

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 91–101	7 Abb., 3 Tab., 13 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	-----------	-------------------------

## Ein mesozoischer Aquifer im Zentrum Berlins als saisonaler Wärmespeicher für Parlamentsbauten

WILFRIED ROCKEL, WULF BRANDT & PETER SEIBT

### 1. Einführung

Im Rahmen des Umbaus des über 100 Jahre alten Reichstagsgebäudes zum Sitz des Deutschen Bundestages wird ein Energiekonzept mit ökologischer Signalwirkung realisiert. Herzstück der Energieversorgung ist ein mit Pflanzenöl angetriebenes Motorheizkraftwerk (MHKW) zur Absicherung der Versorgung mit Strom - Wärme - Kälte (Abb. 1). Die bei der Stromerzeugung anfallende Wärmeenergie dient sowohl direkt zur Wärmeversorgung als auch dem Antrieb von Kältemaschinen und Wärmepumpen zur Bereitstellung von Kühlenergie im Sommer und Niedertemperaturwärme im Winter (SEIBT & KABUS 1997).

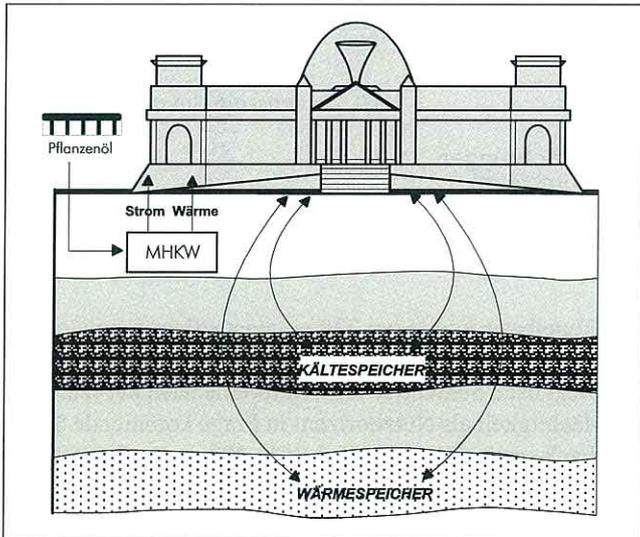


Abb. 1 Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen im Rahmen der Energieversorgung Berliner Parlamentsbauten

Die Bedarfskurven für Wärme und Strom sind nicht gleichlaufend, so dass während der Sommermonate ein ständiges Überangebot an Wärme besteht. Wenn es gelingt, die Überschusswärme bis zum Zeitpunkt eines erhöhten Bedarfs zu speichern, können erhebliche Mengen an sonst ungenutzter Anfallenergie in Nutzenergie umgewandelt werden. Zusätzlich kann im Winterhalbjahr gespeicherte Umweltkälte die primärenergetische Bilanz des Systems deutlich verbessern.

Zur Speicherung von Wärme und Kälte bieten sich grundwasser- oder soleführende poröse Gesteine (Aquifere) an, wobei sich in Bezug auf den Wärmespeicher folgende spezielle Anforderungen stellen:

- Realisierbarkeit großer Volumenströme bei der Ein- und Ausspeisung ( $\geq 100 \text{ m}^3/\text{h}$ ),
- möglichst geringe Teufenlage des Nutzhorizontes (deutlich  $< 500 \text{ m}$ ) zur Vermeidung erhöhter Erschließungskosten (Bohrkosten) und
- Ausschluss negativer Beeinflussungen der kenozoischen Grundwasserleiter durch zeitweise Anhebung des Temperaturniveaus im mesozoischen Wärmespeicher.

Im Zusammenhang mit der Planung und Projektrealisierung ergeben sich zur Geologie daraus folgende Bearbeitungsschritte:

1. Untersuchung der geologischen Voraussetzungen zur Errichtung und Betrieb eines Wärmespeichers am Standort Reichstag (Kenntnisstandsanalyse, Risikobetrachtung),
2. berg- und wasserrechtliche Genehmigungsplanung,
3. geowissenschaftliches Untersuchungsprogramm in zwei Tiefbohrungen (Bohrlochmessung - Kernstrecken - Testarbeiten).

### 2. Kenntnisstand zum geologischen Tiefenbau

Bereits im 18. Jahrhundert existierte eine salzhaltige Springquelle in der Gegend des Gesundbrunnens (Stadtbezirk Wedding). Gezielte Untersuchungen des tieferen Untergrunds Berlins zur bohrtechnischen Erschließung und medizinischen Nutzung von Solequellen begannen im 19. Jahrhundert. Berlins ältestes Bad, der "Friedrichs-Gesundbrunnen", Badstraße (Wedding) wurde 1809 in Luisenbad umbenannt. Namen wie Admiralsgartenbad, Badstraße, Brunnenstraße oder Kneippstraße bezeugen noch heute eine bis in das 20. Jahrhundert reichende Tradition von Solebädern (HUCH 1995). Die 250 m bis fast 500 m tiefen Solebohrungen im Stadtzentrum und in Spandau erreichten nach Durchteufen des kenozoischen Lockergebirges Lias oder Keuper, im NE wurde auch Oberkreide angetroffen (Abb. 2).

Durch Verschmutzung oder Versiegen der Reservoirs und sich allgemein verschlechternder wirtschaftlicher Bedingungen kam die schnell aufblühende Bäderkultur ebenso rasch wie-

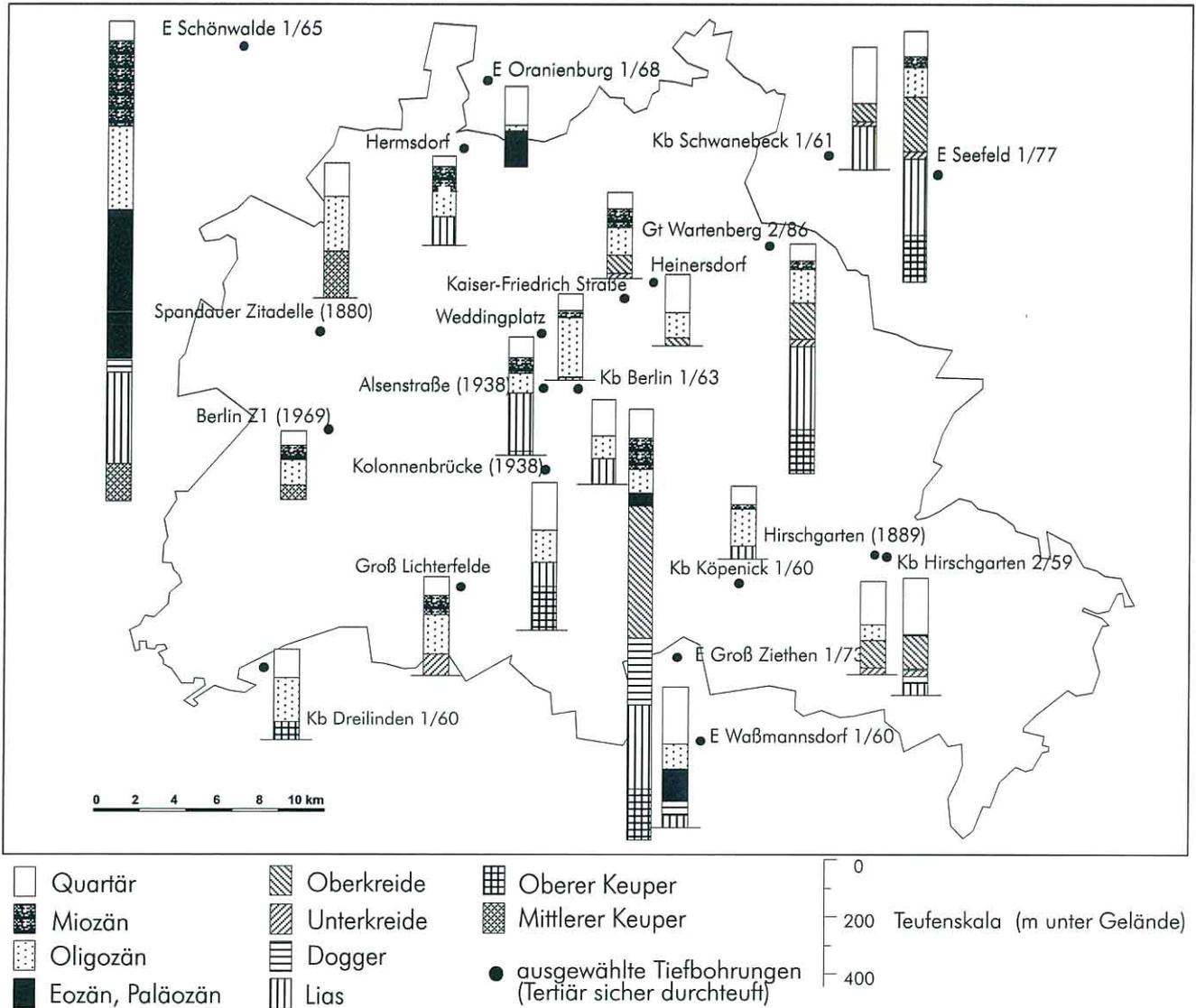


Abb. 2 Tiefbohrprofile Känozoikum/Jüngerer Mesozoikum im Großraum Berlin

der zum Erliegen. Das Interesse an der Untersuchung tieferliegender Erdschichten ging verloren. Abgesehen von einigen wichtigen Bohraufschlüssen zur Vorbereitung von Großbauprojekten Ende der 30er Jahre (Alsenstraße, Kolonnenbrücke) gewann der tiefere Untergrund Berlins erst weit nach Ende des 2. Weltkrieges wieder an Bedeutung. Insbesondere unter den Zielstellungen der Kohlenwasserstoff-erkundung, der Gasspeicherung und der energetischen Nutzung thermaler Tiefenwässer wurden im Stadtgebiet Berlins seismische Messungen durchgeführt (im W und NE des Stadtgebietes) und mehrere Tiefbohrungen (Berlin Z 1, Wartenberg 2/86, Bohrungen auf dem Erdgasspeicher Berlin) abgeteuft, die wesentlich zum derzeitigen Kenntnisstand beitragen.

Erste Vermutungen ließen am Standort des Reichstages unterhalb des Rupels Liassandsteine erwarten, die für die Wärmespeicherung interessant sein könnten. Widersprüchliche Anhaltspunkte ergaben sich dazu aus der 1938 im Bereich des Spreebogens geteufte Bohrung Alsenstraße, die eine Endteufe von 420 m erreichte (Abb. 3).

Die Rupelbasis wurde bei 220 m angetroffen (SCHNEIDER & DIETZ 1938). Innerhalb des 200 m mächtigen Prätertiäranteils liegt nach Schichtenverzeichnis eine nach der realisierten Mächtigkeit als Nutzhorizont in Frage kommende Sandsteinbank erst im Teufenbereich 365 - 388 m. Der betreffende Abschnitt wird als grauer bis bräunlicher, wechselnd toniger Feinsand(stein) beschrieben.

Ein zuverlässiger stratigraphischer Vergleich mit den durch Unterstützung der Bohrlochmessung gegliederten Bohrprofilen aus dem Brandenburger Umland ist jedoch nicht erreichbar. WICHER (1938) stellte die Folge unterhalb des Rupels nach Sporenuntersuchungen in den mittleren Lias, unterhalb 406 m soll Rät folgen. Nachuntersuchungen an einigen im Archiv der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Dienstbereich Berlin aufbewahrten Kernproben (grauer bis grünlichgrauer, dichter, kalkhaltiger Silt- bis Tonstein) führten zu keinen eindeutigen Resultaten. Alle gefundenen Sporen treten im Unterrät bis Hettang auf, während die Mikroplanktonformen eher auf brackisches bis marines Ablagerungsmilieu des Hettang hinweisen (SCHULZ 1995).

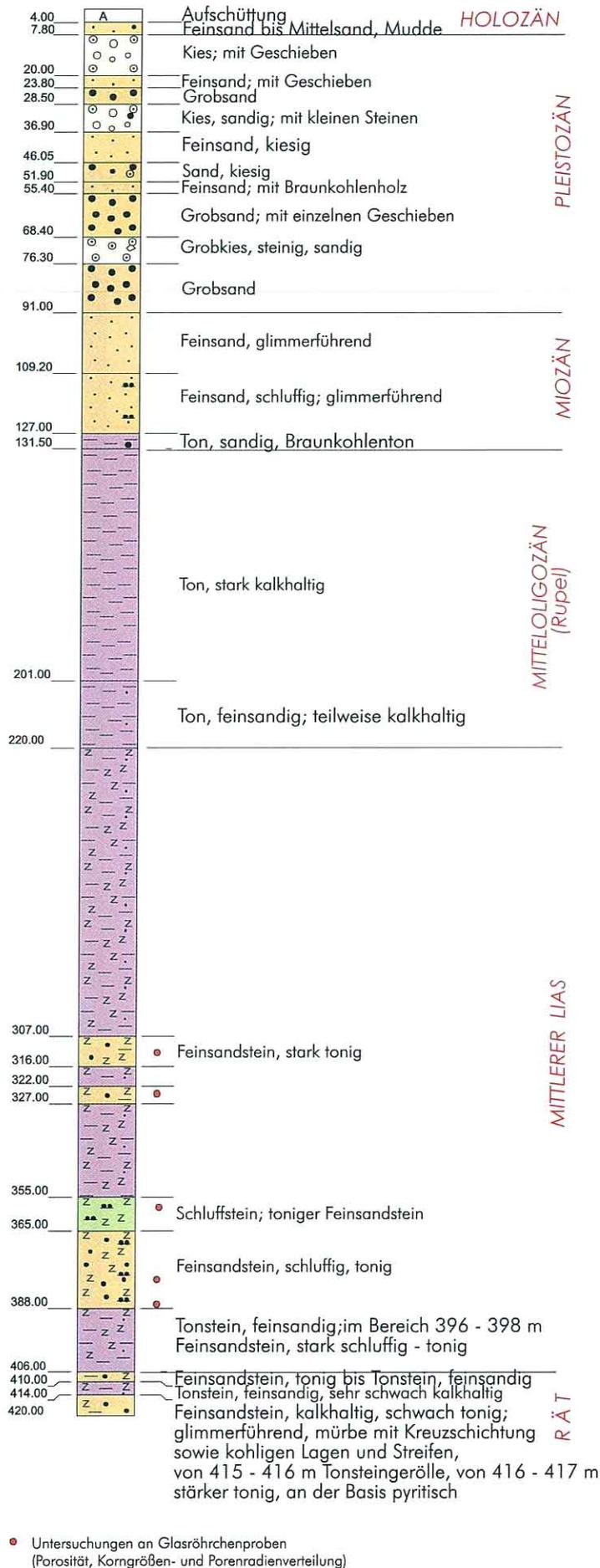


Abb. 3 Lithologisches Übersichtsprofil der Tiefbohrung Alsenstraße, 1938 (Zusammenfassung des Schichtenverzeichnisses von SCHNEIDER & DIETZ 1938)

Generell fällt im Profil der Bohrung Alsenstraße die Dominanz der Tonsteinkomponente auf, während im Abschnitt Hettang - Pliensbach der Profile Gt Wartenberg 2/86 und Gt Velten 2/90 (unmittelbar nördlich Berlins) die siltig-sandigen Anteile deutlich überwiegen (Abb. 4). Eigene Nach-

untersuchungen an noch vorhandenen Glasröhrchen- und Kernproben konnten die von SCHNEIDER & DIETZ ausgehaltenen tonigen Profilabschnitte nicht bestätigen (ROCKEL 1995). Dabei sind Herkunft und Zuordnung der Gesteinsbruchstücke allerdings nicht mehr nachvollziehbar.

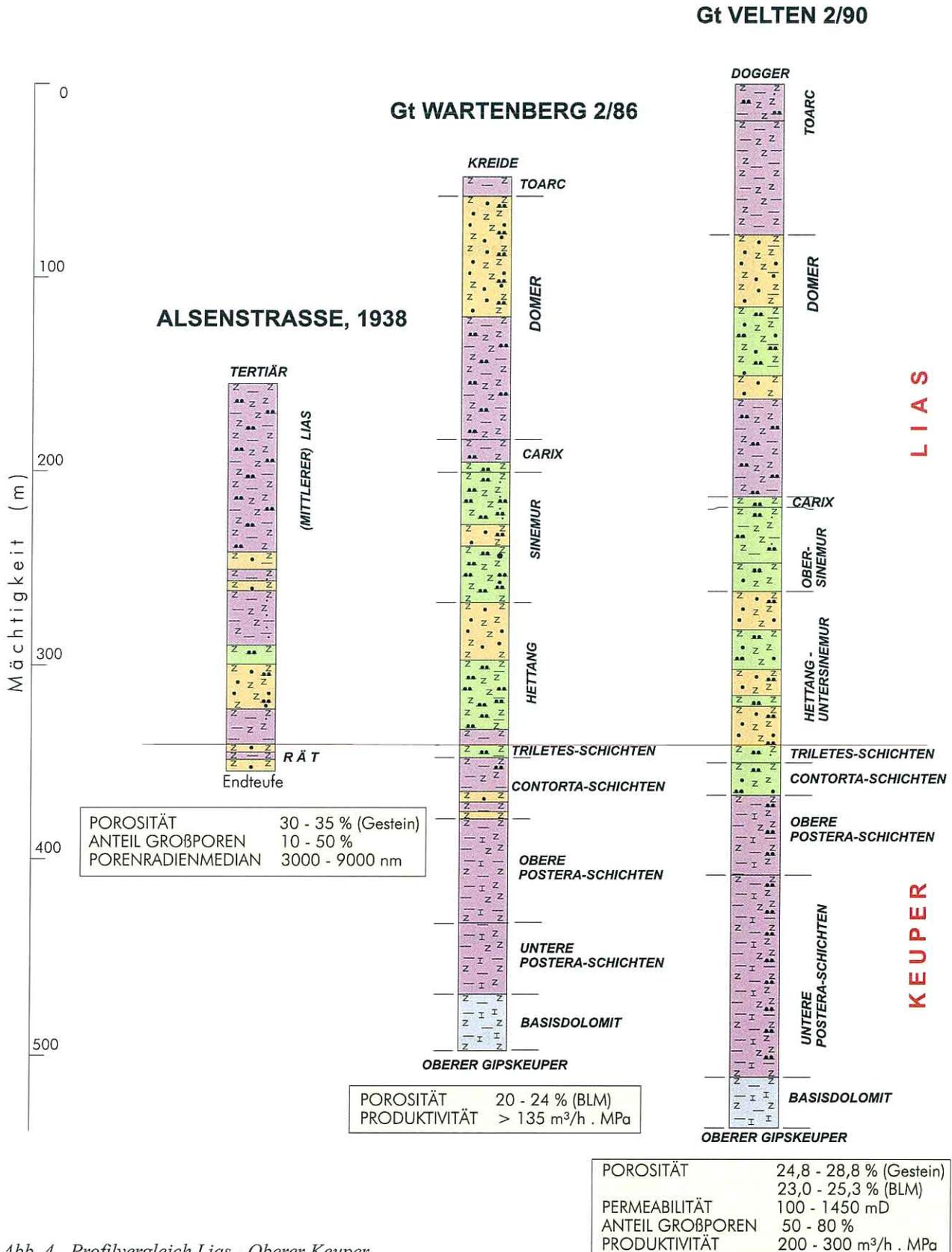


Abb. 4 Profilvergleich Lias - Oberer Keuper

Die an ausgewählten Sandsteinproben durchgeführten Untersuchungen zur Porosität, Porenradienverteilung und Korngrößenverteilung entsprachen nicht den aus dem regionalen Kenntnisstand abgeleiteten Erwartungen (ROCKEL 1995). Nach Korngrößenanalysen handelt es sich um stark schluffige Feinsandsteine (mittlere Korndurchmesser im Bereich 0,08 - 0,13 mm) bis stark feinsandige Schluffsteine. Die Porositätswerte von 30 - 35 Vol. % suggerieren Speichereigenschaften, die nach den Untersuchungsergebnissen zur Porenradienverteilung so nicht gegeben sind. Die geringen Anteile an Großporen > 5 000 nm (10 - 50 %) und mittlere Porenradien von 3 000 - 9 000 nm charakterisieren ein Gestein mit vergleichsweise schlechten Speichereigenschaften.

### 3. Regionalgeologische Situation

Berlin liegt im Bereich des Norddeutschen Beckens am Übergang zwischen dem Hebungsgebiet des Prignitz - Lausitzer Wall und der Mecklenburg-Brandenburg-Senke, der

durch die Verbreitungsgrenze oberkretazischer Sedimente markiert wird (KATZUNG & EHMKE 1991). Das postsalinare Deckgebirge wird durch salinartektonisch gesteuerte Hebungs- und Senkungsstrukturen geprägt (Abb. 5). Die Basis des känozoischen Lockergebirges liegt im Stadtgebiet mit 200 - 300 m unter Gelände relativ hoch und ist weitgehend mit der Basis des Rupels identisch. Älteres Tertiär (Eozän, Paläozän) wurde nur in tieferen Randsenkenpositionen am nördlichen und südlichen Stadtrand angetroffen. Rupel liegt überwiegend transgressiv über verschiedene Formationen der jüngeren Trias und des Juras (KARRENBERG 1949).

Der Innenstadtbereich wird im wesentlichen durch die weitgespannte, nahezu in E-W-Richtung gestreckte Salzkissenstruktur Spandau geprägt. Im Topbereich der Struktur - in etwa identisch mit dem Bereich des Erdgasspeichers Berlin - streicht mittlerer Keuper unter Rupel aus (KREKLER & BURKOWSKY 1985). Zu den Flanken setzen

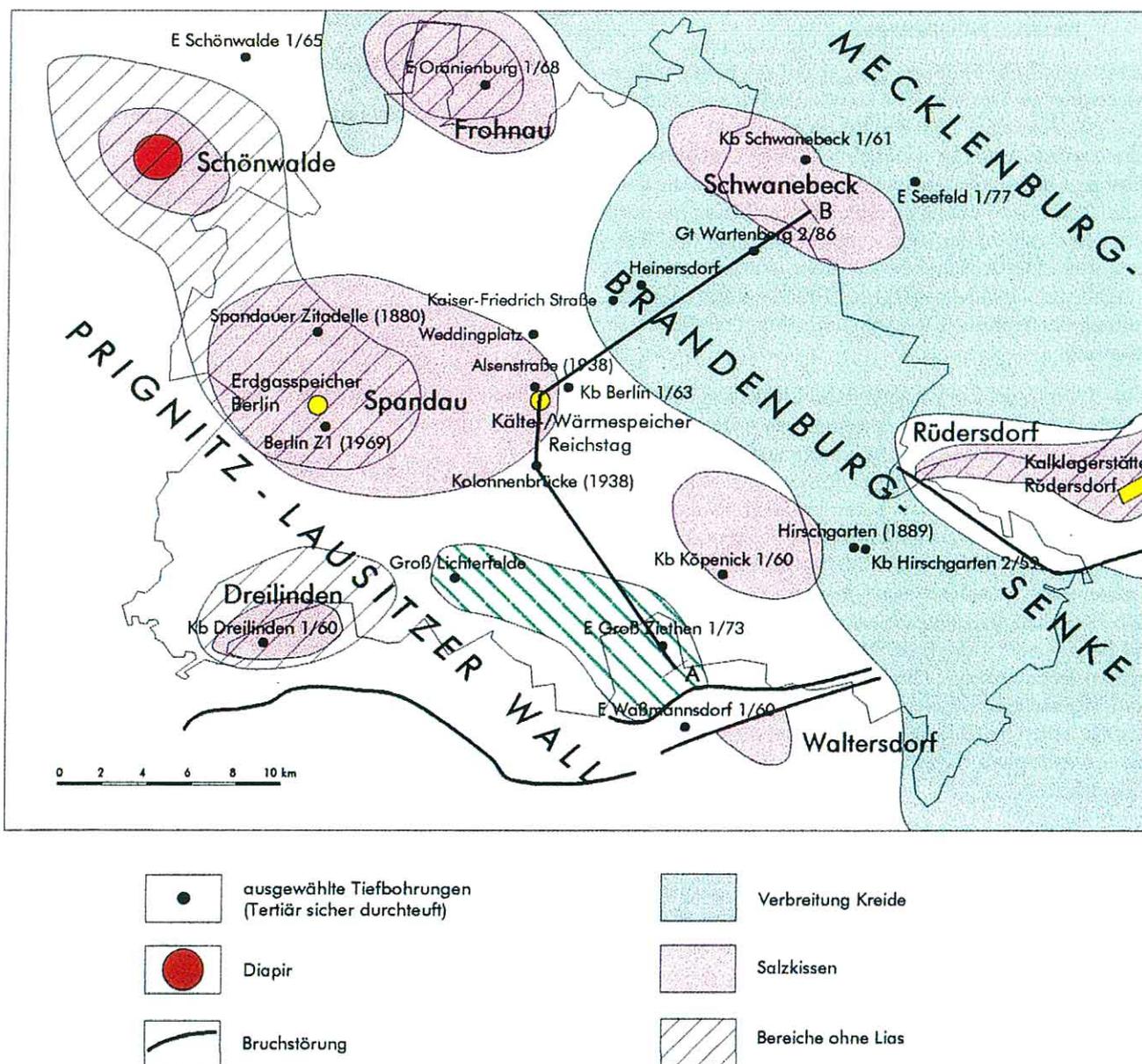


Abb. 5 Regionalgeologische Übersicht

zunehmend jüngere Schichten des Oberen Keupers und schließlich auch des Lias ein. Nach E erstreckt sich die Aufwölbung mit tief angeschnittenem Lias unter Rupel zumindest bis in den Bereich Brandenburger Tor/Friedrichstraße.

Die erbohrten Profile entsprechen bei sicherer stratigraphischer Zuordnung ihrer Prätertiäranteile diesem tektonischen Bauplan. Bemerkenswert ist das Profil der unmittelbar am südlichen Stadtrand gelegenen Bohrung E Groß Ziethen 1/73. Die Teufenlage der Liasbasis und das Auftreten von Dogger, relativ mächtiger Oberkreide sowie Alttertiär belegen eine beträchtliche strukturelle Absenkung, die mit den südlich gelegenen Bruchsystemen der Potsdamer Tiefenstörung im Zusammenhang stehen könnten. Möglicherweise bestehen Verbindungen zur Bohrung Groß Lichterfelde, die unter Rupel noch Unterkreide erbohrt haben soll (KARRENBERG 1949).

#### 4. Bohrtechnische Erschließung und Untersuchungsumfang

Da bis in östliche Teile des Tiergartens reichende reflexionsseismische Tiefenprofile das Antreffen von tieferem Lias am Standort des Reichstages sicher erwarten ließen, wurde trotz der widersprüchlichen Ergebnisse der Bohrung Alsenstraße mit dem Projekt begonnen. Die bohrtechnische Erschließung erfolgte im westlichen bis nordwestlichen Vorfeld des Reichstagsgebäudes an zwei Bohrstandorten. Der Abstand beider Bohrlokationen von 300 m ergab sich aus überschlägigen Berechnungen zur Ausbreitung der Wärme-/Kältefront und aktuellen Plänen zur Bebauung.

Beide Wärmespeicherbohrungen (Am Reichstag 1/96, Am Reichstag 2/98) wurden so konzipiert, dass sie nach Erfüllung der geologischen Untersuchungen und entsprechenden Komplettierungen als Betriebssonden genutzt werden können. Mit den Bohrungen war ein umfangreiches geowissenschaftliches Untersuchungsprogramm verbunden (Kernstrecke im ausgewählten Nutzhorizont - Bohrlochmessungen - Leistungstest nach Filterinstallation). Im Erstaufschluss war nach Erreichen der Endteufe anhand der Bohrlochmessung und begleitender mikropaläontologischer Untersuchungen (Sporen, Foraminiferen, Ostracoden) eine zuverlässige lithostratigraphische Einordnung der erbohrten Prätertiäranteile sicherzustellen und der Abschnitt Lias - Rätkeuper hinsichtlich des Auftretens nutzungsfähiger Sandsteinhorizonte zu überprüfen.

Das aus dem vorgesehenen Nutzhorizont gewonnene Kernmaterial wurde hinsichtlich der Gesteinsbeschaffenheit (Gesteinstyp, Sedimentstruktur, Mineralbestand, Korngrößenverteilung, Genese) und der Speichereigenschaften (Porosität, Permeabilität, Porenradienverteilung) untersucht. Entsprechend den realisierten Kerngewinnen

- Am Reichstag 1/96            Kernstrecke: 288,4 - 316,4 m  
Kerngewinn: 20,6 %
- Am Reichstag 2/98        Kernstrecke: 268,9 - 320,0 m  
Kerngewinn: 89,0 %

bleiben repräsentative Aussagen auf das Profil Am Reichstag 2/98 beschränkt.

Die wichtigsten Schicht- und Sondenparameter wie effektive Mächtigkeit, Druck, Temperatur, Produktivität, statischer Wasserspiegel, Profilleitfähigkeit u. a. wurden in beiden Bohrungen durch aussagefähige Leistungsteste bestimmt. Die geförderten mineralisierten Schichtwässer wurden analysiert (Dichte, Mineralisation, Kationen- und Anionenbestandteile, Menge und Zusammensetzung der gelösten Gase) und mikrobiologisch bewertet. Das chemische Verhalten der Schichtwässer bei Förderung, Erwärmung, Abkühlung und Reinjektion wurde mit dem Expertensystem XPS - FROCKI anhand von Fallbeispielen untersucht. Dabei stand die Bestimmung der zulässigen Aufwärmung der Thermalsole im Vordergrund, um negative Wechselwirkungen zwischen Porenfluid und Gesteinsmatrix auszuschließen.

#### 5. Untersuchungsergebnisse

##### 5.1 Profil und Strukturbaue

Die stratigraphische Profilgliederung (Abb. 6) und die Einstufung des Nutzhorizontes sind sowohl durch das sichere Einhängen der Bohrlochmessung an markante schichtspezifische Indikationen (Rupelton, Basisdolomit des Oberen Keupers) als auch durch sporenstratigraphische und mikrobiostratigraphische Befunde belegt (RUSBÜLT & SCHULZ 1996). Der Rupelton liegt transgressiv über auffallend hellen, wechselnd sandigen Siltsteinen, die nach Mikro- und Megasporen (*Maexisporites planatus*, *Triletes* sp.sp.) in den Lias/Pliensbach einzustufen sind. Marines Mikroplankton oder Mikrosporen des Tertiärs wurden nicht festgestellt.

Die bei Teufe 270,6 m einsetzenden mächtigeren Sandsteine sind nach Megasporen (*Nathorstisporites hopliticus*) und Foraminiferen (*Bolivina liasica*, *Lenticulina varians*, *Fronicularia sulcata*, *Ammodiscus siliceus*) dem Hettang - Untersinemur zuzuordnen. Die Basis des Lias bei 390,1 m ergibt sich aus bohrlochgeophysikalischen Korrelationen und sporenstratigraphischen Befunden (Nachweis von *Triletes pinguis*).

Mit der bis in den Basisdolomit des Oberen Keupers abgeteufte Bohrung Am Reichstag 1/96 ist im Zentrum Berlins ein gesichertes Bohrprofil verfügbar, das nicht in Widerspruch zu entsprechenden Ergebnissen aus dem brandenburgischen Umland steht. Es wurde der Nachweis erbracht, das ausreichend mächtige, sandig entwickelte Profilabschnitte, die für die Belange der Wärmespeicherung interessant sind, nur im Hettang - Untersinemur auftreten (Abb. 6). Die Sandsteinführung beschränkt sich auf vier unterschiedlich mächtige Profilabschnitte, wobei die beiden oberen durch Einlagerung siltiger Zwischenmittel gegliedert werden. Weitere Sandsteinbänke im Pliensbach und Oberen Keuper kommen auf Grund ihrer lithologischen Entwicklung (Mächtigkeit deutlich < 5 m) nicht als Nutzhorizonte in Betracht.

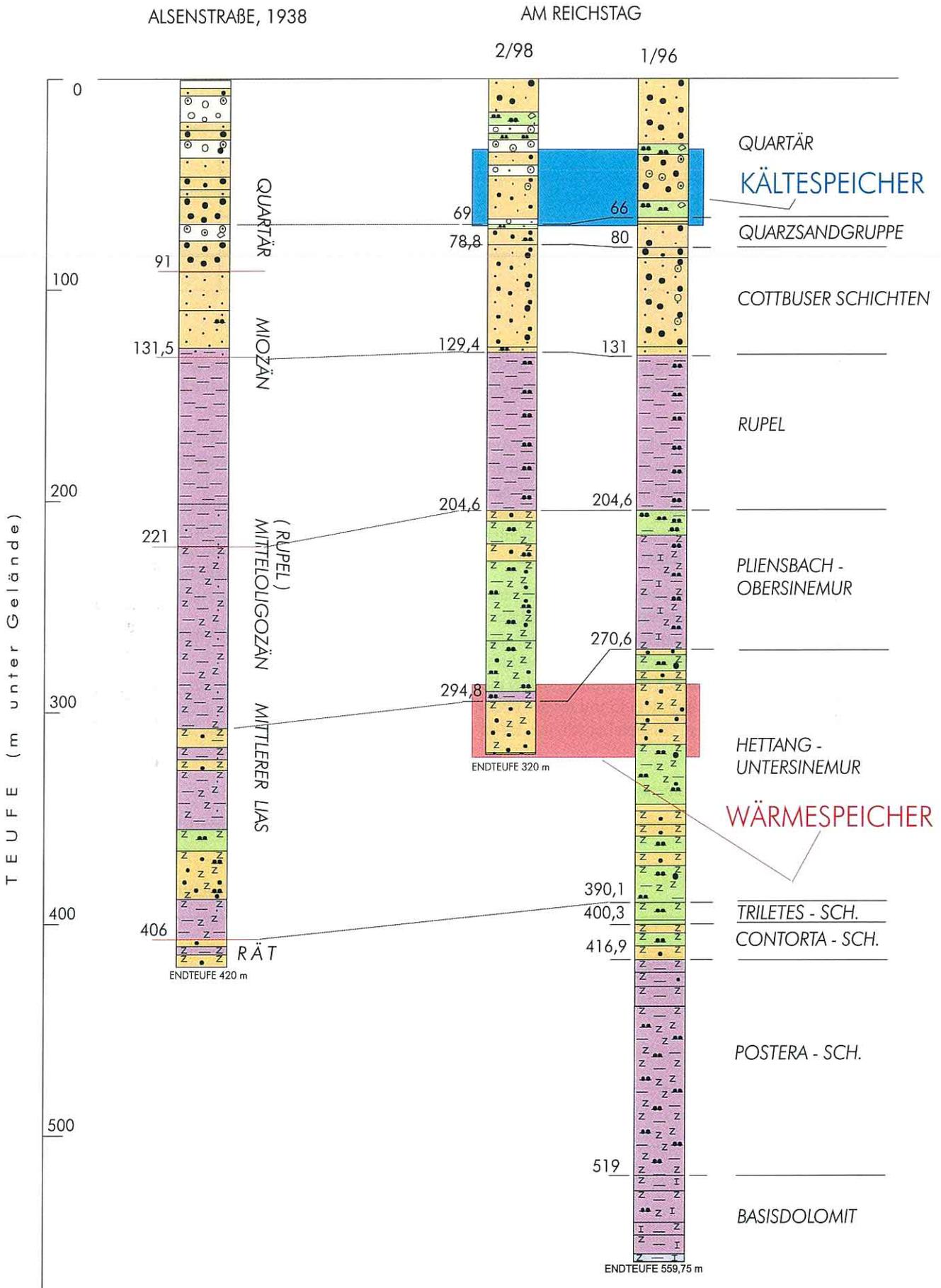


Abb. 6 Geologische Übersichtsprofile Kälte-/Wärmespeicherung Berliner Parlamentsbauten

Tab. 1 Sandsteine &gt; 5 m im Prätertiär der Bohrung Am Reichstag 1/96

SANDSTEIN (m unter Gelände)	MÄCHTIGKEIT <sup>1)</sup> (m)	UNTERSUCHUNGS- PROGRAMM			POROSITÄT (%)	
		BLM	KERN	TEST	nach BLM	nach KERN
270,6 - 284,8	12,5	×			26,8	
286,5 - 315,3	26,2	×	×	×	30,4	30,8
343,7 - 358,5	14,8	×			31,8	
366,5 - 372,5	6,0	×			31,1	

<sup>1)</sup> Sandsteine ohne Zwischenmittel

Damit hat sich die geologische Prognose prinzipiell bestätigt. Gleichzeitig werden abweichende Ergebnisse der Bohrung Alsenstraße relativiert.

Die Bohrung Am Reichstag 2/98 wurde nur bis in den oberen Teil des Hettang - Untersinemur verteuft, wobei das Profil der Bohrung Am Reichstag 1/96 praktisch wiederholt wurde. Überraschend ist die insgesamt stärker siltig-sandige Profilentwicklung im Abschnitt Pliensbach - Obersinemur und das Fehlen siltig-toniger Zwischenmittel im Hettang - Untersinemur.

Das Profil der unmittelbar benachbarten Bohrung Alsenstraße, 1938 muss danach korrigiert werden. Die Basis des Quartärs liegt sehr wahrscheinlich mindestens 25 m höher und der ursprünglich als mittlerer Lias eingestufte Profilabschnitt ist präziser dem Hettang - Pliensbach zuzuordnen, wobei die Obergrenze Hettang - Untersinemur dem Einsetzen des obersten Sandsteins bei Teufe 307,0 m entsprechen könnte. Es ist

davon auszugehen, dass die von SCHNEIDER & DIETZ (1938) für den gesamten Lias festgestellte Dominanz der Tonsteinkomponente so nicht gegeben ist.

Die Profile der Bohrungen Am Reichstag 1 und 2 lassen sich zwanglos mit entsprechenden Bohrprofilen aus dem Brandenburger Umland korrelieren. Das Antreffen von Pliensbach unter Ruppel entspricht der strukturellen Stellung im Bereich der nach Osten abtauchenden Salzkissenstruktur Spandau. Die etwas erhöhte Mächtigkeit des Pliensbach und die tiefere Position der Oberfläche Hettang - Untersinemur sind Hinweis für die geringfügig tiefere Flankenstellung der Bohrung Am Reichstag 2/98.

## 5.2 Auswahl und Charakterisierung des Nutzhorizontes

Die für die Belange der Wärmespeicherung genutzten Sandsteinabschnitte III und IV (Abb. 7) sind als grauer mittelsandiger Feinsandstein entwickelt. Die Siltanteile liegen bei < 5 Gew.-%.

Tab. 2 Lithologie und Speichereigenschaften der Sandsteine des Hettang - Untersinemur

PARAMETER	BOHRUNG	
	AM REICHSTAG 1/96	AM REICHSTAG 2 /98
Oberfläche Hettang - Untersinemur (m unt. Gel.)	270,6	294,8
Teufe Nutzhorizont (m unt. Gel.)	286,5 - 315,3 Sandsteinabschnitt III	294,8 - 320,0 Sandsteinabschnitt IV / III (nicht durchteuft)
Lithologie	Feinsandstein, wechselnd mittelsandig, schwach siltig	
mittlerer Korndurchmesser (mm)	0,172 (5)	0,163 (11)
Porosität (Kern) (%)	30,3 - 31,6 / Ø 30,8 (4)	27,9 - 32,0 / Ø 30,4 (21)
(BLM) (%)	30,4	> 30
Anteil Großporen (%)	79,4 - 86,5 / Ø 83,3 (4)	77,3 - 94,5 / Ø 89,7 (10)
Porenradienmedian (nm)	12 833 - 15 184 / Ø 13 420 (4)	11 664 - 18 867 / Ø 14 817 (10)
Permeabilität (mD)	n. b.	280 - 4 200 / Ø 2 950 (10)

Die mittleren Korndurchmesser betragen 0,172 mm bzw. 0,163 mm (Tab. 2). Der Sandstein ist vorwiegend ungeschichtet, gelegentlich ist ein ebenwelliger bis geflasierter Schichtaufbau angedeutet. Als Einlagerungen wurden Feinglimmer und kohlige Pflanzenhäcksel beobachtet. Im Profil Am Reichstag 1/96 (Teufenbereich: 302,80 - 302,85 m) treten kleine Kohlelinsen und bis mehrere mm-starke, im bergfeuchten Zustand relativ stark verfestigte, fettig glänzende Kohlelagen auf. Der Inkohlungs-

grad ist Indiz für ehemals größere Versenkteufen. Der gut sortierte, bindemittelarme Sandstein besteht zu 89 - 95 % aus schwach kantengerundeten Quarzkörnern. Weitere Bestandteile sind Feldspat (2 - 3 %), Kaolinit und Illit/Glimmer (jeweils 1 - 2 %) sowie Siderit (< 1 %). Typische Zementminerale wie Kalzit, Dolomit, Siderit und Anhydrit wurden nicht nachgewiesen. Auf Grund der Bindemittel- und Zementarmut ist der Sandstein nur schwach verfestigt. Das Gestein sandet stark ab.

**AM REICHSTAG 1/96**

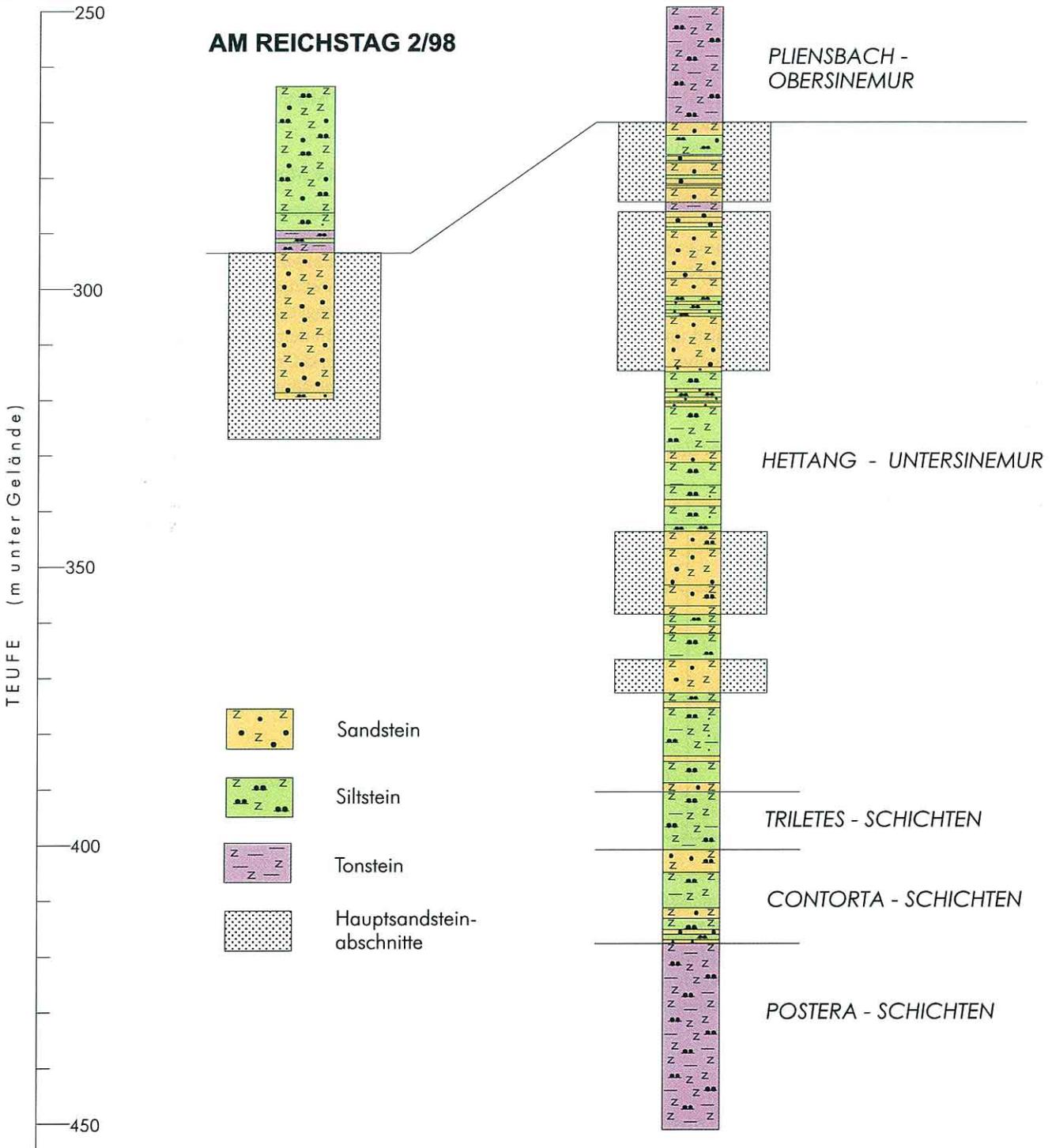


Abb. 7 Lithologische Profile Hettang - Untersinemur und Oberer Keuper Wärmespeicherbohrungen Am Reichstag 1 und 2

Der matrixarme Sandstein zeichnet sich durch ein komponentengestütztes Gefüge aus. Die nach PETTJOHN (1957) bestimmte Zusammensetzung spricht für einen hohen Reifegrad des Gesteins. Nur vereinzelt wurde eine beginnende Quarzblastese beobachtet. Im Vergleich mit anderen untersuchten Liasprofilen könnte nach den auftretenden Quarzanzwachsäumen die maximale Versenkteufe etwa 1 000 m betragen haben.

Die am Kernmaterial bestimmten Sandsteinporositäten liegen im Durchschnitt bei > 30 Vol.-% und stehen in Übereinstimmung mit entsprechenden bohrlochgeophysikalischen Messergebnissen. Dass für den hochporösen Sandstein auch gute Permeabilitäten zu erwarten sind, belegen die Untersuchungsergebnisse zur Porenradienverteilung. Großporenanteile von weit > 80 % und durchschnittliche Porenradienmedianwerte von 13 400 - 14 800 nm charakterisieren einen leistungsfähigen Aquifer. Die in der Bohrung Am Reichstag 2/98 bestimmten Permeabilitäten (durchschnittlich  $2,95 \mu\text{m}^2$ ) bestätigen dies eindrucksvoll. Die Kernbeschaffenheit in der Bohrung Am Reichstag 1/96 ließ zwar keine Permeabilitätsbestimmungen zu, nach der Porenradienverteilung ist jedoch von ähnlichen Größenordnungen auszugehen.

In beiden Bohrungen wurde der ausgewählte Nutzhorizont nach Unterschneiden, Reinigungslift und Einbau eines 6 5/8" Wickeldrahtfilters hinsichtlich seiner Leistungsparameter getestet.

Vorherrschendes Anion ist Chlorid mit mehr als 49 mval%; bei den Kationen dominiert Natrium mit > 46,5 mval%. Untergeordnet treten Magnesium, Kalzium, Kalium und Sulfat auf. An Spurenbestandteilen (< 0,2 mg/l) sind Borat, Bromid, Iodid, Kieselsäure, Eisen, Strontium, Mangan, Barium und einige Metallionen (wie Zn, Cu, Al, Cs) enthalten. Die Gesamtmenge der im Schichtwasser gelösten und unter Oberflächenbedingungen teilweise entlösten Gase (Kohlendioxid, Stickstoff) beträgt nach analysierten Tiefenproben maximal 80 ml/l.

Die Ergebnisse ordnen sich im Trend bisher untersuchter jungmesozoischer Tiefenwässer ein (BRANDT 1996, MANHENKE u. a. in diesem Heft). Die vor Ort und im Labor gemessenen pH-Werte liegen im neutralen bis leicht basischen Bereich. Das hydrochemische Milieu zeichnet sich durch reduzierende Bedingungen aus.

#### 5.4 Geochemische Modellierung

Durch Prognoseberechnungen mit dem Expertensystem XPS - FROCKI wurde anhand definierter Fallbeispiele untersucht, wie hoch das Thermalwasser aufgewärmt werden kann, ohne dass Wechselwirkungen zwischen Porenfluid und Gesteinsmatrix (Ausfällungen oder Minerallösungen im System) provoziert werden. Mit dem Modellsystem werden für realistische Temperatur- und Druckbedingungen die Sättigungsindizes (SI) relevanter Mineralphasen und Gase ausgewie-

Tab. 3 Testergebnisse im Nutzhorizont des Hettang - Untersinemur

PARAMETER	BOHRUNG	
	AM REICHSTAG 1/96	AM REICHSTAG 2 /98
Schichtdruck (bar abs.)	30,08 (290 m)	29,62 (290 m)
Schichtwassertemperatur ( °C )	19,4 (übertage)	19,6 (übertage)
stat. Wasserspiegel (m unt. Gel.)	+ 0,8	+ 0,8
Schichtproduktivität (m <sup>3</sup> /h · MPa)	214	200
Transmissivität (m <sup>2</sup> /s)	0,0007434	0,00052
Permeabilität (μm <sup>2</sup> )	4,3	2

Mit Schichtproduktivitäten von 214 m<sup>3</sup>/h · MPa (Am Reichstag 1/96) bzw. 200 m<sup>3</sup>/h · MPa (Am Reichstag 2/98) konnten die aus den Gesteinseigenschaften postulierten hervorragenden hydrodynamischen Bedingungen auch praktisch bestätigt werden. Die aus den Testdaten errechneten Permeabilitäten betragen 4,3 μm<sup>2</sup> bzw. 2 μm<sup>2</sup>.

#### 5.3 Schichtinhalt

Das durch eine ausreichende Anzahl von Analysen untersuchte Schichtwasser aus dem Bereich Hettang - Untersinemur erwies sich als eine schwach mineralisierte Sole des Na-Ca-Mg-Cl-Typs (Dichte: 1 019 kg/m<sup>3</sup>, Mineralisation: 28,5 g/l).

Sind diese positiv, so tendiert die entsprechende Mineralphase zur Ausfällung (Übersättigung). Bei negativem SI (Untersättigung) kann sich das Mineral lösen. Aussagen zur Reaktionsgeschwindigkeit werden dabei nicht getroffen. Betrachtet wurden Karbonate, Silikate, Sulfate, Eisenoxide, Eisensulfide, Gase (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) und Halit.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergeben sich Hinweise und Empfehlungen, die im technischen Betrieb zu beachten sind. Die maximal zulässige Grenztemperatur von 70 °C ergibt sich aus

- der Gefahr der chemischen Verockerung bei Temperaturen > 70 °C durch Bildung von Fe(OH)<sub>3</sub>,

- der Tatsache, dass bei höheren Temperaturen die Gaslöslichkeit sinkt und sich durch Entweichen von CO<sub>2</sub> das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht verschiebt,
- dem Umstand, dass bei hohen Temperaturen chemische Lösungs-/Fällungsreaktionen schneller ablaufen, was zur Mobilisierung von Silikaten und zum beschleunigten Ablauf weiterer chemischer Reaktionen führen kann.

## 6. Ausblick

Für die Nutzung mesozoischer Aquifere im Innenstadtbereich Berlins sind die wesentlichen geologischen Voraussetzungen mit zwei Tiefbohrungen im Spreebogen untersucht worden. Die fazielle Einordnung in den Rahmen der aus dem Umland bekannten Aufschlüsse wurde belegt. Durch Nutzung eines als geeignet nachgewiesenen Aquifers (Sandsteine des Hettang - Untersinemur) kann ein Gesamtkonzept verwirklicht werden, das durch

- bevorzugten Einsatz natürlicher Ressourcen und Systeme,
- Energieeinsparungen und rationellste Energieanwendung,
- hohe technische Versorgungssicherheiten,
- weitgehende Autarkie und
- Einbeziehung weiterer Regierungsbauten im Spreebogen

höchsten ökologischen, energetischen und betriebswirtschaftlichen Ansprüchen genügt.

Weitere Vorhaben zur Wärmespeicherung bzw. zur balneologischen Nutzung der Sole zeichnen sich ab. Von daher sollte für die überfällige Vervollständigung der für das Umland bereits vorliegenden Kartenwerke das notwendige wirtschaftliche Interesse gegeben sein.

## Zusammenfassung

Für die Berliner Parlamentsbauten wurde auf der Basis eines mit Rapsöl angetriebenen Motorheizkraftwerkes ein innovatives Gesamtsystem der Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung entwickelt, in dem im Sommer produzierte Überschusswärme in eine geeignete Gesteinsschicht im Untergrund (Aquifer) gespeichert werden soll. Einige geologische Aspekte der Projektvorbereitung und die im Innenstadtbereich erzielten Tiefbohrergebnisse werden vorgestellt.

## Summary

An innovative, complex system of power, heat and cold generation has been developed for the buildings of the German Parliament in Berlin, which is based on a rape-oil driven block-type cogeneration plant and implies the storage of the surplus heat produced in summer in a suitable rock layer (aquifer). Geological aspects of the project preparation and the results obtained from the deep wells in the centre of the city are presented in this paper.

## Literatur

ASSMANN, P. (1957): Der geologische Aufbau der Gegend von Berlin. - Senator für Bau- und Wohnungswesen, Berlin

BRANDT, W. (1996): Balneologische und energetische Nutzung geothermaler Schichtwässer in Brandenburg. - Geothermische Energie, **5**, 17, S. 11 - 13, Geeste

HUCH, G. (1995): Berlins heilsames Wasser wollte berühmt werden. - Berliner Zeitung, 288, 09./10.12.1995

KARRENBERG, H. (1949): Der vortertiäre Untergrund von Berlin. - Z. dtsh. geol. Ges., **99** [1947], S. 215-228, Stuttgart (Enke)

KATZUNG, G. & G. EHMKE (1991): Das Prätertiär in Ostdeutschland. - Köln (v. Loga)

KREKLER, G. & M. BURKOWSKY (1985): Erkundung der geologischen und lagerstättentechnischen Gegebenheiten des Erdgas-Aquiferspeichers Berlin. - gwf - gas / erdgas **126**, 3, S. 161-169, München

PETTJOHN, F. J. (1957): Sedimentary Rocks. - New York (Harper & Broth.)

ROCKEL, W. (1995): Dokumentation der Untersuchungsergebnisse zur Tiefbohrung Alsenstraße (1938). - Geothermie Neubrandenburg GmbH, Niederlassung Berlin-Brandenburg, Zeuthen (unveröff.)

RUSBÜLT, J. (1996): Mikropaläontologischer Untersuchungsbericht Am Reichstag 1/96. - GLA, Schwerin (unveröff.)

SCHNEIDER, B. & C. DIETZ (1938): Schichtenverzeichnis der Bohrung Berlin, Alsenstraße - Bohrchiv der Preuß. Geol. Landesanstalt. - Archiv der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Außenstelle Berlin (unveröff.)

SCHULZ, E. (1995): Bericht über die sporenstratigraphische Untersuchung von 9 Proben der Bohrung Berlin - Alsenstraße 1938. - In: ROCKEL (1995)

SEIBT, P. & F. KABUS (1997): Aquiferspeicher für die Parlamentsgebäude im Berliner Spreebogen: - Vortr. 3. Symp. Erdgekoppelte Wärmepumpen - Systeme zum Heizen und Kühlen, 20. - 22.11.1997, IZW-Bericht 2/97, Rauschholzhausen

WICHER, K. (1938): Mikropaläontologische Untersuchungsergebnisse zur Bohrung Alsenstraße. - Ber. Nr. 1722 der Untersuchungsstelle für Mikropaläontologie am Institut für Erdölgeologie der Preußischen Geologischen Landesanstalt, Berlin (unveröff.)

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geol. Wilfried Rockel,  
Dr. Wulf Brandt  
AETNA-Energiesysteme Wildau  
Gesellschaft für Energie-, Wasser- und Umwelttechnik mbH  
Karl-Marx-Straße 114  
15745 Wildau

Dr. Peter Seibt  
Geothermie Neubrandenburg GmbH  
Lindenstraße 39  
17033 Neubrandenburg