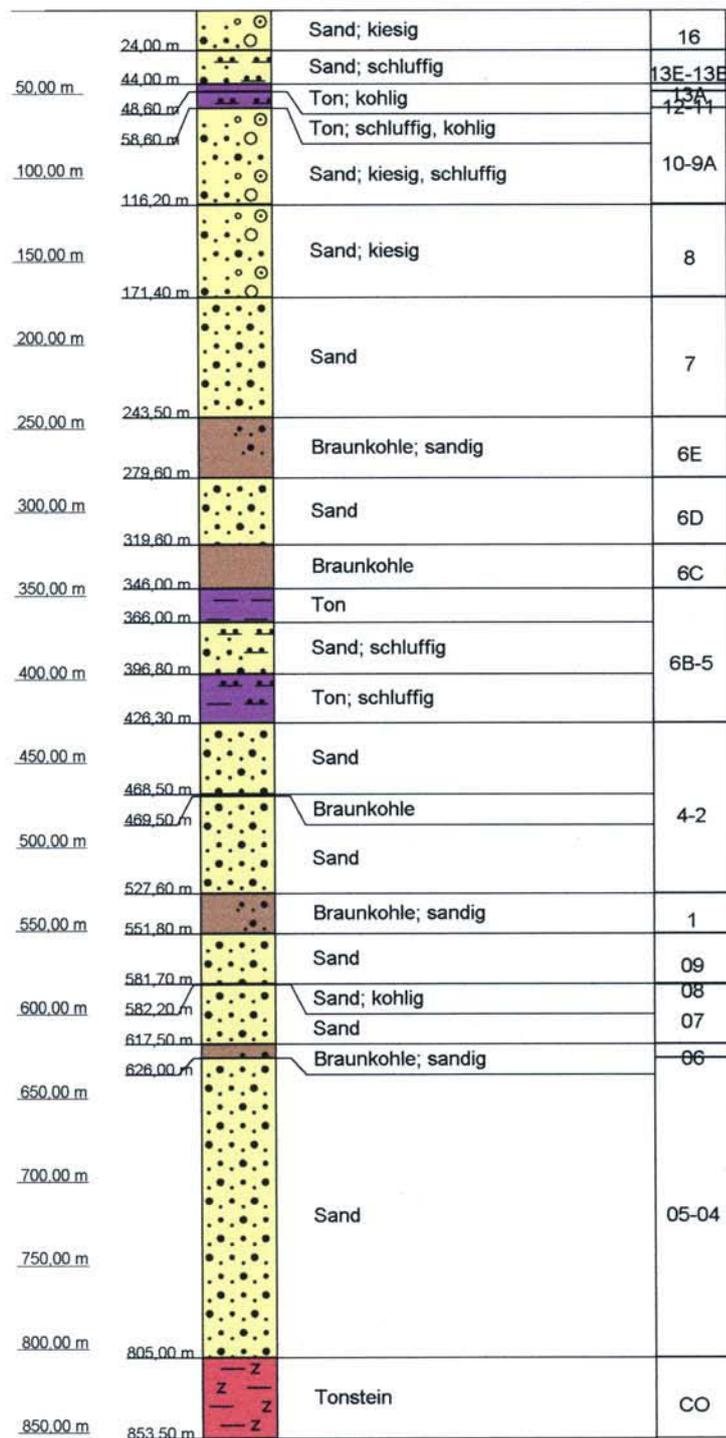
(Abbildungen 17 – 26)

Abb. 17	Tagebau Hambach (Languth-Bohrung) .....	22
Abb. 18	Sophienhöhe .....	23
Abb. 19	Schophoven .....	24
Abb. 20	Kinzweiler (1) .....	25
Abb. 21	Selhausen .....	26
Abb. 22	Merzenich .....	27
Abb. 23	Haus Forst .....	23
Abb. 24	Wissersheim .....	29
Abb. 25	Lindern .....	30
Abb. 26	Tagebau Frechen (Frechen-Kippe) .....	31

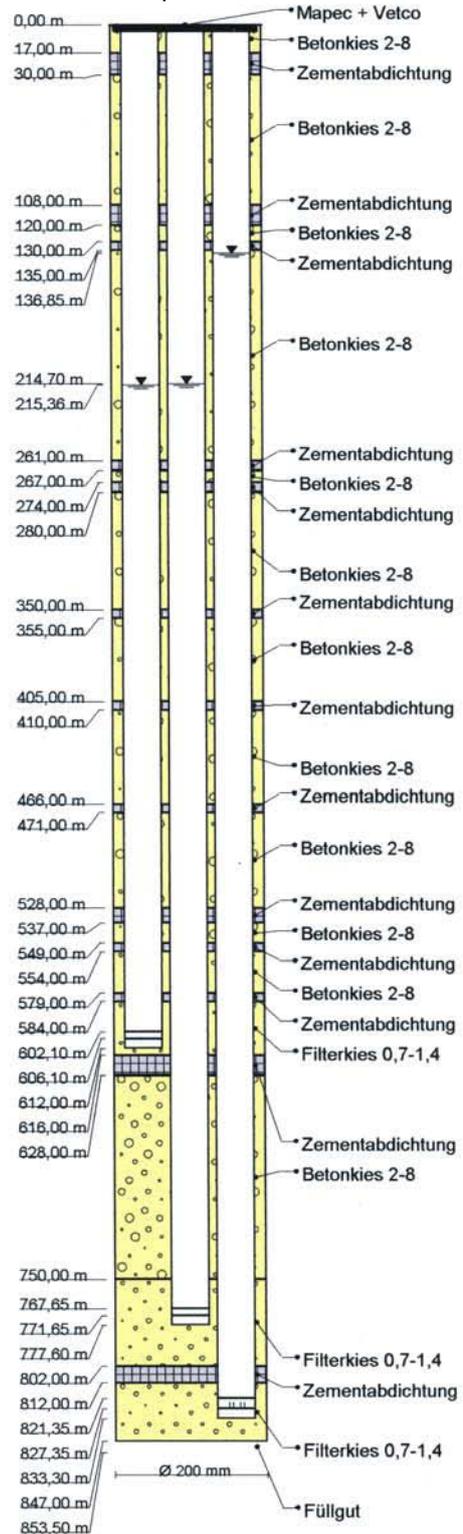


**46/706 (Sophienhöhe)**

(GOK: 87,80 m NN)

**Pegelmateral**

DN 50 Mapec-Vetco

**46/706 (Sophienhöhe)**  
**8.7950/3**RW: 31699,50  
HW: 46424,40

RWE POWER

Ort d. Bohrg. : Sophienhöhe

Anlage: Sp 8541

Endteufe : 853,5 m

Seite: 1 von 1

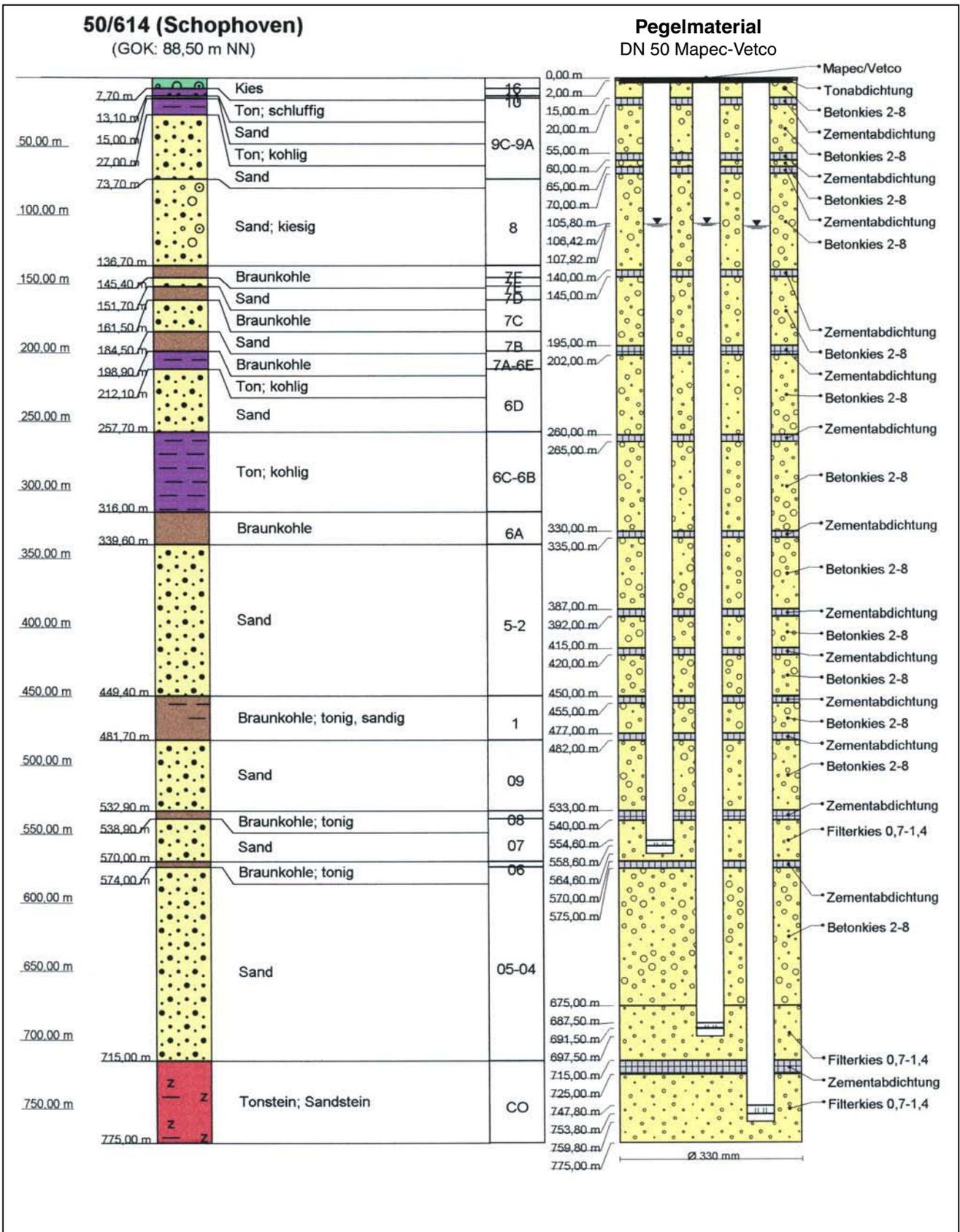
Vormessung : DIFL,GR-SL,ZDL

Maßstab: 1:4376

Endmessung : DIFL,GR-SL,ZDL,Dip

Datum: 01.09.1999

PBO - BG



50/614 (Schophoven)  
5.6138/3

RW: 26058,80  
HW: 39248,50

RWE POWER

Ort d. Bohrg. : Schophoven

Anlage: Sp 8517

Endteufe : 775 m

Seite: 1 von 1

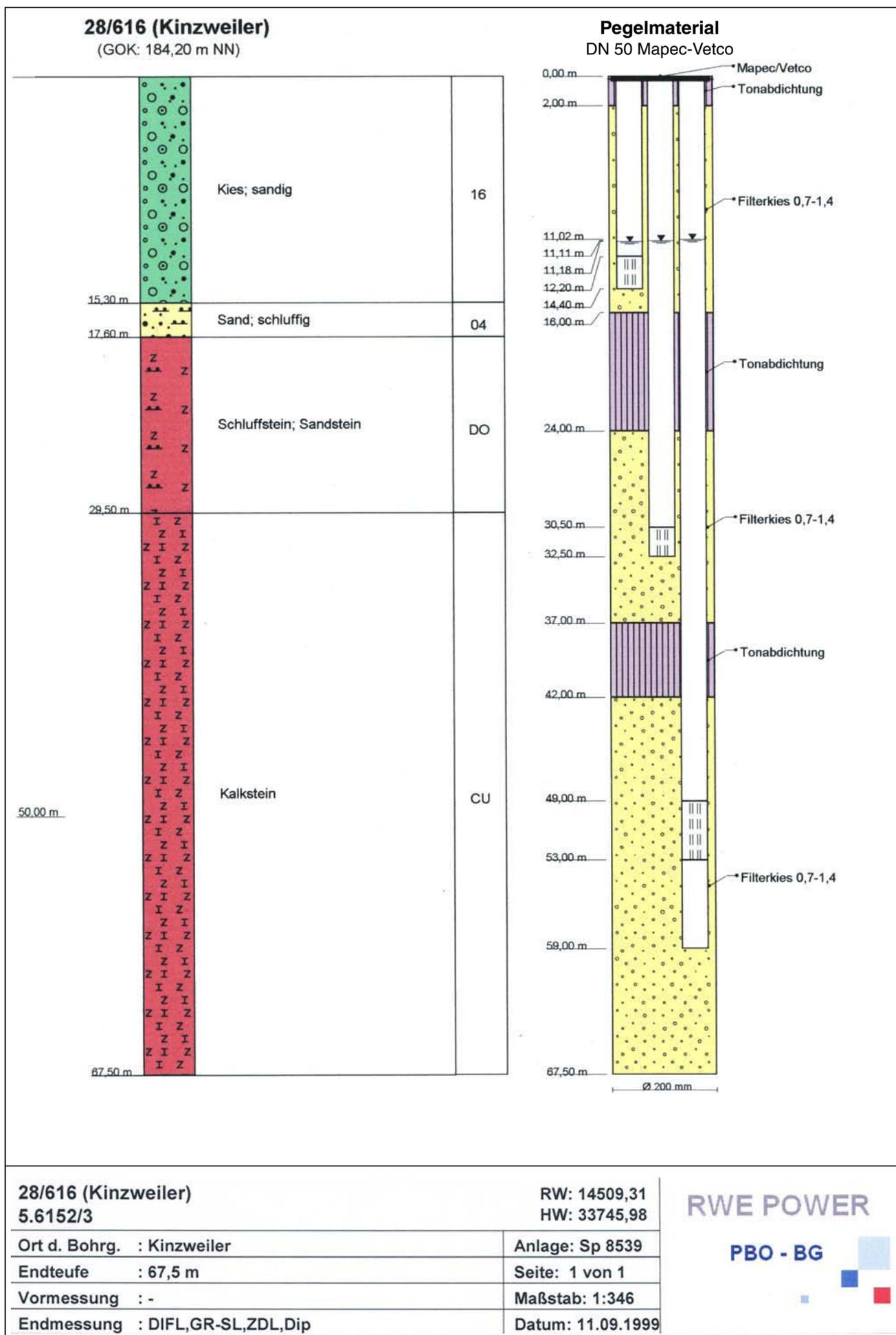
Vormessung : -

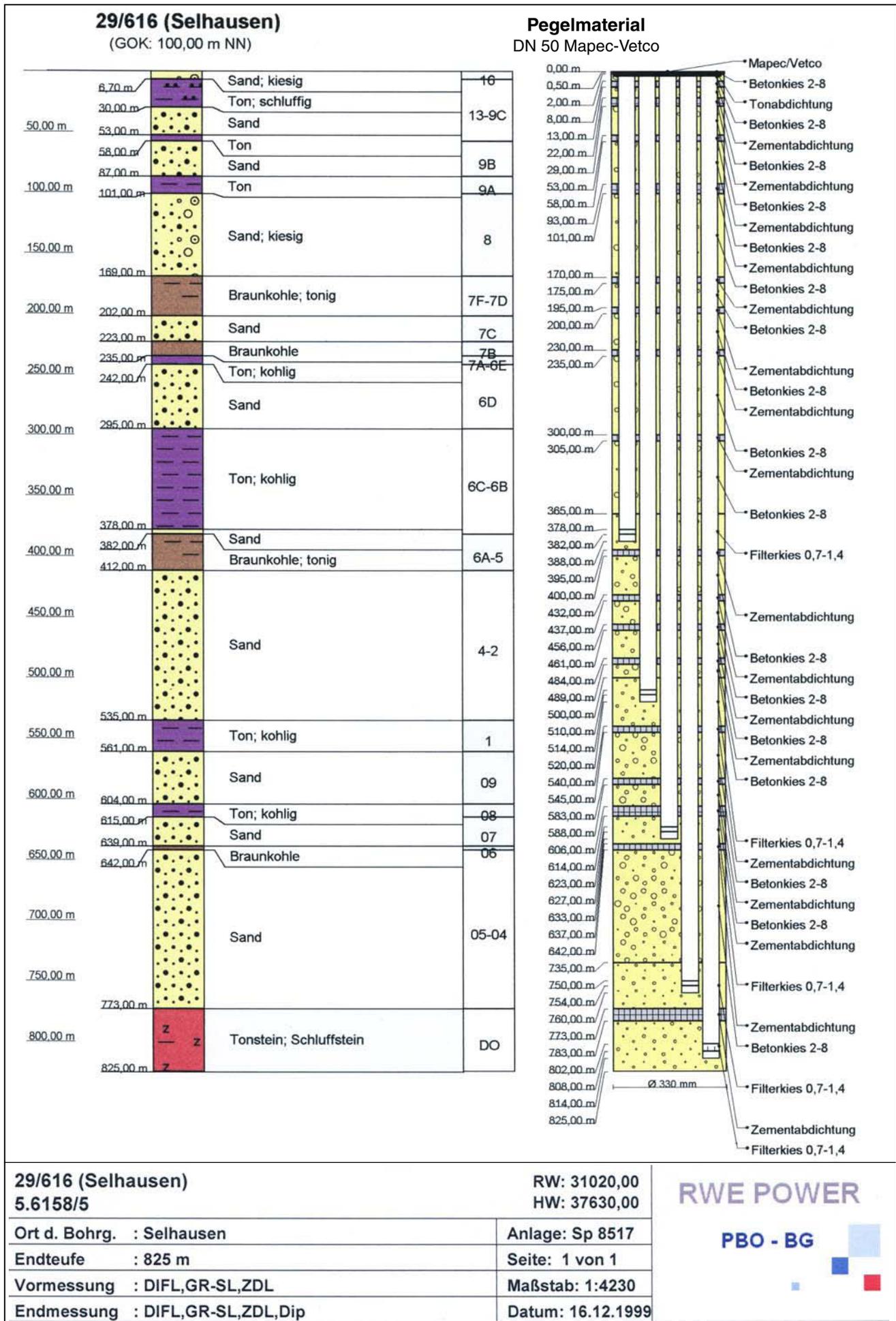
Maßstab: 1:4000

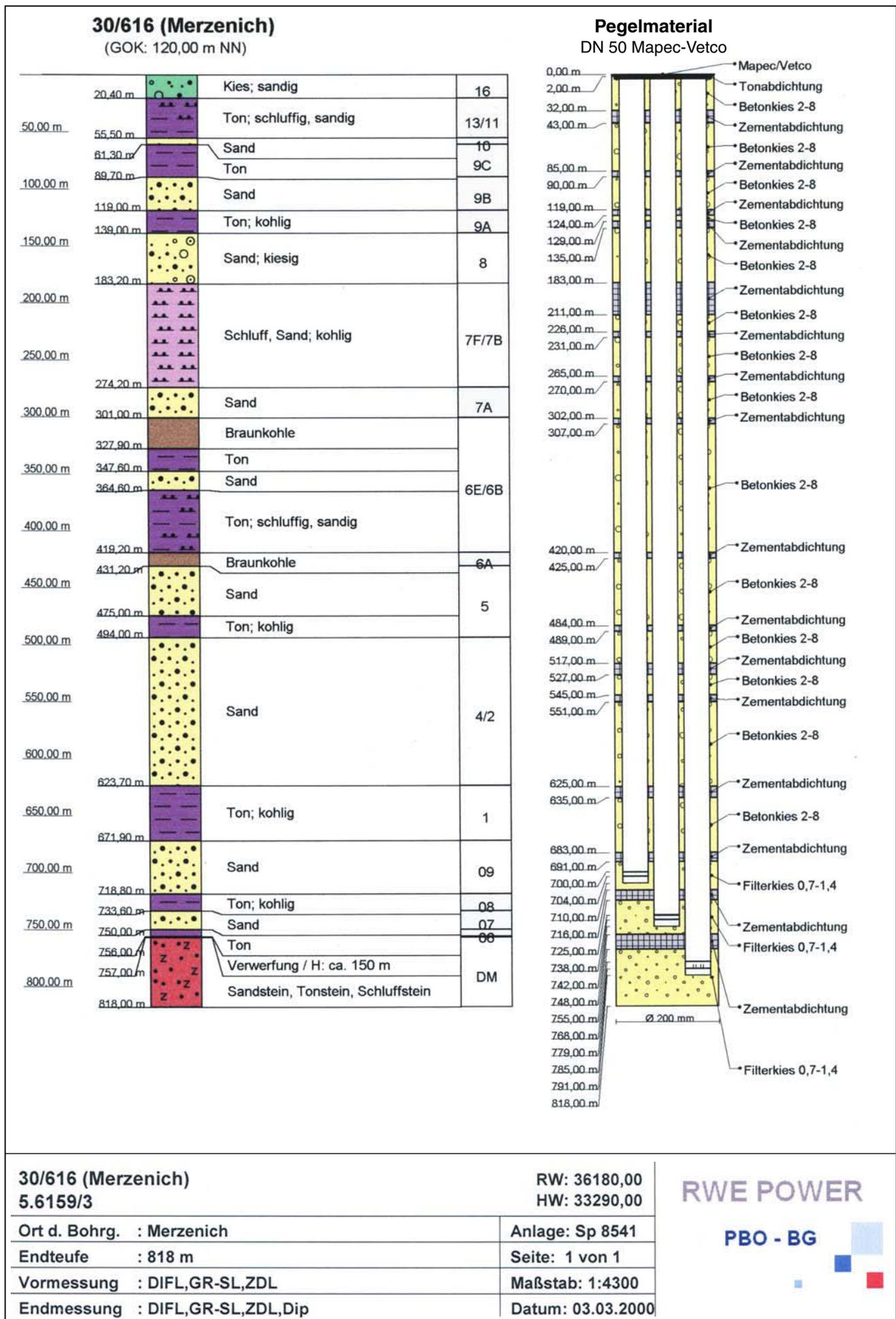
Endmessung : DIFL,GR-SL,ZDL,Dip

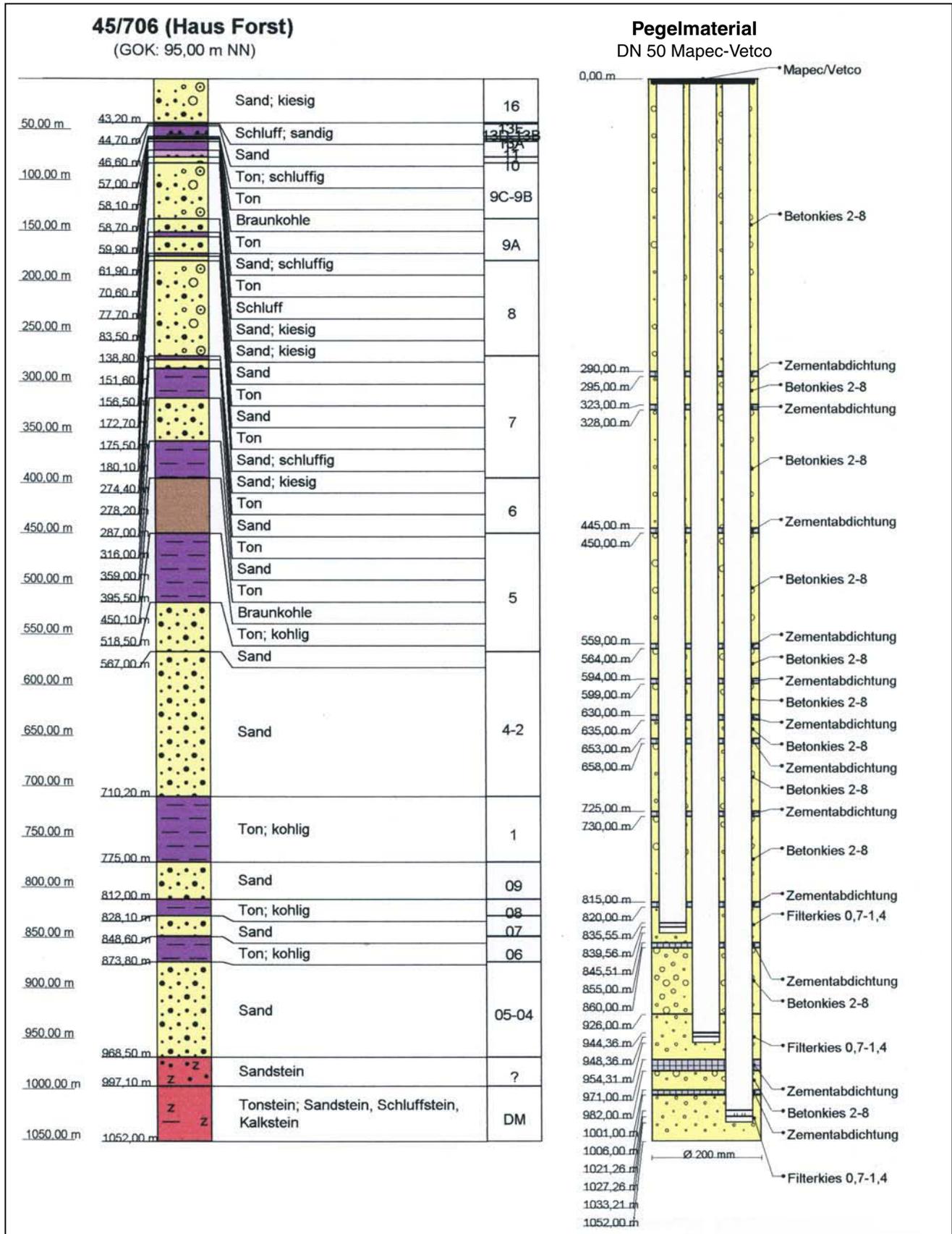
Datum: 02.10.1999

PBO - BG









<b>45/706 (Haus Forst)</b> <b>8.7945/3</b>	RW: 44020,00 HW: 37820,00
Ort d. Bohrg. : Haus Forst	Anlage: Sp 8541
Endteufe : 1052 m	Seite: 1 von 1
Vormessung : DIFL,GR-SL,ZDL	Maßstab: 1:5500
Endmessung : DIFL,GR-SL,ZDL,Dip	Datum: 19.11.1999

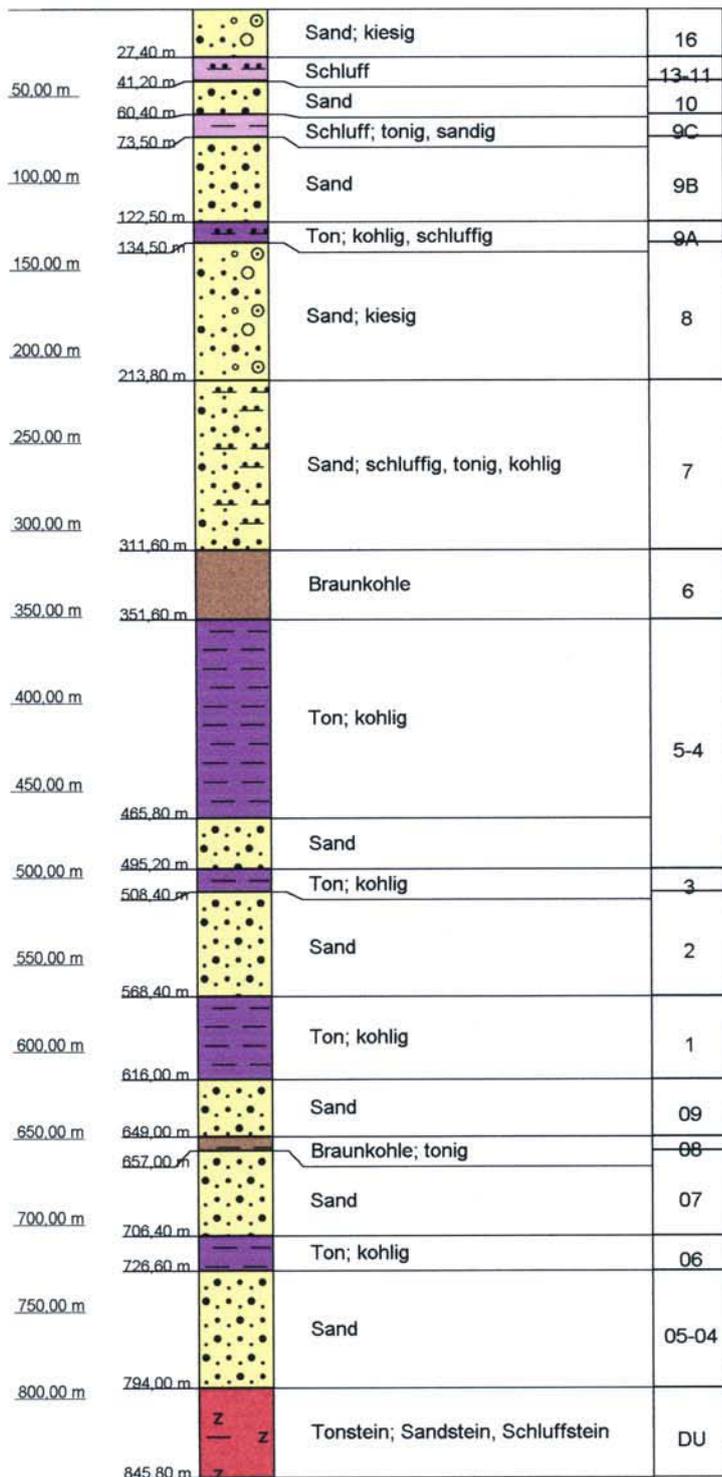
RWE POWER

PBO - BG

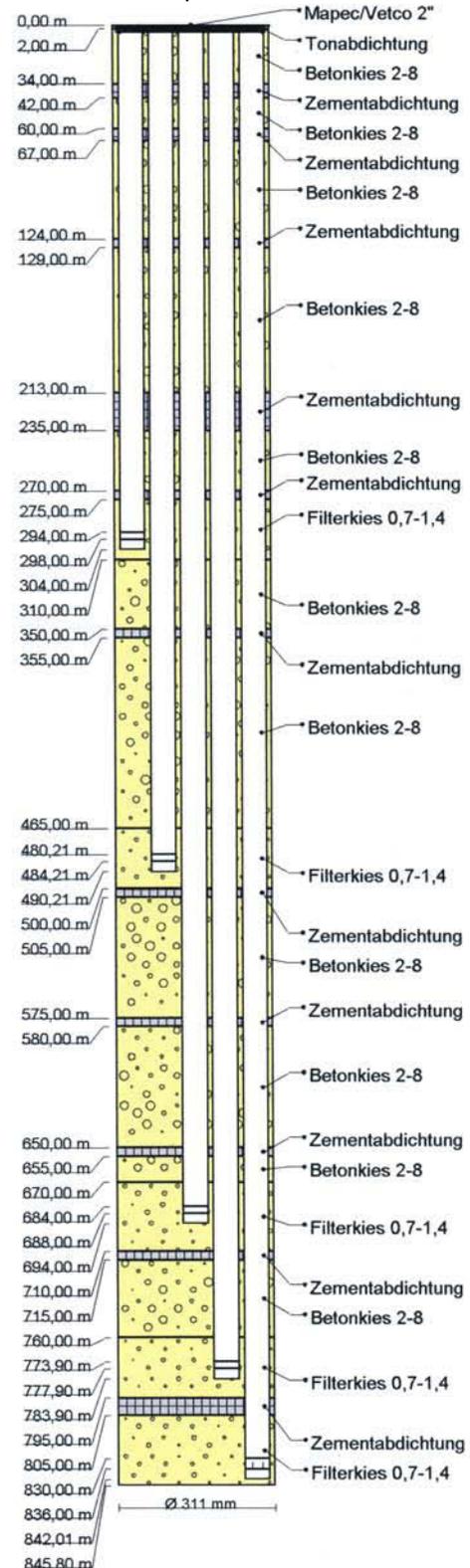


### 47/706 (Wissersheim)

(GOK: 119,00 m NN)



### Pegelmateral DN 50 Mapec-Vetco



47/706 (Wissersheim)  
8.7998/5

RW: 48125,00  
HW: 30425,00

RWE POWER

Ort d. Bohrg. : Wissensheim

Anlage: Sp 8517

Endteufe : 845,8 m

Seite: 1 von 1

Vormessung : DIFL,GR-SL,ZDL

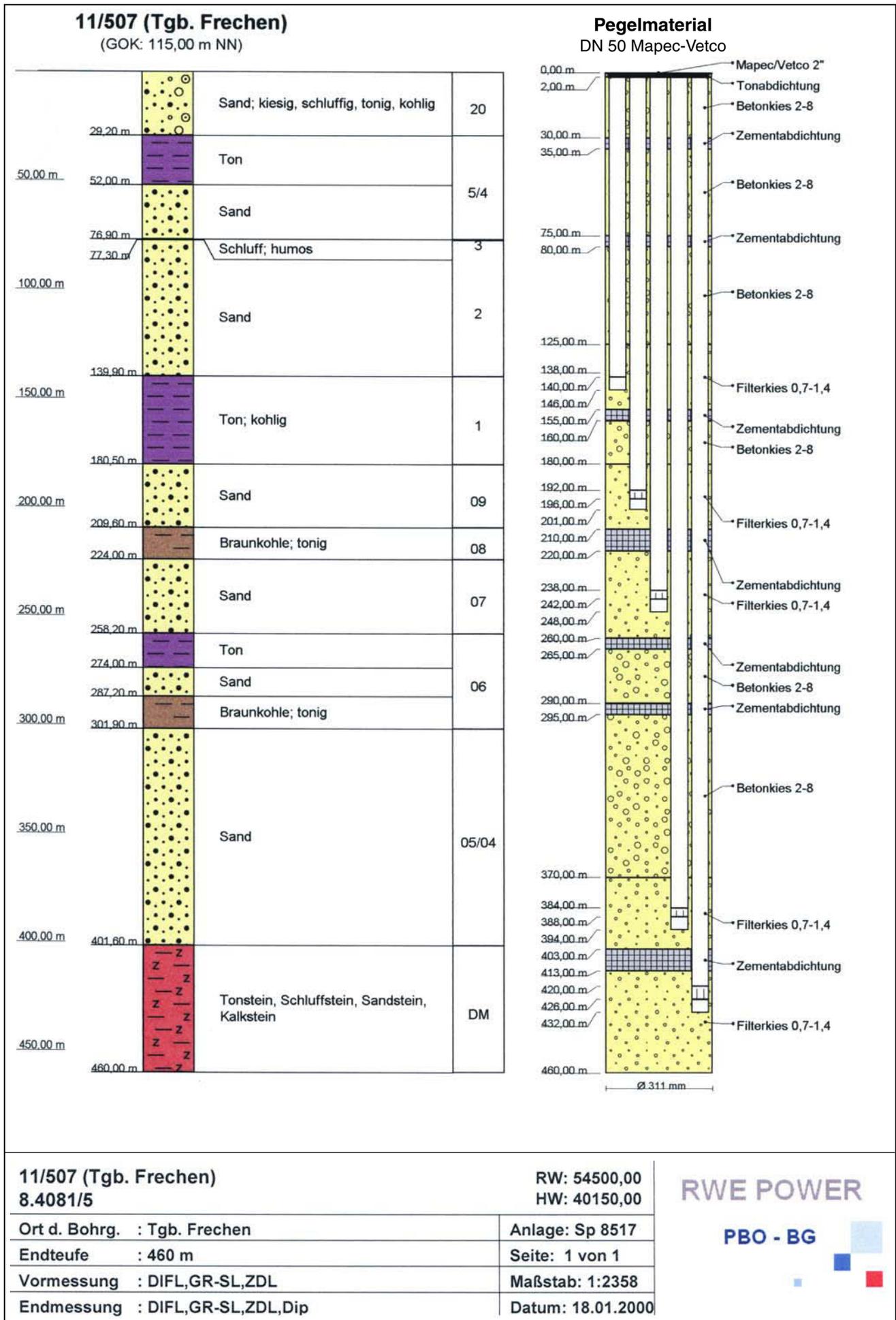
Maßstab: 1:4337

Endmessung : DIFL,GR-SL,ZDL,Dip

Datum: 16.11.1999

PBO - BG







scriptum	13	33 – 60, 12 Abb., 1 Tab., 2 Taf. in der Anl.	Krefeld 2005
----------	----	---	--------------

# Stratigrafische und tektonische Ergebnisse der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach

Von Karl-Heinz Ribbert und Volker Wrede\*

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Problemstellung und Ausgangsdaten</b> .....	33
<b>2</b>	<b>Das Bohrprogramm 1999/2000</b> .....	37
	2.1 Beschreibung der Bohrungen .....	37
	2.1.1 Tagebau Hambach .....	37
	2.1.2 Sophienhöhe .....	38
	2.1.3 Schophoven .....	40
	2.1.4 Kinzweiler 1 .....	41
	2.1.5 Selhausen .....	42
	2.1.6 Merzenich .....	43
	2.1.7 Haus Forst .....	44
	2.1.8 Wissersheim .....	46
	2.1.9 Lindern .....	46
	2.1.10 Frechen-Kippe .....	47
	2.2 Weitere neue und ältere Bohrungen .....	48
	2.3 Stratigrafisch-fazielle Zusammenschau .....	51
<b>3</b>	<b>Strukturgeologische Interpretation</b> .....	53
	3.1 Schnittserie und Karte .....	53
	3.1.1 Das Gebiet nördlich der Aachener Überschiebung .....	53
	3.1.2 Aachener Sattel und Aachener Überschiebung .....	53
	3.1.3 Inde-Synklinorium .....	54
	3.1.4 Venn-Sattel und Venn-Überschiebung .....	56
	3.1.5 Das Gebiet südöstlich des Venn-Sattels .....	57
<b>4</b>	<b>Tektonische Zusammenschau und Folgerungen</b> .....	57
<b>5</b>	<b>Literatur</b> .....	59

---

Anschrift der Autoren:

\* Dr. Karl-Heinz Ribbert und Dr. Volker Wrede, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –, De-Greif-Str. 195, D-47803 Krefeld

**Kurzfassung:** Zur geologischen Untersuchung des tiefen Untergrundes der südlichen Niederrheinischen Bucht hat die Rheinbraun AG, Köln (heute RWE Power AG), in den Jahren 1999 und 2000 zehn Tiefbohrungen abgeteuft. Ziel der Untersuchungen waren der weitgehend unbekannte Aufbau und die Verbreitung der paläozoischen Schichtenfolgen, die das Liegende der tertiärzeitlichen Schichtenfolge und der Rheinischen Braunkohlenlagerstätte bilden.

Die Tiefbohrungen gruppieren sich im wesentlichen um den Tagebau Hambach herum. Sie haben sowohl devonische wie auch karbonische Schichten angetroffen. In allen erbohrten Gesteinsfolgen dominieren Ton- und Schluffsteine sowie Sandsteine; massige devonische Kalksteine fehlen. Rotschiefer sind in den Bohrungen mit unter- und mitteldevonischen Schichten verbreitet. Im westlichen Untersuchungsgebiet sind sie häufiger und mit Konglomeraten vergesellschaftet, während sie im Osten seltener auftreten und gemeinsam mit geringmächtigen Karbonatgesteinen vorkommen. Mittels Conodonten, Korallen und Ostrakoden aus den Karbonatgesteinen sowie Sporen aus grauen Tonsteinen konnte das Alter der erbohrten Schichten ermittelt und eine Korrelation mit übertage anstehenden Schichten durchgeführt werden.

Die Bohrung Kinzweiler 1 schloss unterkarbonischen Kohlenkalk in einem stark gestörten Verband auf. Die Einstufung der erbohrten oberkarbonischen Schichtenanteile erfolgte teils nach Pflanzenassoziationen, teils mittels nicht-mariner Muscheln. Dabei ergab sich überraschenderweise ein Vorkommen von höherem Westfal B in der nordöstlichen Verlängerung des Inde-Synklinoriums.

Die Bohrungen wurden mit Hilfe von Dip-Messungen und tektonischen Kernaufnahmen strukturgeologisch interpretiert. Großräumig zeigte sich, dass sich die bereits früher postulierten großtektonischen Verbindungen zwischen den Strukturen des links- und rechtsrheinischen Schiefergebirges bestätigen lassen: Der Aachener Sattel linksrheinisch setzt sich in den Velberter Sattel rechtsrheinisch fort, der Venn-Sattel in den Remscheider Sattel. Das dazwischen liegende Inde-Synklinorium findet in der Herzkämper Hauptmulde seine Fortsetzung.

Der Venn-Sattel behält, soweit die Bohrungen hierüber eine Aussage zulassen, seine stark asymmetrische Form zumindest bis in den Raum Hambach bei: Im Norden tritt steiles Schichteinfallen und intensive Überschiebungstektonik auf, während nach Süden hin die Schichten nur wenig spezialgefaltet, relativ flach in Richtung auf die Verlängerung der Paffrather Mulde hin einfallen.

Das neue Gesamtbild der Tektonik des paläozoischen Untergrundes der Niederrheinischen Bucht trägt ebenso wie wichtige Einzelbeobachtungen an den Bohrungen wichtige Argumente bei zur Diskussion über die Natur der Überschiebungen am Nordeifelrand und damit zur Frage einer „thin-skinned“-Tektonik dieses Gebietes.

**Summary:** Between 1999 and 2000 ten boreholes have been drilled by Rheinbraun AG, Cologne (now RWE Power AG), to investigate the palaeozoic strata in the pre-Tertiary subsurface of the southern part of the Lower Rhine Embayment containing the Rhenish lignite deposit. Cause for this program was an unexpected discharge of deep groundwater into the Hambach open-cast mine.

Most of the boreholes are situated around the Hambach mine. The exposed strata are of Devonian as well as Carboniferous age and contain predominantly clay-, silt-, and sandstones. No massive Devonian limestones were found. Middle and Lower Devonian sections contain red shales. In the western part of the area they are more frequent and associated with conglomerates, while they are more rare in the eastern part, where they are accompanied by thin carbonate layers. Age determinations of the Devonian series were made by means of conodonts, corals and ostracodes isolated from carbonate material and spore assemblages in greyish claystones. Thus a biostratigraphically based correlation was established between the drilled Devonian strata and their respective equivalents in the surface outcrops.

The Kinzweiler 1 borehole exposed Dinantian limestone („Kohlenkalk“) within a tectonically disturbed sequence. The stratigraphic determination of the Silesian strata was based on plant assemblages and non-marine bivalves. Surprisingly, strata of upper Westphalian B age became evident in the northeastern extension of the Inde-Synclinorium.

The structural interpretation of the boreholes was based on diplogs and (as far as available) core investigation. In general view, the connections between the structures known from the Rhenish Mountains east and west of the Lower Rhine Embayment could be confirmed as they had been proposed before: The Aachen Anticlinorium in the west continues into the Velbert Anticlinorium in the north-east. Venn Anticlinorium and Remscheid-Altena Anticlinorium are identical, as well as Inde Synclinorium and Herzkamp Synclinorium.

As far as the boreholes give evidence, the Venn Anticline as an asymmetric structure continues towards north east at least to the Hambach area: Its northern flank displays steeply dipping strata and is intensively thrust-ted. The southern flank, in contrast, shows a gentle dip of strata towards the extension of the Paffrath Syncline.

The new model of the Palaeozoic subsurface of the Lower Rhine Embayment in general as well as important details of the boreholes may contribute to the discussion on the nature of the thrust belt on the northern rim of the Eifel Mountains and generally to the question of thin skinned tectonics in this area.

## 1 Problemstellung und Ausgangsdaten

Im November 1997 erfolgte ein Einbruch von Tiefen-Grundwasser in den Braunkohle-Tagebau Hambach. Eine Herkunft zumindest eines Teils des austretenden Wassers aus dem unterlagernden Paläozoikum konnte nicht ausgeschlossen werden. Auch die Frage, ob die eingeleiteten Sumpfungsmaßnahmen und die damit verbundene Druckentlastung im tiefsten Grundwasserstockwerk möglicherweise eine langfristige Beeinflussung der aus devonischen Kalksteinaquiferen gespeisten Aachener Mineralquellen bewirken könnten, ließ sich auf der Basis der vorliegenden Daten nicht eindeutig beantworten. Die geologische und hydrogeologische Aufarbeitung dieses Vorfalles zeigte vielmehr, dass die Kenntnis über den paläozoischen Festgesteinsuntergrund in der zentralen Niederrheinischen Bucht vermehrungsbedürftig war.

Insbesondere der genaue Verlauf von Karbonatgesteins-Aquiferen unter den grundwasserführenden und in Sumpfung befindlichen quartär- und tertiärzeitlichen Lockersedimenten war nicht bekannt. Solche verkars-teten und grundwasserreichen Aquifere sind in den übertägigen Randbereichen der südlichen Niederrheinischen Bucht in Gestalt der Aachener Kalkzüge (Massenkalk des Devon und Kohlenkalk des Unterkarbon), einer möglichen Fortsetzung der Eifeler Kalkmuldenzone nach Norden, der Paffrather Mulde (Massenkalk) und dem Wuppertal-Dornaper Massenkalkzug vorhanden (s. Abb. 1).

Im gesamten, etwa 150 km<sup>2</sup> großen Gebiet zwischen Köln im Osten und Düren im Westen existierten südlich einer etwa von Aachen nach Düsseldorf reichenden Linie bis vor kurzem weniger als 10 Tiefbohrungen, die das Paläozoikum erreicht hatten (s. Abb. 2). Der Untergrund des nördlich davon gelegenen Teils der Niederrheinischen Bucht ist bereits in den Jahren 1982 bis 1985 mit Hilfe mehrerer Forschungsbohrungen des Geologischen Dienstes NRW (ehemals Geologisches Landesamt NRW) genauer untersucht worden (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen 1998).

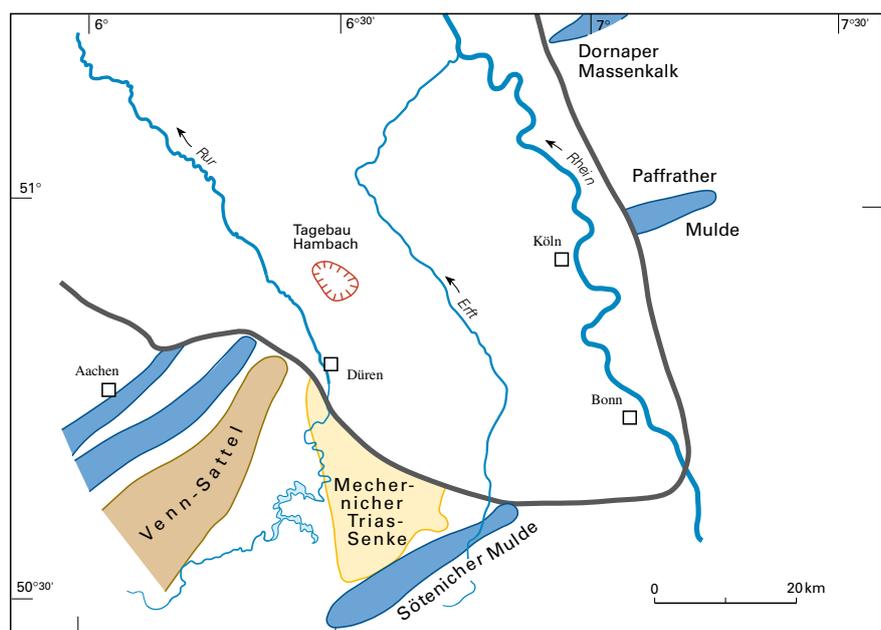


Abb. 1  
Niederrheinische Bucht mit den angrenzenden Festgesteinsausstrichen in der Eifel und im Bergischen Land

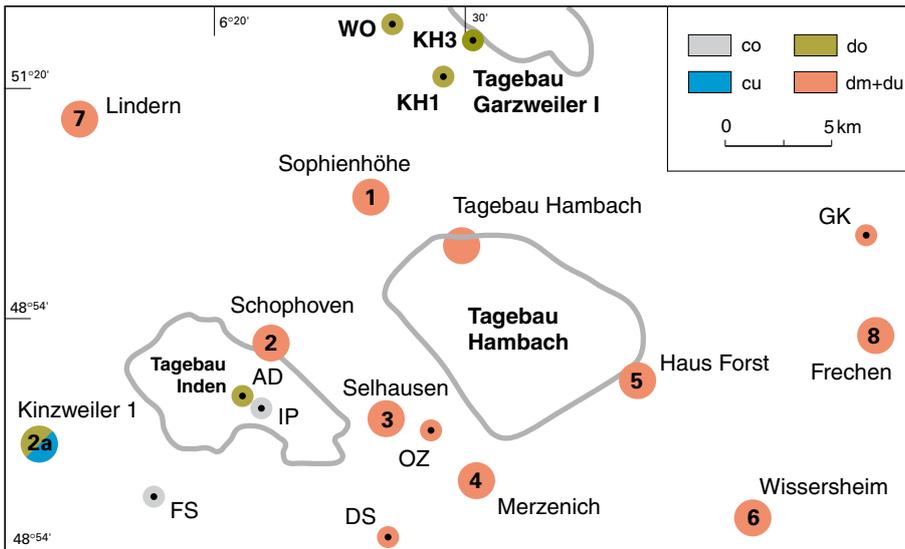


Abb. 2

Lage alter und neuer Tiefbohrungen in der südlichen Niederrheinischen Bucht.

kleine Kreise = Bohrungen vor 1999/2000;

große Kreise mit Nr. = Bohrungen des Rheinbraun-Tiefbohrprogramms, Nr. siehe Tab. 1

FS = Frenzer Staffel

DS = Dürener See

OZ = Oberzier

AD = Altdorf

IP = Inden-Pier

WO = Wolf

KH = Kirchherten

GK = Groß Königsdorf

Die meisten dieser Bohrungen im südlichen Bereich sind schon recht alt und oft nur von begrenztem Aussagewert, sowohl was die stratigrafische Einstufung der Schichten betrifft, als auch – in noch stärkerem Maße – bezüglich einer Interpretation der tektonischen Verhältnisse. Die Verbreitung der obertägig aufgeschlossenen Schichtenfolgen im Untergrund der Niederrheinische Bucht war dementsprechend bislang nur sehr grob in geologischen Karten zu beschreiben (FLIEGEL 1922, 1932; WREDE & HILDEN 1988).

Die paläozoischen Schichtenfolgen im Untergrund der Niederrheinischen Bucht gehören überwiegend dem Zeitalter (System) Devon, teilweise auch dem Karbon an. In den angrenzenden Teilen des Rheinischen Schiefergebirges sind sie im Rahmen der amtlichen geologischen Landesaufnahme (geologische Kartierung) minutiös gegliedert und ihr Alter bestimmt worden. Die lithostratigrafische Gliederung dieser Schichten – gleichzeitig auch ein Versuch der Schichtenparallelisierung zwischen Nord-eifel und Bergischem Land – zeigt Abbildung 3.

		nordwestlich Venn-Sattel		nördlich Paffrather Mulde		
Oberkarbon	Westfal	B	> 1000			
		A	800 – 900			
	Namur	900 – 1200		1300 – 1500		
Unterkarbon		300	300	Kohlentkalk	200	150 – 250
Oberdevon	Famenne	800		1000		800
	Frasnes	160	Massenkalk		400 – 600	
Mitteldevon	Givet	100 quadrigem.			Torrington	
		700	500	1000 – 1200		700 Honsel
	Eifel	Friesenrath	500	1200 – 1400		350 Brandenburg
Unterdevon	Ems	Vicht	500			300 Mühlenberg
		Zweifall	900	900 – 1200		500 Hobräck
	Siegen	Lücke ?			400 Hohenhof	
		Pragium	600 – 800	800 – 1500		1000 Remscheid
Gedinne	Oberems			1000		
	Untereims			100		Rimmert
		650	650		> 900 Bunte	
				> 300		Ebbe
						Bredeneck
						Hüinghaus

Abb. 3

Stratigrafische Gliederung des Devon und Karbon mit Mächtigkeiten der litho- und chronostratigrafischen Einheiten

Schichtmächtigkeiten in bunt = maximale Mächtigkeiten der lithostratigrafischen Einheiten

in schwarz = Mächtigkeiten der chronostratigrafischen Einheiten in den Schnitten

Flächenfarben wie in Abb. 10

## 2 Das Bohrprogramm 1999/2000

Um einerseits die Untergrundverhältnisse im Zentralteil der Niederrheinischen Bucht aufzuklären und insbesondere um nähere Kenntnisse über die Verbreitung möglicher Aquifere im paläozoischen Grundgebirge zu erhalten und andererseits zur Einrichtung von tiefen Grundwassermessstellen, wurde in den Jahren 1999 und 2000 von der Rheinbraun AG (heute RWE Power AG) ein Bohrprogramm von insgesamt 10 Tiefbohrungen bis in die devonischen oder karbonischen Festgesteine durchgeführt, die die Schichten des Tertiärs unterlagern (RIBBERT & WREDE 2000). In keiner der Bohrungen wurden permische oder mesozoische Ablagerungen, wie z. B. Buntsandstein, festgestellt. Obwohl die Bohrstrecken im Paläozoikum mit jeweils rund 50 m nur kurz waren und nur ein Teil der Bohrungen gekernt wurde, hat die stratigrafische und tektonische Auswertung dieser Bohrungen den Kenntnisstand über die Untergrundverhältnisse im Untersuchungsgebiet entscheidend verbessert. Die Lage der Bohrungen ist Abb. 2, Tab. 1 und der als Anlage 1 beigefügten geologischen Karte zu entnehmen.

Tabelle 1  
Daten der in 1999/2000 durchgeführten Bohrungen

GLA-Nr.	Name	Rheinbraun Nummer	Blatt (TK 25)	Lage	Endteufe (ET)	Stratigrafie ET
–	Tgb. Hambach	121/704	5004 Jülich	R 35 100, H 44 250	722,0 m	Unterdevon / Ems
1	Sophienhöhe	46/706	5004 Jülich	R 31 675, H 46 410	853,5 m	Oberkarbon / Westfal
2	Schophoven	50/616	5104 Düren	R 26 030, H 39 280	775,0 m	Oberkarbon / Namur-Westfal A
2a	Kinzweiler 1	28/616	5103 Eschweiler	R 14 480, H 33 740	67,5 m	Oberdevon / Unterkarbon
3	Selhausen	29/616	5104 Düren	R 31 020, H 37 630	825,0 m	Mitteldevon / Eifel
4	Merzenich	30/616/2	5105 Nörvenich	R 36 180, H 33 290	818,0 m	Mitteldevon / Eifel
5	Haus Forst	45/706	5105 Nörvenich	R 44 020, H 37 820	1.052,0 m	Mitteldevon / Eifel-Givet
6	Wissersheim	47/706	5106 Kerpen	R 48 125, H 30 425	845,8 m	Unterdevon / höheres Ems
7	Lindern	31/616	5003 Linnich	R 17 100, H 50 000	1.000,0 m	Oberkarbon / Westfal A
8	Frechen-Kippe	11/507	5106 Kerpen	R 54 400, H 40 000	460,0 m	Mitteldevon / Givet

### 2.1 Beschreibung der Bohrungen

Die Beschreibung der paläozoischen Anteile der Tiefbohrungen fußt auf der lithologischen und tektonischen Erstbeschreibungen der Kerne und der Spülproben, durchgeführt von K.-H. RIBBERT und V. WREDE, sowie den nachfolgenden Untersuchungen in den Labors des Geologischen Dienstes, Krefeld. Es sind im einzelnen Untersuchungen zur mineralogischen Gesteinszusammensetzung (H. GRÜNHAGEN) sowie biostratigrafische Untersuchungen auf Sporen und Pflanzenresten aus Tonsteinen (CH. HARTKOPF-FRÖDER) und auf Conodonten aus Kalksteinen (M. PIECHA). Weitere biostratigrafische Auswertungen wurden von im Text genannten externen Fachkollegen beigesteuert.

Da die ausführlichen Schichtenverzeichnisse und tektonischen Beschreibungen der Bohrungen bereits in Einzelberichten im Archiv des Geologischen Dienstes vorliegen, wird hier der Schwerpunkt auf eine zusammenfassende und interpretative Beschreibung der stratigrafischen und strukturgeologischen Aspekte des Tiefbohrprogrammes gelegt.

#### 2.1.1 Tagebau Hambach

**Lithologie:** Die Bohrung wurde als Spülbohrung abgeteuft. Unterhalb der Tertiärbasis (= Oberkante des paläozoischen Gebirges) bei etwa 634 m Teufe sind die devonischen Gesteinsschichten durch den Verwitterungseinfluss der mesozoisch-tertiärzeitlichen Landoberfläche entfestigt und konnten daher nicht so-

fort als solche erkannt werden. Auch die Tonstein-Cuttings der obersten Spülproben ab 667 m Teufe zeigen noch diesen Einfluss.

Erst darunter ist das Gestein frisch und zeigt bei den Tonsteinen oft einen seidigen Glanz und Anzeichen eines Schieferungsgefüges. Die Sandsteine führen meist einen geringen bis sehr geringen Karbonatgehalt.

In der erbohrten Schichtenfolge überwiegen tonig-schluffige Gesteine. Bis etwa 689 m Teufe treten rote, grünlichgraue und untergeordnet auch graue Pelitgesteine in Wechsellagerung auf. Die Schichtenfolge lässt sich als eine rote, grünlich gefleckte Gesteinsabfolge mit Einschaltungen von ebenso gefleckten Feinsandsteinen rekonstruieren. Unterhalb 689 m fehlen rote Sedimente.

Als Besonderheit sind im oberen Teufenabschnitt auch Grobsandsteine aus Quarzkörnern und einem unterschiedlichen Gehalt an etwa gleich großen Schieferplättchen anzutreffen.

Feinsandsteine bilden in der gesamten Schichtenfolge „dünne“ Einschaltungen, aber auch „dickere“ Bänke – so bei 676 – 679 m und 716 – 721 m. Die hellgrauen Sandsteine zeigen neben den hellen Quarzkörnern oft schwarze Partikel (kohlige Reste ?) und grüne Partikel (vermutlich Chlorit). Mutmaßliche kohlige Reste sind auch auf Schichtflächen von hellgrauen Schluffstein-Cuttings zu finden.

Biostratigraphie: Die palynologische Untersuchung grünlichgrauer Tonsteine aus 710 – 711 m Teufe konnte das vermutete Devon-Alter der erbohrten Schichten bestätigen und präzisieren. Das Vorkommen relativ hoch inkohlter trileter Sporen deutet auf den Zeitraum älter als der Florenschnitt an der Basis der Heisdorf-Schichten, d. h. älter als der jüngere Teil der Oberems-Stufe (höheres Unterdevon).

Stratigraphische Einordnung: Schichten der erbohrten lithologischen Zusammensetzung mit vergleichbarem Alter sind am Nordwestrand der Venn-Antiklinale die Zweifall-Schichten und die ungegliederten Siegen-Schichten. Die Klerf-Schichten der Eifeler Kalkmuldenzone kommen ebenfalls in Betracht.

Tektonik: Da die Bohrung als Spülbohrung durchgeführt wurde, muss sich die tektonische Interpretation allein auf das Diplog stützen.

Die Bohrung hat eine nach Südosten einfallende Faltenflanke aufgeschlossen. Die Schichten fallen bei ca. 640 m mit rund 35° nach Südosten ein; zur Tiefe hin verflacht das Schichteneinfallen bei gleichbleibender Einfallrichtung (um 115°) allmählich, um bei 673 m nur noch ca. 15° zu betragen. Eine antithetisch zur Schichtung einfallende Überschiebung dürfte bei 675 m auftreten. Die Schichtlagerung bleibt nun bis 690 m flach (um 10°). Es folgt zwischen 690 und 705 m ein tektonisch unruhiger Bereich, für den grundsätzlich zwei Deutungen möglich sind: Es könnte sich bei dieser Zone sowohl um eine antithetische Aufschiebung handeln (einen sog. „Deckel“), wie um eine N-S-streichende Abschiebungszone jeweils mit entsprechenden Schlepplagerungen bis hin zu Einfallswerten > 70°. Da die stratigraphische Ansprache der Schichten im Hangenden und Liegenden dieser Störungszone bislang keine detaillierten Aussagen zulässt, kann zwischen beiden Möglichkeiten nicht entschieden werden. Genauso wenig sind derzeit Angaben über mögliche Verwurfs Höhen an der Störung möglich. Im tiefsten Teil der Bohrung fallen die Schichten dann mit Einfallswerten zwischen 20 und 40° nach SE hin ein.

### 2.1.2 Sophienhöhe

Lithologie: Die zwischen 805 m und 853,5 m Teufe erbohrte und durch Kernmaterial ab 825 m Teufe dokumentierte Schichtenfolge wird fast ausschließlich von dunkelgrauen bis schwarzen Tonsteinen aufgebaut. Über große Bereiche ist eine sehr feine Lamination, hervorgerufen durch einen von mm zu mm wechselnden Grobschluffgehalt zu beobachten. Als einzige Besonderheiten sind ein Horizont mit (zerbohrtem) Toneisenstein (838,4 – 839 m) und ein Horizont mit tiefschwarzen (kohligen ?) Tonsteinen (847,1 – 847,85 m) zu nennen.

Die Tonsteine spalten nur schlecht nach der Schichtung auf, sodass die Gewinnung von Fossilmaterial eingeschränkt war. Dennoch wurden auf einigen Schichtflächen z. T. auch brauchbare Funde gemacht.

**Biostratigrafie:** Die auftretenden Pflanzenfossilien sind zahlenmäßig noch am häufigsten. Gefunden wurden Reste von *Sphenopteris* cf. *flexuosissima*, *Calamites* sp., *Sphenophyllum* sp., *Mariopteris* sp., *Trigonocarpus* sp. und *Sphenopteris* cf. *footneri*. Zur stratigrafischen Einstufung sind die beiden aus dem Ruhrkarbon und dem Aachener Karbon bekannten Arten der Gattung *Sphenopteris* nur begrenzt zu gebrauchen. Danach ist eine Einstufung in das Namur B bis Westfal B des Oberkarbon wahrscheinlich (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

Neben unbestimmbaren Fischresten liegt aus der Teufe 830,8 m ein fraglicher Arthropoden-Rest vor. Bei Teufe 826,2 m fanden sich Schalenreste von Muscheln, die H. VAN AMEROM (Heerlen) als *Anthracosia* cf. *concinna* WRIGHT bestimmte.

**Stratigrafische Einordnung:** An Hand des Muschelrestes ist eine Einstufung der Schichten in den oberen Teil des Westfal B (Untere *similis-pulchra*-Zone, vgl. PAPROTH 1962: 792; EAGAR 2005) wahrscheinlich. Entsprechende Schichten waren im Bereich der Inde-Mulde bislang unbekannt. Sie entsprechen altersmäßig der Oberen Essen- bzw. Horst-Formation des Ruhrkarbon.

**Tektonik:** Als Kern lag vor der Abschnitt von 825,0 m Bohrtiefe bis 853,5 m Bohrtiefe (= Endteufe). Innerhalb dieser 28,5 m langen Kernstrecke traten insgesamt ca. 4 m Kernverlust (= 14 % KV) auf. Für die Bohrung liegt ein Diplog vor, das von 769 m bis 834 m reicht. Das Paläozoikum wurde nach Aussage des Gamma-Logs bereits bei ca. 805 m Tiefe erreicht, so dass für die obersten 20 m des Paläozoikums nur Dip-Messungen vorliegen, für die unteren 19,5 m nur der Kernbefund. Eine Orientierung des Kernbefundes mit Hilfe der Dip-Messungen ist daher nur im Abschnitt von 825 m bis 834 m Bohrtiefe möglich.

Für den Abschnitt von 805 m bis 825 m zeigt das Diplog zunächst ein Schichteinfallen um 50° nach Osten, das unterhalb von ca. 815 m fast kontinuierlich auf Werte um 10° Nord zurückgeht. Von 825,0 bis 848,25 m herrscht relativ flache Schichtenlagerung mit Werten zwischen 5° und 20° Einfallen vor. Eine eindeutige Angabe über die Einfallrichtung ist nicht möglich, da hier die Messwerte wegen des flachen Schichteneinfallens stark streuen. Bei 848,25 m tritt eine Blattverschiebung mit stark ausgeprägten horizontalen Rutschstreifen auf, die mit ca. 35° einfällt. Unterhalb dieser Störung fallen die Schichten mit zunächst 60° deutlich steiler ein als oberhalb. Das Schichteinfallen verflacht dann bis zum Bohrlochtieftsten wieder auf Werte um 35 – 40°.

Die vorliegenden Daten lassen wegen der fehlenden Korrelation zwischen Kernstrecke und Dip-Messung zwei Deutungen zu (Abb. 4):

1. Deutung: Die Bohrung hat eine einheitliche Faltenflanke erreicht, die im höheren Teil mit 60° und im tieferen Teil des Profils relativ flach mit 5 – 20° nach Osten bis Nordosten einfällt. Im tieferen Teil des Bohrprofils wird diese durch ein Blattverschiebungssystem gestört. Die darunter auftretenden, erneut steileren Schichteinfallswerte bis 60° lassen sich dann als Schleppung an der Störung interpretieren oder aber als bruchtektonische Wiederholung des höheren Flankenabschnittes. Dies würde auf sinistrale Bewegungen an der Störung in der Größenordnung von ca. 25 m schließen lassen (Abb. 4a). Gegen diese Deutung spricht aber im regionalen Zusammenhang das für die gesamte Flanke anzunehmende, ungewöhnliche Ost- bis Nordostfallen der Schichtung und die ungewöhnliche Streichrichtung der Störungsflächen.

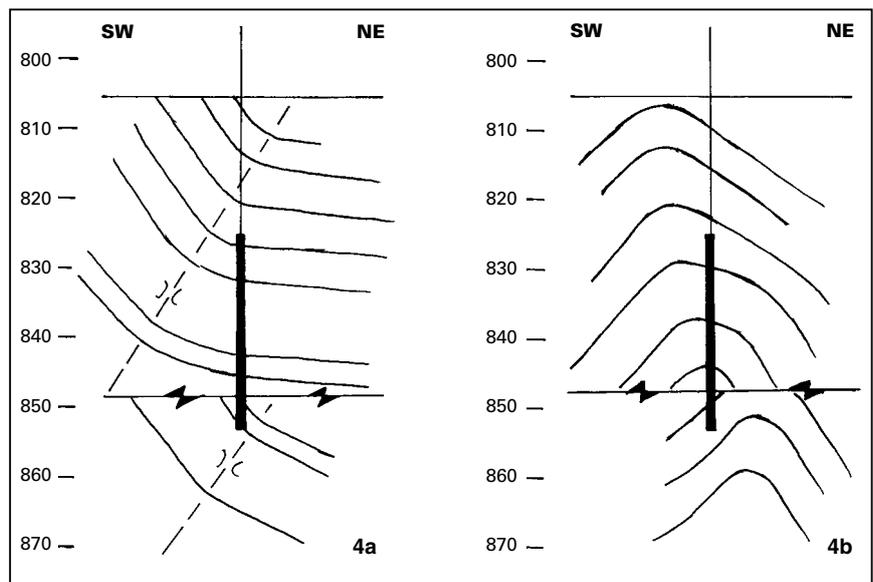


Abb. 4  
Tektonische Deutung der Bohrung  
Sophienhöhe

2. Deutung: Die Bohrung hat einen Faltenkern durchbohrt: Im oberen Teil der Bohrstrecke fallen die Schichten nach Osten bis Nordosten ein, sie verflachen dann im Faltenkern, wobei das Drehen der Einfallrichtung auf ein Nordost-Abtauchen der Faltenachse hinweist. Der Faltenkern könnte in den Bereichen flacher Lagerung um 831 m oder bei 844 m liegen. Der unterste Teil der Bohrung steht dann, nach einem störungsbedingten, nicht quantifizierbaren Schichtenausfall, in der vermutlich nach (Nord-)Westen fallenden Faltengegenflanke (Abb. 4b). Das im Diplog gemessene, ungewöhnliche Ost- bis Nordostfallen der Schichtung lässt sich in diesem Modell durch umlaufendes Streichen am Faltenkern besser erklären, als in der ersten Deutung.

### 2.1.3 Schophoven

**Lithologie:** Das spätestens bei 719 m einsetzende paläozoische Gebirge wurde bis zur Endteufe von 775 m als Spülbohrung durchteuft. Die Schichtenfolge lässt sich in mehrere Bohrmeter dicke Packen aus Tonsteinen oder quarzitischen Sandsteinen gliedern.

Die Tonsteine sind dunkelgrau bis schwarz, sind durch hellere Schluffsteinlagen gestreift und enthalten in bestimmten Bereichen zahlreiche Pflanzenreste. Die hellgrauen, quarzitischen Sandsteine sind mittel- bis grobkörnig, zeigen kohlige Lagen und enthalten durchweg konglomeratische Bestandteile. Die bis zu 1 cm großen Gerölle bestehen aus Quarz, Quarzit, Tonstein sowie hellgrauen und schwarzen Kieselgesteinen.

**Biostratigrafie:** Außer Pflanzenresten konnten keine weiteren Fossilreste gefunden werden. Folgende Gattungen und Arten wurden bestimmt: *Asterophyllites* cf. *grandis*, *Mariopteris* cf. *acuta*, *Lepidostrobus* sp., *Cyperites bicarinatus* und *Sigillaria* sp.

Obwohl die Artenkombination auf Westfal A hindeutet, kann wegen des doch sehr fragmentarischen Charakters der Pflanzenfossilien als Datierung lediglich Namur bis Westfal des Oberkarbon angegeben werden (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

**Stratigrafische Einordnung:** Weder die Pflanzenreste noch die Konglomerat-Horizonte gestatten eine genauere Einordnung, da letztere in der Inde-Mulde in verschiedenen Horizonten vom Namur A bis ins Westfal A immer wieder vorkommen.

**Tektonik:** Da von der Bohrung Schophoven keine Bohrkerne vorliegen, muss sich die Deutung der Tektonik fast ausschließlich auf die Auswertung des Diplogs stützen, das bis zu einer Teufe von 767,0 m Tiefe reicht. Einige Angaben über Harnischflächen und mineralisierte Klüfte in den Cuttings deuten zusätzlich auf tektonische Beanspruchung des Gebirges hin.

Insgesamt ergibt sich das Bild einer mit Werten zwischen 30° im oberen und unteren Abschnitt und 60° im mittleren Teil einfallenden, welligen Faltenflanke, ohne dass sich Hinweise auf tektonische Besonderheiten oder größere Störungen finden lassen.

Auf den ersten Blick ungewöhnlich ist allerdings die nach Nordosten bis Osten gerichtete Einfallrichtung der Schichten. Hieraus ergibt sich ein Schichtstreichen von rund 130°, das somit annähernd quer zum allgemeinen Generalstreichen des variszischen Gebirges in diesem Raum von 50 – 60° verläuft. Will man eine fehlerhafte Orientierung des Diplogs als Ursache ausschließen, so liegt hier wahrscheinlich umlaufendes Streichen im Scheitelbereich einer stark nach Nordosten abtauchenden Falte vor. Diese Deutung besitzt trotz der überraschend steilen Einfallswerte im regionalen Zusammenhang eine größere Wahrscheinlichkeit. Denkbar ist aber auch, dass die Schichten an einer dicht westlich der Bohrung verlaufenden, nach Nordosten einfallenden Querstörung geschleppt sind. Möglicherweise überlagern sich beide Faktoren.

## 2.1.4 Kinzweiler 1

**Lithologie:** Das Kernmaterial zeigt zwischen 17,6 m und der Endteufe von 67,5 m ein durch eine Störungszone deutlich zweigeteiltes Profil. Bis 25,95 m Teufe treten verwitterte graue Ton- und Schluffsteine mit einer Einschaltung von glimmerreichem Feinsandstein auf.

Darunter folgen dickbankige dolomitische Karbonatgesteine, die bis etwa 50 m Teufe mit Calcitadern durchsetzt oder kavernös korrodiert sind und mehrfach mit Fremdsediment gefüllte Karstspalten enthalten. Bis zur Endteufe folgen Kalksteine mit dünnen Einschaltungen von schwarzen Mergelsteinen, hellgrünlichen Tonsteinen sowie Resedimentfetzen derselben. Nur an wenigen Partien dieser Kalksteine ist ihr Aufbau aus einer Vielzahl von Rindenkörnern ("coated grains": Ooide und/oder Onkoide) zu erkennen.

**Biostratigrafie:** Die sporologische Untersuchung dreier Tonsteinproben aus dem oberen Abschnitt der Bohrung ergaben ein Alter der LV – LN-Sporenzone, Subzone D – E nach der biometrischen Untergliederung. Dies bedeutet, die Tonsteine gehören zum obersten Oberdevon (Strunium) und zwar dem Grenzbereich zwischen oberstem Famenne (Fa2d) und dem oberdevonischen Anteil des Tournaisium ("Tn1a") an (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

Die Kalksteine unterhalb 52 m Teufe lassen keine Makrofossilreste erkennen, enthalten aber neben den o. g. Rindenkörnern zahlreiche Foraminiferen. Sie wurden von D. VACHARD (Lille) bestimmt. Er fand folgende Formen: *Brunsia* sp., *Septabrunsiina* (*Spinobrunsiina*) ex gr. *implicata*, *Septabrunsiina* (*Spinobrunsiina*) ex gr. *lexhyi* und *Mediocris* sp. Daneben kommen im Dünnschliff Fragmente von Gastropoden, Ostrakoden, Zweischalern, Korallen vor. Dazu kommen die folgenden Formen von Moravamminiden: *Luteotubulus licis*, *Kamaena* cf. *delicata* und *Kamaena* cf. *pirleti*. Daraus ergibt sich eine Alterseinstufung des Frühen bis frühen Mittleren Viseums (Foraminiferenzone Cf4).

**Stratigrafische Einordnung:** Die tonige Schichtenfolge im Hangenden der erbohrten Störung entspricht den Schichten des Strunium bei Aachen und in Belgien. Sie enthält dort mehrere Karbonatgesteins-Horizonte. Nach der biometrischen Untergliederung der Sporen können die Tonsteine aus dem Schichtenabschnitt unterhalb des obersten Karbonatgesteins-Horizontes („Hauptbiostrom“) stammen.

Bei den Kalksteinen im Liegenden der Störung handelt es sich nach Karbonatfazies und Mikrofossilinhalt um einen höheren Teil des Kohlenkalkes und zwar um die Horizonte des Vaughanites-Oolithes und/oder der Unteren Zyklenfolge (Gliederung nach KASIG 1980). An der Störung sind die Schichten des Tournaisium (Tn1b – Tn3a) ausgefallen. Wegen der unterschiedlichen Mächtigkeit des Oberen Dolomits kann die fehlende Mächtigkeit zwischen 25 und 100 m betragen.

Durch den Nachweis von Kohlenkalk im tieferen Teil der Bohrung Kinzweiler 1 wird auch

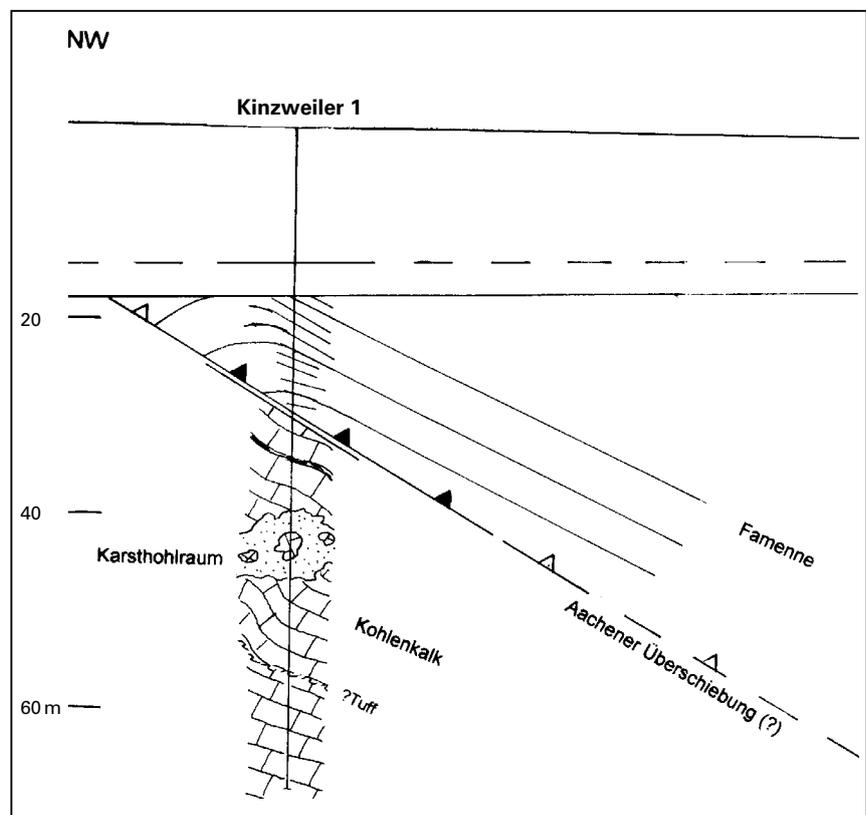


Abb. 5  
Tektonische Deutung der Bohrung Kinzweiler 1

das bislang schwer deutbare Auftreten von „Kalk“ in der Bohrung 65 der Erläuterungen zur Geologischen Karte (Blatt 5103 Eschweiler) verständlich (HOLZAPFEL 1911).

**Tektonik:** Im Bohrprofil lassen sich deutlich zwei Abschnitte unterscheiden: Von 17,6 bis 29,5 m treten verwitterte, oberdevonische Ton- bis Schluffsteine auf, darunter unterkarbonische Kalksteine (Kohlenkalk). Beide Einheiten werden von einer bedeutenden Störung getrennt (s. Abb. 5).

Im obersten Abschnitt bis ca. 21 m fällt die (hier nur schwer erkennbare) Schichtung der Tonsteine nach Kernbefund mit ca. 30 – 40° nach SW ein. Darunter verflachen die Schichten nach Kernbefund von ca. 10 – 20° immer mehr, um schließlich annähernd horizontal zu liegen. Von ungefähr 26,0 m bis 29,5 m ist der Tonstein völlig tektonisiert und plastisch verwittert. Soweit erkennbar, scheint die Schichtung flach zu liegen, daneben treten zahlreiche, meist steil einfallende Trennflächen auf. Dieser Bereich ist als Störungszone anzusprechen.

Unterhalb der Störungszone tritt ab 29,5 m Kohlenkalk auf, in dem die Schichtung am Kern generell schwer erkennbar ist. Einzelne Einlagerungen von Tonsteinen sowie eine (?)Tuffeinlagerung ergeben Einfallswerte von 15°.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit der Bohrung Kinzweiler 1 das System der Aachener Überschiebung, zumindest eine Teilstörung davon, durchbohrt worden ist. Die regionalgeologische Bedeutung dieses Aufschlusses wird in Kap. 3.1.2 diskutiert.

Zur Weiterverfolgung der tektonischen Problematik konnte im September 2001 eine zusätzliche Kernbohrung 220 m nordwestlich der Bohrung Kinzweiler 1 abgeteuft werden. Eine dritte Bohrung, diese etwa 200 m nordöstlich, wurde im Herbst 2004 niedergebracht. Nähere Angaben zu diesen Bohrungen finden sich im Kap. 2.2.

### 2.1.5 Selhausen

**Lithologie:** Das durch Spülproben dokumentierte Gesteinsprofil wird zwischen 773 m und 825 m Tiefe ganz überwiegend von Tonsteinen und tonigen Schluffsteinen unterschiedlicher Färbung aufgebaut. Sie lassen sich wie folgt typisieren:

- Rotsediment, tonig-schluffig, grünlichgrau gefleckt, ungeschichtet, bröckelig zerfallend, vereinzelt mit roten Sedimentgeröllen (um 5 mm).
- Tonstein, stark schluffig, ungeschichtet, grau bis grünlichgrau, bröckelig, wahrscheinlich mit Rotsedimenten vergesellschaftet
- Tonstein, stark schluffig bis Schluffstein, hellgrau, durch mm-feine Lagen mit kohligem Pflanzendetritus geschichtet oder mit Lagen von helleren und dunkleren Intraklasten (resedimentäre Feinbrekzie)
- Tonstein, hellgrau mit größeren Pflanzenresten auf Schichtflächen
- Tonstein, grau bis dunkelgrau, gut geschichtet durch Schluffstreifen, z. T. mit Pflanzendetritus und durch Feinsandstreifen

Eine grobe farbliche Gliederung des Profils in Abschnitte mit überwiegend Rotsediment und überwiegend grauem Sediment ist zu erkennen. Im Gamma-Log sind mehrfach mit Psammiten beginnende Kornverfeinerungs-Sequenzen zu beobachten.

Die nicht pelitischen Anteile treten in Bankmächtigkeiten < 2m auf und machen lediglich 10 % der Schichtenfolge aus. Sie variieren zwischen feinkonglomeratischen Sandsteinen und groben Konglomeraten mit Geröllquerschnitten von 3 x 5 cm. Die kantengerundeten bis gerundeten Gerölle werden überwiegend aus trübem Quarz, untergeordnet aus quarzitischen Gesteinen unterschiedlicher Färbung aufgebaut.

Der als Grundmasse auftretende Sandstein ist mit Korngrößen zwischen Schluff und Grobsand sehr schlecht sortiert. Neben Quarzkörnern treten auch Gesteinsfragmente (quarzitische Gesteine, schwarze Kieselgesteine, Tonschiefer/Phyllite) auf. Selten sind Feldspäte, Tonminerale, Schwerminerale und opake Partikel zu beobachten. Der gesamte Kornbestand ist in eine Matrix aus feinkristallinem Quarz und Tonmineralen (Illit, Chlorit) eingebettet.

**Biostratigrafie:** Mangels bestimmbarer Makrofossilien beruht die Datierung ausschließlich auf der sporologischen Untersuchung grauer Tonsteine. Sie ergab ein Alter jünger als der Florenzschnitt an der Basis der Heisdorf-Schichten. Ein givetisches Alter ist ebenso auszuschließen. Für die Datierung ergibt sich ein Alter (irgendwo) innerhalb des Zeitraums von der jüngeren Oberems-Stufe des Unterdevon bis in die Eifel-Stufe des Mitteldevon (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

**Stratigrafische Einordnung:** Eine Schichtenfolge aus der o.g. Zeitspanne und mit reichlich Rotsedimenten sowie Konglomerat-Einschaltungen ist nordwestlich der Venn-Antiklinale in den Friesenrath-Schichten mit dem Vicht-Konglomerat sowie deren (unmittelbaren?) Liegendschichten zu finden. Ein Korrelations-Problem, das sich aus unterschiedlichen stratigrafischen Vorstellungen hinsichtlich des Alters des Vicht-Konglomerates ergibt, wird im Zusammenhang mit der Bohrung Merzenich diskutiert.

**Tektonik:** Da die Bohrung als Spülbohrung durchgeführt wurde, muss sich die tektonische Interpretation allein auf das Diplog stützen, das bis 820 m Tiefe reicht.

Die in der Bohrung Selhausen angetroffenen Schichten liegen überwiegend flach (Einfallen  $< 10^\circ$ ). Nur punktuell werden Einfallswerte bis  $20^\circ$  erreicht; die Einfallsrichtungen streuen stark. Eindeutige Hinweise auf größere Störungszonen finden sich im Diplog der Bohrung Selhausen nicht.

### 2.1.6 Merzenich

**Lithologie:** In der von 768 m bis zur Endteufe von 818 m fast vollständig gekernten Bohrung herrschen tonig-schluffige Rotsedimente mit einem Anteil von etwa 60 % vor. Sandig-konglomeratische Gesteine treten vornehmlich in zwei bis zu 6 m mächtigen Packen und als einzelne Bänke unter 1 m Mächtigkeit auf. Graue Pelite haben den geringsten Anteil an der Schichtenfolge.

Die Rotsedimente zeigen nur selten eine Schichtung durch eingelagerte Schluff- oder Feinsandstreifen. Oft sind sie grünlich gefleckt, wobei längliche Flecken eine Schichtung andeuten können. Vereinzelt treten kleine karbonatische Knollen oder ein diffuser Feinsandgehalt auf.

Die Sandstein-Einschaltungen sind feinkörnig, rot, grünlich oder grau, mit oder ohne Pelitgehalt. Größere Sandsteine lassen oft einen Aufbau aus Quarzkörnern und Tonsteinplättchen, selten auch eine Gradierung der Korngröße erkennen. Sie leiten zu konglomeratischen Gesteinen über.

Der massige Konglomerat-Horizont zwischen 785 m und 791,5 m Teufe zeigt einen polymikten Geröllbestand aus unterschiedlich stark gerundeten Quarzen, grauen und schwarzen Quarziten und roten Tonstein-Intraklasten (s. Abb. 6). Eine gewisse Internschichtung des Konglomerats wird durch Partien mit dicht gepackte Grobgeröllen von mehreren cm Größe und Partien mit höherem Grundmasseanteil (Geröllgröße 0,5 bis 1,5 cm) angedeutet.

**Biostratigrafie:** Die sporologische Untersuchung ergab wie bei der Bohrung Selhausen eine mögliche Datierung (irgendwo) innerhalb des Zeitraums von der jüngeren Oberems-Stufe des Unterdevon bis in die Eifel-Stufe des Mitteldevon (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

**Stratigrafische Einordnung:** Der mächtige Konglomerat-Horizont mit seinem „bunten“ Geröllspektrum aus Quarz, Quarzit (grau und schwarz), tonigen Intraklasten (rot) zeigt eine nicht zu übersehende Ähnlichkeit mit dem Vicht-Konglomerat nordwestlich der Venn-Antiklinale.

**Alters-Problematik:** Die Alterseinstufung des Vicht-Konglomerats ist uneinheitlich und problematisch. In Deutschland liegt sie auf Grund des Pflanzenfossils *Asteroxylon elberfeldense* an der Basis der



Abb. 6 Polymiktes Konglomerat, Unterdevon, Bohrung Merzenich, Teufe 784,6 m

Eifel-Stufe (KASIG & NEUMANN-MAHLKAU 1969). In Belgien hatte zuvor ASSELBERGHS (1946) ein oberemsisches Alter vertreten. Neuerdings ist das Vicht-Konglomerat bei Eupen (Belgien) – etwa 25 km entfernt – als der Sporenzone AD (ab mittlere Eifel-Stufe) zugehörig datiert worden (HANCE & DEJONGHE & STEEMANS 1992). Da die älteren Sporenzonen AP, FD und AB dort nicht nachgewiesen werden konnten, wird eine primäre Schichtlücke von beträchtlichem stratigrafischen Ausmaß (tiefere Eifel- und gesamte Ems-Stufe) vermutet (s. Abb. 3, S. 36).

Die leider wenig präzisen sporologischen Datierungen der beiden Bohrungen mit Konglomeraten liefern keinen Beitrag zur Klärung der Alters-Problematik. Insofern bleiben die in den Bohrungen Selhausen und Merzenich aufgefundenen Konglomerate rein lithologische Korrelations-Horizonte ohne biostratigrafische Absicherung.

**Tektonik:** Bis zur Tiefe von 814 m liegt ein Diplog vor, das im Vergleich mit der Bohrkernaufnahme ausgewertet wurde.

Unmittelbar unter der Deckgebirgsbasis fallen die Schichten mit etwa  $10^\circ$  nach ENE hin ein. Im Bereich zwischen ca. 770 m und 771,5 m liegen die Schichten flach. Da nach dem Diplog hier das Schichteneinfallen allmählich von ESE über S nach SW dreht, wird ein Faltenkern angenommen. Von 775 m bis zur Endteufe fallen die Schichten dann mit Einfallswerten, die zwischen  $10^\circ$  und  $30^\circ$  pendeln, nach Südwesten hin ein. Bei 768,5 m bis 769 m sowie 771,5 m bis 773,5 m wurden Störungszonen durchbohrt, von denen die obere als Schrägabschiebung mit unbekanntem Verwurf angesprochen werden kann. Die gesamte Bohrstrecke zeigt Spuren tektonischer Beanspruchung in Form von Klüften unterschiedlicher Richtung oder lokaler schichtparalleler Zerschering.

Ungewöhnlich ist das Nordwest-Südost gerichtete Schichtstreichen in der Bohrung Merzenich. Entweder liegt ein umlaufendes Streichen in einer ganz flachen Faltenstruktur vor, oder aber Schleppung an einer dicht östlich der Bohrung verlaufenden, größeren Abschiebung (Distelrather Sprung?), zu der die beobachteten tektonischen Trennflächen das Begleitgefüge darstellen könnten. Das Nordostfallen im obersten Teil der Bohrstrecke entspricht dann dem achsialen Abtauchen des Venn-Antiklinoriums in Richtung auf die Niederrheinische Bucht.

### 2.1.7 Haus Forst

**Lithologie:** Nach Erreichen des paläozoischen Gebirges vermutlich bei 996 m Teufe wurde die Bohrung ab 1001,0 m bis zur Endteufe von 1052,0 m durchgehend gekernt. Die Schichtenfolge stellt sich als Wechsellagerung von Sandsteinen mit Ton- und Schluffsteinen unterschiedlicher Färbung dar. Im oberen Teil bis 1031 m Teufe überwiegen Sandsteine und rote bzw. graue, schluffige Tonsteine. Darunter dominieren rote Pelite und als Besonderheit schaltet sich ein fossilführender Karbonatgesteinshorizont ein.

Die Mehrzahl der pelitischen Gesteine ist durch eingeschaltete Feinsandstreifen oder -lagen geschichtet. Die Rotsedimente sind oft ungeschichtet oder grau gefleckt. Ein toniger Mergelstein-Horizont bei 1023 m Teufe führt einen Dolomitgehalt von 60 Gew.-%. Bis auf einen Muschelrest bei 1032,86 m Teufe sind die pelitischen Gesteine frei von Makrofossilien.

Die Sandsteine sind überwiegend grobschluffig bis feinkörnig und zeigen in ihrer Matrix neben einem Tongehalt oft auch einen dolomitischen Karbonatgehalt von 10 – 30 Gew.-%. Im Kornbestand weniger Bänke

kommen neben Quarzkörnern vereinzelt auch Gesteinsbruchstücke aus Phyllit und „Lydit“ bis 0,5 mm Größe vor. Bei 1026 m Teufe tritt ein etwa 1 m mächtiger, etwas gröberer Sandstein mit Intraklasten aus hellgrauem Schuffstein, dunklem Tonstein und Pflanzendetritus auf.

Der Karbonatgesteinshorizont zwischen 1041,65 m und 1043,2 m Teufe besteht aus schwarzem Dolomitstein mit eingelagerten tabulaten Korallen und Zweischalerresten (Abb. 7). Der Karbonatfazies nach handelt es sich nicht um zusammengeschwemmten Biodetritus, sondern um einen am Ort entstanden, biogenen „Schlammkalk“. Dafür spricht auch, dass die unmittelbar angrenzenden tonig-sandigen Gesteine sich durch Karbonatgehalt und intensive Bioturbation – d. h. eine Besiedlung des Meeresbodens – auszeichnen.

**Biostratigrafie:** Die sporologische Untersuchung von neun grauen Tonsteinproben ergab bis auf zwei Proben bei 1009,5 m nur relativ schlecht erhaltene Mikrofloren. Stratigrafisch von entscheidender Bedeutung ist das Vorkommen von *Rhabdosporites langii*. Diese Art tritt in der Sporenzone AD erstmals häufig auf. Die beiden Proben sind daher mit großer Wahrscheinlichkeit in den oberen Teil der Eifel-Stufe bis in den unteren Teil der Givet-Stufe einzuordnen (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).



Abb. 7 Reste tabulater Korallen, Mitteldevon, Bohrung Haus Forst, Teufe 1041,65 m

Zusätzliche biostratigrafische Informationen lieferte der Karbonatgesteins-Horizont, in dem von M. PIECHA (Krefeld) der Conodont *Eognathodus bipennatus* ssp. gefunden wurde. Seine Verbreitung liegt in der höheren Eifel-Stufe bis in die tiefere Givet-Stufe. Eine dritte Altersdatierung wurde durch die Bestimmung der tabulaten Korallen durch R. BIRENHEIDE (vorm.

Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt) ermöglicht. Trotz der starken Korrosion und Umkristallisierung der Fossilreste konnte er Thamnoporen aus der Gruppe der *Th. angusta* und die Tabulate *Roemerolites spicatus* identifizieren. Danach ist ein Alter der tieferen Givet-Stufe am wahrscheinlichsten.

**Stratigrafische Einordnung:** Das erbohrte Profil zeigt die für einen eingeschränkt marinen (= quasi-terrestrischen) Bereich typische Schichtenfolge aus fossilarmen, rotschieferreichen Gesteinen. Eine kurzzeitige marine Transgression hinterlässt eine Besiedlung aus Karbonatproduzenten wie Korallen und Zweischalern.

Faziell vergleichbare Schichtenfolgen kommen sowohl südwestlich wie auch östlich der Niederrheinischen Bucht vor. Nordwestlich der Venn-Antiklinale sind es die *quadrigeminum*-Schichten der tieferen Givet-Stufe und nördlich der Paffrather Mulde die gleich alten Unteren Honsel-Schichten, möglicherweise auch die Brandenburg-Schichten der höheren Eifel-Stufe. Wegen des Karbonatgesteinshorizontes ist eine givetische Schichtenfolge wahrscheinlicher.

**Tektonik:** Für den Bereich von 966 m bis 1030 m liegt eine manuell ausgewertete Dip-Messung vor. (Die manuelle Auswertung durch die Messfirma erfolgte, nachdem sich gezeigt hatte, dass zwischen den automatisch ermittelten Werten und dem Kernbefund keine Übereinstimmung herzustellen war.)

Das am Kern bestimmbare Schichteinfallen ist durchweg flach und schwankt zwischen  $< 5^\circ$  bis  $15^\circ$ . Lediglich bei 1 006,0 m und 1 023,5 m treten Einfallswerte bis  $25^\circ$  auf. Nach Aussage des Diplogs, das generell deutlich geringere Einfallswerte anzeigt, als am Kern gemessen wurden ( $2^\circ$  bis max.  $5^\circ$ ), ist das Schichteinfallen nach Norden bis Nordosten, ab etwa 1021 m dann nach Westen gerichtet.

Hält man diese Angaben für realistisch, dürfte die Bohrung Haus Forst die paläozoischen Schichten im Bereich eines weitgespannten, mit ca.  $10^\circ$  in nördliche Richtung abtauchenden Faltenkerns erreicht haben.

## 2.1.8 Wissensheim

**Lithologie:** Nach Erreichen des paläozoischen Gebirges bei 793 – 794 m Teufe wurde die Bohrung bis zur Endteufe von 845,8 m als Spülbohrung weitergeführt. Da das überwiegend aus Peliten aufgebaute Gebirge sich als tiefgründig entfestigt erwies, reichte die Ausbeute an Cuttings gerade für eine Erfassung der Schichtenfolge aus.

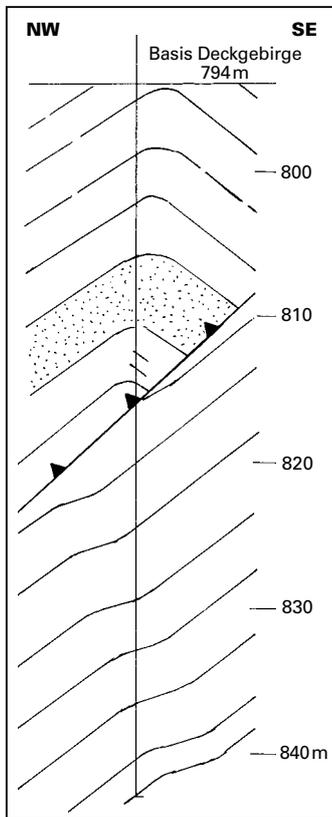


Abb. 8  
Tektonische Deutung der Bohrung Wissensheim

Die Spülproben bis 805,2 m Teufe zeigen nur Nachfall und bei den bis 811 m sich anschließenden Proben könnte es sich auch um verwitterte Reste mesozoischer Schichten handeln. Erst darunter folgen sichere paläozoische, tonig-schluffige Gesteine. Sie sind überwiegend grau, seltener rot, grünlichgrau oder rot/grau gefleckt. Die wenigen dünnen Sandsteineinschaltungen sind hellgrau oder rot, feinkörnig und führen Glimmer und kohliges Feindetritus.

**Biostratigrafie:** Die sporologische Untersuchung grauer Tonsteine ergab ein Alter jünger als der Florenzschnitt an der Basis der Heisdorf-Schichten. Wie bei den Bohrungen Selhausen und Merzenich liegt auch das Alter der bei Wissensheim erbohrten Schichten „irgendwo“ im Zeitraum von der jüngeren Oberems-Stufe des Unterdevon bis in die Eifel-Stufe des Mitteldevon (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

**Stratigrafische Einordnung:** Bei Einbeziehung der Spülproben ab 807,2 m Teufe zeigt die Schichtenfolge Ähnlichkeit mit dem Profil der Bohrung Selhausen, das seinerseits mit den Friesenrath-Schichten vergleichbare Züge trägt.

**Tektonik:** Die vom Diplog der Bohrung Wissensheim abgebildeten Schichteinfallswerte lassen sich am einfachsten wie folgt interpretieren: Nach der vorherrschenden Schichteinfallrichtung zu schließen dürfte in der Bohrung eine generell mit ca. 50 – 60° nach Nordwesten einfallende Faltenflanke vorliegen (Abb. 8). Das Verflachen des Schichteinfallens und der Wechsel der Einfallrichtung oberhalb von 816 m Teufe ist als Schichtenschleppung an einer südvergenten Überschiebung zu interpretieren. Diese Störung ist am abrupten Wechsel der Einfallrichtung bei 816 m Teufe zu erkennen. Da der markante Sandsteinhorizont innerhalb der Bohrstrecke nicht erneut auftritt, muss der bankrechte Verwurf dieser Störung > 25 m sein.

## 2.1.9 Lindern

**Lithologie:** Das durch Spülproben dokumentierte Profil des bei 946 m Teufe erreichten paläozoischen Grundgebirges lässt sich in zwei Abschnitte unterteilen. Der obere Abschnitt bis 971 m wird fast ausschließlich von fein-, mittel- und grobkörnigen, grauen Sandsteinen aufgebaut. Sie führen häufig Hellglimmer und sind horizontweise auch feinkonglomeratisch. Darunter folgen bis zur Endteufe von 1000 m schwarze, leicht schluffige Tonsteine mit Einschaltungen von Sandsteinen und Kohleschmitzen.

**Biostratigrafie:** Makrofossilreste liegen nicht vor.

**Stratigrafische Einordnung:** Nach dem regionalgeologischen Zusammenhang könnten die erbohrten Schichten zu den Witten-Schichten des Westfal A gehören. Insbesondere die von 946 m bis 971 m reichende Folge von Sandsteinen mit Einlagerungen von Feinkonglomerat legt von ihrer Lithologie und Mächtigkeit her (> 25 m wahre Mächtigkeit) den Vergleich mit dem sog. Finefrau-Konglomerat nahe (vgl. WREDE & ZELLER 1988: Abb. 6).

**Tektonik:** Aus der Bohrung liegen keine Bohrkerne vor, die tektonische Auswertung stützt sich daher allein auf die Interpretation des Diplogs.

Danach steht die Bohrung auf der mit Werten zwischen 20 und 40° einfallenden Nordwestflanke des hier mit ca. 30° relativ steil streichenden Baesweiler-Sattels des Aachener Steinkohlenreviers (bzw. des Lövenicher Sattels des Erkelenzer Steinkohlenreviers).

Im Bereich von 964 – 969 m und von 971 – 974 m treten starke Unstetigkeiten in der Schichtenlagerung auf: Die Einfallrichtung wechselt mehrfach zwischen Nordost und Südwest, das Schichteneinfallen verflacht auf Werte deutlich unter 10°. Eine mögliche Interpretation hierfür ist die Annahme einer NW – SE-streichenden, nach SW einfallenden Abschiebungszone, an der die Schichten angeschleppt sind.

### 2.1.10 Frechen-Kippe

**Lithologie:** Das bei etwa 399 – 400 m Teufe erreichte paläozoische Gebirge ist durch Spülproben ausreichend dokumentiert. Das erbohrte Profil zeigt überwiegend graue Tonsteine, die durch den mesozoisch-tertiärzeitlichen Verwitterungseinfluss tiefgründig zersetzt sind. Wie die meisten der Devon-Bohrungen des Projektes führt auch diese Bohrung einen – allerdings sehr untergeordneten – Anteil von Rotsedimenten.

Neben den Peliten treten mehrere Horizonte glimmer- und schwach karbonathaltiger Feinsandsteine mäßiger bis schlechter Sortierung auf. Der Feinsandstein bei 435,5 m Teufe enthält auch etwas Pflanzendetritus.

Wichtigster Gesteinshorizont ist ein etwa 6 Bohrmeter dicker, dolomitischer, biodetritischer Kalkstein. Er tritt in zwei Ausbildungen mit unterschiedlichem Karbonatmatrixanteil auf. Der Biodetritus ist von sehr unterschiedlicher Korngröße; mikroskopisch sind Reste von tabulaten Korallen, Brachiopoden, Crinoiden, Bryozoen und Ostrakoden zu erkennen.

**Biostratigraphie:** Die sporologische Untersuchung grauer Tonsteine erbrachte eine individuenreiche, aber recht artenarme Mikroflora. Stratigrafisch von Bedeutung ist das sichere Vorkommen von *Rhabdosporites langii* und das allerdings fragliche Vorkommen von *Actinosporites macrospinosus*. Beide deuten auf die Sporenzone AD, was dem Zeitraum von der höheren Eifel-Stufe bis in einen unteren Teil der Givet-Stufe entspricht (C. HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld).

Die Untersuchung der Kalksteine auf Conodonten erbrachte neben Fischzähnen mehrere Exemplare von *Eognathodus bipennatus bipennatus*, der von der *hemiansatus*- bis zur Frühen *varcus*-Zone vorkommt und auf ein Alter der unteren Hälfte der Givet-Stufe weist. Diese Ergebnisse von M. PIECHA (Krefeld) bestätigen und verfeinern das Ergebnis der sporologischen Datierung.

Die Ostrakoden hat H. GROOS-UFFENORDE (Göttingen) untersucht. Sie konnte neben glattschaligen Formen mehrere Exemplare von *Kozłowskiella* sp., *Nezamyslia* sp. und *Bairdiocypris* sp. bestimmen. Damit ist der Kalkstein-Horizont „nicht jünger als Mitteldevon“.

**Stratigrafische Einordnung:** Nach den bis jetzt vorliegenden biostratigrafischen Ergebnissen handelt es sich um Schichten der tieferen Givet-Stufe im Liegenden des Massenkalkes (Büchel-Schichten). Da im erbohrten Profil auch Rotschiefer mit einem Anteil von schätzungsweise 10 % auftreten, könnte es sich um einen Ausschnitt der Schichtenfolge (wenig ?) unterhalb der Toringen-Schichten handeln. Diese sogenannten (Unteren) Honsel-Schichten haben eine beträchtliche Mächtigkeit und sind erst in Teilabschnitten (Weyer-Schichten auf Blatt 4909 Kürten) modern bearbeitet.

**Tektonik:** Da die Bohrung nicht gekernt wurde, stützt sich die tektonische Interpretation allein auf das Diplog. Das Schichteneinfallen ist in der gesamten Bohrstrecke relativ flach und pendelt meist zwischen 10 und 20°. Es ist vorwiegend nach SE gerichtet. Im Abschnitt zwischen 418 und 430 m Tiefe kommt

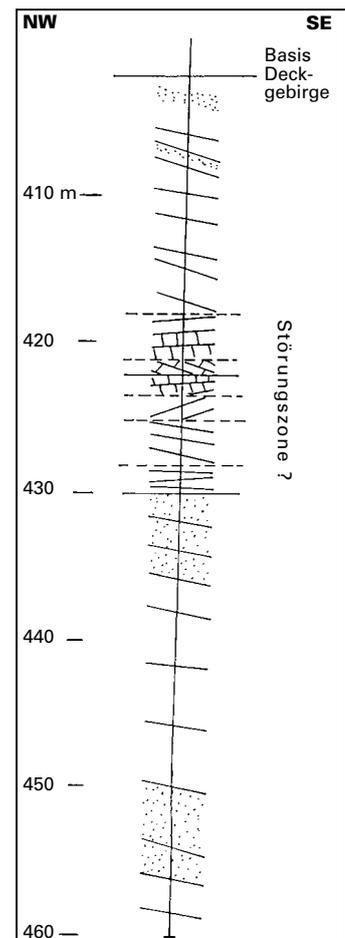


Abb. 9  
Tektonische Deutung der Bohrung Frechen-Kippe

es mehrfach zu zwar geringfügigen, aber deutlich abrupten Änderungen des Schichteinfallens bzw. der Einfallrichtung. Besonders auffallend ist dies bei 422,3 m und bei 430 m (Abb. 9). Es könnte sich bei diesen Erscheinungen um sedimentäre Effekte handeln, hervorgerufen durch die hier offenbar mehrfachen Wechsel in der Lithologie. Wahrscheinlicher ist aber die Annahme einer Störungszone, über deren Charakter oder Verwurfsmaß jedoch aus dem Diplog allein keine Aussagen möglich sind.

## 2.2 Weitere neue und ältere Bohrungen

Die beigegebene geologische Karte mit Schnitten geht weit über den eigentlichen Untersuchungsraum der neuen Grundgebirgsbohrungen hinaus. Sie basiert in diesen Bereichen auf Tiefbohrungen, die zum größeren Teil erst in den letzten Jahrzehnten durchgeführt worden sind. Von Norden nach Süden es die folgenden Bohrungen.

Die Bohrungen Schwalmtal 1001, Viersen 1001, Willich 1001 und Lanzerath 1 sind zwischen 1984 und 1986 als Forschungsbohrungen des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen unter Beteiligung der Erdölindustrie niedergebracht worden. Die Forschungsergebnisse dieses Projektes sind in dem Band 37 der Reihe „Fortschritte der Geologie von Rheinland und Westfalen“ zusammengefasst. Im gleichen Band sind auch Angaben zu den Bohrungen Viersen-Stadtwald, Hohenholz, Neuenhausen 1, Wolf und Union 227 zu finden.

Im nördlichen Stadtgebiet von Düsseldorf hat die Bohrung Haniel & Lueg unter 120 m quartär- und tertiärzeitlicher Ablagerungen bis zur Endteufe von etwa 190 m unterschiedliche Gesteine wie Feinsandstein, Mergelstein und Kalkstein angetroffen. Es wurde ein Einfallen von 70° gemessen. Vermutlich handelt es sich um eine Kalksteineinschaltung in Honsel-Schichten, die dort den Kern des Velberter Sattels aufbauen.

Im Stadtgebiet von Hilden haben mehrere Bohrungen ein bislang nicht bekanntes Vorkommen von Massenkalk unter tertiär- und quartärzeitlicher Bedeckung aufgeschlossen. Der zum Teil dolomitisierte dunkelgraublau Kalkstein enthält Stromatoporen, tabulate Korallen und den Brachiopoden *Stringocephalus*, der das Givet-Alter belegt.

Im Rahmen der sporologischen Untersuchungen wurden auch Material von drei, zum Teil älteren, bisher nicht publizierte Bohrungen untersucht. Es handelt sich um die Bohrungen Dürener See, Jüchen und Knechtsteden, die zusätzliche Auskunft über den paläozoischen Untergrund geben.

Die Bohrung Dürener See hat von 396,5 m bis zur Endteufe von 430,0 m geschieferte Tonsteine von grünlichgrauer, rotbrauner und grauer Färbung angetroffen. Es fanden sich bislang keine Anzeichen für ein Alter jünger als die Sporenzone FD; es wird die Sporenzone AB oder FD vermutet. Dies bedeutet ein Alter „irgendwo“ im Zeitraum von der höchsten Siegen-Stufe bis in die Oberems-Stufe. Die nahe gelegene Pegelbohrung Derichsweiler hat ab 118 m Teufe wenige Meter quarzitisches Sandsteine und graue, sekundär gerötete Tonsteine vermutlich des Unterdevon angetroffen.

Die Bohrung Jüchen bei Grevenbroich hat unterhalb von 725 m Teufe dunkelgraue, fein gestreifte Tonsteine angetroffen. Sie sind ungeschiefert, nicht karbonatisch und gänzlich sporenfrei, sodass es sich am ehesten um oberkarbonisches Material handeln dürfte.

Die Pegelbohrung Knechtsteden 1, südlich von Neuß gelegen, hat zwischen 307 und 323 m Teufe karbonathaltige, dunkle Tonsteine und glimmerreiche Schluffsteine erbohrt. Eine Probe aus 321 – 322 m Teufe führt eine hoch inkohlte, mäßig erhaltene Mikroflora. Auf Grund des Vorkommens der Gattung *Hystricosporites* ist die Probe eindeutig jünger als die Sporenzone FD. Das bedeutet ein Alter innerhalb des Zeitraums höhere Oberems-Stufe bis in die Eifel-Stufe (mit Ausnahme des obersten Abschnitts). Da der Pegel im Jahr 2001 an gleicher Stelle neu gebohrt werden musste, konnte eine weitere Beprobung durchgeführt werden.

In der Bohrung Knechtsteden 2 wurden Bruchstücke von drei Brachiopoden, darunter zwei Atrypiden der *aspera*-Gruppe gefunden. Sie sind im höheren Mitteldevon recht häufig. Proben zur Untersuchung auf Conodonten erbrachten zwar nur geringe Reste, dafür aber eine interessante Begleitmikrofauna. Gefunden

wurden der Conodont *Polygnathus* sp., „möglicherweise aus der *xylus*-Gruppe“ sowie Tentakuliten, Styliolinen, Gastropoden, Bivalven, Ostrakoden und Fischzähne. Der Gesamteindruck spricht für ein mitteldevonisches Alter, möglicherweise der Givet-Stufe (M. PIECHA, Krefeld). Die Diskrepanz zur sporologischen Datierung konnte nicht geklärt werden.

Die erbohrte Schichtenfolge zeigt über eine Bohrstrecke von mindestens 110 m eine beachtliche Monotonie, die eine stark geneigte Lagerung der Schichtenfolge nahe legt. Der Mangel an faziesdiagnostischen lithologischen wie paläontologischen Merkmalen macht eine stratigrafische Ansprache auch der zweiten Bohrung schwierig. Vermutlich handelt es sich um eine hochmitteldevonische Schichtenfolge im unmittelbaren Liegenden oder als Äquivalent des Massenkalks. Die erbohrte Schichtenfolge erinnert an die Tonsteine der Forschungs-Bohrung Lanzerath 1 (RIBBERT 1998).

Südöstlich Knechtsteden liegt die Bohrung Pulheim Randkanal 1. Durch ihren exzellenten Bearbeitungsstand (BREIL 1984) ist sie sowohl für die Vorstellung von einem wechselnd flachmarinen und quaterrestrischen Sedimentationsraum, wie auch für die Kartenkonstruktion der Grundgebirgsoberfläche wichtig. Die Bohrung hat zwischen 275 m und 400 m Bohrteufe einen Rotsedimentanteil von 50 % und führt daneben karbonathaltige Sandsteine, graue Tonsteine und Horizonte mit marinen Schillkalken. Die sporologische und conodontologische Datierung reicht von der höheren Eifel-Stufe bis in die tiefere Givet-Stufe. BREIL (1984) nimmt ein obereifelisches Alter an und vergleicht die erbohrte Schichtenfolge mit den Brandenburg-Schichten.

Die jüngeren Oberdevon-Schichten im Kern der Paffrather Mulde sind durch die Bohrung Refrath 1 des Geologischen Dienstes NRW erkundet worden (HARTKOPF-FRÖDER & PIECHA 2004). Der Massenkalk der Mulde (Büchel-Schichten) ist durch die Thermalwasserbohrungen Messebrunnen 3 und 4 (MICHEL 1986) bis in das rechtsrheinischen Stadtgebiet von Köln nachgewiesen worden. Die Bohrung Messebrunnen 4 hat eine Tiefe von 1027 m erreicht und unter den Büchel-Schichten auch die Torringen-Schichten sowie die höheren Honsel-Schichten angetroffen. Ein Vergleich der erbohrten scheinbaren Schichtmächtigkeiten mit den wahren Mächtigkeiten ergibt für die Torringen-Schichten, dass diese sehr steil (ca. 70°) gelagert sein müssen. Bohrungen in der streichenden Verlängerung der Paffrather Mulde nach Westen haben keine Kalksteine in größerer Mächtigkeit (Büchel-Schichten, Plattenkalk) nachweisen können.

In der Stadt und im engeren linksrheinischen Umfeld von Köln haben einige Bohrungen des paläozoische Gebirge erreicht, reichen aber nicht für eine genauere Ansprache des devonischen Untergrundes aus. Innerhalb des Stadtgebietes wird die Tertiärbasis von Ost nach West um mehr als 100 m in die Tiefe versetzt. Möglicherweise ist eine in Teilstörungen aufgelöste südöstliche Verlängerung des Viersener Sprunges für diese Versätze verantwortlich.

Die Bohrung Liblar 1 (FLIEGEL 1932) liegt nach ihrer sandig-konglomeratischen Schichtenfolge in Unterems-Schichten südöstlich der Paffrather Mulde im Bereich des Bensberger Sattels. Dagegen hat die Bohrung Rodenkirchen 1 (FLIEGEL 1932) den Südostrand der Paffrather Mulde mit Kalkstein führenden Mitteldevon-Schichten (Torrington-Schichten ?) aufgeschlossen.

Die Bohrung Groß Königsdorf 2a (FLIEGEL 1932) hat Rotsedimente und graue Sandsteine mit Glimmer und Pflanzenresten aufgeschlossen. Die Gesteinsbeschreibung erinnert an das Kernmaterial der Bohrung Haus Forst, die vermutlich Untere Honsel-Schichten erreicht hat. Die Bohrung Liblar 47-S 1 (1959) führte arkoseartige Sandsteine und graue Tonsteine, die wohl als unterdevonische Schichten angesprochen werden können.

Bei der südwestlich des Tagebaus Hambach gelegenen Bohrung Oberzier (Erstbearbeitung 1906) eröffnet sich durch die Kenntnis der unweit gelegenen Bohrungen Selhausen und Merzenich 2 eine neue Möglichkeit der Interpretation. Ursprünglich als unterdevonische Gedinne-Schichten angesprochen erscheint jetzt auch ein jüngeres Alter (Ems- bis Eifel-Stufe) der Sandsteine und graublauen sowie roten Tonsteine möglich.

## Bohrungen Kinzweiler 2 und St. Jöris 1

Die Beschreibung der oben schon erwähnten Bohrungen – kartierbegleitende Kernbohrungen des Geologischen Dienstes NRW – muss einen etwas breiteren Raum einnehmen, da sie für die Interpretation des tektonischen Baustils von Wichtigkeit sind (s. Kap. 3.1.2). Die Bohrung Kinzweiler 2 erschloss zwischen 20 und 46,7 m eine tektonisch stark beanspruchte Schichtenfolge des tiefen Oberkarbon. Im oberen Teil der

Bohrung bis 40 m Tiefe dominieren dunkelgrau Ton- bis Schluffsteine, darunter treten bis zur Endtiefe auch graue quarzitische Sandsteine auf. An Fossilresten wurden 27,8 m ein juveniler Goniatit und eine Muschel gefunden. Zwischen 25,7 und 25,9 m treten kohlige Tonsteine (Brandschiefer) auf. Die Schichtenfolge wird der Seffent-Formation (Namur bis tiefes Westfal) zugeordnet. Die Schichtenbeschreibung und Zuordnung erfolgte durch M. SALAMON (Krefeld). Auch die querschlägig gesehen etwa 100 m weiter nördlich stehende Bohrung 67 der geologischen Karte, Blatt 5103 Eschweiler, (HOLZAPFEL 1911) hat vergleichbare oberkarbonische Schichten erbohrt.

Im oberen Teil (von 20,0 m bis ca. 26 m) war der Kern der Bohrung Kinzweiler 2 völlig tektonisiert; die Bohrung hat hier eine größere Störungszone angetroffen. Es herrschen Trennflächen mit 40 – 45° Einfallen vor, daneben tritt eine gleichsinnig, aber flacher mit ca. 10 – 20° einfallende Flächenschar auf. An beiden Flächenscharen lassen sich aufschiebende Bewegungen nachweisen, so dass die Störungszone insgesamt als Überschiebung anzusprechen ist. Innerhalb der Störungszone ließ sich vereinzelt das Schichteneinfallen bestimmen: es kommen sowohl steiles Einfallen (um 70°) wie relativ flaches Einfallen (30 – 40°) vor, ohne dass sich aber irgendwelche Strukturen rekonstruieren lassen. Auffällig war, dass in allen beobachteten Fällen die Schichtung und die Überschiebungsflächen gleichsinnig einfallen. Ab etwa 26 m lagen stärker zusammenhängende Kernstücke vor, die eine bessere Ansprache erlaubten. Während das Schichteneinfallen bei 26,0 m noch 30 – 40° beträgt, erreicht es ab 27 m Werte zwischen 60 und 80°. Bei 28,3 und 28,75 m treten erneut synthetische Überschiebungen auf, die mit 40° einfallen.

Bei 33 m kommt es zu einer Verflachung des Schichteneinfallens bis auf 20°, hervorgerufen vielleicht durch Schleppung an einer Störung. Ab 35 m herrschen verhältnismäßig ruhige Verhältnisse vor: Das Schichteneinfallen beträgt meist 50 – 60°; der Kern ist zwar relativ stark zerbrochen, es treten aber bis 40,75 m keine identifizierbaren tektonischen Trennflächen auf. Hier und bei 41,4 m konnten im Sandstein dann antithetische, entgegengesetzt zur Schichtung einfallende Aufschiebungen beobachtet werden.

Von größerer Bedeutung sind die flach mit 15° gleichsinnig zur Schichtung einfallenden Störungsflächen zwischen 42,0 und 42,5 m. Hieran konnten auf Grund der Schleppung des jeweiligen Hangenden abschiebende Bewegungen festgemacht werden. Im Falle der Liegendsten der Flächen bei 42,5 m konnte ferner ein Wechsel der Schichteneinfallrichtung am Kern beobachtet werden. Darunter beträgt das Schichteneinfallen bis zur Endtiefe 40 – 60°, bei 46,4 m treten noch einmal flach abschiebende Störungsflächen auf.

Da in Ermangelung einer Dip-Messung die Einfallrichtung der Schichten im Bohrprofil nicht bekannt ist, ist eine strukturelle Interpretation des erbohrten Profils schwierig. Als Grundlage für das dargestellte, weitgehend hypothetische Modell wurde angenommen, dass die vor allem im oberen Teil der Bohrung angetroffenen Überschiebungen als Teilelemente des Systems der Aachener Überschiebung nach SE hin einfallen. Damit ergibt sich auch für die Schichtflächen in diesem Bereich ein SE-Fallen. Da es im erbohrten Profil bis zur Störung bei 42,5 m keine Hinweise auf die Durchörterung eines Faltenkerns oder einen störungsbedingten Wechsel der Einfallrichtung gibt, wurde eine gleichbleibende Einfallrichtung für die Schichten angenommen. Dies ist aber keineswegs gesichert, selbst überkippte Lagerung (im Liegenden der Überschiebungszone) ist nicht auszuschließen.

Aus dem Kernbefund bei 42,5 m ergibt sich ein entgegengesetztes Einfallen für den tiefsten Teil der Bohrung. Damit lässt sich die Störung zwischen 42,0 und 42,5 m als abschiebender Teil einer südvergenten, gefalteten Überschiebung deuten. Unter der Annahme, dass die beiden erbohrten Sandsteinlagen identisch sind (auch das ist lediglich eine Annahme), ergibt sich für diese Störung eine Schubweite in einer Größenordnung von < 10 m.

Insgesamt lässt sich das erbohrte Profil so als Ausschnitt aus einer südvergenten, verschuppten Spezialfalte im Liegenden einer bedeutenden Überschiebungszone deuten.

Die Bohrung St. Jöris 1 hat das Bild der Aachener Überschiebung an diesem Punkt weiter vervollständigt. Die Bohrung erschloss nach der Kernaufnahme von M. SALAMON (Krefeld) zwischen etwa 18 und 44 m Tiefe flach einfallende schwarze, kalkhaltige Tonsteine mit einzelnen Lagen oder Knollen von grauem, feinkörnigem Kalkstein. In einzelnen Horizonten kommen Brachiopoden mit geripptem Sinus (Cyrtospiriferen) vor. Cononten der Späten *rhenana*- bis *linguiformis*-Zone konnte M. PIECHA (Krefeld) aus den Kalksteinen isolieren. Petrografie und Fauna sprechen dafür, dass es sich um die Frasn-Schiefer (Matagne-Schiefer?) der Aachener Oberdevongliederung handelt.

### 2.3 Stratigrafisch-fazielle Zusammenschau

Die Bohrungen Sophienhöhe, Schophoven und Lindern haben oberkarbonische Schichten erschlossen und damit einen hinsichtlich der Ausgangsfragestellung hydrogeologisch unproblematischen Untergrund dokumentiert. Die Bohrungen im Raum Kinzweiler – St. Jöris mit ihrer tektonisch gestörten oberdevonischen bis oberkarbonischen Schichtenfolge sind für die regionalgeologische Deutung des Untersuchungsgebietes von großer Bedeutung und wird daher im Kap. 3.1.2 eingehend beleuchtet. Schwergewicht liegt daher auf denjenigen Bohrungen, die mittel- bis unterdevonische Schichten erreicht haben.

In den Schichtenfolgen der Bohrungen Selhausen, Merzenich, Haus Forst, Wissensheim, Tagebau Hambach und Frechen dominieren Ton- und Schluffsteine unterschiedlicher Färbung sowie Sandsteine. Darüber hinaus haben alle mehr oder weniger große Anteile von Rotschiefern erbracht (Abb. 10). Im westlichen Untersuchungsgebiet sind sie häufiger und mit Konglomeraten vergesellschaftet, während sie im Osten seltener und gemeinsam mit geringmächtigen Karbonatgesteinen vorkommen.

Schon das Vorkommen von Rotschiefern allein deutet darauf, dass die betreffenden Bohrungen das Liegende des unteren Karbonatgesteins-Aquifers (Massenkalk) erschlossen haben. Die biostratigrafischen Untersuchungen an den erbohrten Gesteinen haben dies voll bestätigt.

Mittels Conodonten, Korallen und Ostrakoden aus den Karbonatgesteinen und mittels Sporen aus grauen Tonsteinen konnte das Alter der jeweiligen Schichten paläontologisch ermittelt und im „stratigrafischen Grill“ dargestellt werden (Abb. 11). Dadurch wird eine paläontologisch begründete Korrelation mit den über Tage anstehenden devonischen Schichtenfolgen in den südwestlichen und östlichen Randgebieten der Niederrheinischen Bucht möglich (s. Abb. 2). Im Einzelnen geben die Konglomerat führenden Schichten der Bohrungen Merzenich und Selhausen einen Hinweis auf die Korrelation mit dem Vicht-Konglomerat und den begleitenden hoch unterdevonischen Zweifall- und tief mitteldevonischen Friesenrath-Schichten südöstlich von Aachen. Die Schichten mit geringmächtigen Karbonatgesteins-Horizonten in den Bohrungen Haus Forst und Frechen sind dagegen jünger und möglicherweise mit den (Unteren) Honsel-Schichten nordwestlich der Paffrather Mulde bzw. den *quadrigeminum*-Schichten südöstlich von Aachen zu korrelieren.

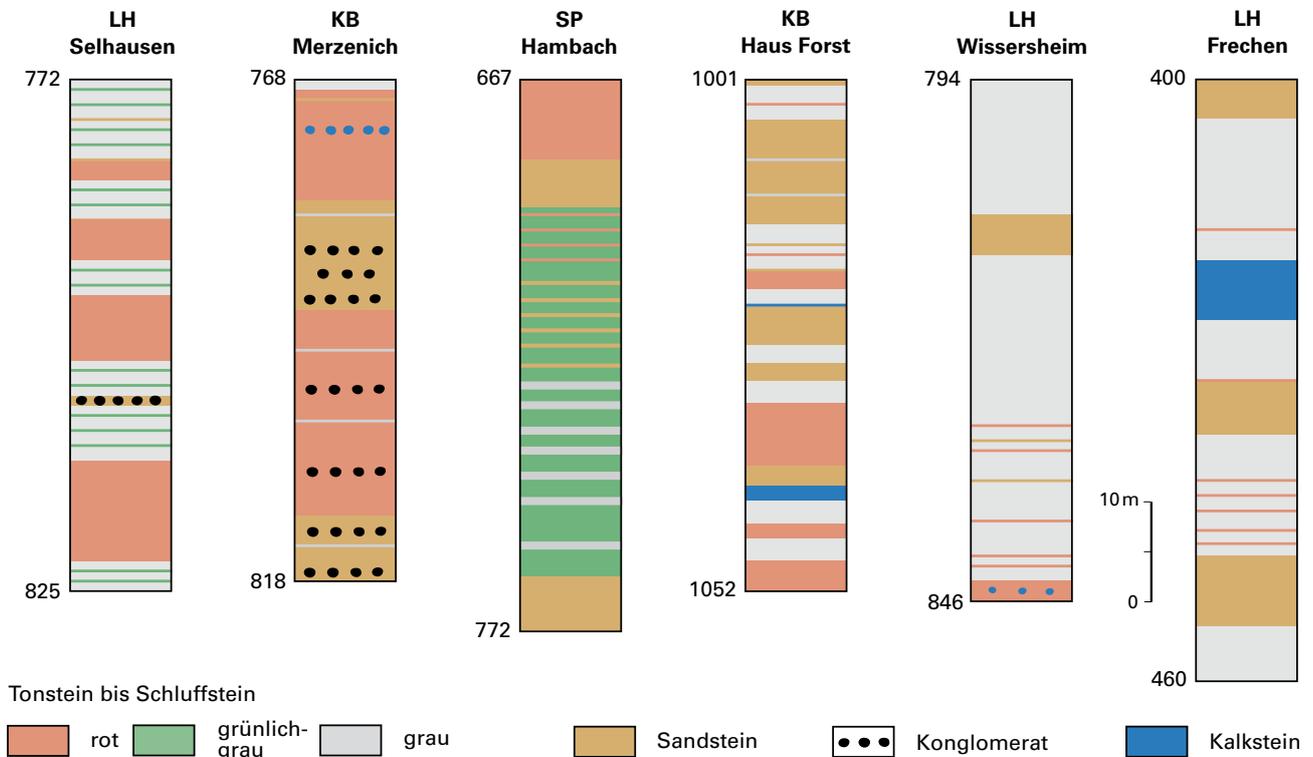


Abb. 10 Lithologische Profile der Bohrungen mit unter- und mitteldevonischen Schichten; LH = Lufthebohrung, KB = Kernbohrung, SP = Spülbohrung

	Unterdevon			Mitteldevon		
	„Siegen“ Pragium	Unter- ems	Ems Oberems	Eifel	Givet	
Conodonten					hemiansatus	Mittl. varcus
Sporen	PoW	AB	FD	AP	AD	TA
Selhausen				■ ● ● ●		
Merzenich				■		
Hambach	■ ● ● ● ● ● ● ●					
Haus Forst					● ■ ● ●	
Wissersheim				■		
Frechen					■	

Abb. 11  
Biostratigrafische Einordnung der erbohrten unter- und mitteldevonischen Schichten („Stratigraphischer Grill“)

Das Auftreten des mutmaßlichen Vicht-Konglomerats in der Bohrung Merzenich ist aus fazieller Sicht bemerkenswert. Grobe Konglomerate und dominant rote Begleitgesteine sind typisch für die quasiterrestrische Fazies der Eifel- und Ems-Stufe nordwestlich des Venn-Sattels. Sie treten in der Bohrung östlich eines Raums auf, wo der Venn-Sattel nach Nordosten abtaucht und wo die übertägig aufgeschlossenen Gedinne-Schichten relativ flach gelagert und mit umlaufendem Streichen das Altpaläozoikum des Venn-Sattels umsäumen. Ähnlich scheinen sich auch die Ems-/Eifel-Schichten zu verhalten. Sie tangieren damit ein Gebiet, das in der Eifel südwestlich Düren von überwiegend grauen, stärker marinen Unterdevon-Schichten eines relativ höheren Diagenesegrades eingenommen wird.

Durch die Korrelation der zugegebenermaßen geringmächtigen erbohrten Schichtenausschnitte mit Schichten aus dem Übertagebereich wird auch ein Vergleich mit den bekannten Gesamtschichtmächtigkeiten ermöglicht. Bei aller durch vorgegebene Ungenauigkeiten gebotenen Vorsicht zeigt sich aber doch, dass die Bohrprofile Selhausen, Merzenich, Tagebau Hambach und Wissersheim 700 – 1500 m unterhalb des Massenkalkes, diejenigen von Haus Forst und Frechen dagegen nur wenige Hundert Meter unterhalb desselben einzuordnen sind. Diese Aussage gilt natürlich nur für den Bohrpunkt selbst und bezieht sich auf die Schichtmächtigkeit. Da die devonischen Schichten gefaltet sind, kann erst die regionaltektonische Auswertung (s. folg. Kap.) eine Aussage über den Aufbau des paläozoischen Untergrundes und dessen hydrogeologische Eigenschaften liefern.

Die in der struktureologischen Karte und den Schnitten (Anl. 1 u. 2) dargestellten Flächen entsprechen chronostratigrafischen Einheiten, d. h. es sind entweder Serien (z. B. Oberdevon), Stufen (z. B. Givet) oder Unterstufen (z. B. Westfal A). Die Verbreitung des Massenkalkes innerhalb der mittel- bis oberdevonischen Schichten ist nur dort eingezeichnet, wo sie auch nachgewiesen ist. Das heißt, dass im Untergrund der Niederrheinischen Bucht Massenkalk entlang der Grenzlinie Mittel-/Oberdevon sehr wohl verbreitet sein kann. Der lithostratigrafische Inhalt der jeweiligen chronostratigrafischen Einheiten und die in den Schnittkonstruktionen verwendeten Schichtmächtigkeiten sind schon in Abbildung 3 zusammengestellt worden.

Die Schichtmächtigkeiten basieren auf publizierten Werten (z. T. den jeweiligen Blättern der Geologischen Karte 1 : 100 000 entnommen) sowie neueren Vorstellungen oder Beobachtungen. Ebenfalls berücksichtigt sind die bekannten Trends wie z. B. die Mächtigkeitszunahme der Unterdevon-Schichten von der Venn-Antiklinale nach SE oder die der Mitteldevon-Schichten von Westen nach Osten. Beide Mächtigkeitszunahmen reflektieren den Übergang von einer geringmächtigen, quasiterrestrischen Fazies in eine mächtigere marin beeinflusste oder rein marine Fazies.

## **3 Strukturgeologische Interpretation**

### **3.1 Schnittserie und Karte**

Das strukturgeologische Bild des variszisch geprägten Untergrundes im Untersuchungsraum wird in Form einer Karte der Grundgebirgsoberfläche 1 : 100 000 (Anl. 1) und einer Querschnittserie (Anl. 2) dargestellt. Um eine regionalgeologisch plausible Einbindung der aufgefundenen Strukturen zu ermöglichen, war es notwendig den Untersuchungsraum im Westen bis zu den sicher belegten Bergbauaufschlüssen des Aachener Reviers (WREDE 1985; WREDE & ZELLER 1983, 1988) und der durch Oberflächenaufschlüsse weitgehend bekannten Nordeifel (KNAPP 1980) auszudehnen und im Osten den Rand des Bergischen Landes mit einzubeziehen. Soweit möglich, wurden daher die Schnittdarstellungen der genannten Arbeiten und die Querschnittdarstellungen aus den Geologischen Karten 1 : 100 000 (Blatt C 5102 Mönchengladbach, C 5502 Aachen, C 4706 Düsseldorf-Essen und C 5106 Köln) berücksichtigt. Die als Anlage 2 beigefügte Querschnittserie ergänzt die von WREDE (1998: Abb. 14) publizierte Schnittserie durch das Gebiet der Krefelder Achsenaufwölbung.

Die Kartendarstellung, die aus der Schnittserie entwickelt wurde, berücksichtigt alle verfügbaren Aufschlüsse des paläozoischen Grundgebirges im Raum zwischen Aachen im Südwesten und Düsseldorf und Köln im Osten. Die Karte stellt eine Neufassung des Südteils der bei WREDE (1998: Abb.13) wiedergegebenen abgedeckten tektonischen Karte der Oberfläche des prä-Perms in der Niederrheinischen Bucht dar. Um die Zusammenhänge der variszischen Strukturen deutlich werden zu lassen, wurden die Einflüsse der känozoischen Bruchtektonik in der Darstellung weitgehend ausgeklammert. Im folgenden werden die wesentlichen Neuerkenntnisse im Vergleich zu dieser Darstellung erläutert.

#### **3.1.1 Das Gebiet nördlich der Aachener Überschiebung**

Für das Gebiet nördlich der Aachener Überschiebung haben sich durch die neuen Aufschlüsse keine wesentlichen Änderungen gegenüber der Darstellung bei WREDE (1998: Abb. 13, 14) ergeben. Durch die Bohrung Lindern wurde erneut der Zusammenhang zwischen dem Baesweiler-Sattel des Wurm-Reviers und dem Lövenicher Sattel des Erkelenzer Reviers bestätigt. Die wahrscheinliche stratigrafische Einstufung der in der Bohrung Lindern erbohrten Schichten als Witten-Schichten (tiefes Westfal A) macht eine Einstufung des 430 m langen, fast flözleeren Karbonprofils der nördlich davon gelegenen, alten Bohrung Rombach XIII ins Namur C wahrscheinlich (vgl. WREDE & ZELLER 1983).

Weiter nordöstlich wurde die ebenfalls ältere Bohrung Union 227 (fragliches Oberdevon an der Grundgebirgsoberfläche) mit in die Konstruktion einbezogen. Hierdurch ergeben sich geringfügige Modifikationen in der Darstellung der Kohlenkalkverbreitung.

#### **3.1.2 Aachener Sattel und Aachener Überschiebung**

Durch die Bohrungen Wolf, Kinzweiler 1 und 2 sowie St. Jöris 1 wurden wichtige neue Aufschlüsse im Bereich der Aachener Überschiebung bzw. des Aachener Sattels geschaffen.

Die Bohrung Wolf (TK 25, Blatt 4904 Titz: R 25 31 800, H 56 55 300) hat unter einem 298 m mächtigen Deckgebirge (Quartär und Tertiär) bis zur Endteufe von 760 m steil nach Nordwesten einfallende Schichten des Oberdevons, wahrscheinlich des Famenne, aufgeschlossen (PRÜFERT & WREDE 1998). Die Interpretation des Diplogs macht es wahrscheinlich, dass mehrere antithetisch zur Schichtung verlaufende, südfallende Überschiebungen die Faltenflanke durchschneiden. Durch diese Bohrung wird der Verlauf der Aachener Überschiebung im Bereich des Jackerather Horsts weiter eingegrenzt, da die nur etwa 800 m nordwestlich gelegene Bohrung Kirchherten 4 bereits steilstehende Schichten des Namurs erschlossen hat. Der Nachweis einer relativ langen, nach Nordwesten hin einfallenden Faltenflanke in der Bohrung Wolf zeigt, dass sich der strukturelle Bau des Aachener Sattels im Streichen deutlich ändert: Im Aachener Gebiet herrscht südlich der Aachener

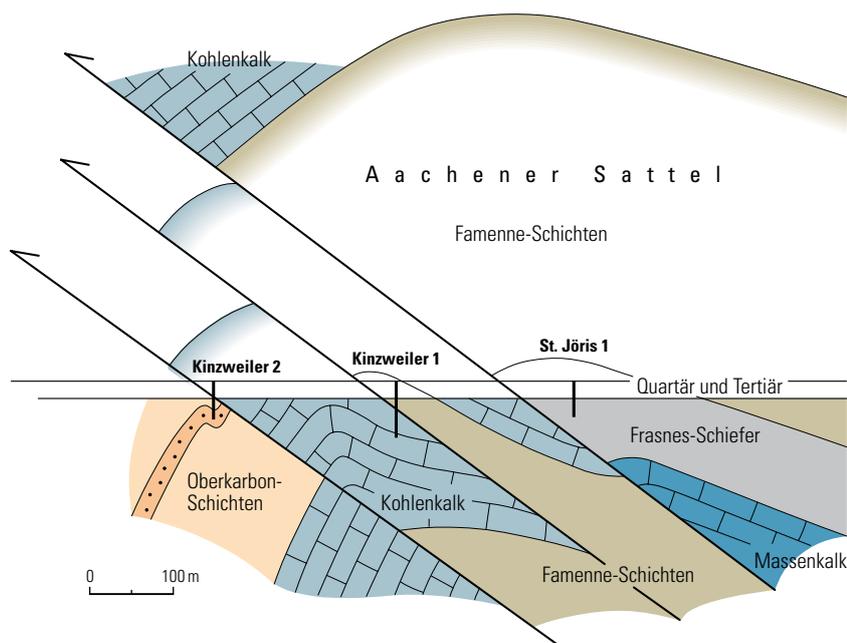


Abb. 12 Querschnitt durch die Teiläste der Aachener Überschiebung im Bereich der Bohrungen Kinzweiler 1 und 2 sowie St. Jöris 1

Überschiebung Schuppenbau mit vorwiegend südfallenden Flanken vor, während im Zentralbereich der Niederrheinischen Bucht eine Kombination von Falten- und Überschiebungstektonik zu beobachten ist. Rechtsrheinisch, im Velberter Sattel, dominiert dann fast ausschließlich die Falten tektonik.

Den nach Südwesten zu nächsten Fixpunkt für den Verlauf der Aachener Überschiebung bildet die Bohrung Erberich 2 (TK 25: 5103 Eschweiler, R 25 20 850, H 56 38 060), in der mit etwa 30° einfallende Schichten des Namurs nördlich der Überschiebung angetroffen wurden. Das relativ flache Schichteinfallen weist auf eine Sattelsüdflanke (ein sogenanntes „Flaches“ der Aachener Bergmannssprache) hin.

Die Aufschlüsse der Bohrungen bei Kinzweiler sind von regionalgeologisch großer Bedeutung, stellen sie doch den östlichsten direkten Nachweis der Aachener Überschiebung dar. Durch die Bohrungen wird das Vorhandensein von mindestens drei Störungsästen der Aachener Überschiebung nachgewiesen. (Abb. 12). Der stratigrafische Verwurf des südlichsten Astes dürfte rund 500 m betragen, der des mittleren etwa 200 m. Der Verwurf des liegendsten Astes ist nicht eindeutig festzulegen, da die Stellung der Bohrung Kinzweiler 2 innerhalb des Oberkarbon-Profiles nicht klar ist. Er muss aber auf jeden Fall mehr als ca. 150 m betragen. Es ergibt sich so für das gesamte Störungssystem ein Gesamtverwurf von mindestens 850 m.

Der Nachweis von Kohlenkalk im Ausbissbereich der Aachener Überschiebung stellt auch die vielfach publizierte Darstellung des Aachener Sattels als Teil eines größeren Deckenkomplexes in Frage, der auch die südlich anschließenden Überschiebungen bis einschließlich der Venn-Überschiebung umfasst (z. B. HOLLMANN & VON WINTERFELD 1999). Diesen Vorstellungen liegen Profile zugrunde, für deren Bilanzierung die Annahme einer längeren, südfallenden Schuppenstruktur im Liegenden der „Aachener Decke“ mit unterkarbonischen Schichten unerlässlich ist (VON WINTERFELD 1994: 127 und Abb. 3.12 – Störungen w1 – w3). Diese dort postulierte, insgesamt 6,6 km lange, Kohlenkalk führende Südflanke ist nach den vorliegenden Bohrungsergebnissen wahrscheinlich nicht existent.

Während also der Befund der Bohrung Kinzweiler in starkem Gegensatz zu dem Deckenmodell für den Aachener Sattel steht, ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung zu der Projektion, die unter Annahme eines autochthonen Gebirgsbaues zuerst von WREDE & DROZDZEWSKI & DVORAK (1993: Abb. 4a) publiziert wurde (vgl. RIBBERT & WREDE 2000: Abb. 3; zur weiteren Diskussion des Deckenmodells vgl. z. B. WREDE 2000).

### 3.1.3 Inde-Synklinorium

Die Kenntnisse über die Struktur des Inde-Synklinoriums sind durch die neuen Bohrungen erheblich erweitert worden. Unter dem Begriff „Inde-Synklinorium“ soll hier der gesamte verschuppte Einmuldungsbereich zwischen dem Aachener Sattel im Norden und dem Venn-Sattel im Süden verstanden werden. Dagegen bezieht sich der Begriff „Inde-Mulde“ nur auf die ehemals bergbaulich erschlossene Mulde im Kernbereich dieses Synklinoriums bzw. deren unmittelbare östliche Fortsetzung.

Für die Strukturen des Inde-Synklinoriums östlich der alten Bergbauaufschlüsse im Weisweiler Horst war bislang ein relativ „flaches“, nach Ostnordost gerichtetes Streichen angenommen worden, da sich in den alten Steinkohlen-Mutungsbohrungen im Raum Inden – Pier eine Sattelstruktur mit steiler Nord- und flacherer Südflanke abzeichnet, in der faunistisch belegte Schichten des Namurs an der Karbonoberfläche auftreten. Dieser Sattel war von WREDE (1985: 82) mit dem Eilendorfer Sattel bzw. der Eilendorfer Überschiebung auf der Südflanke des Aachener Sattels in Verbindung gebracht worden. Das mittlerweile festgestellte Umbiegen des regionalen Generalstreichens der variszischen Falten in eine mehr nördliche Richtung legt nun andere Deutungen nahe: Denkbar ist, dass sich der in den Bohrungen bei Inden und Pier festgestellte Faltenbau mit mindestens einer beobachteten Überschiebung (HOLZAPFEL 1910: 58) auf relativ kurze Entfernung völlig neu aus dem Kern der Inde-Mulde heraus entwickelt. Da in der Forschungsbohrung Frenzer Staffel 1 wahrscheinlich das oberste Westfal A angetroffen wurde (WREDE & ZELLER 1991), bedingt dies einen sehr steilen axialen Anstieg nach Osten, ähnlich etwa der Entwicklung am Westrand der Inde-Mulde, wo sich der Eicher Sattel ebenfalls sehr rasch aus dem Kern der Inde-Mulde heraushebt. Möglicherweise steht der Sattel von Inden und Pier aber auch mit dem Hammerberg-Sattel auf der Südflanke der Inde-Mulde in Verbindung. Generell scheint jedenfalls das Inde-Synklinorium zwischen der Eilendorfer Überschiebung im Norden und der Venn-Überschiebung im Süden die Gestalt einer Doppelmulde zu besitzen (vgl. Anl. 2: Schnitte A-A bis C-C). Die Nordflanke dieser Doppelmulde wird vom schuppenförmigen Eilendorfer Sattel markiert, dessen Verlauf durch den Nachweis von Oberdevon in der Bohrung Altdorf (HOLZAPFEL 1910: 47) bestimmt wird. Zwischen dieser Bohrung und den Bohrungen bei Inden und Pier muss demnach der unterkarbonische Kohlenkalk an der Grundgebirgsoberfläche austreichen. Wie weit sich dieser Kohlenkalkzug nach Nordosten fortsetzt, hängt von der Stärke des axialen Anstiegs ab und ist auf der Basis der bisherigen Aufschlüsse nicht sicher zu entscheiden.

Nach den weiter westlich gelegenen Aufschlüssen schließt sich an den Eilendorfer Sattel nach Norden hin die aus Gesteinen des Namurs bis Oberdevons bestehende, an Burtscheider und Eilendorfer Überschiebung mehrfach verschuppte Südflanke des Aachener Sattels an. Das Auftreten von relativ jungem Oberkarbon (Westfal A / B) in den Bohrungen Schophoven und Sophienhöhe war deshalb unerwartet. Die durch diese Bohrungen nachgewiesene Oberkarbon-Mulde liegt, querschlällig gesehen, nördlich der Bohrung Altdorf. Sie kann deshalb nicht die Fortsetzung der eigentlichen Inde-Mulde sein; vielmehr scheint sie sich nach Nordosten zu im Liegenden der Eilendorfer Überschiebung aus der schmalen Nirmer Mulde heraus zu entwickeln. Es liegt hier also offenbar ein Fall von Faltenverspringen vor, wobei die sich nach Nordosten eintiefende Nirmer Mulde die Funktion der in gleicher Richtung heraushebenden Inde-Mulde übernimmt. Das axiale Abtauchen der Nirmer Mulde ist im zunächst ungewöhnlich erscheinenden, nordöstlichen Einfallen der Schichten in der Bohrung Schophoven belegt. Gleichsinnig zu den Änderungen im Faltenbau muss auch der Verwurf der Eilendorfer Überschiebung erheblich anwachsen, da sie im Raum Eschweiler Oberdevon auf Namur überschiebt, im Bereich zwischen den Bohrungen Altdorf und Schophoven aber Oberdevon auf Westfal A (entsprechend einem stratigrafischen Verwurf von mindestens 1 000 m).

Über die weitere streichende Entwicklung von Nirmer Mulde und Inde-Mulde ist wenig bekannt. Sicher ist allein, dass zwischen der Bohrung Sophienhöhe und den Oberdevonaufschlüssen im Jackerather Horst (Bohrungen Kirchherten 2 und 3 sowie Hohenholz) mindestens ein weiterer Kohlenkalkzug austreichen muss, der möglicherweise durch Schuppenbau (Verlängerung der Burtscheider Überschiebung ?) verdoppelt ist oder spezialgefaltet. In der weiteren Verlängerung zielt die Fortsetzung des Inde-Synklinoriums auf die Herzkämper Mulde des rechtsrheinischen Schiefergebirges. Dabei könnte die eigentliche Herzkämper Mulde die unmittelbare Fortsetzung der Nirmer Mulde sein und die bislang unbenannte Mulde (in den Anlagen als „Itter-Mulde“ bezeichnet), die nach VOIGT (1968) von Wuppertal-Cronenberg aus in Richtung Haan zieht, die Fortsetzung der Inde-Mulde. In Kern dieser Mulde treten im Itter-Tal nach der Geologischen Karte 1 : 100 000 (Blatt C 5106 Köln) givetische Honsel-Schichten inmitten einer Umrahmung von Brandenburg- und Mühlenberg-Schichten des Eifel auf. Ob sich die Eilendorfer Überschiebung bis zu den westlichen Ausläufern der Ennepe-Überschiebung fortsetzt, muss nach dem bisherigen Kenntnisstand offen bleiben.

### 3.1.4 Venn-Sattel und Venn-Überschiebung

Wie das Kartenbild und die bisherigen Aufschlüsse zeigen, ist der Venn-Sattel stark asymmetrisch gebaut (KNAPP 1980; RIBBERT 1992): Einer spezialgefalteten, relativ flach abtauchenden Sattelsüdflanke mit weitflächigem Ausstrich unterdevonischer Schichten steht eine extrem steile, z. T. überkippte Sattelnordflanke gegenüber, in der stark gestört die gesamte Schichtenfolge vom Unterdevon bis zum Namur enthalten ist. Neben dem völlig unterschiedlichen Baustil der beiden Sattelflanken machen sich hier auch starke Mächtigkeitsänderungen der unterdevonischen Schichten bemerkbar. Im Sattelkernbereich treten altpaläozoische Schichten auf, die am System der Venn-Überschiebung teilweise über die Sattelnordflanke überschoben wurden. Auf die Problematik der Venn-Überschiebung und ihrer möglichen Deutung als Deckenbahn wurde schon oben im Zusammenhang mit der faziellen Entwicklung der devonischen Schichten und bei der Diskussion der Aachener Überschiebung hingewiesen.

In der Sattelnordflanke treten neben den ausweislich ihres im Kartenbild unregelmäßig gekrümmten Verlaufs mehr oder weniger flach nach Süden einfallenden Teilstörungen der Venn-Überschiebung auch größere, nordfallende Überschiebungen auf: die Breinigerberg-Störung und (außerhalb des dargestellten Bereiches) die Struffelt-Störung. Es liegt hier offenbar in der steilen Faltenflanke des Venn-Sattels ein zweisechariges Überschiebungssystem vor, wobei die eine (südvergente) Schar synthetisch zur Schichtung verläuft, aber steiler als diese einfällt (bis zur Überkipfung der Störungsbahn), und die andere nordvergent mit flachem Einfallen antithetisch in die steile Faltenflanke schneidet. Wegen der ausgeprägten Nordvergenz des Venn-Sattels ist diese zweite Störungsschar deutlich überrepräsentiert. In dieser Konfiguration finden sich enge Parallelen zur Kinematik der Überschiebungstektonik im Ruhrkarbon (DROZDZEWSKI & WREDE 1994).

Im Bereich der Achsendepression der Inde-Mulde erreicht die Venn-Überschiebung ihren höchsten Verwurf: Er beträgt bei Wenau-Schöntal über 4000 m (Salm gegen Namurium) und verringert sich in Richtung des axialen Anstiegs nach Südwesten bis auf Null an der Grenze Ordovizium/Kambrium im Gebiet nördlich von Roetgen (SPAETH 1979; KNAPP 1980). Während bei Wenau-Schöntal im wesentlichen nur eine, wenn auch rund 500 m breite Störungszone auftritt (WREDE 1985: Abb. 57), spaltet die Venn-Überschiebung im Bereich der Achsenhochlage in zahlreiche, sich über einen Ausstrich von mehreren Kilometern verteilende Äste auf. Hier ist also eine Divergenz der Störungen zur Tiefe hin zu konstatieren, die dem Deckenmodell widerspricht, nach dem die Störungen zur Tiefe hin konvergieren und in ein gemeinsames basales Detachment einmünden sollen.

Durch die neue Bohrung Selhausen wurde nachgewiesen, dass auch beim Herausheben der Inde-Mulde nach Nordosten dieser Effekt wirksam wird: Die Bohrung traf in der Nordflanke des Venn-Sattels eine Scholle von mitteldevonischen Gesteinen an. Diese Scholle ist nach Norden auf das Karbon (Kohlenkalk ?, Namur ?) des Inde-Synklinoriums überschoben und wird ihrerseits von Süden her von mindestens einer weiteren Überschiebung begrenzt. Nur so ist das Auftreten von Schichten des Gedinnes in der Bohrung Oberzier zu erklären, die querschlägig gerechnet etwa 2 km weiter südlich steht. Sollten die Schichten in der Bohrung Oberzier jünger sein, etwa vergleichbar denen in den Bohrungen Selhausen oder Merzenich – vgl. Kap. 2.1 –, würde sich der Verwurfsbetrag dieser Störung stark reduzieren oder sie entfiel ganz. In diesem Falle würde aber auch der Venn-Sattel auf kurze Entfernung nach Nordosten hin seine strukturelle Bedeutung weitgehend verlieren. Wahrscheinlich treten also auch hier mindestens zwei, wahrscheinlich aber mehrere Äste der Venn-Überschiebung in der Nordflanke des Venn-Sattels auf. Es ist nicht auszuschließen, dass in der Nordflanke des Venn-Antiklinoriums auch im Bereich der Erft-Scholle givetische Schichten, möglicherweise mit Massenkalk, an die Grundgebirgsoberfläche treten (vgl. Anlage 2, Schnitt E-E). Ob diese dann tektonisch isoliert sind oder Verbindungen nach Nordosten zur Itter-Mulde besitzen, wie in den Anlagen 1 und 2 angedeutet, ist offen.

Die Bohrung Tagebau Hambach, die mit Schichten des tiefen Ems den stratigrafisch tiefsten Aufschluss innerhalb des aktuellen Bohrprogramms geschaffen hat, muss sich in der Hangendscholle der Venn-Überschiebung befinden. Hierdurch ist der weitere Verlauf der Überschiebung und des Venn-Sattels nach Osten zu ungefähr festgelegt: Unterstellt man ein paralleles Streichen zu den nördlich vorgelagerten Strukturen Inde-Synklinorium und Aachen-Velberter Sattel, so zielt die Verlängerung des Venn-Sattels in den Remscheider Sattel des Bergischen Landes. Dieses Antiklinorium ist dem Venn-Sattel nicht unähnlich gebaut. Auch dieser Sattel wird von einem vorwiegend nordvergenten Störungssystem zerschert, an dem altpaläozoische Schichten auf das Unterdevon der Sattelnordflanke überschoben wurden (VOIGT 1968). Nach Süden hin erfolgt ein allmähliches, von einigen größeren Spezialfalten gegliedertes Einsinken des Faltenpiegels in Richtung auf die Paffrather Mulde.

### 3.1.5 Das Gebiet südöstlich des Venn-Sattels

Im Gebiet südöstlich des Venn-Sattels und seiner östlichen Verlängerung scheint sich nach den Bohrergebnissen eine weitgespannte, mehr oder weniger flache Muldenstruktur zu öffnen, in der vorwiegend Schichten des Mitteldevons (Eifel und tieferes Givet) an die Grundgebirgsoberfläche treten. Die in allen Bohrungen (außer der Bohrung Wissensheim) angetroffene fast flache Schichtenlagerung und die weitgehend übereinstimmende stratigrafische Position der Bohrungen lässt vermuten, dass in diesem Bereich kaum eine ausgeprägte Spezialfaltung auftritt. Andererseits ist das Bohrraster nach wie vor zu dünn, um hierüber detaillierte Aussagen zu ermöglichen. Nach dem vorliegenden Befund ist aber auszuschließen, dass im Bereich des Tagebaus Hambach givetischer Massenkalk in nennenswerter Verbreitung auftritt, der möglicherweise als Aquifer wirksam wäre.

Bemerkenswert ist auch, dass in keiner der Bohrungen Hinweise auf Schieferung angetroffen wurden. Die Bohrung Wissensheim, die strukturell am weitesten südlich steht, dürfte eine Spezialfalte im Kernbereich der nach Westen zu heraushebenden Paffrather Mulde angetroffen haben, wie die Falten- und Überschiebungsstrukturen erkennen lassen. Die Paffrather Mulde selbst, in der im Raum Bergisch-Gladbach / Köln hochoberdevonische Schichten und givetischer Massenkalk erhalten sind, ist ebenfalls von deutlicher Nordvergenz geprägt: Einem relativ flach nach Süden einfallenden Nordflügel der Mulde steht ein steiler bis überkippter Südflügel gegenüber, der zum anschließenden Bensberger Sattel überleitet. Der Kernbereich der Mulde und der südlich anschließende, steile Faltenschengel ist an nordvergenten Überschiebungen zerschert, wie sich aus dem Bild der geologischen Karte ergibt und sich durch die zur Zeit in Bearbeitung befindliche Forschungsbohrung Paffrather Mulde 1 des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen zu bestätigen scheint. Dabei werden Schichten des Ems auf die mittel- bis oberdevonischen Schichten des Muldenkerns überschoben. Es ist auch hier bemerkenswert, dass sich dort, wo die Mulde in axialer Tieflage am tiefsten eingesenkt ist, die einzelnen Überschiebungen zu einer Hauptstörung zusammenschließen („Gladbacher Randverwerfung“, HAGER et al. 1986: Abb. 2), während sie dort, wo tiefere tektonische Stockwerke angeschnitten sind, stärker aufspalten. Die Struktur des Bensberger Sattels lässt sich über die älteren Bohrungen Rodenkirchen und Liblar 1 nach Westen weiter verfolgen. Im Bereich der Eifel ist der entsprechende Strukturbereich nicht aufgeschlossen, sondern wird von den postvariszischen Ablagerungen der Mechernicher Triassenke verhüllt.

## 4 Tektonische Zusammenschau und Folgerungen

Ausgehend von den Ergebnissen der insgesamt 10 Tiefbohrungen, die in den Jahren 1999/2000 im Umfeld des Tagebaus Hambach in der zentralen Niederrheinischen Bucht niedergebracht wurden, lässt sich ein wesentlich verbessertes Bild des paläozoischen, variszisch deformierten Untergrundes im Gebiet zwischen Aachen und der Nordeifel im Westen und dem Bergischen Land im Osten entwickeln.

Regionalgeologisch bestätigen sich die schon früher vermuteten Verbindungen zwischen Aachener Sattel und Velberter Sattel, Inde-Synklinorium und Herzkämper Mulde und Venn-Sattel und Remscheider Sattel. Südlich des Venn-Sattels bildet sich eine weitgespannte Mitteldevon-Mulde heraus, die als Fortsetzung der Paffrather Mulde im weiten Sinne aufgefasst werden kann. Durch die faziellen und strukturellen Ergebnisse der Bohrungen werden bislang vielfach publizierte Anschauungen zur Tiefenentwicklung der Tektonik, insbesondere über einen Deckenbau im Bereich des Aachener Sattels und des Venn-Antiklinoriums in Frage gestellt und zum Teil widerlegt. Es erscheint nach allen jetzt vorliegenden Befunden wahrscheinlicher, dass die großen Überschiebungen, die in den Nordflanken aller großen Antiklinorien des Untersuchungsgebietes auftreten, zur Tiefe hin aufspalten und in stratigrafisch unterschiedlichen Niveaus, vorwiegend antithetisch zur Schichtung auslaufen.

Auch für die hydrogeologische Situation des Aachener Thermalquellbezirkes ergeben sich durch dieses neue tektonische Modell und einen Verzicht auf die Annahme eines basalen Detachments in 2 000 bis 3 000 m Tiefe unter dem Inde-Synklinorium neue Aspekte: Einerseits entfällt ein Teil des Verbreitungsgebietes oberkarbonischer Schichten im Liegenden der Aachener Überschiebung als Recharge-Gebiet der Quellen (POMMERENING 1993: 145). Hier sollte eine mehrere Kilometer breite Zone mit oberkarbonischen Gesteinen unter der mit 30° bis 40° südfallenden Aachener Überschiebung für die hydrogeochemische Entwicklung des

Aachener Thermalwassers bedeutsam sein. Da nach dem Befund der Bohrung Kinzweiler 1 aber der unterkarbonische Kohlenkalk im Ausbissbereich der Aachener Überschiebung an die Oberfläche tritt, können zumindest dort im Liegenden der Aachener Überschiebung keine oberkarbonischen Gesteine mehr verbreitet sein. Andererseits lässt sich die hohe Temperatur der Aachener Thermalquellen nun durch eine tiefere Einfaltung der wasserführenden Schichten im Bereich des Inde-Synklinoriums wesentlich leichter erklären, als nach den bisherigen Modellen, die hier den Aquifer in einer Tiefe von ca. 2 500 m begrenzten (POMMERENING 1993: 153/154).

Für die konkrete hydrogeologische Fragestellung, die den Anlass zur vorliegenden Untersuchung gab, ergeben sich folgende Erkenntnisse:

Im Bereich südlich der Venn-Überschiebung ist nicht mit dem Auftreten bedeutender paläozoischer Kalkstein-Aquifere (Massenkalk des Devon oder Kohlenkalk des Unterkarbon) zu rechnen.

Im Bereich der Südflanke des Inde-Synklinoriums könnte innerhalb des engeren Untersuchungsraumes, d. h. in der Erft-Scholle, Massenkalk an der Grundgebirgsoberfläche auftreten. Dieser hätte möglicherweise Verbindungen zu den Massenkalkvorkommen im (Nieder-)Bergischen Raum (Itter-Mulde). Mit Sicherheit zu erwarten ist der Ausstrich von mindestens zwei Kohlenkalkzügen innerhalb des Inde-Synklinoriums. Der nördliche dieser Züge muss zwischen der Bohrung Sophienhöhe und den Bohrungen im Jackerather Horst verlaufen und ist damit für die Problematik des Wasserzuflusses im Tagebau Hambach wahrscheinlich ohne Belang. Der südliche Kohlenkalkzug zeichnet die nach Osten zu heraushebende Inde-Mulde nach. Ein sicherer Fixpunkt für diesen Zug liegt zwischen den Bohrungen bei Inden und Pier einerseits und der Bohrung Altdorf andererseits. Wieweit sich dieser Zug dann nach Nordosten erstreckt, möglicherweise bis in den unmittelbaren Untergrund des Tagebaus Hambach, lässt sich auf Grund der vorliegenden Daten noch nicht eindeutig aussagen.

Es wird daher dringend empfohlen, im Bereich der Inde-Mulde, d. h. etwa in der Mitte zwischen den Bohrungen Tagebau Hambach und Sophienhöhe, eine weitere Bohrung niederzubringen, die klärt, ob hier

- Kohlenkalk ansteht,
- devonische Schichten angetroffen werden  
(dann liegt der Kohlenkalkausstrich bereits westlich vom Tagebau)
- oder oberkarbonische Schichten auftreten, die dann vom Kohlenkalk unterlagert werden.

Es ist aus topografischen Gründen (Sophienhöhe) wahrscheinlich notwendig, den Bohrpunkt in Richtung des Generalstreichens aus der dargestellten Profillinie (Anlage 2: Schnitt D-D) nach NE zu verschieben. Auch in diesem Falle lässt sich aber das axiale Verhalten der Inde-Mulde und damit der wahrscheinliche Verlauf des Kohlenkalkzuges erkennen.

**Dank:** Für die allzeit gute Zusammenarbeit möchten wir uns bei N. Cuvelier (Bowa-B der RWE Power AG) und seinen Mitarbeitern P. Lokay und F. Lamla sowie bei den Bohrmannschaften bedanken. Dank gilt auch denjenigen im Text Genannten, die durch ihre biostratigrafischen Beiträge die geologischen Schlussfolgerungen erst möglich gemacht haben.

## 5 Literatur

- ASSELBERGHS, E. (1946): L'Éodévonien de l'Ardenne et de Régions voisines. – Mém. Inst. géol. Univ. Louvain, **14**: 598 S., 121 S., 10 Taf.; Louvain.
- BREIL, A. (1984): Mitteldevonische Sedimente der Bohrung Pulheim Randkanal 1 (Niederrheinische Bucht). – Z. dt. geol. Ges., **135**: 529 – 549, 3 Abb., 3 Taf.; Hannover.
- DROZDZEWSKI, G.; WREDE, V. (1994): Faltung und Bruchtektonik – Analyse der Tektonik im Subvariscikum. – Fortschr. Geol. Rhld. Westf., **38**: 7 – 187, 101 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Krefeld.
- EAGAR, R. M. C. (2005): Non-marine and limnic bivalves. – In: Stratigraphie von Deutschland, V. Das (Pennsylvanien) Oberkarbon in Deutschland. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **254**: 55 – 86; Frankfurt a. M.
- FLIEGEL, G. (1922): Der Untergrund der Niederrheinischen Bucht. – Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., **92**: 155 S., 5 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- FLIEGEL, G. (1932): Das alte Gebirge im Untergrund der Niederrheinischen Bucht. – Jb. preuß. geol. L.-Anst., **53**: 397 – 407; Berlin
- Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (1998): Der Untergrund der Niederrheinischen Bucht. Ergebnisse eines Bohrprogramms im Raum Krefeld. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **37**: 595 S., 103 Abb., 21 Tab., 31 Taf., 4 Anl.-Taf.; Krefeld.
- Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000 mit Erl. – Hrsg. Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.; Krefeld. Blatt C 5502 Aachen (1992); Blatt C 4706 Düsseldorf-Essen (1980); Blatt C 5106 Köln (1986); Blatt C 5102 Mönchengladbach (1990).
- HAGER, H.; HAMMLER, U.; HILDEN, H.-D.; HISS, M.; KAMP, H. VON; Lange, F.-G.; MICHEL, G.; MÜLLER, H.-P.; PAAS, W.; REINHARDT, M. (1986): Erläuterungen zu Blatt C 5106 Köln. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 100 000: 78 S., 15 Abb., 2 Tab.; Krefeld.
- HANCE, L.; DEJONGHE, L.; STEEMANS, P. (1992): Stratigraphie du Dévonien Inférieur dans le Massif de la Vesdre (Belgique).- Ann. Soc. Géol. Belg., **115**: 119 – 134, 7 fig.; Liège.
- HARTKOPF-FRÖDER, C.; PIECHA, M. (Hrsg.) (2004): Palaeontology and facies of the Late Famennian in the Paffrath Syncline (Rhenish Massif, Germany). – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **251**: 289 S., 99 Abb., 25 Tab., 40 Taf.; Frankfurt a.M.
- HOLLMANN, G.; WINTERFELD, C. VON (1999): Laterale Strukturvariationen eines Vorlandüberschiebungsgürtels. – Z. dt. geol. Ges., **150**: 431 – 450, 9 Abb.; Stuttgart.
- HOLZAPFEL, E. (1910): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten. Blatt Düren. – 87 S., 2 Abb.; Berlin.
- HOLZAPFEL, E. (1911): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten. Blatt Eschweiler. – 122 S., 2 Taf.; Berlin.
- KASIG, W. (1980): Dinantian carbonates in the Aachen region, F.R.G. – Meded. Rijks geol. Dienst, **32** (6): 44 – 52, 4 Abb., 4 Taf., 1 Anl.; Haarlem.
- KASIG, W.; NEUMANN-MAHLKAU, P. (1969): Die Entwicklung des Eifeliums in Old-Red-Fazies zur Riff-Fazies im Givetium und Unteren Frasnium am Nordrand des Hohen Venns (Belgien-Deutschland). – Geol. Mitt., **8**: 327 – 388, 27 Abb., 2 Tab.; Aachen.
- MICHEL, G. (1986): Das Thermalwasser von Köln. – In: HAGER, H. et al. mult.: Erläuterungen zu Blatt C 5106 Köln. – Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, C 5106: 56 – 57, 1 Abb.; Krefeld.
- KNAPP, G. (1980), mit Beitr. v. HAGER, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der nördlichen Eifel 1 : 100 000, 3. Aufl. – 155 S., 9 Abb., 9 Tab., 1 Taf.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).

- PAPROTH, E. (1962): Die stratigrafische Verbreitung der nichtmarinen Muscheln im Westfal Nordwestdeutschlands. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **3,2**: 787 – 794; Krefeld.
- POMMERENING, J. (1993): Hydrogeologie, Hydrochemie und Genese der Aachener Thermalquellen. – Mitt. Ing.- u. Hydrogeol., **50**: 168 S., 60 Abb., 16 Tab.; Aachen.
- PRÜFERT, J.; WREDE, V. (1998): Bohrung Wolf 1996. – In: WREDE, V.: Die Tektonik des präpermischen Untergrundes von Krefelder und Venloer Scholle. – Fortschr. Geol. Rhld. Westf., **37**: 378 – 380, 1 Abb.; Krefeld.
- RIBBERT, K.-H. (1992): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000, Blatt C 5502 Aachen. – 84 S., 21 Abb., 5 Tab.; Krefeld.
- RIBBERT, K.-H. (1998): Die devonische Carbonatfazies und die Honseler Fazies im Bereich der Krefelder Achsenaufwölbung und ihrer Randgebiete. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **37**: 109 – 139, 6 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- RIBBERT, K.-H.; WREDE, V. (2000): Ergebnisse der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Tagebaus Hambach. – Mitt. Ing.- u. Hydrogeol., **76**: 267 – 274, 3 Abb.; Aachen.
- SPAETH, G. (1979): Neuere Beobachtungen und Vorstellungen zur variscischen Tektonik der westlichen Nordeifel (Rheinisches Schiefergebirge). – Z. dt. geol. Ges., 130: 107-121, 7 Abb.; Hannover.
- VOIGT, R. (1968): Schichtenfolge und Tektonik im westlichen Teil des Remscheid-Altenaer Großsattels (Rheinisches Schiefergebirge). – Geol. Mitt. Aachen, **8**: 143 – 216, 18 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Aachen.
- WINTERFELD, C. VON (1994): Variszische Deckentektonik und devonische Beckengeometrie der Nordeifel – Ein quantitatives Modell.- Aach. Geowiss. Beitr., **2**: 319 S., zahlr. Abb., Tab. u. Taf.; Aachen.
- WREDE, V.; HILDEN, H. D. (1988): Geologische Entwicklung. – In: HILDEN, H. D. [Hrsg.]: Geologie am Niederrhein [4. Aufl.] – 142 S.; Krefeld (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen)
- WREDE, V.; DROZDZEWSKI, G.; DVORAK, J. (1993): On the structure of the Eifel-Ardenne-Area. – In: Rhenohercynian and Subvariscan Fold Belts. – Ser. on Earth Evolution Sciences: 269 – 296, 15 Abb.; Braunschweig.
- WREDE, V.; ZELLER, M. (1983), mit Beitr. von JOSTEN, K.-H.: Geologie der Steinkohlenlagerstätte des Erkelenzer Horstes. – 40 S., 4 Abb., 1 Tab., 3 Taf., 1 Kt.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- WREDE, V.; ZELLER, M. (1988): Geologie der Aachener Steinkohlenlagerstätte (Wurm- und Inde-Revier). – 77 S., 18 Abb., 2 Tab., 1 Kte.; Krefeld.
- WREDE, V.; ZELLER, M. (1991): Die stratigrafische Einstufung der Bohrung Frenzer Staffel 1 (1985) (Inde-Mulde, Aachener Steinkohlenrevier). – Geol. Jb., **A 116**: 73 – 86, 4 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- WREDE, V. (1985): Tiefentektonik des Aachen-Erkelenzer Steinkohlengebietes. – In: Beitr. z. Tiefentektonik westdt. Steinkohlenlagerstätten: 9 – 103, 65 Abb.; 4 Tab., 13 Taf.; Krefeld.
- WREDE, V. (1988): Tiefentektonik der Wittener Hauptmulde im östlichen Ruhrkarbon. – In: Erg. Beitr. z. Tiefentektonik des Ruhrkarbons: 35 – 52, 10 Abb., 4 Taf.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- WREDE, V. (1998): Die Tektonik des prä-permischen Untergrundes von Krefelder und Venloer Scholle. – Fortschr. Geol. Rhld. Westf., **37**: 333 – 380, 17 Abb.; Krefeld.
- WREDE, V. (2000): Zur Bedeutung der Aachener Steinkohlenlagerstätte für das Verständnis der Variscischen Orogenfront in Mitteleuropa. – Zbl. Geol. Paläont., Tl. I, **1999** (3-4): 199-215, 6 Abb.; Stuttgart.

<b>scriptum</b>	<b>13</b>	61 – 74, 7 Abb.	Krefeld 2005
-----------------	-----------	-----------------	--------------

# **Beschreibung und Korrelation der känozoischen Lockergesteinsschichten der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Tagebaus Hambach**

Von Bernd Becker<sup>1</sup> und Sven Asmus<sup>2</sup>

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	62
<b>2</b>	<b>Erkundungsgeschichte der Niederrheinischen Bucht und der Braunkohlenlagerstätte</b>	62
<b>3</b>	<b>Geologische Schnitte durch die südliche Niederrheinische Bucht</b> .....	63
	3.1 Lage der Schnitte und der Grundgebirgsbohrungen .....	63
	3.2 Stratigrafische Gliederung .....	64
	3.3 Querschnitt Erftscholle (Tektonischer Bau) .....	65
	3.4 Längsschnitte Rurscholle und Erftscholle .....	67
	3.4.1 Grundzüge der Sedimentation .....	67
	3.4.2 Die Schichtenfolge des Oligozän .....	68
	3.4.3 Die Schichtenfolge ab dem Miozän .....	71
	3.5 Schnitt Bohrung Kinzweiler 1 .....	73
<b>4</b>	<b>Literatur</b> .....	74

---

Anschriften der Autoren:

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Bernd Becker, Stotzheimer Straße 57, D-50354 Hürth

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. Sven Asmus, RWE Power AG, Abt. Markscheidewesen und Lagerstätte, Stüttgenweg 2, D-50935 Köln

**Kurzfassung:** Die känozoischen Lockergesteinsanteile von zehn tiefen Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach werden lithologisch korreliert und in geologischen Quer- und Längsschnitten dargestellt. Auf dieser Grundlage und vor dem Hintergrund der Vorstellungen über Stratigrafie und Genese erfolgt eine Beschreibung der Tertiär- und Quartärschichten der südlichen Niederrheinischen Bucht.

**Summary:** Cenozoic soft rocks from ten basement boreholes bordering the lignite open-cast mine Hambach are correlated and depicted in tectonical sections. Based on this presentation and on the background of stratigraphy and sediment genesis a description of the tertiary and quaternary sediments of the southern Lower Rhine Embayment is given.

## **1 Einführung**

Die in den Jahren 1999 bis 2000 abgeteufte zehn Tiefbohrungen der RWE Power AG dienten primär der Erkundung des prätertiären Untergrundes der südlichen Niederrheinischen Bucht im Bereich der dort betriebenen Braunkohlentagebaue. Ihre paläozoischen Schichtanteile sind bereits in dem vorstehenden Beitrag von RIBBERT & WREDE eingehend beschrieben worden. Die Bohrungen haben aber auch jeweils ein vollständiges Schichtenprofil der tertiär- und quartärzeitlichen Schichten erbracht (s. Beitrag CUVELIER, Tab. 1 und Schichtenprofile). Dies ist insofern relativ selten als Bohrungen ihrem Zweck entsprechend hier in der Regel entweder nur bis in die Braunkohlenflöze führenden Formationen, in die mächtigen Grundwasserleiter des Flözhangenden oder nur bis in die oberflächennahen quartären Ablagerungen reichen.

Mit dem vorliegenden Beitrag sollen die neuen Bohrungen mittels geologischer Schnitte in den Kontext der Lockergesteinsabfolge und des tektonischen Baus der Niederrheinischen Bucht eingebunden werden. Grundlegend neue Erkenntnisse über die tertiäre und quartäre Schichtenabfolge waren aufgrund der langjährigen Erkundungsgeschichte der Niederrheinischen Bucht nicht zu erwarten und sind auch nicht aufgetreten.

## **2 Erkundungsgeschichte der Niederrheinischen Bucht und der Braunkohlenlagerstätte**

Die Erkenntnisse über die Abfolge der Lockergesteinsschichten und daraus abgeleitet über die Entstehung der Niederrheinischen Bucht sind eng verbunden mit der Exploration der hier existierenden Braunkohlenlagerstätte. Sie hat schon früh die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen. Nach anfänglich oberflächennahem Abbau begann um 1890 im Zusammenhang mit der Erlangung der Bergbauberechtigungen (Mutung) auf Braunkohle eine zunehmend systematische Bohrtätigkeit. Diese erreichte in den 1920er Jahren ihren Höhepunkt. Infolge der bis in die 1930er Jahre andauernden intensiven Lagerstättenexploration wurden durch Bohrungen auch die tiefer liegenden Lagerstättenteile in den einzelnen Schollen aufgeschlossen und gedeutet. Es entstanden die noch heute in wesentlichen Zügen gültigen Vorstellungen über die Genese der Niederrheinischen Bucht als einem ausgedehnten und über lange Zeiträume aktivem Senkungsgebiet der Erdkruste. Vom Oligozän bis zur Gegenwart wurden über einen Zeitraum von etwa 30 Millionen Jahren bei gleichzeitiger tektonischer Zergliederung klastische Lockergesteine mit einer Mächtigkeit bis über 1000 m sedimentiert und die Braunkohlenflöze gebildet.

In den späten 1940er und 50er Jahren war es dann die Bohrlochgeophysik, die eine entscheidende Verbesserung in der Qualität der Bohrlochauswertungen brachte. Es erfolgten in dieser Zeit die Haupt-Bohrkampagnen in den zum Teil auch heute noch im Abbau stehenden Lagerstättenteilen. Für den Raum Eschweiler – Inden wurde dadurch erkannt, dass die erbohrte Kohle nicht dem Hauptflöz, sondern vorwiegend einer zweiten mächtigen Flözentwicklung zuzurechnen war – dem Oberflöz, das in östliche Richtung in drei Teilflöze aufspaltet.

Mit diesen grundlegenden Erkenntnissen und einer erheblich zunehmenden Zahl geologischer Aufschlüsse entwickelte der Geologische Dienst NRW (ehemals Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen) 1960 die „Lagerstättenkarte des rheinischen Braunkohlenvorkommens“. Auch heute werden zur Detailerkundung der Braunkohlenlagerstätte hinsichtlich Teufenlage, Masse und Qualität der Kohle und deren Nebengesteine weiterhin in allen Abbaubereichen Untersuchungsbohrungen abgeteuft. Zusätzlich zu den Bohrungen ermöglichen auch die aufgeschlossenen Lockergesteinsabfolgen in den großen Tagebauen einen hervorragenden Einblick in den geologischen Aufbau des rheinischen Braunkohlenvorkommens bzw. der Niederrheinischen Bucht. Sedimentologische und paläontologische Untersuchungen wurden dadurch sehr gefördert und führten zu einem verfeinerten Bild der Entstehungsgeschichte. Allerdings wurden die tiefen Schichten im Liegenden des Hauptflözes im Abbau kaum aufgeschlossen. Erreicht wurden sie nur in wenigen besonders tiefen Bohrungen, wenn diese jeweils in den westlichen Gebieten der Großschollen abgeteuft wurden, d. h. dort, wo die tiefen tertiären Schichten in relativ geringer Teufe anstehen.

Zur Ermittlung der Teufenlage des Festgesteinsuntergrundes wurden ab 1942 bis in die 50er Jahre geophysikalische Untersuchungen (Gravimeter-, Drehwaage- und seismische Untersuchungen) an der Oberfläche für ein Teilgebiet der Niederrheinischen Bucht durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen gestatteten erstmalig die großflächige Darstellung der Basis der tertiären Lockergesteinsabfolge.

Damit gibt es in der Niederrheinischen Bucht eine mehr als 100-jährige Erkundungsgeschichte der Braunkohlenlagerstätte, in deren Verlauf mehr als 20 000 Bohrungen abgeteuft wurden. Diese Bohrungen verteilen sich allerdings nicht gleichmäßig über die 2 500 km<sup>2</sup> große Verbreitungsfläche des Braunkohlenvorkommens. Der größte Teil konzentriert sich auf die bereits ausgekohlten bzw. auf die Bereiche der derzeit im Betrieb befindlichen und zukünftigen Abbaufelder. Nur äußerst wenige Bohrungen haben vor 1999 die tieferen Tertiärschichten durchteuft und das Prätertiär, d. h. meist das paläozoische Grundgebirge erreicht.

Die nun vorliegenden zehn tiefen Untersuchungsbohrungen im Umfeld des Tagebaus Hambach stützen und verbessern die bisherigen Kenntnisse über das Lockergestein der Niederrheinische Bucht und geben zusätzliche Sicherheit bei der Darstellung der tieferen Schichten im Liegenden der Braunkohle und hinsichtlich der Tektonik.

### **3 Geologische Schnitte durch die südliche Niederrheinische Bucht**

#### **3.1 Lage der Schnitte und der Grundgebirgsbohrungen**

Die in den neuen Bohrungen jeweils aufgeschlossene tertiär- und quartärzeitliche Schichtenfolge wird im Folgenden anhand von fünf geologischen Schnitten erläutert. Die Lage der Schnitte und der Bohrungen geht aus Abbildung 1 hervor. Sie zeigt auch die großen Verwerfungssysteme und gibt damit einen Überblick über die tektonische Gliederung der südlichen Niederrheinischen Bucht. Diese zerfällt hier von Westen nach Osten in die Rur-Scholle, die Erft-Scholle und die Kölner Scholle (nach Norden schließt die Venloer Scholle an).

Den besten Einblick in diese tektonische Gliederung vermittelt der „Querschnitt Erftscholle“. Er verläuft annähernd in südwest-nordöstlicher Richtung. In ihm sind drei auf jeweils einer der oben genannten Großschollen abgeteuft Bohrungen dargestellt (Merzenich, Haus Forst, Frechen).

Dagegen ermöglichen die Schnitte parallel zur Längserstreckung von Erft- und Rur-Scholle eine Darstellung der vertikalen und lateralen Entwicklung der Lockergesteinsschichten in den Hauptsedimentationsrichtungen insbesondere unter der Braunkohlen-Lagerstätte. Der „Längsschnitt Rurscholle“ verläuft parallel zum Rurrand-Sprung im Bereich der höchsten Lockergesteinsmächtigkeiten der Rurscholle über die Bohrungen Lindern, Schophoven, Selhausen und Merzenich.

In die zentral gelegene Erftscholle fallen die Bohrungen Sophienhöhe, Tagebau Hambach, Haus Forst und Wissersheim. Der Schnitt über diese Bohrungen ist der „Längsschnitt Erftscholle“. Er verläuft näherungsweise parallel zum Generalstreichen sowohl der größeren Verwerfungen als auch der Lockergesteinsschichten und in mittlerer Teufenlage der nach Nordosten einfallenden Erftscholle.

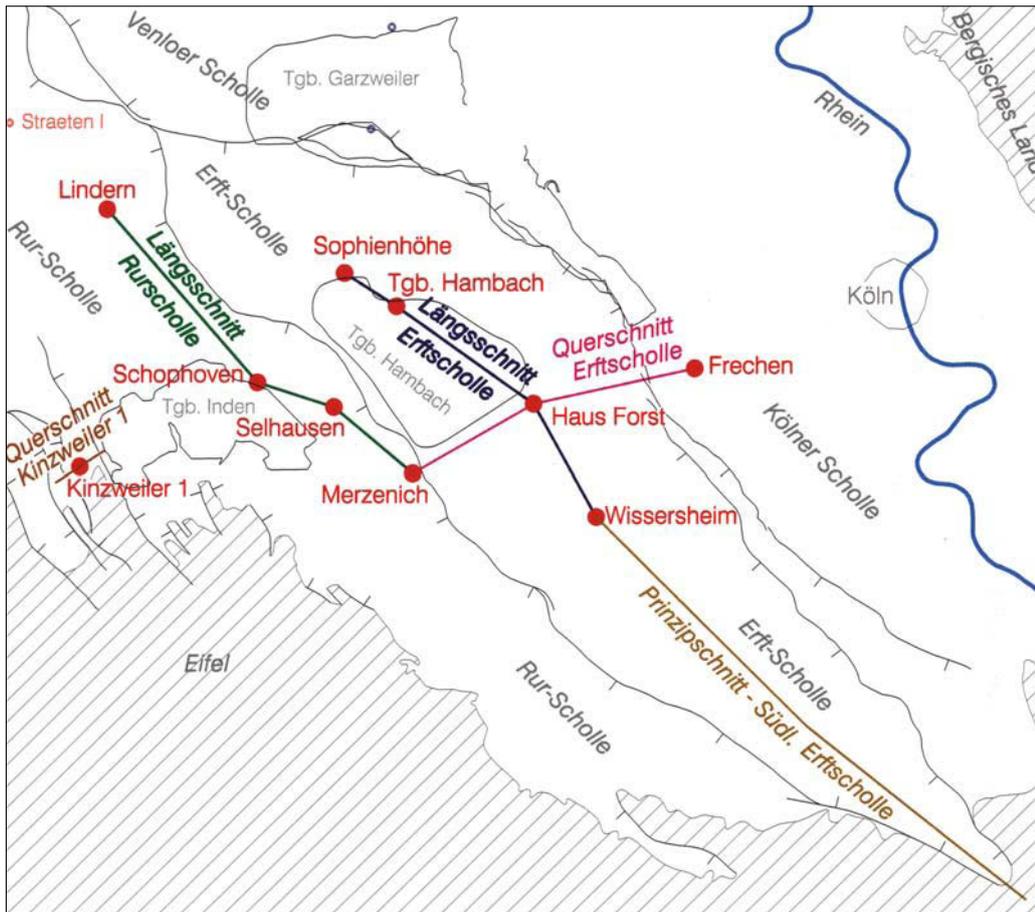


Abb. 1  
Lage der Tiefbohrungen und Schnitte

Nicht mehr ins eigentliche Untersuchungsgebiet fällt der „Prinzipschnitt Südliche Erftscholle“. Er bildet die Fortsetzung des „Längsschnittes Erftscholle“ nach Südosten.

Eine Sonderstellung nimmt die Bohrung Kinzweiler 1 ein. Sie liegt im Westen der Rurscholle nahe am Festgesteinsrand und zeigt nur geringmächtige Ablagerungen des Känozoikums.

Der Blick auf die geologischen Schnitte zeigt einen großen Detailreichtum sowohl hinsichtlich der lithostratigrafischen Gliederung und fazieller Wechsel als auch hinsichtlich der dargestellten tektonischen Elemente. Bei der Konstruktion der Schnitte sind geologische Daten aus einer Vielzahl weiterer Bohrungen verwendet worden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden in den Schnitten aber nur die hier beschriebenen neuen Bohrungen dargestellt.

### 3.2 Stratigrafische Gliederung

Die in den geologischen Schnitten verwendeten Kurzzeichen der Lockergesteinsschichten (Zahlen, Zahlen-Buchstaben-Kombinationen, z. B.: 04A) erfolgen in Anlehnung an die von SCHNEIDER & THIELE (1965) eingeführte Gliederung der Lockergesteinsabfolge. Diese nach hydrogeologischen Gesichtspunkten (Grundwasserstauer / Grundwasserleiter) eingeführte lithostratigrafische Einteilung erfolgte zunächst für die Erftscholle und wurde später auf die gesamte südliche Niederrheinische Bucht ausgedehnt. Sie bildet heute die Grundlage für alle hydro- und lagerstättengeologischen Darstellungen im Rheinischen Braunkohlenrevier (s. Abb. 2).

Ausgehend vom Unterflöz II bis zur Tagesoberfläche wurde eine Ziffernfolge von 1 bis 20 vergeben, die tieferen Horizonte von der Tertiärbasis bis zum Liegenden des Unterflözes II erhielten die Ziffernfolge 01 bis 09. Weitere Differenzierungen erfolgen mittels Buchstaben. Eine genauere Charakterisierung der einzelnen Horizonte erfolgt im Zuge der Beschreibung der geologischen Schnitte.

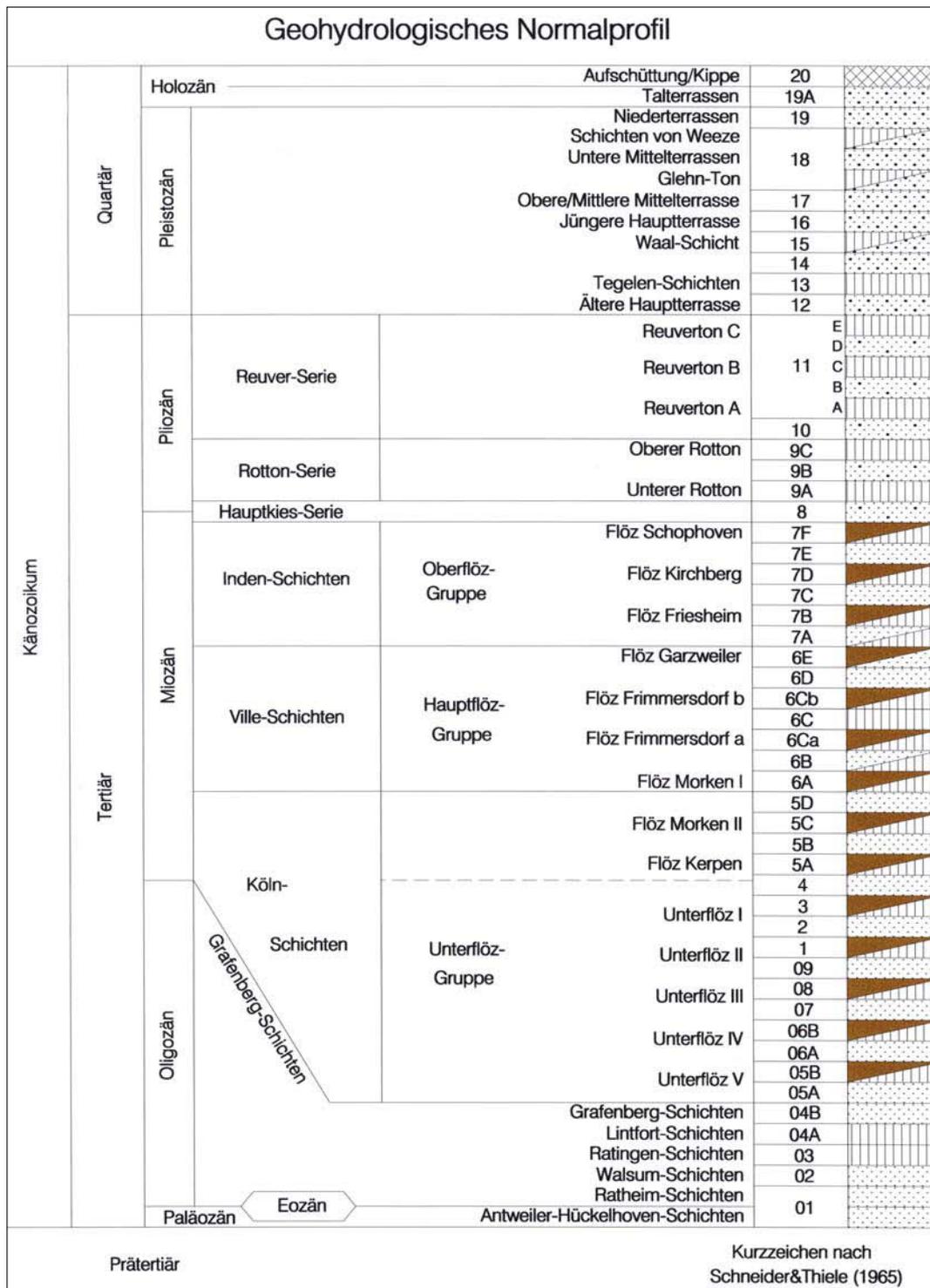


Abb. 2 Geohydrologisches Normalprofil der Rheinischen Braubkohlenlagerstätte (nach RWE Power und Geologischem Dienst NRW)

### 3.3 Querschnitt Erftscholle (Tektonischer Bau)

Der „Querschnitt Erftscholle“ (Abb. 3) verläuft ungefähr senkrecht zu den in der Niederrheinischen Bucht überwiegend Nordwest – Südost streichenden Verwerfungen (s. Abb. 1) und lässt deshalb besonders gut den tektonische Bau der Erftscholle erkennen.

SW

NE

Merzenich

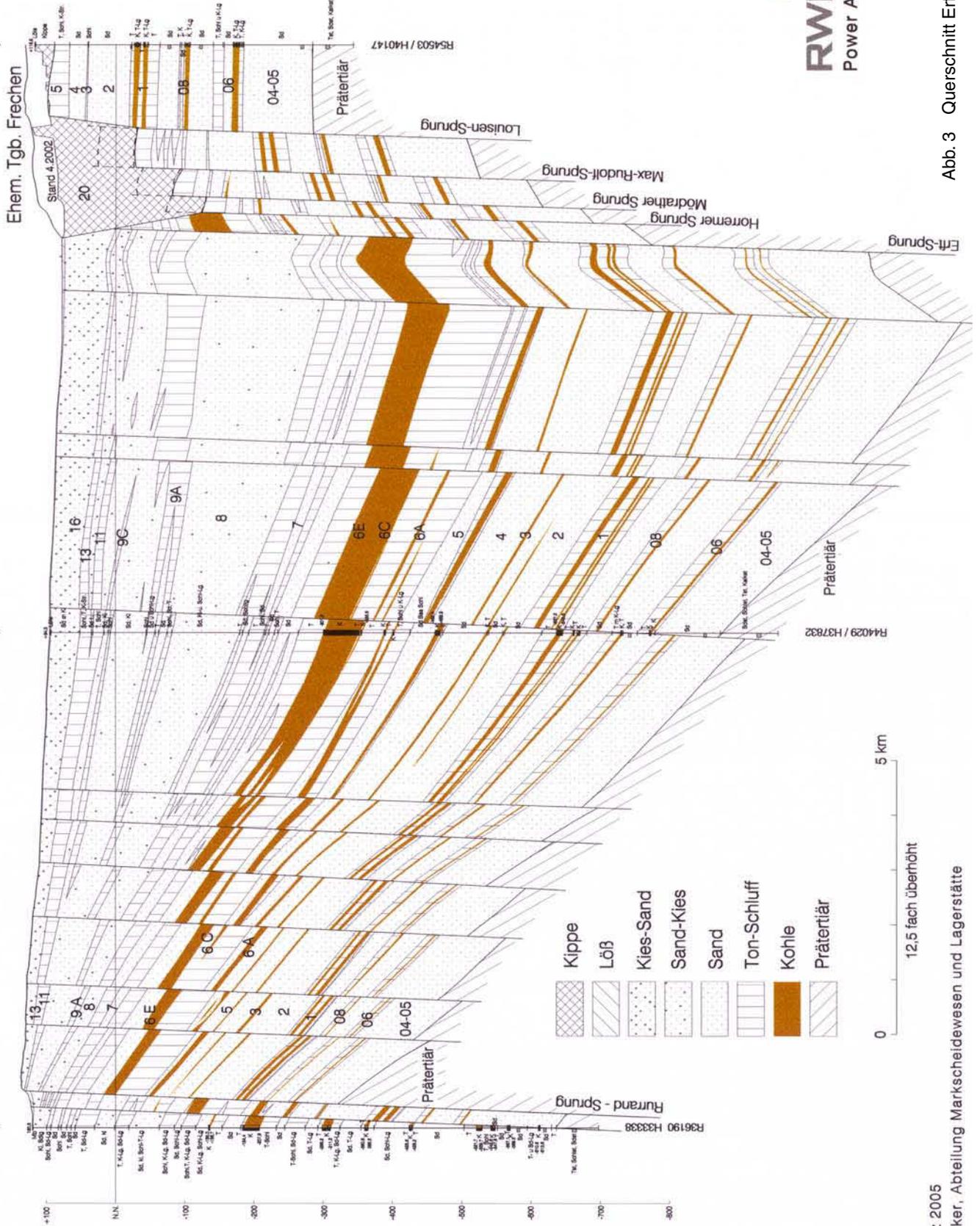
Haus Forst

Frechen

P 5.6159/3

P 8.7945/3

P 8.4081/5



Der tiefste Teil der Erftscholle liegt an ihrem nordöstlichsten Rand nahe am Erftsprung. Hier steht die Prätertiäroberfläche ca. 1 300 m unter der Tagesoberfläche an. Die in der Erftscholle nach Nordosten einfallenden Schichten bilden zusammen mit einer Vielzahl kleinerer nach Südwesten einfallender Verwerfungen einen antithetischen Schollenbau. Nordöstlich des Schollentiefsten, im Übergang von der Kölner- zur Erftscholle, ist dagegen ein synthetischer Schollenbau vorherrschend. Bei den im Schnitt auftretenden Verwerfungen handelt es sich ausnahmslos um Abschiebungen, die überwiegend nach Südwesten einfallen.

Schichteinfallen und Versatzbeträge steigen mit zunehmender Teufe oft deutlich an, eine Folge der über größere Zeiträume anhaltenden, zeitgleich mit der Sedimentation stattfindenden tektonischen Bewegungen an den Verwerfungen. Die Hauptverwerfungen, die die Erftscholle in diesem Schnitt begrenzen, sind der Rurrand-Sprung und der Erft-Sprung, die von weiteren Staffeln an den Übergängen zu den benachbarten Schollen (Rurscholle und Kölner Scholle) begleitet werden. Die Tertiärbasis ist an diesen alten Verwerfungssystemen insgesamt ca. 500 m bzw. über 800 m versetzt worden, die Ville-Schichten dagegen nur noch um ca. 200 m bzw. ca. 500 m. An beiden Verwerfungssystemen zeigen sowohl die Morphologie der Tagesoberfläche (im Schnitt nur am Rurrand-Sprung erkennbar, am Erft-Sprung durch den Tagebau Frechen anthropogen verändert) als auch die bereits an der Basis des Lösses erkennbaren Versätze, dass diese Verwerfungen bis in die Gegenwart aktiv sind. Die Bewegungen, die zur Bildung der Niederrheinischen Bucht geführt haben, dauern also weiter an.

Der „Querschnitt Erftscholle“ beginnt im Südwesten an der Tiefbohrung Merzenich. Bei näherer Betrachtung der erbohrten Schichtenabfolge fällt auf, dass die tiefen Schichten 04B, 05 und 06 fehlen, während diese in anderen Tiefbohrungen aufgeschlossen wurden. Deshalb liegt der Schluss nahe, dass das Fehlen dieser Schichten auf eine Schichtverkürzung beim Durchteufen einer Abschiebung zurückzuführen ist. Aufgrund der räumlichen Nähe zum Rurrand-Sprung kann diese Verwerfung als Vorstaffel gedeutet werden. Theoretisch denkbar wäre es auch, die durchteufte Verwerfung als den Rurrand-Sprung selbst zu interpretieren. Dadurch ergäbe sich aber mit dem bekannten Ausbiss an der Tagesoberfläche ein Einfallen von nur ca. 45°. Ein derartig flaches Einfallen steht aber im Widerspruch zum Störungseinfallen der Verwerfungen in der südlichen Niederrheinischen Bucht, das zwischen 60 und 70° liegt.

Das Prätertiär (Devon) wurde in der Bohrung Merzenich also in der Nähe des südwestlichen Randes einer Zwischenscholle erbohrt. Das Tiefste der Rur-Scholle muss daher weiter im Westen in deutlich größerer Teufe vermutet werden.

## **3.4 Längsschnitte Rurscholle und Erftscholle**

### **3.4.1 Grundzüge der Sedimentation**

Die Abfolge der tertiär- und quartärzeitlichen (känozoischen) Lockergesteinsschichten in der Niederrheinischen Bucht ist von einem stetigen Wechsel kontinental geprägter klastischer Sedimente mit eingelagerten Braunkohlenflözen und marinen Ablagerungen in flachen Meeresbereichen gekennzeichnet. Die marinen Sedimente bestehen überwiegend aus Fein- bis Mittelsanden. Bereichsweise sind in Bohrungen und in den Tagebauen auch überwiegend zentimetergroße Feuersteine in Lagen von Mächtigkeiten bis ca. einem Meter aufgeschlossen worden. Die terrestrischen Sedimente bilden ein breites Korngrößenspektrum von Tonen über Schluffe und Sande bis hin zu grobklastischen Rinnen-Ablagerungen und Flusskiesen.

Die känozoische Sedimentation in der Niederrheinischen Bucht wird durch weitgespannte Absenkungsvorgänge gesteuert, die sich aus dem Bereich des Nordseebeckens kommend im Verlauf des Oligozäns nach Südosten bis in das südliche Niederrheingebiet ausdehnten. Auch durch Schwankungen in den Meeresspiegeln der von Nordwesten mehrfach vordringenden und sich wieder zurückziehenden Nordsee hatte sich die Küstenlinie und damit das Ablagerungsmilieu mit Meer, Fluß- und Seenlandschaften wiederholt verändert. Beim Rückzug des Meeres kam es zeit- und bereichsweise zunächst zur Erosion der marinen Sedimente. Anschließend wurden diese von terrestrischen Ablagerungen der sich nach Nordwesten ausbreitenden Fluß- und Seenlandschaften überdeckt. Die sedimentierten Lockergesteine bestehen überwiegend aus Verwitterungsprodukten des Rheinischen Schiefergebirges.

Die so entstandene intensive Verzahnung mariner und terrestrischer Sedimente sowie die fazielle Entwicklung der Sedimente von Nordwesten nach Südosten lässt sich gut in den Längsschnitten der Rur- und der Erftscholle beobachten. Am weitesten nach Nordwesten reicht der „Längsschnitt Rurscholle“ (Abb. 4). In seinem nordwestlichen Abschnitt (Bohrung Lindern) zeigt er über die gesamte Mächtigkeit der Schichtenabfolge unterhalb der Hauptflözgruppe ausschließlich marine Ablagerungen. In der Schnittmitte, d. h. ca. 14 km weiter südöstlich beträgt der Anteil terrestrischer Sedimente erst ca. 10 %. Die hier zu beobachtenden Mächtigkeitsverhältnisse von marinen und terrestrischen Sedimenten entsprechen dem nordwestlichen Abschnitt des „Längsschnittes Erftscholle“ (Abb. 5).

Über eine Strecke von weiteren ca. 13 km nach Südosten nimmt der Anteil der marinen Ablagerungen in beiden Schnitten auf ca. 70 – 75 % ab (Südostende „Längsschnitt Rurscholle“ und Bohrung Haus Forst im „Längsschnitt Erftscholle“). Im noch weiter nach Südosten reichenden „Längsschnitt Erftscholle“ (Abb. 5) setzt sich die Abnahme des marinen Einflusses fort. Am Schnittende bei der Bohrung Wissensheim bestehen nur noch ca. 55 % der Lockergesteine unterhalb der Hauptflözgruppe (Horizont 6) aus marinen Sanden.

Die weitere Entwicklung in Richtung Gebirgsrand zeigt der „Prinzipschnitt Südliche Erftscholle“ (Abb. 6), in dem allerdings auf eine Differenzierung der bindigen Schichten in Braunkohle und feinklastische Sedimente verzichtet worden ist. Die Verzahnung von marin und terrestrisch geprägten Sedimenten setzt sich nach Südosten hin fort. Mit der schnellen Abnahme der Gesamtmächtigkeit der Lockergesteine nimmt in stärkerem Umfang auch der marine Einfluss ab. Dabei ist eine zunehmende Vertonung und eine Faziesverschiebung hin zu lagunär-terrestrischen Tonsedimenten zu beobachten. Deutlich vor dem Erreichen des Gebirgsrandes sind keine sandig-marinen Schichten mehr erkennbar. Diese Verschiebung ist vor allem für die Hydrogeologie der Erft-, aber auch der Rurscholle von Bedeutung (s. Beitrag OSWALD, in diesem Heft).

### **3.4.2 Die Schichtenfolge des Oligozän**

Die ältesten tertiären Schichten in den 10 Tiefbohrungen wurden von der Bohrung Lindern erfasst (s. Abb. 4). Direkt auf dem Festgesteinsuntergrund liegen hier ca. 30 m mächtige homogene Sande auf. Die Ergebnisse der geophysikalischen Messungen und die Korrelation mit der weiter nördlich liegenden Bohrung Straeten 1 (s. Abb. 1) lassen den Schluss zu, dass der untere Teil dieser Sande den Ratheim-Schichten (01), d. h. dem frühesten Oligozän, zugerechnet werden kann. Der obere Abschnitt fällt dann in die Walsum-Schichten (02). Der über den Sanden anstehende Schluff-Ton und schluffige Sand ist wohl am ehesten den Ratingen-/Lintfort-Schichten (03-04A) zuzuordnen. Dem Schnittverlauf nach Südosten folgend gehen die tiefen Sande (01/02) und der Ratingen-Ton (03) aus, sodass bei der Bohrung Schophoven der obere Abschnitt der tiefen bindigen Schichten (04A) auf dem Festgestein aufliegt. Dieser verliert nach Südosten weiter an Mächtigkeit und keilt in der Nähe der Bohrung Selhausen aus.

Ein ähnliches Bild ist in der Bohrung Sophienhöhe im „Längsschnitt Erftscholle“ (s. Abb. 5) abzulesen. In den geophysikalischen Bohrlochmessungen zeigt sich eine Zunahme bindiger Gesteinsanteile an der Basis der tertiären Schichten. Diese können als Reste der Lintfort-Schichten (04A) gedeutet werden, deren südliche Verbreitungsgrenze so im Bereich der Bohrung Sophienhöhe vermutet werden kann.

Die marinen Schichten setzen sich zum Hangenden hin mit den sandigen Grafenberg-Schichten (04B) fort. Durch ein mit der tektonischen Aktivität verbundenes schnelles Einsinken drang die Nordsee bis in den Süden der Bucht vor. Meeressande (04B-05) wurden auf den im Nordwesten abgelagerten bindigen Schichten (03-04A) bzw. weiter im Südosten direkt auf das prätertiäre Festgestein abgelagert (s. Abb. 6).

Danach wurde die marine Sedimentation mehrfach durch vermindertes Einsinken des Untergrundes und das Absetzen von Verwitterungsmaterial aus dem Schiefergebirge unterbrochen. Toniges Material, das von Südosten her durch Flüsse herangetragen wurde, lagerte sich im Bereich südlich des sandigen Küstenstreifens vermutlich in Brackwasserseen und sumpfigen Deltaebenen ab. In diesen Zeiten kam es dabei auch zu ersten ausgedehnten Torfbildungen, die aber immer wieder schnell mit Sedimenten zugedeckt wurden (Abb. 3 – 5). Die so gebildete Wechselfolge von marinen Sanden sowie festländischen Tonen und Schluffen mit Braunkohlelagen wird dem unteren Abschnitt der Köln-Schichten (Unterflözgruppe 05 bis 4) zugeordnet. Im Nord-

NW

SE

Lindern

P 5.6160/6

Schophoven

P 5.6138/3

Selhausen

P 5.6158/5

Merzenich

P 5.6158/3

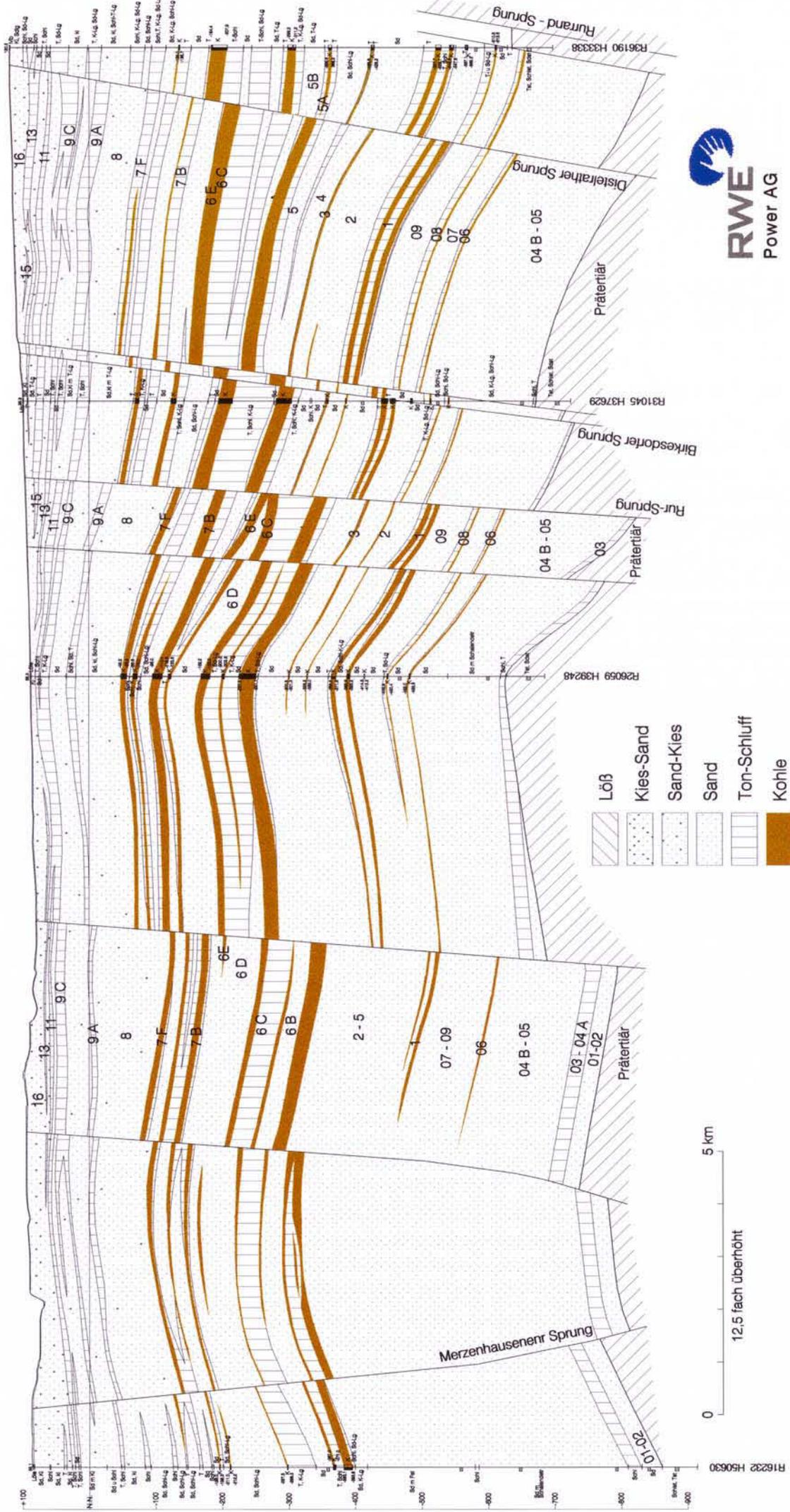


Abb. 4 Längsschnitt Rurscholle

Bearbeitungsstand: März 2005  
bearbeitet durch: B. Becker, Abteilung Markscheidewesen und Lagerstätte

NW

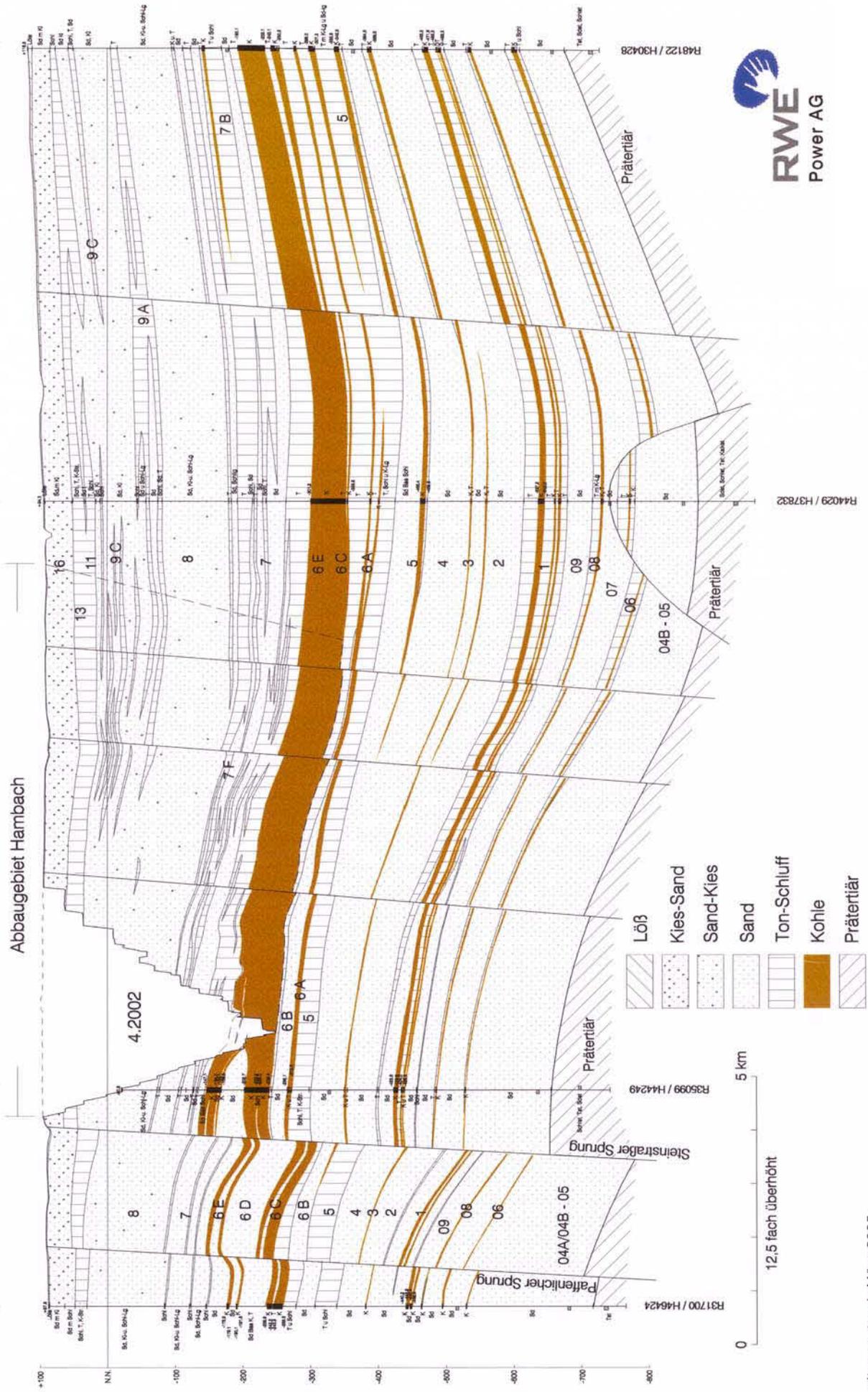
SE

Sophienhöhe  
P 8.7950/3

Tgb. Hambach  
P 8.7932/3

Haus Forst  
P 8.7945/3

Wissersheim  
P 8.7998/5



Bearbeitungsstand: März 2005

bearbeitet durch: B. Becker, Abteilung Markscheidewesen und Lagerstätte

Abb. 5 Längsschnitt Erftscholle

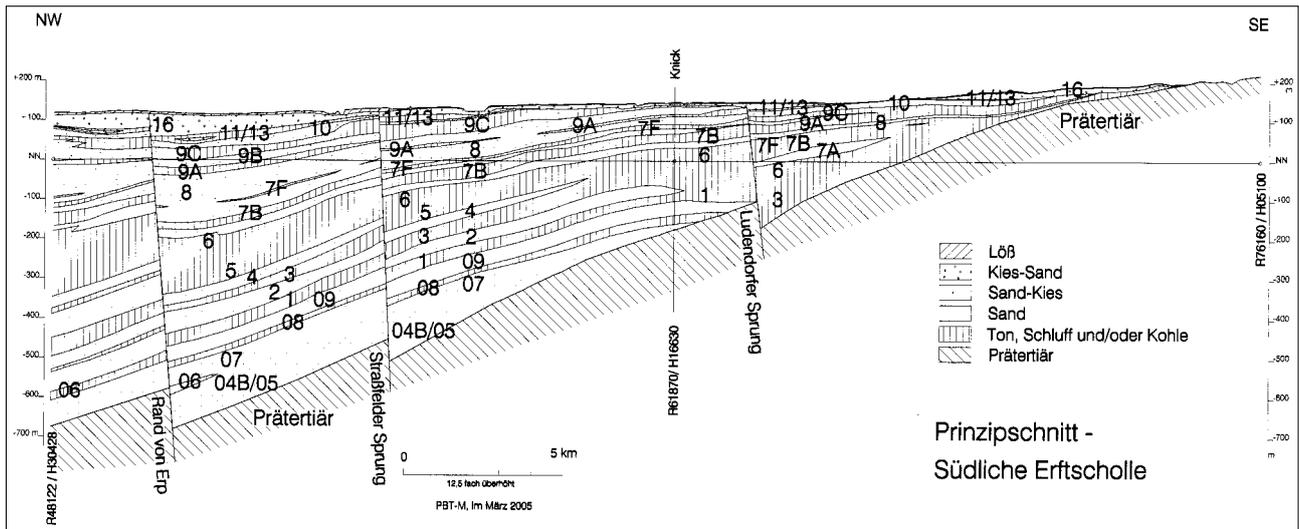


Abb. 6 Prinzipschnitt südliche Rurscholle

westen war die Sedimentation von Meeressanden (Grafenberg-Schichten) weiterhin dominierend (Abb. 4). Die maximale nordwestliche Ausdehnung der festländischen Sedimente (Schichten 06, 08, 1 und 3) liegt auf der Ertfscholle in der Nähe der Bohrung „Sophienhöhe“ und auf der Rurscholle nordwestlich der Bohrung „Schophoven“, wo diese Schichten schon jeweils stark an Mächtigkeit verloren haben oder nur noch in Spuren vorhanden sind (Abb. 4 und 5).

Der für mächtigere stratigrafische Einheiten beschriebene Wechsel von marinen und kontinentalen Ablagerungen lässt sich zum Teil auch in einzelnen Horizonten wie dem Ton 1 (Unterflöz II) beobachten. Durch drei Meerestransgressionen jeweils bis in den Bereich der heutigen Tagebaue Hambach und Inden entstanden Aufspaltungen des weiter nach Süden ausschließlich aus einer Wechsellagerung von Tonen und Braunkohleflözen bestehenden Ton 1 (Abb. 4 und 5). Durch die hohe Bohrdichte im Bereich der beiden Tagebaue lässt sich die Verbreitungsgrenze der marinen Einschaltungen gut nachweisen.

### 3.4.3 Die Schichtenfolge ab dem Miozän

Während sich im „Längsschnitt Rurscholle“ die fazielle Entwicklung der oligozänen Sedimente am prägnantesten zeigt, stehen im Folgenden die miozänen und pliozänen sowie die quartärzeitlichen Schichtfolgen im Vordergrund.

Im Verlauf des Miozän nimmt der Anteil der marinen Sedimente in Rur- und Ertfscholle stark ab bis dann ab der Wende Miozän/Pliozän ausschließlich terrestrische Sedimente abgelagert werden. Charakteristisch für die miozäne Schichtserie ist das Auftreten mächtiger Braunkohleflöze.

Zunächst ist im unteren Teil des Miozän (s. Abb. 2) der Anteil der Braunkohle an den sedimentierten Schichten in den Horizonten 5A (Flöz Kerpen) und 5C (Flöz Morken II) noch gering. Die Flöze sind nicht oder nur in Teilbereichen der Schnitte verbreitet. Bindige Schichten haben insbesondere in der Ertfscholle einen großen Anteil an der Gesamtmächtigkeit des Horizontes 5. Mit seiner wechselhaften Fazies ähneln die Verhältnisse noch denen der Unterflözgruppe. Die Schichtenabfolge wird daher auch noch den Köln-Schichten zugeordnet.

Eine tiefgreifende Veränderung setzte in der darauf folgenden Zeit der Hauptflöz-Gruppe (Villemerschichten) ein. Subtropische klimatische Verhältnisse, eine Verlangsamung der tektonischen Absenkung der Niederrheinischen Bucht sowie eine geringere Hebung des Rheinischen Schiefergebirges und dadurch eine verminderte Sedimentzufuhr und der Anstieg des Grundwassers im festländischen Bereich begünstigten eine vielfältige Vegetation. Bei gleich bleibend hohem Grundwasserstand und einem über einen Zeitraum von etwa

10 Mio. Jahren anhaltenden Gleichgewicht von geringer Senkungsgeschwindigkeit und Mächtigkeitszuwachs der Torfschichten war die Niederrheinische Bucht von weiträumigen Moorlandschaften geprägt. Die primäre Torfakkumulation erreichte so Mächtigkeiten von bis zu ca. 270 m. Die heutigen Braunkohleflöze erreichen Mächtigkeiten von maximal 100 m, in den Schnitten bis ca. 70 m. Dieser Zeitabschnitt wird auch den Villeschichten (s. Abb. 2) zugerechnet.

Die Torfbildung setzte in verschiedenen Regionen zu verschiedenen Zeiten ein und dauerte unterschiedlich lange. Die Moorflächen wurden im Nordwesten durch die Nordsee und nach Südwesten durch fluviatile oder limnische Sedimentationsbereiche begrenzt. Die Ausdehnung der Moorflächen war ständigen Veränderungen unterworfen, was sich heute im Flözaufbau zeigt. Deutlich wird dies beim Vergleich der Abbildungen 4 und 5. Während im „Längsschnitt Erftscholle“ überwiegend ein mächtiges geschlossenes Flöz (Flöz Garzweiler/Frimmersdorf- 6E/6C) ansteht – Flöz Morken 6A ist abgespalten und kaum entwickelt – ist im „Längsschnitt Rurscholle“ das Flöz Morken (6A) durchgehend mächtig vorhanden. Das vereinigte Flöz Garzweiler/Frimmersdorf (6E/6C) ist wesentlich geringmächtiger ausgebildet, weil Flöz Frimmersdorf anteilig von Ton ersetzt wird.

Flüsse, die ihren Verlauf ständig veränderten, spielten eine wichtige Rolle in der Entwicklungsgeschichte der Niederrheinischen Bucht. Während der Zeit der Torfbildung erfolgte die fluviatile Sedimentation am Anfang noch im Zentrum der Bucht – später verlagerte sie sich immer mehr in den Westen bis auf die Rurscholle. In den Flussrinnen wurden klastische Sedimente, zum Teil zusammen mit erodiertem Torf abgelagert. Ein Beispiel ist im „Querschnitt Erftscholle“ (Abb. 3) im Flöz 6E/6C zwischen den Bohrungen Merzenich und Haus Forst erkennbar.

Von Nordwesten kam es auch während der Torfbildung mehrfach zu Vorstößen des Meeres und der Ablagerung von Meeressedimenten (z. B. die sandigen Zwischenmittel im Flöz Garzweiler, den Neurather Sand 6D und den Frimmersdorfer Sand 6B in den Abbildungen 4 und 5).

Mit der Zunahme der Transportkraft des Ur-Rheins setzte die Sedimentation mächtiger Sande und Tone ein, die die Torfmoore abdeckte und die Hauptflözbildung im höheren Miozän beendete. Dort, wo hohe Torfmächtigkeiten entstanden waren, setzten sich diese unter der Auflast der klastischen Sedimente. Die höheren Setzungsraten führten zu fortgesetzter Ablagerung im Wesentlichen von terrestrisch-fluviatilen Sedimenten mit einem großen Anteil bindiger Schichten. Diese erreichen insbesondere in der Erftscholle erhebliche Mächtigkeiten (s. Abb. 5). Nach Nordwesten muss ein zunehmend mariner Einfluss angenommen werden.

In Gebieten mit kleinerer Torfmächtigkeit und entsprechend geringerer Setzung bildeten sich erneut Sumpfwälder und Waldmoore. Es entstand die Oberflözgruppe, die zwischen Eschweiler und Jülich ein ungeteiltes Flöz mit Mächtigkeiten von bis zu 35 m bildet. Zu den Rändern seiner Verbreitung hin spaltet das Oberflöz in die Flöze Friesheim (7B), Kirchberg (7D) und Schophoven (7F) auf (s. Abb. 4).

Die nun folgenden miozänen bis pliozänen Hauptkies-Schichten (8) bilden in allen Schnitten eine mächtige Ablagerungsfolge. Sie zeichnet sich durch fluviatile Schüttungen von Rhein, Maas und Sieg mit groben Kiesen bis Sanden aus, die nur abschnittsweise von Lagen mit Ton und Feinsand unterbrochen werden. Die überwiegend grobklastischen Sedimente machen die Hauptkies-Schichten zum mächtigsten Grundwasserleiter in der südlichen Niederrheinischen Bucht. In dem Wechsel zu deutlich gröberen klastischen Sedimenten wird die Folge eines kühleren Klimas mit jahreszeitlich bedingten starken Niederschlägen und die einsetzende Heraushebung und Erosion des Rheinischen Schiefergebirges gesehen.

Mit dem nun beginnenden Pliozän wurden wieder in größerem Umfang feinklastische Sedimente abgelagert. Es bildeten sich die Rotton- (9A – 9C) und die Reuver-Schichten (11). In den Abbildungen 3 – 5 lassen sich z. T. weitflächige, aber auch sehr unregelmäßige fluviatile Ablagerung aus diesen Schichtserien erkennen.

Nach ersten Klimaschwankungen schon im späten Miozän begann das Quartär mit einer durchgreifenden Klimaverschlechterung auf der Nordhalbkugel. Kalt- und Warmzeiten wechselten mehrfach. In den Schnitten dominieren mit großen Mächtigkeiten die während der Kaltzeiten von Rhein und Maas abgelagerten Terrassenschotter. Diese lassen sich den Zeitabschnitten von der Älteren (12) bis zur Jüngeren Hauptterrasse (16) zuordnen. Den zwischengeschalteten Warmzeiten werden die bindigen Ablagerungen der Tegelen-Schichten (15) bzw. der Waal-Schichten (15) zugerechnet. Die Festlegung der Pliozän-Pleistozän Grenze gestaltet sich

in der Niederrheinischen Bucht schwierig, wenn keine Pollen- bzw. Schwermineralanalysen vorliegen. Von verschiedenen Autoren werden daher die in den Schnitten den Tegelen-Schichten (13) zugeordneten bindigen Ablagerungen bereichsweise noch den pliozänen Reuver-Schichten (11) zugerechnet.

Den Abschluss der Sedimentationsabfolge bildet eine vom Wind eingewehte dm- bis m-dicke Lößdecke, die in den Schnitten nur ansatzweise erkennbar ist.

Die Schnitte zeigen auch die anthropogenen Veränderungen durch den Braunkohlenbergbau. Im „Längsschnitt Erftscholle“ (Abb. 5) befindet sich der heute betriebene Tagebau Hambach. Die Bohrung Tagebau Hambach ist im nördlichen Böschungssystem des Tagebaus abgeteuft worden. Im Schnitt ist auch der künftige Abbaubereich der noch bis in die 2040er Jahre reichenden Gewinnung erkennbar. Im „Querschnitt Erftscholle“ (Abb. 3) ist der ausgekohlte und wieder verfüllte ehemalige Tagebaue Frechen dargestellt. Der Ansatzpunkt der Bohrung Frechen liegt auf verkipptem Gelände. Die Bohrung erreicht daher erst in einer Teufe von ca. 25 m das Grundgebirge.

### 3.5 Schnitt Bohrung Kinzweiler 1

Die am westlichen Rand der Rurscholle abgeteufte Bohrung „Kinzweiler 1“ stellt mit ihrer nur geringen Teufe eine Besonderheit im gesamten Bohrprogramm dar (s. Abb. 1 und 7). Ursächlich sind die hier nur in geringer Mächtigkeit angetroffenen tertiärzeitlichen Lockergesteine. Unter pleistozänen Sedimenten der Hauptterrasse stehen geringmächtige (2 – 3 m) oligozäne Schichten (Sand auf glaukonithaltigem Schluff bis Ton) an, auf die bereits das prätertiäre Festgestein folgt. Um welche oligozänen Schichten es sich hierbei handelt, kann aus den geophysikalischen Messungen nicht eindeutig ermittelt werden. Auch die mikropaläozoologische Untersuchung des Geologischen Dienstes NRW (s. Beitrag HISS in diesem Heft) ergab wegen des entkalkten Probenmaterials keine eindeutige Datierung, wohl aber das Vorhandensein von Resten mariner Mikrofauna. Aufgrund der Lage der Bohrung ist nicht ausgeschlossen, dass es sich bei der Schluff-/Tonschicht um den Horizont 03 (Ratingen-Schichten) handelt. Zusätzliche Erkenntnisse über die generelle Verbreitung des Horizontes 03 (s. Beitrag OSWALD in diesem Heft) lassen aber eher vermuten, dass es sich bei der Schluff-/Tonschicht und dem darüber anstehenden Sand um Erosionsreste jüngerer Tertiär-Horizonte, etwa 04A (Lintfort-Schichten) bzw. 04B (Grafenberg-Schichten) handelt.

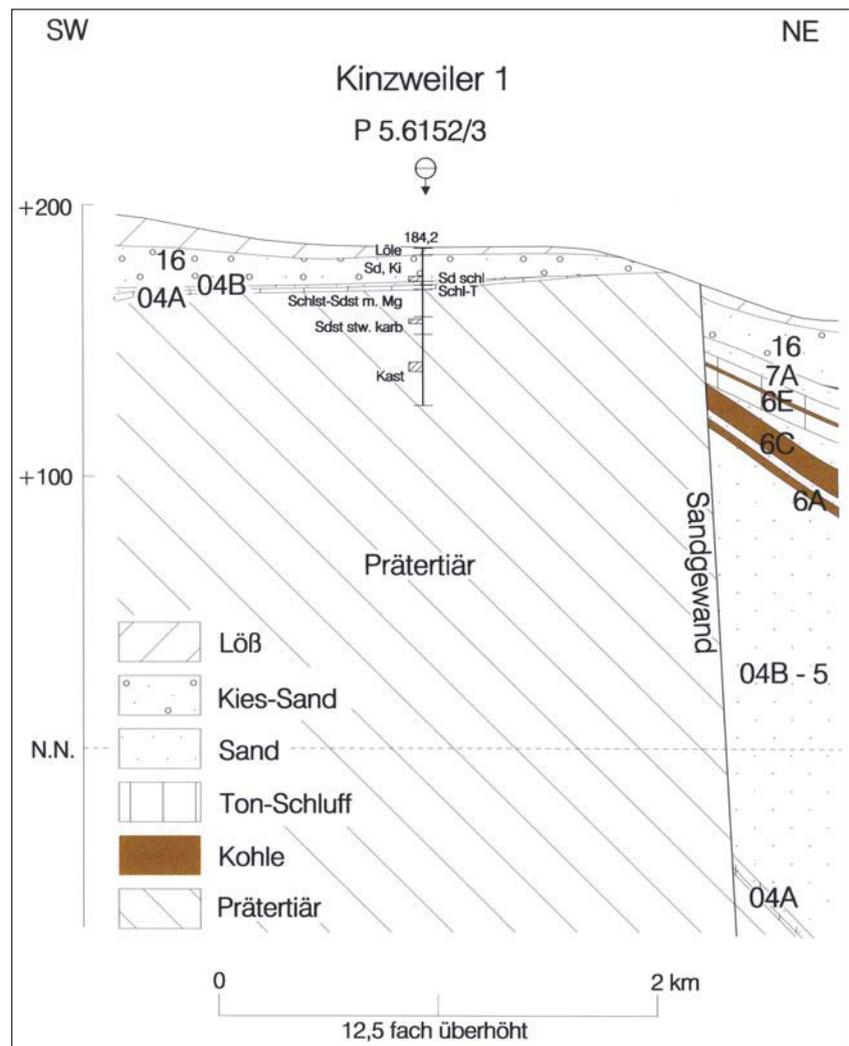


Abb. 7 Schnitt im Bereich der Bohrung Kinzweiler 1

## 4 Literatur

- CUVELIER, N. (2005): Planung und Durchführung eines Bohrprogramms zur Erkundung des tiefen Untergrundes der Niederrheinischen Bucht. – Scriptum, **13**: 7 – 13, 16 Abb., 1 Tab., Abb. 17 – 26 im Anh.; Krefeld.
- GLIESE, J. (1977): Die Ablagerungen klastischer Gesteine während der Entstehung der rheinischen Braunkohlenflöze. – Braunkohle, Heft 4 – April 1977: 121 – 124, 3 Abb.,
- HAGER, H.; PRÜFERT, J. (1988): Tertiär. – Geologie am Niederrhein, 4. Aufl.: S. 32 – 40; Krefeld.
- HAGER, H. (1977): Zur geologischen Gliederung der Schichtenfolge im rheinischen Braunkohlenrevier. – Braunkohle – Heft 4 – April 1977, S. 116 – 120; Düsseldorf.
- HAGER, H. (1988): Das Tertiär des Rheinischen Braunkohlenreviers, Ergebnisse und Probleme. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **29**: 529 – 563; Krefeld.
- HISS, M. (2005): Mikropaläozoologische Daten aus neuen Tiefbohrungen im Südteil der Niederrheinischen Bucht – Foraminiferen-Biostratigrafie der Paläogen-Schichtenfolge zwischen dem paläozoischen Basement und dem untersten Braunkohlenflöz. – Scriptum, **13**: 75 – 89, 3 Abb., 1 Tab.; Krefeld.
- KLETT, M.; EICHHORST, F.; SCHÄFER, A. (2002): Facies interpretation from well logs applied to the Tertiary Lower Rhine Basin fill. – Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw, **81** (2): 167 – 176; Utrecht.
- KLOSTERMANN, J. (1990): Tertiär. – Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100 000 – Erläuterungen C 5102 Mönchengladbach, S. 19 – 26; Krefeld.
- KOTHEN, H. (1997): Die Entstehung der Braunkohle in der sich wandelnden Niederrheinischen Bucht – Ein Überblick. – Braunkohle, Heft Jan./Febr. 1997, S. 57 – 66, 19 Abb.; Düsseldorf.
- KOTHEN, H. (1976): Erkundung und Projektion von Braunkohlenlagerstätten. – Braunkohle, Heft 8 – August 1976, S. 268 – 273, 4 Abb.; Düsseldorf.
- OSWALD, T. (2005): Neue geohydrologische Erkenntnisse aus dem Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach (Niederrheinische Bucht, Deutschland). – Scriptum, **13**: 91 – 120, 4 Tab., 27 Abb. im Anh.; Krefeld.
- PRÜFERT, J. (1994): Känozoikum. – Erläuterungen zur Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25 000, Blatt 5002 Geilenkirchen: , S. 36 – 99; Krefeld.
- QUITZOW, H. W. (1973): 3. Braunkohle – In: HOYER, P.: Die Lagerstättenforschung in Nordrhein-Westfalen durch den Geologischen Staatsdienst. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **23**: 152 – 158; Krefeld.
- RIBBERT, K.-H.; WREDE, V. (2005): Stratigrafische und tektonische Ergebnisse der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach. – Scriptum, **13**: 33 – 60, 12 Abb., 1 Tab., 2 Taf. in der Anl.; Krefeld.
- SCHÄFER, A.; UTESCHER, T.; VON DER HOCHT, F. (1997): Klastische Sedimentsysteme im Tertiär der Niederrheinischen Bucht. – In: RICKEN, W. [Hrsg.]: Exkursion E4, SEDIMENT '97, Köln. – Terra Nostra, **97** (3): 68 – 113; Köln.
- SCHÄFER, A.; UTESCHER, T.; MÖRS, T. (2004): Stratigraphy of the Cenozoic Lower Rhine Basin, northwestern Germany. – Newsl. Stratigr., **40** (1/2): 73 – 110; Stuttgart.
- SCHNEIDER, H.; THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes. – Minist. Ernähr., Landwirtsch. u. Forsten – Land Nordrh.-Westf., 185 S., 75 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Düsseldorf.

<b>scriptum</b>	<b>13</b>	75 – 89, 3 Abb., 1 Tab.	Krefeld 2005
-----------------	-----------	-------------------------	--------------

# **Mikropaläozoologische Daten aus neuen Tiefbohrungen im Südteil der Niederrheinischen Bucht**

Foraminiferen-Biostratigrafie der Paläogen-Schichtenfolge  
zwischen dem paläozoischen Basement und den tiefsten Braunkohlenflözen

Von Martin Hiss\*

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	76
<b>2</b>	<b>Geologische Übersicht</b> .....	77
<b>3</b>	<b>Mikrofaunistisch bearbeitete Bohrprofile, Untersuchungsmethodik</b> .....	77
<b>4</b>	<b>Foraminiferen-Biostratigrafie im Oligozän der Niederrheinischen Bucht</b> .....	79
	4.1 Mikrofauna am Beispiel der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler .....	80
<b>5</b>	<b>Biostratigrafische Alterseinstufungen und Beobachtungen zur Fazies in den untersuchten Bohrprofilen</b> .....	81
	5.1 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler .....	81
	5.2 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung Jüchen auf der Venloer Scholle .....	85
	5.3 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrungen Lindern, Schophoven, Selhausen und Lucherberg in der Rur-Scholle .....	85
	5.4 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung Wissensheim in der Erft-Scholle .....	86
	5.5 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung Frechen-Kippe in der Köln-Scholle ..	86
<b>6</b>	<b>Verbreitung von marinen Ablagerungen des Rupeliums im Südteil der Niederrheinischen Bucht</b> .....	87
<b>7</b>	<b>Verzeichnis der Schriften</b> .....	88

---

Anschrift des Autors:

\* Dr. Martin Hiß, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –, De-Greiff-Str. 195,  
D-47803 Krefeld

**Zusammenfassung:** An mehreren Tiefbohrungen im Süden der Niederrheinischen Bucht wurden marine Schichtenfolgen im Liegenden der Braunkohlen führenden paralischen Fazies des älteren Tertiärs (Paläogen) mikropaläozoologisch untersucht. Anhand des Profils der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler werden die Ergebnisse exemplarisch dargestellt. Biostratigrafisch datieren die untersuchten, unmittelbar dem paläozoischen Basement auflagernden Sedimentserien aus Sand, Schluff und teilweise auch Ton in das Oligozän. Die Mikrofaunen zeigen marine Schelfmilieus mit wechselnden Bedingungen an, wobei gelegentlich extrem flache Milieus mit Tendenz zu leicht erhöhten Salzgehalten, andererseits aber auch brackische Einflüsse zu vermuten sind. Litho- und biostratigrafische Abgrenzungen gehen aufgrund wechselnder Faziesbedingungen nicht immer konform. Die südliche Verbreitungsgrenze von Unteroligozän-Sedimenten (Rupelium) verläuft durch das Untersuchungsgebiet und kann durch die Ergebnisse neu gefasst werden.

**Abstract:** Paleogene marine sediments underlying the lignite seams in the southern Lower Rhine Embayment were investigated by means of micropalaeozoology, especially foraminifera. Some new data from deep boreholes are described and diagrammed. The composition of microfaunas is exemplified by the profile of borehole 25/21 – Tagebau Garzweiler. The sand, silt and clay sediments directly lying on the palaeozoic basement can be dated into the Oligocene. The microfaunas indicate marine shelf environments with varying facies conditions. Occasionally extremely shallow water conditions with a tendency to slightly increased salinity and on the other hand brackish influences are supposed. Litho- and biostratigraphical boundaries sometimes do not coincide by reason of varying facies conditions. The southern distribution boundary of lower Oligocene Sediments (Rupelium) can be fixed new and is crossing through the investigation area.

## 1 Einführung

Während die braunkohlenführenden Ablagerungen der paralischen Fazies in den Köln-, Ville- und Inden-Schichten des niederrheinischen Tertiärs (Neogen, teilweise Paläogen) durch eine Vielzahl von Bohrungen und Tagebauaufschlüssen sehr gut bekannt sind, sind die darunter lagernden Sedimentabfolgen bis heute nur durch eine vergleichsweise geringe Zahl von Bohrungen erschlossen (vgl. BECKER & ASMUS, dieses Heft). Die Kenntnisse über die Schichtenfolge zwischen den tiefsten Braunkohlenflözen der Köln-Schichten und dem paläozoischen Basement basieren daher im Südteil der Niederrheinischen Bucht überwiegend auf älteren Mutungs- sowie wenigen moderneren, eingehender untersuchten Bohrungen, wie zum Beispiel der Bohrung Straeten 1 (FABIAN 1958; HAGER 1981; PRÜFERT 1998). Im unteren Niederrheingebiet sowie im Raum Erkelenz sind die Aufschlussverhältnisse hingegen besser, da dort durch den Steinkohlenbergbau zahlreiche gut dokumentierte Profile existieren.

Die Schichtenfolge zwischen Braunkohle und dem paläozoischen Unterlager ist im Südteil der Niederrheinischen Bucht im Wesentlichen aus älteren Tertiär-Sedimenten (Paläogen) aufgebaut. Dabei sind nur aus dem Nordwesten der Rur- und Venloer Scholle ähnlich wie am unteren Niederrhein marine Ablagerungen des Paleozäns bis Untereozäns sowie Obereozäns(?) bis tiefsten Unteroligozäns in teilweise stark lückenhafter Abfolge überliefert. Sedimente des Oligozäns sind hingegen vollständiger entwickelt und im gesamten Niederrheingebiet vorhanden. Da prätertiäre Sedimente nach bisherigen Kenntnissen ebenfalls nur auf den Westteil der Niederrheinischen Bucht und das untere Niederrheingebiet beschränkt sind, lagern die genannten Paläogen-Ablagerungen im größten Teil des Gebietes unmittelbar dem paläozoischen Basement auf.

Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts sind die grundlegenden Kenntnisse über die Schichtenfolge und die Verbreitung von älteren Tertiär-Ablagerungen im Inneren der Niederrheinischen Bucht in ihren Grundzügen bekannt und publiziert (z. B. WÖLK 1941; QUITZOW 1978; HAGER & PRÜFERT 1988) und haben danach nur vergleichsweise wenige Ergänzungen erfahren, etwa durch HAGER et al. (1998) und zuletzt SCHÄFER et al. (2004).

Die in dem Bohrprogramm der Jahre 1999 und 2000 im Umfeld der aktiven Braunkohlen-Tagebaue abgeteufte und in den übrigen Beiträgen dieses Heftes beschriebenen Tiefbohrungen dienen vornehmlich der Erkundung des prätertiären Untergrundes. Sie trugen aber gleichzeitig auch zur Erweiterung der Kenntnisse über die gesamte Tertiär-Schichtenfolge bei (vgl. BECKER & ASMUS, dieses Heft). Dabei bot sich auch die Möglichkeit, Proben aus einigen dieser Bohrungen mikropaläozoologisch zu untersuchen, um biostratigrafische Datierungen und eine Bewertung der Fazies vorzunehmen. Die untersuchten Profilabschnitte umfassen jeweils den Bereich unterhalb des tiefsten Flözniveaus der Unterflözgruppe (Köln-Schichten, Horizont 06 nach

SCHNEIDER & THIELE 1965) bis zur Basis der Tertiär-Schichtenfolge bzw. dem Top des Paläozoikums. Aus diesen Untersuchungen ergeben sich ergänzende Vorstellungen zur Stratigrafie, Fazies und Paläogeografie des Oligozäns, die nachfolgend zusammenfassend dargestellt werden. Einige aktuelle mikropaläozoologische Ergebnisse aus weiteren Tiefbohrungen werden in die Überlegungen mit einbezogen.

## 2 Geologische Übersicht

Entlang von alt angelegten Bruchstrukturen ist die Niederrheinische Bucht in mehrere Großschollen gegliedert (Abb. 1), die in postvariszischer Zeit wechselnden tektonischen Bewegungen unterlegen waren (vgl. KLOSTERMANN 1983). Starke Absenkungstendenzen sind dabei vor allem in Perm und Trias im Bereich des Niederländischen Zentralgrabens, der nördlichen Fortsetzung der Rur-Scholle, zu erkennen. In der höheren Oberkreide verlagert sich in Folge von Inversionsbewegungen die stärkste Senkungstendenz in den Westteil der Venloer Scholle, wo auch entsprechende kreidezeitliche Sedimente überliefert sind. Der überwiegende Teil der Niederrheinischen Bucht stellt während der Kreide jedoch weitgehend ein Hochgebiet dar, das die vom Kreidemeer bedeckten Gebiete des Münsterlandes und im Raum Aachen-Maastricht voneinander trennt. Die Senkungstendenzen im Westen der Venloer Scholle halten im älteren Paläogen zunächst noch an und begünstigen einen Meeresvorstoß bis in dieses Gebiet. Paleozäne und eozäne Schichten sind allerdings sehr lückenhaft überliefert und nur im deutsch-niederländischen Grenzgebiet südlich von Venlo und Roermond bis in den Raum Erkelenz verbreitet. Durch Bohrungen und Schachtaufschlüsse im Umfeld des Steinkohlenbergwerks Sophia Jakoba sind diese Ablagerungen bekannt (vgl. PRÜFERT 1998).

Wie KLOSTERMANN (1983) sowie HAGER et al. (1998) zeigen, gleichen sich im Unteroligozän (Rupelium) die unterschiedlichen Senkungstendenzen weitgehend aus. Es kommt zu einer Meeresingression bis weit in die Niederrheinische Bucht hinein, in deren Folge rupeliumzeitliche Sedimente (Walsum-, Ratingen- und Lintfort-Schichten) mit gleichmäßiger, alleine paläogeografisch gesteuerter Fazies- und Mächtigkeitstendenz abgelagert werden. Ganz anders verhalten sich hingegen die Sedimente des Chattiums. Es sind dies die marinen Grafenberg-Schichten, die im Süden der Niederrheinischen Bucht mit den paralischen Köln-Schichten ver-zahnen. Hier zeigt sich, dass deren Mächtigkeit in Abhängigkeit vom Großschollenbau starken Schwankungen unterworfen ist und somit eine tektonische Komponente die paläogeografische Sedimentationssteuerung überlagert. Stärkste Absenkungstendenzen sind dabei auf der Rur- und Erft-Scholle zu verzeichnen.

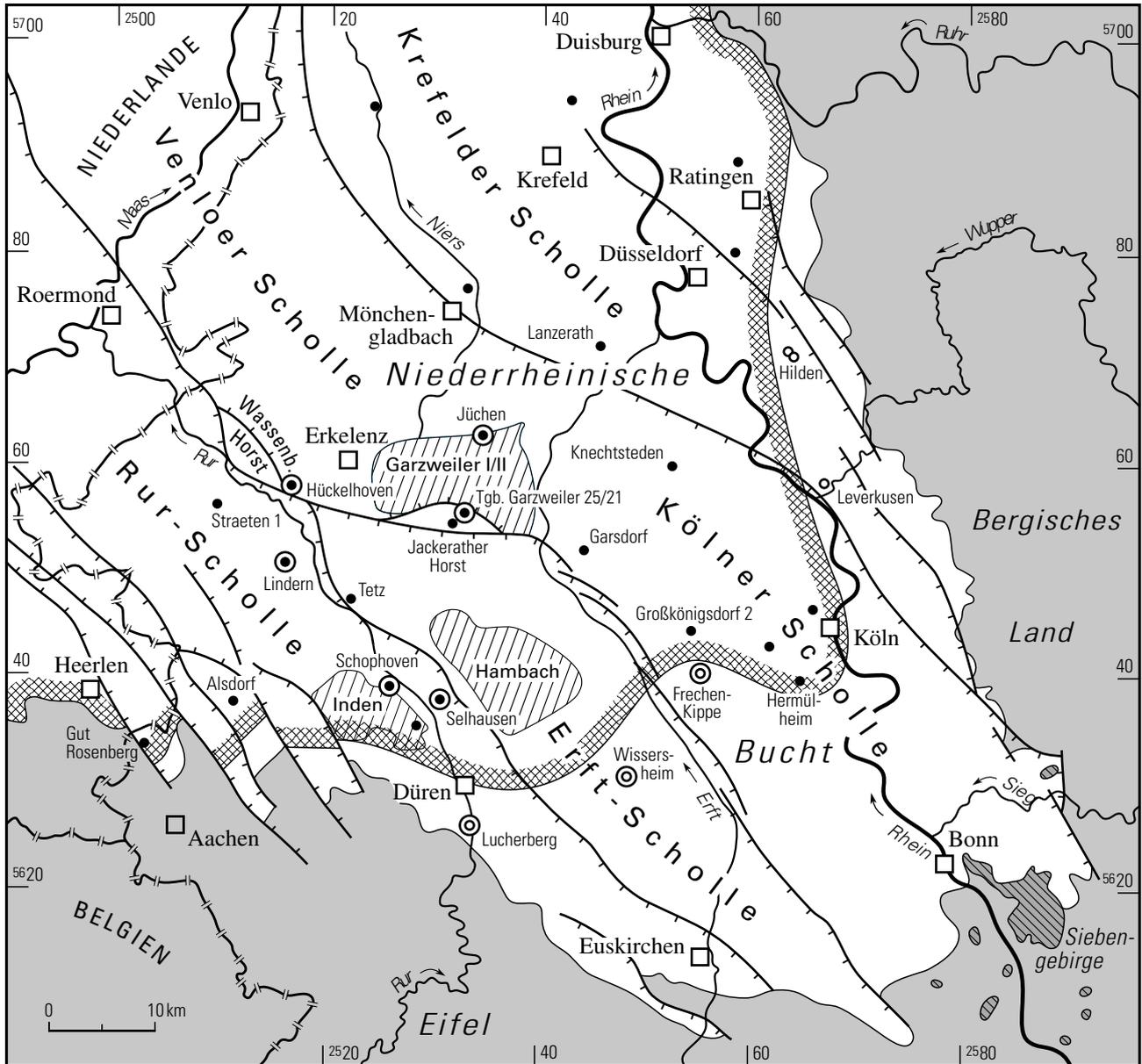
Im Neogen setzen sich die Absenkungen weiter fort, die paralische Fazies dehnt sich weiter nach Norden aus und die Bildung mächtiger Braunkohlenflöze in den Ville- und Inden-Schichten setzt ein (vgl. HAGER & PRÜFERT 1988; SCHÄFER et al. 2004; BECKER & ASMUS, dieses Heft).

## 3 Mikrofaunistisch bearbeitete Bohrprofile, Untersuchungsmethodik

Die hier vorgestellten mikrofaunistischen Ergebnisse basieren weitgehend auf der Untersuchung von Foraminiferen-Vergesellschaftungen. Foraminiferen sind einzellige marine Organismen mit einem kalkigen oder agglutinierten (aus miteinander verkitteten Sedimentpartikeln zusammengesetzten) Gehäusen, die mit einigen Arten auch noch im brackischen Milieu und nur ganz selten im Süßwasser auftreten. Foraminiferen des Süßwassers sind aufgrund ihrer Gehäusestruktur fossil allerdings nicht überliefert.

Der überwiegende Teil der im rheinischen Tertiär vorkommenden Foraminiferen besitzt kalkschalige Gehäuse. Durch sekundäre Carbonatlösungen in den Sedimenten können diese zerstört werden. Da im Umfeld von Braunkohlenflözen in der Regel huminsäurereiche Grundwässer auftreten, sind zum Beispiel in marinen Sandhorizonten innerhalb der paralischen Fazies und auch noch einige Meter unterhalb des tiefsten Braunkohlenflözes alle kalkigen Fossilreste zerstört. Somit ergibt sich eine Beschränkung der mikrofaunistisch zu bearbeitenden Schichten auf marine bis brackische Sedimente und schließt den überwiegenden Teil der paralischen Fazies aus.

Die mikrofaunistisch untersuchten Proben stammen daher aus den meist sandigen, teils auch tonig-schluffigen Sedimentserien zwischen dem tiefsten Braunkohlenflöz oder Flözniveau im Horizont O6 (nach SCHNEIDER & THIELE 1965) und der Basis der Tertiär-Schichten. Nur aus der Bohrung Wissersheim wurden auch einige Proben aus einer Sand-Folge des Horizont 07 bearbeitet.



**Aufschlüsse mit biostratigraphischen Datierungen der Paläogen-Schichtenfolge**

- im Text beschriebene Bohrungen mit Rupelium
- ⊙ im Text beschriebene Bohrungen ohne Rupelium
- Bohrungen nach Literaturangaben oder Archivberichten mit Rupelium
- Bohrungen nach Literaturangaben oder Archivberichten ohne Rupelium

- Hauptverwerfungslinien (Abschiebungen)
- ▨ aktive Braunkohlen-Tagebauegebiete
- Umgrenzung der Niederrheinischen Bucht mit zutage tretendem Paläozoikum und Mesozoikum
- ▩ Tertiäre Vulkanite
- ▧ südliche Verbreitungsgrenze von marinem Unteroligozän (Rupelium)

Abb. 1 Lage der bearbeiteten Bohrungen und Verbreitung von marinen Sedimenten des Rupeliums im Südteil der Niederrheinischen Bucht

Aus den nachfolgend aufgelisteten Tiefbohrungen wurden Proben untersucht (Koordinaten auf Meter-Werte gerundet; vgl. Abb. 1):

- Bohrung 11/507 – Frechen-Kippe (Köln-Scholle), TK25: 5106 Kerpen,  
R 25 54 503 H 56 40 14, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 334,4 – 401,8 m
- Bohrung 47/706 – Wissersheim (Erft-Scholle), TK25: 5106 Kerpen,  
R 25 48 122 H 56 30 428, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 661,6 – 795,8 m
- Bohrung 31/616 – Lindern (Rur-Scholle), TK25: 5003 Linnich,  
R 25 16 232 H 56 50 630, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 667,6 – 947,5 m
- Bohrung 50/614 – Schophoven (Rur-Scholle), TK25: 5104 Düren,  
R 25 26 059 H 56 39 249, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 638,8 – 718,0 m
- Bohrung 29/616 – Selhausen (Rur-Scholle), TK25: 5104 Düren,  
R 25 31 045 H 56 37 629, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 679,8 – 773,5 m
- Bohrung 40/616 – Lucherberg (Rur-Scholle), TK25: 5104 Düren,  
R 25 26 045 H 56 33 513, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 220,0 – 260,0 m
- Bohrung 29/21 – Jüchen (Venloer Scholle), TK25: 4904 Titz,  
R 25 34 702 H 56 62 647, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 618,2 – 724,3 m
- Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler (Venloer Scholle, Jackerather Horst), TK25: 4904 Titz,  
R 25 33 379 H 56 55 902, mikrofaunistisch bearbeiteter Teufenabschnitt 193,5 – 268,5 m

Bei dem untersuchten Probenmaterial handelt es sich ausschließlich um Spülproben, die im Lufthebeverfahren gewonnen wurden. Es muss aufgrund der Bohrtechnik grundsätzlich mit Nachfall gerechnet werden, das heißt mit einer Durchmischung von Probengut verschiedener Teufen. Diesen Nachfalleffekt verdeutlichen zum Beispiel die gelegentlich recht hohen Anteile von Braunkohle-Cuttings im Probengut, die nur aus den nicht beprobten Hangendschichten stammen können. Nachgefallene Mikrofossilien sind wohl in fast allen Proben in unterschiedlicher Häufigkeit vorhanden, sie lassen sich jedoch aufgrund der in der Regel gleichartigen Fossil-erhaltung nicht immer klar erkennen. Das heißt, für eine sichere Abgrenzung von biostratigrafischen Einheiten kann nur das zeitlich gesehen letztmalige Auftreten einer Leitart gewertet werden, da ihr Erstauftreten womöglich durch Nachfall verfälscht ist und man die entsprechenden Fossilien auch noch in tieferen Proben finden kann. Da aber vielfach das Ersteinsetzen einer Art von biostratigrafischer Bedeutung ist, sind die Aussage-möglichkeiten in Spülbohrungen naturgemäß eingeschränkt und gewisse Unsicherheiten müssen in Kauf ge-nommen werden.

Alle Proben wurden mit der standardmäßigen Wasserstoffperoxyd-Methode aufgelockert und anschlie-ßend über ein Sieb der Maschenweite 100 µm gesiebt. Die Probenrückstände wurden fraktioniert und die Fossilien in den Feinfraktionen durch zusätzliche Schweretrennung mit Trichlorethylen angereichert. Von allen Proben wurden Übersichtsfaunen ausgelesen und Auflichtpräparate in Kunststoffzellen hergestellt.

#### **4 Foraminiferen-Biostratigrafie im Oligozän der Niederrheinischen Bucht**

Bei der biostratigrafischen Datierung auf der Basis von Foraminiferen hat sich für die marinen Ablagerungen im niederrheinischen Tertiär das Gliederungsschema von INDANS (1958, 1965) etabliert, dem auch hier gefolgt wird. Es wurde zuletzt durch RESCHER (in KLOSTERMANN et al. 1998) aktualisiert. INDANS gliedert das Oligozän in die Horizonte A bis G, wobei die Horizonte A bis D dem Unteroligozän (Rupelium) und die Horizonte E bis G dem Oberoligozän (Chattium) entsprechen. Zwischen dieser Gliederung und der von ELLERMANN (1958, 1960) für den Schacht Kapellen bei Moers bestehen enge Beziehungen. Ebenso ist eine enge Korrelation mit der in den Niederlanden gebräuchlichen Foraminiferenzonierung (DOPPERT 1980; DOPPERT & NEELE 1983) sowie zur nordwestdeutschen (SPIEGLER 1965; GRAMANN & SPIEGLER 1986) und interregiona-len Gliederung (GRAMANN & VON DANIELS 1988; VON DANIELS & GRAMANN 1988) gegeben. Darüber hinaus versucht MEHRNUSCH (1993) mit Foraminiferen der Gattung *Bolivina* die Ablagerungen des Niederrheingebietes mit denen im Oberrheingraben und Mainzer Becken zu vergleichen. Alle genannten Zonierungen basieren auf Faunengemeinschaften. Sie berücksichtigen neben regionalen Unterschieden häufig aber auch gleiche Leitarten und sind somit gut miteinander zu vergleichen. VAN ROOIJEN et al. (1984) korrelieren mikrofaunistische Daten

aus Bohrungen am unteren Niederrhein und den Niederlanden mit Kalknannoplankton- und Mollusken-Datierungen, wodurch deren Relevanz in Bezug auf chronostratigrafische Einstufungen untermauert wird.

Naturgemäß stimmen bio- und lithostratigrafische Abgrenzungen nicht immer exakt überein, obwohl sie in der Praxis bei der Bearbeitung von Lagerstättenbohrungen häufig gleich gesetzt werden. Werden rein lithostratigrafische, auf Bohrlochmessungen basierende Korrelationen mit biostratigrafischen Daten verglichen, so sind immer wieder Unterschiede festzustellen. Diese hängen mit lateral stärker wechselnden Faziesverhältnissen zusammen, die in dem Flachmeersystem der tertiärzeitlichen Niederrheinischen Bucht durchaus zu erwarten und insbesondere in Sedimentfolgen mit graduellen Korngrößenwechseln lithostratigrafisch schwer zu beurteilen sind. Hinzu kommen Beobachtungslücken in Bezug auf biostratigrafische Einstufungen von Profilen sowie die weiter oben beschriebenen Nachfallprobleme bei der Probenentnahme hinzu. So ist zum Beispiel die Grenze zwischen den Lintfort- und Grafenberg-Schichten (Grenze zwischen den Horizonten 04A und 04B nach SCHNEIDER & THIELE 1965) in der Bohrung Straeten 1 (TK 25: 4902 Heinsberg) lithologisch nicht eindeutig zu fixieren. Sie liegt gewöhnlich nahe der biostratigrafischen Grenze zwischen dem Rupelium und Chattium. PRÜFERT (1998) legt sie bei 1 110,0 m fest. Dementsprechend erfolgen auch Korrelationen mit benachbarten Bohrungen auf der Rur-Scholle. Was die biostratigrafische Einstufung betrifft, so konnten unterhalb von 1 047 m, dem tiefsten gesicherten Nachweis von Mollusken des Chattiums keine stratigrafisch relevanten Mollusken bestimmt werden (FABIAN 1958). Somit muss dort die Grenze Rupelium / Chattium im biostratigrafischen Sinne unklar bleiben. HAGER (1981) zitiert in seinem Vorschlag zur Revision der Gliederung der Bohrung Straeten 1 einen unveröffentlichten Bericht von INDANS, wonach nach Foraminiferen die besagte Grenze sogar bei 1 170 m angenommen werden kann.

#### 4.1 Mikrofauna am Beispiel der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler

Am Beispiel der im Bereich der Venloer Scholle auf dem Jackerather Horst angesetzten Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler soll repräsentativ die Mikrofaunenführung vorgestellt werden. Wie bei allen hier näher beschriebenen Bohrprofilen fehlen dort Sedimente älter als Rupelium. Ältere Ablagerungen des Paleozäns bis Untereozäns sowie teilweise auch des Obereozäns(?) bis tiefsten Unteroligozäns treten erst einige Kilometer weiter westlich, im Raum Erkelenz auf (PRÜFERT 1998). Mikrofaunistisch konnten sie jüngst auch in der Pegelbohrung Hückelhoven (TK 25: 4903 Erkelenz, R 25 16 619, H 56 57 989) nachgewiesen werden (HISS, unveröff. Archivbericht). Unter einer weitgehend vollständigen Sedimentfolge des Oligozäns treten dort in der Teufe von 202 m bis 215,6 m die Hückelhoven- und Houthem-Schichten des Paleozäns auf.

Die in den Proben der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler vorgefundenen Mikrofossilien und die sich daraus ergebende biostratigrafische Einstufung sind in Tabelle 1 (s. S. 82/83) aufgelistet. Dargestellt werden charakteristische Foraminiferen, insbesondere die biostratigrafischen Leitarten sowie wichtige Elemente der Begleitfauna.

Ähnlich wie dies auch in anderen bearbeiteten Bohrungen zu beobachten ist, ist die Mikrofossilführung in den jeweils oberen Partien der untersuchten Schichtenfolge ausgesprochen spärlich. So sind in der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler bis zur Teufe von 196,3 m (Proben 13963 und 13964) lediglich einige aus kieseliger Substanz bestehende Schwammrhexen (kugelige bis nierenförmige Schwammklerite) und wenige kleine, einfach gebaute, agglutinierende Foraminiferen (*Saccamina* sp., *Textularia* sp.) gefunden worden. Da diese Proben kalkfrei sind, ist davon auszugehen, dass hier Residualfaunen vorliegen und ehemals kalkige Organismenreste durch sekundäre Entkalkung verloren gegangen sind.

Die nachfolgenden Proben sind meist fossilreich und enthalten Mikrofaunen aus benthischen kalkschaligen und manchmal auch einigen agglutinierenden Foraminiferen sowie in der Begleitfauna gelegentlich Schwammrhexen, Gastropoden- und Lamellibranchiatenfragmente, Seeigelstacheln, Ostrakoden, Fischzähne und Otolithen, jedoch meistens nur in wenigen Exemplaren (vgl. Tab. 1). Probe 13967 (209,3 – 210,3 m) und die Proben 13977 bis 13980 (245,1 – 255,4 m) zeigen jeweils eine nur mäßige oder geringe Fossildichte und ein verarmtes Faunenspektrum.

Die bereits oben angeführte Nachfallproblematik lässt sich vor allem an zwei Kriterien festmachen. So ist beispielsweise die für den Horizont E (nach INDANS 1958, 1965) leitende Art *Asterigerina gürichi gürichi*

(FRANKE) bis zur untersten Probe fast immer zu finden, wodurch die Grenzziehung zwischen den Horizonten D und E sehr erschwert wird. Besonders auffällig wird der Nachfall in der Probe 13983 (261,5 – 262,5 m), wo alle autochthonen, ursprünglich aus dieser Teufe stammenden Faunenelemente eine starke Braunfärbung zeigen (rostiger Belag), während die allochthonen, aus den hangenden Schichten stammenden Fossilien, diese nicht besitzen.

## 5 Biostratigrafische Alterseinstufungen und Beobachtungen zur Fazies in den untersuchten Bohrprofilen

### 5.1 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler

Der obere Teil des untersuchten Profilabschnitts der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler bis zur Teufe 196,3 m (Proben 13963 und 13964) lässt sich mikrofaunistisch nicht stratigrafisch einstufen, da Leitarten fehlen. Das aus der lithostratigrafischen Profilgliederung abgeleitete Oligozän-Alter (Grafenberg-Schichten, Horizont 04B nach SCHNEIDER & THIELE 1965) ist somit mikrofaunistisch nicht zu belegen. Das Auftreten von Schwammrhexen zeigt, dass die Sedimentation dieses Abschnitts in einem normal marinen Milieu erfolgte.

Der Profilabschnitt von 196,3 bis vermutlich 221,8 m (Proben 13965 bis 13970) ist aufgrund der vorgefundenen Mikrofaunenassoziation dem Oberoligozän (Chattium) zuzuordnen, und zwar dem Horizont E im Sinne von INDANS (1958, 1965), das ist der tiefere Teil des Oberoligozäns. Er ist vor allem durch das häufige Auftreten der Leitart *Asterigerina gürichi gürichi* (FRANKE) gekennzeichnet (Abb. 2). Das Faunenbild dieser Proben unterscheidet sich deutlich von dem der entsprechenden Profilabschnitte der weiter südwestlich in der Rur-Scholle stehenden Bohrungen Selhausen und Schophoven. Dort sind in einigen Proben die in besonders flachen, mitunter leicht hypersalinaren Habitaten gewöhnlich häufigen milioliden Foraminiferen (*Quinqueloculina* u. a.) sehr stark angereichert, während sie hier fast vollständig fehlen. Andererseits herrschen hier *Angulogerina gracilis* (REUSS) und *Melonis affinis* (REUSS) vor, die wiederum in den beiden anderen Profilen unterrepräsentiert sind. Diese Arten sprechen für ein Ablagerungsmilieu in einem etwas tieferen Schelfmilieu. Die Wassertiefe liegt aber wohl immer noch deutlich innerhalb der photischen Zone, da neben den genannten Arten auch noch solche auftreten, die an Algen angeheftet leben, zum Beispiel *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOBS).

Die Grenze zum darunter lagernden Horizont D des Unteroligozäns (Rupelium) ist aufgrund der oben beschriebenen Nachfallproblematik nicht eindeutig festzulegen. Einerseits finden sich oberoligozäne Leitarten als Nachfall noch in tieferen Proben, andererseits setzen unteroligozäne Leitarten nicht gleichzeitig an der Grenze Unter-/ Oberoligozän aus, sondern können faziesabhängig diese Grenze nach oben mehr oder weniger weit überschreiten und somit noch im tiefsten Teil des Chattiums auftreten. Die erste dieser Leitarten – *Karrieriella siphonella* (REUSS) – kommt in Probe 13969 (218,8 – 219,9 m) vor. In Probe 13970 (220,8 – 221,8 m) tritt *Cibicoides ungerianus* (D'ORBIGNY) erstmals auf. Diese Art beschreibt zum Beispiel auch RESCHER (in KLOSTERMANN et al. 1998) aus dem basalen Chattium. Der deutlichste Faunenschnitt liegt aber in der Probe 13971 (222,8 – 223,8 m), wo gleichzeitig mehrere Leitarten neu hinzukommen (vgl. Abb. 2). Weitere Leitarten – *Spiroplectinella carinata* (D'ORBIGNY) und *Svartkina perlata* (ANDREAE) – sind erst ab Probe 13972 (225,8 – 226,5 m) zu finden. Da der deutliche Faunenschnitt in Probe 13971 zugleich mit einem Häufigkeitsrückgang von *Asterigerina gürichi gürichi* (FRANKE) einhergeht, kann die Grenze zwischen den Horizonten D und E (Grenze Unter-/ Oberoligozän) zwischen die Proben 13970 und 13971, also zwischen 221,8 und 222,8 m gelegt werden. Eine Übersicht über die Mikrofauna im Horizont D gibt Abbildung 3.

Eine besondere Erwähnung verdient die normalerweise recht seltene Art *Siphonina fimbriata* REUSS, die unter anderem aus dem norddeutschen Rupelton (STAECHÉ & HILTERMANN 1940) und aus dem basalen Teil des Kasseler Meeressandes (KÜMMERLE 1963) und damit aus dem Unteroligozän sowie dem Grenzbereich Rupelium/Chattium beschrieben ist. Sie stellt für das Untersuchungsgebiet wohl ein brauchbares Leitfossil dar, da sie hier und auch in einigen der anderen Bohrungen mehrfach gefunden wurde.

Lithologisch leitet dieser Profilabschnitt fließend von schluffigem Feinsand zu Schluffen und tonigen Schluffen über und lässt keine sichere Abgrenzung zwischen den Grafenberg- und Lintfort-Schichten erkennen.

Tabelle 1  
Verbreitung von Mikrofaunen in der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler

Bohrung Rheinbraun 25/21 Tagebau Garzweiler  TK 25: 4904 Titz  Koordinaten: R 25 33 378,80 H 56 55 901,60 Bohrverfahren: Lufthebebohrung  Bearbeiter: M. Hiß				wichtige Foraminiferen, Leitarten																					
Labor- Nummer	Teufe [m]	Gestein	Biostratigraphische Einstufung	Faunendichte in der Gesamtprobe	Saccamina sp.	Textularia spp.	Lenticulina (Vaginulinopsis) gladia (PHILIPPI, 1843)	Cibicides tenellus (REUSS, 1865)	Sigmomorphina regularis (ROEMER, 1838)	Protephidium roemerii (CUSHMAN, 1936)	Elphidiella subnodosa (ROEMER, 1838)	Guttulina spp. und Pseudopolymorphina spp.	Dentalina spp.	Angulogerina gracilis var. tenuistriata (REUSS, 1870)	Asterigerina güricchi güricchi (FRANKE, 1912)	Bulimina elongata (D'ORBIGNY, 1846)	Cibicides lobatulus (WALKER & JACOB, 1798)	Melonis affinis (REUSS, 1851)	Lagena spp.	Gyroldina girardana (REUSS, 1851)					
					13963	193,5 - 194,5	Feinsand, mittelsandig, teilweise schluffig, kalkfrei, grau, grünlichgrau	mikrofaunistisch nicht einstuftbar	1	⊙															
13964	195,5 - 196,3	1	⊙	⊙																					
13965	196,3 - 197,3	3	⊙		⊙	⊙?			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙								
13966	203,3 - 204,3	Feinsand, schluffig, schw. kalkhaltig, dunkelgrau	Oberoligozän (Chattium)	Horizont E	4		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙				
13967	209,3 - 210,3	Schluff bis Feinsand, z. T. schwach mittelsandig, z. T. schwach kalkhaltig, grau, braungrau			2	⊙											⊙*								
13968	216,6 - 216,8	Schluff, teilweise tonig, teilweise feinsandig, kalkhaltig, grau			4	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
13969	218,8 - 219,8				4		⊙			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
13970	220,8 - 221,8	Ton, teilweise schluffig, teilweise feinsandig, meist kalkhaltig grau - dunkelgrau (von 242,1 - 243,1 m stärker feinsandig und glaukonitisch)			Unteroligozän (Rupelium)	Horizont D	4		⊙					⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
13971	222,8 - 223,8						4		⊙			⊙				⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
13972	225,8 - 226,5						4		⊙			⊙				⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
13973	226,5 - 227,5						4									⊙	⊙	⊙	⊙*		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
13974	231,1 - 232,1	Feinsand, mittelsandig, teilw. schluffig, braungrau					Horizont C	Horizont B	4			⊙?	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙*	⊙?	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
13975	235,1 - 236,1								4		⊙							⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙
13976	242,1 - 243,1		4						⊙								⊙	⊙	⊙*			⊙	⊙	⊙	
13977	245,1 - 246,1		3	⊙														⊙				⊙	⊙	⊙	
13978	248,1 - 249,1	3															⊙				⊙	⊙	⊙		
13979	251,1 - 252,1	2	⊙												(⊙) <sup>2</sup>	⊙					⊙*		⊙		
13980	254,5 - 255,4	1	⊙										⊙*		⊙				⊙						
13981	257,5 - 258,5	Fein- bis Mittelsand, stellenweise Schaledetritus, teilweise schwach kalkhaltig, grau, hellbraungrau	Horizont B	Horizont A	4										⊙	⊙	⊙*			⊙	⊙	⊙			
13982	261,5 - 262,5				3	⊙										⊙	⊙	⊙	⊙*		⊙	⊙	⊙		
13983	264,5 - 265,5				4				⊙						⊙*	⊙	⊙	⊙	⊙*		⊙	⊙	⊙	⊙	
13984	267,5 - 268,5				4									⊙	⊙	⊙	⊙*		⊙	⊙	⊙	⊙			

Faunendichte in der Gesamtprobe

- 0 fossileer
- 1 sehr gering (nur einzelne Mikrofossilien)
- 2 gering
- 3 mäßig fossilreich
- 4 sehr fossilreich

Häufigkeit einzelner Mikrofossilien

- ⊙ sehr selten (1 Exemplar)
- ⊙ selten (2 - 5 Exemplare)
- ⊙ nicht selten (6 - 10 Exemplare)
- ⊙ häufig (11 - 25 Exemplare)
- ⊙ sehr häufig (> 25 Exemplare)



Der relativ fossilarme Abschnitt von 245,1 bis 255,4 m (Proben 13977 bis 13980) entspricht dem Horizont C. INDANS (1958, 1965) beschreibt diesen entsprechend aus Aufschlüssen im nördlichen Niederrheingebiet. Die vorkommenden Foraminiferenarten sowie die Begleitfauna zeigen aber weiterhin marine Verhältnisse an, wahrscheinlich jedoch mit eingeschränkter Durchlüftung der bodennahen Wasserschichten, so dass die Vielfalt der Benthosfauna zurückgeht. Dieser mikrofossilarme Horizont innerhalb des Rupeliums ist auch aus dem übrigen nordwestdeutschen Raum bekannt (SPIEGLER 1965; VON DANIELS et al. 1993).

Mit dem Wiedereinsetzen der reichhaltigen Fauna beginnt der Horizont B des Unteroligozäns (Rupelium), der hier bis zur untersten Probe an der Tertiär-Basis anhält. Einige der bei INDANS (1958, 1965), SPIEGLER (1965) oder RESCHER (in KLOSTERMANN et al. 1998) erwähnten Leitarten, unter anderem *Oridorsalis umbonatus* (REUSS) oder *Cibicides sulzensis* (HERRMANN), sind auch hier nachzuweisen. Bis zur untersten Probe sind



Abb. 2

Übersicht über die Mikrofauna des Chattiums, Horizont E nach INDANS (1958, 1965);

charakteristisch ist das gehäufte Auftreten von *Asterigerina gürichi gürichi* (FRANKE) (1).

Bohrung Tagebau Garzweiler, Probe 13969, Teufe 218,8 – 219,8 m



Abb. 3

Übersicht über die Mikrofauna des Rupeliums, Horizont D nach INDANS (1958, 1965); neben charakteristischen Foraminiferen des Horizonts D, z. B.

(1) *Bolivina beyrichi beyrichi* REUSS,

(2) *Bolivina cf. antiqua* D'OBIGNY,

(3) *Siphonina fimbriata* REUSS,

(4) *Spiroplectinella carinata* (D'ORBIGNY)

(5) und *Karrerella siphonella* (REUSS) (vgl. Abb. 2)

enthält die Probe auch noch Nachfall aus jüngeren Profilabschnitten, u. a. mit einigen Exemplaren von

(6) *Asterigerina gürichi gürichi* (FRANKE).

Bohrung Tagebau Garzweiler, Probe 13973, Teufe 226,5 – 227,5 m

arten- und individuenreiche Faunen vorhanden, so dass es aufgrund der Mikrofossilführung keine Anhaltspunkte dafür gibt, dass bereits der fossilarme Horizont A erreicht ist. Das Sediment (Fein- bis Mittelsand, mit Schälendetritus) legt zwar die Vermutung nahe, dass ein Äquivalent der Walsum-Schichten erbohrt wurde, biostratigrafisch ist es jedoch jünger einzustufen und somit eher als sandige, randnahe Fazies der Ratingen- bzw. Lintfort-Schichten zu bewerten. Eine ähnlicher diachroner Beginn der Ton- und Schluff-Fazies des Rupeliums ist auch aus anderen Gebieten bekannt und wird zum Beispiel durch VON DANIELS et al. (1993) aus Niedersachsen beschrieben.

## 5.2 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung Jüchen auf der Venloer Scholle

Die mikrofaunistische Gliederung des Profils der Bohrung Jüchen ist mit dem der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler vergleichbar. Auch hier beginnt der untersuchte Profilabschnitt ab 618,2 m im Horizont E nach INDANS (1958, 1965). Zwischen den Probenteufen 636,8 und 638,8 m wird die Grenze zwischen den Horizonten D und E angenommen, im oberen Teil einer Serie aus feinsandigem Schluff. Zwischen 669,8 und 672,2 m liegt die Grenze zum Horizont C, der genau wie in der Bohrung 25/21 – Tagebau Garzweiler durch seine relative Fossilarmut gekennzeichnet ist. Es deutet sich, ähnlich wie INDANS (1958, 1965) dies aus dem Schacht Rossenray 1 bei Kamp-Lintfort beschreibt, eine Dreiteilung in einen oberen und unteren fossilarmen, sowie mittleren, etwas fossilreicheren Teilhorizont an. Mit dem Wiedereinsetzen fossilreicher Mikrofaunengesellschaften und dem Auftreten des Leitfossils *Cibicides sulzensis* (HERRMANN) wird bei 705,7 m die Grenze zum Horizont B gezogen, der bis zur untersten Probe bei 724,3 m anhält. Nahezu die gesamten Profilabschnitte der Horizonte B und C sind hier in einer gelegentlich leicht schluffigen Feinsandfazies entwickelt und stehen damit lithostratigrafisch den Walsum-Schichten nahe (Horizont 02 nach SCHNEIDER & THIELE 1965). Auch hier wird offensichtlich, dass die Ton- und Schlufffazies des Rupeliums (Ratingen- und Lintfort-Schichten) stark diachron einsetzt und in randnahen Profilen durch Feinsandablagerungen vertreten werden kann.

## 5.3 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrungen Lindern, Schophoven, Selhausen und Lucherberg in der Rur-Scholle

Die Bohrungen Lindern, Schophoven und Selhausen sind bei BECKER & ASMUS (Abb. 4, dieses Heft) im Längsschnitt Rurscholle in ihrer lithostratigrafischen Gliederung dargestellt. Die mikrofaunistisch bearbeiteten Profilabschnitte beginnen jeweils in den Grafenberg-Schichten (Horizont 04B nach SCHNEIDER & THIELE 1965) und zeigen bis zur Tertiär-Basis marine Sedimentserien. Der mächtigste und stratigrafisch umfangreichste Abschnitt der Grafenberg-Schichten wurde in der Bohrung Lindern angetroffen und biostratigrafisch belegt. Hier sind im Sinne der Gliederung von INDANS (1958, 1965) ab 685,0 bis 756,7 m der Horizont G, darunter bis 790,0 m der Horizont F und bis 872,0 m der Horizont E (Oberoligozän) durch entsprechende Foraminiferenfaunen nachzuweisen, das ist nahezu das komplette Chattium (Eo- und Neochattium) in mariner Fazies. In den Bohrungen Schophoven (646,8 – 668,7 m) und Selhausen (731,1 – 735,1 m) gehören die obersten datierbaren Proben dem Horizont F an, darunter folgt dann bis 708,4 m (Brg. Schophoven) bzw. 769,3 m (Brg. Selhausen) der Horizont E. Damit zeigt sich in den auf einer Nord-Süd-Achse stehenden Bohrungen eine deutliche Mächtigkeitsabnahme im Horizont E in südliche Richtung, wobei in Bohrung Selhausen dieser Effekt auch tektonisch bedingt sein kann (vgl. BECKER & ASMUS, dieses Heft).

Im Profil der Bohrung Lindern kann der darunter folgende Abschnitt bis zur untersten Probe an der Tertiär-Basis (947,5 m) dem Rupelium zugeordnet werden. Allerdings ist aufgrund einer insgesamt nur relativ geringen Mikrofossildichte, einer starken Überlagerung durch Nachfall und nur einer geringen Zahl von Leitfossilien keine klare Zuordnung zu den INDANS'schen Horizonten möglich. Es ist zu vermuten, dass hier im Randbereich der Verbreitung des Rupeliums faziesbedingt die typischen Fossilgesellschaften, wie sie im Norden der Niederrheinischen Bucht und auch noch in den Bohrungen Jüchen und 25/21 – Tagebau Garzweiler zu finden sind, nicht mehr auftreten. Womöglich machen sich in einzelnen Profilabschnitten sogar bereits brackische Einflüsse mit Übergängen in eine paralische Fazies bemerkbar. Hierauf deuten zum Beispiel kohlige Beimengungen hin, die in einer Probe (894,0 – 895,0 m) gefunden wurden. Das vereinzelte Auftreten von *Cibicides sulzensis* (HERRMANN) in den unteren Proben zeigt aber an, dass das Profil bis in das untere Ru-

pelium (Horizonte A oder B) herunter reicht. Diese Foraminiferenart ist nach SPIEGLER (1965) und auch nach RESCHER (in KLOSTERMANN et al. 1998) auf die tieferen Abschnitte des Rupeliums beschränkt.

In Proben aus den basalen Ton- und Schluffablagerungen werden in der Bohrung Schophoven von 708,4 – 716,0 m und in der Bohrung Selhausen von 770,3 bis 773,5 m Mikrofaunen des höheren Rupeliums (Horizont D) beobachtet, ältere Abschnitte des Rupeliums sind nicht mehr vorhanden. Mit einer Mächtigerkeitsreduzierung der Unteroligozänen Ablagerungen in südliche Richtung keilen wohl zunächst die stratigrafisch tieferen Abschnitte aus, während Ablagerungen des höchsten Rupeliums die weiteste Verbreitung besitzen.

In der Bohrung Lucherberg, aus der Proben von 220 m bis 260 m untersucht wurden, ist nur die tiefste Probe stratigrafisch aussagefähig, während die übrigen fossilarm sind und meist nur geringe Residualfaunen aus nicht kalkigen Mikrofossilien enthalten. Die unterste Probe bei 260 m enthält eine Fauna des untersten Oberoligozäns (Eochattium), die nach der Gliederung von INDANS (1958, 1965) an der Basis des Horizonts E anzusiedeln ist. Obwohl hier in diesem stratigrafisch tiefen Niveau des Horizonts E einige der weiter oben vorkommenden Leitarten fehlen, sind typische, auf das Chattium des nordwesteuropäischen Faziesraumes beschränkte Arten vorhanden, beispielsweise *Bulimina elongata* (D'ORBIGNY), *Cancris turgidus* CUSHMAN & TODD, *Lenticulina (Vaginulinopsis) gladia* (PHILIPPI), *Hanzawaia bouena* (D'ORBIGNY), *Planorbulina difformis* ROEMER, *Discorbis globularis* (D'ORBIGNY) und *Asterigerina gürichi gürichi* (FRANKE) (letztere setzt am Top des Rupeliums bereits vereinzelt ein). Weiterhin wird dieser unterste Abschnitt des Horizonts E durch das Vorkommen von *Cibicidoides ungerianus* (D'ORBIGNY) gekennzeichnet, einer Art, die im höheren Abschnitt des Rupeliums ihre Hauptverbreitung hat, aber auch gerade noch in den Horizont E hineinreicht. Da aber ansonsten alle weiteren charakteristischen Leitarten für das Rupelium fehlen, ist eine solche Datierung auszuschließen. Dieser mikrofaunistische Befund steht in Einklang mit einer Mollusken-Datierung durch VON DER HOCHT (frdl. Mitt.), der eine Molluskenvergesellschaftung nachgewiesen hat, die ebenfalls für das tiefste Eochattium typisch ist. Wie bei den Mollusken, wo einige Arten auftreten, die für äußerst flache Milieus und Hartsubstrate typisch sind, finden sich auch bei den Foraminiferen charakteristische Flachwasser-Arten, etwa *Planorbulina difformis* ROEMER oder *Discorbis globularis* (D'ORBIGNY).

#### **5.4 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung Wissersheim in der Erft-Scholle**

Aus der im südlichen Teil der Erft-Scholle abgeteufte Bohrung Wissersheim wurden aus kalkfreien Feinsanden mehrere Proben der Horizonte 07 (661,6 – 706,1 m, Köln-Schichten) und 04 oder 05 nach SCHNEIDER & THIELE (1965) (732,6 – 795,8 m, Köln- oder Grafenberg-Schichten) untersucht. Für den unteren Teufenbereich galt es unter anderem zu klären, ob die Sande dem paralischen Milieu und damit den Köln-Schichten (Horizont 05) oder aber dem vollmarinen Milieu und damit den Grafenberg-Schichten (Horizont 04) zuzuordnen sind. In allen Proben sind die Mikrofaunen nur sehr spärlich und Leitarten fehlen vollständig. Es kann zwar ein Oligozän-Alter bestätigt, aber keine horizontgenaue Einstufung durchgeführt werden. Vereinzelt Foraminiferen in den Proben aus dem Horizont 07 zeigen, dass zumindest Teile dieser Sedimentserie in einem marinen oder brackisch-marinen Milieu abgelagert wurden. Die Proben zwischen 732,6 und 795,8 m sind zwar ebenfalls mikrofossilarm, sie unterscheiden sich aber von den vorhergehenden dadurch, dass sie regelmäßig Schwammrhexen führen. Damit ist hier eine Sedimentation in normal marinem Milieu belegt und eine lithostratigrafische Zuordnung zu den Grafenberg-Schichten (Horizont 04) möglich.

#### **5.5 Mikrofauna und Biostratigrafie der Bohrung Frechen-Kippe in der Kölner Scholle**

Auch in der Bohrung Frechen-Kippe wird der überwiegend aus Feinsand bestehende Profilabschnitt unter dem tiefsten Braunkohlenflöz nach der lithologischen Gliederung dem Horizont 04 oder 05 nach SCHNEIDER & THIELE (1965) (Grafenberg- oder Köln-Schichten) zugeordnet. Von 339,4 m bis zur Tertiärbasis bei 401,6 m kann er aufgrund der vorgefundenen Mikrofaunenassoziation dem marinen Faziesbereich und damit den Grafenberg-Schichten zugeordnet und biostratigrafisch in das Oberoligozän (Chattium) gestellt werden, und zwar in den Horizont E im Sinne von INDANS (1958, 1965), das ist der tiefere Teil des Chattiums (Eochattium).

In der tiefsten Probe kommen mit *Spiroplectinella carinata* (D'ORBIGNY), *Gyroidina girardana* (REUSS) und *Bolivina beyrichi beyrichi* REUSS sehr vereinzelt Foraminiferen vor, die vorzugsweise im Rupelium verbreitet sind. Da es sich aber jeweils nur um Einzelexemplare handelt und andererseits die im Horizont E typische Leitart *Asterigerina gürichi gürichi* (FRANKE) bis zur untersten Probe sehr häufig ist, ist hier zwar die Basis des Horizonts E und somit das tiefste Oberoligozän erreicht, die Grenze zum Horizont D (Unteroligozän, Rupelium) aber noch nicht überschritten. Dies bestätigen auch Datierungen durch Molluskenfaunen, die VON DER HOCHT (frdl. Mitt.) vorgenommen hat. Er kann Mollusken nachweisen, die für das tiefe Eochattium charakteristisch sind.

Auffallend ist das mehrfach sich ändernde Gesamtfaunenbild, das auf wechselnde faziell-palökologische Bedingungen hindeutet. Insgesamt handelt es sich um Faunen eines flachmarinen Milieus mit sicher nicht mehr als einem bis wenigen Dekametern Wassertiefe. Dies zeigen vor allem die regelmäßig und oft in großer Zahl verbreiteten Vertreter der Gattung *Cibicides*, die sessil auf Pflanzen (Algen) siedeln und somit an die euphotische Zone gebunden sind. Aber auch andere Foraminiferen, wie beispielsweise die in einigen Proben gehäuft auftretenden milioliden (porzellanschalen) Foraminiferen (*Quinqueloculina* sp., seltener auch *Spiroloculina* sp.) oder die mehrfach beobachtete *Planorbulina difformis* ROEMER sind Anzeiger für extremes, besonders warmes Flachwasser bei normaler, vielleicht auch gering erhöhter Salinität.

## 6 Verbreitung von marinen Ablagerungen des Rupeliums im Südteil der Niederrheinischen Bucht

Die Ergebnisse der mikrofaunistischen Untersuchungen in den hier beschriebenen Tiefbohrungen erlauben es, die bisherigen Kenntnisse über die Vorkommen von marinen Ablagerungen des Rupeliums im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht zu revidieren und deren Verbreitungsgrenze neu zu fassen (Abb. 1). Bisherige Vorstellungen finden sich bei WÖLK (1941), PFLUG (1958), QUITZOW (1978) sowie JUNG & LANGER (1990). Einige ergänzende Hinweise geben HAGER et al. (1998).

Die neuen mikropaläontologischen und biostratigrafischen Ergebnisse aus den hier beschriebenen sowie aus einigen weiteren, in Abbildung 1 verzeichneten Bohrungen zeigen, dass vollständige Profile mit marinen Ablagerungen des Rupeliums im Westen auf der Venloer und Rur-Scholle vorhanden sind, während nach Süden und Osten die Ablagerungen ausdünnen. Dort wo in den Randbereichen der Verbreitung mikrofaunistische Datierungen vorliegen, zeigen diese meist nur den Horizont D nach INDANS (1958, 1965) an, also den oberen Abschnitt des Rupeliums. Dies ist in den Bohrungen Schophoven und Selhausen der Fall, aber auch in einer Pegelbohrung bei Kloster Knechtsteden (TK 4906 Pulheim), während im Südwesten in einer Erkundungsbohrung des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen bei Gut Rosenberg (TK 5102 Herzogenrath) unter der dem Horizont D zuzuordnenden Schluff- und Ton-Serie noch wenige Meter nicht näher einstuftbare Feinsande lagern. Dies zeigt, dass erst im höchsten Rupelium die größte Transgressionsweite erreicht wurde. Diese wurde dann aber schon unmittelbar danach, im tiefen Chattium weiter überschritten. So weisen mikropaläontologische Daten aus Bohrungen außerhalb der Verbreitungsgrenze von Rupelium-Ablagerungen immer auf den Horizont E hin, also das tiefste Chattium (Bohrungen Lucherberg und Frechen-Kippe, mehrere Bohrungen bei Leverkusen und Hilden).

Wie weit der marine Einfluss im Chattium nach Süden reichte, lässt sich aufgrund der vorliegenden Daten nicht sagen. Die Verzahnung von rein marinen mit paralisch geprägten Sedimenten deutet sich allerdings in der Bohrung Wissensheim an.

**Dank:** Mein Dank gilt der RWE-Power AG, insbesondere Herrn Markscheider Dipl.-Ing. S. Asmus für die Bereitstellung von Proben, Profilaufzeichnungen und weiteren Unterlagen zu den bearbeiteten Bohrungen. Für wertvolle Anregungen und Diskussionsbeiträge sowie die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanke ich mich bei Dipl.-Ing. B. Becker (Hürth), Priv. Doz. Dr. K. Grimm (Mainz), F. von der Hocht (Kerpen) sowie bei meinen Kollegen Dr. M. Dölling und Dr. K.-H. Ribbert. Technische Unterstützung erhielt ich durch die Labormitarbeiterinnen A. Riehs-Vivekens und A. Schöne, die alle Proben aufbereitet und die Mikrofaunen ausgelesen haben. Ohne deren Mithilfe wäre die Untersuchung nicht möglich gewesen. Danken möchte ich auch Frau A. Marnelakis-Friedlein für die Zeichenarbeiten.

## 7 Verzeichnis der Schriften

- BECKER, B.; ASMUS S. (2005): Beschreibung und Korrelation der känozoischen Lockergesteinsschichten der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Tagebaus Hambach. – scriptum **13**: 61 – 74, 7 Abb.; Kefeld.
- DANIELS, C. H. VON; GRAMANN, F. (1988): Benthic foraminifera. – In: VINKEN, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. – Geol Jb., **A 100**: 201 – 208, 5 Abb.; Hannover.
- DANIELS, C. H. VON; GRAMANN, F.; KÖTHE, A. (1993): The Oligocene „Septarienton“ of Lower Saxony. Biostratigraphy of an equivalent of the Boom Formation of Belgium, with special considerations to its upper and lower boundaries. – Bull. Soc. belge Geol., **102**: 79 – 89, 3 Abb.; Brüssel.
- DOPPERT, J. W. C. (1980): Lithostratigraphy and biostratigraphy of marine Neogene deposits in the Netherlands. – Meded. Rijks Geol. Dienst, **32 – 16**: 255 – 311, 6 Abb., 21 Taf.; Haarlem.
- DOPPERT, J. W. C.; NEELE, N. G. (1983): Biostratigraphy of marine Paleogene deposits in the Netherlands and adjacent areas. – Meded. Rijks Geol. Dienst, **37-2**: 3 – 79, 5 Abb., 32 Taf.; Haarlem.
- ELLERMANN, C. (1958): Die mikrofaunistische Gliederung des Oligozäns im Schacht Kapellen bei Moers (Niederrhein). – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **1**: 205 – 214, 3 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- ELLERMANN, C. (1960): Foraminiferen aus dem Oligozän des Schachtes Kapellen (Niederrhein) mit Variationsstatistik von *Elphidium subnodosum* ROEMER. – Geol. Jb., **77**: 645 – 710, 6 Taf., 10 Abb.; Hannover.
- FABIAN, H.-J. (1958): Die Aufschlussbohrung Straeten 1 und ihre Bedeutung für die Gliederung des Tertiärs im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **1**: 11 – 28, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Kefeld.
- GRAMANN, F.; DANIELS, C. H. VON (1988): Benthic foraminifera, the description of the interregional zonation. – In: VINKEN, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. – Geol Jb., **A 100**: 145 – 160, 1 Abb.; Hannover.
- GRAMANN, F.; SPIEGLER, D. (1986): Foraminiferen (und verwandte marine Organismen). – In: TOBIEN, H. [Hrsg.]: Nordwestdeutschland im Tertiär: 186 – 191, 2 Tab.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- HAGER, H. (1981): Das Tertiär des Rheinischen Braunkohlenreviers, Ergebnisse und Probleme. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **29**: 529 – 563, 3 Abb., 5 Tab.; Kefeld.
- HAGER, H.; PRÜFERT, J. (1988): Tertiär. – In: Geologie am Niederrhein, 4. Aufl.: 32 – 40, 2 Abb.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- HAGER, H.; VANDENBERGHE, N.; VAN DEN BOSCH, M.; ABRAHAM, M.; VON DER HOCHT, F.; RESCHER, K.; LAGA, P.; NICKEL, E.; VERSTRAELEN, A.; LEROI, S.; VAN LEEUWEN, R. J. W. (1998): The geometry of the Rupelian and Chattian depositional bodies in the Lower Rhine district and its border areas: implications for Oligocene lithostratigraphy. – Bull. Geol. Soc. Denmark, **45**: 53 – 62, 6 Abb.; Kopenhagen.
- INDANS, J. (1958): Mikrofaunistische Korrelation im marinen Tertiär der Niederrheinischen Bucht. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **1**: 223 – 238, 8 Taf., 3 Abb.; Krefeld.
- INDANS, J. (1965): Mikrofaunistisches Normalprofil durch das marine Tertiär der Niederrheinischen Bucht. – Forsch.-Ber. Land Nordrh.-Westf., **1484**: 85 S., 9 Abb., 10 Taf.; Köln, Opladen.
- JUNG, D.; LANGER, W. (1990): Foraminiferen aus dem Oligozän des Schachtes Lohberg IV bei Hünxe a. d. Lippe (Niederrheinische Bucht). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **180**: 75 – 96, 4 Abb.; Stuttgart.
- KLOSTERMANN, J. (1983): Die Geologie der Venloer Scholle (Niederrhein). – Geol. Jb., **A 66**: 3 – 115, 40 Abb., 6 Tab.; Hannover.
- KLOSTERMANN, J.; RESCHER, K.; WEFELS, U. (1998): Die tertiärzeitliche Schichtenfolge in ausgewählten Bohrungen der Krefelder und Venloer Scholle. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **37**: 475 – 555, 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf., 2 Anl.-Taf.; Krefeld.
- KÜMMERLE, E. (1963): Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). – Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **45**: 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf.; Wiesbaden.

- MEHRNUSCH, M. (1993): Die Bolivinen (Foraminifera) des Oligo-Miozäns der Niederrheinischen Bucht. – Mainzer geowiss. Mitt., **22**: 159 – 210, 4 Abb., 8 Taf.; Mainz.
- PRÜFERT, J. (1998), mit Beitr. von PAAS, W., SCHOLLMAYER, G. & SUCHAN, K.-H.: Erläuterungen zu Blatt 4902 Heinsberg. – Geol. Kt. Nordrh.-Westf. 1 : 25 000, Erl., **4902**: 178 S.; Krefeld.
- PFLUG, H. D. (1958): Anlage und Entwicklung der Niederrheinischen Bucht in der Oberkreide und im Alttertiär auf Grund sporen-paläontologischer Altersdatierungen. – Fortschr. Geol. Rheinld. U. Westf., **2**: 409 – 418, 2 Abb.; Krefeld.
- QUITZOW, H. W. (1978): Tertiär. – In: Geologie am Niederrhein, 1. Aufl.: 21 – 23, 2 Abb.; Krefeld (Geol. L.-Amt Nordrh.-Westf.).
- ROOIJEN, P. VAN; KLOSTERMANN, J.; DOPPERT, J. W. C.; RESCHER, C. K.; VERBEEK, J. W.; SLIGGERS, B. C.; GLASBERGEN, P. (1984): Stratigraphy and tectonics in the Peel-Venlo area as indicated by Tertiary sediments in the Broekhuisenvorst and Geldern T 1 boreholes. – Meded. Rijks geol. Dienst, **38-1**: 1 – 27, 10 Abb., 1 Tab., 3 Taf., 4 Anl.; 's-Gravenhage.
- SCHÄFER, A.; UTESCHER, T.; MÖRS, T. (2004): Stratigraphy of the Cenozoic Lower Rhine Basin, northwestern Germany. – Newsl. Stratigr., 40: 73 – 110; Stuttgart.
- SCHNEIDER, H. & THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes. – 185 S.; Düsseldorf (Minist. Ernähr. Landwirtsch. u. Forsten Land Nordrh.-Westf.).
- SPIEGLER, D. (1965): Biostratigraphie des Rupels auf Grund von Foraminiferen im nördlichen Deutschland. – Geol. Jb., **82**: 447 – 486, 2 Abb., 2 Tab., 5 Taf.; Hannover.
- STAECHER, K.; HILTERMANN, H. (1940): Mikrofaunen aus dem Tertiär Nordwestdeutschlands. – Abh. Reichsst. Bodenforsch., N. F., **201**: 26 S., 53 Taf.; Berlin.
- WÖLK, E. (1941): Das niederrheinische Mitteloligozän und seine Stellung innerhalb des nordeuropäischen Mitteloligozäns. – Z. dt. geol. Ges., **93**: 80 – 114, 3 Abb.; Berlin.



<b>scriptum</b>	<b>13</b>	91 – 120, 4 Tab., 27 Abb. im Anh.	Krefeld 2005
-----------------	-----------	--------------------------------------	--------------

# Neue geohydrologische Erkenntnisse aus dem Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach (Niederrheinische Bucht, Deutschland)

Von Thomas Oswald\*

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b> .....	92
<b>2</b>	<b>Geohydrologische Strukturierung der Liegendssysteme</b> .....	93
<b>3</b>	<b>Grundwasserstände und Grundwasserströmung</b> .....	93
	3.1 Räumliche und zeitliche Entwicklung im Grundgebirge .....	93
	3.2 Entwicklung der Druckspiegel in den Liegendleitern .....	94
<b>4</b>	<b>Grundwasserbeschaffenheit</b> .....	95
	4.1 Hydrochemie .....	95
	4.2 Temperaturmessungen .....	96
	4.3 Isotopen- und gasphysikalische Zusammensetzung .....	96
	4.3.1 Sauerstoff-18 und Deuterium .....	97
	4.3.2 Helium .....	98
<b>5</b>	<b>Geohydrologische Zusammenfassung</b> .....	99
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	99
<b>7</b>	<b>Anhang (Abbildungen 1 – 27)</b> .....	101

---

Anschrift des Autors:

\* Dr. Thomas Oswald, RWE-Power AG, Abt. Wasserwirtschaftliche Planung und Genehmigung, Stüttgenweg 2,  
D-50935 Köln

**Kurzfassung:** Durch zehn neue Grundgebirgsbohrungen konnte das bestehende Grundwassermessstellennetz im tiefen Liegenden der rheinischen Braunkohlenlagerstätte ergänzt werden, so dass jetzt eine präzise räumliche und zeitliche Erfassung der Grundwasserverhältnisse unterhalb des Hauptflözes bis zum paläozoischen Grundgebirge gewährleistet ist. Die Ergebnisse umfangreicher hydrochemischer und thermometrischer sowie auch isotopischer und gasphysikalischer Untersuchungen an Grundwässern werden erstmals vorgestellt.

**Summary:** The existing network of groundwater monitoring levels in the deep floor strata of the Rhenish lignite deposit has been supplemented by ten new basement boreholes in the surroundings of the Hambach opencast mine. The precise spatial and temporal registration of groundwater levels below the Rhenish main lignite seam down to the palaeozoic basement is now guaranteed. The results of extensive hydrochemical and thermal as well as isotopic and gas physical investigations are presented for the first time.

## 1 Zielsetzung

Zur Erkundung der geohydrologischen Situation der tiefen Grundwasserleiter im Liegenden der Rheinischen Braunkohlenlagerstätte (Liegendleiter) wurde das bestehende Messstellennetz durch Tief- beziehungsweise Grundgebirgsbohrungen, die zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden, ergänzt (Tabelle 1). Die erbohrten Schichtenprofile sind zusammen mit dem Pegelausbau im Beitrag von CUVELIER (dieses Heft, S. 7) wiedergegeben. Die tiefen Liegendleiter umfassen die Schichtenfolge unterhalb des Ton 1 bis zum Grundgebirge. Die Schichtenbezeichnungen folgen der Einteilung (Nummerierung) von SCHNEIDER & THIELE (1965), die in dem Beitrag von BECKER & ASMUS (dieses Heft, Abb. 2, S. 65) zu finden ist.

Die aufgeführten Bohrungen komplettieren den bisherigen Bestand von Grundwassermessstellen im Grundgebirge und den Liegendschichten unterhalb des Ton 1 insbesondere im zentralen Bereich der Niederrheinischen Bucht (Abb. 1 im Anh.). In erster Linie sollten die Druckspiegel, deren horizontale beziehungsweise vertikale Gradienten sowie das Strömungsregime in den Leitern unter dem Hauptflöz bis zum Grundgebirge durch ein umfangreiches geohydrologisches Untersuchungsprogramm erkundet werden. Die hydraulischen Verhältnisse sollten sowohl räumlich als auch zeitlich untersucht und durch Temperatur-Messungen, Grundwasseranalysen und isotonenphysikalische Untersuchungen ergänzt werden.

Tabelle 1  
Bohr-Endteufen und Ausbaudaten der Grundgebirgsbohrungen

GWM-Gruppe	Lage	Anzahl Peilrohre	Horizont	Tiefe m	Grundgebirge Stratigrafie	Fertigstellung
87932	Tgb. Hambach „Langguth“	3	DU, 04, 4	722	U-Devon	3.4.1999
87950	Sophienhöhe	3	CO, 04, 07	853	O-Karbon	1.9.1999
56138	Schophoven	3	CO, 04, 07	775	O-Karbon	2.10.1999
56152	Kinzweiler 1	3	CU, DO, 16	68	O-Dev./U-Karb.	11.9.1999
56158	Selhausen	5	DU, 04, 07, 2, 6D	825	U-Devon	16.12.1999
56159	Merzenich	3	DM, 07, 09	818	M-Devon	1.3.2000
87945	Haus Forst	3	DM, 04, 07	1052	U-Devon	19.11.1999
87998	Wissersheim	5	DU, 04, 07, 4, 7	845	U-Devon	15.11.1999
56160	Lindern	6	CO, 02, 04A, 04B, 07, 6B	1000	O-Karbon	3.3.2000
84081	Frechen-Kippe	5	DM, 04, 07, 09, 2	460	M-Devon	17.1.2000

## 2 Geohydrologische Strukturierung der Liegendssysteme

Aus den Bohrergebnissen lassen sich ein oberes und ein tieferes Liegendsystem unterteilen, das durch den Ton 1 getrennt wird. Diese beiden Liegendsysteme werden wiederum durch einzelne Tonhorizonte untergliedert. Die Basis des gesamten Lockergesteinsaquifersystems bilden die gering leitenden paläozoischen beziehungsweise mesozoischen Festgesteine. Nördlich der Tagebaue Hambach und Inden keilen sämtliche Liegendtone aus, so dass hier ein zusammenhängendes Liegendsystem unter dem Hauptflöz (Horizont 6) existiert. Lediglich an der Basis schaltet sich der Ton 03 ein und überdeckt das Grundgebirge. Die geologischen Schnitte des Beitrages von BECKER & ASMUS (dieses Heft, Abb. 3 – 5) zeigen die Mächtigkeitsänderungen sehr deutlich.

Nach Süden hin führt das Auskeilen des Ton 06 in der Erft- und Rur-Scholle zur Kopplung der Leiter 07 und 04/05. Der Ton 08 keilt nur in der Rur-Scholle vor dem Grundgebirgsrand aus. Der Ton 1 reicht bis zum Grundgebirgsrand beziehungsweise streicht auf dem Grundgebirge aus. Im Südteil der Erft- und Rur- und Kölner Scholle vertonen zunehmend die Grundwasserleiter, so dass vom Horizont 1 bis zum Horizont 6 ein komplettes Tonpaket auf dem Grundgebirge lagert.

## 3 Grundwasserstände und Grundwasserströmung

Die Großschollen zeigen eine weitgehende hydraulische Eigenständigkeit. Darüber hinaus können innerhalb der Schollen weitere Sprungsysteme insbesondere im Süden hydraulisch wirksam sein. Die Grundwasserstände beziehungsweise Grundwasserströmung sind für den Liegendhorizont 2 beispielhaft dargestellt (Abb. 2 im Anh.). Die Grundwasserströmung ist in allen Horizonten auf das Absenkungszentrum am Nordrand des Tagebaus Hambach ausgerichtet. Das bedeutet, dass in allen Liegendleitern das Grundwasser im Nordteil der Erftscholle nach Südosten und im Südteil der Erftscholle nach Nordwesten strömt. Nördlich der Ton 1-Ausstrichlinie sind die Liegendleiter gekoppelt.

Es zeigt sich eine charakteristische Druckspiegelabnahme im Absenkungstiefsten (Brunnengalerie Tagebau Hambach) von den oberen Liegendleitern bis zum Grundgebirge (Tabelle 2).

Die größten Absenkungsbeträge befinden sich im Kohle-Horizont beziehungsweise im unmittelbar Liegenden der Kohle, also dort wo die Brunnen überwiegend verfiltert sind.

### 3.1 Räumliche und zeitliche Entwicklung im Grundgebirge

In Abbildung 3 sind die aktuellen (2003) Standrohrspiegelhöhen sämtlicher Grundgebirgsmessstellen in der Erft-, Rur-, Kölner Scholle sowie einiger Messstellen am Nordrand der Eifel dargestellt. Die niedrigste Standrohrspiegelhöhe wird am Nordrand des Tagebaus Hambach gemessen. Hier betragen die Druckdifferenzen zwischen den tiefen Liegendleitern und dem Grundgebirge nur wenige Meter. Mit zunehmender Entfernung steigen die Druckspiegel an. Bedingt durch die Sumpfung im Tagebau Hambach, die Tektonik und die hydrogeologischen Verhältnisse sind die hydraulischen Auswirkungen in Nordwest-Südost-Richtung in der Erftscholle weitreichender als in West-Ost-Richtung. Die trennende hydraulische Wirksamkeit des Rurrand-Verwerfungssystems führt zu einem deutlichen Anstieg der Standrohrspiegelhöhen im Grundgebirge in der Rur-Scholle. Bemerkenswert ist auch der hohe Unterschied der Standrohrspiegelhöhen zwischen den Messstellen im Zentrum der Rur-Scholle und denen am Übergang zur beziehungsweise am Nordrand der Eifel. Im Nordraum werden die tiefsten Liegendleiter weniger vom Sumpfungsgeschehen um die Braunkohlentagebaue als vielmehr von den Steinkohlenbergbauaktivitäten beeinflusst. Die Druckverhältnisse der tiefen Liegendsysteme (09-04) pausen sich bis in das Grundgebirge durch.

Tabelle 2  
Druckspiegel in dem Liegendleitern  
im Absenktrichter

Grundwasserleiter	Druckspiegel
Horizont 5	- 300 m NN
Horizont 4	- 280 m NN
Horizont 2	- 220 m NN
Horizont 09	- 200 m NN
Horizont 07	- 150 m NN
Horizont 05/04	- 140 m NN

### 3.2 Entwicklung der Druckspiegel in den Liegendleitern

Im November 1997 setzte nach dem Grundwassereinbruch die Sumpfung in den tiefen Liegendleitern 09/07 mit ca. 25 m<sup>3</sup>/min ein und erreichte Ende 1998 max. 105 m<sup>3</sup>/min (Abb. 4 im Anh.). Mittlerweile liegt die Förderrate bei 30 – 35 m<sup>3</sup>/min. Im Bereich der Brunnengalerie wurde im Absenktrichter die Druckspiegelentwicklung über Leitpegel erfasst und kontrolliert (Abb. 4 im Anh.). Die großräumigen Auswirkungen werden an den räumlich unterschiedlichen Verläufen der Standrohrspiegelhöhen deutlich. Bis 1997 waren die Druckspiegelunterschiede zwischen den Liegendleitern oberhalb (Horizont 2) und unterhalb (Horizont 09) des Ton 1 deutlich höher als nach dem Einsetzen der Sumpfung in den Horizonten 07 / 09 und die damit verbundene Druckentlastung (Abb. 5 im Anh.).

Auf Grund der unterschiedlichen Tonverbreitung macht sich die im November 1997 begonnene Liegendensumpfung in der südlichen Erftscholle wesentlich stärker bemerkbar als im nördlichen Teil (Abb. 5 u. 6 im Anh.). Darüber hinaus zeigen sich im Südteil der Erftscholle höhere Druckdifferenzen zwischen den oberen und den tiefen Liegendleitern. Sie sprechen dafür, dass die Grundwasserstauer in der südlichen Erftscholle eine stärkere hydraulische Wirkung besitzen als im Nordteil. Nördlich des Tagebaus Hambach beträgt die Druckdifferenz zwischen dem Horizont 04 und 5 lediglich wenige Zentimeter. Das Absenkungsverhalten ist auf Grund des Fehlens der Liegendtone in dem gesamten Liegendsystem quasi gleichsinnig (Abb. 5 u. 6 im Anh.).

Die Aufzeichnung der Standrohrspiegelhöhen in den Grundgebirgsmessstellen zeigt, dass eine längere Beobachtung erforderlich ist, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten (Abb. 7 – 10 im Anh.). Darüber hinaus zeigt die langsame Reaktion der Druckspiegeländerungen, dass die konvektive Grundwasserbewegung, das heißt die Grundwasserströmung und damit Massenverlagerung im Grundgebirge äußerst gering ist (Abb. 7 u. 8 im Anh.).

Die zusätzliche Sumpfung im tiefen Liegenden des Tagebaus Hambach wirkt sich abgeschwächt durch das Sprungssystem zwischen Rur- und Erft-Scholle auch im westlich gelegenen Pegel Oberzier aus (Abb. 11 im Anh.).

An der Rurrand-Verwerfung treffen auf Grund der hohen Versatzbeträge die oberen Liegendleiter (Horizont 2-5) der Rur-Scholle auf die tieferen Liegendleiter (Horizont 04-09) der Erftscholle (vgl. Querschnitt Erftscholle im Beitrag von BECKER & ASMUS, dieses Heft, S. 61). Es ist deshalb eher davon auszugehen, dass sich die Liegendentwässerung (09/07) in Hambach am Rurrand in den oberen Liegendleitern (5-2) der Rur-Scholle fortpflanzt. Auf Grund der treppenförmigen Abstufung des Störungssystems im Bereich Niederzier, zeichnet sich diese Zone durch einen erhöhten hydraulischen Kontakt beziehungsweise Wasseraustausch zwischen beiden Schollen aus (Abb. 11 im Anh.).

An dem Vergleich der Ganglinien des Grundwasserstands in der Erft- beziehungsweise Rur-Scholle wird deutlich, dass die Liegendgrundwasserleiter in der Rur-Scholle im Wesentlichen durch die Druckspiegel in der Erft-Scholle beeinflusst werden. Das bedeutet auch, dass die wesentliche Grundwasserabsenkung in den tiefen Liegendleitern der Rur-Scholle deutlich vor dem Beginn der Liegendensumpfung im Tagebau Hambach eingetreten ist. Dies zeigt sich daran, dass die bedeutendsten Absenkungen in den Horizonten 2 bis 5 in den 70er und 80er Jahren erfolgt sind (Abb. 11 im Anh.). Im Schollenzentrum um den Tagebau Inden zeigen die Druckspiegel nach anfänglich geringem Abfallen ein weitgehend stagnierendes Niveau. Auch hier zeigt sich, dass erst längere Beobachtungen aussagekräftige Ergebnisse liefern (Abb. 12 – 14 im Anh.) werden.

In den Grundwassermessstellen, die im westlichen Teil beziehungsweise am Rand zur Eifel liegen, sind keine Beeinflussungen durch die Liegendensumpfung im Tagebau Hambach zu erkennen (Abb. 15 im Anh.). Die Ganglinien zeigen keine Absenkungstendenzen, sondern lediglich den niederschlagsabhängigen Jahresgang. Die Ganglinienverläufe dieser Messstellen sind typisch für Grundwasserleiter, die in ungehindertem Kontakt mit der ungesättigten Zone stehen. Hier erfolgt im Winterhalbjahr eine regelmäßige Auffüllung des Grundwasserleiters durch versickerndes Niederschlagswasser beziehungsweise Sickerwasser. Auch in der Grundgebirgsbohrung Kinzweiler 1 (Abb. 16 im Anh.), die sich schon am Nordrand der Eifel befindet, zeigen die Grundwasserspiegel keinen Einfluss durch die Sumpfung in Hambach.

Nach Norden hin in der Grundwassermessstelle Lindern liegen die Druckwasserspiegel auf einem unveränderten Niveau und im Grundgebirge mit 50 m deutlich unter dem Druckspiegel der Liegendleiter (Abb. 17 im Anh.). Möglicherweise geben sich hier noch die Auswirkungen des Steinkohlenbergbaus zu erkennen.

Die Entwicklung der Standrohrspiegelhöhe im Grundgebirge in der Ville- und der Kölner Scholle sind in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt. Im nördlichen Bereich der Kölner Scholle (Knechtsteden, Pegel-Nr. 91962 in Abb. 1) befindet sich der Druckspiegel des Grundgebirges ca. 75 m unter dem der tiefen Liegendleiter (Abb. 19 im Anh.). Weiter südlich, im Bereich Frechen liegt der Grundgebirgsdruckwasserspiegel nur noch ca. 10 m unter dem der tiefen Liegendleiter. Hier verharren die Wasserspiegel auf nahezu unverändertem Niveau (Abb. 19 im Anh.). Diese Bereiche sind schon seit Jahrzehnten durch die Entwässerung beeinflusst. Auf Grund der Hochlage des Grundgebirges in der Ville und Kölner Scholle grenzt dieses an dem Randstörungssystemen unmittelbar an die Liegendleiter der Erft-Scholle und ermöglicht ein unmittelbare Druckübertragung (vgl. Querschnitt Erftscholle im Beitrag von BECKER & ASMUS, dieses Heft, S. 61).

## 4. Grundwasserbeschaffenheit

Zur Überprüfung der hydraulischen Erkenntnisse sowie zur Erkundung der Genese, Typisierung und Dynamik der tiefen Grundwasserleiter wurde die Grundwasserbeschaffenheit untersucht. Neben der hydrochemischen Beschaffenheit wurden Temperaturprofile und die isotonphysikalische Zusammensetzung ermittelt.

### 4.1 Hydrochemie

Zur Beobachtung der hydrochemischen Beschaffenheit der tiefen Grundwasserleiter werden ausgewählte Stümpfungsbrunnen (09/07) im Tagebau Hambach und Grundwassermessstellen regelmäßig beprobt und analysiert.

Anhand der elektrischen Leitfähigkeit [Lf], die im Wesentlichen durch die hohen Natrium und Chloridkonzentrationen bedingt ist lassen sich die Brunnenwässer charakterisieren. Die Grundwasser aus dem Horizont 09 und tiefer sind als Na-Cl-Typ einzustufen. Die Leitfähigkeiten der beprobten Wässer liegen zwischen rd. 1.500 und 4.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Mittlerweile zeigen die Druckspiegel nach anfänglich geringem Abfallen ein weitgehend stagnierendes Niveau. Auch hier zeigt sich, dass erst längere Beobachtungen aussagekräftige Ergebnisse liefern werden (Abb. 20 im Anh.). Einen parallelen Verlauf ähnlich der elektrischen Leitfähigkeit zeigen die Natrium- (nicht dargestellt) und die Chloridkonzentrationen. In den Grundgebirgsmessstellen werden Cl-Konzentrationen von bis zu 8.000 mg/l mit Leitfähigkeiten von bis zu 28.0000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (STÜSSER 2002).

Generell zeigen die Untersuchungsergebnisse einen Konzentrations- beziehungsweise Mineralisations-sprung unterhalb des Ton 1. In den Ausstrichbereichen sowie in dem oberen Liegendsystem (2-5) gehen die Leitfähigkeiten und damit die Mineralisation deutlich zurück (Abb. 21 im Anh.).

Die flachen Messstellen am Grundgebirgsrand weisen in allen untersuchten Liegendgrundwasserleitern geringe Leitfähigkeiten und Chloridkonzentrationen auf. Dies Wässer sind Ca-HCO<sub>3</sub>-Typ einzustufen.

Das Cl zu Lf-Verhältnis liegt in den Wässern der tiefen Liegendleiter bei etwa 1 zu 3 – 4. In den oberen Liegendleitern beziehungsweise außerhalb der Ton 1-Überdeckung verändert sich dieses Verhältnis auf etwa 1 zu 20 und damit zu einem anderen Grundwassertyp. Die unterschiedlich hohen Leitfähigkeiten beziehungsweise Cl-Konzentrationen sind auf mehr oder weniger hohe Aussüßung durch den Zufluss von Süßwasser zurückzuführen.

## 4.2 Temperaturmessungen

Neben dem hohen Lösungsinhalt zeichnet sich das Grundwasser der tiefen Liegendleiter durch hohe Temperaturen aus. In ausgewählten Grundwassermessstellen (Tab. 3) wurden Temperaturprofile gemessen, die Aufschluss über den Temperaturgradienten beziehungsweise die hydrothermischen Verhältnisse in den Liegendleitern im Umfeld des Tagebaus Hambach geben sollen.

Tabelle 3  
Auswahl der Grundwassermessstellen  
für Temperaturmessungen  
(Lage s. Abb. 1 im Anh.)

Messstelle	Bezeichnung
87950	Sophienhöhe
87945	Haus Forst
56159	Merzenich
87998	Wissersheim
56138	Schophoven
56158	Selhausen

Durch die beim natürlichen radioaktiven Zerfall entstehende Strahlung wird im Erdinneren Wärme freigesetzt, die in der Erdkruste einen vertikalen Temperaturgradienten von etwa 3 °C/100 m verursacht. Ausgehend vom langjährigen Temperaturmittel im Bereich der Geländeoberfläche von 9,5 °C steigt die Temperatur mit zunehmender Tiefe an. Der geothermische Gradient ist zur Orientierung in den Grafiken der Tiefenprofile eingezeichnet. Abweichungen von diesem geothermischen Gradienten können einerseits auf Temperaturanomalitäten im tieferen Untergrund hindeuten. Andererseits können diese aber auch Rückschlüsse auf starke vertikale Grundwasserbewegungen geben.

Oberhalb des Hauptflözes (Horizont 6) liegen die Temperaturprofile in der Regel unterhalb des geothermischen Gradienten. Es zeigt sich in den meisten Messstellen ein sprunghafter Anstieg des Temperaturgradienten im Bereich des Hauptflözes beziehungsweise im Ton 1, so dass die Temperaturprofile in den Liegendleitern im Zentrum des Reviers über dem geothermischen Gradienten liegen (Abb. 22 A – D im Anh.). Die größten positiven Abweichungen vom geothermischen Gradienten erreichen ca. 5 °C im Bereich des Tagebaus Hambach (Abb. 22 A im Anh.). Die hier in den Horizonten 09/07 gemessenen Temperaturen von ca. 30 bis 35 °C stimmen gut mit den Temperaturen der Brunnenwässer aus diesen Horizonten überein (Abb. 20 B im Anh.).

Die Flöze bewirken durch ihre geringere Temperaturleitfähigkeit einerseits eine Erhöhung der Temperaturen im Liegenden als auch eine wirksame hydraulische Trennung der Hangend- von den Liegendgrundwasserleitern. Das bedeutet, dass der Grundwasserumsatz in erster Linie in den hangenden Systemen stattfindet, während in den Liegendsystemen eher eine Stagnation beziehungsweise langsamer Leckagezufluss in die hangenden Leiter vorherrscht.

Am Temperatur-Profil der Messstelle Schophoven (Abb. 22 D im Anh.) ist sehr deutlich der Einfluss der Sumpfungsgalerie des Tagebaus Inden zu erkennen. Relativ junges, kaltes Wasser gelangt hier in den Absenktichter und führt zu einer deutlichen Temperaturerniedrigung bis zum Horizont 6A. Es zeigt sich hier deutlich die hydraulische Wirkung des Horizontes 6A, da im Liegenden ein deutlicher Temperatursprung einsetzt. An der Bohrung Sophienhöhe wurden im Liegenden außergewöhnlich hohe Temperaturen festgestellt (Abb. 22 B im Anh.). In diesem Bereich keilt der Ton 1 aus. Die tiefen Liegendleiter wiesen bis zum Einsetzen der Sumpfung im Horizont 09 deutlich höhere Druckspiegel auf als die oberen Liegendleiter, so dass es in diesem Bereich seit mehreren Jahrzehnten zu deutlichen aufwärtsgerichteten Grundwasserbewegungen gekommen ist.

## 4.3 Isotopen- und gasphysikalische Zusammensetzung

Das Isotopen- und gasphysikalische Untersuchungsprogramm soll neben den hydraulischen und chemischen Analysen die Genese und Herkunft der tiefen Liegendwässer klären. In erster Linie steht eine regionale Abgrenzung unterschiedlicher Grundwasservorkommen im Vordergrund. Die Untersuchungen wurden von der HYDROISOTOP GmbH durchgeführt (HYDROISOTOP 2001).

Die Grundwässer, die im Umfeld des Tagebaus Hambach aus Brunnen und Grundwassermessstellen zwischen August und Dezember 2000 beprobt wurden, entstammen unterschiedlichen Aquiferhorizonten (Tertiär, Karbon, Devon) im Liegenden des Ton 1 (s. Tab. 4).

### 4.3.1 Sauerstoff-18 und Deuterium

Die Isotopenkonzentrationen des Grundwassers sind abhängig von der Temperatur und der Entfernung des Quellgebietes (Ozeane) der Luftfeuchte beziehungsweise des daraus resultierenden Niederschlags. Mit zunehmender Entfernung von der Küste und abnehmender Temperatur findet eine Anreicherung der schweren Isotopenbestandteile in der Luftfeuchte statt. Das bedeutet, dass eine Anreicherung schwerer Isotope an einem Standort auf niedrigere Temperaturbedingungen zur Neubildungszeit hinweisen. Die stabilen Isotope Sauerstoff-18 ( $^{18}\text{O}$ ) und Deuterium ( $^2\text{H}$ ) liegen ohne Ausnahme in der Nähe der sogenannten mittleren Niederschlagsgeraden (Abb. 23 im Anh.). Die untersuchten Grundwasservorkommen sind damit Bestandteil des normalen hydrologischen Zyklus und durch Versickerung von Niederschlägen gebildet worden. Ein Einfluss von Verdunstung, zum Beispiel durch Anteile von Oberflächenwasser, ist nicht zu erkennen. Für eine Zumischung von sehr alten Porenwässern (Formationswässer), die in der Regel durch eine starke isotopische Anreicherung charakterisiert sind und unterhalb der Niederschlagsgeraden liegen, kann ein Anteil von maximal 5 – 10 % abgeschätzt werden.

Die im Rahmen des Untersuchungsprogramms beprobten Grundwässer mit hohen Isotopenverhältnissen (schwere Isotopensignatur) von größer  $-8,6\text{‰}$  im  $\delta^{18}\text{O}$  und größer  $-60\text{‰}$  im  $\delta^2\text{H}$  sind in Übereinstimmung mit Monats- beziehungsweise Ganzjahresmittelwerten im rezenten Niederschlag der Vergleichsstationen Emmerich, Trier und Koblenz (IAEA-GNIP-Daten: International Atomic Energy Agency, Global Network for Isotopes in Precipitation).

In den betreffenden Grundwassermessstellen werden Grundwässer angetroffen, die überwiegend (56152.2, 56152.3, 84081.4, 84214.4, 87517.4, 87263.3) oder zu hohen Anteilen (56160.5, 86965.5 und 86965.6) unter heutigen Klimabedingungen im Holozän neugebildet wurden.

Die Mehrzahl der untersuchten Grundwässer, darunter die Sohlebrunnen aus dem Tagebau Hambach sind durch Isotopenverhältnisse mit Schwerpunkt um  $-9,0\text{‰}$  im  $\delta^{18}\text{O}$  und  $-62\text{‰}$  im  $\delta^2\text{H}$  charakterisiert. Die gegenüber den holozänen Grundwässern um mehr als  $1\text{‰}$  im  $\delta^{18}\text{O}$  und  $10\text{‰}$  im  $\delta^2\text{H}$  leichtere Isotopensignatur lässt auf Neubildungsbedingungen schließen, bei denen überwiegend Niederschläge eines deutlich kühleren Klimas beitrugen, also möglicherweise am Ende der letzten Eiszeit im Spätglazial vor etwa 12 000 Jahren. Diese Messstellen weisen größere Teufen auf und befinden sich im Zentrum der Rheinischen Bucht (Abb. 24 im Anh.).

Auch die Tritiumuntersuchungen ( $^3\text{H}$ ) belegen, dass die Tiefenwässer keine erkennbare direkte Anbindung an die aktuell stattfindenden Grundwasserneubildungsprozesse aufweisen.

Tabelle 4  
Bezeichnung und Lage der Probenahmestellen  
in den verschiedenen Grundwasserhorizonten  
im Umfeld des Tagebaus Hambach

Ort	Bezeichnung der Grundwassermessstelle	Horizont	Nr. in Abb. 25
Tagebau Hambach	87932.2 / 3	04 / DU	–
Sophienhöhe	87950.2 / 3	04 / CO	88
Schophoven	56138.2 / 3	04 / CO	89
Kinzweiler 1	56152.2 / 3	DO / CU	184
Selhausen	56158.4 / 5	04 / DU	100
Merzenich	56159.2 / 3	07 / DM	121
Haus Forst	87945.2 / 3	04 / DM	94
Wissersheim	87998.4 / 5	04 / DM	119
Lindern	56160.5 / 6	02 / CO	85
Tagebau Hambach	HS1095, HS1097, HS1101	09/07	–
Tetz	87581.4 / 5	04 / CO	67
Frauwüllesheim	87263.3	05	140
Merzenich	87517.4	04	129
Meckenheim	84214.4	01	163
Tagebau Hambach	87909.2 / 3	07 / 09	–
Frechen-Kippe	84081.4	05	116
Dürener See	86965.5 / 6	04/ D	126

CO = Oberkarbon; CU = Unterkarbon; D = Devon; DM = Mitteldevon; DU = Unterdevon

### 4.3.1 Helium

Alle beprobten Grundwässer weisen hohe  $^4\text{He}$ -Gehalte und damit Überschüsse gegenüber Wasser im Lösungsgleichgewicht mit atmosphärischer Luft von ca.  $4,5 \cdot 10^{-8}$  Nml/g auf. Beim  $^4\text{He}$ -Überschuss handelt es sich um eine nichtatmosphärische Heliumkomponente, die aus der Akkumulation von radiogenem Helium stammt, das durch radioaktiven Zerfall von natürlich vorkommendem Uran und Thorium in den Gesteinen des Untergrunds gebildet und in das Grundwasser freigesetzt wird. Die  $^4\text{He}$ -Gehalte sind somit ein Indikator für das Alter der Grundwasservorkommen.

Bei Auftragung der  $^4\text{He}$ - gegen die Chloridgehalte in Abbildung 25 A (im Anh.) zeigt sich eine Korrelation, die auf eine gemeinsame (zeitliche und räumliche) Herkunft dieser Inhaltsstoffe schließen lässt. Angedeutet sind Mischungslinien einer alten Grundwasserkomponente (hohe Cl- und  $^4\text{He}$ -Gehalte) mit unterschiedlich mineralisierten jungen Komponenten. Die Abweichung einzelner Proben ist in den meisten Fällen auf Mischungs- und Probenahmeeffekte zurückzuführen, die im folgenden näher diskutiert werden. Aus Abbildung 25 B (im Anh.) geht hervor, dass der am  $^{18}\text{O}$ -Gehalt gut erkennbare Übergang von Holozän zu Pleistozän (Zeitmarke ca. 12 000 Jahre) mit einem  $^4\text{He}$ -Wert von ca.  $1 \cdot 10^{-5}$  Nml/g korrespondiert.

Anhand der Isotopensignaturen ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ), der spezifischen Gasgehalte ( $^4\text{He}$ ,  $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) und der Kombination mit den Chloridkonzentrationen lassen sich in den Liegendleitern mindestens drei Tiefenwasserkomponenten mit einer entsprechenden Altersverteilung abgrenzen (Abb. 23 – 25 im Anh.):

- Junge überwiegend holozäne Grundwässer,  $^{18}\text{O}$ -,  $^2\text{H}$ -Signatur:  
Anhand der geringen  $^4\text{He}$ - und Cl-Gehalte sowie der holozänen  $^{18}\text{O}$ -/ $^2\text{H}$ -Isotopensignatur lässt sich eine Verweilzeit von kleiner 1 000 Jahren abschätzen. Holozäne Grundwässer mit signifikant erhöhten  $^4\text{He}$ -Gehalte weisen Anteile von max. 10 % einer älteren Grundwasserkomponente auf. Hier liegt eine Mischung von holozänen und spätpleistozänen (älter als 12 000 Jahre) Grundwässern vor. Entsprechend der erhöhten  $^4\text{He}$ - und Cl-Gehalte und ausgeprägteren kaltzeitlichen  $^{18}\text{O}$ -/ $^2\text{H}$ -Isotopensignatur sind unterschiedlich hohe Anteile der älteren Grundwasserkomponente festzustellen. Eine genauere Identifizierung der alten Komponenten auf Grundlage der vorliegenden Daten ist nicht möglich.
- Alte spätpleistozäne Grundwässer mit magmatischen Anteilen:  
Die spätpleistozänen Grundwässer, mit hohen  $^4\text{He}$ - und Cl-Konzentrationen und überwiegend spätpleistozäner  $^{18}\text{O}$ -,  $^2\text{H}$ -Signatur gruppieren sich – vor allem die Proben aus dem Nahbereich des Tagebaus Hambach – in einem vergleichsweise engen Wertebereich. Entsprechend den  $^4\text{He}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehalten lässt sich eine Verweilzeiten abschätzen, die von etwa 12.000 bis etwa 100.000 Jahren reicht. Grundwasserproben, die sich aufgrund sehr hoher  $^4\text{He}$ - beziehungsweise Cl-Gehalte aus der Gesamtheit abheben sind die Grundwassermessstellen 56158.5 sowie 87950.2/3. Hier handelt es sich vermutlich um Zumischungen von deutlich älteren Grundwasservorkommen, zum Beispiel aus dem Bereich der Grundwassermessstellen 56138.3. Diese Tiefengrundwässer, in denen erhöhte Anteile von magmatischen Gaskomponenten ( $\text{CO}_2$ ,  $^3\text{He}$ ) nachweisbar sind, kommen vor allem südwestlich des Tagebaus Hambach vor.
- Sehr alte interglaziale Grundwässer:  
Im Gegensatz zu den interglazialen Na-Cl-Wässern weist das Grundwasser der Grundwassermessstelle 56138.3 trotz sehr hoher  $^4\text{He}$ - und Cl-Gehalte eine dem Holozän vergleichbare  $^{18}\text{O}$ -,  $^2\text{H}$ -Isotopensignatur auf (Abb. 23 im Anh.). Hierbei handelt es sich vermutlich um Grundwasser, das unter wärmeren Klimabedingungen ähnlich den heutigen gebildet wurde, zum Beispiel vor der letzten Eiszeit. Anhand der  $^4\text{He}$ -Konzentration ist für diese Grundwässer ein Alter von mehr als 100 000 Jahren anzunehmen. Angedeutet sind Mischungslinien einer alten Grundwasserkomponente (hohe Cl- und  $^4\text{He}$ -Gehalte) mit unterschiedlich mineralisierten jungen Komponenten. Diese Grundwässer zeigen aufgrund ihrer hohen Verweilzeit eine sehr geringe Fließdynamik und damit fehlende Anbindung an aktuelle Grundwasser-Neubildungsprozesse.

Die Grundwässer mit den höchsten  $^4\text{He}$ - und Cl-Gehalten lassen sich räumlich gesehen westlich beziehungsweise südwestlich des Tagebaus Hambach beziehungsweise in der östliche Rurscholle zwischen Selhausen und Schophoven (Grundwassermessstelle 56138.3) lokalisieren (Abb. 26 – 27 im Anh.). Die räumlichen Darstellungen zeigen, dass die Grundwässer mit erhöhten magmatischen Anteilen südwestlich des Untersuchungsgebietes ihren Ursprung haben. Die sehr alten Grundwässer, die nur eine sehr geringe Strömungsdynamik zeigen, befinden sich im Westen des Tagebaus Hambach, zwischen der Aachener und der

Eilendorfer Überschiebung (Abb. 27 im Anh.). Eine exakte Angabe der einzelnen Mischungsanteile ist nur begrenzt möglich. Der Anteil der interglazialen Grundwässer scheint vermutlich im Bereich von 10 % zu liegen, während der pleistozäne Anteil 10 % oder weniger ausmacht. Die holozänen Grundwässer sind an die lokalen und aktuellen Neubildungsprozesse angeschlossen.

## 5 Geohydrologische Zusammenfassung

Durch die Grundgebirgsbohrungen konnte das bestehende Grundwassermessstellennetz im tiefen Liegenden der Braunkohlenlagerstätte sinnvoll ergänzt werden, so dass eine präzise und angemessene räumliche und zeitliche Erfassung der Grundwasserverhältnisse unterhalb des Hauptflözes bis zum Grundgebirge gewährleistet ist. Es lässt sich ein positiver Druckgradient vom Hangenden bis zum Grundgebirge erkennen. Die Zustromgebiete beziehungsweise die Regenerationsräume der Liegendsysteme und des Grundgebirges befinden sich in den Randbereichen der Niederheinischen Bucht (Eifel). Im Zentrum des Braunkohlereviere erfolgt die Regeneration durch flächenhaften Leckagezufluss in die hangenden Leiter beziehungsweise durch direkten Aufstieg im Bereich fehlender Tonüberdeckung. Austragsgebiet ist der Sumpfungstrichter im Tagebau Hambach. Im Grundgebirge erfolgt in erster Linie ein hydraulischer Druckausgleich mit den hangenden Grundwasserleitern. Auf Grund der lithologischen Ausprägung der Gesteine und der tektonischen Verhältnisse ist ein relevanter konvektiver Grundwassertransport im Grundgebirge jedoch auszuschließen.

Sehr ausgeprägt ist sowohl die hydraulische als auch die hydrochemische Abgrenzung der tiefen (Grundgebirge bis Horizont 09) von den oberen Liegendleitern (Horizont 2 bis 5) dort, wo der Ton 1 als wirksame geohydrologische Barriere vorhanden ist.

An Hand der Temperaturprofile zeigt sich, dass das Hauptflöz eine weitere wirksame Barriere für den Zustrom von jungem Grundwasser in die Liegendsysteme darstellt.

Die tiefen Liegendleiter zeichnen sich durch überwiegend gering zirkulierende Grundwässer mit einem hohen Lösungsinhalt (Na-Cl-Typ) und hohen Temperaturen aus. Der erhöhte Lösungsinhalt ist auf einen Anteil von maximal 10 % an konaten Wässern, das heißt marine Wässer, die während des marinen Sedimentationsprozesses im Porenraum eingeschlossen wurden, zurückzuführen. Während der anschließenden terrestrischen Phase kam es zu keiner vollständigen Aussüßung, so dass in den tieferen Senkungsbereichen beziehungsweise in den Stagnationszonen noch Reste dieser konaten Wässer bis heute erhalten blieben.

Die Tonüberdeckung behindert den Zustrom von mineralarmem jungem Grundwasser aus den hangenden Systemen und damit den Aussüßungsprozess. Nach Nordwesten, also dort wo die trennenden Liegendtone auskeilen nimmt auch der Lösungsinhalt durch den erhöhten Zustrom aus den hangenden Systemen und die kürzeren Verweilzeiten ab.

## 6 Literatur

BECKER, B.; ASMUS, S. (2005): Beschreibung und Korrelation der känozoischen Lockergesteinsschichten der Grundgebirgsbohrungen im Umfeld des Braunkohle-Tagebaus Hambach. – Scriptum, **13**: 61 – 74, 7 Abb.; Krefeld.

CUVELIER, N. (2005): Planung und Durchführung eines Bohrprogramms zur Erkundung des tiefen Untergrundes der Niederrheinischen Bucht. – Scriptum, **13**: 7 – 31, 16 Abb., 1 Tab., Abb. 17 – 28 im Anh.; Krefeld.

HYDROISOTOP (2001): Isotopenhydrologische und gasphysikalische Untersuchungen an Grundwasserproben im Umfeld des Tagebaus Hambach. – Unveröffentl. Bericht: 71 S., 33 Abb. (Schweitenkirchen).

SCHNEIDER, H.; THIELE, S. (1965): Geohydrologie des Erftgebietes. – 185 S., 75 Abb., 7 Tab., 3 Taf.; Düsseldorf (Minist. Ernähr., Landwirtsch. u. Forsten, Nordrhein-Westfalen).

STÜSSER, I. (2002): Geohydrologische Untersuchungen der tiefen Grundwasserleiter im Rheinischen Braunkohlenrevier. – Diplomarbeit Geol. Inst. Universität Köln: 70 S., 11 Abb., 16 Anl., [unveröffentl.].



## Anhang

(Abbildungen 1 – 27)

Abb. 1	Lage der neuen Grundwassermessstellen im Grundgebirge der südlichen Niederrheinischen Bucht	102
Abb. 2	Grundwasserstände und Grundwasserströmung im Sand 2	103
Abb. 3	Aktuelle Standrohrspiegelhöhen der Grundgebirgsmessstellen in der südlichen Niederrheinischen Bucht und ihren Randgebieten	104
Abb. 4	Förderrate und Pegelstände in den Liegendleitern 09 und 07	105
Abb. 5 – 19	Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände)	
Abb. 5	Liegendentwässerung Tagebau Hambach	105
Abb. 6	Pegel Tetz	106
Abb. 7	Liegendentwässerung Tagebau Hambach	106
Abb. 8	Liegendentwässerung Tagebau Hambach	107
Abb. 9	Pegel Haus Forst	107
Abb. 10	Pegel Wissersheim	108
Abb. 11	Pegel Oberzier	108
Abb. 12	Pegel Merzenich	109
Abb. 13	Pegel Selhausen	109
Abb. 14	Pegel Schophoven	110
Abb. 15	Pegel Jüngersdorf	110
Abb. 16	Pegel Kinzweiler	111
Abb. 17	Pegel Lindern	111
Abb. 18	Pegel Knechtsteden	112
Abb. 19	Pegel Frechen-Kippe	112
Abb. 20	Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit im Tagebau Hambach	113
Abb. 21	Korrelation von Leitfähigkeit und Chloridgehalt in verschiedenen Grundwasserhorizonten und tektonischen Schollen	114
Abb. 22	Temperaturprofile in verschiedenen Grundgebirgsbohrungen	115
Abb. 23	Darstellung der $\delta^{18}\text{O}$ - gegen die $\delta^2\text{H}$ -Werte	116
Abb. 24	Räumliche Verteilung der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der untersuchten Grundwässer	117
Abb. 25	Ergebnisse gasphysikalischer und isotopischer Untersuchungen	118
Abb. 26	Räumliche Abgrenzung der unterschiedlichen Grundwasser-Komponenten für die tertiärzeitlichen Grundwasserleiter	119
Abb. 27	Räumliche Abgrenzung der unterschiedlichen Grundwasser-Komponenten für die Grundwasserleiter des Grundgebirges	120

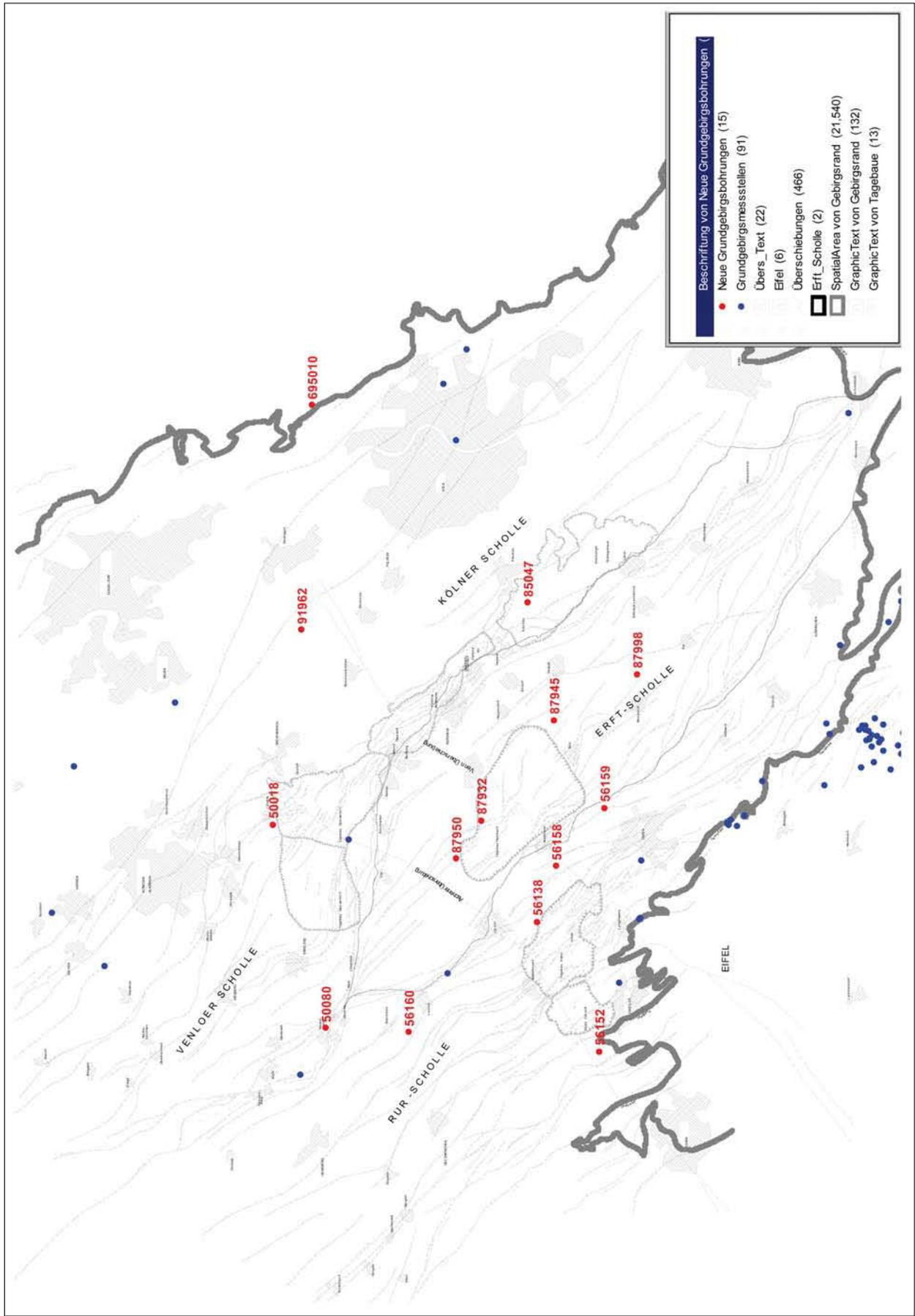


Abb. 1 Lage der neuen Grundwassermessstellen im Grundgebirge der südlichen Niederrheinischen Bucht (namentliche Bezeichnungen s. Tab. 1 und 4)



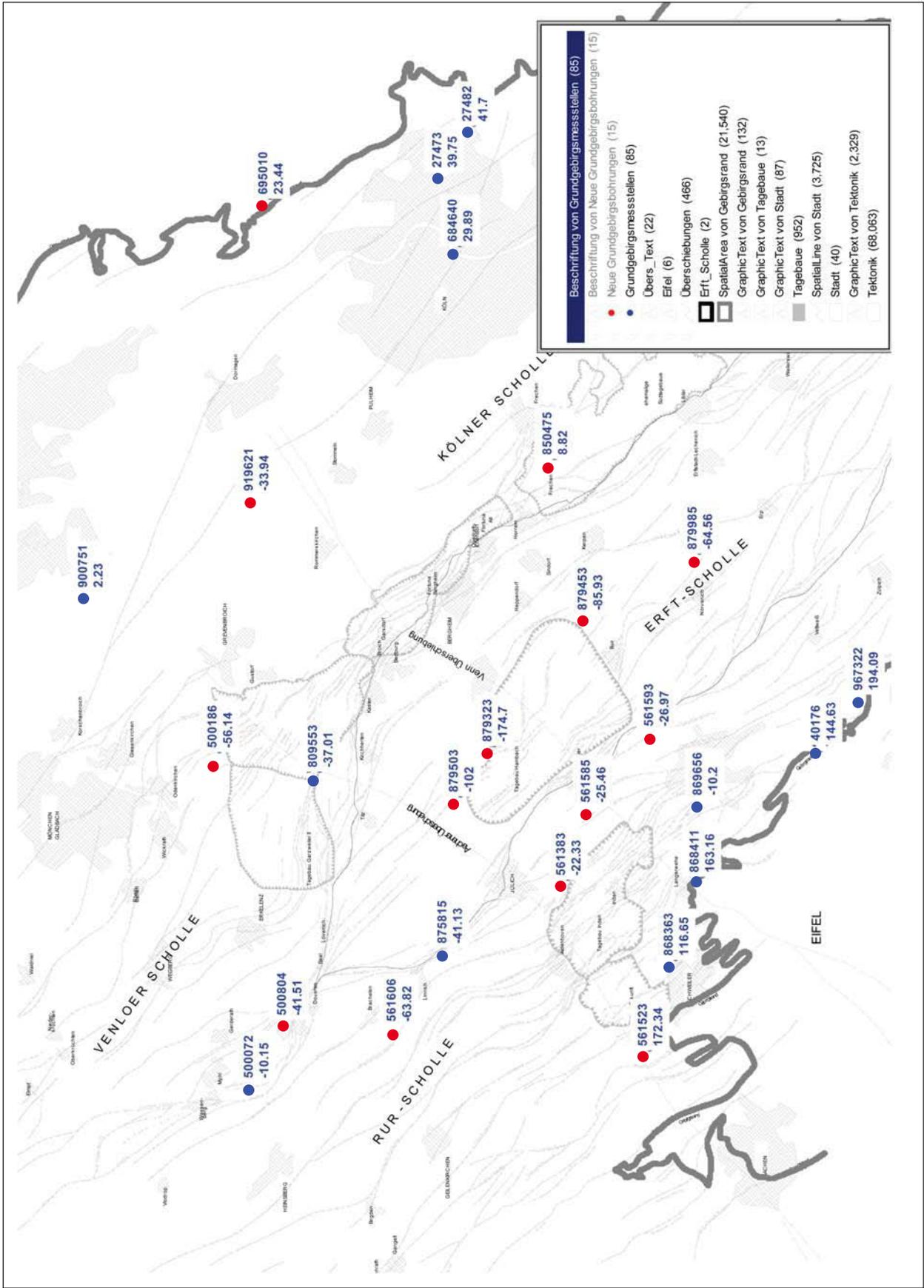
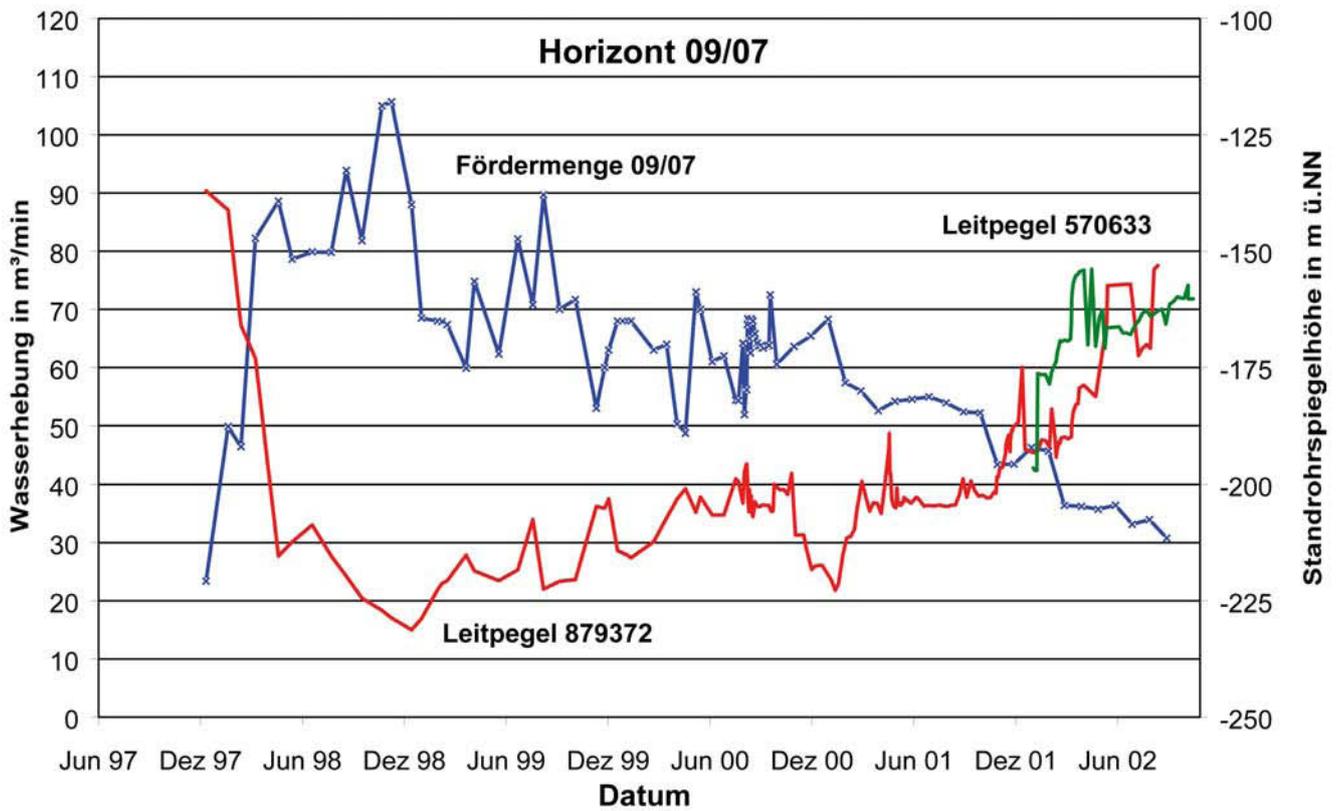


Abb. 3 Aktuelle Standrohrspiegelhöhen der Grundgebirgsmessstellen in der südlichen Niederrheinischen Bucht und ihren Randgebieten



G:\GEOHYDRO\ERFT\_SILDTH\Q Gws Hor 09.xls!Q Hor. 09 07

Abb. 4 Förderrate und Pegelstände in den Liegendleitern 09 und 07

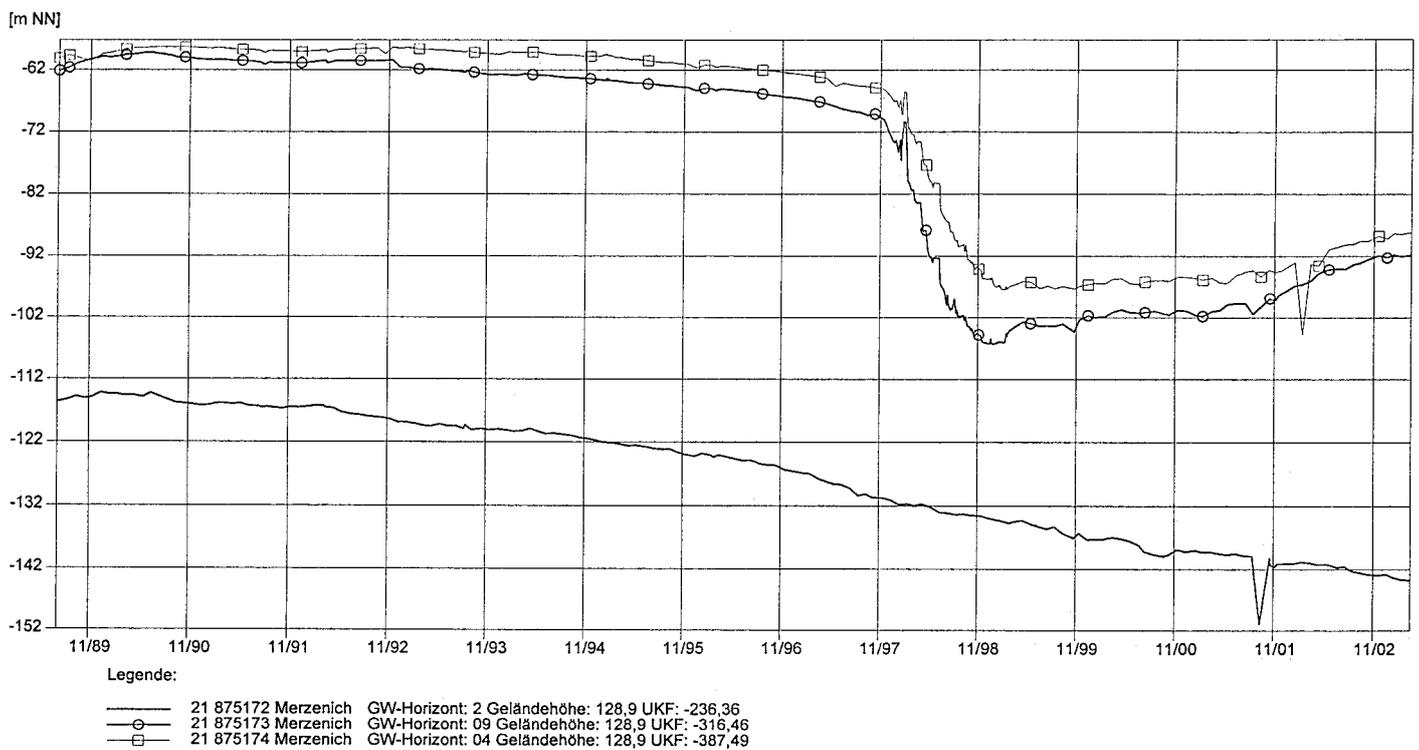


Abb. 5 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Liegendentwässerung Tagebau Hambach –

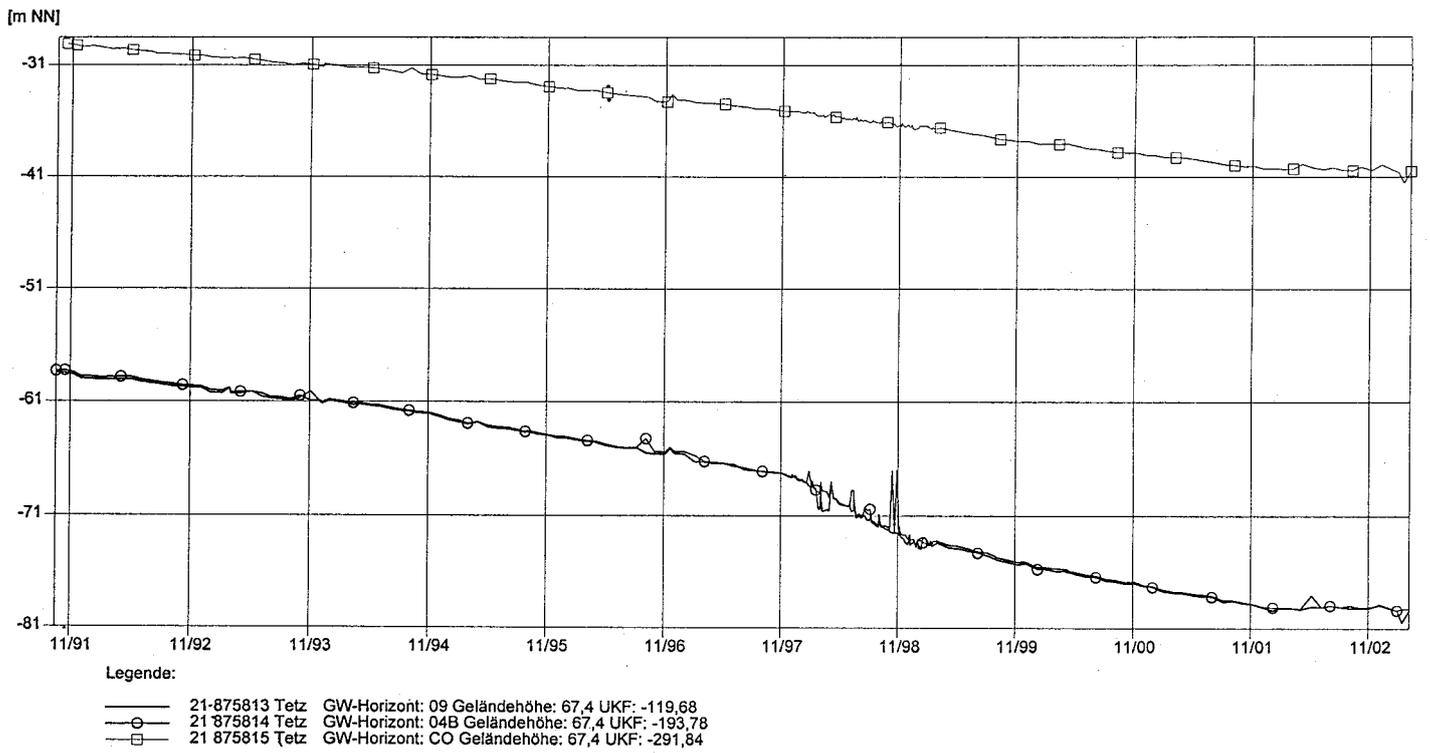


Abb. 6 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Tetz –

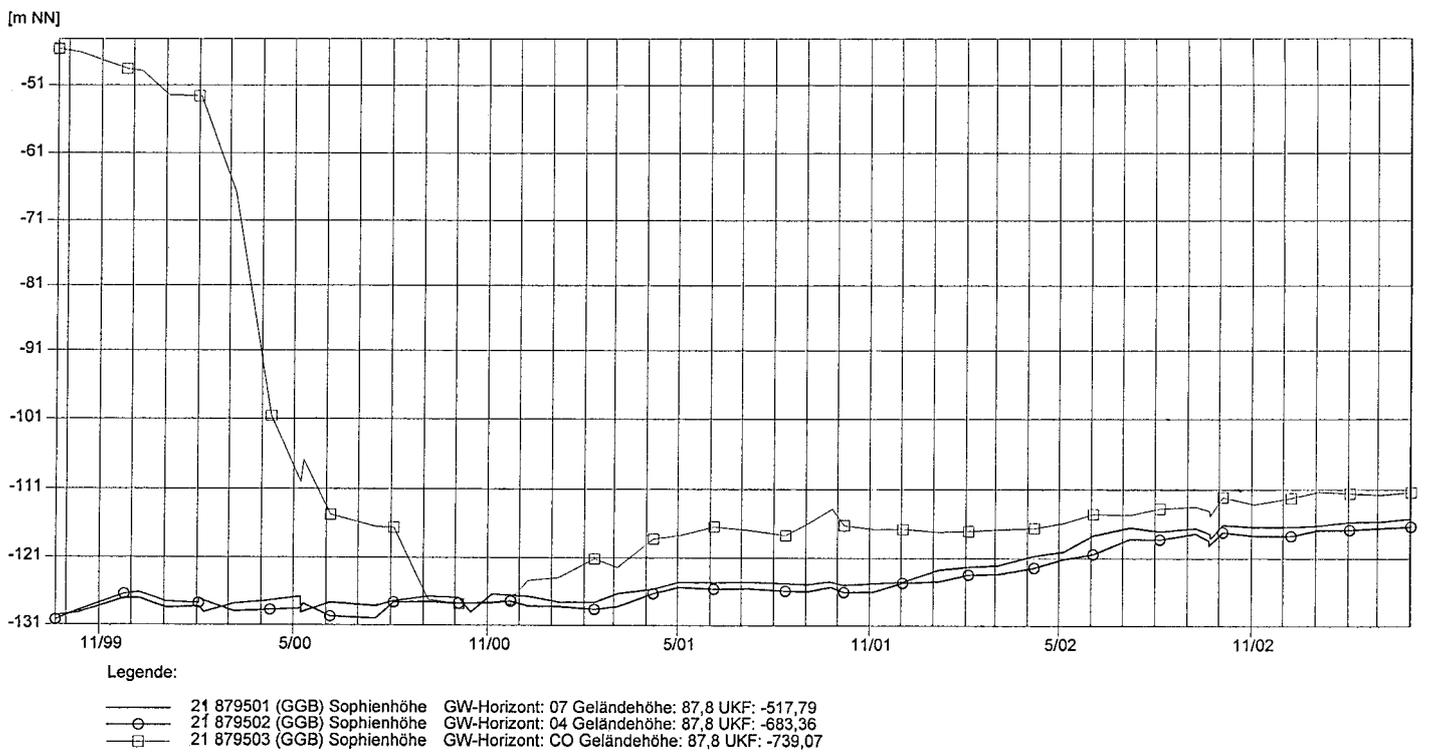


Abb. 7 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Liegendentwässerung Tagebau Hambach –

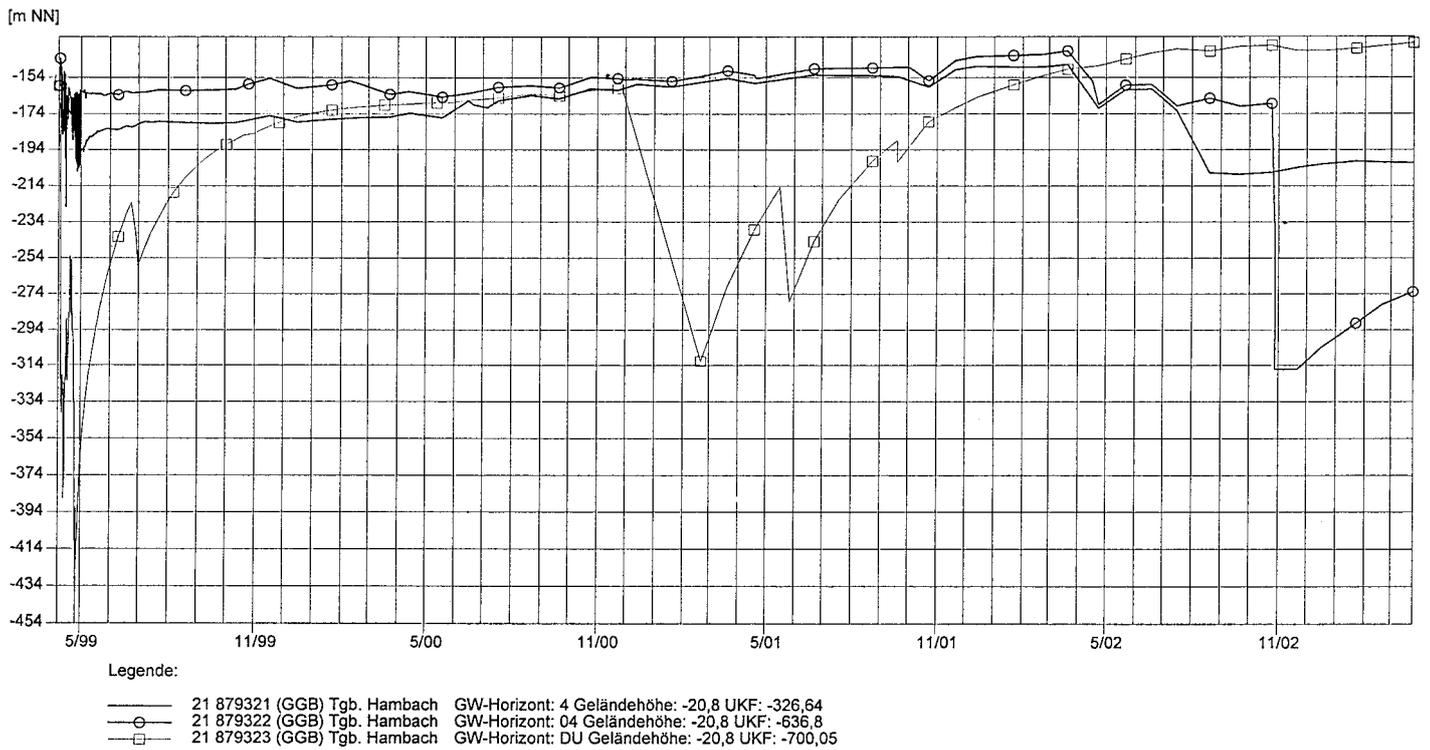


Abb. 8 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Liegendentwässerung Tagebau Hambach –

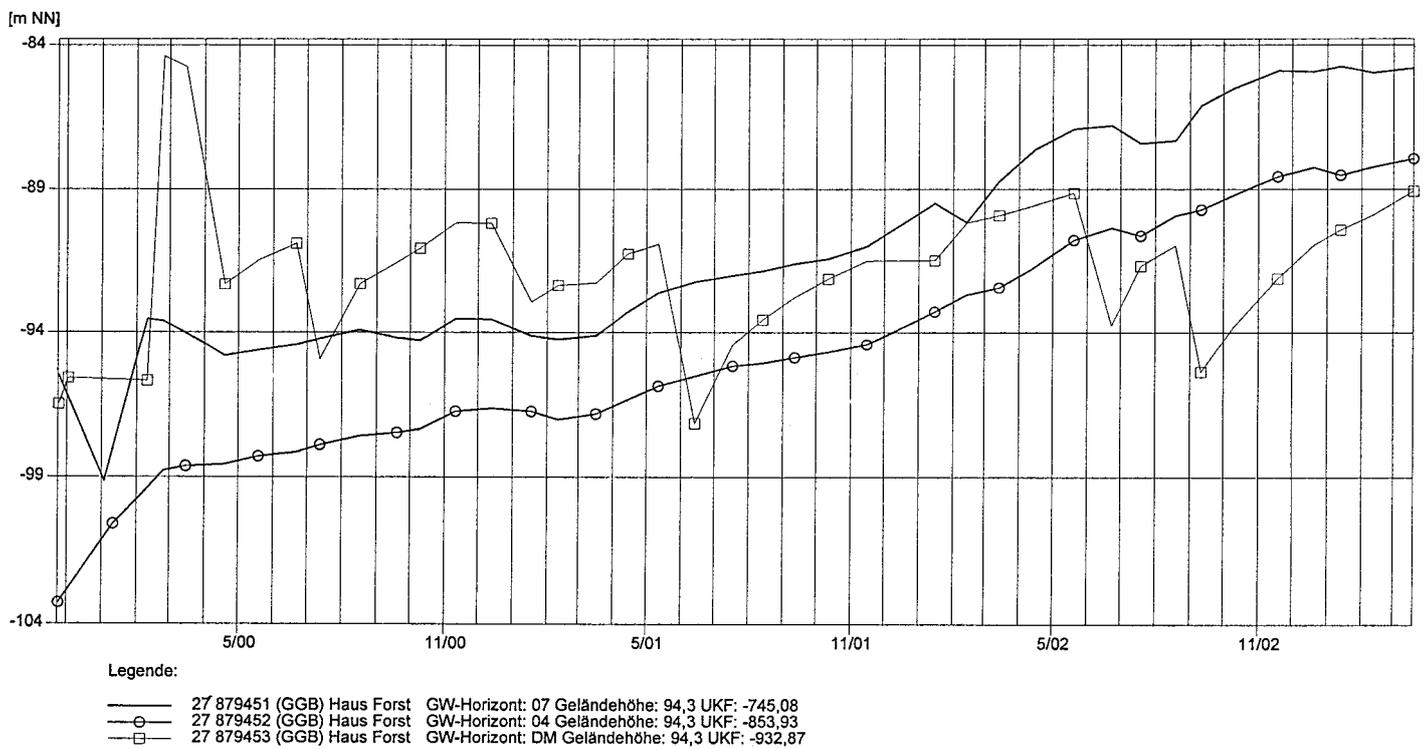


Abb. 9 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Haus Forst –

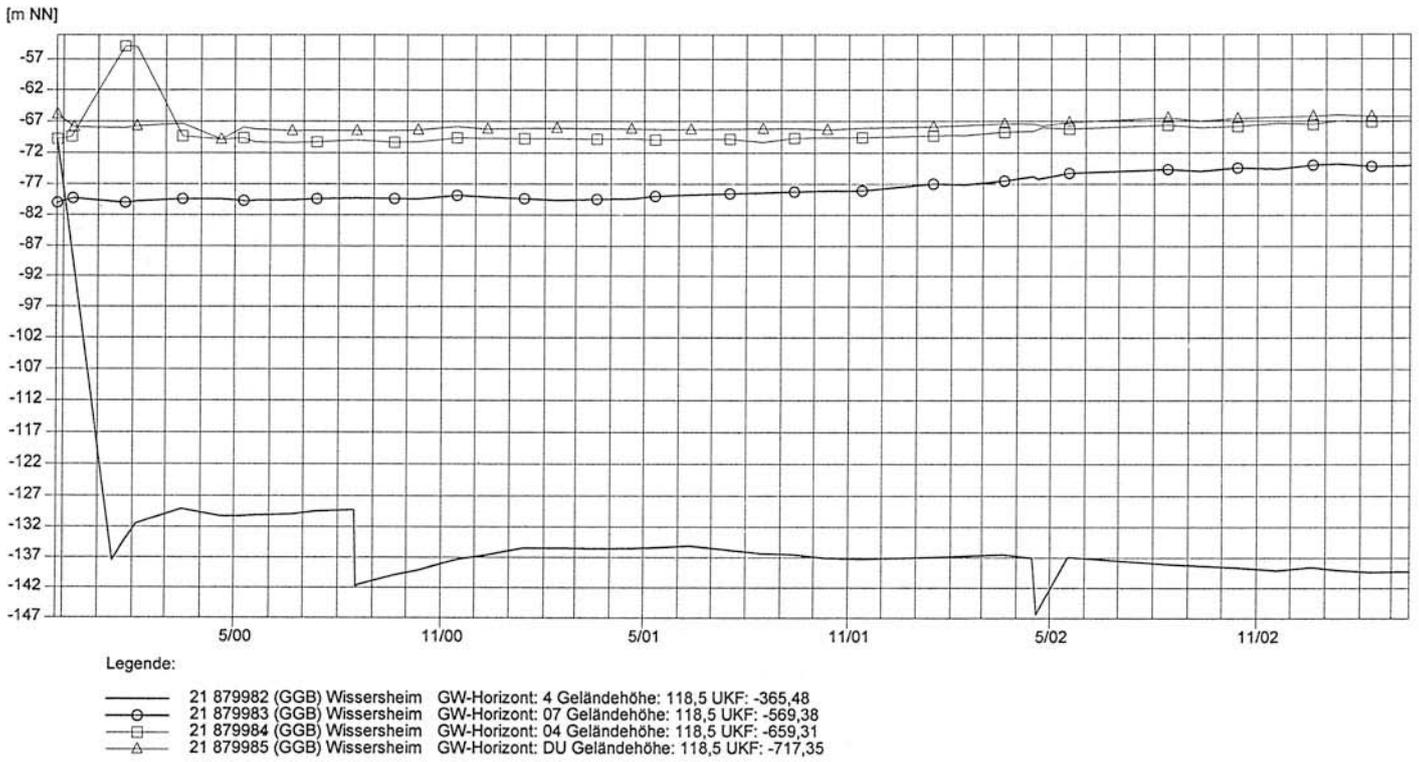


Abb. 10 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Wissersheim –

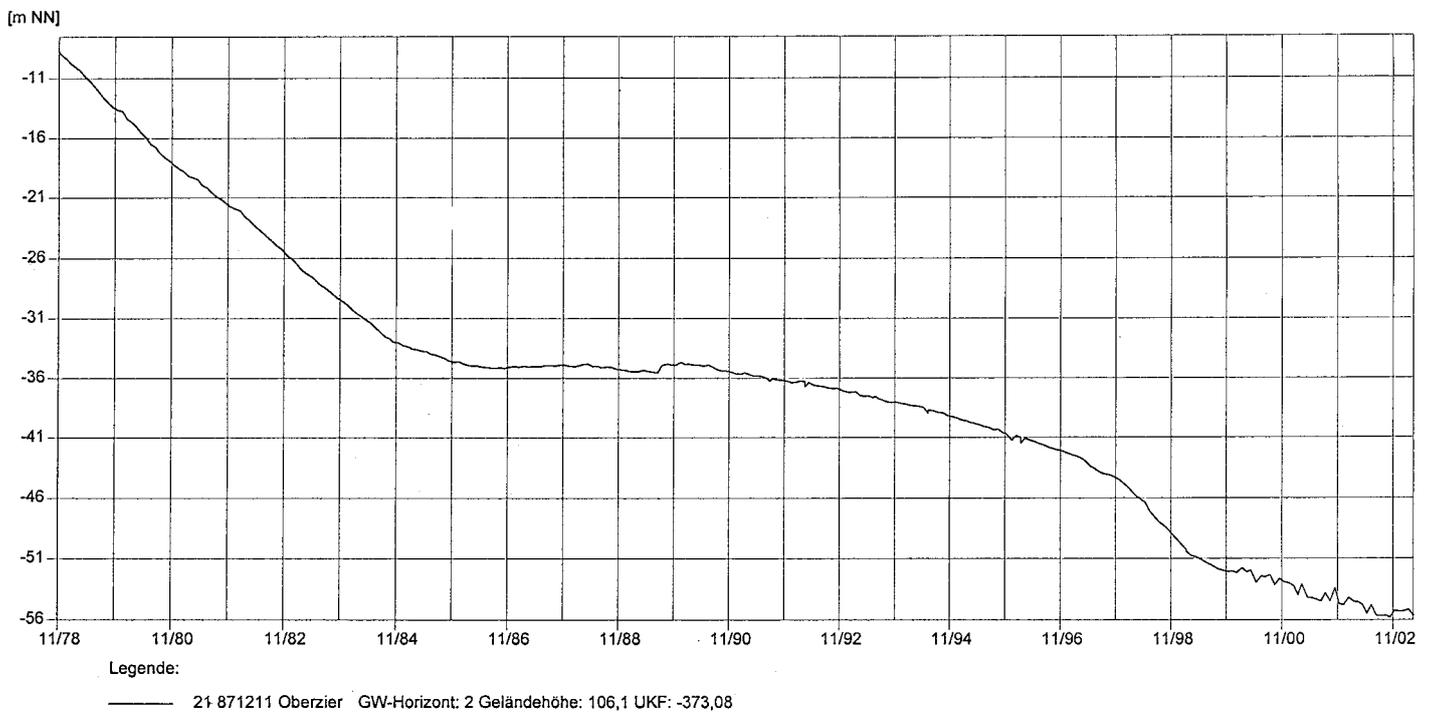


Abb. 11 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Oberzier –

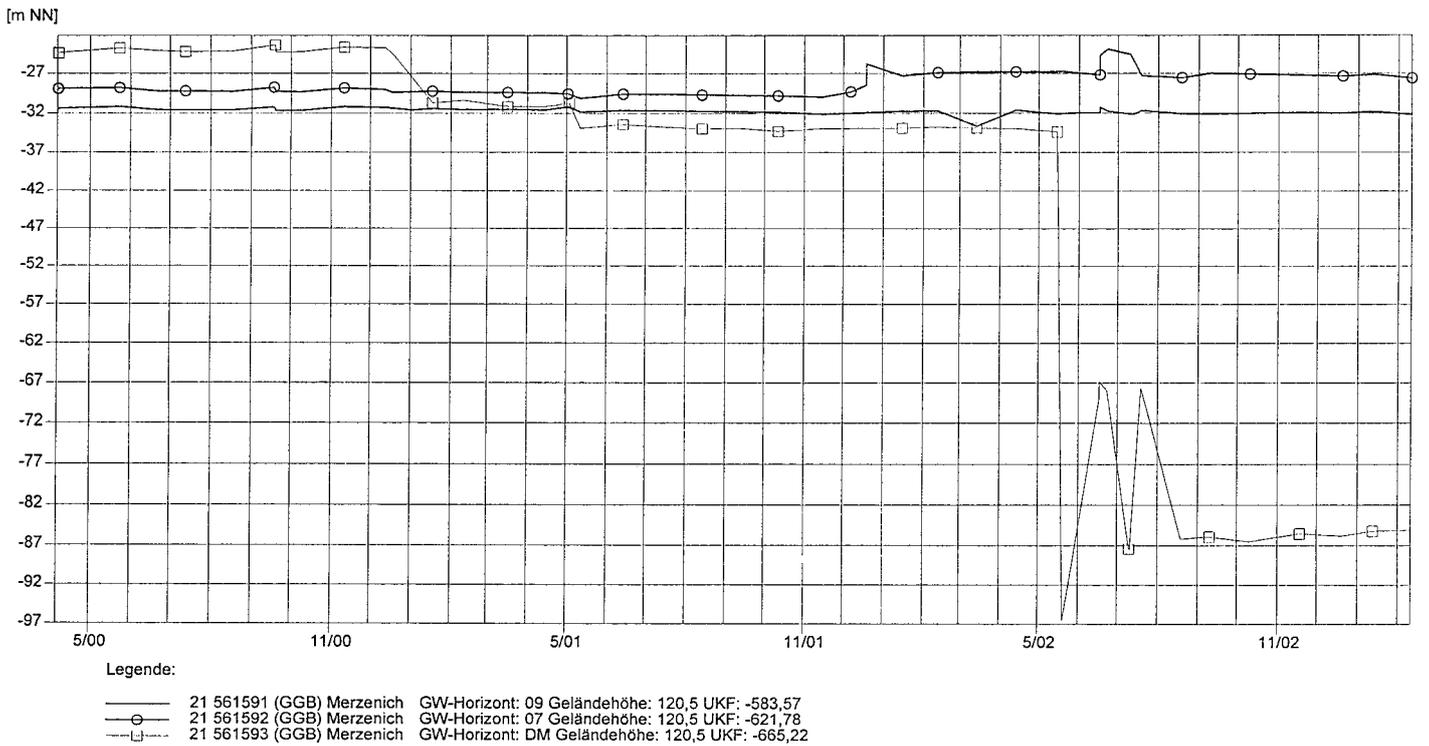


Abb. 12 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Merzenich –

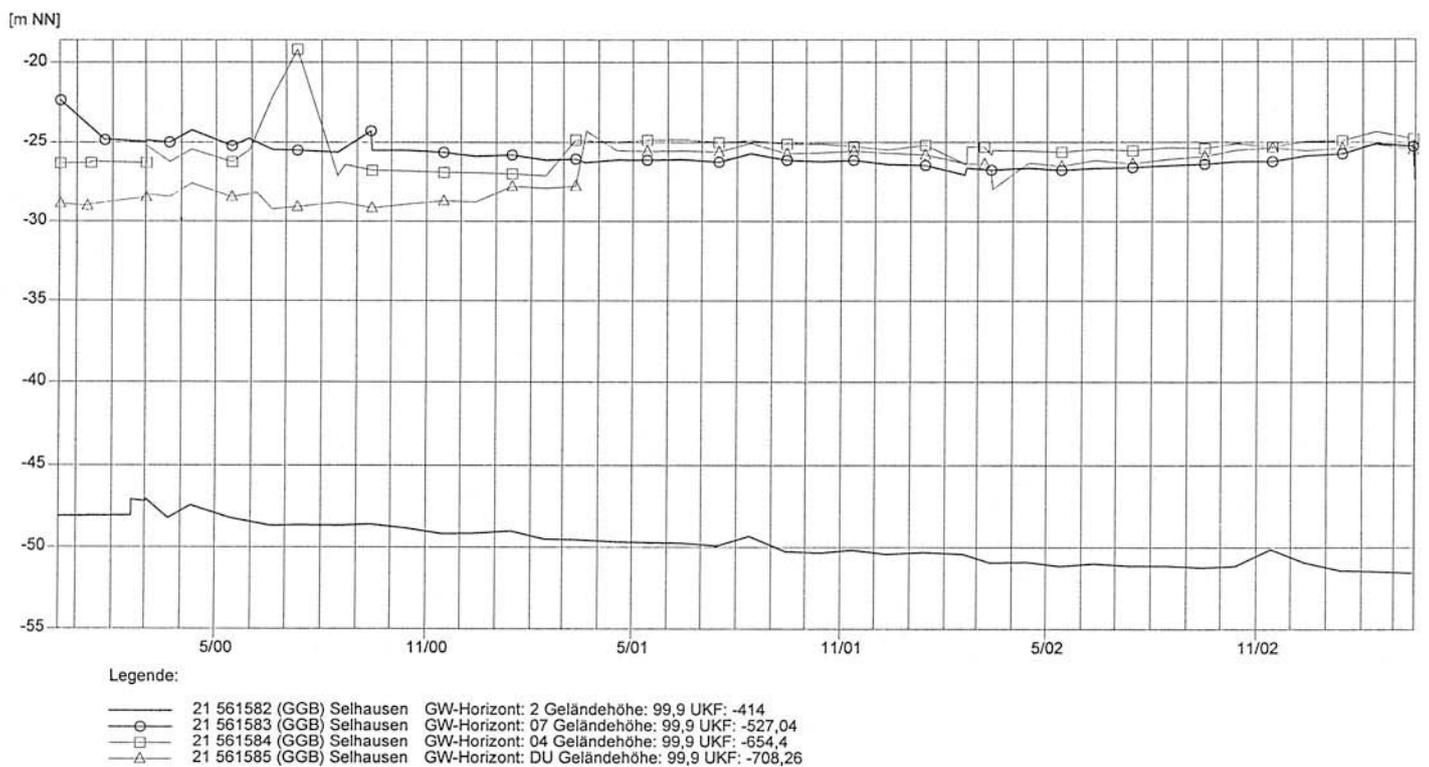


Abb. 13 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Selhausen –

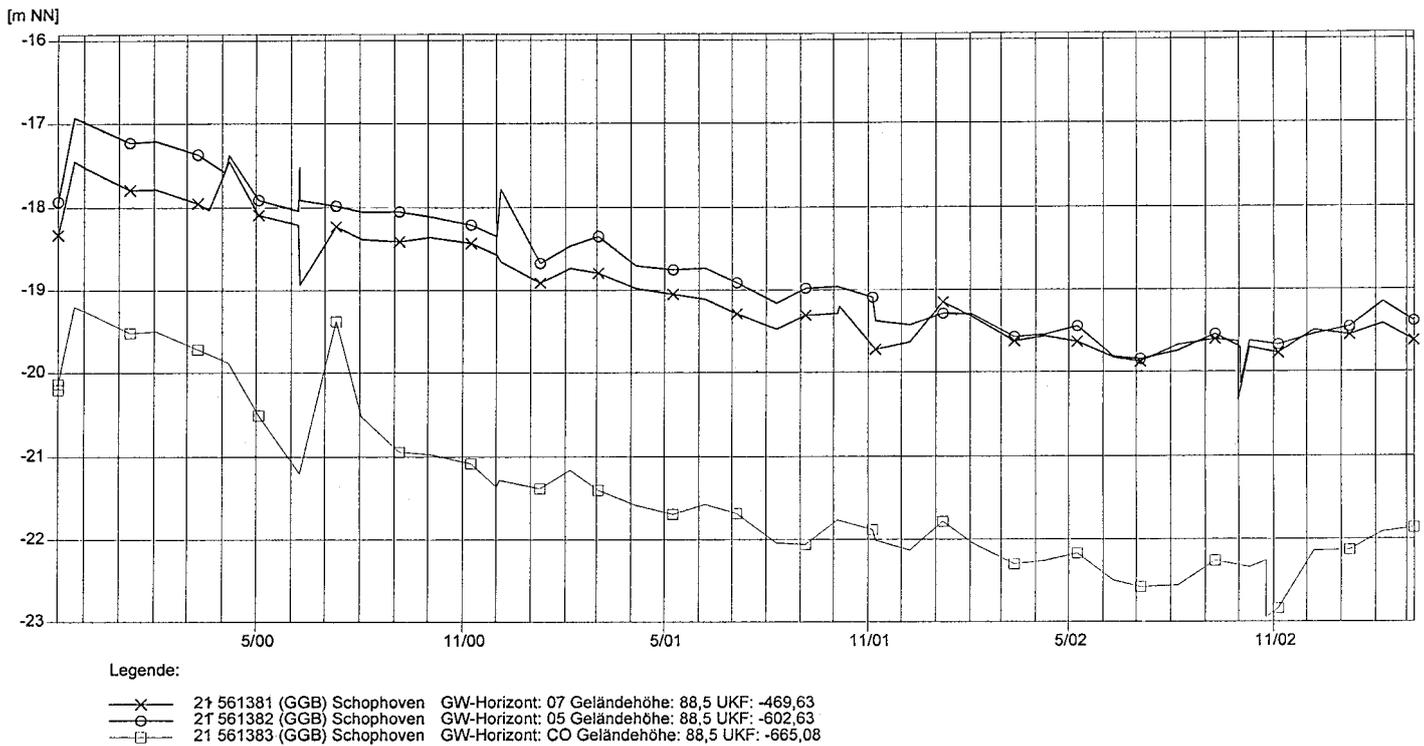


Abb. 14 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Schophoven –

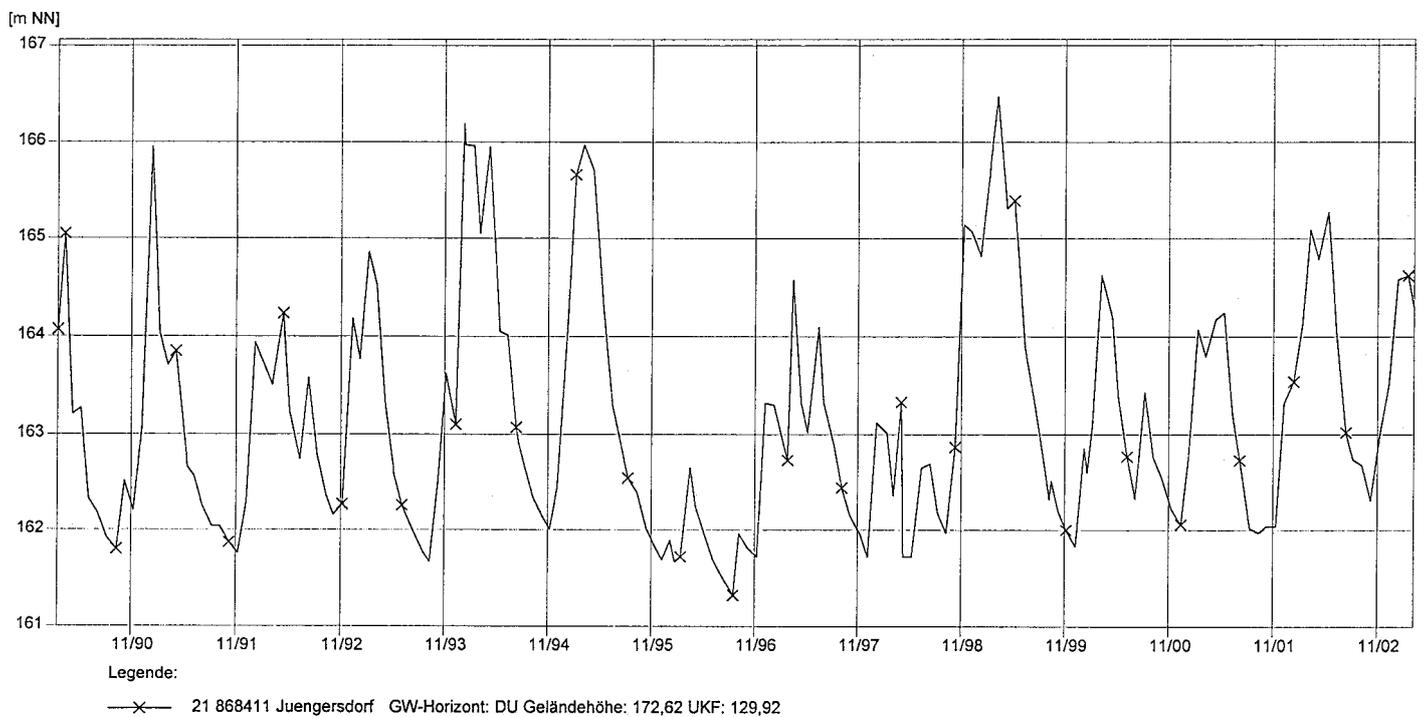


Abb. 15 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Jüngersdorf –

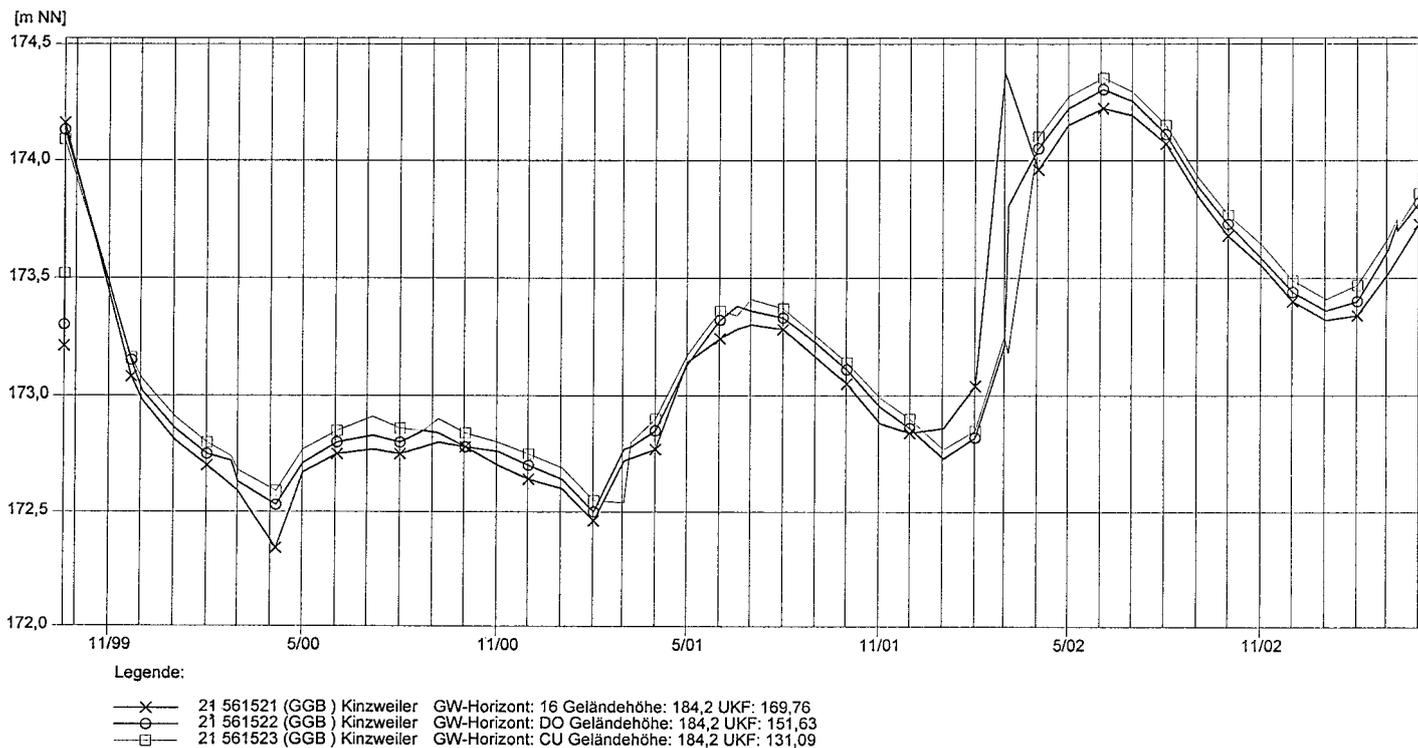


Abb. 16 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Kinzweiler 1 –

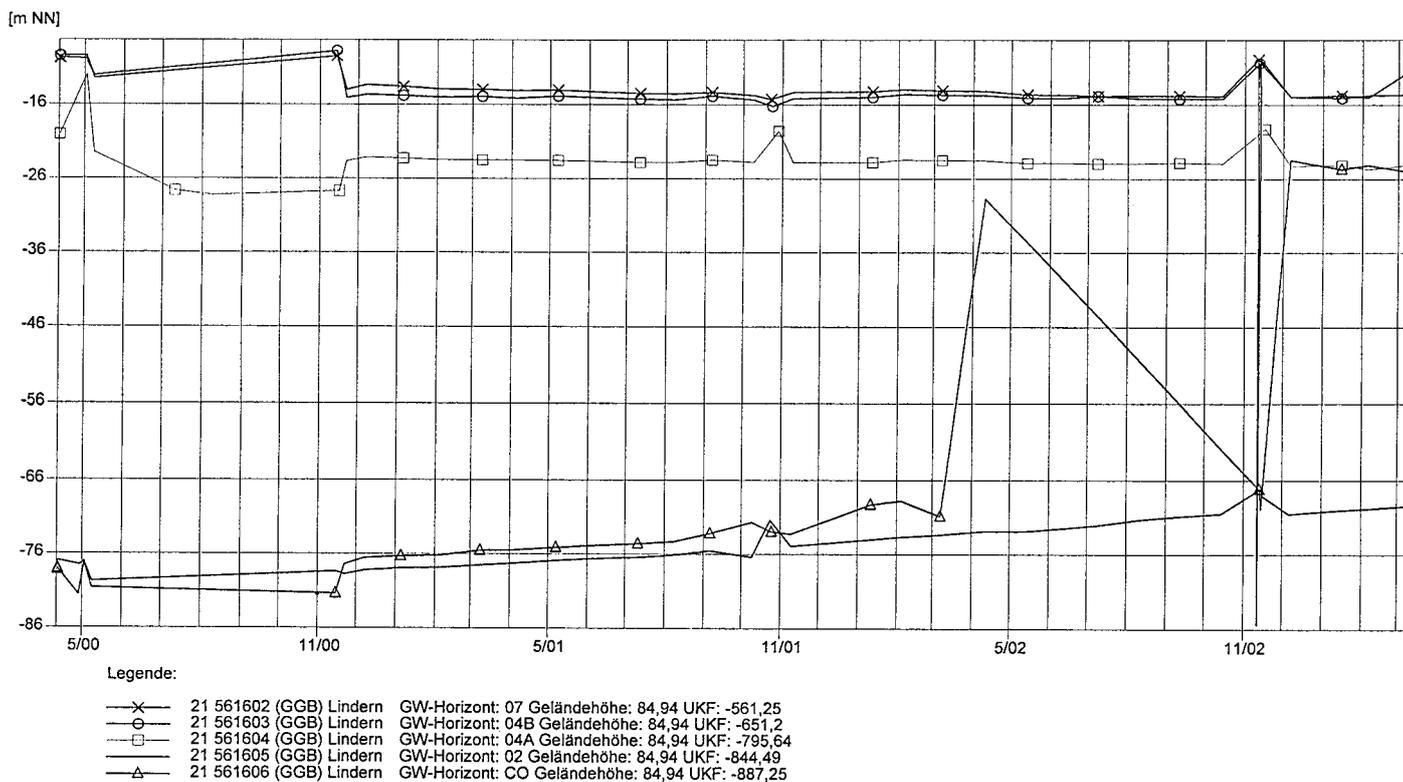


Abb. 17 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Lindern –

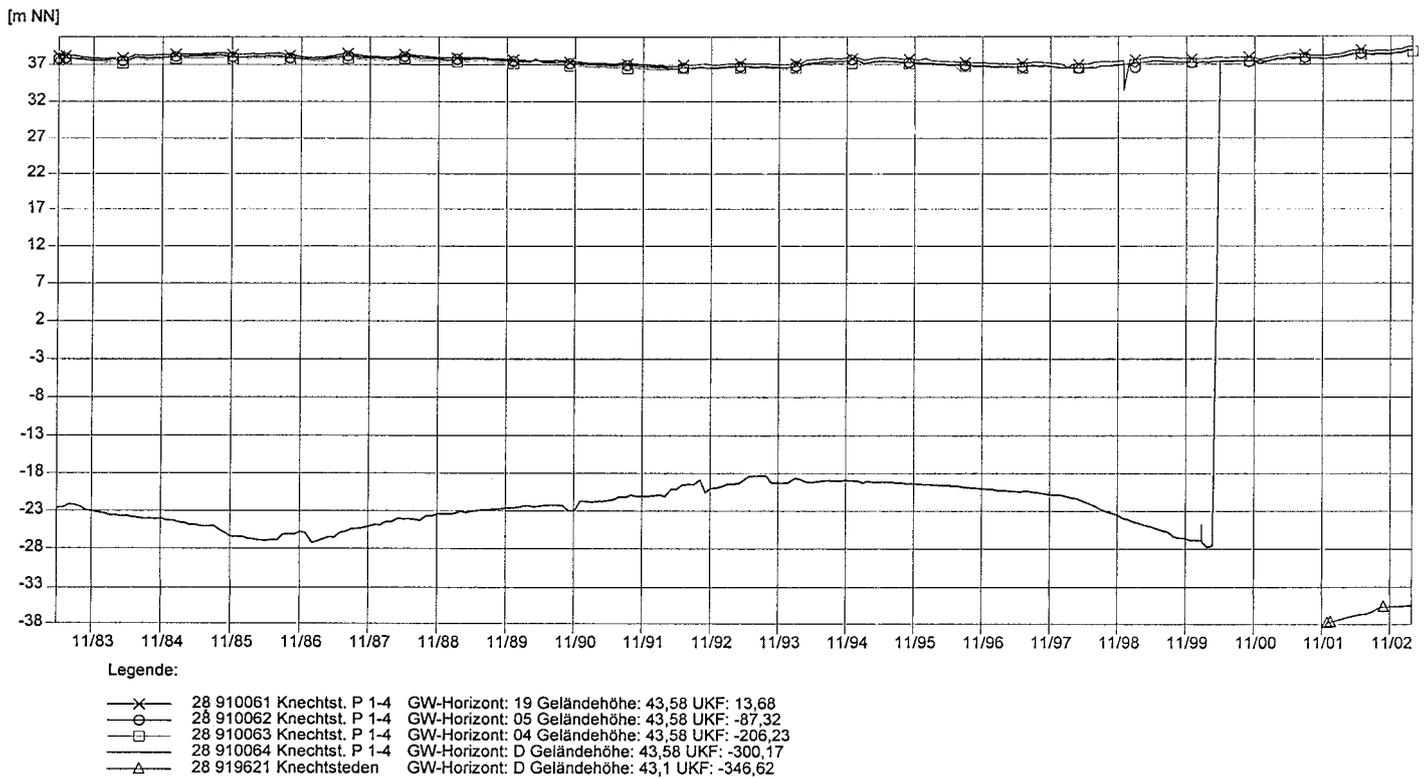


Abb. 18 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Knechtsteden –

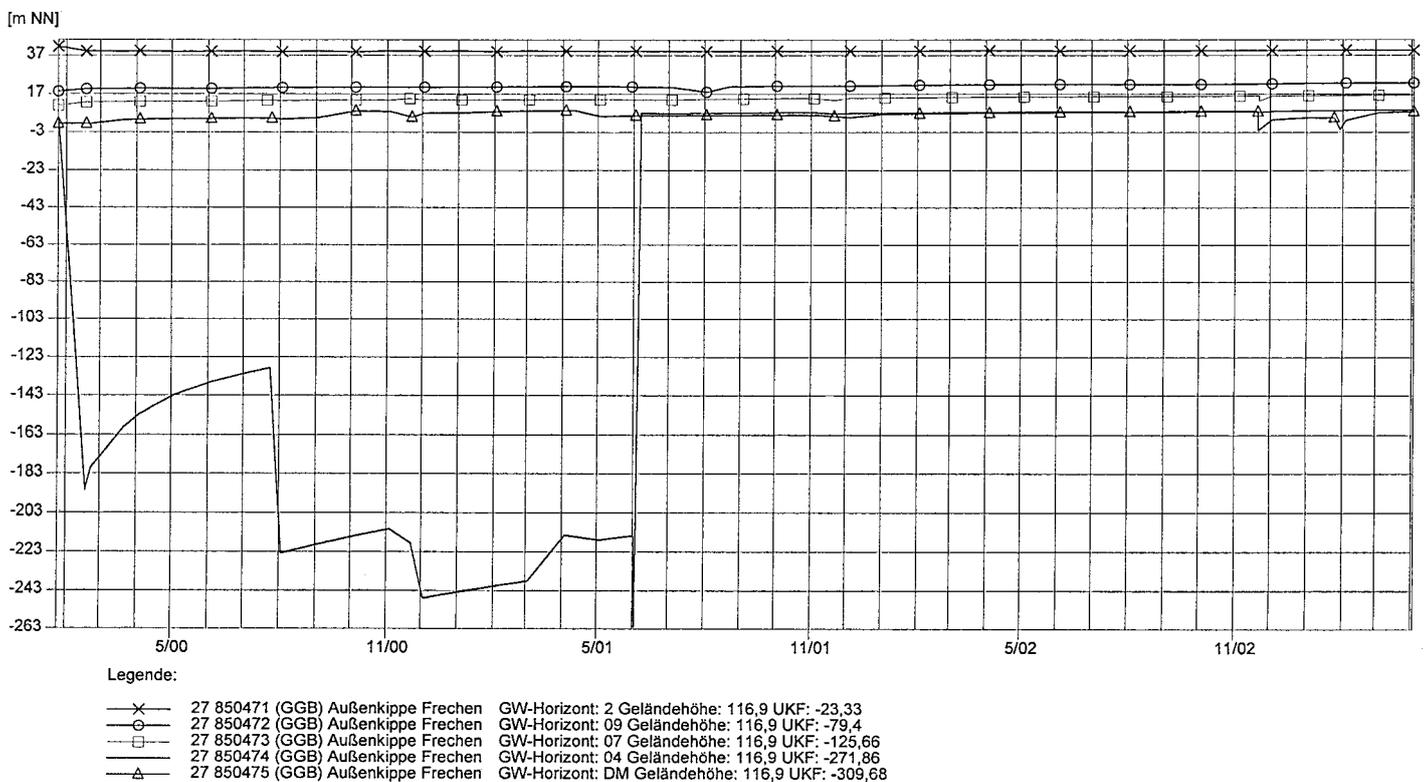
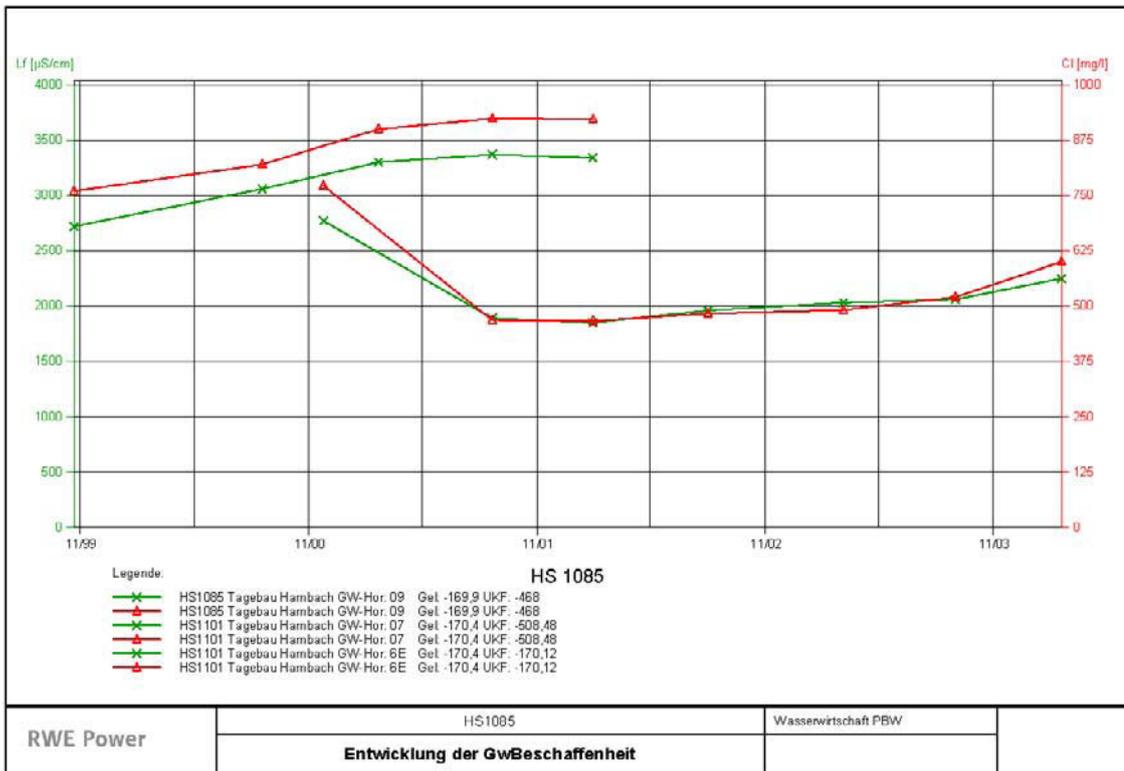
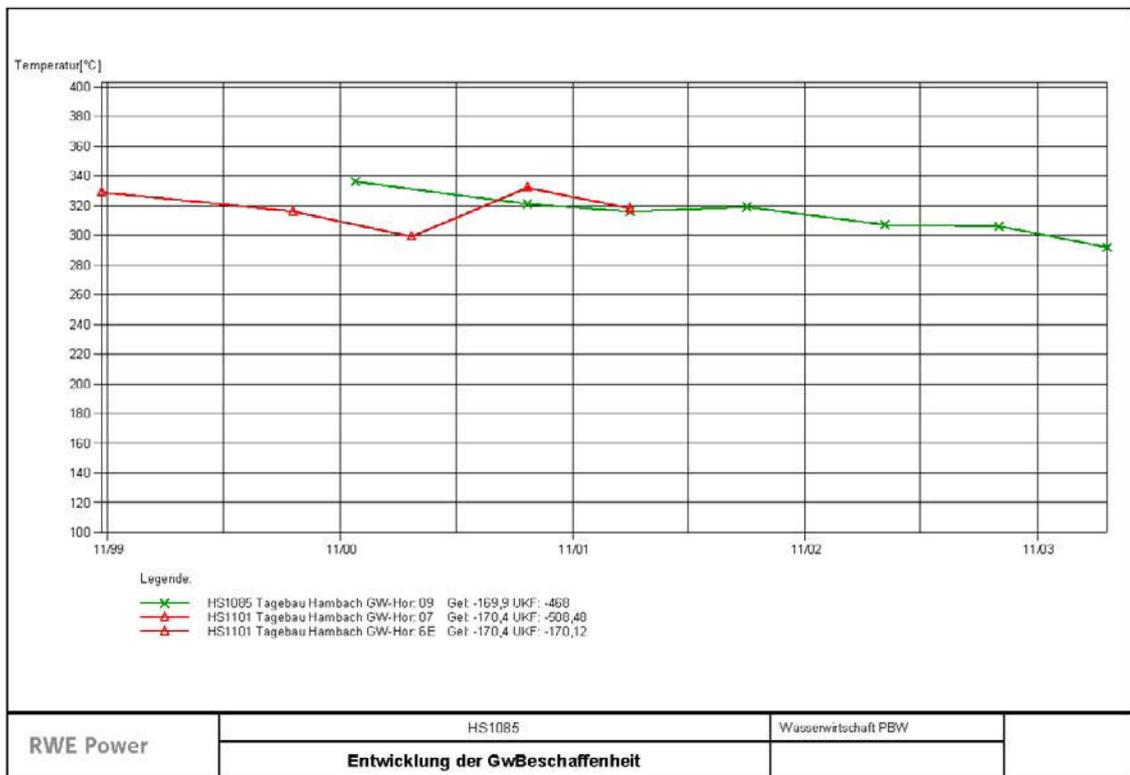


Abb. 19 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände) – Pegel Frechen-Kippe –

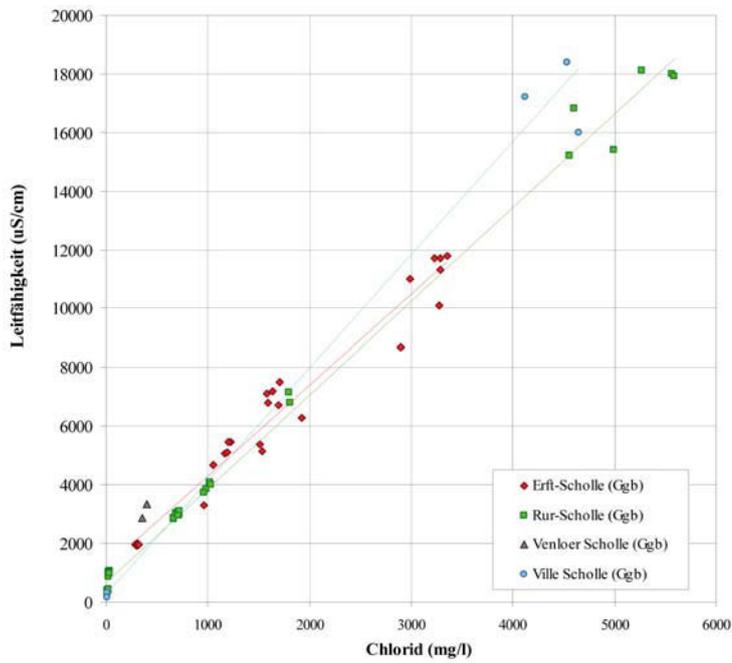


A



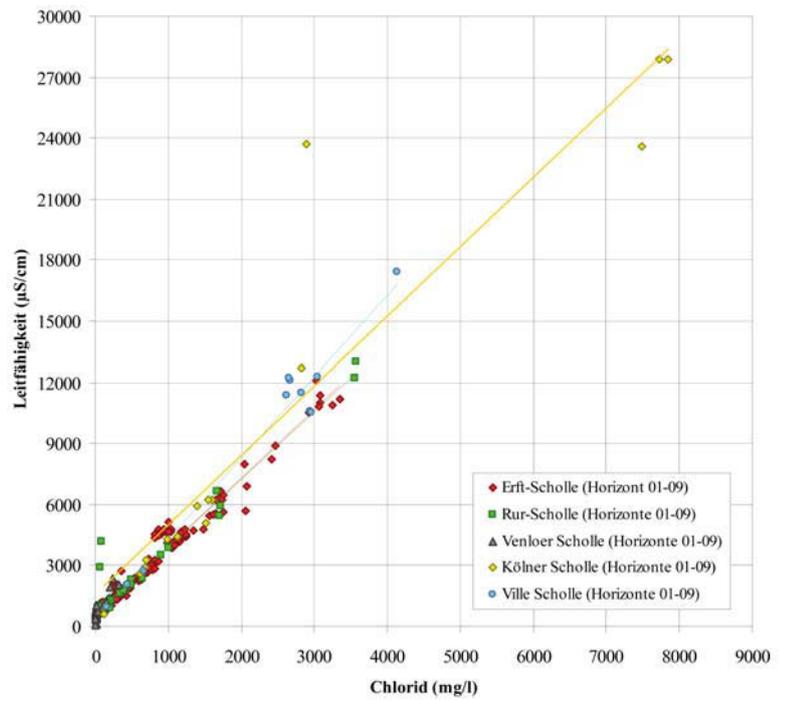
B

Abb. 20 Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit im Tagebau Hambach  
 A: Leitfähigkeit  
 B: Temperatur



A

B



C

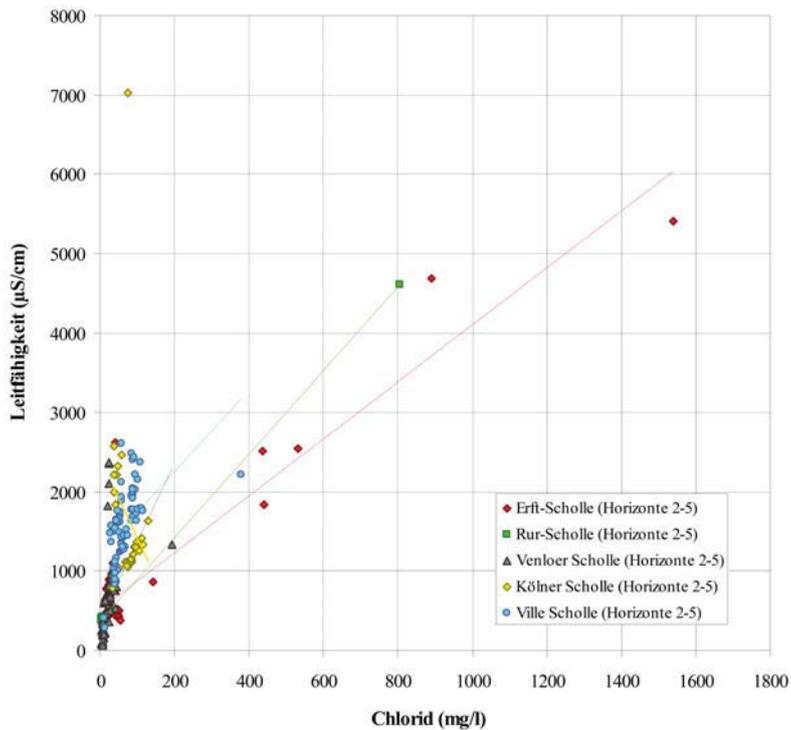


Abb. 21

Korrelation von Leitfähigkeit und Chloridgehalt in verschiedenen Grundwasserhorizonten und tektonischen Schollen

A: Grundgebirge (Ggb)

B: Horizonte 01 – 09

C: Horizonte 2 – 5

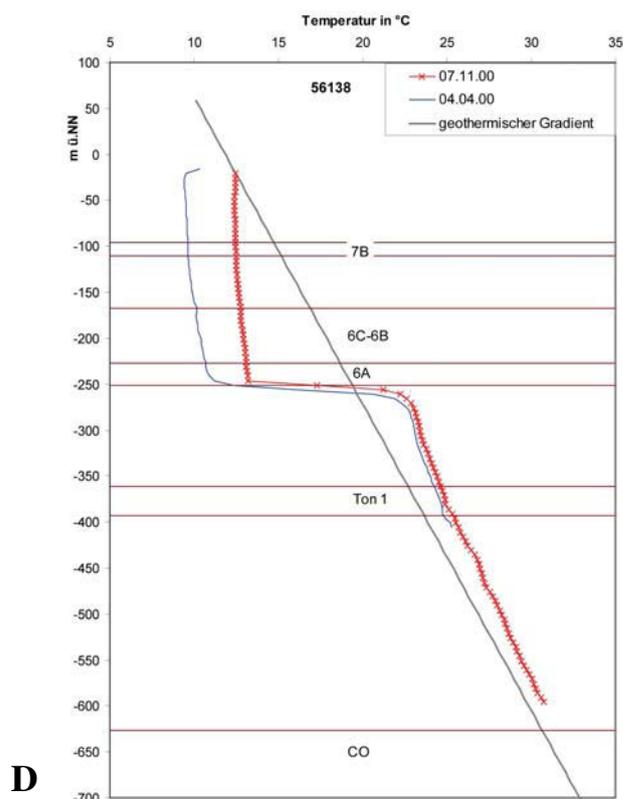
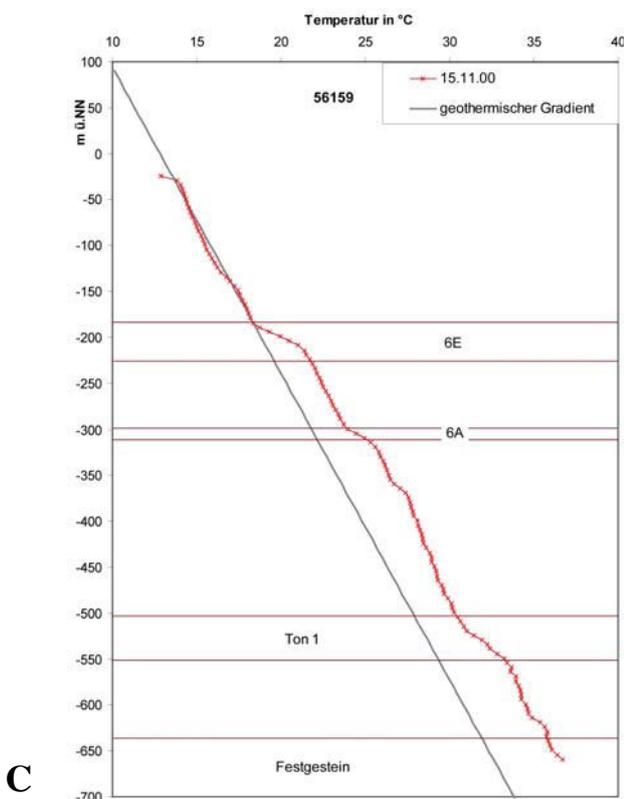
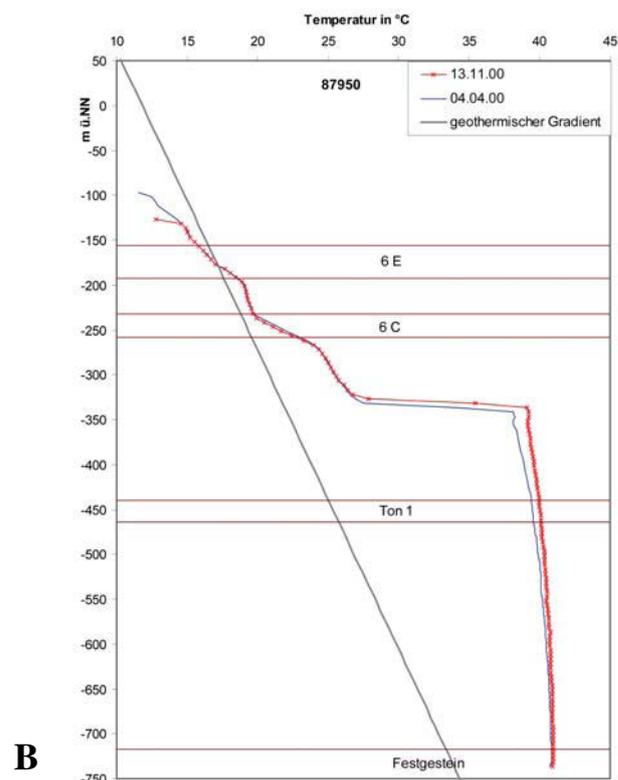
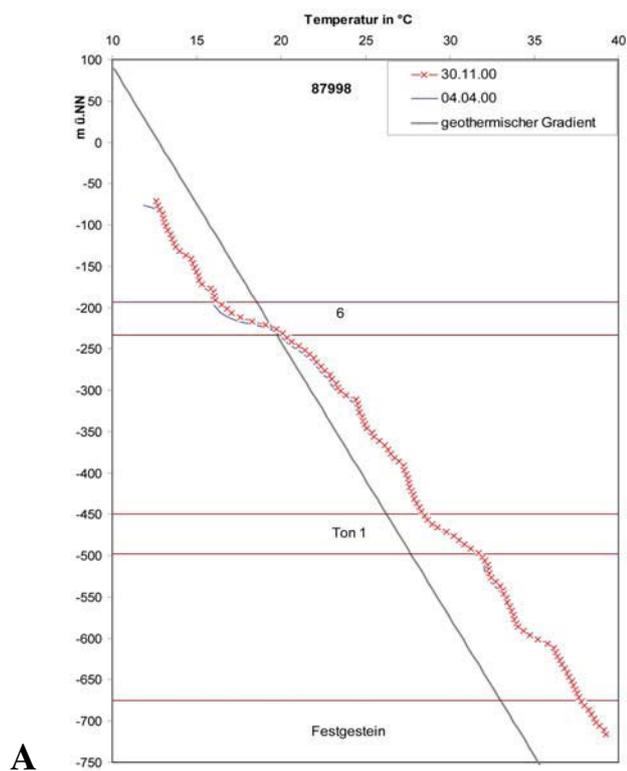


Abb. 22 Temperaturprofile in verschiedenen Grundgebirgsbohrungen  
 A: Wissensheim; B: Sophienhöhe; C: Merzenich; D: Schophoven

- GWM im Tertiär
- Br. Im Tgb Hambach (2000)
- Br. im Tgb Hambach (1998)
- GWM im Devon
- GWM im Karbon
- + Thermalwässer Aachen
- + Mineralwässer Bonn
- △ Anteile holozänes GW
- Spätpleistozänes GW
- Sehr altes (interglaziales) GW
- ◇ Anteile magmatischer Inhaltsstoffe

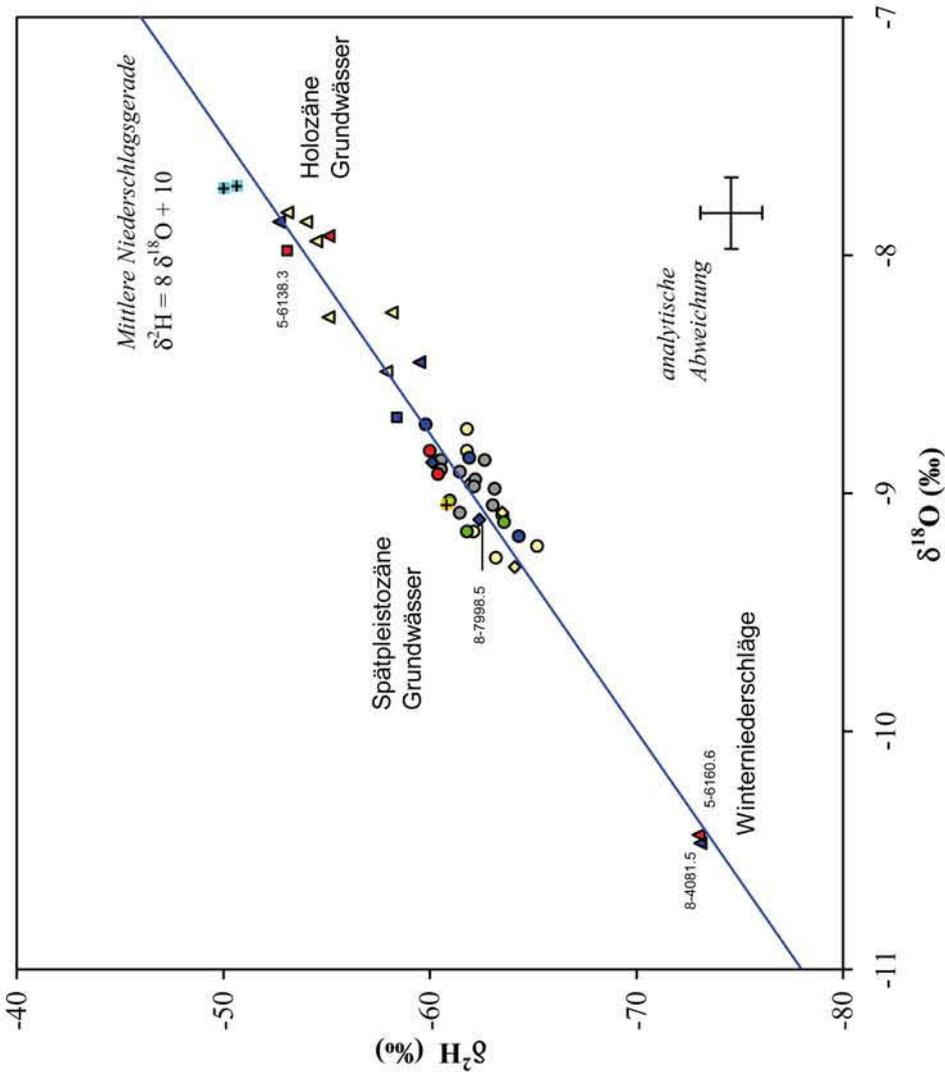


Abb. 23 Darstellung der  $\delta^{18}\text{O}$ - gegen die  $\delta^2\text{H}$ -Werte; mit eingezeichnet ist die mittlere Niederschlagsgerade  $\delta^2\text{H} = (8 \cdot \delta^{18}\text{O}) + 10$

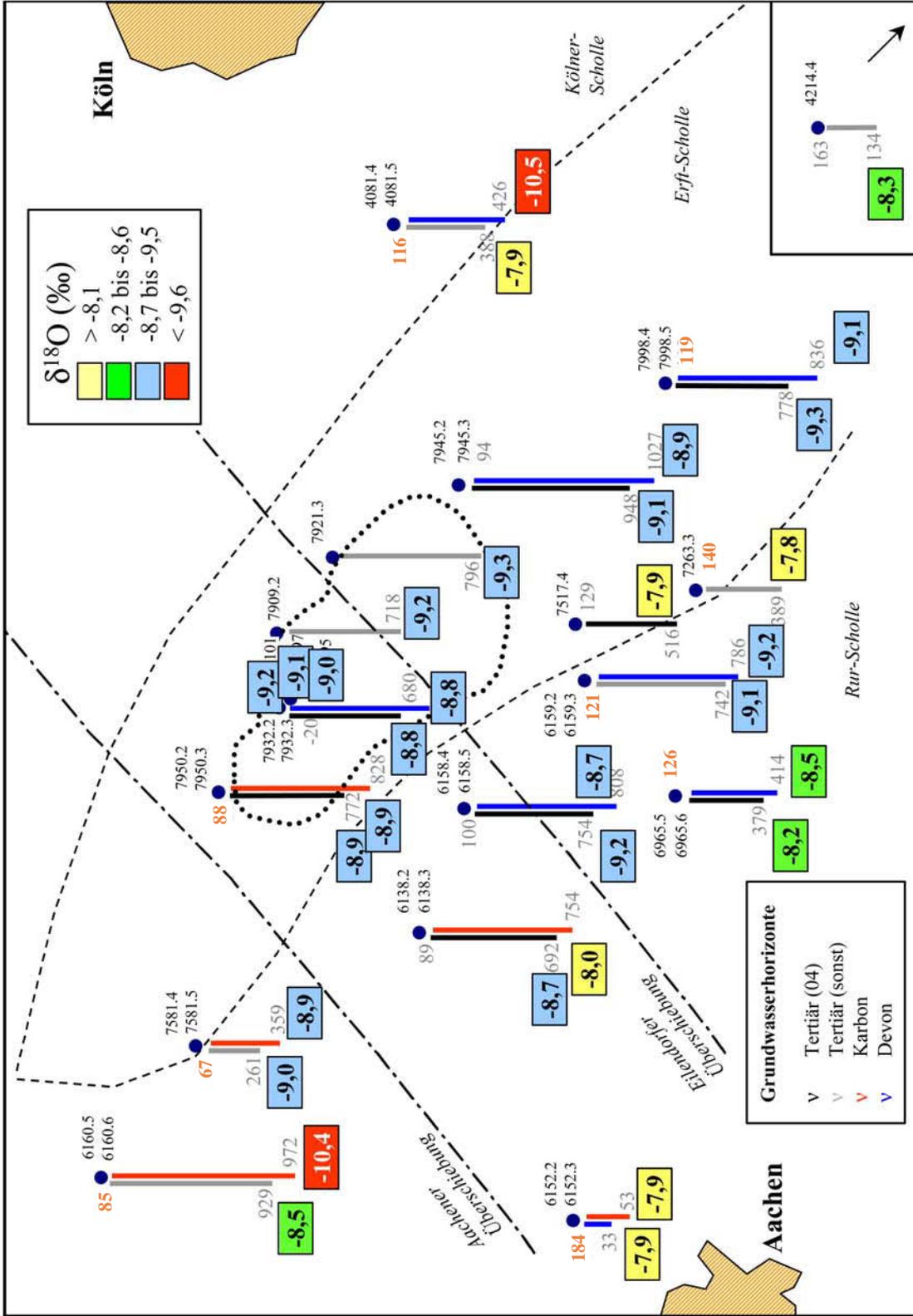


Abb. 24 Räumliche Verteilung der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte der untersuchten Grundwässer; Entnahmestellen siehe Abb.1 und Tab. 4

Beschriftung an den Bohrsäulen:

- oben (orange Zahl) = Nr. in Tabelle 4
- oben (4-stellige Zahl) = Bezeichnung der Grundwassermessstelle (verkürzt)
- unten links (graue Zahl) = Basis der Filterstrecke im Tertiär
- unten rechts (graue Zahl) = Basis der Filterstrecke im Grundgebirge

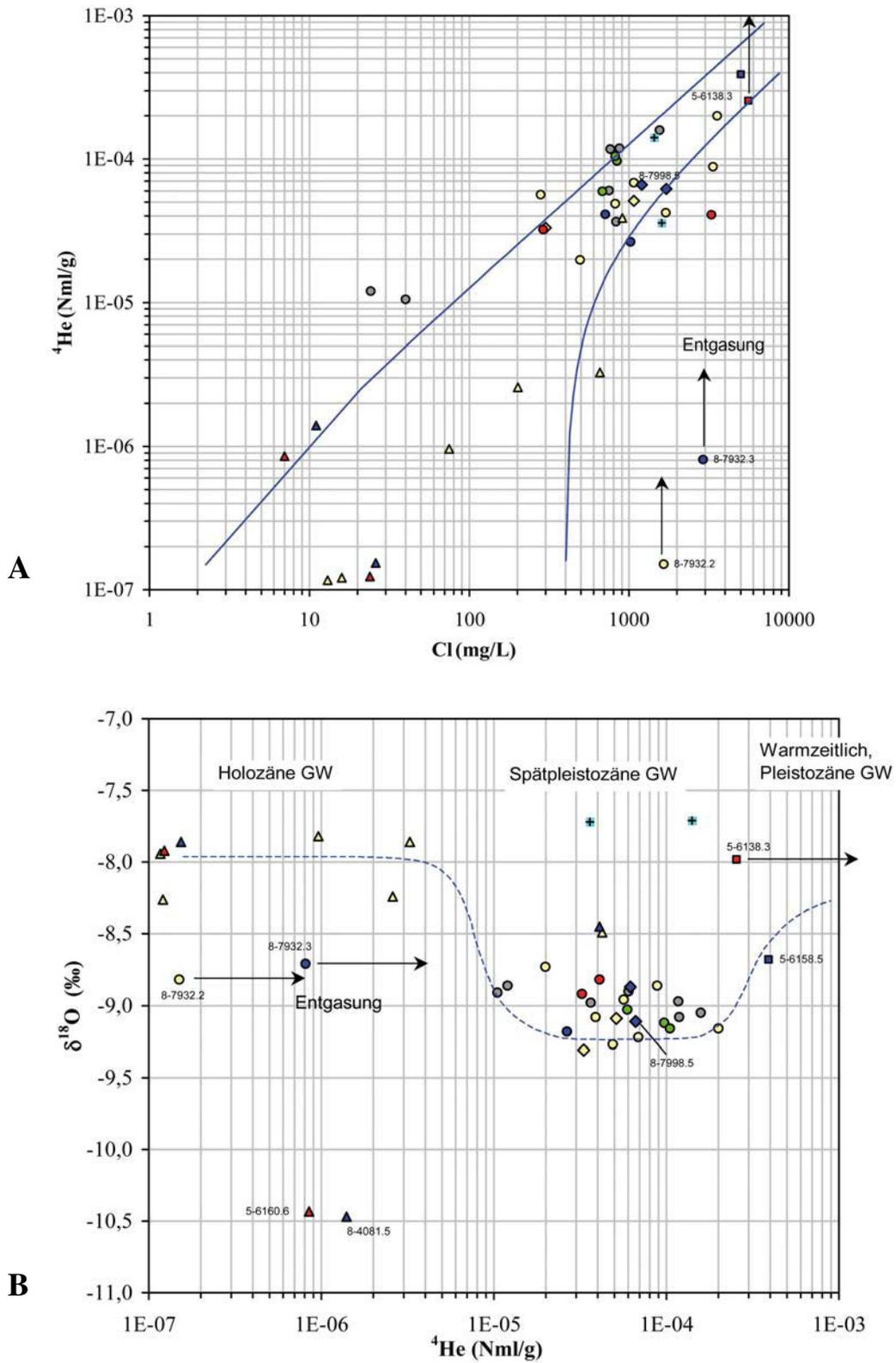


Abb. 25 Ergebnisse gasphysikalischer und isotopischer Untersuchungen  
 A: Darstellung der  $^4\text{He}$ -Gehalte als Funktion der Chloridgehalte  
 B: Darstellung der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte als Funktion des  $^4\text{He}$ -Gehaltes als relativer Altersindikator



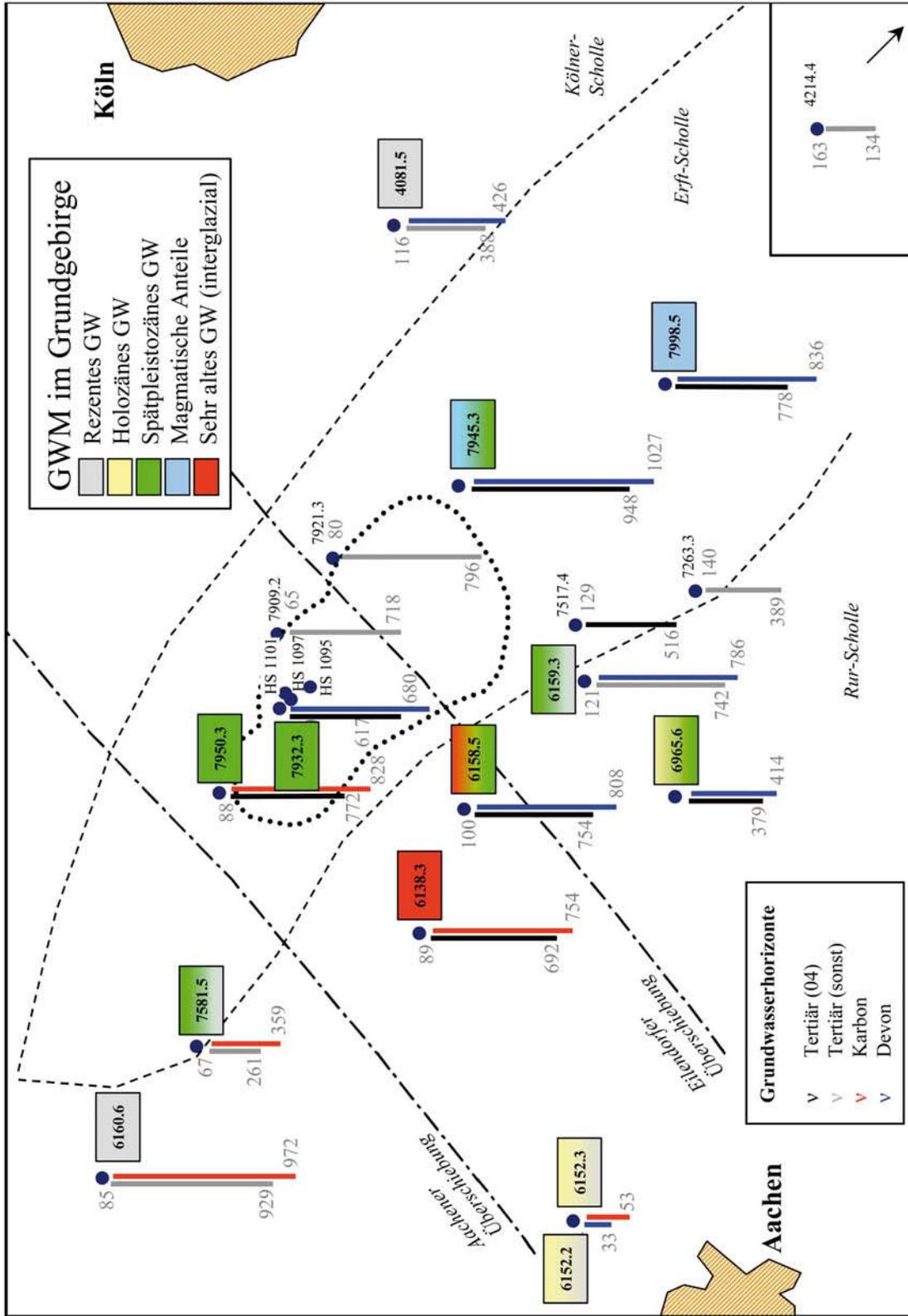


Abb. 27 Räumliche Abgrenzung der unterschiedlichen Grundwasser-Komponenten für die Grundwasserleiter des Grundgebirges



## **scriptum** – Arbeitsergebnisse aus dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen

(ehemals Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen) (ISSN 1430-5267)

In dieser Reihe erschienen:

**Heft 1:** 75 S., 5 Abb.; Krefeld 1996

**Gert Michel; Ulrich Adams; Georg Schollmayer:** Grundwasser in Nordrhein-Westfalen. Eine Bibliographie zur regionalen Hydrogeologie

Heft 1 ist auch als Datei mit einem dazugehörigen Installationsprogramm auf Diskette erhältlich. Die digitale Fassung ist geeignet für alle PCs, die mit einer MS-WINDOWS-Version ab 3.1 ausgestattet sind.

**Heft 2:** 83 S., 34 Abb., 9 Tab., 4 Anl.; Krefeld 1997

Fünf Beiträge zur Geologie und Bodenkunde

**Heft 3:** 94 S., 23 Abb., 27 Tab., 12 Taf., 10 Anl.; Krefeld 1998

**Reinhold Strotmann:** Hydrologische Auswirkungen der Siedlungsentwicklung auf den Wasserkreislauf der Stadt Krefeld (1800 – 1995)

**Heft 4:** 85 S., 30 Abb., 2 Tab., 5 Taf.; Krefeld 1999

Vier Beiträge zur Geologie und Bodenkunde

**Heft 5:** 57 S., 23 Abb., 6 Tab.; Krefeld 1999

Zwei Beiträge zur Hydrogeologie

**Heft 6:** 53 S., 21 Abb., 5 Tab.; Krefeld 2000

**Kies- und Sandgewinnung** – Fachbeiträge zur Rohstoffsicherung in Nordrhein-Westfalen

**Heft 7:** 127 S., 24 Abb., 17 Tab., 6 Kt.; Krefeld 2000

**Stoffbestand, Eigenschaften und räumliche Verbreitung urban-industrieller Böden** – Ergebnisse aus dem Projekt Stadtbodenkartierung Oberhausen-Brücktorviertel –

**Heft 8:** 115 S., 54 Abb., 1 Tab.; Krefeld 2001

**Geotopschutz im Ballungsgebiet.** 5. Internationale Tagung der Fachsektion Geotopschutz der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 16. – 19. Mai 2001 in Krefeld. Vortragskurzfassungen und Exkursionsführer.

**Heft 9:** 166 S., 127 Abb., 6 Tab., 3 S. Anh.; Krefeld 2002

**Geotopschutz im Ballungsgebiet.** 5. Internationale Tagung der Fachsektion Geotopschutz der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 16. – 19. Mai 2001 in Krefeld. Tagungsband

**Heft 10:** 113 S., 10 Abb., 9 Tab., 13 Anl.; Krefeld 2003

Drei Beiträge zur Geologie und Bodenkunde

**Heft 11:** 131 S., 19 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 66 S. Anh.; Krefeld 2004

Geologie und Paläontologie an der TENP2-Erdgastrasse in der Nordeifel (Nordrhein-Westfalen)

**Heft 12:** 53 S., 25 Abb., 16 Tab.; Krefeld 2004

Drei Beiträge zur Geologie und Bodenkunde Nordrhein-Westfalens

Die Hefte sind zu beziehen beim Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb –, Postfach 10 07 63, D-47707 Krefeld, Fon 0 21 51/89 7-2 10 oder -2 12, Fax 0 21 51/89 74 28

<b>scriptum</b>	<b>Heft 1</b>	Best.-Nr. 8000	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 1</b> (Heft und Diskette)	Best.-Nr. 8002	€ 12,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 2</b>	Best.-Nr. 8003	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 3</b>	Best.-Nr. 8004	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 4</b>	Best.-Nr. 8005	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 5</b>	Best.-Nr. 8006	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 6</b>	Best.-Nr. 8007	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 7</b>	Best.-Nr. 8008	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 8</b>	Best.-Nr. 8009	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 9</b>	Best.-Nr. 8010	€ 9,50
<b>scriptum</b>	<b>Heft 10</b>	Best.-Nr. 8011	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 11</b>	Best.-Nr. 8012	€ 7,-
<b>scriptum</b>	<b>Heft 12</b>	Best.-Nr. 8013	€ 7,-

Die CD-ROM beschreibt in anschaulicher und allgemein verständlicher Form Entstehung, Eigenschaften und Verbreitung der Böden am Niederrhein. Bodennutzung und Bodenschutz werden dabei besonders berücksichtigt. In Begleitkapiteln werden Erd-, Landschafts- und Siedlungsgeschichte aus bodenkundlicher Sicht erläutert und Zusammenhänge zwischen den geologischen Ausgangsgesteinen und den daraus entstandenen Böden hergestellt. Damit spricht die CD-ROM nicht nur Fachleute an, sondern alle, die sich für Böden, Geologie, Natur und Landschaft am Niederrhein interessieren, sich fachlich einlesen oder vertiefen wollen. Die CD-ROM fasst die Ergebnisse von Bodenkartierungen aus mehreren Jahrzehnten in regionalen Übersichten zusammen. Dazu werden die Böden mit zunehmendem Detaillierungsgrad in drei Kartenwerken abgebildet:



**Bodengroßlandschaften**



**Bodenlandschaften**



**Leitbodengesellschaften**

Voraussetzungen für den Betrieb der CD-ROM:  
 PC, Windows 95 oder höher, CD-ROM-Laufwerk;  
 Acrobat Reader ab Version 5  
 (Die neueste Version 7 des Acrobat Reader wird  
 auf der CD-ROM zum Installieren mitgeliefert.)



Den Karten stehen Begleit- und Legendentexte zur Seite, die die Karteninhalte erläutern. Die Texte sind mit zahlreichen Boden- und Landschaftsfotos, Geländeschnitten oder Grafiken illustriert. Weitere Themen sind z. B. die Veränderung der Böden unter der Einwirkung des Menschen (Böden in der Stadt, Bodenerosion, Bodenbelastung) und die Rekultivierung von Braunkohle-Tagebauflächen.

Auf der CD-ROM finden sich Auswertekarten zu verschiedenen Bodenkenwerten und grafische Darstellungen von Bodenanalysen. Ein umfangreiches bodenkundliches Glossar und weitere Informationen zu den bodenkundlichen Arbeiten im Geologischen Dienst NRW (Bodenkartierungen, analoge und digitale Bodenkarten, Bodeninformationssystem etc.) runden diese CD-ROM ab.