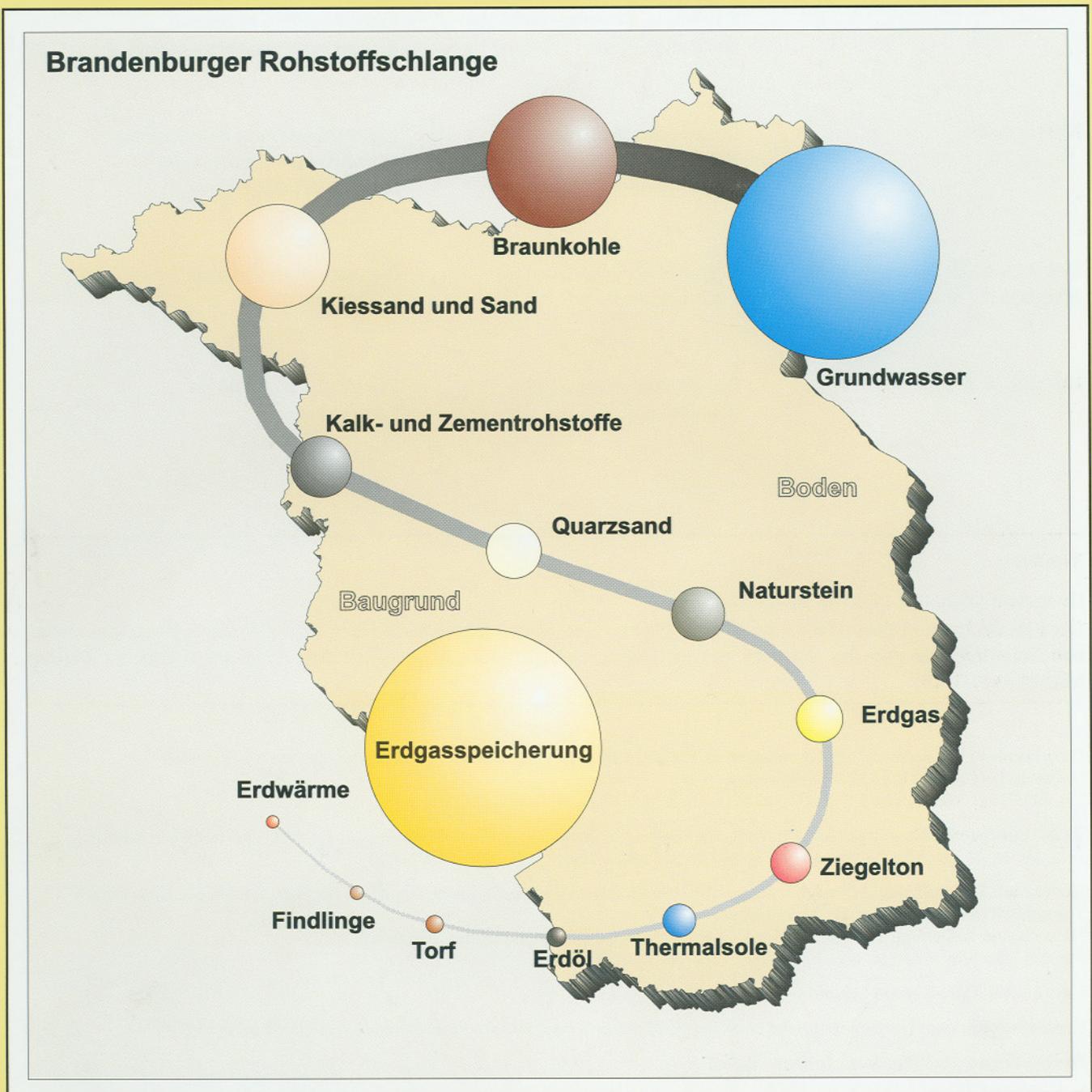




1
1999

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge



	INHALT	CONTENTS	Seite
STACKEBRANDT, W.	Die Geopotientiale Brandenburgs (Vorwort)	The geopotentials of Brandenburg (preface)	3
MANHENKE, V.	Überblick über das Geopotential des Landes Brandenburg	Overview of the geopotential of Brandenburg	5
KÜHN, D.	Bodenpotientiale in Brandenburg	Soil potentials in Brandenburg	21
HÖDING, TH.	Steine- und Erdenlagerstätten in Brandenburg – Grundlagen, Kartierung, Förderentwicklung und Perspektiven	Deposits of aggregates and industrial minerals in Brandenburg – basis, mapping, extractive development and perspectives	29
NESTLER, P.	Braunkohlenlagerstätten in Brandenburg – Förderentwicklung und Nutzungsperspektiven	Lignite deposits in Brandenburg – extractive development and applicative perspectives	39
HERMSDORF, A., HOTZAN, G., JESCHKE, R., & R. KALATZ	Grundwasserlagerstätten im Land Brandenburg	Deposits of ground water in Brandenburg	47
BEER, H. & E. HURTIG	Das geothermische Feld in Brandenburg	The geothermal field in Brandenburg	57

Titelbild:

Geopotentialnutzung im Land Brandenburg

Die Brandenburger Rohstoffschlange gibt den Umfang der Rohstoffnutzung im Jahre 1997 plus der 1998 aufgenommenen Soleförderung und das Volumen des im Untergrund als Aktivgas gespeicherten Erdgases wieder (s. Beitrag MANHENKE, S. 18)

Herausgeber: © Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Direktor: Dr. Werner Stackebrandt
 Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow
 Tel. (03 32 03) 3 66 00, Fax (03 32 03) 3 67 02, e-mail: lgrb@lgrb.de, http://www.lgrb.de

Redaktionsbeirat: Dr. Werner Stackebrandt, Dr. habil. Fritz Brose, Dr. Volker Manhenke, Dr. Peter Nestler, Dr. Volker Scheps, Prof. Dr. habil. Joachim Tiedemann, Dr. Hans Ulrich Thieke, Dipl.-Geol. Lothar Lippstreu

Redaktion: Dr. Wolfgang Bartmann (verantwortlicher Redakteur), Dipl.-Geophys. Anneliese Andreae, Dr. Hans Ulrich Thieke
 Themenheftverantwortlicher: Dr. V. Manhenke

Hinweise zur Abfassung der Manuskripte sind auf der Umschlagseite des Heftes angegeben.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Layout und Satz: Kathrin Schmid

Erscheinungsweise: Die Schriftenreihe erscheint jährlich mit 1 bis 2 Heften. Preis dieses Heftes: 31,00 DM; 15,85 €

Druck: Digital- & Offsetdruck Grabow, Teltow

Printed in Germany

ISSN 0947-1995

Geopotentiale
in
Brandenburg

Kleinmachnow 1999

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 3	
----------------------------------	--------------	-------------	------	--

Die Geopotentiale Brandenburgs

Der Begriff **Geopotential** ist noch nicht sehr weit verbreitet. Er umfaßt inhaltlich wesentlich mehr, als es der häufiger genutzte Begriff der Ressourcen umschreibt. Mit dem vorliegenden Heft soll versucht werden, eine erste Standortbestimmung für das brandenburgische Geopotential zu liefern. Nach einem einführenden Beitrag zur möglichen Differenzierung und einer zusammenfassenden Geopotentialbewertung Brandenburgs werden Beispiele zu geologischen bzw. natürlichen Nutzungspotentialen aus dem Oberflächenbereich, wie dem Agrarpotential des Bodens, bis zu den tiefliegenden Potentialen (u. a. Geothermie) aufgeführt.

Brandenburg – so zeigt dieses Heft – ist nicht nur als Streusandbüchse gut, sondern besitzt gute Voraussetzungen für weitere Nutzungsmöglichkeiten seines geologischen Untergrundes. Besonders hervorgehoben werden soll in diesem Zusammenhang die im Laufe der letzten Jahre forcierte Nutzung der physikalischen Eigenschaften der Erde. Ob als Bauraum mit Anforderungen an eine besondere Stabilität, ob als Stauraum mit Forderungen nach einem natürlich vorhandenen bzw. künstlich zu erzeugenden Volumen für die (Zwischen-) Lagerung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen, ob als Wärmequelle in oberflächennahen Lockersedimenten im Temperaturbereich bis ca. 25 °C, in mesozoischen Aquiferen (ca. 40 - 90 °C) oder in größeren Teufen mit ‚trockener‘ Erdwärme im Temperaturbereich über 100 °C – in allen Fällen handelt es sich um wirtschaftlich attraktive und ökologisch akzeptable Ressourcen.

Der Aufgabenstellung eines geologischen Landesdienstes entspricht es, neben der Begleitung aktueller Nutzungs- und Sicherungsvorhaben das geologische Wissen auch für perspektive Nutzungen des Geopotentials zu sammeln, aufzubereiten und als potentiellen Entwicklungsfaktor für die Landesentwicklung bereitzustellen.

Die Beiträge dieses Heftes zeigen als komprimierte Übersicht wichtige Aspekte des brandenburgischen Geopotentials. Als verantwortlicher Abteilungsleiter für Angewandte Geologie des LGRB hat es sich **Dr. Volker Manhenke** zu seiner wichtigsten Aufgabe gemacht, die Grundlagen für die Geopotentialnutzung in Brandenburg so aufzuarbeiten, daß der größtmögliche wirtschaftliche und ökologische Nutzen für das Land Brandenburg zu erwarten ist. Als Themenverantwortlicher für dieses Heft hat sich Volker Manhenke damit selbst ein fachbezogenes und interessantes Geburtstagsgeschenk bereitet.

Im Namen der Redaktion und des Beirates dieser Zeitschrift, der Mitarbeiter des LGRB und – hier gebe ich einer Hoffnung Ausdruck – auch der Leserschar dieses Heftes wünsche ich dem Jubilar anlässlich seines 60. Geburtstages nicht nur das Glück des Tüchtigen bei der weiteren Erfassung, Umsetzung und Popularisierung der brandenburgischen Geopotentiale, sondern auch persönliches Wohlergehen und weiteres erfolgreiches Wirken in der Landesgeologie Brandenburgs.

Dr. W. Stackebrandt
Direktor

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 5–20	8 Abb., 4 Tab., 24 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	---------	-------------------------

Überblick über das Geopotential des Landes Brandenburg

VOLKER MANHENKE

1. Geopotentialgliederung

Mit dem Begriff Geopotential wird das Leistungsvermögen der Erde bezogen auf die Nutzung durch den Menschen bezeichnet. Dieses Leistungsvermögen ist komplex zu bewerten. Sidorenko (1968) formulierte: „Vom geologischen Standpunkt aus muß das nicht nur eine Einschätzung der Bodenschätze sein, sondern eine Einschätzung der natürlichen und negativen Eigenschaften der Erdrinde, der günstigen und ungünstigen Besonderheiten der Erdrinde hinsichtlich der Arbeit und der Bedürfnisse des Menschen“. Dieses Geopotential besteht hauptsächlich aus dem Naturraumpotential als den von der Natur bereitgestellten Ressourcen, d. h. dem natürlichen günstigen – im weiteren Sinne nutzbaren – und ungünstigen Geopotential.

Auch durch die Tätigkeit des Menschen wurden und werden Potentiale in die Erde eingebracht, die bei entsprechender Ausdehnung ebenfalls zu einem bemerkenswerten nutzbaren oder auch schädlichen Geopotential werden können und bei der Geopotentialbewertung einer Region zu beachten sind. Insbesondere unter dem heutigen Kenntnisstand über die ökologischen Auswirkungen der Tätigkeit des Menschen (u. a. BUND und Misereor 1996) ist dieses vom Menschen geschaffene – anthropogene – Geopotential als eigene Kategorie in eine Gliederung aufzunehmen. Somit möchten wir das Geopotential, das im wesentlichen der Lithosphäre angehört, aber auch auf die Bereiche der Pedo-, Hydro- und Biosphäre wirkt, gliedern in:

- nutzbares natürliches (geogenes) Geopotential,
- überwiegend ungünstiges geogenes Geopotential,
- anthropogenes Geopotential (Tab. 1).

Verfasser ist sich bewußt, daß diese Gliederung noch entwicklungsfähig ist, z. B. ist der Boden nicht nur geogen, sondern auch anthropogen geprägt, z. B. können unter verschiedenen Aspekten ungünstige Geopotentiale in größeren Zeiträumen auch nützlich werden. Das gleiche trifft auf anthropogene Geopotentiale zu. Bergbau z. B. schafft naturbeeinträchtigende Hohlräume und Massenschüttungen und kann Bergbaufolgelandschaften mit Seen, Bio- und Geotopen hinterlassen. Andererseits können nutzbringende Kanäle - verbunden mit der Schaffung von Hohlräumen und Deichmassenschüttungen - schädliche

Folgewirkungen für die Flußlandschaft haben. Die Benennung anthropogener Geopotentiale unterscheidet hier nicht zwischen günstigen und ungünstigen Auswirkungen und ist durchaus nicht vollzählig. Dennoch wird der Versuch unternommen, einen Überblick für das Land Brandenburg zu geben.

Tab. 1 Geopotentialgliederung

Nutzbares geogenes Geopotential	Ungünstiges geogenes Geopotential	Anthropogenes Geopotential
Erdoberfläche	Seismizität	Massen-
Boden	Vulkanismus	schüttungen
Baugrund	Landversatz	Hohlräume
Grundwasser	Versumpfung	Stoffan-
Erdwärme	Versalzung	reicherungen
feste mineralische Rohstoffe	Überschwemmung	
Erdöl und Erdgas geologische Speicherformationen	Verwehung	
	Verkarstung	

Der nachfolgend dargestellte Kenntnisstand für Brandenburg stützt sich bezüglich des Untergrundes vor allem auf Bohrergebnisse von rund 160 000 Bohrungen, d. h. durchschnittlich 5-6 pro km², die im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) erfaßt sind (3 300 davon haben das Lockergestein durchteuft und prätertiäre Gesteine erreicht), und auf geophysikalische Meßergebnisse, mit denen vor allem die Verbreitung von Homogenbereichen und z. T. von Strukturen belegt werden kann sowie auf unzählige Erkundungs- und Untersuchungsberichte, die insbesondere im Zeitraum 1945-1989 lückenlos in staatlichen Archiven zusammengetragen und vom LGRB übernommen worden sind.

2. Erdoberfläche, Baugrund und Boden als nutzbare Geopotentiale

Die hauptsächliche Nutzung des brandenburgischen Geopotentials besteht in der Besiedlung der geologisch gebildeten **Erdoberfläche**, des Baugrundes und des Bodens. Als Landesfläche werden für Brandenburg rd. 30 000 km² angegeben, wobei die Fläche immer auf das Geoid (geglättete Erdfigur) bezogen wird. Brandenburgs Oberfläche ist geogen bedingt überwiegend flach. Diese Oberflächengestalt - zusammen mit den Geopotentialen von Boden und Baugrund sowie günstige Wasserverhältnisse und ein gemäßigtes Klima - bieten in Brandenburg großräumig gute Lebensbedingungen für Pflanzen, Tiere und Menschen.

Brandenburgs geologische Bildungen an der Erdoberfläche werden wegen ihrer Form, Schönheit und erdgeschichtlichen Bedeutung nicht selten zu den schutzwürdigen Geotopen gezählt (Göllnitz, Manhenke & Ehmke 1996). **Geotope** sind hervorhebenswerte erdgeschichtliche Bildungen der unbelebten Natur, die Kenntnis über die Entwicklung der Erde und des Lebens vermitteln. Von den etwa 700 für Brandenburg erfaßten Geotopen sind elf Glazial- und vier Bergbaufolgelandschaften sowie 150 Einzelgeotope im „Atlas zur Geologie von Brandenburg“ (Stackebrandt, Ehmke & Manhenke 1997) ausgewiesen. Als besonders hervorhebenswerte Glaziallandschaften Brandenburgs sind zu nennen:

Rheinsberger Glaziallandschaft
Ruppiner Schweiz
Templiner Glaziallandschaft
Choriner Glaziallandschaft
Märkische Schweiz
Potsdamer Glaziallandschaft
Hoher Fläming
Golm-Berg-Gebiet (Niederer Fläming)
Unter- und Oberspreewald
Schlaube-Ölse-Gebiet
Muskauer Faltenbogen.

Ebenso verdanken auch Brandenburgs Seen ihre Entstehung den quartärgeologischen Prozessen. Wegen ihrer Bedeutung für die Erholung und Bewirtschaftung sind sie in diesem Sinne Geopotentiale und oft als Geotop hervorhebenswert. Die Oberflächengestalt Brandenburgs weist kaum natürliche Möglichkeiten zur Anlage von Stauseen und sonstiger Nutzung von Reliefunterschieden einschließlich des fließenden Wassers für die Energiegewinnung - mit Ausnahme von früherem Mühlenbetrieb - auf, die weiten flachen Landstriche bieten jedoch die Möglichkeit der Windkraftnutzung.

Das durch die Lockergesteine geprägte Geopotential **Baugrund** als oberster Teil der Erdrinde, der durch bautechnische Maßnahmen beansprucht oder verändert wird, kann in Brandenburg überwiegend als gut eingestuft werden. Die Sande und Lehme sind durch den pleistozänen Eisdruck bereits verdichtet worden. Sande sind auch nachträglich gut verdichtbar. Bei Lehmen können größere Steineinlagerungen hinderlich sein. Hier können auch Sandlinsen mit Schichtwasser bzw. in Sanden Geschiebemergellagen mit schwebenden, nur lokal erkennbaren Grundwässern auftreten. Hoher

Grundwasserstand in den Urstromtälern und Flußauen wie auch Moorbildungen und Dünen sowie Interglazialschichten kennzeichnen einen ungünstigen Baugrund.

Das Geopotential Baugrund ist nicht nur in den Stadtgebieten anthropogen geprägt. Setzungsgefährdete Kippen und Halden von Braunkohlentagebauen und einsturzgefährdete Hohlräume des ehemaligen Braunkohlentiefbaus (s. Pkt. 9) erfordern insbesondere bei Bauvorhaben spezielle Sanierungsmaßnahmen.

Das Geopotential **Boden** als belebte, lockere, überwiegend klimabedingte oberste Verwitterungsschicht der Erdrinde, ist in Brandenburg im Wesentlichen aus quartärem Lockergestein, vornehmlich glaziären und periglaziären Sedimenten entstanden. Auf lehmig-schluffigem Untergrund sind Böden mit mittlerem Ertragspotential ausgebildet, die besten in der Uckermark mit Schwarzerdeanteilen sowie in der Oder- und Elbeniederung. Die ärmeren Böden auf Sand überwiegen. Vorherrschend sind Braunerden, daneben treten Parabraun- und Fahlerden, Podsol-, Gley- und auch Moorböden auf.

In den rekultivierten Bereichen des Lausitzer Braunkohlenreviers bestehen die Kippsubstrate aus anthropogen umgelagerten, pleistozänen und tertiären Sedimenten. Nach meliorativer Behandlung entwickeln sich daraus junge Böden mit geringem Entwicklungsstand. Böden, bei denen durch Umlagerungseinwirkung des Menschen die für Böden typische Aufgliederung in verschiedene Horizonte verlorengegangen ist, bilden eine spezielle Bodenart. Bei dem vorherrschend gemäßigten Klima sind alle Böden Brandenburgs land- und forstwirtschaftlich nutzbar (s. Kühn, in diesem Heft).

3. Nutzbare Grundwasserlagerstätten

Das **Grundwasser** als unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdkruste ausfüllt und das durch Versickerung von atmosphärischen Niederschlägen, teilweise auch von Fluß- und Seewasser oder künstlicher Bewässerung und Verrieselung in die Erdschichten gelangt ist, kann in Brandenburg nahezu an jeder Stelle erbohrt werden, wenn auch in unterschiedlichen Tiefen zwischen wenigen Dezimetern bis etwa 100 m. Brandenburg besitzt trotz der für das nordostdeutsche Flachland typischen, nur mäßigen Niederschläge von 500-650 mm pro Jahr durch im quartären und tertiären Lockergestein weiträumig ausgebildete Schicht- bzw. Porengrundwasserleiter ergiebige bis sehr ergiebige Grundwasserlagerstätten.

In etwa 100-300 m Tiefe treten die bis ca. 80 m mächtigen Tone und Schluffe der mitteloligozänen Rupelschichten als maßgeblicher Grundwasserstauer zwischen dem süßwasserführenden Grundwasserstockwerk und dem unterhalb des Rupeltones gelegenen Salzwasserstockwerk auf (s. Abb. 1 u. 6).

Die Lockergesteine des oberen, durchschnittlich 100-200 m mächtigen süßwasserführenden Grundwasserstockwerkes können im wesentlichen in drei aus Sanden und Kiessanden bestehende Grundwasserleiterkomplexe (GWLK, Abb. 1) mit zwischengelagerten grundwasserhemmenden Geschiebemergeln und tonigen Schluffen gegliedert werden.

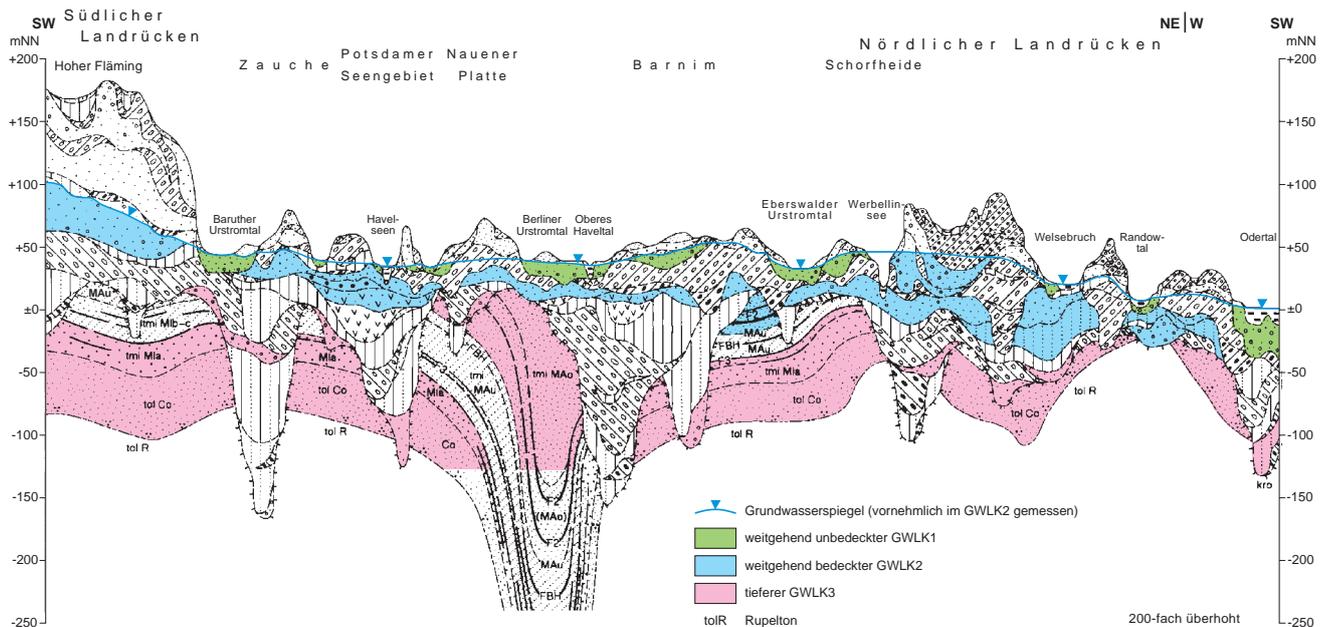


Abb. 1 Geologischer Schnitt bis zum Rupelton mit den nutzbaren Grundwasserleiterkomplexen im Land Brandenburg Geologie nach LIPPSTREU (Quartär) und JORTZIG (Tertiär)

Oberflächennah sind ein weitgehend unbedeckter GWLK 1 in Urstromtälern und Niederungen, z. T. auch in weichsel- und saalekaltzeitlichen Sanden höherer Gebiete und ein weitgehend von Geschiebemergel bedeckter, überwiegend quartärer GWLK 2 ausgebildet. Der GWLK 2 bildet in Brandenburg den überwiegend genutzten Hauptgrundwasserleiterkomplex. Zum GWLK 2 gehören allgemein

- saalekaltzeitliche Sande zwischen der Saale-I- und Saale-II-Grundmoräne, wenn die Saale-I-Grundmoräne erodiert bzw. nur in Relikten erhalten ist,
- frühsaalekaltzeitliche Sande,
- holsteinwarmzeitliche Sande,
- spätsterkaltzeitliche Sande,
- tertiäre Sande auf Tertiärhochlagen.

Auf etwa 1/10 der Fläche Brandenburgs sind grundwasserhemmende Holsteinschluffe in den GWLK 2 eingelagert. Nach einer 1996 von Ziermann und Zwirner aus der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe dargestellten Verbreitung und Tiefenlage des Holsteinkomplexes in Berlin-Brandenburg, verbunden mit der Kenntnis, dass die bindige Paludinenbank des Holsteins unter ± 0 m NN liegt, wurde diese Verbreitung in die Abbildung 2 aufgenommen. Ansonsten sind die holsteinzeitlichen Schichten überwiegend feinsandig ausgebildet.

In weiten Gebieten Brandenburgs sind sowohl der GWLK 1 als auch der GWLK 2 ausgebildet, im Elbe- und Odertal sowie den Urstromtälern sind beide meist übereinandergelagert und hydraulisch verbunden. Die Darstellungen in Abbildung 2 u. 3 entsprechen der Karte „Oberflächennahe Grundwasserleiterkomplexe“ im „Atlas zur Geologie von Brandenburg“. Nach Abschluss der im LGRB seit 1996 be-

gonnenen hydrogeologischen Kartierung dieser Grundwasserleiterkomplexe im Maßstab 1 : 50 000 werden präzierte Darstellungen vorgelegt werden.

Im Liegenden tritt der tiefere, überwiegend tertiäre GWLK 3 auf, zu dem auch Sande und Kiese in den nicht selten tief eingeschnittenen quartären Rinnen gehören. Der GWLK 3 ist zum Teil von elsterkaltzeitlichem Geschiebemergel, z. T. von tertiären Schluffkomplexen mit eingeschalteten Braunkohlenflözen überdeckt, z. T. - besonders im Lausitzer Braunkohlengebiet - durch Schluff- bzw. Braunkohle-Schichten untergliedert.

Die Grundwasserleiterkomplexe 1-3 führen Grundwasser, das über Niederschlag, Versickerung und Abfluß am Wasserkreislauf teilnimmt. Der unterirdische Abfluß in den GWLK folgt dem natürlichen Gefälle bzw. dem durch Absenkungstrichter bei der Grundwassergewinnung anthropogen geschaffenen Gefälle und fließt somit den Vorflutern bzw. den Wasserfassungen zu. Die Grundwasserfließrichtung ist in Brandenburg weitgehend auf die Elbe als Hauptvorfluter und ihre Nebenflüsse gerichtet, nur in einem relativ schmalen Bereich Ostbrandenburgs wirken Oder und Neiße als Hauptvorfluter. Der Grundwasserstand im känozoischen Hauptgrundwasserleiterkomplex, der dem GWLK 2 bzw. dem verbundenen GWLK 1 und 2 entspricht, nimmt von > 100 m NN im südlichen Landrücken (Fläming, Lausitz) und > 80 m NN im nördlichen Landrücken (Prignitz, Uckermark) auf unter 40 m NN im Bereich der mittelbrandenburgischen Urstromtäler ab. Im nordwestlichen Elbegebiet sinkt der Grundwasserspiegel auf unter 20 m NN und im Oderbereich bis unter 10 m NN (s. Abb. 3).

Es kann Grundwasser ausgehalten werden, das auf kurzem Wege am aktuellen Wasserkreislauf teilnimmt, das also geringen Alters ist, und Grundwasser, das sehr lange Verweil-

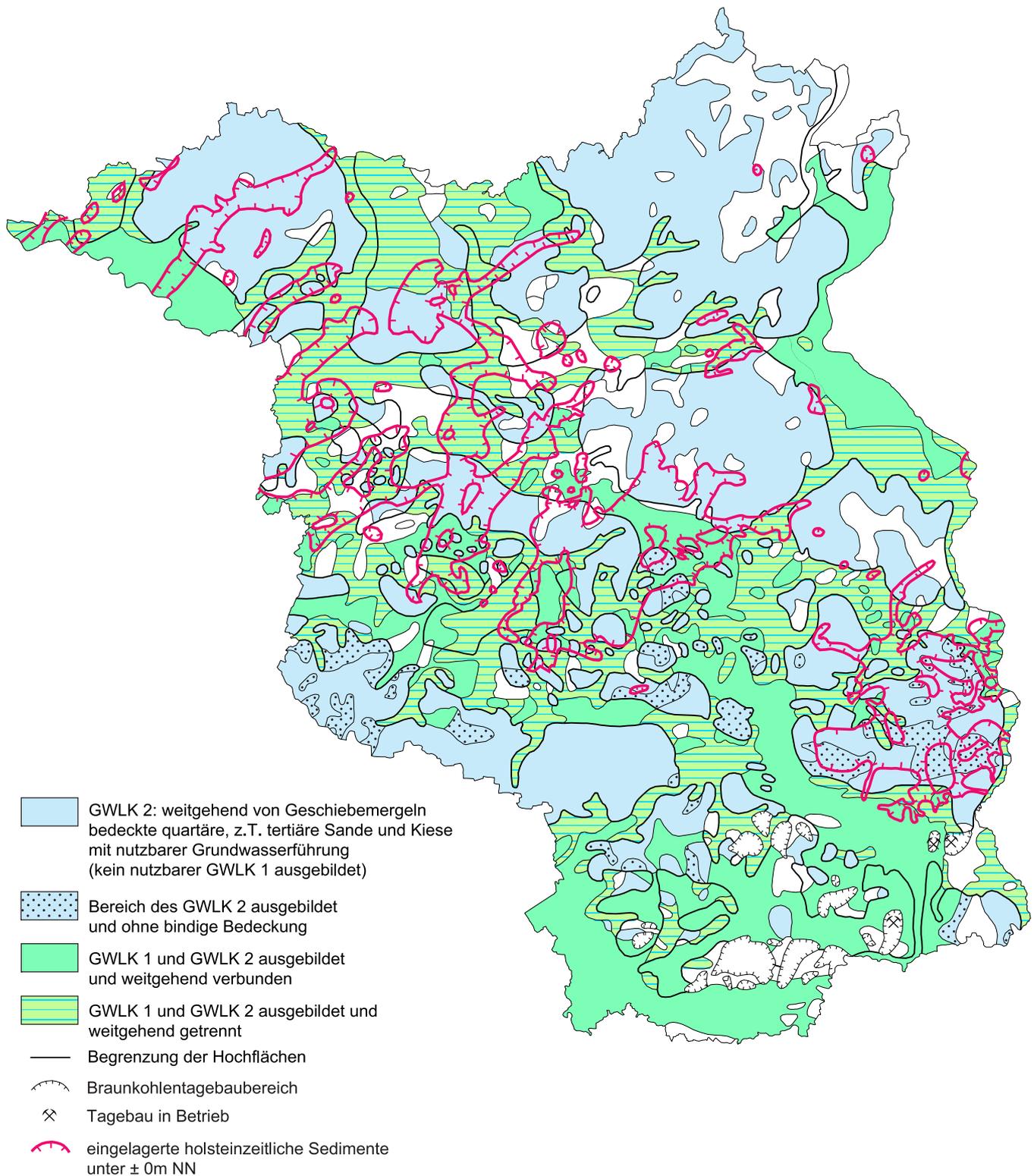


Abb. 2 Verbreitung des Hauptgrundwasserleiterkomplexes (GWLK 2) im Land Brandenburg

zeiten von mehr als 1 000 Jahren im Untergrund aufweist und damit nur in verzögertem bzw. eingeschränktem Maße am Wasserkreislauf teilnehmen kann.

Die vorwiegend nutzbaren oberflächennahen Grundwasserlagerstätten Brandenburgs treten in den GWLK 1 und GWLK 2 auf. Der GWLK 2 führt durch seine schützenden

Deckschichten im allgemeinen überwiegend sauberes Trinkwasser, bei dem vor einer Nutzung meist nur der Härtegrad und der Eisen- und Mangengehalt durch Aufbereitung verringert werden müssen. Die Gesamtmineralisation des Grundwassers liegt durchschnittlich bei 500-750 mg/l, die des tieferen Grundwassers im tertiären, z. T. auch elster-

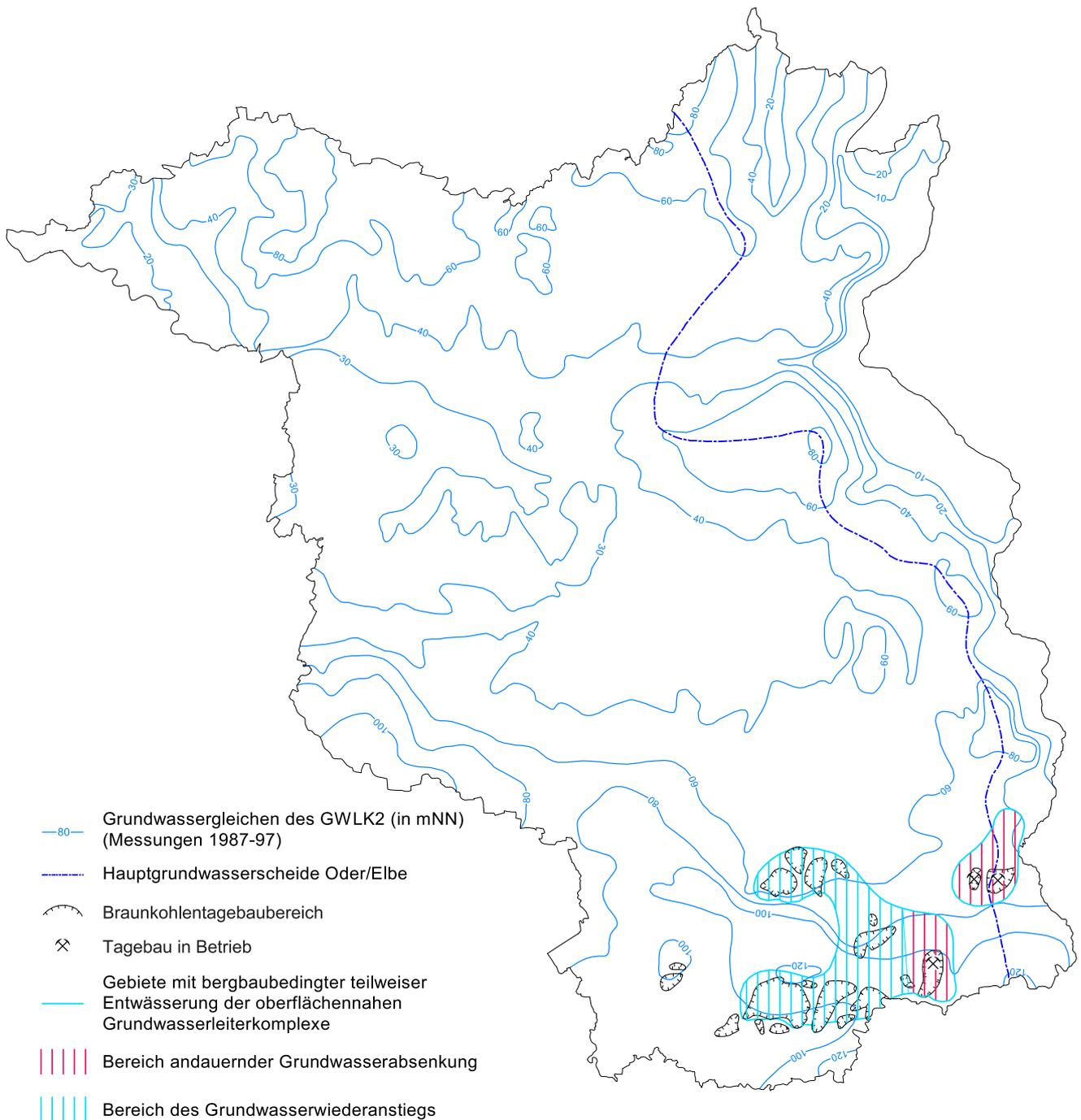


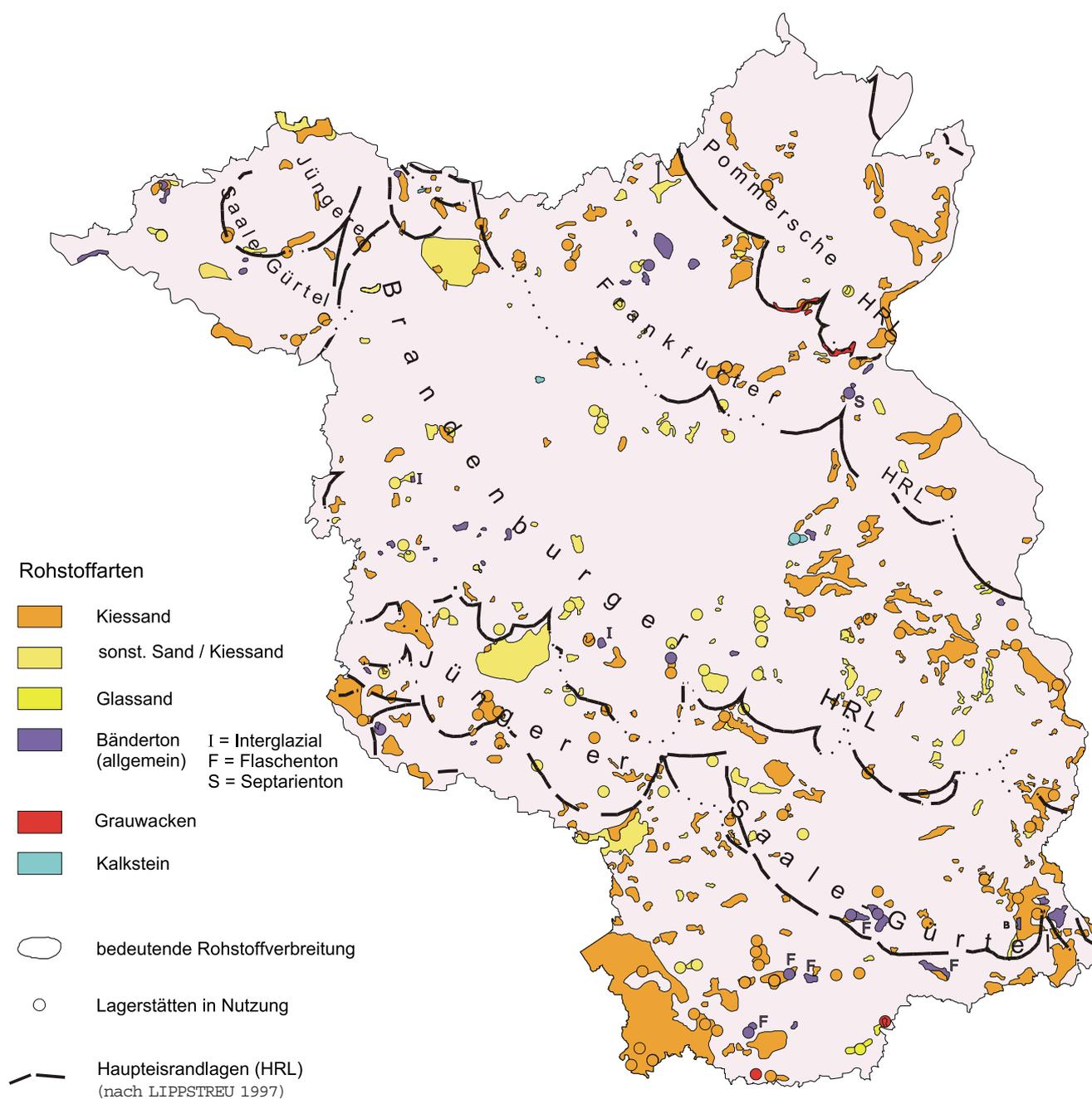
Abb. 3 Grundwassergleichen im känozoischen Hauptgrundwasserleiterkomplex des Landes Brandenburg

kaltzeitlichen GWLK 3 häufig unter 350 mg/l. Letzteres ist natrium- und sulfatarm und zur Mineralwassernutzung gut geeignet.

Dem Schutz des Grundwassers vor anthropogenen Schadstoffen kommt große Bedeutung zu. Bereits heute werden u. a. chlorierte Kohlenwasserstoffe aus industriell und militärisch verursachter Verunreinigung in einzelnen Wasserwerken beobachtet. In Brandenburg bestehen deshalb rund 1 000 Trinkwasserschutzgebiete. Mit der Umweltgeologischen Karte zum Rückhaltevermögen der Grundwasserüberdeckung (Hannemann et al. 1995) hat das LGRB eine Übersicht zur Schutzfunktion der Aerationzone vorgelegt.

Im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) wurde als Behördenausgabe eine „Karte der ungenutzten und teilgenutzten oberflächennahen Grundwasserlagerstätten des Landes Brandenburg“ erstellt (Hermsdorf et al., in diesem Heft). In diesen Grundwasserlagerstätten wurden Grundwasservorräte mit meist sehr guten Qualitätsparametern und einer Fördermenge von ca. 760 000 m³/d, was etwa dem Bedarf Berlins entspricht, als brandenburgisches Grundwasserreservoir für die Zukunft nachgewiesen.

Als grobe Schätzung können für die Grundwasserlagerstätten Brandenburgs insgesamt Grundwasservorräte von rd. 300 Mrd. m³ angegeben werden, wenn man bei den

**Verwendete Unterlagen:**

Rohstoffgeologische Karte von Brandenburg 1 : 50 000 (KOR 50),
LGRB Kleinmachnow (1997)

Abb. 4 Verbreitung von oberflächennahen Steine- und Erdenlagerstätten im Land Brandenburg

GWLK Porenvolumina von rd. 20 % ansetzt und einen durch aufsteigendes Salzwasser beeinträchtigten Teil von 20 % abzieht. Bei einer durchschnittlichen Grundwasserneubildung durch anteilige Versickerung der Niederschläge von etwa 3 l/s km² werden jährlich rund 3 Mrd. m³ Grundwasser, d. h. täglich fast 8 Mio m³ neugebildet. In der Wasserwirtschaft rechnet man mit einer aus der Neubildung effektiv gewinnbaren Grundwassermenge von täglich über 2 Mio m³, wovon z. Z. rund 1,5 Mio m³, d. h. das Dreifache des Bedarfs durch Brunnen erschlossen sind (MUNR 1996). Brandenburg ist zweifellos ein grundwasserreiches Land.

Nicht zu den Grundwasserlagerstätten Brandenburgs werden hier die Salzwässer unterhalb des Rupeltones gezählt. Bei diesen Salzwässern handelt es sich um **Thermalsolen**, eine Bezeichnung, die ab > 14,5 g/l Salzgehalt und bei Temperaturen > 22 °C verwendet wird. Diese Thermalsolen sind nicht am Wasserkreislauf beteiligt. Sie sind u. a. wegen ihres Jod- und Eisengehaltes als Heilwässer nutzbar. Thermalsolen können als mineralischer Rohstoff für eine balneologische Nutzung angesehen werden, hinsichtlich einer geothermischen Nutzung durch Wärmeentzug jedoch grundsätzlich dem Geopotential Erdwärme zugeordnet werden (s. Pkt. 6.).

4. Feste mineralische Baurohstoffe und Braunkohle

Die festen mineralischen Rohstoffe gliedern sich im wesentlichen in Steine und Erden, Energierohstoffe, Erze und Salze.

In den durchschnittlich über 150 m mächtigen känozoischen Lockergesteinen Brandenburgs (vgl. Abb. 1) sind Lagerstätten von Steinen und Erden vorwiegend als Baurohstoffe und von Braunkohle als Energierohstoff weit verbreitet.

Als quartäre Rohstoffe treten besonders Lagerstätten von **Kiessanden, Sanden und Tonen** auf. Sie sind generell an glaziale und periglaziale Bildungen gebunden. Wegen des mehrfachen Vorstoßens und Abtauens der Gletscher liegen häufig komplizierte Lagerungsverhältnisse vor.

Besonders günstige Abbaubedingungen weisen fluviatil gebildete Lagerstätten auf. Wirtschaftlich bedeutende und die qualitativ besten Kiessandlagerstätten Brandenburgs mit uneingeschränkter Nutzungseignung für die Bauindustrie als Betonzuschlagstoff sind in den spätpleistozänen-frühholozänen Terrassenbildungen der Elbe (Kreis Elbe-Elster) enthalten. Sie bilden weitflächig zusammenhängende und homogene Rohstoffkörper von mehr als 40 m Mächtigkeit. Die hier gewinnbaren Vorräte werden auf ca. 5 Mrd. t geschätzt. Ihr Kiesanteil liegt bei 50 %. Weniger mächtig und mit geringeren Kiesgehalten sind analoge Lagerstätten im Odergebiet ausgebildet (Kreis Barnim). Mittelpleistozän entstandene Terrassen des Berliner Elbelaufs sind im Raum südlich Berlins bekannt. Diese sind jedoch durch saale- und weichselzeitliche Ablagerungen bedeckt und nur in Einzelaufschlüssen in glazigen aufgeschobenen Schollen zugänglich.

Überwiegend sind die Sand- und Kiessandlagerstätten Brandenburgs glazifluviatil durch Schmelzwässer der Gletscher gebildet worden. Rohstoffgenetisch relevant sind dabei Sander, endmoränenartige Aufschüttungen und intraglaziär gebildete Kames und Oser. Lagerstätten diesen Ursprungs folgen den Eisrandlagen des Saaleglazials (z. B. Lausitzer Grenzwall, Niederer und Hoher Fläming) im Süden und Südosten sowie des Weichselglazials (Endmoränenzüge des Brandenburger Stadiums und der Frankfurter Randlage) im Zentralteil und im Norden des Landes. Charakteristisch für diese Lagerstätten sind deren horizontal und vertikal wechselnder Aufbau, Kiesgehalte von meist $\leq 20\%$, selten über 30 % und z. T. Anteile an abschlämmbaren Bestandteilen größer als 4 %. Hierdurch ist ein erhöhter Aufwand zur Aufbereitung (Siebung, Fraktionierung, Wäsche) notwendig, bevor das Material in der Bauindustrie verwendet werden kann.

Im Vorland von Eisrandlagen kam es in Geländedepressionen zur Ablagerung von Staubeckenschluffen und -tonen (Bänderton). Typisch für diese glazilimnischen Sedimente ist eine rhythmische Feinschichtung überwiegend toniger und überwiegend feinsandiger Schlufflagen. Größere Vorkommen und Lagerstätten sind im Vorland der Pommerschen Eisrandlage im Norden des Landes, im Gebiet des Brandenburger Stadiums im Mittelteil sowie im Altmoränengebiet im Süden und äußersten Nordwesten Brandenburgs geologisch untersucht und bei Mächtigkeiten von $> 6-8$ m bereits in großem Umfang abgebaut worden.

In den holozänen Flußauen der Elbe, Oder und Havel kam es zur Ablagerung von **Auelehmen**. Diese stellen einen qualitativ hochwertigen Rohstoff für die Ziegelindustrie dar, besitzen aber auch einen außerordentlich hohen Ackerbodenwert.

Der derzeitige Kenntnisstand über die Verbreitung der Steine- und Erdenlagerstätten ist im LGRB flächendeckend kartiert und in 85 Karten im Maßstab 1 : 50 000 dargestellt worden. Eine generalisierte Darstellung entsprechend der 2. überarbeiteten Karte 1 : 300 000 des LGRB (Pawlitzy & Liersch 1998) mit Ergänzungen zeigt Abbildung 4.

Bedeutendster Rohstoff im Tertiär Brandenburgs ist die **Braunkohle**. Zur Zeit des Miozäns befand sich Brandenburg im Übergangsbereich zwischen einer von der Nordsee ausgehenden großen Meeresbucht und großen Schuttfächern im Vorland der heutigen Mittelgebirge. Begünstigt durch das tropische Klima herrschten ideale Voraussetzungen für die Bildung von ausgedehnten Mooren, aus denen in der Lausitz 4 Flözhorizonte hervorgingen. Nach Norden lassen sie sich im Untergrund - durch weiträumige Ausräumungszonen unterbrochen - z. T. bis nach Mecklenburg verfolgen, nehmen aber an Mächtigkeit und Reinheit ab. Eingeschaltet sind die Flöze in mächtige Sand-, Schluff- und Tonschichten.

In der DDR waren die Braunkohlenlagerstätten bis in den Raum östlich Berlin und in Mecklenburg intensiv untersucht worden. Die Abbildung 5 zeigt nur das derzeit wirtschaftlich relevante Gebiet der Niederlausitz. Das bauwürdige 2. Lausitzer Flöz erreicht in den Braunkohlenlagerstätten der Niederlausitz durchschnittliche Mächtigkeiten von 8 bis 14 m und liegt im Abbaubereich in 40 bis 100 m Tiefe (s. Nestler, in diesem Heft).

Weitere Rohstoffpotentiale des tertiären Deckgebirges stellen die z. T. sehr mächtigen **marinen Tone** dar. Am weitesten verbreitet ist hiervon der oligozäne Rupelton, der als

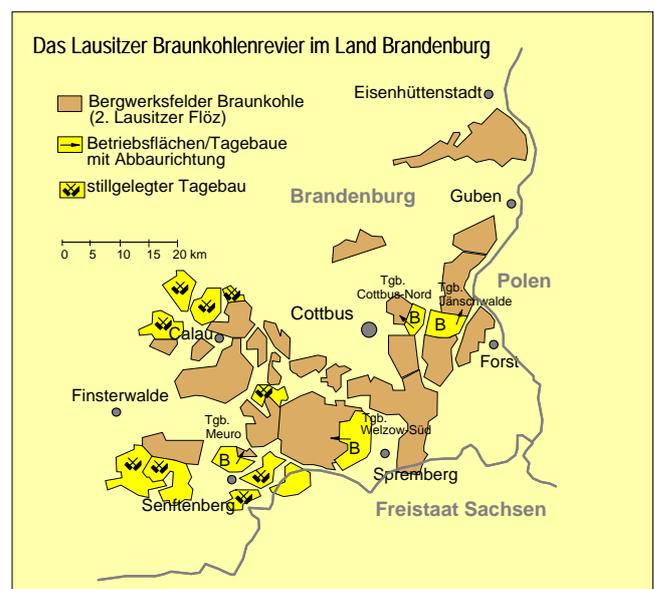


Abb. 5
Das Lausitzer Braunkohlenrevier im Land Brandenburg

keramischer Rohstoff Verwendung findet. Wegen seiner Teufenlage können Lagerstätten des Rupeltones nur in glazial verfrachteten Schollen innerhalb pleistozäner Ablagerungen erschlossen werden. Als Begleitrohstoff im Deckgebirge der Braunkohle tritt als hochwertiger grobkeramischer Rohstoff der sogenannte Flaschenton (Miozän) auf.

Im prätertiären Festgesteinsuntergrund Brandenburgs sind die vom Perm bis zur Kreidezeit gebildeten Schichten der Norddeutschen Senke und die in Südostbrandenburg z. T. an der Erdoberfläche auftretenden älteren Gesteine des variszischen Grundgebirges bezüglich mineralischer Rohstoffvorkommen zu bewerten. Die Gesamtmächtigkeit der Senkenfüllung erreicht in den beckenzentralen Teilen Nordwest-Brandenburgs mehr als 5 000 m, nach Südosten hebt sich die Senke bis zu den Mitteldeutschen Hauptabbrüchen allmählich heraus (s. Abb. 6).

berechnungen bzw. nach dem geologischen Kenntnisstand geschätzten nutzbaren Steine-Erden-Rohstoffvorräte zusammengestellt.

Die Nutzbarkeit von Kiesen und Sanden wird allerdings dadurch eingeschränkt, daß diese Lagerstätten zugleich Grundwasserlagerstätten darstellen und dafür z. T. erhalten bleiben müssen. Insbesondere bei Baurohstoffen kommt hinzu, daß sie sehr transportpreisabhängig sind, so daß die Nähe zum Verbraucher entscheidend für ihre Nutzbarkeit ist. Nutzungseinschränkungen durch den Bedarf der Räume für Land- und Forstwirtschaft, Erholung, Natur- und Landschaftsschutz sind generell bei mineralischen Rohstoffen, die im Tagebau mit erheblichem Flächenbedarf gewonnen werden, gegeben. Deshalb spielt die Rohstoffsicherung gegenüber anderen Nutzungsinteressen und zur Rohstoffvorsorge für die Zukunft eine wichtige Rolle (s. Höding in diesem Heft).

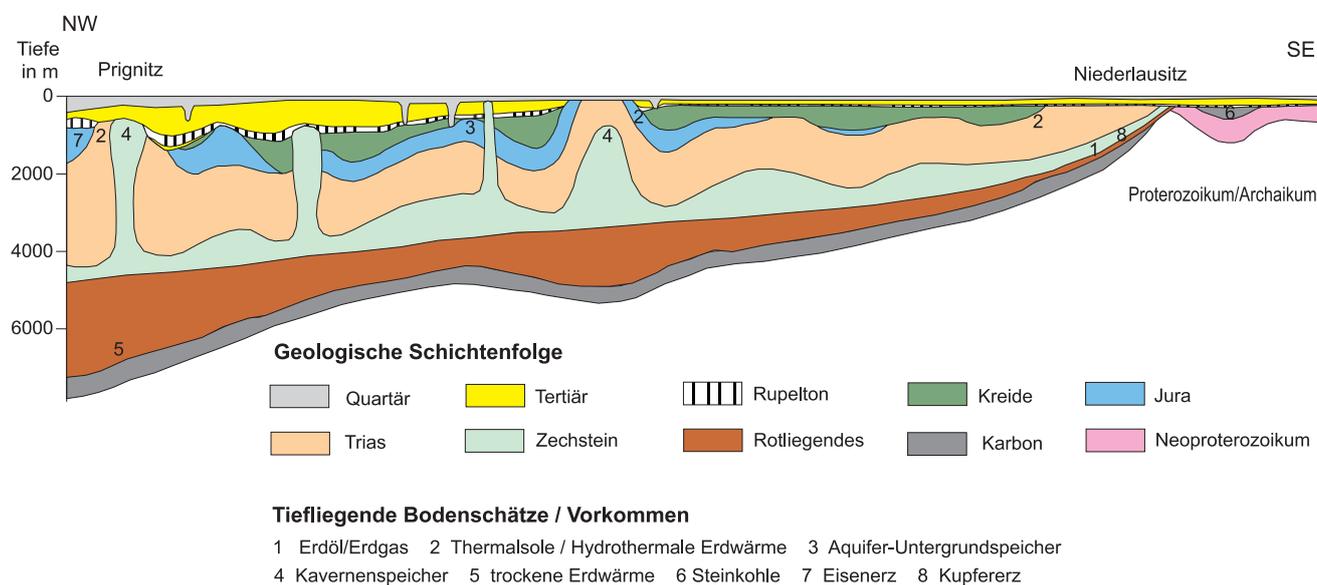


Abb. 6 Vereinfachter und schematischer geologischer Schnitt durch Brandenburg mit Kennzeichnung der Geopotentiale (vgl. Atlas zur Geologie von Brandenburg, ergänzt)

Die Senke ist vor allem von mächtigen **Vulkaniten, Salzgesteinen, Sand-, Ton- und Kalksteinen** gefüllt. Vorkommen fester mineralischer Rohstoffe können in den Festgesteinen im Untergrund Brandenburgs allein wegen ihrer Tiefenlage - bis auf wenige Aufragungen - kaum Abbauwürdigkeit erlangen. Die in der Lausitz teilweise anstehenden proterozoischen Lausitzer **Grauwacken** sind als Festgesteinsrohstoffe verwendbar, der Rothsteiner Felsen steht heute unter Naturschutz. Lokal sind die Schichten der Senkenfüllung durch die Salzfließbewegungen des Zechsteinsalzes aufgewölbt worden. Als Folge eines solchen Salzaufstieges ist auch der **Rüdersdorfer Muschelkalk**, die einzige bedeutende Kalksteinlagerstätte Brandenburgs, in Oberflächennähe gelangt (vgl. Abb. 4 u. 6).

Als Relikt ehemaligen Gipsabbaus ist der nur noch in Resten an der Oberfläche anstehende Zechstein-Gips über dem Salzstock Sprenberg zu nennen, der heute als Geotop schutzwürdig ist. In der Tabelle 2 wurden die durch geologische Vorrats-

Bei im Tiefbau bzw. Bohrlochbergbau gewinnbaren Bodenschätzen bestehen solcherart Nutzungskonflikte in weit geringerem Maße. Ein Tiefbau käme allerdings nur für hochwertige feste mineralische Rohstoffe in Frage. Dazu gehören Erz-, Steinkohle- und Kalisalzlagerstätten. Die Suche nach Erz- und Steinkohlelagerstätten, die die Entwicklung der Montanindustrie bis weit in unser Jahrhundert bestimmte, konnte in Brandenburg aufgrund der geologischen Situation nur zu bescheidenen Ergebnissen führen. Als mineralische Rohstoffe ohne gegenwärtige wirtschaftliche Bedeutung sind der Anthrazit von Doberlug-Kirchhain als unterkarbones Steinkohlevorkommen geringer Größe ab 200 m Tiefe, das Eisenerz in der westlichen Prignitz mit geringen Gehalten jurassischer Eisenoolithe in 600 - 1 000 m Tiefe und das Kupfererz Spremberg mit Metallgehalten von Kupfer, Blei, Zink und Silber im Kupferschiefer an der Zechsteinbasis in 900 - 1 400 m Tiefe zu nennen (s. Abb. 7).

Tab. 2 *Nutzbare Steine- und Erden-Rohstoffvorräte im Land Brandenburg*

Glassande	rd.	15 Mio t
Tone		100 - 250 Mio t
Kalksteine		150 - 325 Mio t
Grauwacke	rd.	300 Mio t
Betonkiese	rd.	5 Mrd t
Sande / Kiessande	rd.	100 Mrd t

Auch abbauwürdige Kalisalzlagerstätten treten in Brandenburg nicht auf. Die mächtigen Zechsteinsalzablagerungen im Untergrund gelangen in zahlreichen Salzstrukturen lokal in ein dem Bergbau zugängliches Teufenniveau von < 1 000 - 200 m unter Gelände. Gegenüber den traditionellen Revieren des Salzbergbaus (Teufen bis unter 1 000 m) liegen in Brandenburg jedoch geringe Kaligehalte und sehr komplizierte montanhydrogeologische Verhältnisse vor. Salzstrukturen, insbesondere Salzstöcke erlangen dagegen für die Anlage von Kavernenspeichern Potentialwert (s. Pkt. 7).

5. Erdöl- und Erdgasvorkommen

Als fossiler Energierohstoff wurden in Brandenburg neben der Braunkohle in geringem Umfang auch **Erdöl- und Erdgaslagerstätten** nachgewiesen. Die geologischen Voraussetzungen zur Bildung von Lagerstätten dieser flüssigen und gasförmigen mineralischen Rohstoffe - Vorhandensein von Muttergestein, Speichergestein, Fallen - sind in den Zechsteinschichten in Südostbrandenburg gegeben. Die meisten Erdöl-/Erdgas-Lagerstätten befinden sich in porösen und klüftigen Karbonaten des Staßfurtkarbonats in Tiefen von 1 150 bis 2 750 m. Es wurden 29 Lagerstätten von geringer Ausdehnung ermittelt (vgl. Abb. 7). Am hoffigsten erwies sich der Bereich der Wellmitzer Lagune in Ostbrandenburg zwischen Eisenhüttenstadt und Guben. Zum gegenwärtigen Abbaustand siehe Pkt. 10. Außerhalb des Staßfurtkarbonats wurde nur noch eine Erdgaslagerstätte im Rotliegendesandstein in 3 100 m Tiefe unter Rüdersdorf entdeckt. Das Gas weist hier jedoch einen hohen Stickstoffanteil auf, ist aber wegen seines Heliumanteils wirtschaftlich interessant. Einen Überblick über die Erdöl-Erdgas-Exploration in Brandenburg hat Schretzenmayr (1998) in dieser Zeitschrift gegeben.

Aufgrund der intensiven Untersuchungen in der Vergangenheit kann ausgeschlossen werden, daß in Brandenburg sowohl in den regional verbreiteten Sandsteinen des Mesozoikums (wie etwa im Raum Hannover und Emsland) als auch in den Sandsteinen des Rotliegenden (wie in der Lagerstätte Salzwedel-Peckensen der Altmark) Erdöl/Erdgas bzw. Erdgaslagerstätten von Bedeutung zu erwarten sind und auch für die Karbonate des Zechsteins kann eingeschätzt werden, daß keine geologischen Voraussetzungen für eine wirtschaftlich bedeutsame Erdöl-/Erdgasförderung gegeben sind (Beer & Eckhardt 1993).

Auf der Suche nach Erdöl-/Erdgaslagerstätten wurde bei Pröttlin nordwestlich von Perleberg (Prignitz) die mit 7 008 m gegenwärtig tiefste Bohrung Brandenburgs geteuft.

6. Erdwärme als geogenes Energiepotential

Die **Erdwärme** stellt ein enormes Geopotential im Untergrund dar. Im Erdkern werden Temperaturen von mehr als 5 000 °C erreicht. Zwischen dem Erdkern und der Erdoberfläche tritt ein ständiger geringer Wärmefluß auf. Etwa 30 % dieser Wärmeenergie entstammt der Ursprungswärme aus dem Entstehungsprozeß der Erde vor 4,5 Mrd. Jahren, 70 % dem natürlichen Zerfall radioaktiver Elemente in der Erdkruste. Die Temperaturen der Erdschichten nehmen also vom Erdinnern nach außen ab bzw. entsprechend der geothermischen Tiefenstufe je 100 m Tiefe um ca. 3 °C zu. Die Erdwärme ist dabei sowohl in der Gesteinsmatrix als auch in den flüssigen und gasförmigen Inhaltsstoffen gespeichert.

In den tiefliegenden Gesteinsserien, besonders in den Rotliegend-Vulkaniten in 3 500 - 7 000 m Tiefe (s. Abb. 6), treten Temperaturen über 150 °C auf. Das Wärmepotential dieser tiefliegenden Gesteine liegt als eventuell in Zukunft nutzbarer perspektivischer Bodenschatz vor (sog. **trockene oder tiefe Erdwärme**). Eventuell geeignete Gesteine mit hohen Mächtigkeiten sind in Abbildung 7 ausgewiesen. Die Erdwärme kann aus jeder Teufe über Erdwärmesonden - Beispiel Prenzlau - gewonnen werden (s. Pkt. 10).

In 2 000 m Tiefe treten in Abhängigkeit von der geologischen Situation überwiegend Temperaturen zwischen 60 - 90 °C, in 4 000 m Tiefe bereits um 150 °C auf (s. Beer & Hurtig, in diesem Heft). Das Wärmepotential der bis in diese Tiefe und darüber hinaus im Untergrund Brandenburgs auftretenden Gesteine, insbesondere der mesozoischen, z. T. hochporösen Sandsteinschichten, ist über die darin enthaltenen **Thermalsolen** als Wärmeträger nutzbar, indem der über Bohrungen geförderten und anschließend wieder zurückgeleiteten Sole Wärme entzogen wird (**hydrothermale Erdwärme**, vgl. Abb. 7). Thermalsolen sind in Aquifere im tieferen Tertiär, in der lokal klüftigen Oberkreide, der Unterkreide, in Jura und Trias und unterhalb des Zechsteinsalzes im Rotliegenden und in klüftigen Gesteinen des kristallinen Grundgebirges enthalten. Als wirtschaftlich besonders geeignet erwiesen sich Jura-Sandsteine des Hetting und Sinemur und der Contortasandstein des Rätkeuper in der oberen Trias. Im nördlichen und südöstlichen Brandenburg wurden nutzbare Aquifere in 1 000 - 1 700 m Tiefe mit Mächtigkeiten von 20 bis mehr als 50 m und Temperaturen um 50 - 67 °C mit Thermalsolen bei 160 - 170 g/l Salzgehalt erbohrt. Im mittleren und südwestlichen Brandenburg wurden nutzbare Thermalsolen in 400 - 800 m Teufe mit geringeren Temperaturen erbohrt. Auf der Abbildung 7 sind Standorte verzeichnet, bei denen eine Thermalsolenutzung - allerdings vor allem unter balneologischem Aspekt - z. T. bereits vorbereitet worden ist (s. Manhenke u. a. in diesem Heft).

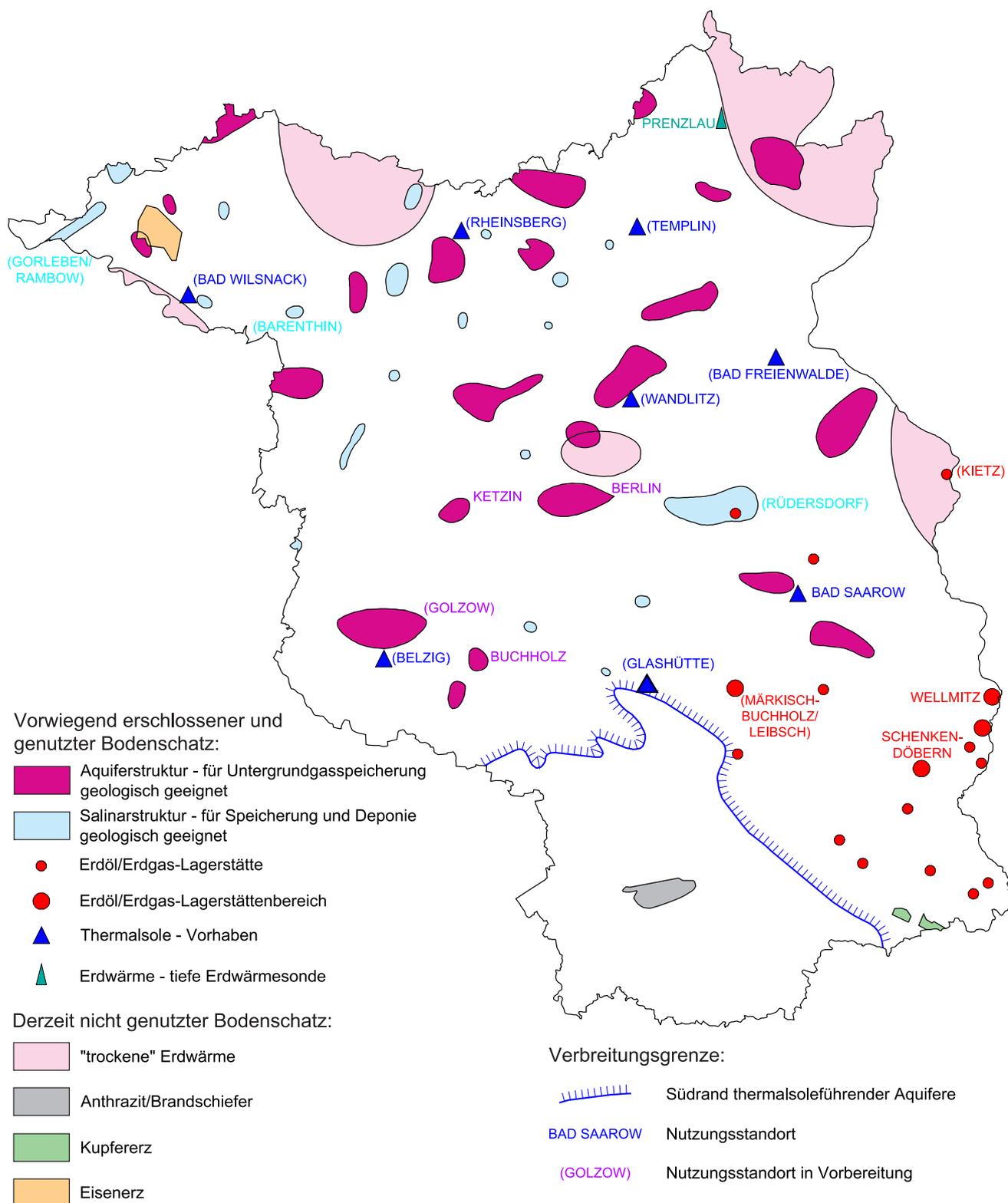


Abb. 7

Verbreitung tiefliegender Geopotentiale im Land Brandenburg (nach BEER & ECKHARDT in Atlas zur Geologie von Brandenburg)

Auch die **oberflächennahe Erdwärme** mit Temperaturen von 8 - 15 °C in 2 - 150 m Tiefe lässt sich über Sonden und Wärmepumpen gewinnen (Kruse & Heidelck 1997). Die Wärme regeneriert sich durch Solarstrahlung, Grundwasserneubildung, geothermischen Wärmefluss und fließendes Grundwasser (s. Bussmann u. a. 1991 u. 1997).

7. Sandstein und Salzgesteine als Speicherpotentiale

Brandenburg verfügt im Untergrund über ein besonders perspektivreiches Geopotential, das sich zur unterirdischen behälterlosen Speicherung eignenden geologischen

Gesteinsformationen des Zechsteinsalzes und der mesozoischen Sandstein-Aquifere im Mittleren Buntsandstein sowie vom Keuper bis zum mittleren Jura.

Geologische Speicherformationen werden zunehmend für die Zwischenlagerung von Gas, eventuell auch flüssigen Energieträgern und zur Wärmespeicherung sowie z. T. als unterirdische Deponie für Sonderabfälle Bedeutung erlangen. Es eignen sich einerseits Salzstöcke und Salzkissen mit Steinsalzmächtigkeiten > 150 m und Tiefenlagen der Steinsalzoberfläche bis etwa 1 000 m. Maßgebend für die Eignung ist, dass kompakte Salzgesteine infolge ihrer hygroskopischen Eigenschaft undurchlässig sind. Zahlreiche derartige Salzstöcke und -kissen sind nachgewiesen. In Salzdiapiren ist das Salz bis über 2 000 m mächtig. Es können über Bohrungen durch Wasserausspülung Kavernen ausgesolt werden, die dann als Speicher nutzbar sind. Im LGRB wurden 31 perspektive Salinarstrukturen (Salzstöcke bzw. Salzkissen) auskartiert (Abb. 7). Davon weisen 23 Strukturen Salzmächtigkeiten > 2 000 m mit geringen Teufenlagen der Steinsalzoberfläche überwiegend zwischen 100 - 500 m auf; 4 dieser Strukturen und die übrigen 8 sind wegen komplizierter Tektonik bzw. geringerer Mächtigkeit bzw. Teufen zwischen 1 000 - 1 500 m eingeschränkt perspektiv.

Von Bedeutung sind andererseits mesozoische Sandsteine in strukturellen Hochlagen, wenn sie durch abdichtende tonige Deckschichten gesichert sind. Bewertet und z. T. genutzt wurden bisher vor allem Aquiferstrukturen in Tiefenlagen von 300 bis etwa 1 400 m. Solche Strukturen sind für die Untergrundgasspeicherung geeignet. Durch Einleiten von Gas wird das Schichtwasser verdrängt und es entsteht eine künstliche Gaslagerstätte, die entsprechend des jahreszeitlichen Bedarfs wieder genutzt werden kann. Geeignet sind natürlich auch abgebaute Erdöl- und Erdgaslagerstätten. Im LGRB wurden 23 perspektive Sandsteinstrukturen in Teufen zwischen 500 - 1 400 m auskartiert, wovon zwei bereits genutzt werden (Abb. 7).

Südlich der Verbreitzungszone mesozoischer Aquifere verfügt Brandenburg weder über geeignete Sandstein- noch Zechsteinsalzstrukturen. Detaillierte Angaben zum Stand und der Entwicklung der Untergrundgasspeicherung bringen Eckhardt & Beer in diesem Heft.

Geologische Schichten können auch zur **Wärme- und Kältespeicherung** genutzt werden. Auch hierzu bieten sich poröse Locker- und Festgesteine an. Rockel et al. stellen in diesem Heft ein Konzept für den Reichstag in Berlin vor.

8. **Überschwemmung und Grundwasserversalzung als ungünstige Geopotentiale Brandenburgs**

Nicht unbedeutend für die Lebensbedingungen ist, dass ungünstige Geopotentiale wie Vulkanismus und Seismizität geologisch bedingt in Brandenburg nicht auftreten bzw. bedeutungslos sind, Landversatz wie Küstenabbau sowie Erdbebenprozesse an Berghängen mangels Küsten und entsprechenden Bergen nicht möglich und ehemalige Versumpfungsgebiete weitgehend trockengelegt sind.

Als ungünstige Geopotentiale sind für Brandenburg Überschwemmungen und Grundwasserversalzung zu nennen. Im eng begrenzten Auenbereich der Flüsse Oder und Elbe, auch Havel, Spree, Schwarze Elster und Neiße bestehen Überschwemmungsgebiete, die innerhalb von Deichen oder als Flutungspolder bei Hochwasser vorgehalten werden. Deiche können als ein anthropogenes Geopotential angesehen werden, das die natürliche Ausbreitung der Oberflächengewässer bei Hochwasser verhindert und eine Besiedlung der geschützten Gebiete ermöglicht. Die Gefahr von **Überschwemmungen** bleibt allerdings bestehen (vgl. Niesche & Krüger 1998).

Brandenburgs Grundwasserlagerstätten (s. Pkt. 4) können durch aufsteigende Salzwässer gefährdet werden. Salzwasser steigt dort auf, wo bei natürlichem Wasserabfluss und/oder Wasserförderung im Brunnen verstärkt Grundwasser aus der Tiefe nachströmt und wo im Untergrund in tiefreichenden Quartärrinnen der Rupelton, der in der Regel das Salzwasserstockwerk nach oben begrenzt, ausgeräumt wurde (s. Sonntag & Lippstreu, Karte 6 und Jortzig, Karte 8 in Atlas zur Geologie von Brandenburg) und in der Rinne durchlässige Bereiche vorhanden sind. Die **Versalzung** in Oberflächennähe ist ein ungünstiges natürliches Geopotential, auch wenn es im Mittelalter einige Versuche zur Salzgewinnung aus Salzwasser gegeben hat. Besonders in Urstromtälern - vornehmlich im Bereich des Berliner und Baruther Urstromtals - ist Salzwasser bereits bis an die Oberfläche vorgedrungen. Vorstellungen über paläohydrogeologische Grundlagen der Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze und der Salzwasserausstritte in Brandenburg haben Hannemann & Schirrmeister (1998) dargelegt.

9. **Anthropogene Geopotentiale**

Zu diesem Punkt sollen einige Vorbemerkungen gegeben werden.

Veränderungen, die in der Erdrinde in erster Linie durch den Bergbau, aber auch durch hydrotechnische Anlagen und andere Einmischungen des Menschen bewirkt werden, sind zum Teil nicht umkehrbar und verbleiben als neue Geopotentiale. Zu den **Massenschüttungen** sind z. B. Halden, Kippen, Deponien und Deiche zu rechnen. Hohlräume treten insbesondere durch Lagerstättenabbau sowohl als Restlöcher von Tagebauen als auch als unterirdische Strecken etc. und auch z. B. durch Kanalbauten weiträumig auf. Der Mensch verändert Geopotentiale u. a. auch durch Flussbegradigungen, Entwässerung, Trockenlegung, Versiegelung von Flächen. Stoffanreicherungen können durch Abprodukte, Verrieselung, Düngung, Radioaktivität, Milieuveränderung zu bemerkenswerten nutzbaren oder schädlichen Potentialen der Erde werden.

Bei Neumann-Mahlkau (1996) findet man folgende Angaben zu anthropogenen Massenschüttungen u. a.:

- Massenverlagerung durch Bergbau weltweit 17,8 km³/a, bei der Sand- und Kiesproduktion allein der USA 1,3 km³/a,
- technisch bewegtes Massenvolumen gesamt einschließlich Straßenbau, Kanalbau ca. 35 km³/a,

- Erhöhung der Sedimentfracht der Flüsse von natürlich 4,5 km³/a durch menschliche Einwirkung auf 26 km³/a,
- Stoffanreicherung von Versauerungspotential durch Verlagerung von 46 Mio t Bisulfid vom reduzierenden ins oxydierende Milieu beim Kohleabbau.

Im Folgenden sollen für Brandenburg nur bergbaubedingte anthropogene Geopotentiale dargestellt werden.

In Brandenburg wurden vor allem im Niederlausitzer Braunkohlenrevier Abraummassen von mehreren Milliarden m³ gewonnen und auf Kippen und Halden umgelagert. Diese Flächen nehmen einschließlich der Altkippen rd. 500 km² ein. Die natürlichen Boden-, Baugrund-, Gelände- und Schichtlagerungsverhältnisse und damit die Grundwasserfließverhältnisse sind hier gestört. Die Nutzung erfordert Sanierungsaufwand. Nachträgliche Setzungen des Bodens können auftreten und erfordern für Baumaßnahmen spezielle Verdichtungen. Außerdem bestehen mehr als 200 km nicht begehbare rutschungsgefährdete Kippenböschungen.

Zahlreiche **Tagebaurestlöcher** werden als zukünftige Restseen entstehen. Als größere Seen sind u. a. die Restseen Gräbendorf, Greifenhain, Klinge, Schönfeld, Kahnsdorf, Bischdorf, Lichtenau, Drehna, Beesdau/Schlabendorf, Bergheide, Heidesee, Meuro, Sedlitz, Skado und Koschen, später Cottbus-Nord, Welzow-Süd und Taubendorf zu nennen. Die Restseen bilden als Wasserspeicher und Badeseen ein nutzbares Geopotential. Als bekannte Erholungsgebiete werden der Helensee bei Frankfurt/Oder und der Senftenberger See genutzt.

In der Restloch-Datenbank des LGRB sind insgesamt 1 785 Restlöcher des Landes Brandenburg erfaßt, davon aus dem Abbau von Braunkohle 231, Torf 24, Sand/Kies 787, Ton/Lehm/Mergel 367, Kalk und Gips 4; 372 sind noch nicht zugeordnet.

Die Fläche der Restlöcher kann nur grob geschätzt werden, da oftmals keine bzw. nur geschätzte Größenangaben vorliegen:

Braunkohle ca. 10 000 ha; Torf 58 ha, Sand/Kies 700 ha, Ton/Lehm/Mergel 853 ha, Kalk und Gips 4 ha, insgesamt 11 615 ha.

Von den Restlöchern werden 65 % nachgenutzt:

Einlagerung von Müll, Bauschutt u. ä.	30 %
Angelgewässer	20 %
Badegewässer	13 %
sonstige Nutzung (Fischzucht u. ä.)	2 %

Außerdem erfolgt in den meisten Fällen eine forstwirtschaftliche Nutzung der umgebenden Kippenböden.

Hohlräume des früheren Braunkohlentiefbaus, die in der Regel unverfüllt gelassen worden sind, beeinträchtigen etwa 2,2 % der Fläche Brandenburgs, da sie einsturzgefährdet sind und weiterhin zu Tagesbrüchen führen können. Sie stellen in jedem Fall einen ingenieurtechnisch geschwächten Teil der Erdoberfläche und damit eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit dar (Brose 1994, s. auch Karte 17, in Atlas zur Geologie von Brandenburg). Hohlräume des Braunkohlentiefbaus bilden somit wegen der von ihnen ausgehenden Bruchgefahr ein ungünstiges Potential.

Als Auslöser bedeutender **Stoffanreicherung** infolge des Braunkohlenbergbaus hat sich die Verlagerung des in den tertiären Schichten auftretenden FeS₂ in Abraumkippen und im ungestörten Schichtbereich der mit der Grundwasserabsenkung verbundene Sauerstoffzutritt erwiesen. Diese Verlagerung vom reduzierenden ins oxydierende Milieu führt zur Bildung von löslichen Sulfaten mit einem erheblichen Versauerungspotential für die durchströmenden Grundwässer. Für den Tagebau Schlabendorf-Süd wird z. B. ein Pyritüberschuß von 36 Mio t mit einem entsprechend hohen Versauerungspotential berechnet. Eine Versauerung des Grundwassers wird jedoch räumlich begrenzt bleiben. Als kritisch wird der Sulfatgehalt bewertet, der in Kippenwässern um 1 200 - 1 500 mg/l (Trinkwassergrenzwert 240 mg/l) liegt (Wurl et al. 1998).

Bei Berücksichtigung der geringen Grundwasserfließgeschwindigkeit von 20 bis max. 60 m/a und des Vermischungseffektes durch Grundwasserneubildung sowie durch Einbringen von Oberflächenwasser zur rascheren Restseefüllung ist die Reichweite erhöhter Sulfatwerte im Grundwasserabstrom prognostisch recht sicher einzugrenzen (Schirrmeister et al. 1998, Hänel & Manhenke 1998).

10. Gegenwärtige Nutzung des Geopotentials

Der Umfang des Abbaus der festen, flüssigen und gasförmigen Rohstoffe, der Gewinnung von Erdwärme und Grundwasser sowie der Nutzung unterirdischer Speicher wird nachfolgend als Tabelle (Tab. 3) und als sogenannte Rohstoffschlange (Abb. 8) dargestellt.

Außerdem ist das derzeit genutzte Geopotential nach der zeitlichen Entstehung und Zuordnung zu geologischen Formationen sowie nach Art und Lokalisierung der Nutzung tabellarisch zusammengestellt worden (Tab. 4).

Tab. 3
Rohstoff-/Geopotentialnutzung im Land Brandenburg (MWMT, 1997)

Erdöl	11 700 t
Erdgas	1,8 Mio m ³
Braunkohle	37,4 Mio t
Sand und Kiessand	22,8 Mio t
Quarzsand	3,0 Mio t
Kalkstein	3,8 Mio t
Grauwacke/Naturstein	2,4 Mio t
Ton	1,2 Mio t
Torf	0,01 Mio t
Findlinge	2 670 t
Erdwärme ¹⁾	30 MW
Grundwasser ²⁾	180 Mio m ³
Gespeichertes Gas ³⁾	255 Mio m ³

1) ohne oberflächennahe Erdwärme

2) entspricht etwa 25 % des jährlich neugebildeten, konzentriert nutzbaren Grundwasserdargebots

3) genannt ist das Aktivgasspeichervolumen

Geologische Formation / Jahre vor heute	Geopotential	Art der Nutzung	Nutzungsstandorte	Nutzungsstufe unter Oberfläche
Quartär	Holozän	Boden	rd. 90 % der Landesfläche	0 - 1 m
		Land- und Forstwirtschaft, Landschafts- und Naturschutz		
	Pleistozän	Torf	vereinzelt (z. B. Döllingen)	0 - 1,5 m
		Erdoberfläche	Brandenburg insgesamt	
		Baugrund	Brandenburg insgesamt	
		Sand, Kiessand	rd. 200 Standorte	0 - 40 m
		Geschiebe/Findlinge	Braunkohlentagebaue	0 - 30 m
		Ton, Lehm	z. Z. 7 Standorte	0 - 14 m
		Grundwasser	rd. 750 Wasserwerke	2 - 130 m
		Erdwärme	Einzelgebäude	1,20 - ca. 150 m
----- / 1,8 Mio -----				
Tertiär	Miozän	Braunkohle	Tagebaue Welzow, Cottbus und Jänschwalde (Lausitz)	35 - 120 m
		Glassand	Hohenbocka (Lausitz)	0 - 36 m
		Ton	Plieskendorf u. a. (Lausitz)	0 - 16 m
		Grundwasser	einzelne Mineralwasserbrunnen sowie Trinkwassergewinnung (SO-Brandenburg)	90 - 150 m
----- / 65 Mio -----				
	Oligozän	Ton	Bad Freienwalde (Ostbrandenburg)	0 - 40 m
----- / 145 Mio -----				
Kreide		Aquifere	gegenwärtig ohne wirtschaftliche Nutzung	
----- / 206 Mio -----				
Jura	Lias	Thermale führender Sandstein	Bad Saarow (südöstl. Berlins)	450 m
		stein	Ketzin (westlich Berlins)	200 - 700 m
----- / 250 Mio -----				
Trias	Keuper	thermole führender Sandstein	in Vorbereitung	800 - 1650 m
		stein		
	Muschelkalk	Kalkstein	Rüdersdorf (östlich Berlins)	0 - 100 m
	Buntsandstein	Sandstein	Buchholz (SW-Brandenburg)	600 - 700 m
		aquifer	Prenzlau (NO-Brandenburg)	2800 m
		Erdwärme	u. a. Wellnitz (SO-Brandenburg)	um 1850 m
----- / 250 Mio -----				
Perm	Zechstein	Erdöl/Erdgas	in Vorbereitung	1200 - 1600 m
		Steinsalz		
----- / 295 Mio -----				
Karbon - Kambrium			gegenwärtig ohne wirtschaftliche Bedeutung	
----- / 545 Mio -----				
Proterozoikum		Grauwacke	Koschenberg (Lausitz)	0 - 40 m

Tab. 4 Zuordnung des derzeit genutzten Geopotentials im Land Brandenburg

Obwohl die Braunkohlenförderung von 1989 = 114 Mio t auf 1997 = 37,4 Mio t sank, leistet der **Braunkohlenbergbau** in der Lausitz einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung des Landes. Langfristig sollen das Förderzentrum Cottbus mit den Tagebauen Cottbus-Nord und Jänschwalde, die das Braunkohlenkraftwerk Jänschwalde (3 000 MW) beliefern, und der Tagebau Welzow-Süd nördlich von Spremberg, der das neu errichtete modernste Braunkohlenkraftwerk der Welt und die Veredlungsanlagen in Schwarze Pumpe beliefert, eine Jahresförderung von etwa 35 - 40 Mio t Braunkohle erbringen (1997 = 32,6 Mio t Rohbraunkohle und 4,8 Mio t im Auslauftagebau Meuro). Die Planung für die drei Langzeittagebaue (s. Abb. 5) reicht derzeit bis zum Jahr 2020 bzw. 2032.

Der hohe Bedarf der Bauindustrie von Brandenburg und Berlin an **Baurohstoffen** führt zu einer ständigen Steigerung des Abbaus von Steine-Erden (1995 ca. 31 Mio t, 1996 und 1997 ca. 33 Mio t), so dass langfristig mit annähernd 35 - 40 Mio t die Braunkohlenmengen durchaus erreicht werden können. Die Sand- und Kiessandvorräte reichen mehrere 100 Jahre.

Rund 250 Gewinnungsbetriebe für Steine und Erden bestehen in Brandenburg, davon stehen z. Z. 170 unter Bergaufsicht (vgl. Abb. 4). Als Begleitrohstoff aus dem Deckgebirge der Braunkohlentagebaue wurden 1996 rd. 8 000 t Kies, 2 670 t Findlinge und rund 200 000 t Ton gewonnen.

Für balneologische Zwecke wird **Torf** gewonnen und als Heilschlamm eingesetzt.

Seit Aufnahme der Förderung im Jahre 1963 wurden insgesamt über 900 000 t **Erdöl** und 800 Mio m³ **Erdgas** (vorwiegend Erdölbegleitgas) sowie nahezu 500 Mio m³ Inertgas zur Heliumgewinnung (von 1964 - 1991, Rüdersdorf) gefördert. Der Abbau von Erdöl/Erdgas ist gegenwärtig stark rückläufig.

Erdwärme wird in geringem Umfang seit 1994 aus der ersten geothermischen Tiefensonde Prenzlau gewonnen (30 MW jährlich). Die Warmegewinnung erfolgt aus einem Wasserkreislauf, dessen Wasser sich in 2 800 m Tiefe bei Gesteinstemperaturen von 108 °C erhitzt. Als tiefste Erdwärmesonde der Welt erhielt sie 1995 den Innovationspreis der Energiedirektion der EU für Ostdeutschland.

Oberflächennahe Erdwärme mittels Erdwärmesonden und Wärmepumpen wird bisher in etwa 800 Einzelobjekten zur Gebäudeversorgung genutzt (Ache 1997). Der Anteil der Erdwärmenutzung zum Heizen von Einzelgebäuden könnte künftig deutlich erweitert werden. Es werden Erdkollektoren in 1,20 - 2 m und Erdwärmesonden bis in rd. 100 m Tiefe genutzt, Heizen und Kühlen können gekoppelt werden.

Im Wissenschaftspark Golm der Max-Planck-Gesellschaft wird z. Z. bei Potsdam ein größeres Vorhaben mit Erdwärmesonden realisiert.

Thermalsolen zur balneologischen und eventuell energetischen Nutzung sind in Templin, Rheinsberg, Belzig, Bad Saarow, Bad Wilsnack und Burg erschlossen. Ihre Nutzung für thermale Bäder im Kur- und Tourismuswesen wird vorbereitet. Das Thermalbad in Bad Saarow, 30 km südöstlich von Berlin, wurde 1998 eröffnet.

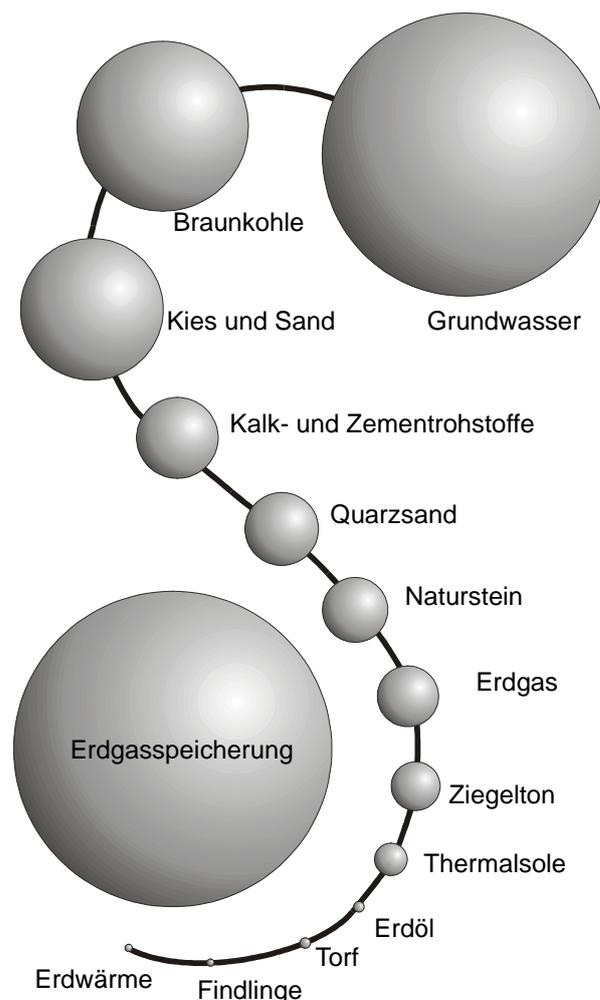


Abb. 8 Brandenburger Rohstoffschlange (Rohstoffnutzung 1997 plus Soleförderung Bad Saarow ab 12/98 und Angabe des im Untergrund als Aktivgasvolumen gespeicherten Erdgases)

Untergrundgasspeicher werden vor allem genutzt, um den saisonalen Wintermehrbedarf an Gas vorzuhalten und über eine mögliche Havariereserve für Brandenburg und Berlin zu verfügen. Die in den Untergrundgasspeichern Ketzin bei Potsdam (Gasspeichervolumen in Liasaquifere 350 Mio m³, davon rund 135 Mio m³ Arbeits- bzw. Aktivgas) und Buchholz bei Treuenbrietzen (Gasspeichervolumen in Buntsandsteinaquifere 310 Mio m³, davon rund 120 Mio m³ Arbeitsgas) gegenwärtig installierte Speicherkapazität beträgt insgesamt 255 Mio m³. Bei Golzow soll ein weiterer Aquifer-Gasspeicher und bei Rüdersdorf der erste Kavernenspeicher Brandenburgs vorbereitet werden (vgl. Abb. 7).

Eine vollständige Eigenversorgung Brandenburgs ist beim Bodenschatz **Grundwasser** zu verzeichnen. Durch 776 Wasserwerke werden 95 % der Einwohner mit Trink- und Brauchwasser versorgt, wobei rund 2 % länderübergreifend versorgt werden; 5 % betreiben Eigenversorgung durch Hausbrunnen. Aus den Grundwasserlagerstätten der Grundwasserleiterkomplexe 1-3 könnten täglich über 2 Mio m³ Grundwasser gewonnen werden, ohne dass die Vorräte abnehmen, da sie durch Grundwasserneubildung im Jahresdurchschnitt ergänzt wer-

den. Zur Zeit sind rund 1,5 Mio m³ durch Brunnen erschlossen. Der Trinkwasserbedarf liegt gegenwärtig bei rd. 500 000 m³/d, er wird zum geringen Teil auch aus Uferfiltrat und über künstliche Grundwasseranreicherung gedeckt (MUNR 1996).

Als Wasserspeicher und Badeseen werden infolge des Braunkohlenbergbaus entstandene Restlöcher genutzt bzw. zur Nutzung vorbereitet, wie der Helenesee bei Frankfurt (Oder) und der Senftenberger See zum Baden, die größeren Restlochseen auf sächsischem Gebiet als zukünftiges **Wasserreservoir** zur Regulierung der Oberflächenwasserabflüsse, insbesondere der Spree, und die zukünftigen Restseen u. a. auf brandenburgischem Gebiet der Lausitz mit 0,5 - 1,0 m möglichen Staulamellen zur Oberflächenwasserregulierung im Bereich der Schwarzen Elster und von Spree-nebenflüssen.

Die Bemühungen zur Nutzung des Speicherpotentials wie auch eine mögliche Erdwärmennutzung zeigen, dass Geopotentiale im Laufe der Entwicklung des Menschen, seiner Technik und seines Bedarfs vom Vorkommen zum nutzbaren Bodenschatz aufgewertet werden können. Dagegen können früher genutzte Bodenschätze auch ihre Bedeutung verlieren. So werden durch Geologen auch immer wieder neue - dem sich entwickelnden Bedarf entsprechende - Lagerstätten entdeckt.

Es ist Aufgabe der Geologen, den geologischen Kenntnisstand ständig zu verbessern und damit Grundlagen zu schaffen für die gegenwärtige und künftige Nutzung des Geopotentials. Das vom LGRB 1997 herausgegebene Kartenwerk im Maßstab 1 : 50 000 für die oberflächennahen Rohstoffe gibt der Regionalplanung die Grundlage zur Interessenabwägung mit anderen bedeutsamen Raumnutzungen und zur begründeten Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten auf der Erdoberfläche. Die Verbreitung der tiefliegenden Geopotentiale zeigt, dass auch für die unterirdische Raumnutzung Abstimmungen und Vorrangentscheidungen zu treffen sind, bilden doch die Aquifere des Untergrundes z. B. teilweise gleichzeitig die Möglichkeit der Thermalsolenutzung als auch der Speicherung von Gas oder Abprodukten, wobei beide Nutzungsarten weit über die Nutzbohrungen hinausreichen.

Zusammenfassung

Eine Gliederung der Geopotentiale wird vorgelegt. Kenntnisse über die Geopotentiale Brandenburgs von der Oberflächengestalt über das Grundwasser bis zu den geologischen Speicherformationen und anthropogenen Geopotentialen einschließlich ihrer Nutzung werden vorgestellt.

Summary

A subdivision of geopotentials is presented. Submitted information about the geopotentials of Brandenburg comprehends the superficial configuration, the groundwater, the geological storage formations, and the anthropogenic geopotentials including their application.

Literatur

- ACHE, R. (1997): Technische und wirtschaftliche Analyse von Wärmepumpenanlagen in Brandenburg. – Dipl.-Arb., BTU Cottbus
- BEER, H. & G. ECKHARDT (1993): Karte der tiefliegenden Bodenschätze des Landes Brandenburg (Vorkommen und Nutzung) 1 : 300 000 mit Erläuterungen. – 22 S., LGRB, Kleinmachnow
- BROSE, F. (1994): Zu einigen Problemen des Altbergbaus ohne Rechtsnachfolger im Land Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **1**, 1, S. 113-116, Kleinmachnow
- BUND UND MISEREOR (Hrsg. 1996): Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. – Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie, 453 S., Basel, Boston, Berlin
- BUSSMANN, W., KABUS, F. & P. SEIBT (Hrsg.) (1991): Geothermie – Wärme der Erde. – Technologie – Konzepte – Projekte, Karlsruhe
- BUSSMANN, W. et al. (1997): Geothermische Energie – ein Leitfadens für Städte und Gemeinden. – Forum für Zukunftenergie e.V., Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Brandenburg, Bonn/Potsdam
- GÖLLNITZ, D., MANHENKE, V. & G. EHMKE (1996): Geotope als Naturdenkmale und Kulturerbe in Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **3**, 1, S. 35–51, Kleinmachnow
- HÄNEL, R. & V. MANHENKE (1998): Ergebnisse des Teilprojektes 6 zur Grundwassergüteentwicklung in der Lausitz. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 81–83, Kleinmachnow
- HANNEMANN, M. & W. SCHIRRMESTER (1998): Paläohydrogeologische Grundlagen der Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze und der Salzwasseraustritte in Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 2, S. 61–72, Kleinmachnow
- HANNEMANN, M., BERNER, K., HOFFMANN, B. & V. MANHENKE (1995): Umweltgeologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 – Rückhaltevermögen der Grundwasserüberdeckung. – LGRB, Kleinmachnow
- KRUSE, H. & R. HEIDELCK (1997): Heizen und Wärmepumpen. – TÜV Rheinland, Köln
- MANHENKE, V. & G. EHMKE (Red.) (1997): Tätigkeitsbericht 1993 – 1996. – Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, 139 S., 68 Abb., 20 Tab., Kleinmachnow
- MANHENKE, V., HANNEMANN, M., ECKHARDT, G., PAWLITZKY, M. & B. RECHLIN (1996): Geologische Kartierung der mineralischen Rohstoffe und der Grundwasserlagerstätten in Brandenburg. – Geol. Jb. A 114, S. 367–379, Hannover
- MUNR (1996): Wasserversorgungsplan für das Land Brandenburg. – Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung Land Brandenburg, 79 S., Potsdam
- MWMT (1997): Bericht über die Tätigkeit der Bergbehörden in den Ländern Brandenburg und Berlin für das Jahr 1997. – Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, 48 S., 4 Anl., Potsdam
- NEUMANN-MAHLKAU, P. (1996): Anthropogener Massentransport – ein geologischer Faktor? - Schriftenr. Dt. Geol. Ges. **1**, S. 63, Hannover
- NIESCHE, H. & F. KRÜGER (1998): Das Oder-Hochwasser 1997 – Verlauf, Deichschäden und Deichverteidigung. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 15-22, Kleinmachnow

- PAWLITZKY, M. & W. LIERSCH (Red.) (1998): Karte der oberflächennahen Rohstoffe Steine-Erden des Landes Brandenburg 1 : 300 000. – 2. überarb. Aufl., LGRB, Kleinmachnow
- SCHIRRMEISTER, W., MANHENKE, V., MÜNCH, U. & J. WURL (1997): Prognose der Grundwassergüteentwicklung im bergbaubeeinfluften Spree-Einzugsgebiet Brandenburgs. – Vortragsband 4. GBL-Kolloquium vom 26.–28.11.1997 in Cottbus, S. 164–172, NLFb, Hannover
- SCHRETZENMAYR, S. (1998): Erdöl-Erdgas-Exploration in Brandenburg – Historie, Ergebnisse, Kenntnisgewinn. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 2, S. 9–18, Kleinmachnow
- SIDORENKO, A. W. (1968): Mensch-Technik-Erde (III) – Das Studium der Erdkruste als Heim- und Wirkungsstätte des Menschen. – Z. angew. Geol. **14**, S. 284–290, Berlin
- STACKEBRANDT, W., EHMKE, G. & V. MANHENKE (Hrsg.) (1997): Atlas zur Geologie von Brandenburg. – LGRB, Kleinmachnow
- WURL, J., MÜNCH, U., SCHIRRMEISTER, W. & L. THOMAS (1997): Charakterisierung der bergbaubeeinfluften Reaktionsräume und die Ableitung des Versauerungspotentials in den Testgebieten Schlabendorf/Seese und Greifenhain/Gräbendorf. – Vortragsband 4. GBL-Kolloquium vom 26.–28.11.1997 in Cottbus, S. 152–163, NLFb, Hannover
- ZIERMANN, H. & R. ZWIRNER (1996): Der Holstein-Komplex in Berlin-Brandenburg, Verbreitung und Tiefenlage, Maßstab 1:500.000. – Mitteilung BGR, Berlin (unveröff.)

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften
und Rohstoffe Brandenburg No. 126

Anschrift des Autors:

Dr. Volker Manhenke,
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg,
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 21–27	4 Abb., 8 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	----------------

Bodenpotentiale in Brandenburg

DIETER KÜHN

1. Zielstellung

Für das Land Brandenburg liegt als einzige flächendeckende Bodenkarte in der nunmehr gesamtdeutschen Nomenklatur (ad-hoc-AG Boden 1994) die Karte der Leitbodengesellschaften aus dem Atlas zur Geologie Brandenburgs 1997 vor. Diese Karte interpretiert vorhandene Unterlagen aus heutiger Sicht. Sie wurde inzwischen durch Einarbeitung der Ergebnisse der Bodenkartierung des Blattes Potsdam 1 : 50 000 fortgeschrieben (Abb. 1).

Damit ergibt sich die Möglichkeit, für das Land Brandenburg im Überblick wesentliche Bodenpotentiale abzuschätzen. Grundlage für diese Abschätzungen sind die Legendeneinheiten im Sinne von Bodenformengesellschaften. Dabei ist die Bodenform die Kombination von Kennzeichnung der Bodenentwicklung und der Bodenausgangsgesteine nach bodenkundlich relevanten Merkmalen (Substrate). Aus der überwiegenden Zahl der Legendeneinheiten wird deutlich, daß insbesondere die im kleinen Maßstab kartierten Flächen nur als heterogene Flächen mit verschiedenen Böden zu charakterisieren sind.

Neben der Berücksichtigung des Inventars an Böden werden auch analytische Parameter zur Abschätzung der Potentiale herangezogen, wie sie in der PRODAT (Profildatei des Datenspeichers Boden des ehemaligen Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR in Müncheberg) für ausgewählte Profile zur Verfügung stehen.

Im LGRB werden verschiedene Kartenwerke zum Boden erstellt. Mit der Fertigstellung der flächendeckenden Kartenwerke in den Maßstäben 1 : 300 000 und 1 : 200 000 wird die in diesem Beitrag genutzte Karte der Leitbodengesellschaften Brandenburgs (s. Abb. 1) abgelöst bzw. für den kleinen Maßstab fortgeschrieben werden. Die Interpretation von Bodenpotentialen wird dann auf eine technologisch neue Grundlage gestellt. Die genannten digitalen Kartenwerke ermöglichen die Anwendung bundesweit abgestimmter Auswertungsmethoden (HENNING 1994), die inzwischen nach der "Bodenkundlichen Kartieranleitung" (ad-hoc-AG Boden 1994) überarbeitet wurden. Im Gegensatz zu den unten abgeleiteten, auf Profildaten gestützten, empirischen Schätzungen zu Potentialen des Bodens werden künftig den

Kartiereinheiten hinterlegte Flächendaten genutzt, mit denen genauere Berechnungen zur Ableitung von Potentialen möglich sind.

2. Böden und ihre Verbreitung

2.1. Ursachen für die Verteilung der Böden

Die regionale Verteilung der Böden folgt im wesentlichen den klimatischen Bedingungen und der Verbreitung von Substraten. Da Brandenburg zum glazial geprägten Tiefland gehört, sind bestimmte Bodenbildungen an die Verbreitungsgebiete organogener, äolischer, glazigener, Becken-, Schmelzwasser-, Urstromtal-, Seen- und Flußsedimente sowie an anthropogene Ablagerungen gebunden. Die räumliche Verteilung der Sedimente folgt im Idealfall dem Modell der glazialen Serie, ist aber häufig komplizierter. Auch der Grundwasserflurabstand differenziert das Bodenmuster zusätzlich.

Die verschiedenen Abteilungen und Klassen von Böden unterscheiden sich durch ihr Wasserregime bzw. durch ihren Entwicklungsstand und wesentliche pedologische Prozesse. Im folgenden werden die für Brandenburg nach der Fläche bedeutsamen Böden charakterisiert und ihr Auftreten entsprechend der Abbildung 1 beschrieben.

2.2. Terrestrische Böden

Terrestrische Böden treten auf äolischen, periglaziären, glaziären oder anthropogenen Sedimenten auf (Abb. 1). Natürliche **Rohböden** sind Böden mit geringer Humusakkumulation und ansonsten keiner weiteren terrestrischen Horizontdifferenzierung. Sie sind i.d.R. an junge Substrate wie Dünen gekoppelt. Häufig treten diese Böden in den Niederungen der Urstromtäler oder auf den großen glazifluvialen Sandarealen auf. Ansatzweise sind auch Bodenbildungen mit geringem Entwicklungsstadium und geringmächtiger Horizontdifferenzierung (z. B. Podsolierung oder Verbraunung) an der Oberfläche zu erkennen.

Bei den weiter entwickelten A/C Böden sind die Merkmale für A-Horizonte bereits vorhanden (Humusgehalt > 1 M.-%, Mächtigkeit > 2 cm). Im wesentlichen handelt es sich dabei um Regosole und Pararendzinen. Erstere sind oft junge Böden auf Dünen. Erosionsböden treten z.B. unter Acker eben-

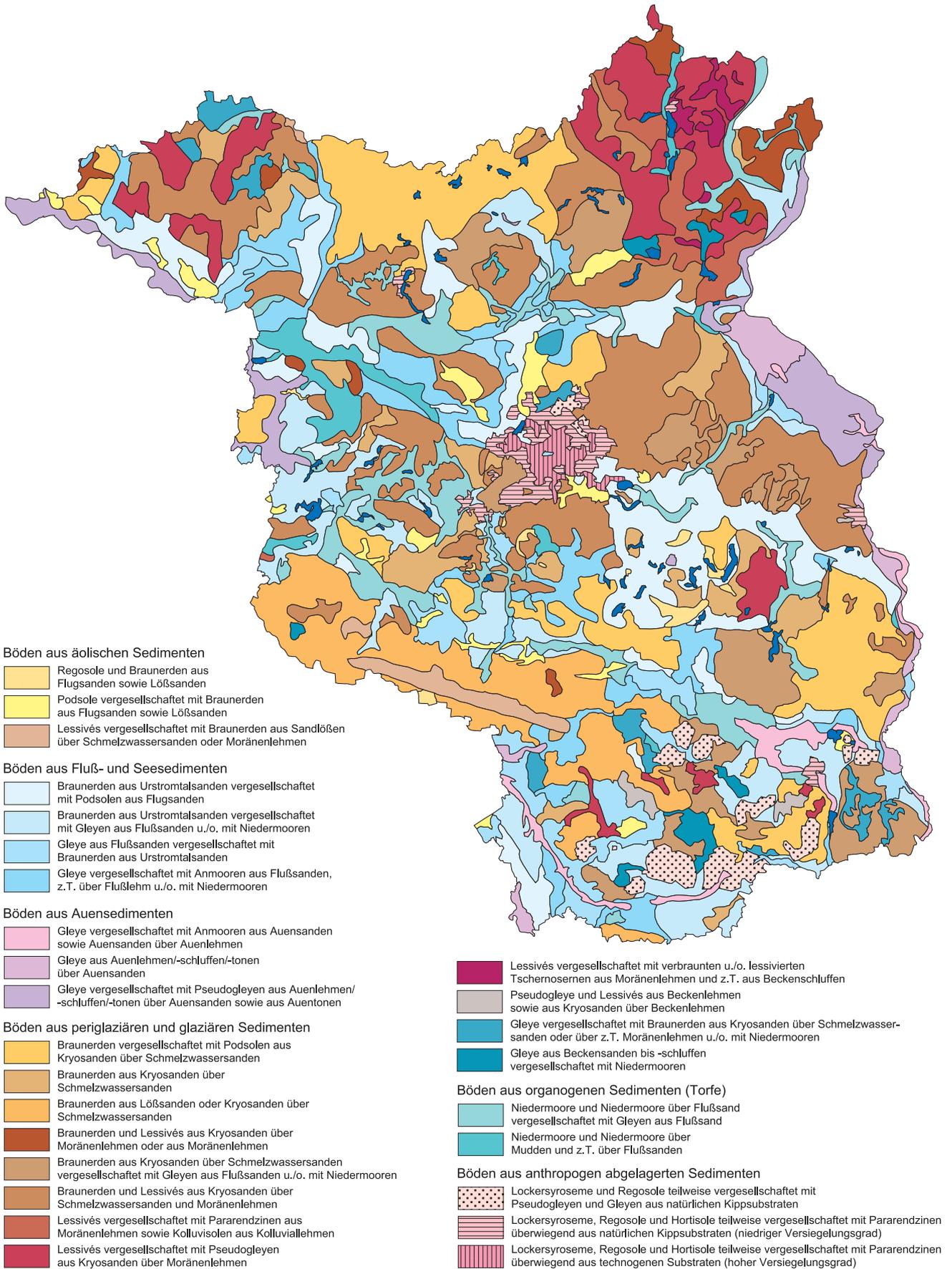


Abb. 1 Leitbodenformengesellschaften Brandenburgs im Maßstab 1 : 1 500 000 (nach KÜHN 1997)

falls als Regosole auf Schmelzwasser- oder Urstromtalsanden und als Pararendzinen auf Kalklehmen (Geschiebemergel) in Erscheinung.

Die **Tschernoseme** weisen eine mehr als 4dm mächtige Humusakkumulation auf. Bei den Bedingungen in Brandenburg haben sich diese Böden in der mehr kontinental geprägten Uckermark vorwiegend auf Beckenschluffen und z.T. auf Geschiebelehmen mit besonders günstigem Bodenwasserhaushalt erhalten. Diese Böden weisen jedoch durchgängig Degradierungserscheinungen wie Verbraunung und/oder Lessivierung auf.

Braunerden entstehen durch eine diffuse Sesquioxidfreisetzung, die ein Ah/Bv/C-Profil zur Folge hat. Dieser als Verbraunung bezeichnete Prozeß ist eine Form der Verwitterung im schwach sauren Milieu. Häufig handelt es sich bei den Substraten um ertragsarme Sande. Seltener treten diese Braunerden auf bindigen Substraten auf. Unter Acker wird der diagnostische Bv-Horizont durch die Ackerkrume (Ap-Horizont) bedeckt. Im Wald hat sich unter organischen Auflagehorizonten i.d.R. ein Ah-Horizont gebildet. Bei fortschreitender Versauerung kommt es zu einer verbreiteten Verlagerung der freibeweglichen Sesquioxide von der Oberfläche her beginnend, so daß häufig eine initiale Podsolierung sichtbar ist.

Lessivés entstehen im neutralen bis sehr schwach saurem Milieu, so daß es zur Mobilisierung der feinsten klastischen Bestandteile der Böden kommt. Sie werden mit dem Niederschlagswasser in tiefere Bodenschichten transportiert. Dadurch entstehen tonverarmte und -angereicherte Horizonte, die die Eigenschaften dieser Böden wesentlich bestimmen. Die Lessivés kommen in Form von Fahlerden bis Parabraunerden auf Moränenlehmen und Moränenkalklehmen (Geschiebelehmen und -mergeln) vor, letztere mit geringerer Horizontdifferenzierung durch die Tonverlagerung.

Podsole entstehen im saurem Milieu durch die Verlagerung von freien Sesquioxiden. Ae-, Ahe- oder Aeh- Horizonte sind an diesen Substanzen verarmt. In Bs-, Bh-, Bsh- oder Bhs- Horizonten reichern sich die Sesquioxide wieder an. Besonders auf ertragsarmen quarzreichen Sanden (i.d.R. der Dünen, Schmelzwasserablagerungen oder Geschiebesande) sind diese Böden zu finden. Sie sind im Oberboden gegenüber den anderen terrestrischen Böden besonders verarmt an Substanzen, die u.a. die Fruchtbarkeit eines Bodens ausmachen.

Pseudogleye benötigen für ihre Entstehung ein ausreichendes Niederschlags- oder ein Zuflußwasserangebot. Stauende Nässe tritt jedoch erst bei relativ geringen Durchlässigkeiten der Horizonte bzw. Substrate auf. Je höher das Wasserangebot ist, desto geringer muß die Stauwirkung einer liegenden Bodenschicht sein und umgekehrt, um diese Vernässung zu bewirken. Stauwirkungen sind primär durch das Substrat und meist sekundär durch Tonanreicherung verursacht. Diese Böden kommen auf den bindigen Lehmen der Uckermark, den Beckenbildungen der Niederlausitz und z.T. auf tonigen Auensubstraten vor. Sie sind durch einen zeitweiligen Wasserüberschuß hauptsächlich im oberen Profilteil gekennzeichnet.

Anthropogene Böden entstehen durch die Tätigkeit des Menschen, wenn er Bodenmaterialien umlagert oder künstliche Materialien schafft, die der erneuten Bodenbildung, i.d.R. zunächst der Humusakkumulation, unterliegen. Neben der ersten Humusakkumulation (Rohböden, Pararendzinen und Regosole) treten auch semiterrestrische Bodenentwicklungen auf (Vergleyung und Pseudovergleyung). Böden auf anthropogenen Substraten sind in den Bergbaufolgelandschaften, auf Deponien und in Siedlungsarealen anzutreffen.

2.3. Semiterrestrische Böden

Diese Böden entwickeln sich vorwiegend in Fluß-, See- oder Auensedimenten mit erhöhtem und/oder schwankendem Grundwasserstand.

Gleye treten i.d.R. in den holozänen Fluß- und Auenniederungen sowie in Senken und Becken mit erhöhtem Grundwasserstand auf. Außer in Auen handelt es sich meist um sandige Substrate, die bei sehr hohem Grundwasserstand zur Anmoor- und Moorbildung tendieren und durch die Eigenschaften des Humus im Oberboden stark beeinflusst werden.

Auenböden sind in der Legende nomenklatorisch noch nicht erwähnt, werden aber in den künftigen Kartenwerken durch Umstufung bisheriger Ansprachen vertreten sein. Dazu sind jedoch neuere Geländeansprachen erforderlich. Das Profil dieser Böden ist aus umgelagertem humosem Bodenmaterial aufgebaut. Zusätzlich werden die Böden oft durch einen meist hohen und schwankenden Grundwasserstand geprägt.

2.4. Moore

Moore sind organogene Bildungen, die unter völliger Wassersättigung bzw. durch Verlandung von Seen entstehen. Die größeren Moore sind an die Niederungen gebunden (ehemalige Seen, Altarme von Flüssen u.ä.). Die durch Grundwasser bestimmten **Niedermoore** können aber auch in Senken und Becken entstehen. Im Jungmoränengebiet entstehen sie durch die Verlandung von Seen in Toteishohlformen. Niederschlagsbedingte **Hochmoore** treten kleinflächig und nur vereinzelt auf.

3. Ableitung wesentlicher Bodenpotentiale

3.1. Allgemeine Vorgehensweise

Die üblichen Auswertungsmethoden, wie sie in den geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland angewendet werden, basieren auf idealisierten Profildaten, die zur inhaltlichen Kennzeichnung kartierter Flächen genutzt werden. Eine GIS-gestützte Auswertung ist im Rahmen dieser Bewertung noch nicht möglich. Vielmehr werden die zugänglichen Daten aus Aufschlüssen empirisch bewertet und den beschriebenen Böden zugeordnet.

In den Kartenlegenden der Abbildung 2 bis 4 kommt zum Ausdruck, daß es sich meist um heterogene Flächenkennzeichnungen handelt. Zweifarbiges Legendeneinheiten der Potentialkarten berücksichtigen die Heterogenität der Leitbodenformen. Die Legendeneinheiten stellen somit Flächentypen dar.

Die Bewertung geschichteter Böden erfolgt je nach Potential entweder durch Einschätzung eines repräsentativen Durchschnittswertes oder durch Betonung der Eigenschaften entsprechender Schichten, die die jeweilige Eigenschaft maßgeblich bestimmen.

3.2. Bodenwasserhaushalt und Sickerwasserrate/Grundwasserneubildung

Methode

Der Bodenwasserhaushalt bzw. das im Verlaufe eines Jahres den Boden passierende Sickerwasser hängt maßgeblich von Faktoren wie den Anteilen verschiedener Porengrößen im durchwurzelbaren Bereich und im grundwassernahen Bereich ab. Weitere nicht oder primär nicht durch den Boden bedingte Einflußfaktoren sind die Nutzung (Bewuchs und Bewirtschaftungsmaßnahmen), das Relief und das Klima (Niederschlag und Verdunstung). Alle Faktoren wirken im Komplex, d.h. sie beeinflussen sich gegenseitig.

Die Größenverteilung und Summe der Poren im durchwurzelbaren Bereich hängt wiederum von einer Vielzahl von Bodenerscheinungen ab. Dazu zählen die Bodenartenabfolge, das Grob- und Feinbodenverhältnis, das Gefüge, das Bodenleben (sichtbarster Ausdruck sind Wurzel- und Wurmrohren) und die Bewirtschaftung (Pflanzenbestand, Bewirtschaftungs-

maßnahmen, Melioration). Aber auch klimatische Einflüsse wie z.B. die Frostgare, Bodentemperatur (Sonneneinstrahlung/Exposition) oder das Sickerwasserangebot durch lateralen Zufluß beeinflussen den Bodenwasserhaushalt. Nach HENNINGS (1994) sind für die Berechnung der Sickerwassermenge (bodenbezogene Grundwasserneubildung), die jährlich den Boden passiert, unterschiedliche Eingangsgrößen je nach Art der Methode zur Berechnung notwendig. Die Methode nach RENGER & STREBEL (1980) ist nach Auffassung des Autors zu bevorzugen, da diese die nutzbare Feldkapazität im durchwurzelbaren Raum und damit den Entzug in der Vegetationsperiode berücksichtigt. Das heißt, von der in den Boden gelangenden Sickerwassermenge steht aufgrund der Größenverteilung und Summe der Poren den Pflanzenwurzeln eine bestimmte Sickerwassermenge zeitweilig zur Aufnahme zur Verfügung. Der tatsächliche Entzug aus dem Bodenwasser richtet sich nach dem Bewuchs (i.d.R. Nutzungsart) und der potentiellen Evapotranspiration. Ferner ist beim Anschluß der Wurzeln an das Grundwasser mit einer zusätzlichen Entzugsmenge durch die Wurzeln (je nach Nutzungsart) zu rechnen, so daß auch negative Bilanzen möglich sind. Diese werden durch die potentielle Evapotranspiration beschränkt.

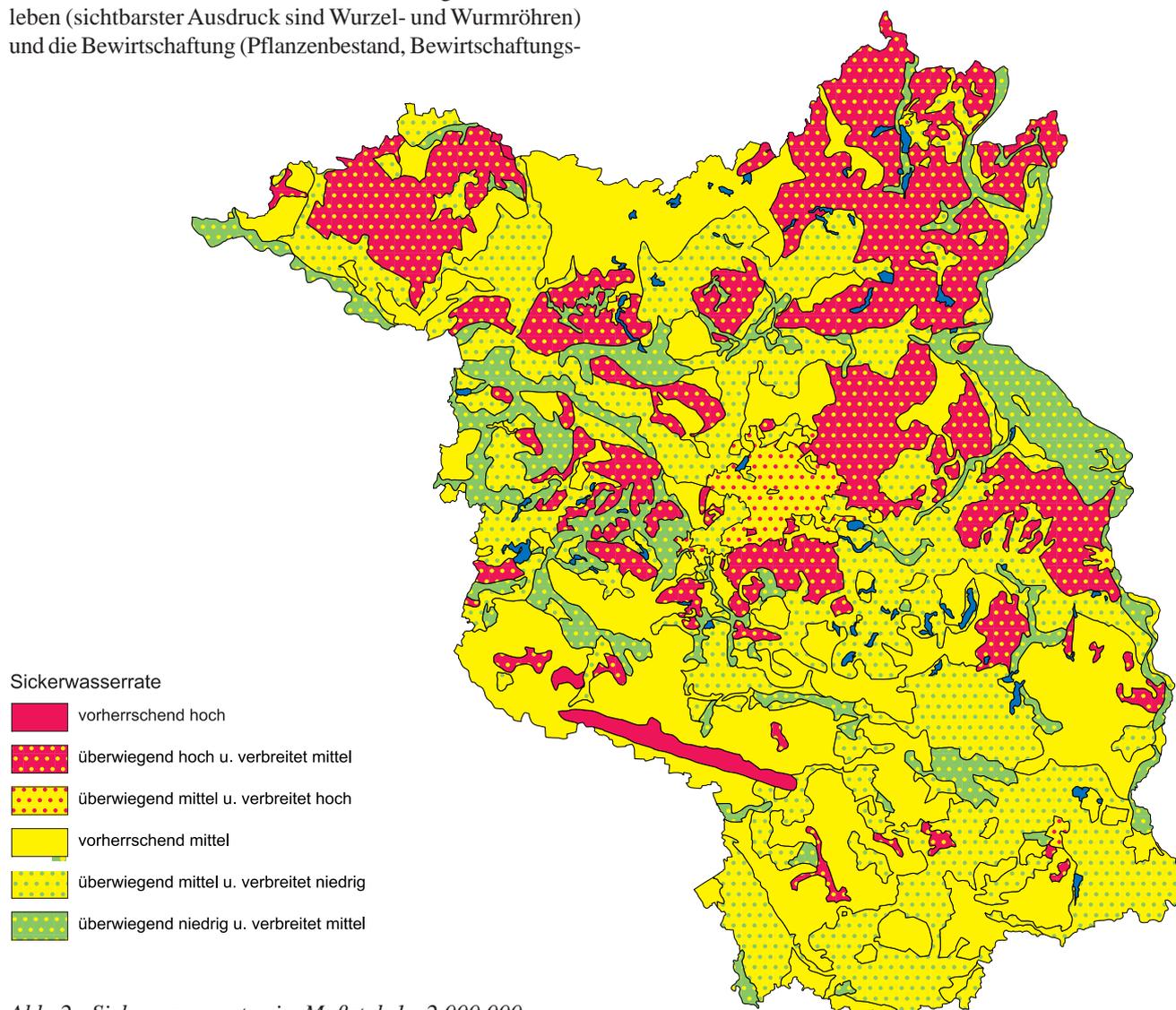


Abb. 2 Sickerwasserraten im Maßstab 1 : 2 000 000

Leider stehen für die landesweite Beurteilung gegenwärtig nicht die erforderlichen Daten zur flächendeckenden Berechnung nach der zuletzt genannten Methode zur Verfügung. Deshalb stützen sich die betreffenden Aussagen zu den Sickerwasserraten der Abbildung 2 auf das potentielle Wasserrückhalte-/Wassernachlieferungsvermögen der Böden. Sie werden empirisch aus den Daten der PRODAT zum Porenvolumen und zur gesättigten Wasserleitfähigkeit abgeleitet. Aus den bodensystematischen Angaben wird der Grundwasseranschluß interpretiert. Mit der dargestellten Karte der Abbildung 2 wird das Ziel verfolgt, die sich aus den eigentlichen Bodenverhältnissen ergebenden potentiellen Bodenwasserverhältnisse bei durchschnittlichen Brandenburger Nutzungs- und Klimaverhältnissen abzuleiten. Um die Nutzung in die Bewertung einzubinden, wurden den Legendeneinheiten primäre Nutzungsarten zugeordnet, die maßgeblich das Ergebnis beeinflussen. Als hoch wurden Sickerwasserraten von jährlich mehr als 50 mm angenommen. Mittlere Raten repräsentieren die Spanne zwischen -50 mm und +50 mm pro Jahr. Als niedrige Raten werden größere negative Bilanzen ausgewiesen, die in der Regel aus dem Grundwasseranschluß des Bewuchses resultieren.

Ergebnis

Brandenburg hat mit seinen weitverbreiteten Sandböden hinsichtlich des Bodenwasserhaushalts bei Böden ohne Grundwasseranschluß ungünstige Bedingungen. Betreffen-

de Böden haben zwar ein relativ hohes Porenvolmen, jedoch ist die Porengrößenzusammensetzung wenig zur Speicherung des Sickerwassers im Boden geeignet, so daß diese Böden eine gute Wasserleitfähigkeit besitzen. Unter Acker sind die größten Grundwasserneubildungsraten zu erwarten. Unter Wald wird einerseits durch die hohe Interzeption (Niederschlagsverdunstung an der Pflanzenoberfläche) und andererseits durch die große Durchwurzelungstiefe die überwiegend niedrige Niederschlagsmenge (bei durchschnittlich 500 - 600 mm/ a) aufgebraucht. Bindigere Böden lassen zwar eine schnelle Versickerung nicht zu, ihre überwiegende Ackernutzung schöpft aber das Sickerwasser andererseits nicht aus (z. B. Uckermark, Oderaue, Prignitz). Teilweise kommt es in Abhängigkeit von der Niederschlagsverteilung und der Stärke der Bindigkeit zur Bildung von Staunässe und dadurch zu verminderten Sickerwasserraten. Besonders negative Bilanzen weisen die grundwassernahen Niederungsstandorte der Täler und Auen auf. Im Nordwesten Brandenburgs (Elbaue, Prignitz) können die Sickerwasserraten höher als angegeben sein, da gegenüber den durchschnittlich angenommenen jährlichen Niederschlagssummen höhere Niederschläge auftreten.

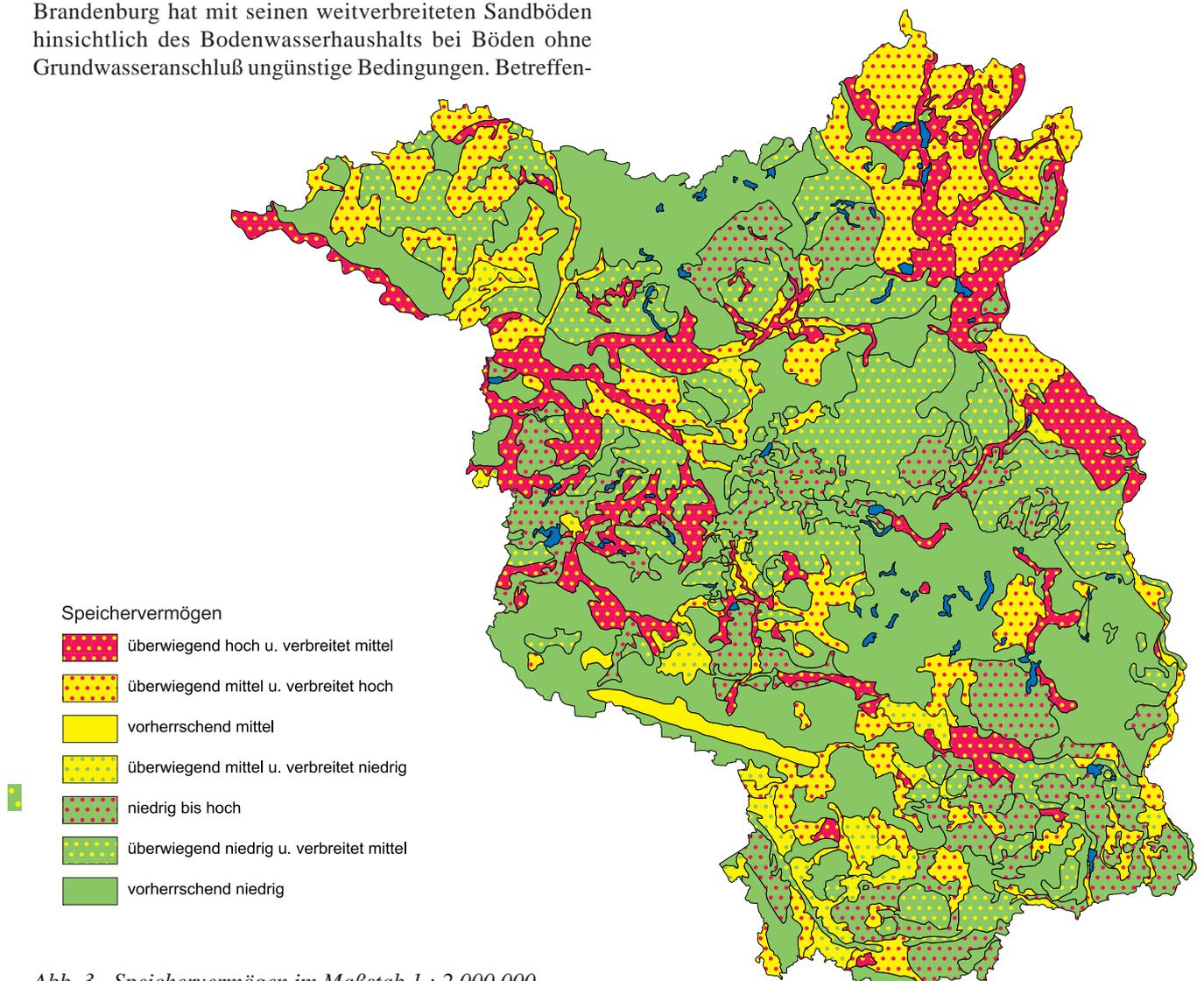


Abb. 3 Speichervermögen im Maßstab 1 : 2 000 000

3.3. Speichervermögen für Nähr- und Schadstoffe/ Filtervermögen für Schwermetalle

Methode

Das Ergebnis der Abbildung 3 basiert auf einer empirischen Schätzung der Speicherkapazitäten/Bindungsstärke von Böden. Grundlage dafür waren Profildaten der PRODAT (im wesentlichen KAK - Kationenaustauschkapazität) sowie neuere Erhebungen im Raum südlich von Potsdam. Böden, für die keine Analysendaten zur Sorption vorlagen, wurden aufgrund vorhandener Analysendaten zu den Humus- und Tongehalten sowie zu ihren pH-Werten beurteilt. Eine statistische Auswertung nach üblichen Methoden (s. HENNINGS 1994) war einerseits wegen der unterschiedlichen Belegung der Böden und andererseits auch wegen der stark unregelmäßigen räumlichen Verteilung der Angaben nicht sinnvoll. Auf die Böden der Legendeneinheiten der Abbildung 1, Leitbodenformengesellschaften Brandenburgs, wurden die mittleren Speicherverhältnisse bekannter Bodenprofile übertragen. Entsprechend den weitverbreiteten sorptionsschwachen meist sandigen bzw. sandbedeckten Böden wurde eine Einteilung mit relativ niedrigen Werten in den Klassen von $< 5 \text{ mval}/100\text{g}$ Boden, $5 - 10 \text{ mval}/100\text{g}$ Boden und $> 10 \text{ mval}/100\text{g}$ Boden vorgenommen (ausgedrückt durch die Farben Grün, Gelb und Rot). Da es sich bei den Legendeneinheiten

um heterogene Einheiten handelt, wurden diese Bewertungen mit Hilfe von zwei Leitböden vorgenommen. Damit entsprechen die Kennzeichnungen ebenfalls Flächentypen, d.h. es wird nicht ein mittlerer Wert je Legendeneinheit wiedergegeben, sondern die regelhafte Kombination der häufigen Bewertungsklassen betroffener Flächen.

Vom Nährstoff-/Schadstoffspeichervermögen der Böden hängt direkt die schadstoffbezogene Austragsgefährdung für das Grundwassers (bei geringen Speicherkapazitäten) oder diejenige in die Nahrungskette (bei hohem Speichervermögen) ab. Es sei darauf verwiesen, daß auch die Verweildauer des Niederschlagswassers in Abhängigkeit von Niederschlagsmenge und -verlauf sowie die Wasserspeicherkapazität und die Nutzungsart Einfluß auf die erwähnte Gefährdung haben (s. o. Sickerwasserrate).

Ergebnis

Das Kartenbild der Abbildung 3 zeigt deutlich die Areale mit höherer Speicherkapazität (Grundfarbe rot) in den Niederungen und Auen. Viele Niederungsareale weisen wegen des Wechsels von bindigen Substraten mit sandigen oder von

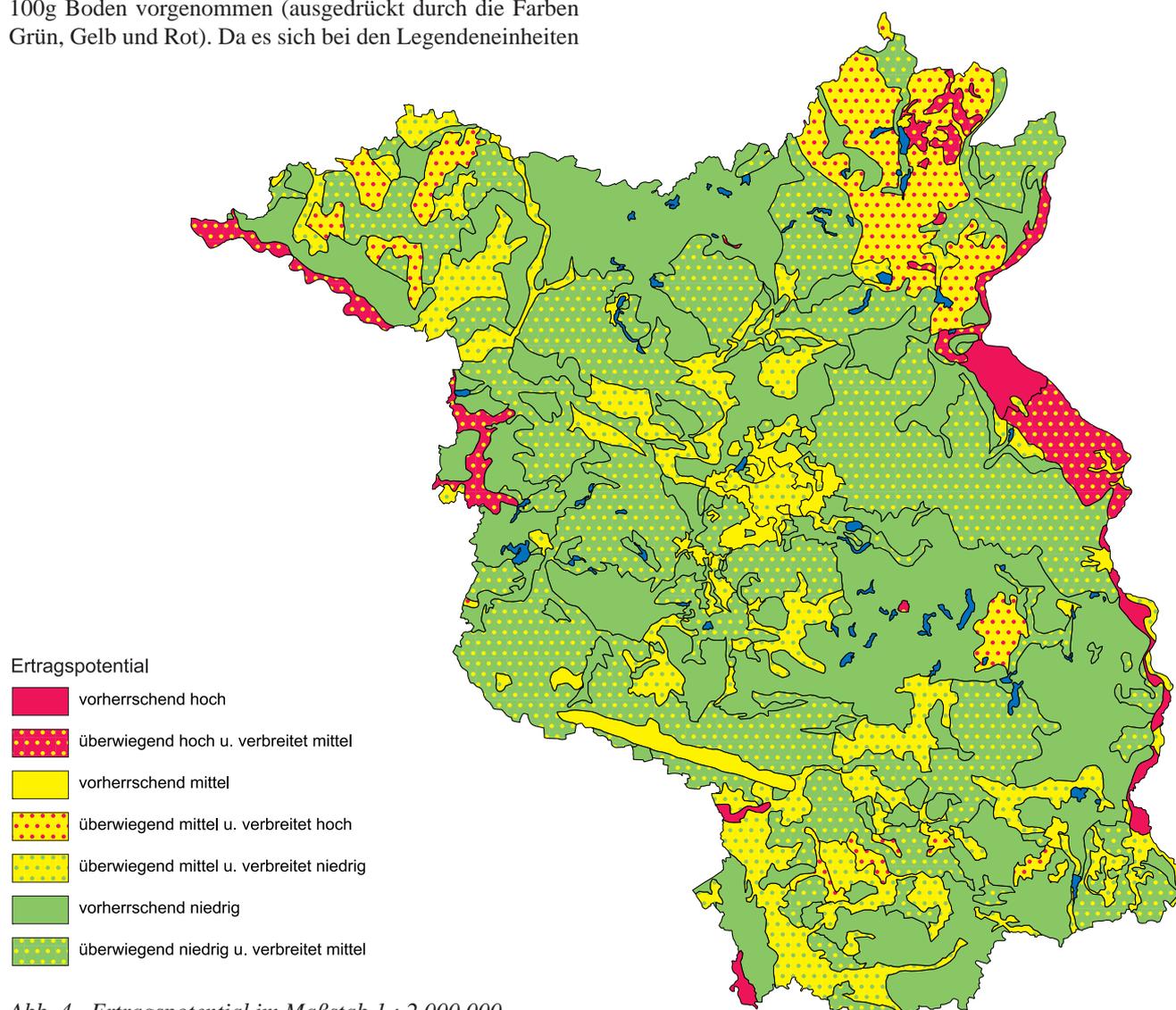


Abb. 4 Ertragspotential im Maßstab 1 : 2 000 000

anmoorigen bzw. moorigen Substraten mit sandigen sowohl hohe (Grundfarbe rot) als auch niedrigere Sorptionseigenschaften (Rasterfarbe grün) auf.

Teile der morphologischen Platten mit Lehm Böden ohne Sandbedeckung zeichnen sich ebenfalls durch höhere Sorptionseigenschaften aus (rotes Raster). Mittlere Speicherverhältnisse (gelb) treten außer in der Uckermark im Nordosten relativ selten oder nur untergeordnet auf. Dies liegt z. T. auch an der Betonung der bedeckenden Sande bei Lehmunterlagerung. Die reinen Sandstandorte weisen durchgängig die niedrigsten Sorptionswerte auf (grün). Jedoch sei darauf verwiesen, daß unter Waldnutzung die organischen Auflagehorizonte diese Situation verbessern.

3.4. Ertragspotential

Methoden

Da differenzierte großmaßstäbige Unterlagen mit Boden-/Ackerzahlen der Bodenschätzung nicht ausgewertet werden konnten, wurde lediglich anhand der vorkommenden Bodenformen abgeschätzt, in welcher Größenordnung sich nach dem Schätzungsrahmen der Bodenschätzung die Zahlen bewegen. Sie werden hier als direktes Indiz für die Ertragsfähigkeit der Standorte genutzt. Wertzahlen größer 50 wurden als hoch (rot), Werte von 30 - 50 als mittel (gelb) und Werte unter 30 als niedrig (grün) eingestuft. Wegen der fast ausschließlich heterogen zusammengesetzten Kartierareale wurde auch bei der Karte der Abbildung 4 mit der Flächentypendarstellung gearbeitet.

Ergebnis

Das Kartenbild der Abbildung 4 zeichnet die typischen Verteilungsverhältnisse der ertragsarmen Sandgebiete nach (volle Grüntöne). Sie zählen mit zu den ertragschwächsten in Deutschland. Die Gebiete mit gelbem Grundton und grünem Rasterton sind die Verbreitungsgebiete der sandbedeckten Lehmsande bzw. Sandlehme, die in der Regel mit reinen Sandböden engräumig wechseln. Auch hier wurden die liegenden Lehmsande und Sandlehme nicht überbewertet.

Gelbe Grundtöne mit für Brandenburg mittleren Ertragsverhältnissen finden sich auf bindigeren Böden und Sandlössen. In der Uckermark kommen schwarzerdeähnliche Böden auf schluffigen und lehmigen Böden mit hoher Fruchtbarkeit vor (rote Töne). Hier sind eher die Niederschlagsverhältnisse der beschränkende Ertragsfaktor. Gleiches trifft auf die Auenstandorte des Odertales zu. Teilweise wirken sich diese sehr tonigen Böden aufgrund ihrer bodenphysikalischen Bedingungen ertragsmindernd aus (schwere Bearbeitbarkeit). Auch die Auenböden an Elbe, Havel oder der Elster zählen mit zu den fruchtbaren Böden in Brandenburg.

Zusammenfassung

Von den Prozessen im Glazial und Holozän in Brandenburg hängt die Verteilung der bodenbildenden Ausgangsgesteine ab. Neben diesen Einflüssen bestimmen auch jene des Klimas und Grundwassers die Verteilung der Böden. Die poten-

tiellen Eigenschaften sind an diese Erscheinungen in gleicher Weise gekoppelt. Sie wurden jeweils zu 3 Klassen zusammengefaßt und in ihren Kombinationen in den Flächen dargestellt.

Summary

The distribution of parent rocks depends on Glacial and Holocen processes in Brandenburg. Also climate and groundwater influences determine mainly the pattern of distribution of the soils. The potential characteristics of soils are coupled with the same appearances. The potentials are displayed in three joined classes respectively and in combinations of these classes into the areas.

Literatur

Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung 1 : 100 000. – Hrsg.: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bodenkunde, Eberswalde 1976 bis 1980

Teilinformationssystem DABO - PRODAT (Datenspeicher Boden – Profildatei). – Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung, Eberswalde 1983

BAURIEGEL, A., KÜHN, D. & J. HANNEMANN (1997): Bodengeologische Karte des Landes Brandenburg 1 : 50 000 – Bodenformengesellschaften. – LGRB, Kleinmachnow

HAASE, G. & R. SCHMIDT (1979): Karte "Böden". – Atlas der DDR, Blatt 6; Gotha, Leipzig

HARTWICH, R., BEHRENS, J., ECKELMANN, W., HAASE, G., RICHTER, A., ROESCHMANN, G. & R. SCHMIDT (1995): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 1 000 000, Hannover

HENNINGS, V. (1994): Methodendokumentation Bodenkunde. – In: Geologisches Jahrbuch **F 31**, Hannover

RENGER, M. & O. STREBEL (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. – In: Wasser und Boden **32**, 8, S. 362–366

SCHMIDT, K. & H. HETZER (1976): Geologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik – Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen. – ZGI, Berlin

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 127

Anschrift des Autors:

Dr. D. Kühn
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Wechsel des Chefredakteurs der Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge



Mit Wirkung vom 1. April 1999 ist der bisherige Chefredakteur dieser geowissenschaftlichen Fachzeitschrift für das Land Brandenburg – Herr Dr. Gerhard Ehmke – in den Ruhestand getreten.

Dr. Gerhard Ehmke hat durch seine konstruktive und kreative Arbeit dieser seit 1994 erscheinenden Zeitschrift ein eigenes, identitätsstiftendes Gesicht gegeben. Das mehrfach gelobte Erscheinungsbild wurde in langen Redaktionssitzungen unter seiner wesentlichen Einflussnahme gemeinsam gefunden. Doch nicht nur die äußere Form, sondern auch die inhaltliche Schwerpunktsetzung, die Beitragsgestaltung und die nicht immer einfache Diskussion mit den Autoren wurde von ihm verantwortet. Darüber hinaus hat G. Ehmke als Mitarbeiter für Öffentlichkeitsarbeit das LGRB ganz wesentlich nach aussen repräsentiert und dabei seine weitgefächerten Kenntnisse zur regionalen Geologie von Mitteleuropa einbringen können.

Obwohl nun im wohlverdienten Unruhestand, wünscht sich die Leitung des LGRB und der Beirat der Zeitschrift eine Fortsetzung des gemeinsamen erfolgreichen Dialoges.

Wir wünschen Ihnen – sehr geehrter Herr Dr. Ehmke – aber auch genügend Muße, die schon immer geplanten persönlichen Vorhaben nun in die Tat umsetzen zu können.

Neu in die Pflicht als verantwortlicher Redakteur der Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge tritt Herr Dr. Bartmann, der mit Unterstützung durch Frau Andreae und Herrn Dr. Thieke schon mit der Redaktion dieses aktuellen Heftes seine Feuertaufe bestanden hat.

Dr. W. Stackebrandt
Direktor

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 29–37	3 Abb., 2 Tab., 21 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	-------------------------

Steine- und Erdenlagerstätten in Brandenburg – Grundlagen, Kartierung, Förderentwicklung und Perspektiven

THOMAS HÖDING

1. Einleitung

Im vorliegenden Beitrag werden Aspekte der rohstoffgeologischen Arbeit am Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) vorgestellt, die es ermöglichen, eine Abschätzung der Perspektiven der Steine- und Erdenindustrie des Landes sowie der Bedarfsentwicklung in den Bundesländern Brandenburg und Berlin zu geben. Die Basis hierfür bildet die rohstoffgeologische Kartierung des Landes und die daran anschließende spezifische Bewertung des vorhandenen Rohstoffpotentials.

Neben diesen geologischen Voraussetzungen sind die politischen und Planungsvorgaben für die Effektivität und das Maß der Nutzung der einheimischen Ressourcen von weitreichender Bedeutung. Eine Aufgabe der Geologie muss es daher sein, die Kenntnis der Bürger, anderen Behörden und Entscheidungsträger in diesen Prozessen zu fördern, dass unser gewohnter Lebensstandard zu einem sehr großen Teil auf Rohstoffnutzung, auch auf der der einheimischen oberflächennahen Rohstoffe der Steine und Erden, beruht. Dies ist eine Chance, der Gewinnung der einheimischen oberflächennahen Rohstoffe wieder eine größere Akzeptanz zu schaffen, die für eine zukunftssichere Versorgung der Volkswirtschaft unabdingbar ist.

2. Geologische Grundlagen

Der geologische Bau der oberflächennahen Bereiche der Erdkruste sowie das Landschaftsbild des Landes Brandenburg werden zum weit überwiegenden Teil durch quartäre Bildungen geprägt. Charakteristisch ist ein Wechsel von vorwiegend aus Grund- und Endmoränen aufgebauten Hochflächen mit Niederungen (Urstromtälern). Die in der Hauptsache aus Geschiebemergeln, Kiesen, Sanden und Tonen bestehenden pleistozänen Ablagerungen sind im allgemeinen zwischen 50 und 150 m mächtig. Stellenweise gelangten durch Pressungsbewegungen durch das vorrückende Inlandeis tertiäre Ablagerungen in Oberflächennähe. Aufgrund dieser Bildungsprozesse machen die quartär entstandenen Rohstoffe den Hauptanteil des Potentials an oberflächennahen Steine- und Erdenrohstoffen in Brandenburg aus.

Die im folgenden kurz charakterisierten Steine- und Erdenrohstoffe sind in Brandenburg von wirtschaftlicher Bedeutung:

Kiessande und Sande: Sie treten als quartäre, meist glazifluviale Bildungen in unterschiedlichen geologischen Positionen und damit einhergehend auch mit unterschiedlichen Lagerstättengrößen und Qualitäten auf. So kann man neben den äußerst wertvollen fluvialen Lagerstätten im Bereich fossiler und rezenter Flußläufe Lagerstätten in endmoränen Aufschüttungen, die den ehemaligen Eisrandlagen folgen, Lagerstätten in Sandergebieten, in Urstromtälern, meist isolierte Lagerstätten in Grundmoränenkomplexen und Lagerstätten in Osern und Kames unterscheiden. Dünen sande sind rohstoffgeologisch weniger von Interesse. Neben anderen Faktoren wird die Qualität von Kiessandlagerstätten in Brandenburg meist am Kiesgehalt (Korngrößenanteile > 2 mm) gemessen.

Spezialsande: Sie werden entsprechend ihrer Verwendung als Glas- oder Gießereisande bezeichnet. Über den Einsatz als Glassand entscheidet neben dem SiO₂-Anteil der Gehalt an Über- und Unterkorn sowie die Konstanz der chemischen Zusammensetzung. Als hochwertige Lagerstätte für Glassande ist derzeit lediglich die Lagerstätte Hohenbocka in Betrieb. Hier werden miozäne Quarzsande der Unteren Briesker Folge gewonnen. In Abhängigkeit von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung könnten einige kleinere Vorkommen von Tertiärsanden für kleintonnagige Gewinnungen erschlossen werden. Neueste Untersuchungen weisen ferner darauf hin, dass auch ausgewählte quartäre Sande zumindest für die Behälterglasproduktion genutzt werden könnten.

Tonrohstoffe: Brandenburg verfügt über ca. 50 Lagerstätten von Tonrohstoffen mit ca. 110 Mio t erkundeten Vorräten. Weiterhin existieren Vorkommen von über 100 Mio t, deren wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten erst geprüft werden müssen. Die hochwertigsten brandenburgischen Tone sind die tertiären Septariantone, die als isolierte schollenförmige Lagerstätten hauptsächlich im Nordosten des Landes vorkommen sowie die tertiären Flaschentone, die meist als Braunkohlenbegleittone in der Lausitz aufgeschlossen sind. Am weitesten verbreitet sind jedoch pleistozäne Bändertone, geschichtete feinkörnige Ablagerungen der Eisstauseen.

Kalkstein: Kalkstein wird im Land Brandenburg lediglich in der Lagerstätte Rüdersdorf, östlich von Berlin, gewonnen. Bei dieser Struktur handelt es sich um den einzigen Trias-

Aufbruch in Brandenburg. Vor allem in Hinsicht auf den nahen Berliner Wirtschaftsraum hat die Zementproduktion in Rüdersdorf eine große wirtschaftsstrukturelle Bedeutung. Die Nutzung dieser Lagerstätte ist Jahrhunderte alt. So wurde neben der Gewinnung von Werksteinen seit alters her Branntkalk hergestellt.

Grauwacke: Die Aufzählung der derzeit wirtschaftlich bedeutendsten Steine- und Erdenrohstoffe im Land Brandenburg schließt mit der Erwähnung der beiden Grauwackelagerstätten Großthiemig und Koschenberg, die Schotter und Splitt produzieren.

Daneben existieren einige Rohstoffe, denen ein teils beträchtliches Nutzungspotential innewohnt, die jedoch derzeit nur in geringem Umfang oder gar nicht genutzt werden. Dazu gehören Wiesenkalke, Auelehme, Torfe und Raseneisenstein. Nach hoffnungsvollen Versuchen ruht derzeit auch die Gewinnung von Hartgesteinen aus Blockpackungen der pleistozänen Eisrandlagen, die sowohl zur Gewinnung von Schotter und Splitt als auch für Restaurationsarbeiten in der Denkmalpflege Verwendung finden könnten.

3. Rohstoffkartierung im LGRB

Das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe ist die in Brandenburg zuständige Behörde für die Kartierung und Inventarisierung des Rohstoffpotentials auf dem Landesterritorium. Ferner werden durch rohstoffgeologische Grundlagenuntersuchungen des LGRB Nutzungsperspektiven der jeweiligen Rohstoffe abgeschätzt und die Landesregierung, Investoren auf dem Rohstoffsektor, andere Behörden und interessierte Bürger aufgrund dieser Erkenntnisse zu den einzelnen Nutzungsmöglichkeiten beraten. Die speziellen Wechselwirkungen der rohstoffgeologischen Arbeit mit den Raumordnungsbehörden werden unter Punkt 5 erläutert.

Zur Kartierung der Steine- und Erdenrohstoffe werden im LGRB mehrere Karten bzw. Kartenwerke in verschiedenen Maßstäben erarbeitet und geführt. Das Rückgrat der Rohstoffkartierung stellen dabei die Karten der oberflächennahen Rohstoffe des Landes Brandenburg im Maßstab 1 : 50 000 (KOR 50) dar. Mit Erlaß vom 06.09.1994 übertrug der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie dem LGRB die Aufgabe, derartige Rohstoffkarten als Grundlage für die planerische Rohstoffsicherung flächendeckend für das Land Brandenburg zu erstellen (MWM 1993). Das Kartenwerk der KOR 50, das in der Zeit von 1993 bis 1996 in einer ersten Ausgabe erarbeitet wurde, umfasst insgesamt 85 Karten im Regelblattschnitt, die den derzeitigen Kenntnisstand über die Verbreitung von Steine- und Erdenrohstoffen auf dem Landesterritorium darstellen.

Ausgehalten sind die Rohstoffarten Kiessand, Sand, Spezi- alsand, Ton, Kalkstein, Hartgestein und Torf. Ferner erfolgt eine Darstellung der Grenzen der Braunkohlefelder. Durch Symbole an den dargestellten Rohstoff-Flächen werden Nutzungseignungen charakterisiert. Nach dem jeweiligen geologischen Kenntnisstand werden auf der Karte Flächen mit nachgewiesenen, gefolgerten oder vermuteten Rohstoffverbreitungen unterschieden. Bergrechtliche Berechtigungen sind dem Register der Bergbehörden entsprechend ausgewie-

sen. Die auf den Karten dargestellten Rohstoff-Flächen sind über Identnummern mit dem Fachinformationssystem Rohstoffe des LGRB (Rohstoffdatenbank) gekoppelt.

Auf der Grundlage dieser Basiskartierung wurden Karten oberflächennaher Rohstoffe im Maßstab 1 : 100 000 (KOR 100) für bisher 13 einzelne Kreise und kreisfreie Städte des Landes abgeleitet. Diese Karten wurden mit einer dazugehörigen Dokumentation den zuständigen Landräten bzw. Oberbürgermeistern sowie den Regionalen Planungsgemeinschaften übergeben. Sie dienen den Behörden auf Kreisebene als Hilfsmittel für den Schutz wertvoller Rohstoffpotentiale sowie zur Entwicklung tragfähiger regionaler und lokaler Wirtschaftsansiedlungen (Abb. 1).

Unter Koordination der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover entsteht ein bundesweites Rohstoffkartenwerk für Deutschland im Maßstab 1 : 200 000 (KOR 200). Im Druck befinden sich derzeit zwei Karten, die Teile des Territoriums des Landes Brandenburg enthalten, die Blätter CC 3142 Neubrandenburg und CC 4750 Cottbus. Die Kartierung und Erarbeitung der ausführlichen Erläuterungen erfolgte durch externe Auftragnehmer unter intensiver Betreuung und Datenbereitstellung durch das LGRB. Die KOR 200 zeigt neben der Verzeichnung aktiver Abbaustellen Flächen auf, die aus geologisch-lagerstättenkundlicher Sicht für eine zukünftige Nutzung oberflächennaher Rohstoffe zur Verfügung stehen. Im Wesentlichen soll sie als Diskussionsgrundlage für alle an Genehmigungsverfahren für den Rohstoffabbau beteiligten Institutionen dienen. Weiterhin ist sie als Orientierungshilfe für interessierte Kreise der rohstoffgewinnenden und rohstoffverarbeitenden Industrie gedacht (Müncheberg et al. 1999).

Als Grobübersicht über das Rohstoffpotential gibt das LGRB die Karte der oberflächennahen Rohstoffe im Maßstab 1 : 300 000 heraus (KOR 300), die vor allem auf die Berücksichtigung von Interessen der Rohstoffsicherung bei der Erarbeitung landesplanerischer Konzepte abzielt und zumindest eine generelle Abschätzung des Abwägungsbedarfs zulässt. Eine erste Ausgabe wurde 1994 gedruckt. Eine zweite Ausgabe dieser Karte, deren Flächenausgrenzungen nunmehr nach den generalisierten Ergebnissen der KOR 50 - Kartierung vorgenommen wurden, erschien 1998. Vom Oberbergamt des Landes wurde der Stand der Lagerstätten mit Bergbauberechtigung (Bergwerkseigentum, Bewilligungen) per 31.12.1997 in die Karte übernommen (Pawlitzy & Liersch 1998, vgl. auch Manhenke & Pawlitzy 1998 und Manhenke, in diesem Heft).

4. Förderentwicklung und Perspektiven

In den wenigen Jahren seit der Wiedergründung des Landes Brandenburg war eine wechselvolle Entwicklung der Nutzung der einheimischen Rohstoffe der Steine und Erden zu beobachten.

Betrug die Förderung an Steine- und Erdenrohstoffen im Jahre 1992, ausgehend von einer noch niedrigeren Förderung im Vorjahr, lediglich ca. 21,5 Mio t, so wurde sie in den darauffolgenden Jahren bis 1996 stetig gesteigert (siehe Tab. 1).

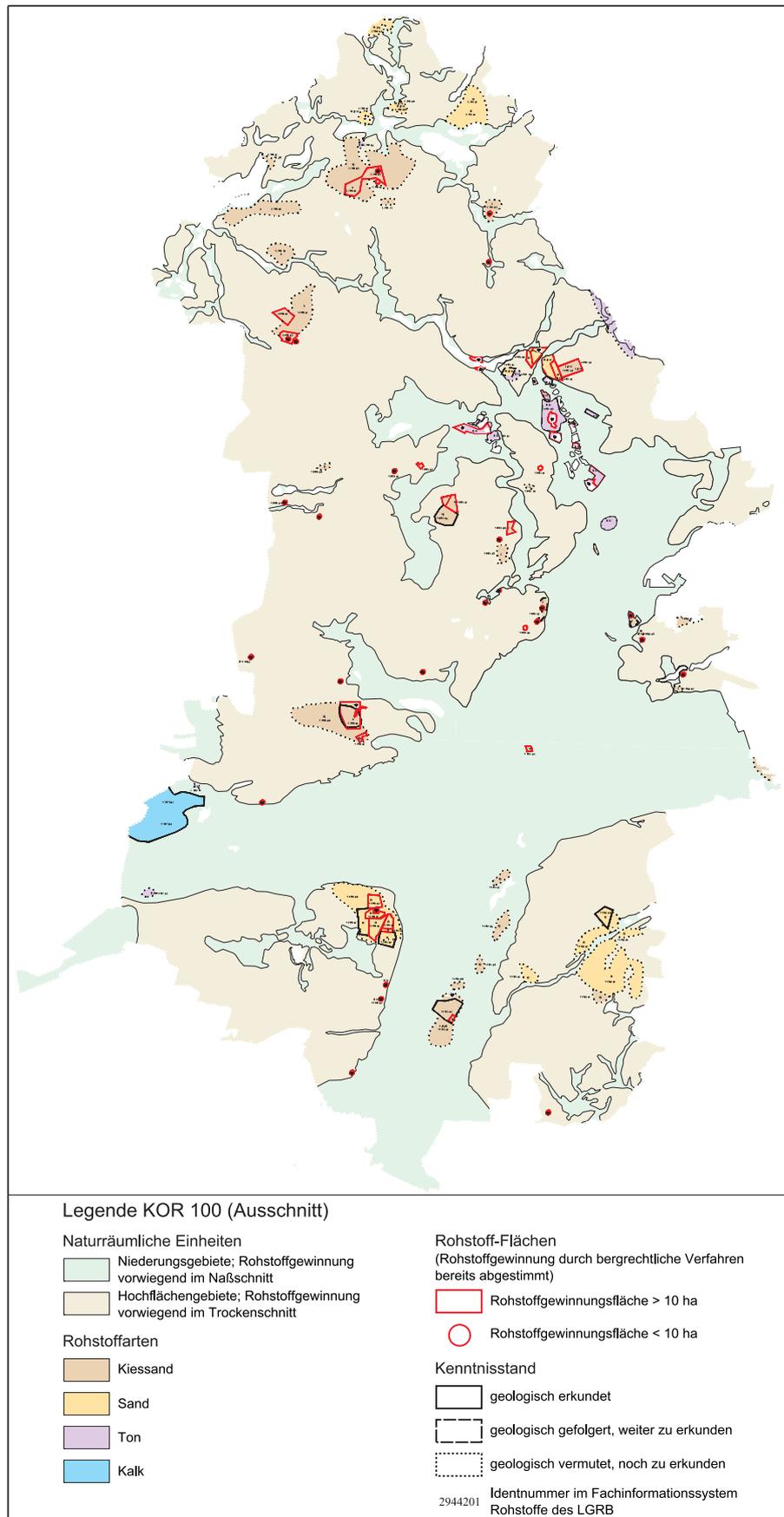


Abb. 1: KOR 100 aus der Rohstoffdokumentation für den Kreis Oberhavel (verkleinert, Topographie ausgeblendet)

Schwerpunkte der Rohstoffgewinnung sind vor allem die Kreise Elbe-Elster, Märkisch-Oderland, Barnim und Oberspreewald-Lausitz.

Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg bezeichnete die Steine- und Erdenindustrie auf dem Steine- und Erdentag '95 als eine der Grundlagen des Konjunkturaufschwungs, der wesentlich von der Bauwirtschaft getragen wird. Der Steine- und Erdenbergbau

der Entscheidung, die Errichtung neuer Werke über bereits erteilte Bewilligungen hinaus nicht mehr aus Landesmitteln zu fördern (Dreher 1997). Inwieweit von der Rohstoff- und Bauwirtschaft künftig wieder verstärkte Wachstumsimpulse ausgehen, hängt insbesondere von der Weiterentwicklung der Verkehrsprojekte des Bundes sowie von der Reaktion der Bauherren auf die veränderten steuerlichen Rahmenbedingungen ab.



Abb. 2 Kiessandgewinnung im Tagebau Althüttendorf

Foto: F. Ludwig

schaffe und sichere Produktion und Beschäftigung weit über den eigenen Bereich hinaus. Direkt in den Tagebauen der Steine- und Erdenindustrie in Brandenburg arbeiteten 1996 ca. 1200 Beschäftigte. Etwa 60 % der Betriebe sind klein- und mittelständisch und haben weniger als 10 Beschäftigte. Es ist davon auszugehen, dass jeder im Steine- und Erdenbergbau Beschäftigte weitere ca. 5 Arbeitsplätze im Transportgewerbe und der nachfolgenden Weiterverarbeitung schafft. Im Jahre 1997 ging die Förderung erstmalig wieder zurück. Die Gründe dafür sind hauptsächlich im Stagnieren der Bauwirtschaft seit 1996 zu sehen. Der Umsatz des Bauhauptgewerbes wies 1996 nur ein Wachstum von 0,3 % gegenüber dem Vorjahr auf. Hierbei war die brancheninterne Entwicklung uneinheitlich. Während der gewerbliche Bau und Industriebau deutliche Einbußen zeigten, legte der Wohnungsbau zu. Auf das Problem möglicher Überkapazitäten der Steine- und Erdenindustrie in Brandenburg (z. B. bei Kalksandsteinwerken) reagierte das Wirtschaftsministerium Ende 1996 mit

Insbesondere die öffentliche Hand hat direkten Einfluss auf den Rohstoffverbrauch, da im Bundesmaßstab ca. 60 % der gesamten Steine- und Erdenproduktion für öffentliche Bauvorhaben benötigt werden. In Brandenburg dürfte dieser Anteil aufgrund des großen Anteils von Baumaßnahmen an infrastrukturellen Einrichtungen noch größer sein.

Der Umfang von Baumaßnahmen im Wohnungs- und Gewerbebau ist von der Marktlage abhängig. Der sachgerechte Bedarf kann jedoch nur innerhalb eines überschaubaren Zeitraums eingeschätzt werden, der bei ca. 2 Jahren liegt (Hummel 1997). Da zwischen Planungsphase und Realisierung solcher Vorhaben oftmals bis zu 5 Jahre liegen, kommt es zu sprunghaften Entwicklungen, deren zeitlicher Einsatz und Amplitude nicht exakt vorauszusagen sind. Die vorwiegend klein- und mittelständischen Betriebe der Rohstoffgewinnung sind diesen unmittelbaren Bedarfsschwankungen direkt ausgesetzt, da ca. 95 % des Materials von der Bauwirtschaft abgenommen und verbraucht werden. Das

Tab. 1: Förderzahlen Steine und Erden in Brandenburg, in Mio t (MWMT 1997; Angaben für 1998 vorläufige Zahlen des OLB)

	1994	1995	1996	1997	1998
Kiessande und Sande	21,1	22,9	24,6	22,8	21,0
Quarz und Quarzsand	2,7	4,4	3,8	3,0	4,6
Kalkstein	2,7	2,8	3,6	3,8	4,1
Grauwacke	2,8	2,6	2,5	2,4	1,7
Ton	0,5	0,7	0,9	1,2	0,6
Torf	0,2	0,1	0,1	0,01	0,0016
Summe	30,0	33,5	35,5	33,2	32,0

erschwert eine kurzfristige Voraussage über den Rohstoffbedarf in einer bestimmten Region oder einem Bundesland beträchtlich.

Über größere Zeiträume hinweg kann man jedoch annehmen, dass sich derartige kurzfristige Einflüsse nahezu nivellieren und längerfristige Tendenzen des Rohstoffbedarfs erkennbar werden. Auf diese längerfristigen Tendenzen wiederum wirken andere Einflußfaktoren ein, die nicht exakt vorausbestimmbar sind. Zu den wichtigsten gehören die Bevölkerungsentwicklung und der Rohstoffbedarf pro Kopf der Bevölkerung (dieser wiederum wird z.B. von der strukturellen Bauweise, d.h. welche - eventuell auch Steine-Erden-fremden Materialien - werden bevorzugt zum Bauen eingesetzt, welche technischen Standards sind verbindlich, bestimmt).

Für das Gebiet der gesamten Bundesrepublik wurde 1998 eine Prognose über die mittel- bis langfristige Nachfrage nach oberflächennahen Primärrohstoffen vorgelegt (Fleckenstein et al. 1998). Der Kern des Prognoseansatzes liegt in der Erfassung des Bauwerksbestandes und der Prognose seiner Zu- und Abgänge bis zum Jahr 2040. Dazu wurde ein Erwartungskorridor abgebildet, der im Ergebnis eine langfristige Verringerung der Nachfrage voraussagt.

Diese Prognose rief nach ihrem Erscheinen massiven Widerspruch hervor (z.B. Schareck et al. 1998, Braus 1998), da nur geringfügig andere Ansätze sofort zu einer wesentlich höheren Gesamtnachfrage im Prognosezeitraum führen (Bauvorhaben von Verkehrswegen, andere Zahlen zur weiteren qualifizierten Wiederverwertung von Abbruchmassen aus dem Hoch- und Tiefbau, zusätzliche Baunachfrage durch höhere Anforderungen im Umweltschutz usw.). Schareck et al. (1998) weisen unter dem Motto "je genauer man plant, desto härter trifft einen der Zufall" darauf hin, dass Prognosen - da niemand in der Lage ist, künftige Entwicklungen über längere Zeiträume objektiv zu erkennen - nur eine Aussage darüber treffen, was unter bestimmten Voraussetzungen eintreffen wird.

Gerade für das Gebiet der neuen Bundesländer und somit auch für Brandenburg waren längerfristig angelegte Schätzungen der vergangenen Jahren von vornherein feh-

lerbehaftet, da die hohen Wachstumsraten der ersten Jahre nach der Wiedervereinigung in die Zukunft projiziert wurden.

So kam z.B. eine vom Oberbergamt vergebene Studie 1995 zu dem Ergebnis, dass für das Land Brandenburg bis zum Jahr 2000 von einem Bedarf an Steine- und Erdenrohstoffen von ca. 40 Mio t/Jahr ausgegangen werden kann. Für den in der Studie betrachteten Untersuchungszeitraum bis 2044 wurde ein Gesamtbedarf von über 4 Mrd. t Rohstoffen errechnet, was nochmals eine Verdoppelung dieser Zahl bedeuten würde (Zenker & Freytag 1995). Die Studie ging von einem anhaltenden Wirtschaftswachstum mit den Raten von 1993/94 aus, die sich in den Folgejahren so nicht bestätigt haben.

Bedarfsschätzungen für Steine- und Erdenrohstoffe im Land Brandenburg sind oft auch deshalb schwer miteinander vergleichbar, da nicht in jedem Fall der Bedarf des Landes Berlin miteinbezogen wird. Da Berlin jedoch allseitig von Brandenburg umschlossen wird und Berlin-Brandenburg zunehmend einen gemeinsamen Wirtschaftsraum bildet, kommt man nicht umhin, den Rohstoffbedarf für beide Länder gemeinsam zu betrachten, auch wenn Berlin eine Reihe von rohstoffwirtschaftlichen Sonderbeziehungen aufweist. - Damit sind die trassengebundenen Materialströme an Steine- und Erdenrohstoffen in die Hauptstadt hinein gemeint, die an Brandenburg regelrecht "vorbeigehen": So beziehen die Großbaustellen im Berliner Zentrum einen Großteil ihrer Betonzuschlagstoffe auf dem Schienenweg aus Sachsen-Anhalt, ferner erreichen auf den Wasserstraßen Kiessand- und Zementtransporte aus Polen die Hauptstadt.

Die Globalisierung der Verkehrs- und Handelsaktivitäten hat noch weitere Auswirkungen auf die Rohstoffversorgung im Raum Berlin-Brandenburg, auch wenn derartige weitgespannte Verflechtungen in der Vergangenheit gemäß der Annahme, dass Steine- und Erdenrohstoffe aufgrund ihrer Transportkostensensibilität nur über geringe Entfernungen transportiert werden, von den meisten Autoren negiert wurden.

Werksteine für Fassaden- und Innengestaltung werden nicht nur aus anderen Bundesländern importiert, sondern zunehmend auch aus Skandinavien, Großbritannien, Südafrika und

Namibia. Aus Norwegen und Großbritannien erreichen ferner bedeutende Mengen Schotter und Splitt unseren Wirtschaftsraum.

Kopf (1999) weist in einer Studie darauf hin, dass Zementimporte nicht nur aus Polen und Tschechien Berlin-Brandenburg erreichen, sondern auch aus Südostasien, wo europäische und amerikanische Unternehmen in der derzeitigen Rezession kostengünstig Zementwerke aufkauften, deren Absatz in der eigenen Region stark rückgängig wurde. Konfrontiert mit derartigen Entwicklungen hat das brandenburgische Zementwerk Rüdersdorf für 1999 eine Rücknahme seiner Produktion um ein Drittel angekündigt.

Welche Annahmen kann man nun trotz der soeben geschilderten vielfältigen Unsicherheitsfaktoren für die Bedarfsentwicklung an Steine- und Erdenrohstoffen und die weitere Entwicklung der Steine und Erdenindustrie in Berlin-Brandenburg treffen? Bei dieser Fragestellung ist eine getrennte Betrachtung des Rohstoffbedarfs in den beiden Bundesländern einerseits und den realisierbaren Produktionszahlen von Steine- und Erdenrohstoffen in diesem Raum andererseits notwendig.

Der Bedarf an Steine- und Erdenrohstoffen in den alten Bundesländern betrug in den vergangenen Jahrzehnten ca. 10 t pro Einwohner und Jahr. In der DDR lag er 1989 bei ca. 9 t pro Einwohner und Jahr. In den neuen Bundesländern ging der Bedarf bis 1992 stark zurück, um dann wieder deutlich anzuwachsen. Er liegt nach wie vor deutlich über dem Durchschnittswert der alten Bundesländer (Tab. 2).

Tab. 2: Förderung von Steine- und Erdenrohstoffen in den neuen Bundesländern 1996 in t pro Einwohner (nach Schröder & Sippel 1998)

Land	Förderung
Sachsen-Anhalt	19
Meckl.-Vorpommern	16
Thüringen	14,5
Sachsen	12,5
Brandenburg	12

Aus jetziger Sicht kann von der Annahme ausgegangen werden, dass sich der Bedarf in den neuen Bundesländern nicht zuletzt aufgrund der Rezession der Baukonjunktur innerhalb weniger Jahre auf den bundesdeutschen Durchschnitt einpendelt.

Für Berlin-Brandenburg können dagegen höhere Bedarfswerte von ca. 11 - 12 t pro Einwohner und Jahr über die nächsten 10 - 15 Jahre angenommen werden, die mit dem weiteren Verkehrswegebau bzw. dem Hauptstadtausbau begründet werden können. Auch hier beeinflussen politische Vorgaben die grundlegende Tendenz: nicht nur die Entscheidungen über die Fortführung der Baumaßnahmen zur Infrastrukturverbes-

serung, sondern auch die Haltung der landes- und regionalplanerischen Behörden, die es durch ihre Entscheidungen zur Flächenbereitstellung für die Rohstoffgewinnung und bei Genehmigungsverfahren in der Hand haben, ob brandenburgische Firmen weiter Fuß bei der Baumaterialienversorgung in Berlin fassen können oder ob die benötigten Baustoffe aus anderen Bundesländern herantransportiert werden. Zu berücksichtigen ist dabei natürlich, dass bei Rohstoffen wie Schotter, Splitt und Werksteinen aufgrund der geologischen Voraussetzungen in Brandenburg ein permanenter Importbedarf besteht.

Bei Annahme einer etwa konstant bleibenden Wohnbevölkerung von ca. 6 Millionen in beiden Bundesländern könnte sich ein jährlicher Bedarf an Steine- und Erdenrohstoffen von ca. 60 bis 72 Mio t pro Jahr ergeben.

Auch diese Zahlen können keine exakte Voraussage sein. Im Rahmen dieser Publikation ist es auch nicht möglich, weitere auf eine Mengenprognose einwirkende Faktoren ausführlicher zu beleuchten, die z.B. in der unterschiedlichen regionalen Verteilung sowohl der ergiebigen Rohstofflagerstätten als auch der Wohnbevölkerung liegen (und somit für einzelne Regionen ein völlig anderes Bild als für den Gesamtraum abgeben können) oder etwa auf die Differenz der bei den Förderzahlen ausschließlich betrachteten Bruttoförderung und dem tatsächlichen Rohstoffausbringen aus bauenden Lagerstätten. Hier klaffen - wiederum regional verschieden - Lücken zwischen 10 und 40 %. Widersprüchliche Aussagen gibt es in der Fachliteratur auch bezüglich der Entwicklung des Anteils an Recycling-Baustoffen.

Sollten die gesamtpolitischen Vorgaben der nächsten Jahre eher restriktiv für die Rohstoff- und Bauwirtschaft ausfallen, so ist mit einem schnellen Abgleiten des Bedarfs an Steine und Erden-Rohstoffen in der Region Berlin-Brandenburg in Richtung 8 t je Einwohner und Jahr zu rechnen, der dann auch langfristig anhalten dürfte. Die Folgen für die Betriebe der Rohstoffgewinnung und -weiterverarbeitung sowie für das Transport- und Bauhauptgewerbe dürften in diesem Fall gravierend sein.

Die genannten Bedarfszahlen können auch künftig nur zum Teil aus brandenburgischen Lagerstätten gedeckt werden. Neben den schon erwähnten Importen von Hartgestein werden auch weiterhin Importe z.B. an Kiessanden, Zementrohstoffen sowie Spezialtonen stattfinden. Bei den Kiessanden lassen die teilweise vorhandenen Körnungsdefizite in vielen Lagerstätten, bestehende Firmenbeziehungen sowie die eingefahrenen Transportwege, die preislich konkurrenzfähige Importe aus Polen oder Sachsen-Anhalt ermöglichen, sogar eine Einfuhrsteigerung erwarten. Bei Tonrohstoffen wird Berlin-Brandenburg weiterhin auf Importe zur Herstellung hochwertiger Versätze angewiesen sein.

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten beträgt der maximal erreichbare Grad der Eigenversorgung mit Steine- und Erdenrohstoffen für Berlin-Brandenburg ca. 70 % (Schomburg et al. 1994, Kopf 1999).

5. Rohstoffsicherung

Wie unter Punkt 4 beschrieben, kommt der Rohstoffsicherung eine bedeutsame Rolle bei der zukunftssicheren Versorgung mit Steine- und Erdenrohstoffen zu. Eine Rohstoffsicherung, die eine bedarfsgerechte und möglichst verbrauchernahe Rohstoffversorgung der Wirtschaft gewährleisten soll, kann nicht aus der Sicht einzelner Gemeinden oder Landkreise, z.T. nicht einmal einzelner Planungsregionen erfolgen (Schröder & Sippel 1998). Das wesentliche Instrument der Rohstoffsicherung stellt die Regional- und Landesplanung dar. Im Land Brandenburg ist sie u.a. durch das Gesetz zur Einführung der Regionalplanung und der Braunkohlen- und Sanierungsplanung im Land Brandenburg (RegBkPIG 1993) und den Gemeinsamen Erlaß zur Verfahrensregelung bei der Rohstoffsicherung im Rahmen der Raumordnung und Landesplanung (MUNR, MWMT 1996) geregelt.

Rohstoffsicherung - verstanden als das vorsorgliche Freihalten von Rohstoffhöflichkeitsflächen und Rohstofflagerstätten von Nutzungen, die eine künftige Gewinnung dieser Rohstoffe erschweren oder unmöglich machen - kann als ein Prozess betrachtet werden, der sich in mehrere Stufen untergliedern läßt (Abb. 3).

Als nächster Schritt erfolgt eine lagerstättegeologische und rohstoffspezifische Bewertung der auskartierten Flächen sowie die substantielle Rohstoffbewertung mit dem Ziel, den Anspruch auf Sicherung der als wertvoll erkannten Flächen in Form von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten objektiv begründen zu können. In Zusammenarbeit mit externen Gutachtern wurde dazu am LGRB eine spezielle Methodik entwickelt (Höding & Pawlitzky 1997).

Die planerische Sicherung von Flächen für die Rohstoffnutzung in Form von Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebieten erfolgt dann durch die Regionalen Planungsgemeinschaften nach Abwägung der unterschiedlichen Belange.

Die Flächen, denen in der Regionalplanung kein derartiger Status verliehen wird, bleiben durch die KOR 50 als Vorsorgegebiete dokumentiert. Rohstoffvorsorgegebiete sind also Gebiete mit rohstoffgeologisch kartiertem Nutzungspotential, die gegenwärtig nicht als Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiete eingestuft werden, jedoch zur Sicherstellung der Rohstoffversorgung künftiger Generationen zu beachten sind (Höding & Manhenke 1998).

Die Aufstellung der Regionalpläne für die 5 Planungsregionen des Landes Brandenburg weist derzeit einen unterschiedlichen Stand auf. Für die Planungsregionen Lausitz-Spre-



Abb. 3 Schritte im Prozess der Rohstoffsicherung in Brandenburg

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Geologischen Landesaufnahme, der Auswertung von Bohrerergebnissen und Erkundungsberichten der Industrie usw. wird ein Kenntnisstand über das Rohstoffpotential des Landes erarbeitet und laufend gehalten. Dies ist eine der wichtigsten hoheitlichen Aufgaben des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg wie auch aller anderen Geologischen Landesämter in Deutschland. Die Ergebnisse werden in rohstoffgeologischen Karten und Datenbanken dokumentiert (vgl. Pkt. 3).

wald und Havelland-Fläming sind die Teilpläne Sicherung oberflächennaher Rohstoffe bereits gültig. Insgesamt ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt einzuschätzen, dass nach intensiven Dialogen und Kompromißsuchen die Belange der Rohstoffsicherung in den bereits vorliegenden Regionalplänen bzw. in den Entwürfen für die weiteren Planungsregionen im Land Brandenburg in zufriedenstellendem Maße Berücksichtigung fanden. Belastungsproben, wie unerwartet auftretender Bedarf an bisher nicht berücksichtigten Schwerpunkten, die die Notwendigkeit von Aufschlüssen auf nicht als Vorranggebiet ein-

gestuften Flächen erfordern würden, traten bisher noch nicht auf. Derartige Ereignisse wären sicher die Nagelprobe für regionalplanerische Flexibilität.

Fleckenstein et al. (1998) weisen darauf hin, dass ein eventueller Rückgang der Nachfrage nach Steine- und Erdenrohstoffen nicht mit einem Rückgang der Konfliktpotentiale bei der Rohstoffsicherung gleichzusetzen ist. Da einige "gute", d. h. konfliktarme und gleichzeitig ergiebige Lagerstätten bereits im Abbau stehen oder teilweise schon erschöpft sind, wird künftig die Rohstoffgewinnung zunehmend auf raumordnerisch und rohstoffgeologisch suboptimale Standorte angewiesen sein.

Im Rahmen der gemeinsamen Landesplanung der Länder Berlin und Brandenburg wird derzeit ein Landesentwicklungsplan für den Gesamttraum Berlin-Brandenburg erarbeitet (LEP GR). Als Zuarbeit dazu erstellte das LGRB eine Rohstoffkarte 1 : 300 000 mit Gebieten mit besonderer Bedeutung für den Abbau von Steine- und Erdenrohstoffen. Die Grobabgrenzung derartiger Gebiete erfolgte nach folgenden Aspekten:

- Vorhandensein von regional bzw. überregional bedeutsamen Rohstoffgewinnungsstellen mit entsprechenden Vorräten und Vorlauf-Flächen
- Anhäufung mehrerer Rohstoffgewinnungsstellen auf engem Raum aufgrund günstiger geologischer Verhältnisse (z.B. Sanderwurzelbereiche)
- Vorhandensein besonders hochwertiger Rohstoffe, auch wenn derzeit keine Gewinnung erfolgt
- Rohstoffgewinnungsstellen mit besonderen Lieferbeziehungen zu Bedarfsschwerpunkten (z.B. für die Keramische Industrie oder als Rohstofflieferant nach Berlin).

Demgegenüber wurden kleinflächige Lagerstätten bzw. Gewinnungsgebiete meist lokaler Bedeutung nicht dargestellt, dies erfolgt detailliert in den KOR 50 des LGRB.

Zielstellung dieser Karte ist die Kenntnis der bei Abwägungen zur Raumnutzung besonders konfliktträchtigen Gebiete auf der Ebene der Landesplanung.

Zusammenfassung

Die im LGRB erarbeiteten und laufend aktualisierten Kenntnisse zum Rohstoffpotential des Landes Brandenburg sind die Basis für die Herausgabe von rohstoffgeologischen Karten und Kartenwerken für die verschiedenen Nutzergruppen (Landesregierung, Landes- und Regionalplanung, Unternehmen, Behörden, an Rohstofffragen interessierte Bürger). Die bisher vorliegenden Ergebnisse der Landes- und Regionalplanung machen den Willen des Landes deutlich, auch weiterhin eine zukunftsichere bedarfsgerechte Versorgung mit Steine- und Erdenrohstoffen zu gewährleisten.

Unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse, regionalplanerischer Ergebnisse, der Entwicklung der Förderzahlen in den vergangenen Jahren sowie unter Einbeziehung makroökonomischer Aspekte wird eine Bedarfsabschätzung für Steine- und Erdenrohstoffe für Berlin und Brandenburg für die nächsten ca. 10 - 15 Jahre gegeben. Zu betonen ist

dabei, daß derartige Schätzungen sich mit den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen sehr leicht verändern können und die notwendigen Präzisierungen nur möglich sind, wenn die rohstoffgeologischen Arbeiten im Land, Kartierung und Bewertung des Rohstoffpotentials, kontinuierlich fortgeführt werden.

Summary

Mapping of raw materials is one of the main tasks of the Geological Survey of Brandenburg. Results are special maps for different users as well as government, regional planning authorities, companies and citizens.

This paper shows, beside a short presentation of the geological basics of raw material exploration and exploitation, perspectives of the whole raw material industries in the federal states Brandenburg and Berlin.

Some general set-ups are discussed which have an important effect to the quantity of raw materials needed (population figures, business activities in building trade, fiscal laws).

The government of Brandenburg has the possibility to react to changed set-ups in the raw material sector, if the mapping and assessment of raw material resources of Brandenburg by the Geological Survey is going on continuously.

Literatur

- BRÄUS, H.-P. (1998): Bauen in Zukunft ohne Kies und Sand? – Vortrag auf der Fachtagung "Produktion von Kies und Sand". – Tagungsband, Aachen
- DREHER, B. (1997): Die Steine- und Erdenindustrie, ein Wirtschaftsfaktor in Brandenburg. – Steine- und Erdentag '97. – Tagungsband, MWMT, S. 17–23, Potsdam
- FLECKENSTEIN, K., HOCHSTRATE, K., KNOLL, A. & B. BILLEK (1998): Prognose der mittel- und langfristigen Nachfrage nach mineralischen Baurohstoffen. – Forsch. ber. d. Bundesamtes f. Bauwesen u. Raumordnung, 85, 69 S., Bonn
- HÖDING, T. & M. PAWLITZKY (1997): Methodik der lagerstättengeologischen Bewertung zur Ausweisung von Rohstoffvorrang- und Rohstoffvorbehaltsgebieten von Steine/Erden-Lagerstätten im Land Brandenburg. – Schriftenreihe angew. Geowiss. 1, S. 55–65, Berlin
- HÖDING, T. & V. MANHENKE (1998): Kartierung und Bewertung des Rohstoffpotentials als Grundlage für die Rohstoffsicherung im Land Brandenburg. – Informationen zur Raumentwicklung 4/5, S. 285–291, Bonn
- HÜMMEL, W. J. (1997): Wege in die zukunftsorientierte Verwaltung – Vortrag auf dem Kongreß "Schlanker Staat", Düsseldorf (unveröff.)
- KOPF, M. (1999): Rohstoffsicherung im Land Brandenburg. – Studie LGRB, 23 S., Kleinmachnow (unveröff.)
- LGRB, OLB (Hrsg.) (1996): Bodenschätze – Bergbau – Arbeitsplätze. – 28 S., Cottbus
- MANHENKE, V. & M. PAWLITZKY (1998): Aktualisierte Zweitaufgabe der KOR 300. – Brandenburg. geowiss. Beitr. 5, 1, S. 50, Kleinmachnow

- MANHENKE, V., PAWLITZKY, M. & T. HÖDING (1996): Geowissenschaftliche Grundlagen der Steine-Erden-Rohstoffsicherung in Brandenburg – Tagungsbericht zum Kleinmachnower Rohstoffkolloquium. – Brandenburg. geowiss. Beitr. 3, 1, S. 121–124, Kleinmachnow
- MÜNCHEBERG, C., HÖDING, T., GRANITZKI, K., LUDWIG, F. & E. WETZEL (1999): Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 (KOR 200). Erläuterungen zu Blatt CC 3142 Neubrandenburg. – Hannover (im Druck)
- MUNR, MWMT (1996): Gemeinsamer Erlaß zur Verfahrensregelung bei der Rohstoffsicherung im Rahmen der Raumordnung und Landesplanung vom 2. Oktober 1996. – Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung und Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg, Potsdam, Amtsblatt f. Brandenburg Nr. 48 vom 07.11.1996
- MWMT (1993): Erfassung oberflächennaher Rohstoffe im Land Brandenburg. – Erlaß des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie vom 6. September 1993. Amtsbl. Brandenburg. Nr. 78, S. 1540, Potsdam
- MWMT (1997): Bericht über die Tätigkeit der Bergbehörden des Landes Brandenburg für das Jahr 1996. – Bericht MWMT, Potsdam
- PAWLITZKY, M. & W. LIERSCH (Red.) (1998): Karte der oberflächennahen Rohstoffe Steine-Erden des Landes Brandenburg 1 : 300 000. – LGRB, Kleinmachnow
- RegBkPIG (1993): Gesetz zur Einführung der Regionalplanung und der Braunkohlen- und Sanierungsplanung im Land Brandenburg. – 13.05.1993, GVBl. S. 170, geä. durch Gesetz vom 06.04.1995, GVBl. S. 210, Potsdam
- SCHARECK, G., BRAUS, H.-P., HAHN, U. & G. PAHL (1998): Voraussichtliche Nachfrage nach Primärrohstoffen bis zum Jahre 2040. – Informationen zur Raumentwicklung 4/5, S. 219–224, Bonn
- SCHOMBURG, J., CHUDZICKI, P., LÖFFLER, M., ZWAHR, H. & R. FÖRSTER (1994): Ressourcenpotentialbewertung von Steine- und Erdenlagerstätten des Landes Brandenburg unter Berücksichtigung der Karte oberflächennaher Rohstoffe 1 : 300 000. – Studie, DURTEC Neubrandenburg (unveröff.)
- SCHRÖDER, N. & U. SIPPEL (1998): Lagerstättenwirtschaftlich-statistischer Jahresbericht 1997 für den Freistaat Thüringen. – Thüringer Landesanstalt für Geologie, 123 S., Weimar
- WETZEL, E. & T. HÖDING (1998): Rohstoffbericht KOR 50, Teil Kreis Oberhavel. – Bericht LGRB, 19 S., Kleinmachnow (unveröff.)
- ZENKER, P. & K. FREYTAG (1995): Der Steine- und Erdenbergbau im Land Brandenburg. – Die Naturstein-Industrie 3, S. 19–22, Iffezheim

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 128

Anschrift des Autors:

Dr. Thomas Höding
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Neues Dienstgebäude für das LGRB in Kleinmachnow

GÜNTER HELLMANN & CHRISTIAN DRESCHER

Am 29. März 1999 fand das Richtfest für den Erweiterungsbau des LGRB in Kleinmachnow statt. In dem neuen Gebäudetrakt werden zum größten Teil Labor-, Lager- und Archivräume eingerichtet.

In seiner Ansprache betonte Wirtschaftsminister Dr. Burkhard Dreher, dass mit dem Neubau eine lang anhaltende provisorische Unterbringung des LGRB beendet wird.

Finanzstaatssekretär Dr. Horst Mentrup verwies auf die Beseitigung der vielen „Stolpersteine“ (u. a. unklare Eigentumsverhältnisse), die einem früheren Baubeginn im Wege standen.

Der Direktor des LGRB, Dr. Werner Stackebrandt, erläuterte, dass sich mit dem Erweiterungsbau wesentliche Verbesserungen für die Durchführung von geochemischen, sedimentologischen und ingenieurgeologischen Untersuchungen von Boden, Grundwasser, Lockersediment und Festgestein ergeben werden. Diese sind Grundlage für die geowissenschaftlichen Kartenwerke des Landesamtes sowie für die landesplanerischen Vorhaben der Landesregierung.

Im Herbst 1999 werden die Arbeiten an dem Erweiterungsbau abgeschlossen. Anschließend wird das bisherige Hauptgebäude freigezogen und von Grund auf saniert. Ab 2001 steht den Mitarbeitern des LGRB dann ein optimales Arbeitsumfeld zur Verfügung.



Foto: H. Ledder

Anschrift der Autoren:
Günter Hellmann,
Christian Drescher
Landesamt für Geowissenschaften
und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 39–46	3 Abb., 2 Tab., 10 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	-------------------------

Braunkohlenlagerstätten in Brandenburg – Förderentwicklung und Nutzungsperspektiven

PETER NESTLER

1. Vorbemerkungen

Der mineralische Rohstoff Braunkohle darf in Brandenburg nicht nur im abstrakten Sinne als Geopotential betrachtet werden, sondern muss aufgrund der historischen Entwicklung, des gegenwärtigen Standes und der Perspektive des Braunkohlenbergbaues vor allem in der Niederlausitz als bedeutender wirtschaftlicher und infrastruktureller Faktor begriffen werden.

Mehr als 150 Jahre Braunkohlentagebau in der Lausitz stehen einerseits für Umweltbelastungen und Landschaftszerstörung, für tiefe Eingriffe in den Naturhaushalt, darunter in besonderem Maße in den Wasserhaushalt der Spree und der Schwarzen Elster, sowie für die bisherige bergbauliche Inanspruchnahme von Ortslagen und Siedlungen mit insgesamt ca. 23 000 Einwohnern. Der Braunkohlenbergbau steht aber auch für die wirtschaftliche, soziale und infrastrukturelle Entwicklung der Region Niederlausitz, für Arbeitsplätze und Wertschöpfung und für die Chance, vielfältig nutzbare Bergbaufolge- und Bergbaunachbarlandschaften zu gestalten; eine Chance, die die bergrechtlich gebotene Wiedernutzbarmachung der Oberfläche als Pflichtaufgabe des Bergbautreibenden einschließt, aber auch weit darüber hinausgeht. Dazu ist ein Rückblick auf die Historie des Braunkohlenbergbaues in der Niederlausitz, dem einzigen heute in Brandenburg noch fördernden Lagerstättenrevier, hilfreich.

2. Historische Entwicklung des Braunkohlenbergbaues

Wohl aufgrund der gegenüber Steinkohle ungünstigen Rohstoffparameter setzte eine nennenswerte Braunkohlengewinnung relativ spät ein. Obwohl in Deutschland bereits ab 1549 erste Dokumente über Bergbauberechtigungen auf Braunkohle überliefert sind, betrug die Förderung in Deutschland im Jahre 1860 nur 4,4 Mio t, erreichte damit aber 72 % der Weltfördererleistung (HERTIG 1966). Den Spitzenplatz in der Welt-Braunkohlengewinnung behielt Deutschland bis heute (vgl. Tab. 1).

In der Lausitz setzte diese Entwicklung noch stärker zeitversetzt ein: Der erste Braunkohlenfund wird aus dem Raum Lauchhammer im Jahre 1789 vermeldet. Eine kommerziell betriebene Braunkohlengewinnung mit ca. 8 000 t/a wurde

Tab. 1

Entwicklung der Braunkohlenförderung in Deutschland. Nach HERTIG (1966), SAUS & SCHIFFER (1997) und MAASSEN (1995)

	Förderung Mio t	Anteil an Weltproduktion %
1900	40,5	56
1914	128,0	68
1938	195,0	75
1943	253,4	keine Angaben
1989	410,6 ¹⁾	33,5
1996	193,0 ²⁾	20,5

1) davon DDR 310,9 Mio t = 24,3 %

2) Vergleich: Rußland als zweitgrößter Produzent 92 Mio t = 9,7 %

in den Akten des Königlichen Bergamtes Rüdersdorf im Jahre 1851 für den Ort Klein Kölzig ca. 20 km südöstlich Cottbus registriert.

Wurden zunächst meist glazigen oberflächennah aufgestauchte Flözpartien im Handabbau gewonnen, so dominierte auch in der Lausitz bis nach der Jahrhundertwende die Braunkohlengewinnung im Tiefbau. Erst mit der Entwicklung leistungsfähiger Baggertechnik und gleisgebundenem Abraum- und Kohletransport (erster Einsatz eines Dampfbaggers zur Abraumbewegung ab 1890, vgl. NESTLER 1981) konnten größere Abraummächtigkeiten bewältigt werden. Die Tagebautechnologie ermöglichte dann auch in der Lausitz eine Braunkohlengewinnung in großem Maßstab. 1924 feierte im Tagebau Plessa die Förderbrückentechnologie Weltpremiere (SUCHER 1994). Aufnahmen aus dem Jahre 1938 von Großtagebauen der damals größten Bergwerksgesellschaft Ilse-AG vermitteln noch heute einen fast modernen Eindruck (s. Abb. 1). Die ständige Weiterentwicklung der Förderbrückentechnologie war die Voraussetzung dafür, dass der Braunkohlenabbau in der Niederlausitz z. B. gegenüber dem Niederrheinischen Lagerstättenrevier mit wesentlich günstigeren

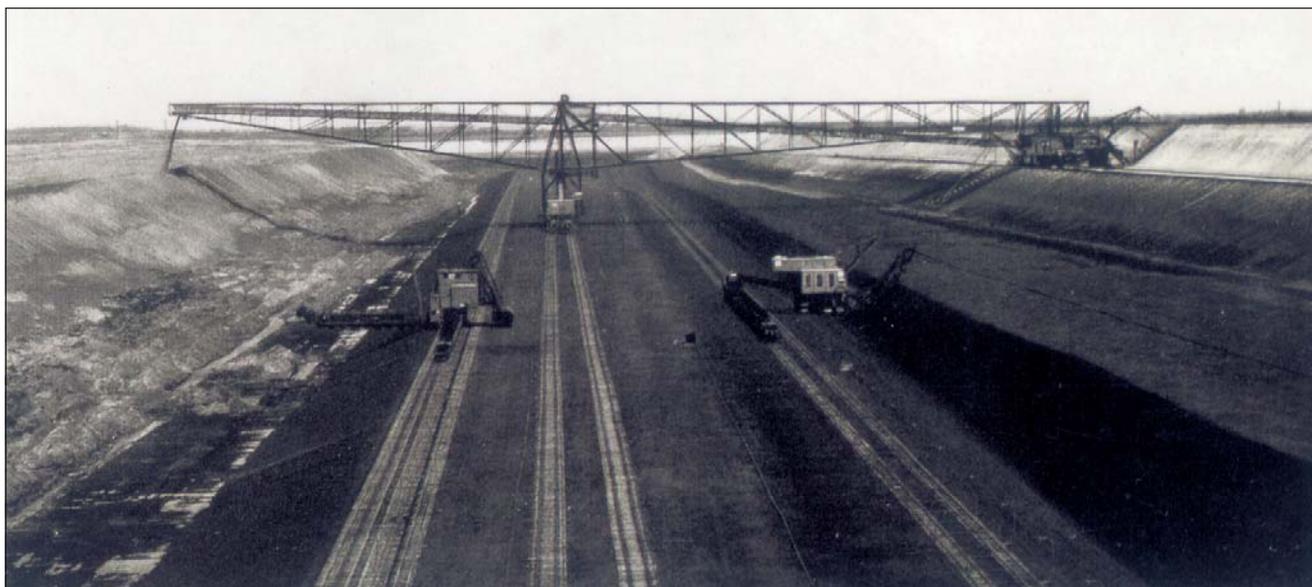


Abb. 1

*Abraumförderbrückenanlage des Tagebaues Ilse-Ost aus dem Jahre 1938
Aus: 50 Jahre Ilse-Bergbau-Actiengesellschaft 1888-1938, Festschrift 1938*

Lagerstättenparametern wettbewerbsfähig geblieben ist. Es war dadurch auch möglich, nach allmählicher Erschöpfung der Lagerstättenvorräte des 1. Lausitzer Flözes (BMF 1) auf den Abbau des tiefergelegenen 2. Lausitzer Flözes überzugehen.

Außer dem Niederlausitzer Braunkohlenrevier erreichte auf heutigem brandenburgischen Territorium lediglich der Lagerstättenbezirk Brieskow-Finkenheerd südlich Frankfurt/Oder größere wirtschaftliche Bedeutung. Die 1908 begonnene Kohleförderung wurde wegen Unwirtschaftlichkeit im Jahre 1958 eingestellt. Nach 1945 erlebte die Braunkohlenförderung in der Lausitz aufgrund der Autarkiebestrebungen der DDR auf dem Energiesektor einen rasanten Aufschwung, leider jedoch auch verbunden mit vielen Umweltbelastungen insbesondere durch Grundwasserentzug, Emissionen aus Kohleveredlungsanlagen und durch Rückstände bei der Wiedernutzbarmachung devastierter Flächen sowie mit sozialen Spannungen durch rücksichtslose bergbauliche Inanspruchnahme von Siedlungsgebieten. In der Region Lausitz-Spreewald des Landes Brandenburg erreichte die Rohkohleförderung 1989 114 Mio t aus zehn Tagebauen. Der 1990 begonnene Strukturwandel brachte einen Förderrückgang auf 37,4 Mio t/a aus vier Tagebauen im Jahre 1997.

3. Gegenwärtige Situation und planungsrechtlich gesicherte Entwicklung

Nach gegenwärtigem Stand werden lediglich die Tagebaue Jänschwalde, Cottbus-Nord und Welzow-Süd des Unternehmens LAUBAG eine Förderperspektive für die nächsten 20 Jahre besitzen. Der Tagebau Meuro des Unternehmens LMBV wird voraussichtlich 1999 ausgekohlt und stillgelegt. Marktchancen hat eine subventionsfreie Gewinnung und Verarbeitung der Braunkohle vor allem in der Grundlastverstromung, wengleich Gegner des Braunkohlenbergbaues kritisieren, dass die Braunkohlenverstromung in

Kraftwerken der Lausitz mit Produktionskosten von mehr als 50 % über der der Steinkohlekraftwerke nicht konkurrenzfähig sei und bei Einrechnung aller Umweltkosten gar 250 % über dem Wettbewerbspreis lägen (HVELPLUND u. a. 1993). Damit liegen sie allerdings noch unter den Steinkohleförderkosten in der Bundesrepublik Deutschland (vgl. KULKE 1998).

Die Tagebaue Jänschwalde und Cottbus-Nord versorgen das nach Stand der Umwelttechnik umgerüstete 3 000 MW-Kraftwerk Jänschwalde. Der Tagebau Welzow-Süd beliefert langfristig das neu errichtete Kraftwerk Schwarze Pumpe (1 600 MW) und die letzte in der Lausitz verbliebene Brikettfabrik. Die nach Schließung des Tagebaues Meuro sich auf den Standort Schwarze Pumpe reduzierende Brennstauerzeugung bedient zwar einen wachsenden Markt, ist aber vom Rohkohleinsatz her betrachtet von untergeordneter Bedeutung (Staub- und Trockenkohleproduktion 1996: Rohkohleinsatz 710 kt, Endprodukt 331 kt).

Für den Tagebau Cottbus-Nord wurde ein nutzbarer Kohlevorrat von etwa 100 Mio t planungsrechtlich reserviert. Bei beabsichtigten Förderraten von 5,0 - 5,8 Mio t/a, die auf den vertraglich für 10 Jahre im Voraus zwischen Bergbauunternehmen LAUBAG und Kraftwerksbetreiber VEAG fixierten Abnahme-/Bereitstellungsmengen basieren, wird damit ein Förderzeitraum bis mindestens zum Jahr 2017 garantiert. Der zum Abbau vorgesehene Lagerstätteninhalt des Tagebaues Jänschwalde beträgt ca. 400 Mio t. Die Rechtsverordnung zur Erklärung der Verbindlichkeit des Braunkohlenplanes Jänschwalde ist zur Zeit noch nicht bestandskräftig. Mit den Lagerstättenvorräten der Tagebaue Jänschwalde und Cottbus-Nord können die zu versorgenden Braunkohlenkraftwerke und andere Abnehmer mindestens bis zum Jahre 2019 bei Annahme der bisherigen Energiebedarfsstruktur auf Basis Rohbraunkohle beliefert werden.

In der Braunkohlenlagerstätte Welzow-Süd stehen derzeit noch rund 800 Mio t gewinnbarer Rohkohlevorrat an, von denen ca. zwei Drittel mit dem Braunkohlenplan Welzow-Süd, Teilabschnitt 1, rechtsverbindlich für den Abbau reserviert sind (Laufzeit des Tagebaues bis etwa zum Jahr 2023). Sofern für den Teilabschnitt 2 die planerischen Voraussetzungen geschaffen werden, können die Hauptabnehmer, das Kraftwerk Schwarze Pumpe und die Veredlungsanlagen, bis ca. zum Jahr 2032 mit Rohbraunkohle versorgt werden.

25 % für Braunkohlenstrom bei tendenziell moderat ansteigendem Strombedarf. Dabei wird unterstellt, dass der Anteil des in Kernkraftwerken erzeugten Stromes ebenfalls etwa konstant bleibt, eine Annahme, die derzeit keine politische Mehrheit findet. Es sind damit durchaus weitere Marktchancen für den Absatz von Braunkohlenstrom eröffnet. Voraussetzung für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der Braunkohle auf dem Energiemarkt und für Veredlungsprodukte sind weitere Rationalisierungen im Braunkohlenbergbau.



Abb. 2 Braunkohlentagebau Jänschwalde im März 1993

Foto: P. Nestler

Damit kann der Braunkohlenbergbau in Brandenburg die von der Landesregierung für die strukturelle Entwicklung der Region Lausitz-Spreewald favorisierte Mehrwegstrategie

- Rückführung der Braunkohlenförderung auf etwa 35-40 Mio t/a,
- allmähliche Ablösung der regionalen Dominanz des Braunkohlenbergbaues in der Wirtschaftsstruktur, aber
- Erhaltung der Bedeutung des Braunkohlenbergbaues als wichtige wirtschaftliche Komponente der Strukturentwicklung der Region Lausitz-Spreewald

für die nächsten 25-30 Jahre erfüllen.

4. Langfristige Nutzungsperspektiven

Die deutsche Braunkohlenindustrie sieht sich selbst für die nächsten 40-50 Jahre als leistungsfähiger Brennstofflieferant. Die geologischen Vorräte an Braunkohle betragen 78 Mrd. t. Für ca. 7,5 Mrd. t liegen mit Stand 1996 genehmigte Braunkohlenpläne vor (HENNING 1997). Aufgrund der Standortnähe der Tagebaue zu den Hauptabnehmern erhofft man sich mindestens bis zum Jahr 2030 einen fast gleichbleibenden Marktanteil von rund

Diese recht optimistische Eigendarstellung der deutschen Braunkohlenindustrie kann nicht einfach auf die brandenburgische Situation projiziert werden:

Nach Abbau der bisher planungsrechtlich gesicherten bzw. für einen Abbau konzipierten Braunkohlenlagerstätten bedarf es des politischen Willens in Brandenburg und der wirtschaftlichen Tragfähigkeit weiterer Tagebaue aufschlüsse. Insbesondere muss auch die Wettbewerbsfähigkeit der Gewinnung und Verarbeitung von Braunkohle gegenüber dem Niederrheinischen Revier gesichert sein. Andere Braunkohlenreviere in Deutschland werden zu diesem Zeitpunkt keine wirtschaftliche Perspektive mehr haben.

Die während des derzeitigen Planungszeitraumes mit Braunkohle zu beliefernden Kraftwerke werden nach Auslauf der Tagebaue Jänschwalde, Cottbus-Nord und Welzow-Süd technisch verschlissen sein, so dass diese Kapazitäten durch Modernisierung am vorhandenen Standort oder in transportgünstiger Entfernung von Tagebaueuaufschlüssen ersetzt werden müssen.

Die wirtschaftlich gewinnbaren Vorräte an Rohbraunkohle müssen für den gesamten Amortisationszeitraum der Kraftwerkskapazitäten vorhalten. Dabei ist der Kohlebedarf von Großkraftwerken als Planungsgröße anzusetzen, da für eine Grundlast-Strombereitstellung auf Braunkohlenbasis nur Großkraftwerke rentabel sein werden.

Die im Vergleich zum Niederrheinischen Braunkohlenrevier geringmächtigen Kohleflöze im Land Brandenburg sind nur bei Einsatz hocheffektiver Abraamtechnologien wie Förderbrücken oder anderer Direktversturzkombinationen wettbewerbsfähig zu gewinnen. Daraus leiten sich für prognostische Einschätzungen folgende Parameter bzw. Kriterien ab:

- Die Mindestvorratsmenge für einen einzelnen Tagebau muß ca. 100 Mio t Rohbraunkohle betragen. Es bedarf mehrerer Tagebaufelder in vertretbarer Transportentfernung zum Kraftwerksstandort.
- Die durchschnittlichen Abraam- zu Kohlemächtigkeiten (A : K) betragen für die Tagebaue Cottbus-Nord 4,2 : 1, für Welzow-Süd 5,8 : 1 und für Jänschwalde 8,6 : 1, wobei für die letztgenannten in ungünstigen Einzelzeitabschnitten Verhältnisse A : K bis 12 : 1 auftreten werden. Man kann deshalb davon ausgehen, dass auch unter Berücksichtigung tagebautechnischer Entwicklungen die Grenze der Wirtschaftlichkeit bei einem A : K-Verhältnis von maximal 10 : 1 liegen wird.
- Für Lagerstätten, die aufgrund rasch wechselnder Teufenlage des Flözes bzw. Flözmächtigkeit infolge glazialer oder endogen-tektonischer Lagerungsstörungen, subrosiver oder salinartektonischer Einflüsse nicht für einen Abbau mittels Förderbrückentechnologie geeignet sind, sind wesentlich niedrigere A : K-Verhältnisse anzusetzen.
- Die für die zur Kohleverstromung im Grundlastbereich erforderlichen Kohlemengen gestatten keine wirtschaftlich vertretbare Alternative zur Tagebautechnologie. Eine Renaissance von Tiefbauverfahren kann ausgeschlossen werden.
- Innovative Verfahrensansätze zur Gewinnung und Nutzung der Braunkohle sind derzeit nicht erkennbar, bestenfalls bei der Veredlung des Bergbauproduktes Rohbraunkohle. Letzteres hat aber nur mittelbare Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit der Braunkohlenförderung, weil in solchen Fällen der Rohstoffbedarf mengenmäßig eher klein sein wird.
- Erwähnenswert ist, dass zu alternativen Abbaufahren in der Vergangenheit bereits Versuche durchgeführt wurden. Die seit langem bekannte in-situ-Vergasung von Braunkohle ist Anfang der 80er Jahre im damaligen Drehpunktbereich des Tagebaues Welzow-Süd getestet worden. Die Ergebnisse wurden aber geheimgehalten. Diese Versuche waren in Anlehnung an die im Braunkohlenrevier Tula, nördlich von Moskau, praktizierte Verfahrensweise offenbar von fachlich inkompetenten Stellen angeordnet worden. Denn allein die konkreten geologischen Bedingungen sowie die Eigenschaften der Lausitzer Braunkohle in situ (z. B. Wassergehalt) mussten trotz Durchführung in einem Gebiet mit flächenhafter Entwässerung des Gebirges einen Fehlschlag erwarten lassen.

So wird in einem internen Bericht von WEIDIG (1984) die fehlende räumliche Steuerbarkeit des Verfahrens mit der Gefahr nicht rißkundiger Tagesbruchgefährdung hervorgehoben sowie das inhaltliche Negativtest des Versuches erteilt. Das gewonnene Vergasungsprodukt brannte nicht einmal selbständig ohne Stützfeuerung!

- Da auch ein künftiger Tagebau nur mit Großgerätebestückung wirtschaftlich betrieben werden kann, sollten als Mindestflözmächtigkeit ca. 5 m angesetzt werden.
- Für die Kohlequalität sollten die zur Zeit gültigen Grenzparameter auch für die Zukunft Bestand haben. Asche-reiche Rohbraunkohle und sogenannte Salzkohle werden aber insbesondere mit Rücksicht auf Verbrennungsverfahren mit hohem technischen Wirkungsgrad keine Chance haben. Lediglich die Höhe des Schwefelgehaltes dürfte, sofern in engen Grenzen konstant, keinen begrenzenden Faktor mehr darstellen.
- Das Betreiben künftiger Tagebaue muss auch aus hydrologischer und hydrochemischer Sicht beherrschbar sein.

5. Kenntnisstand zum perspektivischen Geopotential Braunkohle

Das Territorium des heutigen Landes Brandenburg wurde in der Vergangenheit intensiv auf bauwürdige Braunkohlenlagerstätten untersucht. 1983 erfolgte eine "Gesamteinschätzung des Ressourcenpotentials Braunkohle" (REINHARDT u. a. 1983). Darauf aufbauend wurden für ausgewählte Gebiete weiterführende Forschungsarbeiten zur Erhöhung der wirtschaftlichen Aussagekraft der 1983er Ergebnisse unter dem Gesamttitel "Lagerstättenforschung Braunkohle 1987" realisiert, getragen von einer Vielzahl von Autoren bzw. Bearbeitern. Eine Veröffentlichung der im Maßstab 1 : 200 000 durchgeführten Untersuchungen war nicht vorgesehen.

Für die Bergbauunternehmen LAUBAG und LMBV war dieser und durch zahlreiche sehr detailliert ausgeführte Erkundungsarbeiten in einzelnen Lagerstätten erreichte Kenntnisstand zum Rohstoffnachweis ausreichend für die Sicherung des Kohleabbaues in den genannten vier Tagebauen.

Außer Nacherkundungen zur unmittelbaren Sicherstellung der Braunkohlegewinnung vor allem aus hydrologischer und bodenmechanischer Sicht innerhalb der planungsrechtlich gesicherten Lagerstätten sowie in unmittelbar angrenzenden geologischen Strukturen (z. B. pleistozänen Erosionsrinnen) wurden keine eigentlichen Arbeiten zum Rohstoffnachweis Braunkohle durchgeführt. Von den Bergbauunternehmen ist die Schaffung eines weitergehenden Kenntnisvorlaufes über den derzeitigen Planungszeitraum hinaus wohl auch aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus nicht zu erwarten, zumal das ihnen zur Verfügung stehende rechtliche Instrument zur Rohstoffsicherung (Beantragung von Baubeschränkungsgebieten gemäß §§ 107 ff BBergG) erhebliche Kosten infolge Entschädigungszahlungen verursachen würde.

Die nach den genannten Kriterien als hochwertig einzustufenden Lagerstätten beschränken sich auf den Südosten Brandenburgs (vgl. Abb. 3). Die Bewertungskriterien führen dazu, dass ausschließlich Vorkommen des BMF2 (2. Miozäner Flöz-

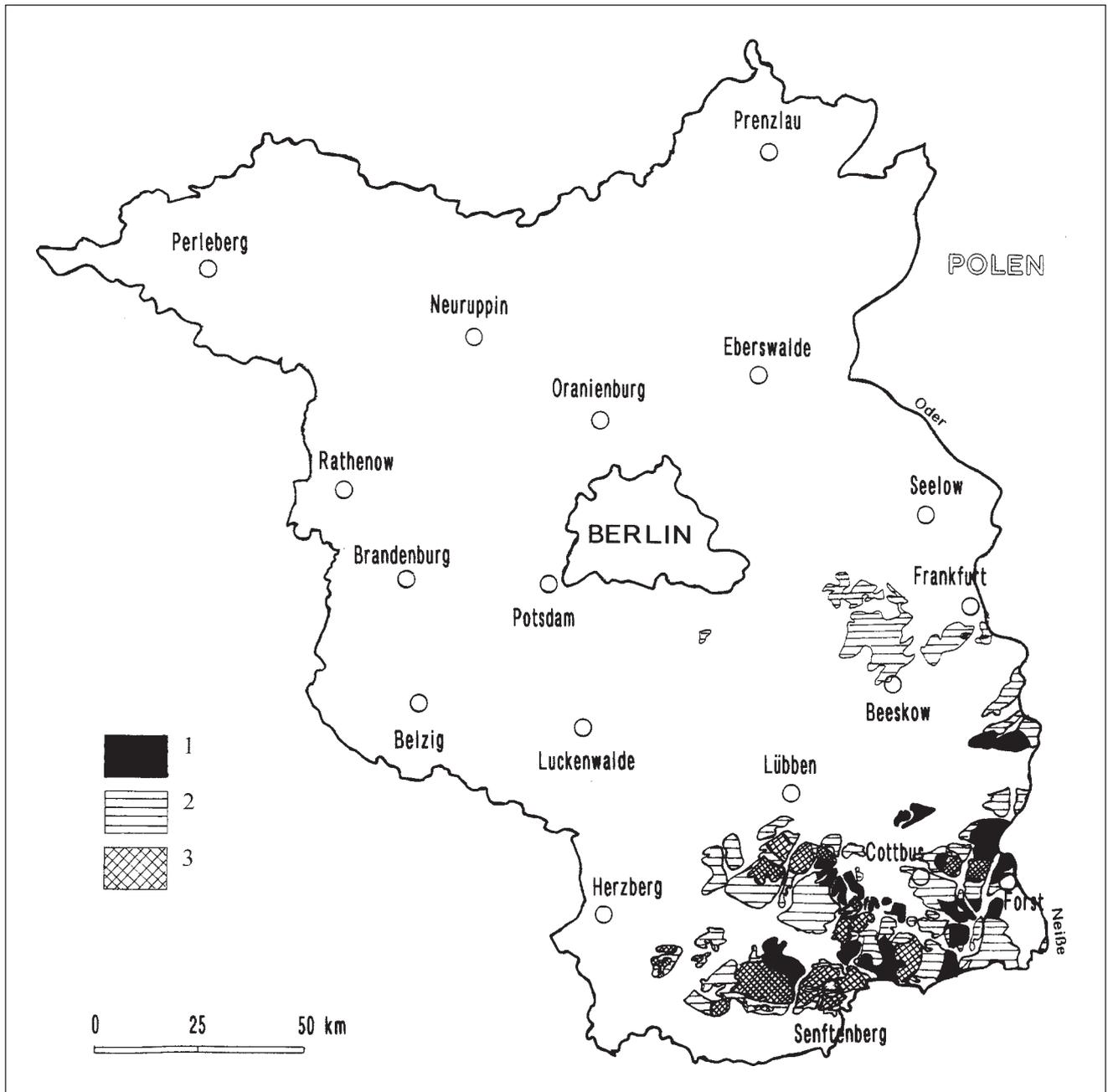


Abb. 3

Übersicht der Braunkohlenlagerstätten im Land Brandenburg in bauwürdiger Teufenlage und Flözausbildung (vgl. Tab. 2)
 1 - schutzwürdige Lagerstätten, wirtschaftlich bedeutend, 2 - Lagerstätten nicht schutzwürdig, 3 - bereits abgebaute Lagerstätten

horizont, 2. Lausitzer Flözhorizont) näher betrachtet werden müssen. Der BMF1 ist bis auf sehr geringe Restvorräte bereits abgebaut bzw. wird in den nächsten Jahren in den zur Zeit laufenden Tagebauen mitgewonnen.

Tieferliegende Flöze, von denen der BMF4 in Südostbrandenburg durchaus in beachtlicher Flözmächtigkeit ausgebildet ist, werden in absehbarer Zeit keine wirtschaftliche Bedeutung erhalten. Teufenlage, Kohlequalität und hydrologische/hydrochemische Randbedingungen rechtfertigen keine weiteren Aufwendungen zur Aufsuchung und Gewinnung als Energierohstoff. Dies trifft gleichermaßen auf die in Mittel- und Nordbrandenburg mit größerer flächen-

hafter Verbreitung nachgewiesenen Braunkohlevorkommen vor allem am Rande von Salinarstrukturen (z. B. Salzkissen-Senken, Diapir-Randsenken, Subrosionskessel) zu.

6. Rohstoffsicherung

Verbindliche Planungen zur Rohstoffsicherung liegen in Brandenburg bisher noch nicht für alle Planungsregionen und dann auch nur für Steine- und Erdenrohstoffe (Teilpläne oberflächennaher Rohstoffe der in Bearbeitung befindlichen Regionalpläne) vor. Für Braunkohlenlagerstätten existieren solche Instrumente der Landesplanung nicht und sind auch nicht zu erwarten. So wäre die Ausweisung von Vorrang- oder

Vorbehaltsflächen Braunkohle nur sinnvoll auf zusammenhängenden Flächen mit einer Mindestgröße von 15 - 20 km² und davon mehrere in unmittelbarer Nachbarschaft, um bei einem Tagebauaufschluß ein in akzeptabler Transportentfernung befindliches Großkraftwerk auf Braunkohlenbasis rohstoffseitig stabil zu versorgen.

Langfristige Blockierungen von Flächen mit gesichertem Rechtsstatus über einen Zeithorizont von mehr als 20 - 30 Jahren und noch dazu von beachtlicher Flächengröße machen weder planungsseitig noch wirtschaftlich einen Sinn und sind wohl auch politisch nicht durchsetzbar.

Um jedoch wirtschaftlich nutzbare Braunkohlenlagerstätten nicht völlig einer ungehinderten Entwertung durch konkurrierende Flächennutzungen preiszugeben, wurden Anfang 1998 durch das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Karten nach derzeitigen Gesichtspunkten schutzwürdiger Braunkohlenvorkommen im Maßstab 1 : 50 000 erarbeitet und der obersten Landesplanungsbehörde übergeben. So wird zumindest eine nachrichtliche Aufnahme dieser Gebiete in die Regionalplanung ohne einen Rechtsstatus erreicht werden können. Damit sind die regionalen Planungsgesellschaften im Rahmen ihrer Abwägung in der Lage, schutzwürdige Braunkohlenlagerstätten bei raumbedeutsamen Planungen zu berücksichtigen. Bei der Bewertung der Braunkohlenvorkommen und ihrer Schutzwürdigkeit, das heißt, nach oben genannten Kriterien und Parametern musste auf den Kenntnisstand von etwa 1990 aus unveröffentlichten Quellen zurückgegriffen werden. Nach 1990 erfolgten kaum noch Untersuchungen zu Kohleverbreitung, Qualität und Bauwürdigkeit. Der Wissensstand ist jedoch für diesen Zweck ausreichend und hinreichend verlässlich. Die in der nachfolgenden Übersicht schutzwürdiger Lagerstätten genannten Vorratszahlen besitzen unterschiedliche Aussagegenauigkeit und Aussagesicherheit. In der Regel handelt es sich etwa um die Vorratsklassen 2 und 3 der Klassifikation der UN von 1979 entsprechend C₁/C₂ und Delta 1/Delta 2 der ehemaligen DDR-Vorratsklassifikation für mineralische Rohstoffe. Die Angaben zur Schutzwürdigkeit genügen in keiner Weise für Planungsentscheidungen zur Nutzung der Lagerstätten. Dafür sind in der Regel sehr detaillierte Erkundungsmaßnahmen erforderlich. Die als nicht schutzwürdig eingestuft Braunkohlenvorkommen erfüllen nicht die bereits erläuterten Wirtschaftlichkeitskriterien. Der Kenntnisstand darüber ist im Allgemeinen ausreichend, um bei Veränderung dieser Kriterien evtl. eine Neubewertung vornehmen zu können.

7. Nutzungsperspektiven brandenburgischer Braunkohlenlagerstätten

Die für eine perspektivische Braunkohlengewinnung interessanten Lagerstätten sind in Tabelle 2 näher charakterisiert.

Diese Tabelle offenbart die Schwierigkeiten und Zwiespältigkeiten bei alleiniger Anwendung der postulierten Wirtschaftlichkeitskriterien. Eine sinnvolle Entscheidung bedarf immer der Einzelbetrachtung. Klar wird dabei sicherlich auch, dass solch günstige Nutzungsvoraussetzungen wie bei den

gegenwärtig im Abbau befindlichen Lagerstätten künftig nicht mehr bestehen werden, so dass die Frage nach den Nutzungsperspektiven in etwa 20 Jahren aufgrund vieler Unsicherheiten heute noch nicht eindeutig beantwortet werden kann. Am sichersten abzuwägen ist dabei der rein geologisch-rohstoffwirtschaftliche Aspekt. Von der Vorratslage, den erforderlichen Abbauteufen, der Kohlequalität und den bergtechnischen Bedingungen aus betrachtet, verfügt das Land Brandenburg noch über große bauwürdige Braunkohlenvorräte. Zum wichtigsten Entscheidungskriterium wird die zunehmende Blockierung bzw. Entwertung von Braunkohlenlagerstätten durch konkurrierende Nutzungen wie Verkehrsstraßen, Siedlungen, Belange des Naturschutzes und Denkmalschutzes, wasserwirtschaftliche Anlagen usw. Deshalb kommt einer allgemein akzeptierten Bewertung der Schutzwürdigkeit der Lagerstätten, die hier vorwiegend, vielleicht auch einseitig aus geologisch-bergwirtschaftlicher Sicht vorgenommen wurde, künftig große Bedeutung zu. Ein Schutz aller in Tabelle 2 als schutzwürdig deklarierten Lagerstätten wird nicht durchsetzbar sein und ist sicher auch nicht sinnvoll. Zu groß ist der Druck konkurrierender Raumnutzungen. Es sollten in gemeinsamer Arbeit mit den Planungsbehörden einige wenige aus bergtechnischer Sicht besonders lukrative Vorkommen ausgewählt werden, für die man auch ohne einen Rechtsstatus einen effektiven Schutz gewährleisten kann, indem man zusätzliche Entwertungen möglichst fernhält.

Es wäre ein fataler Irrtum, wollte man die Entscheidung, ob der Braunkohlenbergbau nach Auskohlung der derzeit betriebenen Tagebaue künftig noch eine Chance hat, noch lange hinausschieben. Aus Wettbewerbsgründen wird nur eine nahtlose Weiterführung der bisher praktizierten Braunkohleverstromung mit neuen oder modernisierten Kraftwerkskapazitäten und Versorgungsvarianten mit Rohbraunkohle aus neu zu erschließenden Braunkohlentagebauen möglich sein. Es bedarf einer langen Vorbereitungszeit, um neu erschlossene Tagebaue förderfähig zu gestalten:

- Der Erkundungsgrad vorhandener Braunkohlenlagerstätten reicht für Investitionsentscheidungen mit vertretbarem Risiko bei weitem nicht aus. Umfangreiche Erkundungsarbeiten müssen diesem Entscheidungsprozess vorausgehen.
- Die planungsrechtliche Sicherung eines solchen Vorhabens dauert, wie die heutige Praxis zeigt, ebenfalls mehrere Jahre, bis letztendlich die bergrechtlichen Genehmigungen vorliegen.
Mit Problemen bei der politischen Durchsetzbarkeit des Vorhabens ist ebenfalls zu rechnen.

Es ist mit Sicherheit keine Übertreibung, wenn man für die Vorbereitung eines Tagebaueuaufschlusses von der Erkundung der Lagerstätte bis zur Förderung der ersten Tonne Rohbraunkohle im Regelbetrieb eine Zeitspanne von 15 - 20 Jahren ansetzt. Dies bedeutet, dass sich Politik und Wirtschaft spätestens bis zum Zeitraum 2000 - 2005 bekennen müssen, ob die Braunkohlenförderung im Land Brandenburg nach dem Jahr 2020 noch eine Chance haben kann. Das Geopotential dazu ist vorhanden.

Tab. 2 Charakteristik perspektivisch nutzbarer Braunkohlevorkommen

Lagerstätte	geographische Lage	Vorrats-situation (Mio t)	A:K-Ver-hältnis	konkurrie-rende Nutzer	Schutz-würdig-keit	Nutzungsbeschränkungen/ Nutzungsvorteile
Seese-Ost	Kreis OSL	63	< 6 : 1	-	(+)	Restvorräte schutzwürdig zusammen mit Calau NO
Calau-Nordost	Kreis OSL	> 100	~ 6 : 1	-	(+)	schutzwürdig zusammen mit Seese-Ost-Restvorräten
Luckau-Süd	Kreis LDS	~ 600	~ 8 : 1	Naturschutz-interesse, Infrastruktur, Ortslagen	-	aschereiche Kohle
Crinitz	Kreise EE/LDS	~ 300	6 : 1	Ortslagen, Naturschutz	-	aschereiche Kohle, glazigene Störungen
Klettwitz-Nord/Dollenchen	Kreise EE/OSL	> 1 000	bis 12 : 1	mehrere Ortslagen	+	Restvorräte von Klettwitz-Nord hochwertige Kohle, deshalb trotz A/K ~ 12 Einstufung als schutzwürdig; Altbergbaugebiete
Greifenhain/Dörrwalde	Kreis OSL	~ 290	< 8 : 1	Ortslagen, Infrastruktur	+	Restvorräte Greifenhain
Calau-Süd	Kreis OSL	~ 440	~ 8 : 1	Bahnlinien, Autobahn	-	ungünstige Lagerungsverhältnisse, mineralisierte Sumpfungswässer, aschereiche Kohle
Drachhausen	Kreis SPN	220	6 : 1	Ortslage, B 168	+	aschereiche Kohle
Cottbus-Süd	Kreis SPN	290	6 : 1	Blockierung von Feldesteilen durch Infrastruktur, Naturschutz, Denkmalschutz	(+)	nur teilweise nutzbar zusammen mit Bagenz-Nordost und Teilen der Lagerstätte Jänschwalde-Süd
Forst-Hauptfeld	Kreis SPN	460	6 : 1	Blockierung ca. 1/8 des Feldes	+	nördlicher Feldesteil schutzwürdig
Bagenz-Ost	Kreis SPN	ca. 300	7 : 1	-	+	aschearme Kohle
Spremberg-Ost	Kreis SPN	ca. 1 150	8 : 1	Bahnlinien, Straßen, Wasserversorgung	(+)	nur Teile der Lagerstätte schutzwürdig
Wellmitz	Kreis LDS	ca. 1 180	bis 12 : 1	Oderniederung, Bahnlinie	(+)	max. 600 Mio t gewinnbar bei hohen Abraummächtigkeiten

Zusammenfassung

Auch nach Beendigung des Braunkohlenabbaues in den derzeit planungsrechtlich gesicherten Tagebauen des Niederlausitzer Reviers sind im Zeitraum ab 2020 bzw. 2030 im Land Brandenburg noch erhebliche Braunkohlenvorkommen vorhanden, die zwar nicht die Bonität der gegenwärtig genutzten Lagerstätten erreichen, deren Abbau unter Berücksichtigung der zu erwartenden Entwicklungen von Markt und Technik durchaus wirtschaftlich sein kann. Die Vorkommen, die aus geologischer und bergtechnischer Sicht gewinnbar erscheinen, konzentrieren sich auf die Region Lausitz-Spreewald. Die wirtschaftliche Gewinnung der Rohbraunkohle als Voraussetzung für eine wettbewerbsfähige Verstromung kann ab ca. 2020 nur erfolgen, wenn eine Entwertung der Lagerstätten durch konkurrierende Raumnutzungen in Grenzen gehalten und eine grundsätzliche Entscheidung von Politik und Wirtschaft dafür rechtzeitig getroffen wird.

Summary

Even if mining of lignite will have been finished in recent open casts in the Lusatian area in about 20 or 30 years, resp., in the Federal state of Brandenburg a long range of lignite reserves will remain, but in somewhat less quality. From deposit evaluation results that open cast mining might be commercially feasible in future times, too, if further developments in mining and power generation techniques are considered. Most of these lignite deposits are located in the Lusatian mining district. Mining in these deposits will be valid only, if deposits are protected from value decrease by competitive use of the ground. It's to the politicians and business world to decide the future of lignite mining timely.

Literatur

- HENNING, D. (1997): Perspektiven der deutschen Braunkohlenindustrie. - Braunkohle-Surface Mining **49**, 3, S. 293-297, Clausthal-Zellerfeld
- HERTIG, W. (1966): Die wirtschaftliche Entwicklung des Braunkohlenbergbaues in Deutschland bis 1945. - In: 20 Jahre Braunkohlenbergbau in der Deutschen Demokratischen Republik, Leipzig (Verl. f. Grundstoff-industrie)
- HVELPLUND, F., KNUDSEN, N. W. & H. LUND (1993): Erneuerung der Energiesysteme in den neuen Bundesländern - aber wie? - Universitets Center, Aalborg
- KULKE, E. (Hrsg.) (1998): Wirtschaftsgeographie Deutschlands. - Gotha (Perthes)
- MAASSEN, U. (1995): Der Braunkohlenbergbau in Europa. - Braunkohle/Bergbautechnik **47**, 5, S. 4-16, Köln
- NESTLER, P. (1981): Zeugen alten Braunkohlenbergbaues im Bezirk Cottbus und ihre Einordnung in die planmäßige Nutzung des Bodenfonds und der Landschaftsgestaltung. - Abh. Görlitzer Mus.Nat.kunde **54**, 2, S. 46-50, Görlitz
- REINHARDT, P. et al. (1983): Ergebnisbericht Gesamteinschätzung Ressourcenpotential Braunkohle. - VEB GFE Freiberg (unveröff.)

- SAUS, T. & H.-W. SCHIFFER (1997): Lignite International. - Rheinbraun AG, Köln
- SUCHER, H. (1994): Abraumförderbrücken in unserer Region. - Hrsg. Landkreis Elbe/Elster, Bad Liebenwerda
- WEIDIG, F. (1984): Bergschadenskundliche Analyse für das Testfeld der in-situ-Vergasung von Braunkohle im Drehschichtbereich des Tagebaus Welzow-Süd, Spreetal (unveröff.)

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 129

Anschrift des Autors:

Dr. Peter Nestler
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Regionalbüro Cottbus
Vom-Stein-Straße 30
03050 Cottbus

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 47–55	1 Abb., 1 Tab., 16 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	-------------------------

Grundwasserlagerstätten im Land Brandenburg

HERMSDORF, A., HOTZAN, G., JESCHKE, R. & R. KALATZ

1. Einleitung

Trinkwasser ist ein elementares Lebensmittel und stellt somit eine wesentliche Grundlage für Gesundheit und Wohlergehen der Menschen dar. Das Trinkwasser wird im Land Brandenburg hauptsächlich aus dem natürlichen Grundwasser gefördert und aufbereitet. Weiterhin wird für diesen Zweck Uferfiltrat genutzt. Nur geringe Mengen werden über Anreicherungsanlagen gewonnen.

Für die Versorgung des Bundeslandes Brandenburg steht ein erkundetes Grundwasserdargebot für die Trinkwassergewinnung von > 2 Mio m³/d zur Verfügung. Damit können die etwa 2,5 Mio Einwohner, die zu ca. 95 % an das öffentliche Wasserversorgungsnetz angeschlossen sind, für absehbare Zeiten sicher versorgt werden (LUA 1997). Der durchschnittliche spezifische Wasserverbrauch im Land Brandenburg liegt derzeit deutlich unter dem langjährigen Niveau der Altbundesländer. Statistische Erhebungen ergaben für Haushalt und Kleingewerbe einen Verbrauch von 97 l/E.d bei einem durchschnittlichen Gesamtverbrauch von 150 l/E.d im Land Brandenburg für 1994. Die Grundlagen zur Bereitstellung von qualitätsgerechtem Trinkwasser stellen u. a. die geologisch-hydrogeologischen und hydrogeochemischen Erkundungen der Grundwasserlagerstätten dar.

Das Land Brandenburg kann diesbezüglich auf einen guten hydrogeologischen Kenntnisstand zurückgreifen. Grundlagen wurden bereits in den 60er Jahren mit großräumig angelegten Grundwasservorratsprognosen geschaffen, wie z. B. 'Eberswalder Urstromtal' und 'Einzugsgebiet Oder'. Diese Vorerkundungen erfassten große Gebiete und gestatteten, Teileinzugsgebiete mit entsprechenden Vorratsgrößen auszuhalten. Im Zeitraum von 1970 bis 1989 sind über 170 hydrogeologische Ergebnisberichte für die Region des Landes Brandenburgs mit Vorratsnachweisen auf der Basis von hydrogeologischen Detailerkundungen erarbeitet worden.

2. Hydrogeologische Verhältnisse im Land Brandenburg

2.1. Hydrogeologischer Überblick

Die hydrogeologischen Einheiten sind eng an die geologischen Lagerungsverhältnisse gebunden. So bilden bindige Sedimente, wie Geschiebemergel, Beckenschluffe, Mudden

etc. die grundwasserhemmenden und die rolligen Sedimente (glaziäre und fluviatile Sande und Kiese) die grundwasserleitenden Schichten. Infolge von glazitektonischer Beanspruchung sowie Erosions- und Akkumulationsvorgängen im Quartär kam es zu Inhomogenitäten der Lagerungsverhältnisse, so dass günstige Voraussetzungen für hydraulische Verbindungen zwischen den einzelnen Grundwasserleitern entstehen konnten. Von besonderer hydrogeologischer Bedeutung ist der mitteloligozäne Rupelton, der als Grundwassergeringleiter die hochmineralisierten Tiefenwässer in seinem Liegenden von den Süßwässern der hangenden Grundwasserleiterkomplexe trennt. Er ist, mit Ausnahme der Bereiche tieferreichender quartärer Ausräumungszonen, aufragender Strukturen sowie in südlichen Teilen des Landes, im gesamten Brandenburger Territorium verbreitet.

Nach der Gliederung der Grundwasserleiterkomplexe (GWLK) des LGRB (MANHENKE et al. 1995) werden im pleistozänen Bereich zwei GWLK und im vorwiegend tertiären Bereich ein GWLK ausgehalten. Entsprechend der Ausbildung des geologischen Untergrundes bilden größere Schmelzwasserabflussbahnen im Allgemeinen den unbedeckten GWLK 1. Dies sind von Nord nach Süd das Eberswalder, Berliner, Baruther und Lausitzer Urstromtal. Analoge hydrogeologische Verhältnisse können in den Durchbruchstätern zwischen diesen auftreten. Weiterhin kann der unbedeckte GWLK 1 auf den Hochflächen (GWLK 1.2) der Sander und Endmoränen mit einer teilweise mächtigen Aerationzone ausgebildet sein. Der GWLK 1 zeichnet sich durch fehlende grundwasserhemmende Schichten in der Grundwasserüberdeckung aus und ist somit gegenüber anthropogenen Einträgen weitgehend ungeschützt. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen 5 und 40 m bei durchschnittlichen kf-Werten von $2 - 6 \times 10^{-4}$ m/s. Der Flurabstand des freien Grundwassers ist im Talbereich zwischen 1 bis 5 m und auf den Hochflächen zwischen 5 bis 80 m zu erwarten.

Der Hauptgrundwasserleiter des Landes Brandenburg wird im Wesentlichen vom GWLK 2 gebildet. Dabei handelt es sich um einen weitgehend bedeckten Grundwasserleiterkomplex, der im Allgemeinen unterhalb der Saalegrundmoräne ausgebildet ist und durch elsterkaltzeitliche Grundmoränen im Liegenden begrenzt wird. Das Grundwasser ist in der Regel gespannt und weist meist einen guten bis sehr guten Geschütztheitsgrad gegenüber flächenhaft eintretenden

Schadstoffen auf. Auf den Hochflächen der Grundmoränenplatten ist der GWLK 2 häufig der erste wasserwirtschaftlich nutzbare GWL. In den Tälern bildet er oft eine Einheit mit dem GWLK 1. Die meist gute Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung wird durch geologische Fenster glazitektonischer oder erosiver Herkunft z. T. erheblich gemindert.

Der tiefere bedeckte GWLK 3 wird überwiegend von miozänen Sanden des tertiären Sedimentkomplexes in Verzahnung mit elsterglazifluvialen Sanden mittelpleistozäner Rinnen aufgebaut. Die günstigsten hydraulischen Voraussetzungen bieten aufgrund ihrer Durchlässigkeit die Sande der Quarzsandgruppe. Der GWLK 3 ist charakterisiert durch einen sehr hohen Geschütztheitsgrad und gespanntes Grundwasser. Er erreicht Mächtigkeiten bis zu 50 m, wobei zum Liegenden in den Glimmersanden die Durchlässigkeiten im Allgemeinen stark abnehmen.

2.2. Hydrodynamische Verhältnisse

Der natürliche Grundwasserabfluss wird von den geologischen Lagerungsverhältnissen und den Oberflächengewässern bestimmt. Hydrographisch prägend sind die Vorflutssysteme der Elbe, Havel, Oder, Spree und Neiße, die in Richtung Norden der Ost- bzw. Nordsee zufließen. Das Grundwasser fließt dem Gefälle entsprechend aus den Hochflächen den Tälern und Niederungen zu und wird durch die Vorfluter abgeführt.

Mit Ausnahme der mächtigen Grundmoränenplatten verfügen die Hochflächen aufgrund guter Bedingungen für die Grundwasserneubildung über die größten Dargebots- und Speicherkapazitäten und stellen so die prägenden Grundwasserlagerstätten des Landes dar. Dazu gehören u. a. die Altmoränengebiete des Flämings und der Niederlausitz, in denen Grundwasserneubildungsraten von 3,5 bis 5 l/skm² überwiegen. In Sandergebieten wie dem Beelitzer Sander sind Werte von 6 l/skm² ermittelt worden. Zu den Hauptspeisungsgebieten gehören aufgrund ihrer großen flächenhaften Verbreitung auch die Grundmoränenhochflächen der Ruppiner Platte, der Uckermark und des Barnims. Die Grundwasserneubildung ist hier gegenüber den sandgeprägten Hochflächen reduziert und liegt in der Regel zwischen 1 bis 2 l/skm². Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten in diesen Gebieten liegen in Abhängigkeit vom Gradienten zwischen 0,2 bis 0,6 m/d bzw. 50 bis 250 m/a. Das Grundwasser der Hochflächen entwässert in die Täler, die als Transit- und Entlastungsgebiete (JORDAN & WEDER 1995) durchschnittliche Grundwasserneubildungsraten von nur 1 bis 2 l/skm² erreichen. Typische Transitgebiete sind das Eberswalder, das Baruther und Lausitzer Urstromtal mit mittleren Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers von 0,05 bis 0,15 m/d. Die Niederungen werden durch hohe Verdunstungsraten und durch ein stagnierendes Fließgeschehen aufgrund sehr geringer Flurabstände gekennzeichnet, so dass sie zum Teil als Grundwasserzehrgebiete wirken. Großflächige Zehrgebiete sind z. B. das Oderbruch im Osten, das Havelgebiet im Westen und das Elbtal sowie der Spreewald im Süden.

Der vertikale Druckgradient eines Grundwasserleiters ist unmittelbar abhängig von seiner jeweiligen Tiefenlage sowie der Verbreitung und Ausbildung seiner Grundwasserüberdeckung. Unbedeckte Grundwasserleiter weisen freie Grundwasserflächen auf und sind hauptsächlich auf die Tal- und Sanderbereiche beschränkt. Im bedeckten Grundwasserleiter ist ein Druckwasserspiegel ausgebildet, der in den Tälern in der Regel aufwärts und in den Hochflächen meist abwärts gerichtet ist.

Artesische Druckverhältnisse treten lokal auf (z. B. Treuenbrietzen) und stehen im Zusammenhang mit glazigenen Lagerungsstörungen oder hochliegenden Einzugsgebieten. Sie weisen auf eine zuverlässige Abdeckung und eine weiträumige Speisung des Grundwasserleiters hin.

2.3. Hydrogeochemische Verhältnisse

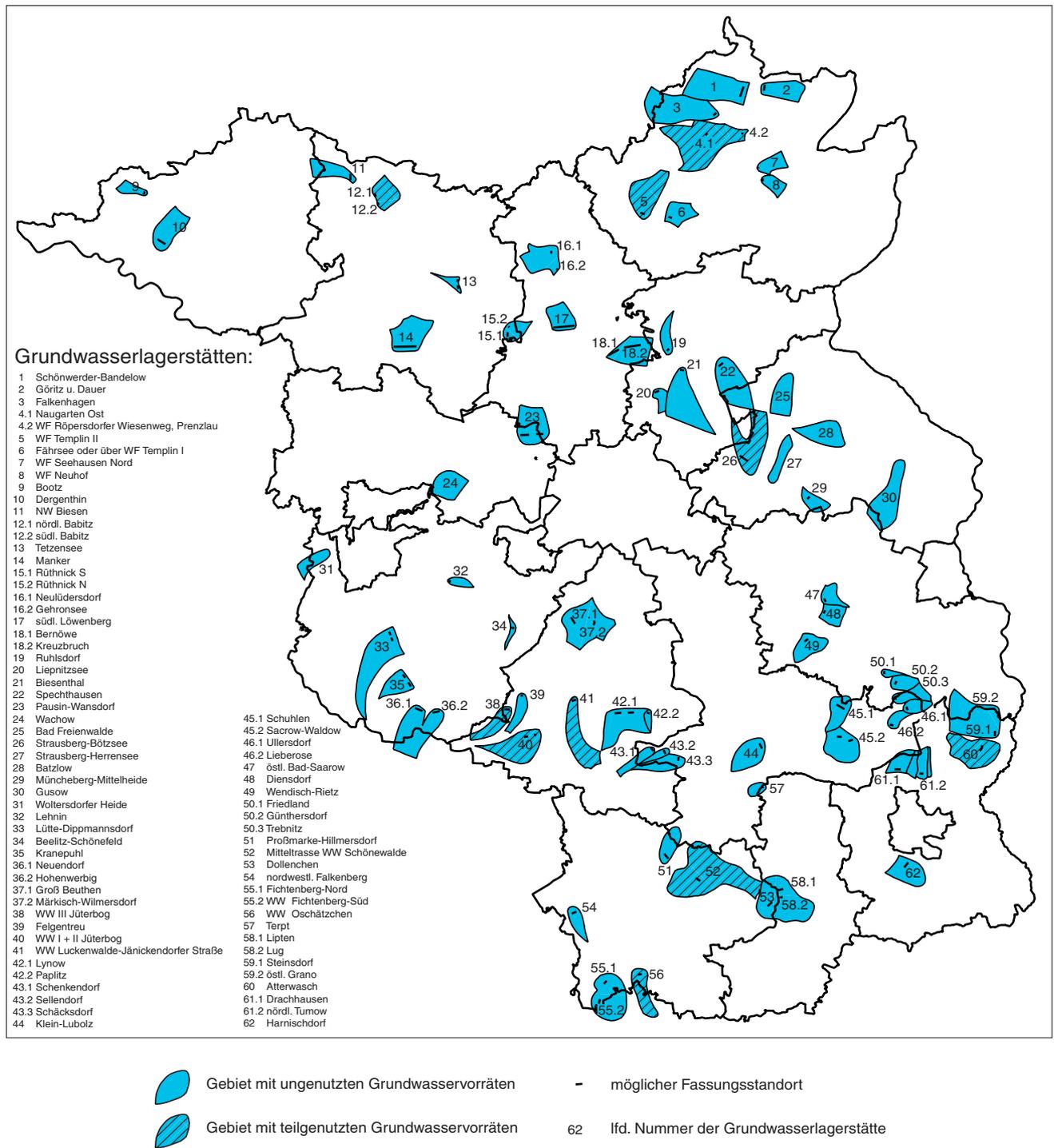
Das Erscheinungsbild der natürlichen Grundwässer ist geprägt von der Matrix der Aeration- und Saturationszone sowie den geologischen Lagerungsverhältnissen. Der überwiegende Teil des Grundwassers in Brandenburg wird durch die Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag gebildet, der sich in den Hauptbestandteilen in gelöster Form aus den Ionen Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻ und Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ zusammensetzt. In Abhängigkeit von der Verweilzeit im Untergrund und seiner Wasserwegsamkeit spiegelt die Häufigkeitsverteilung der Ionen den hydrogeochemischen Charakter der Grundwässer wider. Auf der Grundlage des im LGRB erarbeiteten Genesemodells (RECHLIN 1997) werden für den brandenburgischen Raum vier genetische Grundtypen unterschieden, die auf einer hydrogeochemischen Zuordnung der Verhältnisse der Moläquivalente der Karbonat- und Sulfationen zu den Moläquivalenten der Calcium- und Magnesiumionen basieren. Das Grundwasser kann, entsprechend der unterschiedlichen genetischen Bedingungen, als Sulfat-, Magnesium-, Natrium- und Chloridtyp auftreten (RECHLIN 1997).

Der Sulfattyp wird durch die aktuelle Grundwasserneubildung geprägt, der für den oberflächennahen Bereich des GWLK 1 charakteristisch ist, sich aber auch im Liegendbereich mächtiger unbedeckter Komplexe wiederfindet. Der Magnesiumtyp unterliegt aufgrund der längeren Verweilzeit im Sediment beginnenden Kationenaustauschprozessen (Na gegen Ca) und ist hauptsächlich im GWLK 2 ausgebildet. Der Natriumtyp ist auf abgeschirmte bzw. austauscharme hydrogeologische Verhältnisse zurückzuführen, wie sie meist in tieferliegenden bedeckten Grundwasserleitern oder in Rinnen auftreten. Weiterhin tritt der Chloridtyp auf, der im brandenburgischen Raum die Möglichkeit bietet, saline Einflüsse im Grundwasser zu erkennen.

3. Überblick zu den Grundwasserlagerstätten im Land Brandenburg

3.1. Ungenutzte und teilgenutzte Lagerstätten

Im Zuge der Vorbereitung des 'Wasserversorgungsplanes Land Brandenburg' wurde durch das LGRB im Jahre 1995 die 'Karte der ungenutzten und teilgenutzten Grundwasserlagerstätten des Landes Brandenburg' im Maßstab 1 : 300 000 (Abb. 1) erarbeitet.



Bearbeiter: D. Brose, P. Haschke, A. Hermsdorf, G. Hotzan, R. Jeschke, R. Kalatz (1995)

Abb. 1 Karte der ungenutzten und teilgenutzten Grundwasserlagerstätten des Landes Brandenburg

Auf der Grundlage vorliegender Ergebnisse hydrogeologischer Erkundungsarbeiten wurden die Gebiete nach ihrem verfügbaren Grundwasserdargebot, ihrer Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung sowie ihrer Möglichkeit der geogenen und anthropogenen Beeinflussungen betrachtet. Es sind für die jeweiligen Regionen, die aus hydrogeologischer Sicht wasserwirtschaftlich bedeutenden Vorratsgebiete ausgewählt worden. Weiterhin spielte bei der Auswahl die regionale Bedeutung des Grundwasservorrats

hinsichtlich der abwasserseitigen Erschließung und des abwassertechnischen Ausstattungsgrades der jeweiligen Region sowie die Mindestförderung von 1000 m³/d und eine derzeitige Teilnutzung von ≤ 10% eine entscheidende Rolle. Im Ergebnis dessen konnten 62 Gebiete mit 79 Fassungsstandorten kartiert werden. Die Tabelle 1 gibt Aufschluss über Vorratsgrößen und Erkundungsstand der ungenutzten und teilgenutzten Grundwasserlagerstätten der Landkreise im Land Brandenburg.

Tab. 1 Vorratsgrößen und Erkundungsstand der ungenutzten und teilgenutzten Grundwasserlagerstätten der Kreise im Land Brandenburg (Stand 1995)

Landkreis	Vorrat m ³ /d	Vor-/Detail- erkundung	Vorrats- gebiete	Fassungs- standorte
Uckermark	50250	5/3	8	8
Prignitz	13000	0/2	2	2
Ostprignitz-Ruppin	33000	3/1	5	7
Oberhavel	32500	1/1	3	5
Barnim	24000	0/3	4	4
Havelland	14700	2/0	0	2
Märkisch-Oderland	52250	2/4	6	6
Potsdam-Mittelmark	107200	2/2	6	7
Teltow-Fläming	88000	1/4	6	8
Dahme-Spreewald	66100	3/1	7	8
Oder-Spree	42100	2/0	4	6
Elbe-Elster	120000	3/3	6	7
Oberspreewald -Lausitz	10000	2/0	2	3
Spree-Neiße	107000	3/3	3	6
Gesamt:	760100	29/27	62	79

Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung der Grundwasserlagerstätten stellte die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung dar. Hier wurde die Richtlinie aus der hydrogeologischen Kartierung HYK 50 (MANHENKE et al. 1996) als orientierendes Hilfsmittel angewandt, die auf die Konzeption der GLÄ zur HYK 200 zurückgreift (HÖLTING et al. 1995). Diese Konzeption betrachtet die Sickerwasserpassage der Grundwasserüberdeckung ohne Berücksichtigung mechanischer, physikochemischer und mikrobieller Prozesse. Maßgebender Parameter für die Sickerwasserpassage durch die Gewässerüberdeckung ist die Verweilzeit des Sickerwassers. Sie wird beeinflusst von der anfallenden Sickerwassermenge aus dem Niederschlag sowie der Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Grundwasserüberdeckung.

Unter Grundwasserüberdeckung wird hier der Boden und Gesteinskörper über dem obersten zusammenhängenden, in der Regel weiträumigen Grundwasserstockwerk verstanden, das für die Grundwassererschließung nutzbar gemacht wird.

3.2. Genutzte Grundwasserlagerstätten

Das Land Brandenburg ist fast flächendeckend hydrogeologisch erkundet worden, sowohl standortkonkrete als auch großflächige hydrogeologische Untersuchungen liegen vor. Des Weiteren gibt es für die Teilbereiche Potsdam (1991), Frankfurt (1993) und Cottbus (1995) die Grundwasservorratsprognosen mit Angaben zu den Grundwassernutzungen, Grundwasserdargeboten und Abflussspenden sowie dem Fließgeschehen. Die folgenden Angaben sind dem Wasser-versorgungsplan Brandenburg entnommen, der im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung erstellt wurde. Die Brandenburger Bevölkerung ist zu ca. 95 % an öffentliche Wasserversorgungsanlagen angeschlossen. Es existieren 690 Versorgungsgebiete mit über 770 Wasserwerken, die als Einzelwasserwerke, als Gruppenver-

sorgungen oder als Versorgungssysteme mit größerer Ausdehnung betrieben werden. Insgesamt beinhalten sie damit eine Kapazität von über 1,4 Mio m³/d. Die größten Wasserwerke sind Stolpe, Tettau, Cottbus und Eisenhüttenstadt mit Tagesförderungen zwischen 35 000 m³/d und 74 000 m³/d. Des Weiteren gibt es über 340 Trinkwasserspeicheranlagen mit einem Gesamtvolumen von > 475 000 m³/d. Die größten befinden sich in Falkensee, Staaken, Potsdam-Ravensberge und Frankfurt/O. mit Kapazitäten von 20 000 m³/d bis 40 000 m³/d.

4. Regionale Verhältnisse der Grundwasserlagerstätten und der Wassergewinnung

Im Folgenden werden die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse beschrieben mit dem Ziel, einen Überblick zu den regional wichtigen Grundwasserlagerstätten zu geben und auf wasserwirtschaftliche Aspekte aufmerksam zu machen.

4.1. Der Nordwestteil von Brandenburg

In Nordwestbrandenburg sind die Grundwasserlagerstätten, wie in den anderen Landesteilen, an die Grundwasserleiter der pleistozänen und untergeordnet an die tertiären Schichtenfolgen gebunden. Auf den Hochflächen überwiegen die bindigen Sedimente mit den oberflächennahen Geschiebemergelkomplexen. Die darunter lagernden Vor- und Rückzugssande der Eisvorstöße der Weichsel-, Saale- und Elstervereisungen bilden wichtige Grundwasserlagerstätten. Sie gehören dem GWLK 2 an, die hydrogeochemisch den Grundwässern des Magnesiumtyps zugeordnet werden können. Eine hierfür typische Grundwasserlagerstätte ist im Raum Gransee am Geron-See ausgebildet. Ein im Mittel 35 m mächtiger saaleglazifluviatiler fein- bis grobsandiger GWL (GWL 2.1) wird durch eine 10 bis 20 m mächtige Weichselgrundmoräne bedeckt. Das Grundwasser weist in der Regel gespannte Verhältnisse

auf. Für diese Grundwasserlagerstätte wurde über wasserhaushaltliche Betrachtungen eine mögliche Entnahmemenge von 6 000 m³/d ermittelt. Weitere bedeutende Grundwasserlagerstätten auf den Hochflächen stellen die mächtigen Sander im Vorfeld der Frankfurter Staffel sowie kleinerer Rückzugsstaffeln dar. Diese besitzen Sandmächtigkeiten von > 20 m und bilden im Bereich des Meyenburger, Wittstocker, Rühnicker und Fürstenberger Sanders Grundwasserlagerstätten mit einem Vorrat von mehr als > 5 000 und bis zu 16 000 m³/d. Sie werden dem GWLK 1 zugeordnet.

Dem GWLK 2 kommt im NW des Landes Brandenburg eine große Bedeutung zu. Neben den bereits erwähnten Lagerstätten seien als bedeutende noch genannt: Pritzwalk, Kyritz, Neuruppin-Süd, Wittstock, Putlitz, Zehdenick, Nauen, Premnitz und Pausin.

Tiefliegende Grundwasserlagerstätten, die den tertiären Grundwasserleiter (GWLK 3) nutzen, sind in der westlichen Prignitz, im Bereich Gransee, Nauen, Staaken und Fehrbellin zu finden. Eine typische Lagerstätte ist Dergenthin in der Prignitz. Das sich NE-SW-erstreckende unterirdische Einzugsgebiet im Altmoränengebiet bevorratet mehr als 10 000 m³/d. Unter 20 bis 40 m Geschiebemergel bilden die ca. 50 m mächtigen miozänen Quarzsande den Hauptgrundwasserleiter. Hierbei handelt es sich um Mittelsande mit wechselndem Fein- und Grobsandanteil. Obwohl im Bereich der Westprignitz Versalzungserscheinungen in den tertiären GWL akut sind (Raum Perleberg, Wittenberge, Bad Wilsnack), ist nachweislich am Standort Dergenthin eine Förderung von > 10 000 m³/d ohne saline Beeinflussung möglich.

In den Niederungen sind vorwiegend Talsande, die sich aus glazifluviatilen Sanden der Weichsel- und Saalevereisung zusammensetzen, ausgebildet. Basierend auf ihrer hydrodynamischen Position im Entlastungsgebiet im Anstrom zu den Vorflutern, bilden sie gute Voraussetzungen für die konzentrierte Fassung größerer Grundwassermengen. Eine wasserwirtschaftlich bedeutende Grundwasserlagerstätte liegt im Haveltal und wird durch das Wasserwerk Rathenow genutzt. Hier wurde ein bis 40 m mächtiger GWL, der jedoch durch bindige Einlagerungen (qs1-Grundmoräne) z. T. aufgespalten ist und der sich überwiegend aus Mittelsanden mit wechselnden Fein- und Grobsandanteilen zusammensetzt, erschlossen. Mit einem nutzbaren Grundwasservorrat von ca. $Q_{365} = 12\,000\text{ m}^3/\text{d}$ stellt diese Grundwasserlagerstätte eine der wichtigsten für den havelländischen Raum dar.

Wittenberge, Oranienburg und Stolpe sind weitere regional bedeutende Lagerstätten für diesen Bereich. Im Wasserwerk Stolpe wird die Förderung durch Nutzung von Uferfiltrat und einer Grundwasseranreicherung mit Havelwasser wesentlich erhöht.

Der Großteil der erkundeten Lagerstätten im NW des Landes Brandenburg wird bereits genutzt bzw. teilgenutzt. Grundwasserreserven bestehen in Größenordnungen im Bereich des Wittstocker Sanders, des Rühnicker Sanders sowie in der westlichen Prignitz (Abb. 1).

Darüber hinaus gibt es Gebiete, für die eine prognostische Grundwasserhöflichkeit hydrogeologisch vorausgesagt wurde und die als Grundwasservorbehaltsgebiete festgeschrieben sind. In diesen Regionen muss durch entsprechende Detailuntersuchungen bei entsprechendem Bedarf jedoch erst der Nachweis erbracht werden, dass eine konzentrierte Fassung größerer Grundwassermengen bei entsprechender Qualität möglich ist.

4.2. Der Ost- und Nordostteil von Brandenburg

Auch im Ost- und Nordostteil des Landes sind die wichtigsten Grundwasserlagerstätten an Grundwasserleiter im Niveau der pleistozänen Schichtenfolge gebunden.

Grundsätzlich können als Großeinheiten mit unterschiedlichem geologischen und hydrogeologischen Bau sowohl die Niederungsgebiete und Urstromtäler wie das Eberswalder, Warschau-Berliner bzw. Odertal als auch die saalekaltzeitlich angelegten und weichselkaltzeitlich überprägten Hochflächen der Uckermark, des Barnims, der Lebuser Platte und Fünfeichener Höhen einschließlich ihrer vorgelagerten Sanderschüttungen angesehen werden. Diese naturräumliche Gliederung besitzt größte Bedeutung für den Geschütztheitsgrad der Grundwasserlagerstätten.

Unter den Geschiebemergelserien der Hochflächen lagern in der Regel glazifluviatile Bildungen saale- und weichselkaltzeitlichen Alters. Sie bilden wasserwirtschaftlich den nutzbaren Hauptgrundwasserleiter auf den Hochflächen. Da zur Fassung großer Wassermengen ein großes unterirdisches Einzugsgebiet erforderlich ist, werden die Randbereiche der Hochflächen bevorzugt, wie das z. B. für die perspektivischen bzw. bestehenden Wasserwerke Müncheberg-Mittelheide, Seelow, Gusow und Müllrose zutrifft. Nur in Ausnahmefällen werden große Wasserwerke im Zentrum der Hochflächen errichtet. Ein Beispiel hierfür bildet das Wasserwerk Strausberg-Bötzsee (Abb. 1), das sich im Zentralbereich der Barnimhochfläche befindet.

Das Einzugsgebiet dieses Wasserwerkes wird durch den nachfolgend beschriebenen Schichtenaufbau charakterisiert. An der Oberfläche dominieren die rolligen Bildungen des Strausberger Sanders, die eine Mächtigkeit bis ca. 20 m erreichen können. Im Liegenden folgt ein äußerst mächtiger Komplex (ca. 15 - 52 m) saalekaltzeitlicher Geschiebemergel, der im gesamten Einzugsgebiet flächendeckend ausgebildet ist und als Grundwassergeringleiter wirkt. Als Hauptgrundwasserleiter (HGWL) dient ein Komplex saalekaltzeitlicher Sande (GWLK 2). Die Mächtigkeit schwankt stark und erreicht am Fassungsstandort Bötze ca. 40 m. Als Liegendstauer fungieren elsterkaltzeitliche glazilimnische Ablagerungen, die im Einzugsgebiet des Wasserwerkes ebenfalls flächendeckend ausgebildet sind. In den quartären Ausräumungszonen wurden die Schichten der Rupel-Folge nicht vollständig erodiert, so dass innerhalb des erkundeten Einzugsgebietes keine Gefährdung durch aufdringende Salzwässer besteht. Verteilt auf zwei Fassungsstrassen ist eine Gewinnung von $Q_{365} = 15\,000\text{ m}^3/\text{d}$ möglich. Hydrogeochemisch zeigen die Grundwässer des bedeckten HGWL im Genesemodell typische Lagepunkte im Bereich

der Sulfat- und Natrium-Typen (RECHLIN 1997). Sie deuten auf Ionenaustauschprozesse bei gleichzeitigem Sulfat-Abbau "gealterter" bedeckter Grundwässer hin.

Die Hochflächen werden von Niederungsgebieten umrandet, die als Hauptabflussbahnen der pleistozänen Schmelzwässer zu deuten sind. Aus hydrogeologischer Sicht bilden die rolligen Sedimente, die in den Urstromtälern und Niederungen abgelagert wurden, einen mächtigen, unbedeckten Grundwasserleiter, der dem GWLK 1 zuzuordnen ist. Während in Oberflächennähe Fein- und Mittelsande dominieren, sind an der Basis neben Mittel- auch Grobsande anzutreffen. Die Mächtigkeit der Ablagerungen erreicht im Eberswalder Urstromtal ca. 5 bis 15 m, im Warschau-Berliner Urstromtal sowie im Odertal ca. 25 bis 30 m. Im Warschau-Berliner Urstromtal sind lokal an der Basis der Talsandablagerungen glazigen gestauchte saalekaltzeitliche Bildungen verbreitet, die Mächtigkeiten von ca. 10 m erreichen und aufgrund der hydraulischen Verbindungen mit den rolligen Sedimenten im Hangenden einen einheitlichen GWLK bilden. Hydrogeochemisch wird in den Urstromtälern der oberflächennahe Bereich des GWLK durch Wässer der aktuellen Grundwasserneubildung geprägt. Im Liegendbereich sind Grundwässer des Magnesiumtyps, Natrium- und Sulfattyps anzutreffen, die von den Hochflächen zuströmen. Aufgrund der günstigen lithologischen Ausbildung des GWLK und der Neubildungsverhältnisse sind große Wassermengen konzentriert fassbar. So stehen z. B. die Wasserwerke zur Versorgung größerer Städte wie Frankfurt/O., Fürstenwalde und Eisenhüttenstadt im Warschau-Berliner Urstromtal und die Wasserwerke zur Versorgung von Schwedt im Odertal zur Verfügung.

Kapazitätserweiterungen sind durch die Infiltration von Oberflächenwässern und deren Gewinnung nach entsprechender Verweilzeit im unbedeckten Grundwasserleiter (z. B. im Wasserwerk Briesen) möglich. Großwasserwerke (z. B. Wriezen) fördern aus den unbedeckten GWLK im Bereich der Terrassen und versorgen das Oderbruch über Verbundleitungen.

Im Odertal wirkt der namensgebende Fluss als Vorfluter. Durch Eindeichung und Meliorationsmaßnahmen wurden die ursprünglichen hydrodynamischen Verhältnisse gestört. Generell ist auch hier von den Hochflächen der Uckermark, des Barnims, der Lebuser Platte und der Fünfeichener Hochflächen ein Zustrom in Richtung der Niederungen zu verzeichnen. Dieser kann bei glazigen gestörten Bereichen auf den Hochflächen (z. B. im Raum Frankfurt/O.) erheblich behindert und demzufolge reduziert sein. Die Folge ist dann eine verstärkte Förderung von Uferfiltrat.

Der Grundwasserchemismus im Odertal zeigt in Abhängigkeit von der Position zur Hochfläche deutliche Unterschiede. Während in den die Hochflächen flankierenden Terrassen oberflächlich Neubildungswässer dominieren, findet man hier an der Basis des GWLK "gealterte" Grundwässer (Natrium-Typ) aus bedeckten GWL, die von den Hochflächen zuströmen. In Bereichen mit holozäner organogener Bedeckung wird durch Huminsäuren eine deutliche Erhöhung der Eisen- und Mangangehalte verursacht. Bedingt durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung erfolgt ein verstärkter Nitrateintrag in das Grundwasser. Im Drängewasserbereich

der Oder sind, anthropogen verursacht, deutlich erhöhte Schwermetall- und Chlorid-Konzentrationen im Grundwasser zu beobachten.

Aufgrund dieser qualitativen Beeinträchtigungen, die auch aufbereitungstechnisch nicht immer beherrschbar sind, werden die Kleinwasserwerke im Oderbruch schrittweise stillgelegt.

4.3. Der Südwestteil von Brandenburg

Auch dieses Gebiet wird charakterisiert von saalekaltzeitlich angelegten und z. T. weichselkaltzeitlich überprägten Hochflächen sowie spätweichselkaltzeitlich bis holozän geformten Niederungen. Hauptelemente sind die Grundmoränen der Teltower Platte, des Glindower und Rotscherlinder Plateaus, der Grund- und Endmoränenbereich des Flämings und die Saarmunder Endmoräne sowie das Baruther Urstromtal, das Havel- und Nuthedurchsbruchtal. Hydrographisch prägendes Element in diesem Bereich ist die Havel als Hauptvorfluter, die u. a. von der Nuthe-Nieplitz, Plane und Buckau gespeist wird.

Im Bereich der Geschiebemergelhochflächen wird der wasserwirtschaftlich bedeutende Grundwasserleiter (GWLK 2) im Allgemeinen von den glazifluviatilen Sanden der Saale- bis Elstervereisung sowie den fluviatilen holstein- bis früh-saalezeitlichen Sanden gebildet, die in der Regel durch Grundmoränenbildungen überlagert werden.

Aufgrund der günstigen geologisch-hydrogeologischen Voraussetzungen als Neubildungs- und Speisungsgebiet sowie auch als Speicherpotential für Grundwasser ist der Fläming eine Grundwasserressource von weitreichender Bedeutung, der einem überregionalen Schutz unterliegen sollte. Der Fläming ist als glazigen angelegte Hochfläche mit NN-Höhen zwischen 60 bis 200 m das prägende Element im SW Brandenburgs. Hier treten sowohl aufgrund einer gut durchlässigen und mächtigen Aerationzone tiefliegende unbedeckte Grundwasserleiter (GWL 1.2) als auch, begründet durch oberflächennahe mächtige Geschiebemergelhorizonte, bedeckte Grundwasserleiter (GWLK 2) auf. Aus diesem Grund kann von einer hohen Schutzfunktion für das Grundwasser ausgegangen werden. Die Entwässerung des Grundwassers erfolgt nach Norden ins Baruther Urstromtal und nach Süden über die Sanderschüttungen ins Elbe-Urstromtal. Hierbei sind im Norden ein deutlich höheres Gefälle (I) des Grundwassers ($I \cong 3$ bis 10 ‰) und damit verbunden höhere Abstandsgeschwindigkeiten (v_a ca. 0,5 bis 1,6 m/d) als im Süden ($I \cong 0,7$ bis 2 ‰ und $v_a \cong 0,1$ bis 0,4 m/d), zu beobachten. Die Grundwasserneubildungsraten im Fläming liegen in Abhängigkeit des Untergrundes und des Niederschlagsangebotes zwischen 3 bis 6 l/skm². Als Hauptgrundwasserleiter fungieren hier glazifluviatile Elsternachschütt- bis Saalevorschüttands, die aufgrund der mächtigen Grundwasserüberdeckung hervorragend geschützt sind. Des Weiteren übernehmen die meist glazifluviatilen-glazilimnischen Bildungen unterhalb der Elstergrundmoräne die Funktion eines zweiten Hauptgrundwasserleiters. Dieser weist durchschnittlich geringere Durchlässigkeiten, aber höhere Mächtigkeiten als der 1. HGWL auf und ist so perspektivisch ein unbedingt zu berücksichtigen-

des Grundwasserpotential. Zeugnis dieser günstigen hydraulischen Bedingungen sind die zahlreichen Wasserwerke auch mit größeren Entnahmemengen ($> 1\,000\text{ m}^3/\text{d}$), wie z. B. vier Wasserwerke im Jüterbogener Raum, zwei im Raum Belzig sowie Treuenbrietzen, Niemege und Linthe, die ihre hydraulischen Kapazitäten noch nicht ausschöpfen. Schätzungsweise werden täglich mehr als $75\,000\text{ m}^3$ Grundwasser für kommunale, industrielle oder landwirtschaftliche Versorgungszwecke entnommen. Demgegenüber stehen mehr als $120\,000\text{ m}^3/\text{d}$ nachgewiesene Grundwasservorräte zusätzlich zur Verfügung. Die größten Grundwasservorräte im Fläming sind den Bereichen Neuendorf/Hohenwerbig mit ca. $50\,000\text{ m}^3/\text{d}$ und Lütze/Ragösen mit ca. $30\,000\text{ m}^3/\text{d}$ zuzuordnen.

In meist spätweichselkaltzeitlich bis holozän angelegten Tälern bilden vorwiegend weichsel- bis saalekaltzeitliche glazifluviale Sande mit durchschnittlich 5 bis 30 m Mächtigkeit den oberen unbedeckten GWLK 1. In Abhängigkeit von der geologischen Position wird dieser von saalekaltzeitlichem Geschiebemergel unterlagert oder bildet bei fehlendem Stauer einen hydraulischen Komplex mit tiefer liegenden frühsaalekaltzeitlichen bis holsteinwarmzeitlichen Bildungen. Hier können Mächtigkeiten von 30 bis 40 m erreicht werden. Bei Verbreitung des Geschiebemergels wird häufig der darunter ausgebildete Grundwasserleiter (GWLK 2) wasserwirtschaftlich genutzt, der im Allgemeinen durch eine hohe Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung gekennzeichnet ist. Großflächige Niederungen sind weitgehend Zehrgebiete für das Grundwasser. Diese sind hauptsächlich eng an die Havel (z. B. Schmergower/Phöbener Bruch) und die Nuthe (z. B. Drewitzer Wiesen) gebunden. In den Tälern erlangen beide GWLK größere wasserwirtschaftliche Bedeutung. Das wird u.a. in den Wasserwerken der Städte Potsdam und Brandenburg mit Förderungen von mehr als $3\,000\text{ m}^3/\text{d}$ deutlich. Der GWLK 1 wird z. B. von den Potsdamer Wasserwerken 'Leipziger Straße' und 'Bergholz-Rehbrücke' genutzt. Die meisten Brunnen der Brandenburger Wasserwerke 'Kaltenhausen' und 'Kirchmöser' sind im GWLK 2 ausgebaut.

Eine weitere perspektivisch bedeutende Region für eine wasserwirtschaftliche Nutzung ist neben dem Fläming im Nuthe-Tal erkundet worden. Hier sind im Rahmen mehrerer hydrogeologischer Untersuchungen Grundwasservorräte von ca. $20\,000\text{ m}^3/\text{d}$ an den Fassungsstandorten Groß Beuthen und Märkisch-Wilmersdorf (Abb. 1) nachgewiesen worden.

4.4. Der Süd- und Südostteil Brandenburgs (Niederlausitz)

Weite Teile des südlichen Brandenburgs - etwa südlich einer durch das Baruther Urstromtal markierten Linie von Golßen über Lübben, Peitz bis Forst - wurden von der Weichselglaziation nicht mehr erreicht. Bis auf geringmächtige fluviatile Ablagerungen der Weichseleiszeit und holozäne Sedimente sind hier glazifluviale Vorschütt- und Nachschüttsande der Elster- und Saaleeiszeiten für die Grundwassergewinnung bestimmend. Die nur örtlich auftretende Überdeckung durch bindige Grundmoränenablagerungen der elster- und saalekaltzeitlichen Vergletscherungen bewirkt nur lokal einen höheren Grad der Geschütztheit der Grundwasserlagerstätten,

die durch hydraulische Kommunikation der Grundwasserleiter nicht langfristig gewährleistet ist. Die Verbindung der Grundwasserleiter wird verstärkt durch z. T. bis auf Prätertiärniveau eingeschnittene mittelpleistozäne Ausräumungszonen. Grundwasserleiter des Tertiärs haben zwar lokale Bedeutung auch für die öffentliche Trinkwasserversorgung, nicht jedoch für die Gruppenwasserversorgung (mit Ausnahme bergbaulich gehobener und für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzter Wässer). Von zunehmendem Einfluss auf die bis zur Jahrhundertwende überwiegende Einzelwasserversorgung sind die im Süden von Brandenburg, der Niederlausitz umgehenden Tagebaue zur Braunkohlegewinnung. Während der Abbau des miozänen Oberflöz (Raunoer Folge) noch mit lokalen Grundwasserabsenkungen zu realisieren war, konnte KEILHACK (1935) mit dem ersten Tagebaufschluss zur Gewinnung des 2. Lausitzer Flözhorizontes (Untere Briesker Folge des Miozäns) im Lausitzer Urstromtal ab dem Jahre 1908 bereits im Jahre 1912 einen Absenkungstrichter der Grundwasseroberfläche nachweisen, der sich bei einer Ausdehnung von etwa 9 km Länge und 6 km Breite mit dem Zentrum bei Brieske von Senftenberg in Richtung Ruhland erstreckte. Im Jahre 1937 führte der Tagebau Ilse-Ost zu einer Ausbreitung des Absenkungstrichters in den Raum östlich Senftenberg und in den 60er Jahren erfasste er bereits ein Gebiet von etwa 80 km Länge von Ruhland bis Weißwasser. Die bergbauliche Wasserhebung hatte sich in der Niederlausitz von 1956 bis 1962 von 375 Mio. m^3 pro Jahr auf 760 Mio. m^3 verdoppelt und somit ein Volumen erreicht, das etwa der gesamten Trink- und Brauchwasserförderung auf dem Gebiet der DDR entsprach.

Mit dieser Entwicklung der Grundwasserabsenkung, die zum Ausfall flacher Eigenwasserversorgungsanlagen führte, ging der Aufbau von Gruppenwasserversorgungsanlagen planmäßig einher. Durch die Ilse-Bergbau AG wurden im Jahre 1914 die Wasserwerke Pößnitztal (in den 50er Jahren stillgelegt) und 1928 Buchwalde unmittelbar südöstlich von Senftenberg als Heberanlage in Betrieb genommen, nach dem 2. Weltkrieg ausgebaut und konnten nach der Flutung des 1938 bis 1966 betriebenen Tagebaues Niemtsch (Senftenberger See) unter Nutzung von Uferfiltrat ihre Versorgungsaufgaben wieder voll erfüllen. Gruppenwasserversorgungsanlagen im Süden der Niederlausitz wurden zur Lausitzer Fernwasserversorgung zusammengeschlossen, deren Schwerpunkt seit 1966 das 1960 errichtete Wasserwerk Tettau bildete. Gerade dieses Wasserwerk zeigt aber, dass im Süden Brandenburgs, südlich der oben genannten Verbreitungsgrenze der Weichselglaziation, unbedeckte Grundwasserleiter dominieren. Der genutzte saaleglaziale Grundwasserleiter ist von nur geringmächtigen weichselzeitlichen fluviatilen Bildungen überdeckt und somit dem GWLK 1 zuzuordnen.

Ungeachtet der weiträumigen Ausbreitung des bergbaulichen Entwässerungstrichters (Hydrogeologische Komplexstudie 1993) - in der Niederlausitz im Jahre 1992 rund $2\,100\text{ km}^2$, davon rund $1\,400\text{ km}^2$ im Land Brandenburg mit Absenkungsbeträgen bis auf 90 m unter Ursprungswasserstand (Tagebau Welzow-Süd) -, traten weder für die Trink- noch für die Brauchwasserversorgung ernsthafte Versorgungsschwierigkeiten auf. Neben den Gruppenwasserversorgungsanlagen und dem

Fernwassernetz spielten dabei die Bereitstellung aufbereiteter Grubenwässer und der Oberflächenwasserverbund eine wesentliche Rolle. Auch innerhalb des Gebietes der sich überlappenden bergbaulichen Entwässerungstrichter konnten (und können weiterhin) Brauch- und Trinkwasserfassungen mengen- und qualitätsgerecht betrieben werden. Das zeigt die im Jahre 1978 erschlossene Wasserfassung Großbräschen-Nord, die im Bereich frühpleistozäner Rinnen einen elsterglazialen Grundwasserleiter nutzt, der durch Geschiebemergel der Elster-II-Glaziation bedeckt ist. Dieser Grundwasserleiter wäre somit dem GWLK 3, speziell GWL 3.1, zuzuordnen.

Seit den 60er Jahren (Aufschlussbaggerung Schlabendorf-Nord 1959 bis 62) bildete sich der bergbauliche Entwässerungstrichter auch am Rande des Baruther Urstromtales aus, erfasste mit den Tagebauen Jänschwalde und Cottbus-Nord in den 70er Jahren dessen zentrale Teile und wird sich hier noch bis zum Jahre 2022 ausweiten. Durch unterirdische Abriegelung von Grundwasserzuflüssen (Schlitzwandtechnik) und geplante Infiltrationsmaßnahmen werden diese Auswirkungen aber im Rahmen der technischen Möglichkeiten gering gehalten.

Die Kartendarstellung der potentiellen oberflächennahen Grundwasserlagerstätten Brandenburgs zeigt, dass für das Gesamtgebiet der Niederlausitz, auch in Nachbarschaft mit dem weiträumigen Absenkungstrichter, noch ein wirtschaftlich bedeutsames Potential quantitativ und qualitativ nutzbarer Grundwasservorräte nachgewiesen bzw. prognostizierbar ist. Diese Tatsache steht nicht im Widerspruch zu der prekären Lage der Oberflächengewässer im Einzugsbereich des Grundwasserabsenkungstrichters. Ihnen steht in Niedrigwassersituationen gegenüber der unbeeinflussten Ausgangssituation eine deutlich verringerte grundwasserbürtige Abflussmenge zur Verfügung.

Die Grundwasserlagerstätten mit gewinnbarem Grundwasserdargebot Dollenchen und Lipten im Lug-Becken ca. 15 km östlich Finsterwalde (GWLK 2) - hier wurden Grundwasservorräte für landwirtschaftliche Beregnungszwecke erkundet - und die Wasserfassung Harnischdorf (GWLK 2) - als Ersatz- bzw. Erweiterungsfassung für die Stadt Cottbus - befinden sich im saaleglazialen Altmoränengebiet. Im jungpleistozänen Gebiet unmittelbar südlich des Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung mit geringmächtiger Sanderüberdeckung stehen die Grundwasserlagerstätten Peitz-Turnow (GWLK 1) mit einer prognostischen Erweiterung in westlicher Richtung und im weichseleiszeitlich überprägten Gebiet die teilgenutzte Lagerstätte Atterwasch (GWLK 1) sowie ein bisher nicht erkundetes, aber grundwasserhöffiges Gebiet im NW von Guben (GWLK 2) zur Verfügung. Dabei ist vorauszusetzen, dass die bestehenden Gruppen- und Fernwasserwerke sowie Einzelwasserfassungen (außer im Einflussbereich des Tagebaues Jänschwalde) hinsichtlich bergbaulicher Grundwasserbeeinflussung prinzipiell ohne Beeinträchtigungen weiterbetrieben werden können.

In der Niederlausitz, jedoch außerhalb der Wirksamkeit hydraulischer Entwässerungsmaßnahmen umgehender Braunkohletagebaue, gibt es noch weitere Grundwasserlagerstätten mit nachgewiesenen Vorräten, die bereits teilgenutzt wer-

den oder zur perspektivischen Nutzung erschlossen werden können. Aus der Erkundung Biebersdorf im Jungmoränengebiet, das hier Hochflächen-, Sander- und Endmoränenbereiche des Brandenburger Stadiums umfasst, wird nur ein geringer Teil der Grundwasservorräte aus dem GWLK 2 genutzt.

Die Wasserfassung Lubolz, bedeutend als Erweiterung und Ersatz für die Wasserfassung Lübben, steht im Baruther Urstromtal und nutzt den hier nur zum Teil abgedeckten und mit dem GWLK 1 korrespondierenden GWLK 2.

Im Bereich des Niederlausitzer Grenzwalles, im Altmoränen- und Beckengebiet, stellen die teilgenutzten Grundwasservorräte von Schönwalde und die im Sander- und Hochflächengebiet bei Proßmarke (GWLK 2) Reserven dar. Im Lausitzer Urstromtal stehen das Grundwasserdargebot Rehfeld (westlich Falkenberg) sowie die bereits teilgenutzten Grundwasservorräte Fichtenberg und Oschätzchen der hier unbedeckten, eine Einheit bildenden GWLK 1 und 2 zur Verfügung.

Zusammenfassung

Für die Trinkwasserversorgung im Land Brandenburg stehen ausreichend erkundete Grundwasservorräte zur Verfügung. 1995 wurde vom LGRB eine Karte zu ungenutzten und teilgenutzten Grundwasserlagerstätten erarbeitet. Auf dieser Grundlage konnten im Bereich der Landkreise Elbe-Elster und Potsdam-Mittelmark die größten Grundwasservorräte ausgehalten werden. Die wohl bedeutendsten Trinkwasserreserven sind im Fläming mit einem Grundwasservorrat von ca. 150 000 m³/d aufgrund seiner günstigen Dargebots- und Speicherkapazitäten zu finden. Um eine gute Versorgung mit qualitätsgerechtem Trinkwasser auch für die Zukunft in Brandenburg zu sichern, ist es erforderlich, überregionale Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Summary

Drinking water supply in Brandenburg is based on well explored groundwater reserves. The map of unused and partially used groundwater deposits was issued in 1995 by LGRB.

The largest groundwater reserves exist in the Brandenburgian rural districts Potsdam-Mittelmark and Elbe-Elster. There are the most important drinking water resources in the Fläming with a capacity to 150 000 m³/d exploitable groundwater and storage capacity.

In order to guarantee high quality of drinking water supply in Brandenburg it is necessary to organize statewide measures of groundwater protection.

Literatur

BROSE, D., HASCHKE, P., HERMSDORF, A., HOTZAN, G., JESCHKE, R. & R. KALATZ (1995): Karte der ungenutzten und teilgenutzten Grundwasserlagerstätten des Landes Brandenburg 1 : 300 000 und Tabellenwerk. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)

- HÖLTING, B., HAERTLE, T., HOHBERGER, K., NACHTIGALL, K., VIL-
LINGER, E., WEINZIERL, W. & J. WROBEL (1995): Konzept zur
Ermittlung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüber-
deckung. - Ad-hoc-AK Hydrogeologie, Information aus der
Bund/Länder-AG der Geologischen Dienste, Hannover
- Hydrogeologische Komplexstudie - Niederlausitzer Braunkoh-
lenrevier (Mai 1993). - LAUBAG, HV, Abt. Wasserwirtschaft,
Senftenberg (unveröff.)
- JORDAN, H. & H. WEDER (1995): Hydrogeologie - Grundlagen
und Methoden. - 2. stark überarb. u. erw. Aufl., Stuttgart
(Enke)
- KEILHACK, K. (1935): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellen-
kunde. - 3. Aufl., Berlin
- KNISPEN, H. (1991): Grundwasservorratsprognose Potsdam. -
Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH, Berlin
- KNISPEN, H. (1993): Grundwasservorratsprognose Ostbranden-
burg – ehemaliger Bezirk Frankfurt/O. - Hydrogeologie Ber-
lin-Brandenburg GmbH, Berlin
- KNISPEN, H. & W. WEBER (1995): Hydrogeologischer Bericht -
Grundwasserprognose Südteil Land Brandenburg – ehemali-
ger Bezirk Cottbus. – ARGE HYDRO – HGN, Berlin, Nord-
hausen
- LEHMANN, H.-W. (1974): Geochemie und Genesis der Tiefen-
wässer der Nordostdeutschen Senke. - Z. angew. Geologie
20, 11/12, S. 502-509 u. 551-557, Berlin
- LIPPSTREU, L. (1995): VI. Brandenburg. - In: Benda, L.: Das
Quartär Deutschlands. - S. 116-147, Stuttgart (Borntraeger)
- LUA (1997): Landesumweltamt im Zahlenspiegel 1996. - Lan-
desumweltamt Brandenburg, Potsdam
- MATSCHAK, H. (1966): Die Wasser- und Brauchwasserfrage in
verschiedenen Bergbauzweigen und in der Montanindustrie.
- Freiburger Forsch.H. **A 337**, S. 7-39, Leipzig
- MANHENKE, V., HANNEMANN, M. & B. RECHLIN (1995): Gliede-
rung und Bezeichnung der Grundwasser-leiterkomplexe im
Lockergestein des Landes Brandenburg. - Brandenburgische
geowiss. Beitr. **2**, 1, S. 12, Kleinmachnow
- MANHENKE, V., BERNER, K., HANNEMANN, M. & A. HERMSDORF
(1996): Richtlinie zur Hydrogeologischen Kartierung des Lan-
des Brandenburg im Maßstab 1 : 50 000 (Kartierungsrichtli-
nie HYK 50). - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- MUNR (1996): Wasserversorgungsplan Land Brandenburg. -
Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung
Land Brandenburg, 79 S., Potsdam
- RECHLIN, B. (1997): Zur Anwendung des Hydrogeochemischen
Genesemodells der Wässer in den GWLK des Landes Bran-
denburg. - Brandenburgische geowiss. Beitr. **4**, 1, S. 67-71,
Kleinmachnow
- Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Roh-
stoffe Brandenburg No. 130
- Anschrift der Autoren:
- Dipl.-Geoln. Angela Hermsdorf,
Dipl.-Geol. Rainer Kalatz
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow
- Dipl.-Geol. Rolf Jeschke
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Regionalbüro Cottbus
Vom-Stein-Straße 30
03050 Cottbus
- Dipl.-Geol. Gerhard Hotzan
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Regionalbüro Frankfurt/O.
Schulstraße 16
15236 Frankfurt/O.

BUCHBESPRECHUNG

Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 7

MICHEL, G.: **Mineral- und Thermalwässer - Allgemeine Balneogeologie**

XII, 398 S., 104 Abb., 72 Tab., 1442 Lit., 148,- DM

Gebrüder Borntraeger Berlin Stuttgart, 1997

ISBN 3-443-01011-3

Mit dem Band 7 ist der achte Band der mit 12 Bänden konzipierten Lehrbuchreihe, des hydrogeologischen "Blauen Wunders" erschienen. Die Aufgabe, die Inhalte eines so ausufernden und weit verzweigten Fachgebietes auf weniger als 500 Seiten zu komprimieren war schon schwierig. Der Verfasser mußte aber außerdem versuchen, die sprachlichen Unterschiede und Abweichungen in den Definitionen der unterschiedlichen Fachdisziplinen (z. B. (Hydro)geologie, Hydro(geo)chemie, Physikochemie, Bohrtechnik, Medizin und Wasserrecht) zu überwinden oder zumindest darzustellen. Das Buch mußte auch so gegliedert werden, damit es einer Großzahl möglicher Nutzer, das sind neben Hydrogeologen und Quellentechnikern auch Juristen, Brunnenbetreiber und Kurdirektoren, zugänglich wird. Dieses ist mit der nachstehenden Gliederung weitgehend geglückt.

1. Zur Geschichte der Balneologie und Balneogeologie (11 S.)
2. Begriffsbestimmungen und Nomenklatur (18 S.)
3. Stoffbestand und physikalische Eigenschaften (72 S.)
4. Regionale Verbreitung (10 S.)
5. Genese der Mineral- und Thermalwässer (120 S.)
6. Quantitative Aspekte der Mineralwasser-Bildung (7 S.)
7. Untersuchungsmethoden (44 S.)
8. Erschließungs- und Fassungstechnik (14 S.)
9. Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte (20 S.)
10. Literatur (56 S.)

Der Umfang der einzelnen Kapitel gibt einen ersten Eindruck der vom Autoren gesetzten Schwerpunkte, aber wirklich nur einen ersten. So verbirgt sich im kurzen Kapitel "Regionale Verbreitung" eine Bibliographie der Mineral- und Thermalwässer der Welt.

Die Geschichte hauptsächlich der Balneologie und auch Balneogeologie erscheint mir in den Kerngebieten und auch den Randgebieten der Heilbäder sehr präzise zusammengestellt. Als Kuriosum sei hier angefügt, daß die Geschichte "herrlichen und sehr alten Gesundbrunnens zu Kentz bei Barth im königlichen Pommern" (KIENAST 1690) nicht berücksichtigt wurde.

Das Kapitel 2 "Begriffsbestimmungen und Nomenklatur" gibt Veränderungen in den Begriffsbestimmungen seit den Nauheimer Beschlüssen (1911) wieder. Bis zur neuesten Fassung der Mineral- und Tafelwasserverordnung von 1990 werden die Änderungen von einem Kenner der Materie kommentiert. Es wird deutlich, daß in diesem Bereich die Geologen immer wieder den kürzeren gezogen haben und z. B. in der Balneologie eine "Quelle" eben doch keine Quelle und der "Boden" doch nicht der Boden ist.

Kapitel 3 "Stoffbestand und physikalische Eigenschaften" gibt nach der hydrogeochemischen Charakterisierung der Hauptgruppen der Mineral- und Heilwässer nach Haupt- und Nebenbestandteilen sowie von Radioaktivität und Gasgehalt in 10 Tabellen einen Überblick über die geologische Herkunft und die bestimmende Zusammensetzung von fast 100 Wässern.

Neben der bereits erwähnten Bibliographie enthält die "Regionale Verbreitung" Übersichten über die Mineralwasserverbreitung in

Österreich und der Schweiz und beispielhaft für eine Mineralwasserprovinz, die Beschreibung der Mineralwasserprovinz Thüringen.

Im folgenden Kapitel "Genese der Mineral- und Thermalwässer" wird die Dreiteilung in primäre, sekundäre und tertiäre Genese aufgegriffen. Die primäre Genese ist endogener Art. Sie umfaßt alles, was in irgend einer Form einen Bezug zu magmatischen Schmelzen hat. Ausführlich wird die Radioaktivität der Wässer beschrieben. Die Theorien der Herkunft des Wassers werden erläutert. In diesem Zusammenhang werden auch die "primären" ausländischen Thermalwässer (Ischia, Island, Yellowstone Park, Kamčatka, Neuseeland, Belgien, Ungarn, Schweiz, Mazedonien, Tschechien) beschrieben. Die deutschen Thermalwässer werden mit zahlreichen Skizzen erläutert. Mit den Begriffen sekundäre und tertiäre Genese werden die Mineralwässer erfaßt, die wohl für uns Geologen im Norddeutschen Tiefland die wesentlichen sind. Die unterschiedlichen Ansichten der Genese von Sole werden erläutert. Am Beispiel Hessen wird die Solemigration und am Beispiel Münsterländisches Becken die paläohydrogeologische Entwicklung dargestellt. Zur tertiären Genese gehören Wässer die durch hydrogeochemische Diagenese verändert wurden, z.B. durch bakterielle Vorgänge (Sulfatreduktion) oder Ionenaustausch. Ionenaustauschvorgänge werden im speziellen erläutert.

Quantitative Aspekte der Mineralwasser-Bildung enthält eine kurze Darstellung der unterirdischen Fließsysteme mit reichhaltigen Literaturverweisen, eine methodische Erläuterung zur Bestimmung der Ergiebigkeitslinie an Mineralwasserbrunnen sowie eine Tabelle mit Schüttungen ausgewählter europäischer Heilquellen.

Das Kapitel 7 "Untersuchungsmethoden" reicht von geologischen und geophysikalischen Methoden über Probenahme und Wasseranalytik bis zu isopenhydrologischen Methoden. Bei der Wasseranalytik erscheint mir die präzise Darstellung der Anforderungen an eine Heil- und Mineralwasseranalyse sehr wichtig. Das Diagramm der Tritiumgehalte der Niederschläge geht in der Aussage weit über die Darstellung im Band 2 dieser Lehrbuchreihe hinaus. Die Ausführungen zu den stabilen Schwefelisotopen insbesondere zur Fraktionierung sollten einen Anreiz zur Anwendung bei der genetischen Interpretation von Sulfatwässern in Brandenburg sein.

"Erschließungs- und Fassungstechnik" geht nicht über die üblichen Darstellungen hinaus, gehört aber in Hinblick auf möglichen Nutzer in dieses Buch.

Im letzten Kapitel "Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte" - nach einem Exkurs über die Historie des Heilquellenrechts und des Heilquellenschutzes - werden die Richtlinien des Heilquellenschutzes erläutert. Die Organisationen der Heilbäderbetreiber und der Mineralbrunnenindustrie werden erläutert. Abschließend folgen kurze Abschnitte über Salinen und Geothermie, wobei die Geothermie bei weiten zu kurz kommt. Uns Brandenburger sollte trösten, daß trotzdem die Geothermienutzung in Prenzlau aufgeführt ist. Die Lage am Schluß des Lehrbuches gibt zur Hoffnung Anlaß, diesen Abschnitt bei einer späteren Auflage bedeutend zu erweitern.

Die 56 Seiten Literaturzusammenstellung lassen kaum einen Wunsch offen. Um unverbesserlichen Ostalgikern eine Tiefenkontrolle des Literaturverzeichnisses zu ersparen, sei gesagt, daß sie ihre wesentlichen Autoren von HECHT und HOPPE bis VOIGT und ZIESCHANG finden.

Die Benutzer dieses Buches sollten Herrn Prof. MICHEL für das gelungene Kompendium der Mineral- und Thermalwässer danken.

Walter Schirrmeister

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 57–68	12 Abb., 20 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	------------------

Das geothermische Feld in Brandenburg

HORST BEER & ECKART HURTIG

1. Einleitung

Alle geologischen Prozeßabläufe sind mit dem geothermischen Feld in der Erde und seinen räumlichen und zeitlichen Änderungen verknüpft. Aus der Erde strömt kontinuierlich Wärme an die Erdoberfläche und wird dort an die Atmosphäre bzw. Hydrosphäre abgegeben. Im Mittel beträgt der terrestrische Wärmestrom für Kontinente 60 mW/m^2 . Dieser aufwärts gerichtete Wärmestrom bedingt eine Temperaturzunahme mit der Tiefe, die im Durchschnitt für Kontinente $3 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ beträgt. Wegen des großen Einflusses der Temperatur auf alle physikalischen Eigenschaften der Gesteine sowie auf Stoffmigration und Stoffumwandlung kommt der Untersuchung des Temperatur- und Wärmestromfeldes der Erde eine besondere Bedeutung zu. Andererseits bestimmen Aufbau und Eigenschaften der Gesteine, Lagerungsverhältnisse und andere geologische Merkmale die Temperaturverteilung in der Erdkruste.

Für die Untersuchung des geothermischen Feldes wird die Temperatur in Abhängigkeit von der Tiefe gemessen. Die tiefenbezogene Temperaturverteilung kann näherungsweise über die Wärmestromdichte, Wärmeleitfähigkeit der Gesteine und radiogene Wärmeproduktion (letztere vernachlässigbar klein) abgeschätzt werden. Verlässlicher sind direkte Messungen der Temperatur in Tiefbohrungen. Der Wärmetransport in der Erde erfolgt durch Konduktion (Wärmeleitung ohne Massentransport), Konvektion und Advektion (vertikaler/horizontaler Wärmetransport über Massenbewegung) sowie durch Wärmestrahlung. Für die obere Erdkruste ist der Beitrag der Wärmestrahlung vernachlässigbar. In Festgesteinen bildet die Konduktion den wichtigsten Mechanismus für den Wärmetransport. In Störungszonen können der konvektive und advektive Wärmetransport den konduktiven Anteil übertreffen.

Der gewaltige Wärmeinhalt der Erde ermöglicht die Nutzung der geothermischen Energie unter Berücksichtigung der geologischen Bedingungen mit verschiedenen Methoden.

Ausführlich wird die Nutzung speziell von Thermalsole im Land Brandenburg im Beitrag MANHENKE, ECKHARDT & ROKKEL (in diesem Heft) dargestellt. Im Folgenden werden deshalb insbesondere die Aspekte hinsichtlich

- Entwicklung, Art und Umfang von Temperaturmessungen, Meßmethodik und Repräsentanz

- geologisch bedingter Beeinflussung der Temperaturverteilung

für die Bewertung des geothermischen Feldes in Brandenburg betrachtet.

2. Temperaturmessungen

2.1. Entwicklung der Geothermie

In Brandenburg wurden bereits 1831 bis 1833 durch ERMAN, MAGNUS, SCHMIDT und GERHARD Temperaturmessungen im Bohrloch Rüdersdorf bei Berlin durchgeführt. Von 1869 bis 1871 erfolgten in der Bohrung Sperenberg I (Salzstock, südlich Berlin) zum ersten Mal systematische Temperaturmessungen mit hoher Präzision. Die damals tiefste Bohrung der Welt wurde bis zur Endteufe von 1 272 m temperaturvermessen. Mit diesen Messergebnissen, die von DUNKER (1872) sorgfältig dokumentiert und ausgewertet wurden, begann die eigentliche Entwicklung der Geothermie. Der Titel seiner Arbeit "Über die Benutzung tiefer Bohrlöcher zur Ermittlung der Temperatur des Erdkörpers und die deshalb in dem Bohrloch I zu Sperenberg auf Steinsalz angestellten Beobachtungen" weist auf das grundsätzliche Anliegen dieser Untersuchungen hin. Aus den Messungen wurde eine geothermische Tiefenstufe von $33,7 \text{ m}$ für $1 \text{ }^\circ\text{C}$ Temperaturzunahme abgeleitet. Dieser Wert wurde als globaler Mittelwert für die Temperaturzunahme mit der Teufe angesehen. Vom Grundsatz her hat sich dieser Wert heute als Durchschnittswert für die kontinentale Erdkruste bestätigt. Allerdings können die Werte stark schwanken. Abbildung 1 zeigt am Beispiel von Tiefbohrungen in Brandenburg bis 4 000 m Teufe, dass die Temperaturwerte im Teufenbereich von 3 000 m zwischen $70 \text{ }^\circ\text{C}$ und fast $130 \text{ }^\circ\text{C}$ schwanken. Teilweise werden diese Unterschiede dadurch verursacht, dass das thermische Gleichgewicht im Bohrloch bei vielen Temperaturmessungen infolge des Einflusses durch den Bohraufschluss noch nicht wieder erreicht war (s. u.). Dennoch sind deutliche Temperaturunterschiede auch in derartigen Größen durchaus real.

Für die weitere Entwicklung der Kenntnis über das geothermische Feld in Brandenburg sind Temperaturmessungen maßgebend, die im Rahmen der

- Erdöl- und Erdgaserkundung, vorrangig im Norden und Osten Brandenburgs

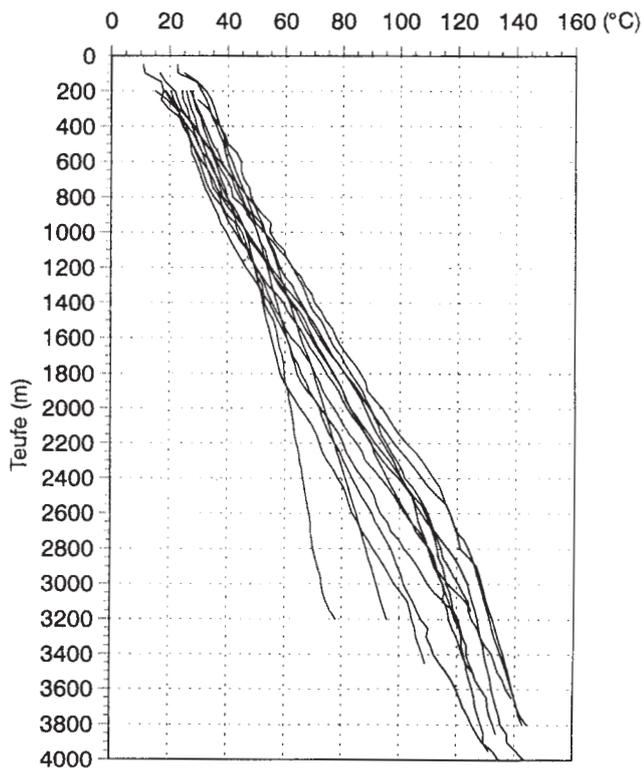


Abb. 1 Bohrungen mit Temperaturwerten bis zu einer Tiefe von 4 000 m

- Eisenerzkundung in der westlichen Prignitz
- Kupferschiefererkundung im Raum Spremberg
- Untersuchung und Errichtung von Unterspeichern (Buchholz, Ketzin, Mittenwalde)
- geothermisch-balneologischen Erkundung (Velten, Neuruppin, Pritzwalk, Prenzlau, Rheinsberg, Templin, Belzig, Bad Wilsnack)

seit den 60er Jahren in Tiefbohrungen vorgenommen wurden. Besonders wichtig sind dabei die im Wesentlichen der Erdgaserkundung zuzuordnenden Bohrungen, in denen Temperaturen bis in Tiefenbereiche von ca. 5 500 m (E Kotzen 4/74) vermessen wurden.

Erste zusammenhängende Darstellungen über die Wärmestromdichte im Gebiet der DDR und damit auch des Landes Brandenburg stammen von SCHÖSSLER & SCHWARZLOSE (1959) sowie SCHUSTER (1969). Die umfangreiche Bohrtätigkeit besonders in den 70er Jahren und die zunehmende Datendichte ermöglichten eingehendere Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen dem Temperatur- und dem Wärmestromfeld und dem Tiefenbau in Norddeutschland (HURTIG 1975; HURTIG & SCHLOSSER 1973, 1976a und 1976b; HURTIG & OELSNER 1979). 1984 wurde durch das damalige Zentrale Geologische Institut (ZGI) der Geothermie-Atlas der Deutschen Demokratischen Republik herausgegeben. Mit dem Geothermal Atlas of Europe (HURTIG et al. 1991) liegt eine zusammenfassende Darstellung des Wärmestrom- und Temperaturfeldes für Europa vor, die die Einbindung und Bewertung der geothermischen Verhältnisse von Brandenburg im mitteleuropäischen Zusammenhang ermöglicht (s. Abb. 2).

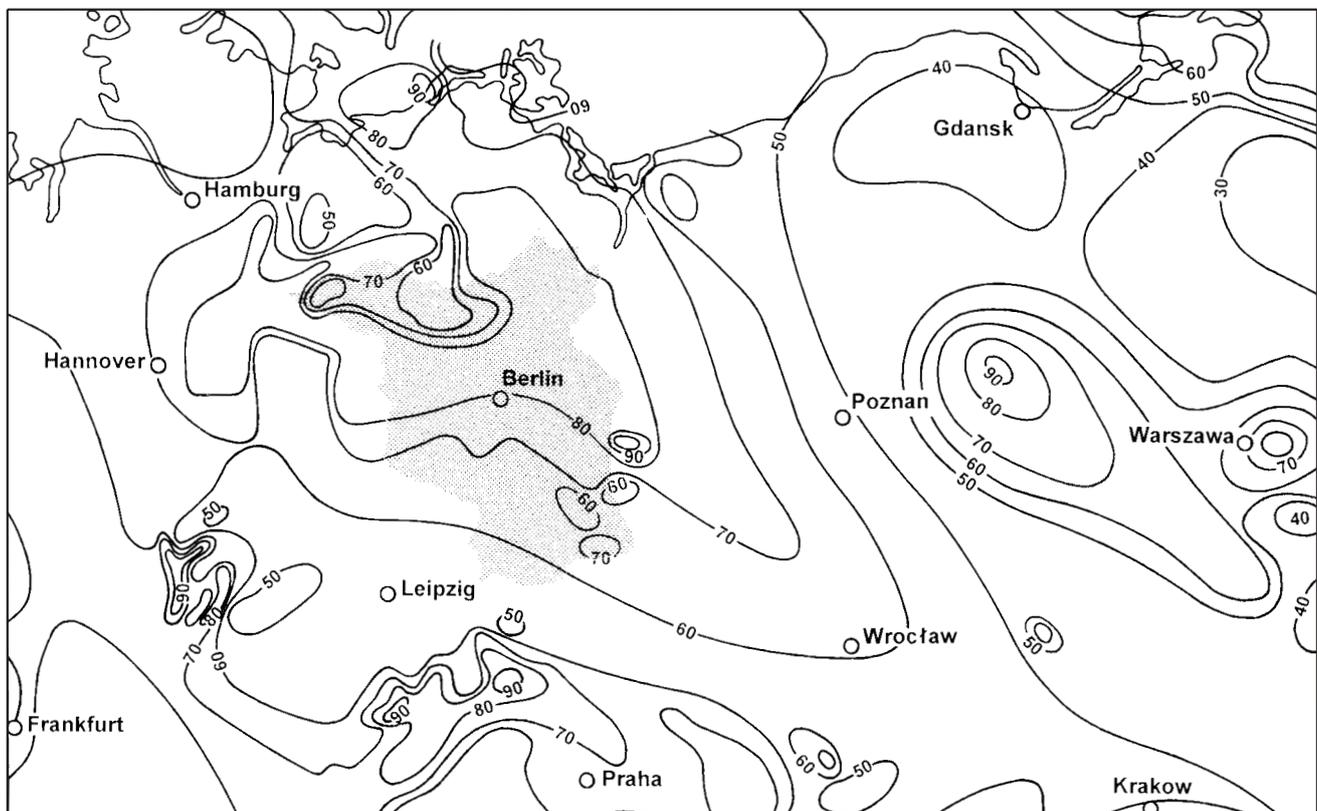


Abb. 2 Wärmestromdichte (in mW/m^2) in Mitteleuropa (nach HURTIG et al. 1991)

Die Untersuchungen zur Nutzung der geothermischen Energie wurden durch Studien (SCHMIDT 1981) eingeleitet. Durch das ZGI und die Gesellschaft für Umwelt- und Wirtschaftsgeologie (UWG) (DIENER, WORMBS et al. 1988 bis 1992) wurden die geologischen Ressourcen mesozoischer Aquifere einheitlich bewertet und ein Kartenwerk im Maßstab 1 : 200 000 erstellt. Bereits im Geothermieatlas der DDR liegt eine Darstellung der wirtschaftlichen Bewertung der geothermischen Ressourcen vor.

Durch das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) wurde für ausgewählte Standorte in Brandenburg eine Studie zu den geologischen Voraussetzungen u. a. zur Nutzung von Thermalwässern erarbeitet (SCHWAB et al. 1993). Eine vom LGRB geleitete interministerielle Arbeitsgruppe setzte diese Ergebnisse praktisch um.

Im Bereich des jetzigen Landes Brandenburg wurden Ende der 80er Jahre in Vorbereitung von Projekten der hydrother-

malen Geothermie Bohrungen bei Velten (Gt Vt 2/90), Neuruppin (Gt Nn 1/88, 2/87), Pritzwalk (Gt Pt 2/89) und Prenzlau (Gt Pr 1/86, 2/85, 3/89) abgeteuft. Die Bohrung Gt Pr 1/86 dient nach Verteufung auf 2 800 m im Jahre 1994 als tiefe Erdwärmesonde. Für die Nutzung der Erdwärme zu vorwiegend balneologischen Zwecken wurden Mitte der 90er Jahre weitere Bohrungen in Rheinsberg (Gt Rh M 1/95), Templin (Gt Tp 1/95), Belzig (Gt Bg 1/96) und Bad Wilsnack (Gt Wlk 1/96) niedergebracht. Durch das LGRB wurden des Weiteren Daten und Material - vorrangig Kerne von permokarbonischen Effusiva aus tiefen Bohrungen als potentiell nutzbare Gesteine der trockenen Erdwärmegewinnung nach dem Hot-Dry-Rock-Verfahren - gesichert. Ein weiteres zukunftsträchtiges Feld ist die oberflächennahe Erdwärmegewinnung und -speicherung.

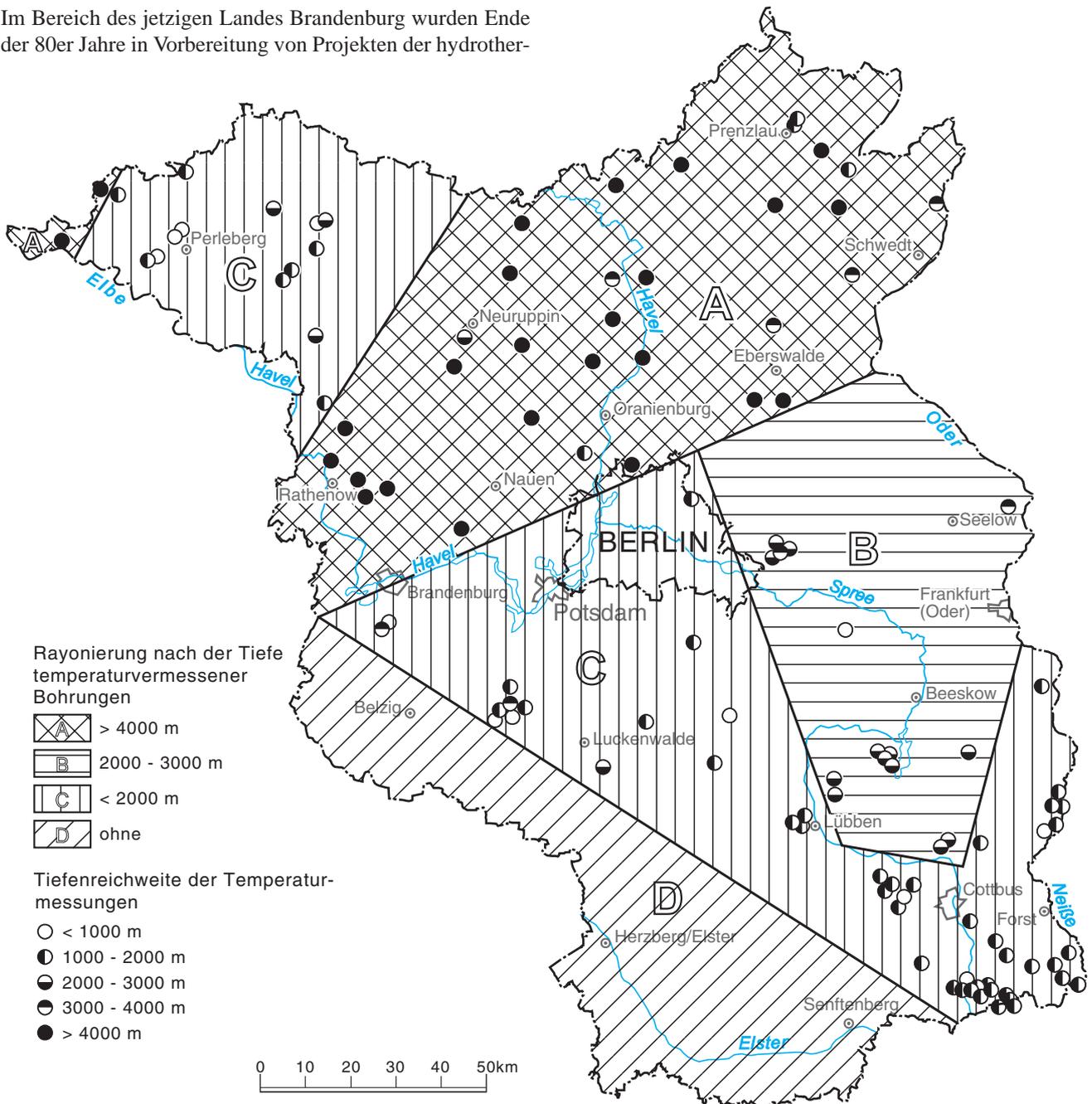


Abb. 3 Bohrungen mit Temperaturmessungen in Brandenburg

2.2. Art und Umfang der Temperaturmessungen

Temperaturmessungen in Tiefbohrungen können auf verschiedene Weise erfolgen. Am wichtigsten und aussagefähigsten sind kontinuierlich im aufgeschlossenen Bohrloch gemessene Temperaturen, die generell in Teufenintervallen von 50 m vorgenommen wurden. Nach diesem Messprinzip lassen sich Temperatur- und Wärmeleitfähigkeitsdifferenzierungen der durchteuften Gesteinsfolgen charakterisieren. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Bohrungen mit kontinuierlicher Messung in Brandenburg, gegliedert nach der Tiefe des vermessenen Profils (wegen hoher Bohrdichte konnten im Raum Spremberg nicht alle Bohrungen dargestellt werden). Die deutliche Teufenrayonierung ist Funktion des Explorationszieles der Bohrungen. Bohrungen über 4 000 m waren z. B. auf die Erdgassuche im Rotliegenden gerichtet.

Während des Bohraufschlusses wurden vereinzelt sogenannte Maximaltemperaturen als Punktaufschlüsse ermittelt. Genauso geben Temperaturmessungen bei Testarbeiten nur Einzelwerte. Diese Werte besitzen lediglich orientierenden Charakter und sind bei der Interpretation des Temperaturfeldes nur bedingt einzubeziehen.

Nach Zusammenstellungen von HURTIG (1994,1995) liegt im Land Brandenburg folgender Messumfang vor:

Messart	Anzahl der Bohrungen
kontinuierliche Messung	126
Messung beim Bohrvorgang	> 30
Messung bei Testarbeiten	> 275

2.3. Messmethodik

Die kontinuierlichen Temperaturmessungen erfolgen mit Bohrlochmesssonden, in denen Widerstandsthermometer oder Halbleiterwiderstandsthermometer als Sensoren vorhanden sind. Am gebräuchlichsten sind Pt-100-Widerstandsthermometer. Auf dieser Basis wurden alle vorliegenden kontinuierlichen Temperaturmessungen in Brandenburg durchgeführt. Neben dieser Standardmesstechnik bietet sich als neues Messprinzip die faseroptische Temperaturmessung an. Das faseroptische Temperaturmeßverfahren beruht auf der OTDR-Messmethode (**O**ptical **T**ime **D**omain **R**eflectometry). Das Licht eines ImpulsLasers wird in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt. Bei der Ausbreitung des Laserlichtimpulses wird das Licht an den Molekülen des Lichtwellenleiters gestreut. Die Wechselwirkung des Laserlichts mit optischen Phononen ist die Ursache für das Raman-Rückstreulicht. Seine Intensität hängt demzufolge von der Temperatur ab. Der Lichtwellenleiter wird somit selbst zum sensitiven Element. Über die bekannte Ausbreitungsgeschwindigkeit des emittierten Lichtes in der Faser kann aus dem zeitlichen Verlauf der Intensität des Rückstreulichtes der vom Licht zurückgelegte Weg berechnet werden. Damit ist eine genaue örtliche Zuordnung der gemessenen Intensität möglich. Über die kombinierte Intensitäts-Laufzeitmessung ergibt sich folglich die Möglichkeit einer "verteilten Temperaturmessung". Die Ortsauflösung ist 1 m (optional 0,5 m oder 0,25 m). Eingehende Vergleichsmessungen mit hochauflösenden, gut geeichten Bohrlochtemperatursonden ergaben eine gute Übereinstimmung der Messwerte.

2.4. Repräsentanz der Temperaturmessungen

Die gemessenen Temperaturen entsprechen meist nicht dem natürlichen Temperaturfeld. Sie werden vorwiegend während des Bohraufschlusses nach unzureichend langen Standzeiten (Beendigung des Spülungsumlaufes - Temperaturmessung) bestimmt. Infolge des Spülungsumlaufes während des Bohrprozesses wirkt die Spülung als "Wärmeaustauscher". Die an der Bohrlochsohle ankommende "kalte" Spülung entzieht dem Gestein Wärme. Beim Aufstieg gibt sie diese teilweise wieder in die "kälteren" oberen Profilabschnitte ab, die somit erwärmt werden. Das natürliche Temperaturfeld wird dadurch gestört - die oberen Profilabschnitte besitzen erhöhte, die unteren verringerte Temperaturen. Die Abweichung vom unbeeinflussten natürlichen Temperaturfeld ist um so größer, je tiefer eine Bohrung und je geringer die Standzeit ist (Dauer des "Wärmeaustausches").

Statistische Untersuchungen der kontinuierlichen Temperaturmessungen haben gezeigt, dass erst nach Monaten bis über einem Jahr Standzeit die bohrtechnologisch bedingte Temperaturveränderung abgebaut ist (vgl. BEER 1996), wobei tiefere Bohrungen eine längere Standzeit benötigen. Das Beispiel einer nach vier Jahren Standzeit zum zweiten Mal vermessenen Bohrung zeigt Abbildung 4.

Bei der Bewertung der Temperaturverteilung muss diese Beeinflussung berücksichtigt werden. Eine näherungsweise Korrekturmöglichkeit wurde von BEER (1996) angegeben und

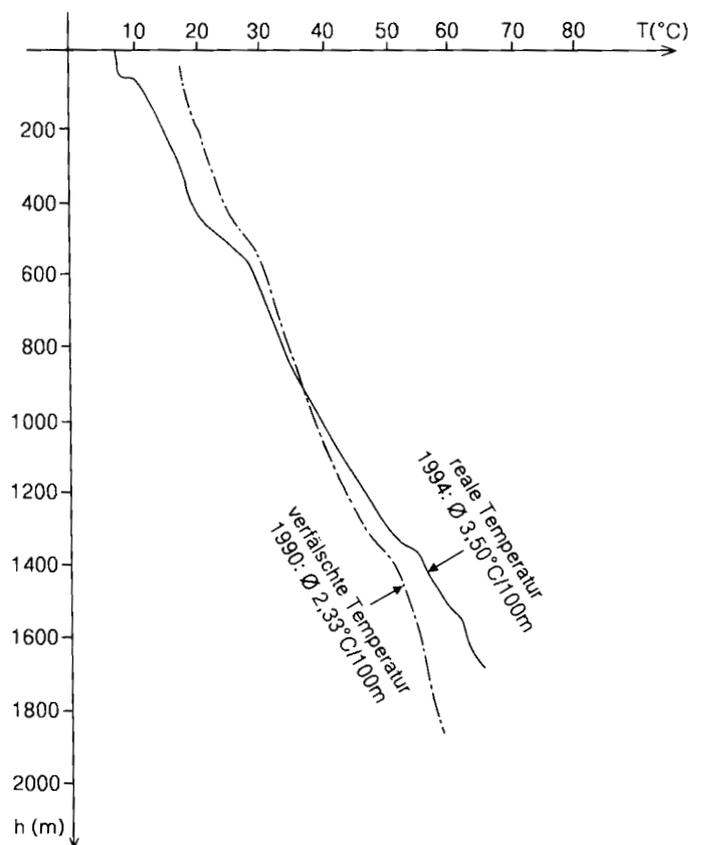


Abb. 4
Verlaufskurven von Temperaturmessungen in Abhängigkeit von der Standzeit in der Bohrung Gt Velten 2/90

bildet die Grundlage auch der im folgenden dargestellten und interpretierten Temperaturverteilung. Maximal- und Testtemperaturen werden in diese Bewertung nicht einbezogen.

3. Geologisch bedingte Beeinflussung der Temperaturverteilung

Wie bereits unter Pkt. 2.1 und in Abbildung 1 dargestellt, treten lokale oder regionale Temperaturdifferenzierungen und -anomalien auf, die auf geologische Ursachen zurückzuführen sind. Diese Veränderlichkeit ist sowohl in der Vertikalen als auch flächenhaft zu erkennen. Als Ursachen sind insbesondere Inhomogenitäten im strukturtektonischen Bau oder Unterschiede in den thermischen Eigenschaften der Gesteine, verbunden mit Mächtigkeitsdifferenzierungen, anzusehen. So schwankt die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine bzw. Minerale in z. T. weiten Grenzen (s. Abb. 5). Auch die zunehmende Streuung der Temperaturkurven unter 1 500 m Teufe in Abbildung 1 ist vorrangig Ausdruck unterschiedlicher geologischer Faktoren, insbesondere der Mächtigkeit und Teufenlage des Zechsteins. An Beispielen sollen Beziehungen der Temperaturverteilung zu geologischen Parametern abgeleitet werden.

3.1. Beziehung Wärmeleitfähigkeit der Gesteine-Temperaturverteilung

Bereits in Abbildung 5 fällt die hohe Wärmeleitfähigkeit von Steinsalz und Anhydrit mit etwa 5 W/mK gegenüber anderen - vor allem Lockergesteinen - auf. Der dadurch entstehende "Schornsteineffekt" wird im Temperaturfeld besonders deutlich bei stark wechselnden Mächtigkeiten dieser salinaren Sedimente. Eindrucksvoll läßt sich diese Erscheinung in Salinarstrukturen (Salzkissen, Salzstöcke) nachweisen. Das Beispiel des durch Temperaturmessungen gut belegten Salzdiapirs Kotzen zeigt Abbildung 6. Vier bis in den Präzech-

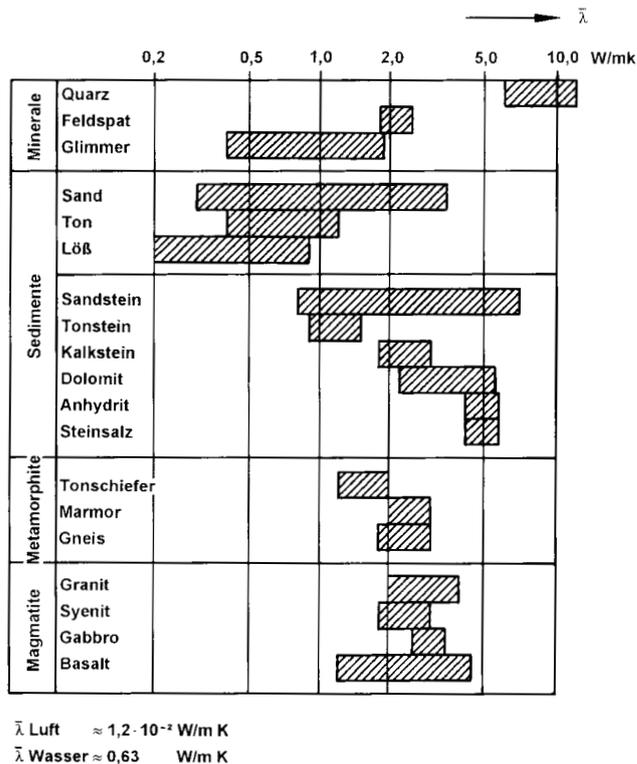


Abb. 5 Wärmeleitfähigkeit ausgewählter Minerale und Gesteine (aus DIENER et al. 1984)

stein (> 4 000 m) temperaturvermessene Bohrungen in unterschiedlicher strukturtektonischer Position des Salinars - vom Salzauswanderungsgebiet bis in den Topbereich des Salzdiapirs - bilden eine hervorragende Grundlage der Bewertung der salinarabhängigen Temperaturverteilung. In einem WNW-ESE-Profileschnitt sind die Lagerungsverhältnis-

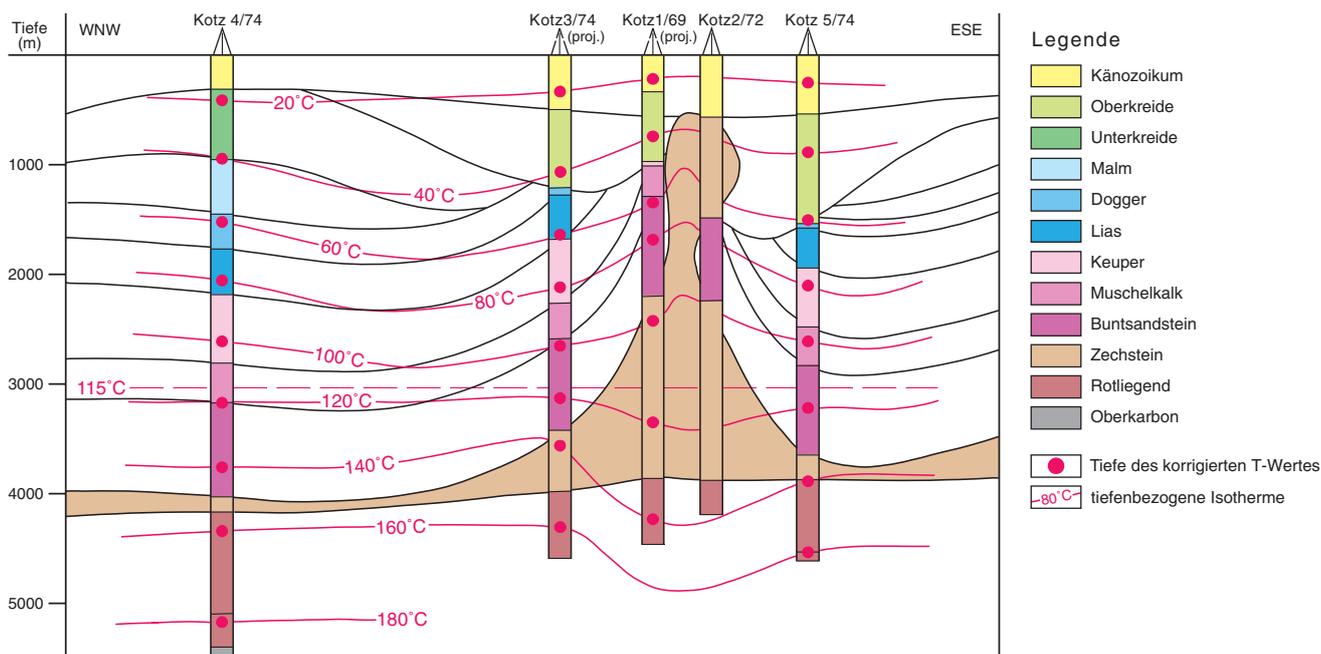


Abb. 6 Temperaturverteilung im Bereich des Salzdiapirs Kotzen

se und die Temperaturverteilung dargestellt. Die Bohrungen E Kotz 3/74 und E Kotz 1/69 wurden auf dieses Profil projiziert. Die nicht temperaturvermessene Bohrung E Kotz 2/72 präzisiert den geologischen Bauplan im Topbereich des Salzstocks. Die im Abstand von 20 °C dargestellten Isothermen

zeigen einen für Salzstrukturen typischen Verlauf (vgl. auch ZIEGENHARDT et al. 1980 für den Salzstock Peckensen). Im Fuß des Salzdiapirs und über diesem erfolgt eine Umkehrung zu einer positiven Temperaturanomalie, die mehr als 20 °C betragen kann. Die Stärke der Temperaturanomalien

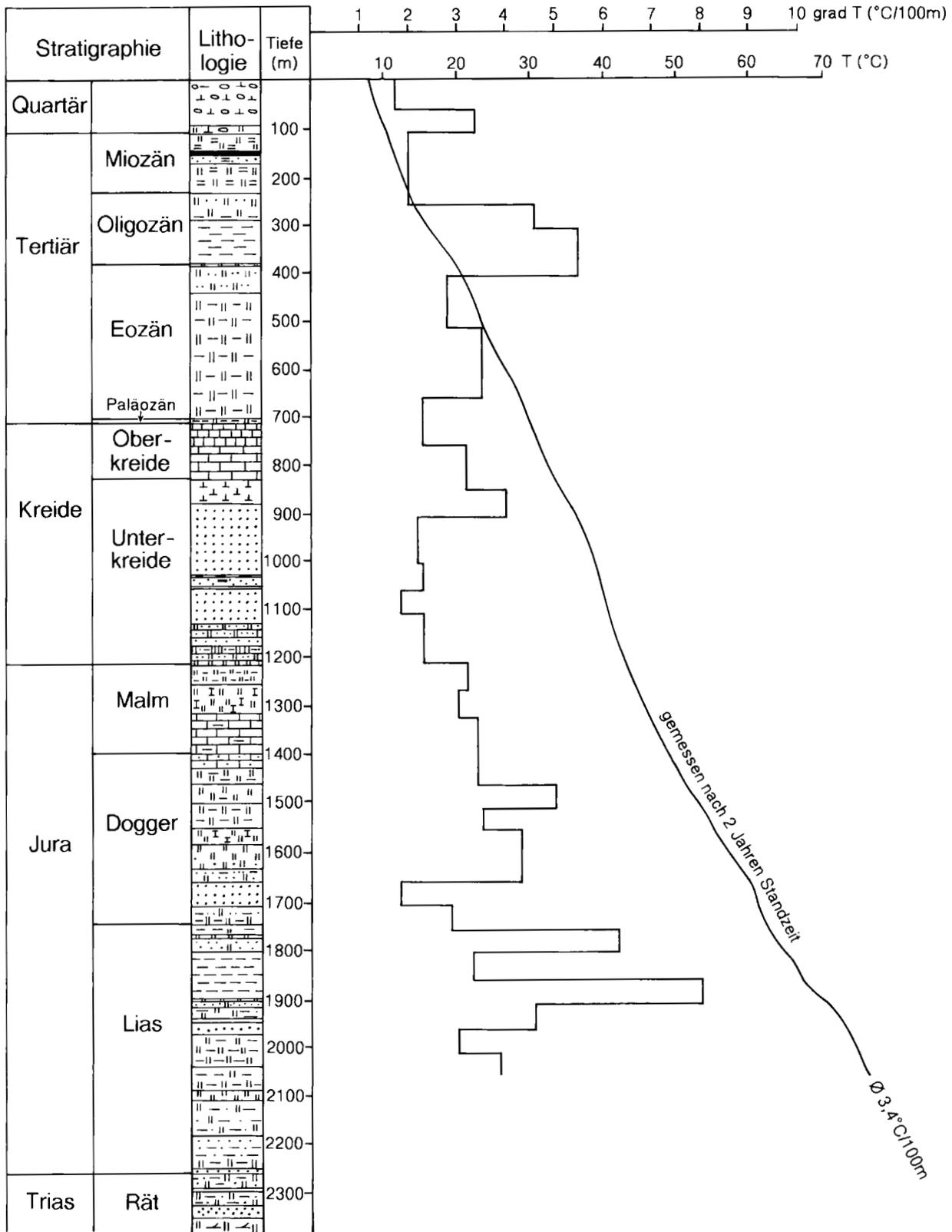


Abb. 7 Temperatur, geothermischer Gradient und Lithologie; Bohrung Gt Neuruppin 1/88 (Legende siehe Abb. 8)

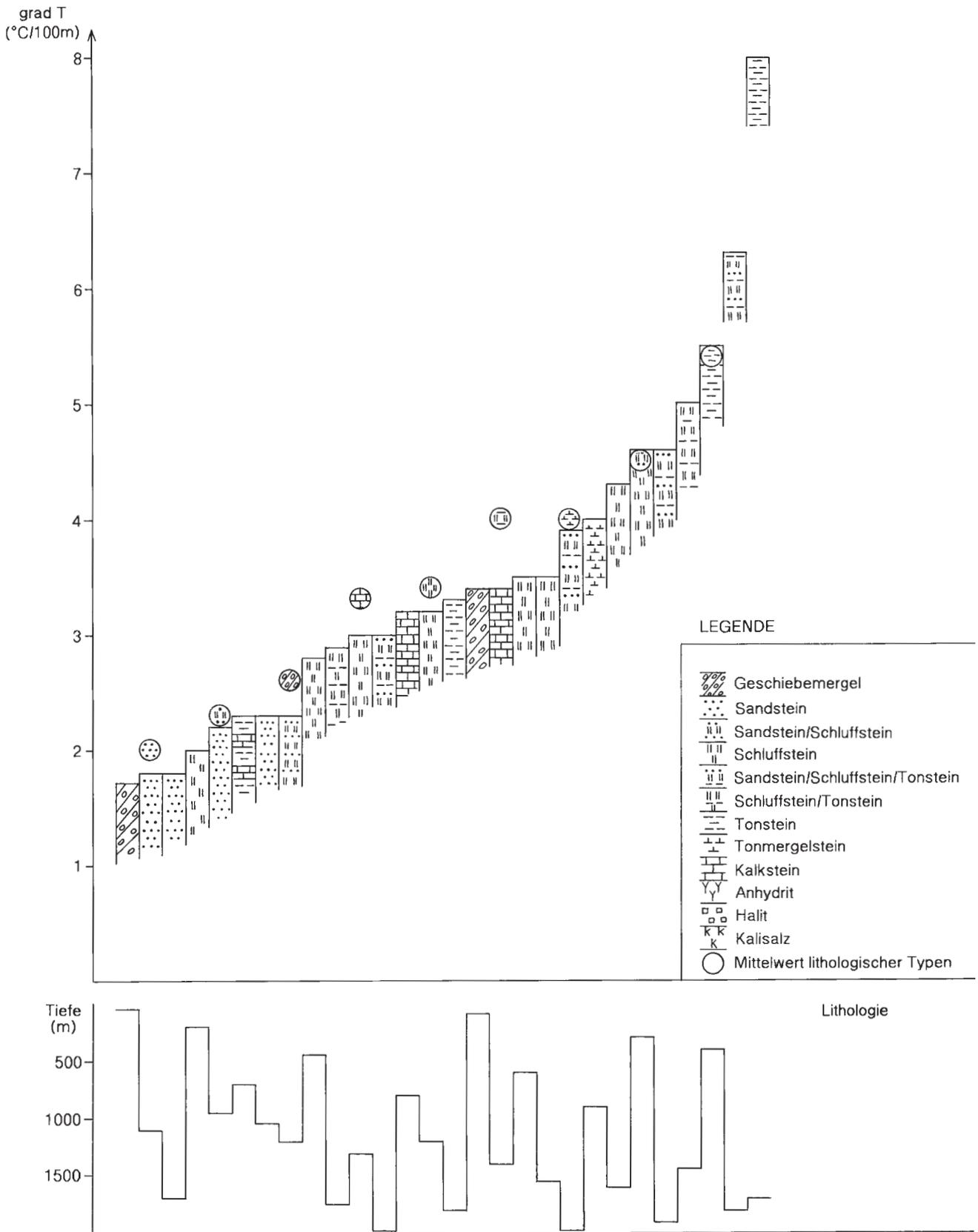


Abb. 8 Beziehung Temperaturgradient - Lithologie und Tiefenlage; Bohrung Gt Neuruppin 1/88

wird weitgehend von der Mächtigkeit und räumlichen Ausdehnung der Salzstrukturen bestimmt. In ca. 3 000 m Tiefe sind bei etwa 115 °C ausgeglichene Temperaturverhältnisse ermittelt worden.

Im salinartektonisch stark geprägten Bauplan Brandenburgs ist der durch die Salinarverteilung differenzierte Einfluß bei der flächenhaften Bewertung der Temperaturverteilung von besonderer Bedeutung. In Abhängigkeit von geologischen

Parametern - wie Art, Mineralaufbau, Diagenese-grad - besitzen die Gesteine unterschiedliche thermische Eigenschaften, die die Veränderungen im Temperaturfeld beeinflussen. Am Beispiel der Geothermiebohrung Neuruppin (Gt Nn 1/88), in der nach langer Standzeit ein unverfälschtes Temperaturprofil gemessen wurde, soll die Beziehung der Temperaturverteilung zum erbohrten lithologischen Profil untersucht werden (s. Abb. 7). In der Bohrung wurde ein etwa 2 000 m mächtiges känozoisch-mesozoisches Profil vermessen. Die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe (durchschnittlich 3,4 °C/100 m) erfolgt nicht gleichmäßig. Die im Messpunkt-

abstand von 50 m ermittelte Differenzierung des Temperaturgradienten zwischen ca. 2 und 8 °C/100 m verdeutlicht die Veränderung mehr als die Temperaturkurve selbst.

Die Differenzierung zeigt eine Abhängigkeit zum lithologischen Profilaufbau. In Abbildung 8 ist diese Beziehung mit aufsteigendem Temperaturgradienten dargestellt. Die Mittelwerte der lithologischen Typen lassen folgenden Trend der Temperaturgradientenentwicklung erkennen: Die geringsten Temperaturgradienten mit 2 °C/100 m besitzen Sandsteine. Mit zunehmendem Gradienten folgen sandig-schluffige Se-

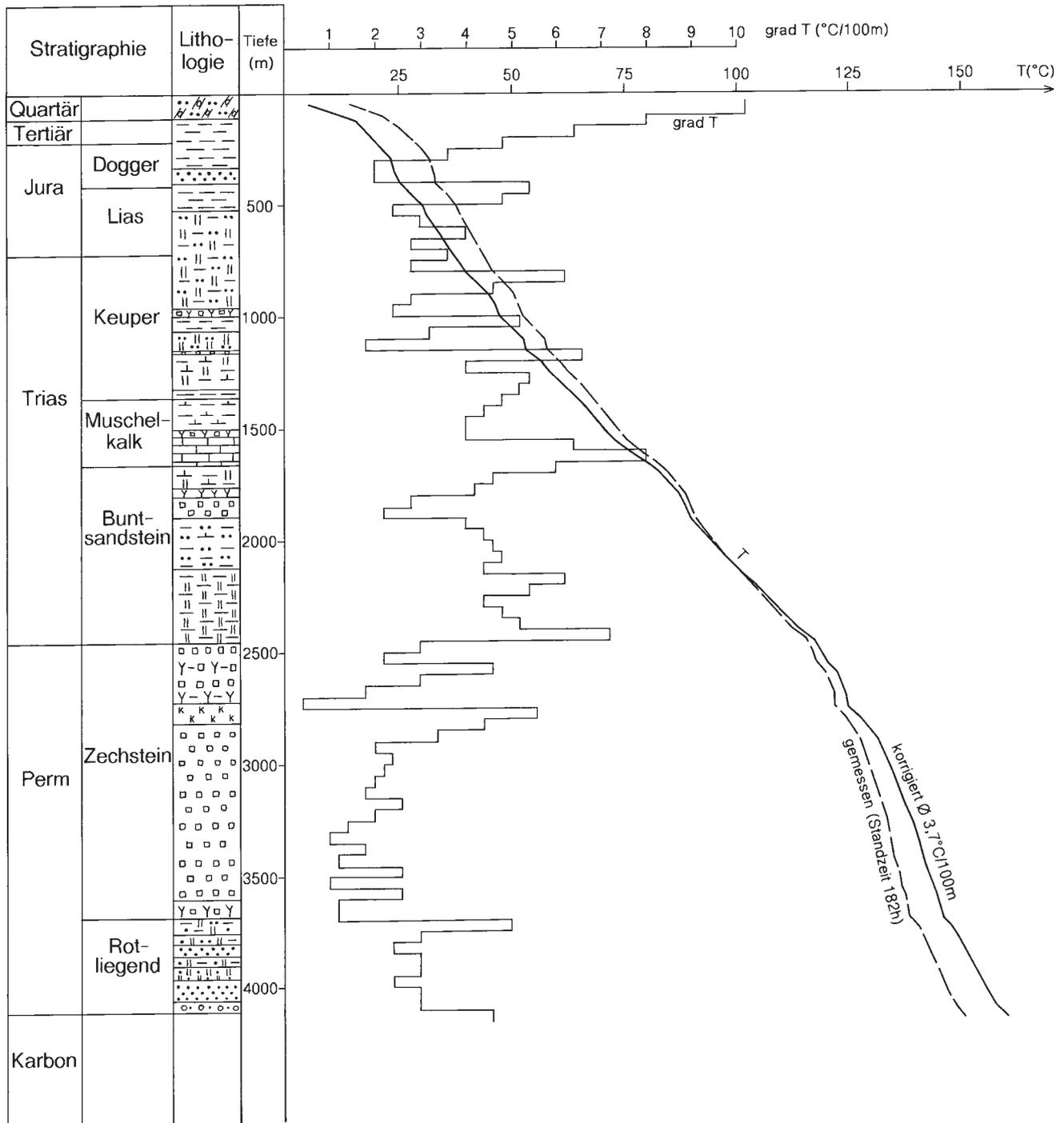


Abb. 9 Temperatur, geothermischer Gradient und Lithologie; Bohrung E Nauen 1/76

dimente, Geschiebemergel, Kalksteine, Schluffsteine, schluffig-tonige Sedimente, Tonmergelsteine und sandig-schluffig-tonige Gesteine, ehe Tonsteine mit etwa $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ den Abschluß bilden. Diese Folge vom grobklastischen zum feinklastischen Sediment entspricht der charakteristischen Wärmestromdichte dieser Gesteine. Eine Tiefenabhängigkeit des Temperaturgradienten (vgl. Abb. 8) ist kaum erkennbar. Eine statistische Sicherheit besitzen die Aussagen jedoch nicht.

Die lithologiebezogene Temperaturverteilung verdeutlicht auch die Darstellung in Abbildung 9. Die Bohrung Nauen (E Na 1/76) hat das Perm durchteuft (Endteufe Karbon) und ist bis 4 150 m temperaturvermessen. Dargestellt sind das gemessene und korrigierte Temperatur-Tiefenprofil. Nach der korrigierten Temperaturverteilung ergeben sich sehr unterschiedliche Temperaturgradienten für die Messpunktintervalle. Sie schwanken von ca. 1 bis $10\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ Teufenzunahme bei einem Durchschnittswert von $3,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Die niedrigsten Werte charak-

terisieren Zechsteinablagerungen. Auffallend ist ein Maximum um ca. $5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ im Übergangsbereich Kalisalz/Staßfurtsteinsalz. Leicht erhöhte Werte im oberen Zechstein sind wahrscheinlich an tonige Anteile (Roter Salzton) gebunden. Die salinaren Einschaltungen im Röt, Muschelkalk und Keuper bilden sich durch relative Minima des Temperaturgradienten ab. Ebenso sind z. B. Sandsteine (Dogger, Aalen), Sand- und Schluffsteine (Keuper, Schilfsandstein, z. T. Rotliegend) durch relativ geringe Gradienten gekennzeichnet. Mit Zunahme feinklastischer Anteile bis zum Tonstein werden erhöhte Werte erhalten (Tertiär, Dogger, Lias, Keuper, Unterer Buntsandstein). Quartäre mergelig-sandige Abschnitte weisen überdurchschnittlich hohe Temperaturgradienten auf. Prinzipiell bestätigen und erweitern die in der Bohrung E Na 1/76 beobachteten Temperaturgradienten die für die Bohrung Gt Nn 1/88 getroffenen Aussagen.

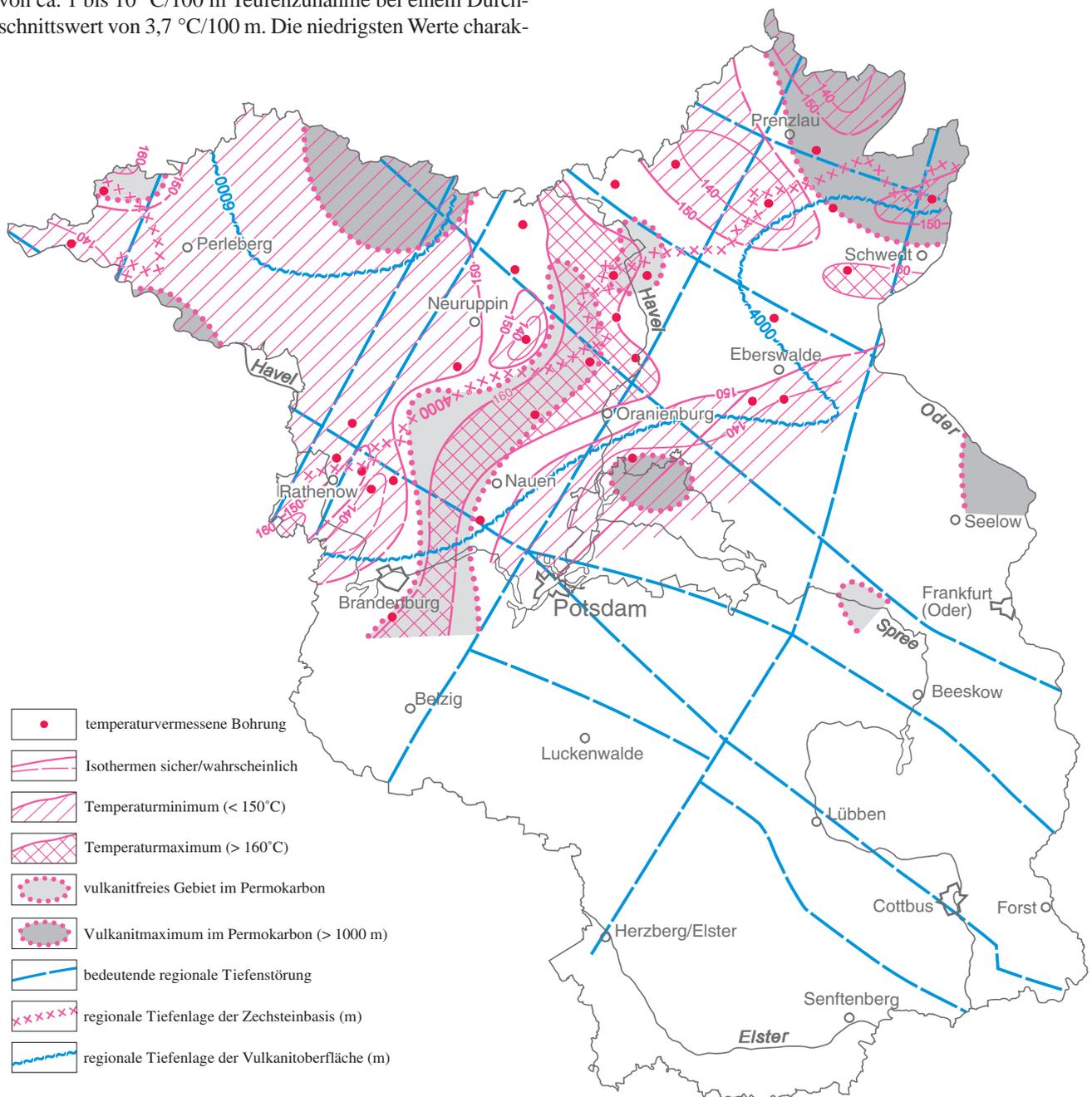


Abb. 10 Temperaturfeld in 4 000 m Tiefe

3.2. Beziehung strukturtektonischer Bau – Temperaturverteilung

Anhand der in den Bohrungen gemessenen und korrigierten Temperaturen kann die flächenhafte Verteilung des rezenten Temperaturfeldes abgebildet werden. Bei einer Bezugsteufe von 4 000 m - hier liegen Messergebnisse nur für den Nordteil Brandenburgs vor - spiegelt das Temperaturfeld den tiefeingeologischen Blockbau mit seinem geologischen Inventar wider (s. Abb. 10). WNW-ESE- und NNE-SSW-streichende Tiefenstörungen gliedern den tieferen Untergrund. Maxima (> 1 000 m) und Minima (vulkanitfreie Gebiete) der permokarbonischen Vulkanite sowie die Tiefenlage der Vulkanitoberfläche stützen diesen Bauplan.

Der Isothermenverlauf folgt weitgehend dem strukturtektonischen Baumuster, den Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnissen der für diesen Teufenbereich relevanten unterpermi-

schen und älteren Abschnitte. Das NNE-SSW-streichende Temperaturmaximum von > 160 °C korreliert z. B. deutlich mit dem Vulkanitminimum.

In analoger Weise lässt sich die Temperaturverteilung im 2 000 m-Tiefenniveau (s. Abb. 11) interpretieren. In diesem Tiefenbereich werden zahlreiche Salinarstrukturen (Salzstöcke, Salzkissen) angeschnitten oder die Zechsteinoberfläche liegt nahe bei dieser Teufe. Deshalb ist die Beziehung der regionalen bis lokalen Temperaturverteilung zur Struktur- und Mächtigkeitsgliederung des Zechsteins mit seinen extremen thermischen Eigenschaften stark ausgeprägt. Hochliegendes und mächtiges Salinar in Salzdiapiren und Salzkissen korreliert mit Temperaturmaxima (i. a. > 90 °C); Salzabwande-

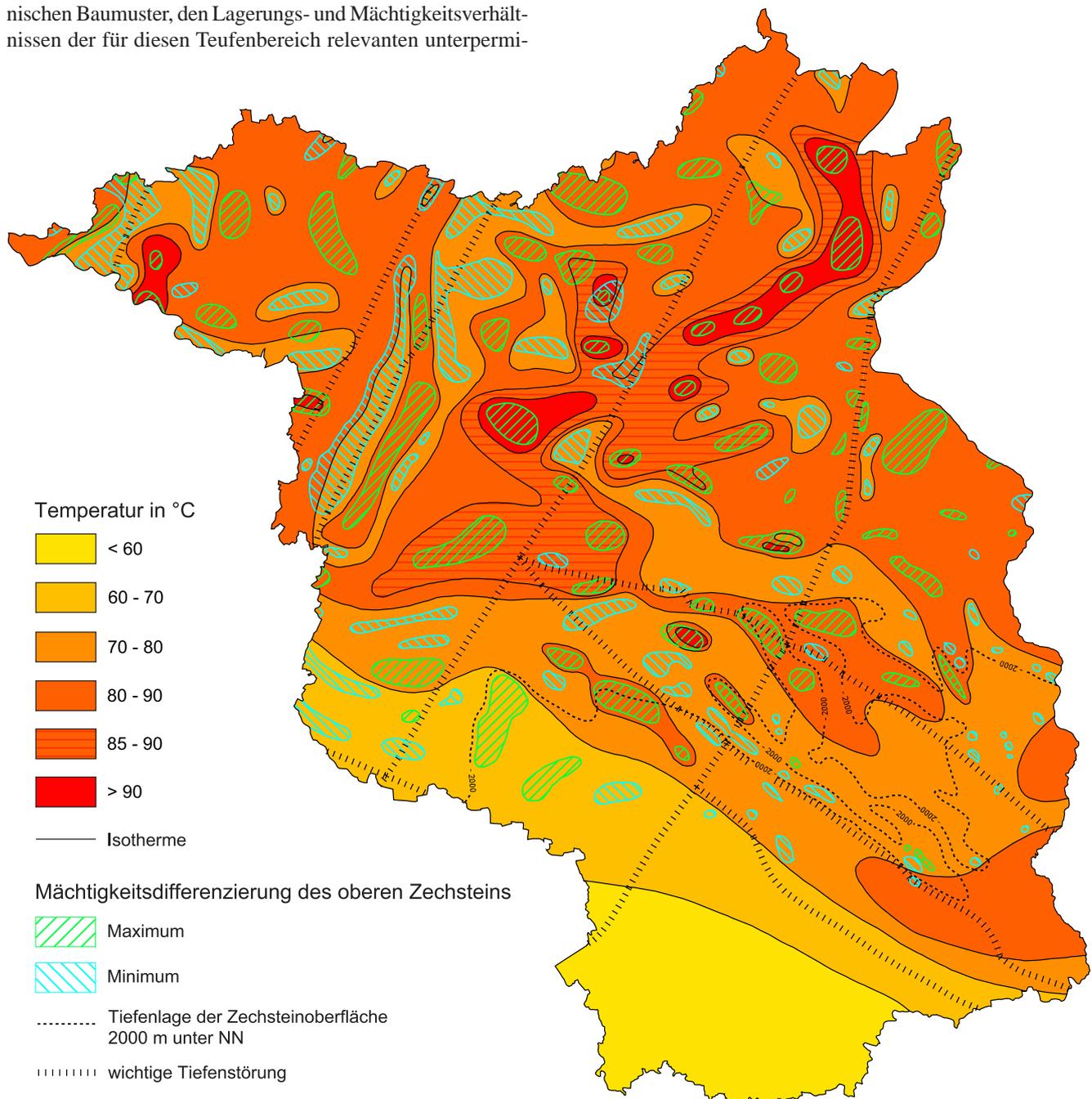


Abb. 11 Temperaturfeld in 2 000 m Tiefe (siehe Atlas zur Geologie von Brandenburg)

rungsgebiete sind merklich "kälter" (< 80 °C). Die Kenntnis des thermischen Verhaltens der Zechsteinsedimente (vgl. Abb. 6) lässt bei Berücksichtigung des salinaren Baues auch für nicht temperaturvermessene Bereiche eine zuverlässige Temperaturprognose zu.

Die Bewertung der Temperaturverteilung in mesozoischen Aquifere - vom Mittleren Buntsandstein bis zur Unterkreide sind diese regional verbreitet in Brandenburg ausgebildet - ist für die geothermisch-balneologische Nutzung entscheidend. Am Beispiel der Aquifere im Lias-/Rät-Komplex ist in Abbildung 12 das Temperaturfeld an der Lias-Basis dargestellt. Grundlage sind die temperaturvermessenen Bohrungen und die daraus abgeleitete mittlere Teufenabhängigkeit der Temperatur von 3,6 °C/100 m.

Aufgrund vor allem der regional und lokal stark schwankenden Teufenlage des Aquiferkomplexes ergibt sich ein äußerst differenziertes Bild des Temperaturfeldes. Die Werte liegen in den Grenzen von < 20 °C bis > 100 °C. Mit der regionalen Zunahme der Teufenlage von Südosten nach Nordwesten erfolgt in dieser Richtung eine deutliche Temperaturerhöhung. Markant zeichnen sich die salinaren Strukturen (Salzakkumulations-/Salzabwanderungsgebiete) ab, die die Strukturverhältnisse kontrollieren. Der Einfluss des "Schornsteineffektes" über Salinarstrukturen geht infolge mächtiger Überdeckung durch triassische Sedimente (ca. 1 500 - 2 000 m) weitgehend verloren. Die Temperaturverteilung entspricht generell der in DIENER, WORMBS et al. (1988-1992) für den Lias-/Rät-Komplex dargestellten Verteilung.

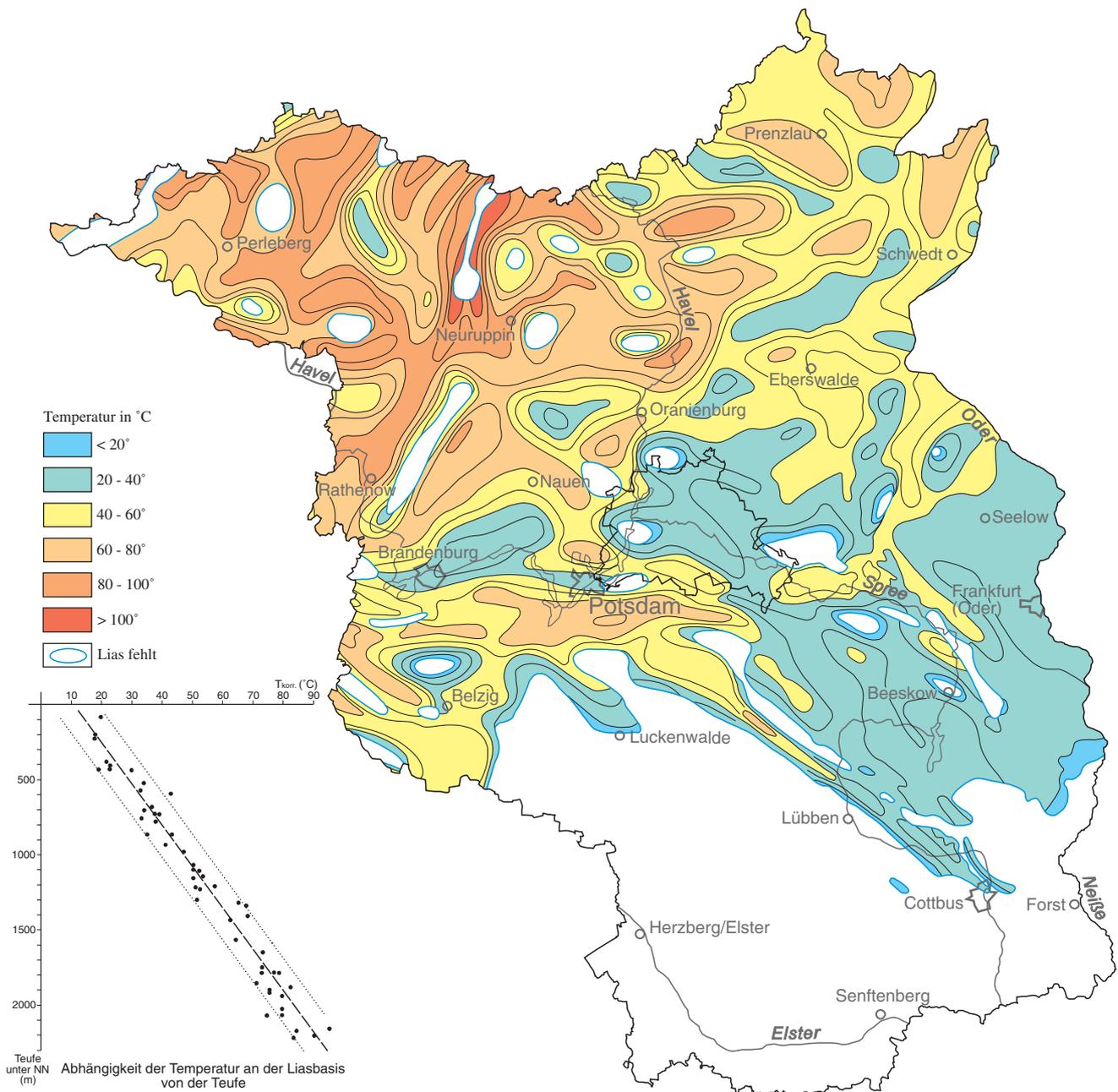


Abb. 12 Temperaturfeld an der Liasbasis

Zusammenfassung

Im Land Brandenburg ist eine Vielzahl von Tiefbohrungen mit kontinuierlichen Temperaturmessungen belegt. Die durch den Bohraufschluss bedingte Beeinflussung des natürlichen Temperaturfeldes kann näherungsweise korrigiert werden. Geologische Einflüsse auf die Verteilung der Temperatur werden an Beispielen untersucht und interpretiert. Bei der flächenhaften Bewertung des Temperaturfeldes werden diese weitgehend berücksichtigt. Die Kenntnis der Temperaturverteilung ist eine wesentliche Basis bei der Interpretation geologischer Prozessabläufe und strukturgeologischer Zusammenhänge und für praktische wirtschaftsrelevante Belange.

Summary

Continuous temperature measurements were made in a great number of deep boreholes in Brandenburg. The disturbances of the original temperature field caused by the drilling process can be approximately corrected. For some selected boreholes the geological effects on the temperature-depth distribution are studied and interpreted in detail. The results are used for the interpretation of the temperature distribution for the whole area of Brandenburg. The knowledge of the temperature distribution is essential for studying and interpreting geological processes and connections between geological structures as well as for the practical and economical utilization of geothermal energy.

Literatur

- BEER, H. (1996): Temperaturmessungen in Tiefbohrungen-Repäsentanz und Möglichkeiten einer näherungsweisen Korrektur. - Brandenburgische geowiss. Beitr. **3**, 1, S. 28-34, Kleinmachnow
- BEER, H. & G. ECKHARDT (1995): Sachstandsbericht "Möglichkeiten der gegenwärtigen und zukünftigen Nutzung von geothermischer Energie im Land Brandenburg". - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- DIENER, I., KATZUNG, G., KÜHN, P., OELSNER, CHR., HURTIG, E., SCHNEIDER, D. & J. ZSCHERNIG (1984): Geothermieatlas der Deutschen Demokratischen Republik. - 38 S., Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- DIENER, I. et al. (1988-1992): Geothermische Ressourcen im Nordteil der DDR, Kartenwerk Geothermie 1 : 200 000, Blätter Neuruppin, Neubrandenburg/Torgelow, Eberswalde/Bad Freienwalde, Berlin/Frankfurt (O.), Magdeburg/Brandenburg, Finsterwalde/Cottbus. - Zentrales Geologisches Institut/Umwelt- und Wirtschaftsgeologie Berlin (unveröff.)
- DUNKER, E. (1872): Über die Benutzung tiefer Bohrlöcher zur Ermittlung der Temperatur des Erdkörpers und die deshalb in dem Bohrloche I zu Sperenberg auf Steinsalz angestellten Beobachtungen. - Z. f. d. Berg-, Hütten- und Salinarwesen in dem Preußischen Staate **20**, S. 206-238, Berlin
- HURTIG, E. (1975): Untersuchungen zur Wärmeflußverteilung in Europa. - Gerlands Beitr. Geophys. **84**, S. 247-260, Leipzig
- (1994): Land Brandenburg - Bohrungen mit kontinuierlichen Bohrlochtemperaturmessungen. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- (1995): Untersuchungen zur Temperaturtiefenverteilung in Bohrungen des Landes Brandenburg. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- HURTIG, E. & CH. OELSNER (1979): The heat flow field on the territory of the German Democratic Republic. - In: CERMAK, V. & L. RYBACH (eds.): Terrestrial Heat Flow in Europe. - S. 186-190, Berlin (Springer)
- HURTIG, E. & P. SCHLOSSER (1973): Der Wärmefluß in Mitteleuropa. - Z. geol. Wiss. **1**, S. 461-466, Berlin
- (1976a): Geothermal studies in the GDR and relations to the geological structure.- In: ADAM, A. (ed.): Geoelectric and geothermal studies (East-Central Europe, Soviet Asia). - KAPG Geophysical Monograph, Akademiai Kiado, S. 384-394, Budapest
- (1976b): Vertical changes of the heat flow in boreholes in the North-German sedimentary basin.- In: ADAM, A. (ed.): Geoelectric and geothermal studies (East-Central Europe, Soviet Asia). - KAPG Geophysical Monograph, Akademiai Kiado, S. 395-401, Budapest
- HURTIG, E., CERMAK, V., HÄNEL, R. & V. ZUI (1991): Geothermal Atlas of Europe. - S. 38-40, Gotha (Haack)
- OELSNER, CH. (1976): Vertical temperature distribution in the North-German-Polish basin and its relation to the North-German-Polish conductivity anomaly. - In: ADAM, A. (ed.): Geoelectric and geothermal studies (East-Central Europe, Soviet Asia). - KAPG Geophysical Monograph, Akademiai Kiado, S. 509-513, Budapest
- SCHLOSSER, P. (1968): Eine erste Einschätzung der geothermischen Parameter im obersten Bereich der Erdkruste des mittleren und nördlichen Teils des Territoriums der DDR und ihre Bindung an geologisch-geophysikalische Strukturelemente. - Freiburger Forsch.H. **C 238**, S. 13-22, Leipzig
- SCHMIDT, K. (1981): Einschätzung, Bewertung, Möglichkeiten und Vorschläge für die wirtschaftliche Nutzung des geothermischen Potentials des Territoriums der DDR. - 210 S., Zentrales Geologisches Institut Berlin (unveröff.)
- SCHÖSSLER, K. & J. SCHWARZLOSE (1959): Geophysikalische Wärmeflußmessungen. - Freiburger Forsch.H. **C 75**, Leipzig
- SCHWAB, G., STACKEBRANDT, W., MANHENKE, V., BEER, H., ECKHARDT, G. & B. RECHLIN (1993): Geologische Voraussetzungen für die Nutzung von Thermal- und Mineralwässern im Land Brandenburg. - LGRB Kleinmachnow (unveröff.)
- STACKEBRANDT, W., EHMKE, G. & V. MANHENKE (Hrsg.) (1997): Atlas zur Geologie von Brandenburg. - LGRB, Kleinmachnow
- ZIEGENHARDT, W., SCHÖN, M. & W. GILCH (1980): Einige Ergebnisse der strukturgeologischen Erkundung von Untergrundspeichern. - Z. angew. Geol. **26**, S. 165-171, Berlin
- Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, No. 131
- Anschrift der Autoren:
Dipl.-Geol. Horst Beer
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow
- Prof. Dr. em. Eckart Hurtig
Beethovenstraße 34
14480 Potsdam

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 69–78	6 Abb., 3 Tab., 33 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	-------------------------

Thermalsolebrunnen im Land Brandenburg

VOLKER MANHENKE, GOTTFRIED ECKHARD & WILFRIED ROCKEL

1. Einleitung

Die Landschaft Brandenburgs weist vom Fläming über den Spreewald und die Märkische Schweiz, von der Potsdamer über die Templiner Seenlandschaft bis zur Prignitz und Uckermark Landschafts- und Naturschutzgebiete auf, die für Erholung und Tourismus geeignet sind und entwickelt werden sollen. Die Attraktivität dieser Regionen könnte weiter erhöht werden, wenn die Infrastruktur auch im kulturellen Sektor und im Bäderwesen verbessert wird.

Bereits im 16. Jahrhundert wurden zahlreiche salzhaltige Quellen Brandenburgs auf die Möglichkeit der Salzgewinnung untersucht (vgl. SCHIRRMEISTER 1996) und ab dem 17. Jahrhundert werden mineralische Quellen zum Gesundheitsbade genannt (s. KLÖDEN 1830/31). So entwickelte sich z. B. Bad Freienwalde unter dem Großen Kurfürsten und der Gesundbrunnen, ehemals bei Berlin, wurde von Friedrich I. genutzt. Als Kochsalzquellen werden im ersten Deutschen Bäderbuch (1907) u. a. das Admiralsgartenbad in Berlin mit einer artesischen Quelle aus liegenden Sanden des Rupelton (bis 250 m tief) und Hermsdorf (damals in der Mark) mit der "Kaiserin-Augusta-Viktoria Hermsdorfer Solquelle" (Bohrbrunnen) mit 20 °C warmer Sole von 39 g/l Salzgehalt aus 320 m tiefem Lias beschrieben. CARLÉ (1975) nennt neben jodhaltiger Thermalsole von Hermsdorf und dem Admiralspalast noch weitere Berliner Solebohrungen. Auch Bad Saarow am größten natürlichen Brandenburger See, dem Scharmützelsee, mit schwach thermaler Sole aus Kreide- und Juraschichten wird aufgeführt. Im Bäderbuch der DDR erscheinen die Kurorte Bad Freienwalde, Bad Liebenwerda und Bad Wilsnack als Moorbäder und u. a. Rheinsberg als Diabetiker-sanatorium.

Heute richtet sich das Interesse entsprechend der technologischen Möglichkeiten auf die Erschließung des im tieferen Untergrund vorliegenden Geopotentials heißer Salzsole z. B. für die Nutzung in Thermalbädern. In jüngster Zeit sind in Brandenburg sechs tiefe Thermalsolebrunnen - in der Balneologie stets als Quellen bezeichnet - mit Temperaturen bis 67 °C entstanden (Abb. 1), die auch in der letzten zusammenfassenden Veröffentlichung zur Balneogeologie (MICHEL 1997) noch nicht enthalten sind.

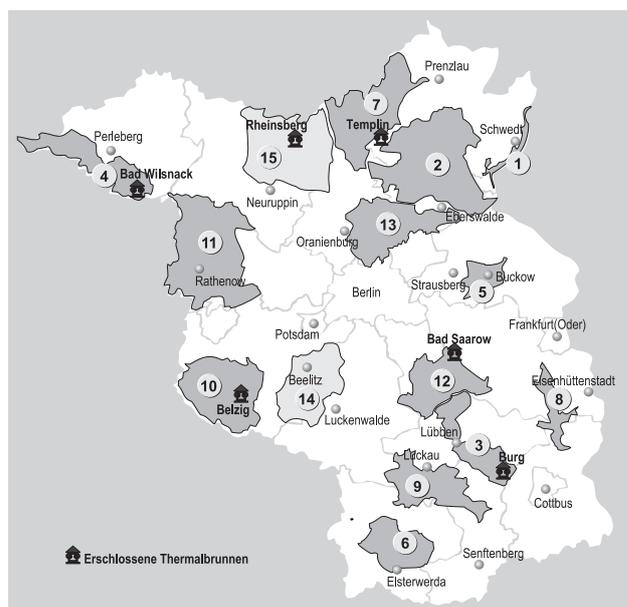


Abb. 1 Standorte der Thermalsolebrunnen in Brandenburg mit Darstellung der Großschutzgebiete:

1 Nationalpark Unteres Odertal, 2 Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, 3 Biosphärenreservat Spreewald, 4 Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe-Brandenburg, 5 Naturpark Märkische Schweiz, 6 Naturpark Niederlausitzer Heidelandschaft, 7 Naturpark Uckermärkische Seen, 8 Naturpark Schlaubetal, 9 Naturpark Niederlausitzer Landrücken, 10 Naturpark Hoher Fläming, 11 Naturpark Westhavelland, 12 Naturpark Dahme-Heideseen, 13 Naturpark Barnim, 14 Naturpark Nuthe-Nieplitz-Auen, 15 Naturpark Stechlin-Ruppiner Land
(nach Landesanstalt für Großschutzgebiete)

Zur Förderung der Nutzung der Thermalsole für Kureinrichtungen und Thermalbäder war 1993 eine interministerielle Arbeitsgruppe unter Federführung des LGRB und Beteiligung von Vertretern des Wirtschafts-, Sozial-, Bau-, Landwirtschaftsministeriums und Umweltamtes gebildet worden. Sie hatte u. a. die Aufgabe,

- Vorkommen von Thermalsole,
- technologische Gewinnungsmöglichkeiten,

- Möglichkeiten der Abwasserbeseitigung,
 - infrastrukturelle und rechtliche Rahmenbedingungen
- zu prüfen und Ministerien, Kommunen und Investoren fachlich zu beraten. Die Entwicklung von 1993 bis 1999 soll hier kurz dargestellt werden.

2. Vorkommen von Thermalsole

Die Abbildung 2 zeigt den großräumlichen Kenntnisstand über Deutschlands thermalsoleführende und auch für hydrothermale Energiegewinnung geeignete Gebiete.



Abb. 2 Sedimentbecken mit hydrothermalem Geopotential (nach ROCKEL et al. 1997)

Das **Norddeutsche Becken** bildet den Zentralabschnitt eines großen Senkungsraumes. Die zum Teil bis zu mehr als 5 000 m mächtigen Schichten über dem Permokarbon umfassen die gesamte Abfolge des Zechsteins bis zur Kreide, känozoische Sedimente sind ebenfalls fast geschlossen verbreitet (vgl. Abb. 6 bei MANHENKE, in diesem Heft). Hochporöse Sandsteine treten im Buntsandstein auf und sind vor allem im jüngeren Mesozoikum (Keuper-Unterkreide) weit verbreitet. Während mächtige Sandsteine des Buntsandsteins in der nördlichen und südlichen Randfazies (NE-Mecklenburg, Südbrandenburg) erbohrt wurden, ist das Auftreten der Sandsteine des jüngeren Mesozoikums vor allem an die zen-

tralen Beckenbereiche gebunden. Starken Einfluss auf die Lagerungsverhältnisse übt das mobile Zechsteinsalz aus. Der Bereich der Senke wird durch Salzstrukturen charakterisiert, die die mesozoischen Schichten vielfältig beeinflussen.

Die Salzablagerungen beeinflussen auch den Stoffbestand der in den mesozoischen Schichten enthaltenen Thermalösungen. Grundsätzlich handelt es sich um natriumchloridische Salzlösungen. MÜLLER (1969) hat eine Untergliederung nach den Hauptkationenanteilen Na^+ , K^+ , Ca^{++} und Mg^{++} vorgenommen, wobei hier der Na-Ca-Mg-Typ 1 vorliegt, der für diagenetisch veränderte Wässer und Ablaugungslösungen einschließlich Infiltrationslösungen steht, im Gegensatz zu rein salinaren Reliktlösungen von > 300 g/l im Plattendolomit und zu Ozeanwasser des Na-Mg-Ca-Typs mit höherem Sulfatanteil.

LEHMANN (1974), MÜLLER & PAPENDIECK (1975) und VOIGT (1977) bringen weitere Gliederungsaspekte hinzu und versuchen z. T. durch die Klassifizierung nach Spurenelementen wie Bor, Brom, Jod, Strontium, Lithium genetische Unterscheidungen zu belegen.

Die Sole in den Schichten des Buntsandstein wurde sicherlich nicht nur postsalinar, bezogen auf das Zechsteinsalz, sondern auch subsalinar, bezogen auf Rötosalze, beeinflusst. KLECZKOWSKI (1979) fasst so zusammen: Die Genese der Sole wird auf die Einwirkung des Zechstein-Trias- und Jura-Salinars und synsedimentär umgewandeltes Meerwasser zurückgeführt. Paläoinfiltration und Infiltration sowie sekundäre Versalzung seit den altkimmerischen Bewegungen (dem Beginn der alpidischen Ära in der oberen Trias), die mit dem Aufstieg halokinetischer Strukturen verbunden sind, führen zu sekundären Veränderungen des Salzgehaltes.

Die in den sechs neuen Brandenburger Solebrunnen gewonnenen Analysen zeigen weitgehende Übereinstimmung in den prozentualen Anteilen (s. Pkt. 4).

Für die Bewertung der **Gewinnbarkeit** der Sole liegen folgende Erfahrungen vor.

Die Gewährleistung einer langfristigen stabilen Förderung und Reinjektion erfordert neben einer ausreichenden Verbreitung auch eine bestimmte lithologische Ausbildung des Nutzhorizontes. Erforderlich sind ausreichend mächtige, hochporöse und matrixarme Sandsteine, deren primär angelegte Porenraumstruktur und Korngefüge nur geringfügig diagenetisch verändert sind. ROCKEL et al. (1997) geben für eine energetische Nutzung mit größeren Thermalsolemengen folgende Orientierungswerte an:

- Nutzporosität > 20 %,
- Permeabilität $> 0,5 \times 10^{-12} \text{ m}^2$,
- Mächtigkeit > 20 m.

Für balneologische Nutzung mit relativ geringen Fördermengen eignen sich auch Sandsteine mit ungünstigeren Parametern.

Die intensive Suche nach Erdöl und Erdgas in der DDR und damit verbundene Forschungsarbeiten erbrachten wesentliche Kenntnisse auch über die detaillierte Verbreitung der thermalsoleführenden Sandsteine im Untergrund Brandenburgs

(u. a. DIENER et al. 1984, 1988-92). So konnten SCHWAB et al. (1993) in einer LGRB-Studie 13 dem Brandenburger Kurort- und Bäderverband e. V. angehörende Orte bewerten. Aus geologischer Sicht wurden die Standorte Bad Wilsnack, Templin, Rheinsberg, Neuruppin, Perleberg und Wusterhausen als besonders geeignet, Belzig, Wandlitz, Neu Fahrland und Buckow als gut geeignet, Bad Saarow und Bad Freienwalde als bedingt geeignet und lediglich Bad Liebenwerda als ungeeignet ausgewiesen. Dabei wurde darauf aufmerksam gemacht, dass für eine Thermalbadentwicklung grundsätzliche technologische Probleme (maßgebende Mengenbilanz durch Verschnitt mit Süßwasser; zusätzliche, möglichst geothermi-

sche Nachaufheizung; Entsorgung abgebadeter Wässer über Vorflut und/oder Rückverpressung in den tiefen Untergrund) zu lösen sind.

Die in den Jahren 1996-99 geteufte Thermalsolebohrungen (Tab. 1) erbrachten - als besonders höffig und als Nutzhorizont ausgebaut - in Bad Saarow und Templin **Lias-Sinemur** mit effektiven Mächtigkeiten von 18 bzw. 30 m und in Rheinsberg, Bad Wilsnack und Belzig **Contorta-** bzw. **Posterasandsteine** des oberen Keuper mit 2-22 m, in Burg den **Volpriehausen-Sandstein** mit 12 m Mächtigkeit.

Tab. 1 Thermalsolebrunnen im Land Brandenburg

Brunnendaten und Nutzhorizont	Standorte					
	Bad Saarow	Templin	Bad Wilsnack	Belzig	Rheinsberg	Burg
Jahr der Fertigstellung des Brunnens	1996	1996	1997	1996	1995	1999
Nutzhorizont: Stratigraphie	Lias: Hettang - Sinemur	Lias: Hettang - Untersinemur	Oberer Keuper: Postera - Sandstein	Oberer Keuper: Contorta - Sandstein	Oberer Keuper: Contorta - Sandstein	Mittlerer Buntsandstein: Volpriehausen - Sandstein
Lithologie	Mittel- bis Feinsandstein, wechselnd siltig	Sandstein Mergelsteinlage	Mittel- bis Feinsandstein	Fein- bis Mittelsandstein, obere 5,4 m fein und siltig	Fein- bis Mittelsandstein	Mittelsandstein
Teufe (m unter Gelände)	428,6 - 449,9	1 615,5 - 1 650,3	999,6 - 1 008,8	773,0 - 780,4	1 647,0 - 1 668,8	1 296,0 - 1 308,0
effektive Mächtigkeit (m)	17,7	30	9,1	2	21,8	12
Porosität (%)	ca. 10	21,3	34,6	28	28,7	ca. 21 - 23
Schichttemperatur (°C)	22	67,4 (1 570 m)	48,1	34,2 (747 m)	67	ca. 55
Mineralisation (g/l)	24,6	163	161	186	166	240 - 260
stationärer Wasserspiegel (m unter NN)	+ 36,5	- 37	- 30	- 2	- 36	ca. - 10
geplante Förderleistung (m³/h)	Ist: 6 - 7,5	5 - 10	max. 30	max. 5	5 (30 - 50 bei energetischer Nutzung)	5 - 10
Prädikatisierung des Schichtwassers	Thermalsole	natürliches Heilwasser, jodhaltige Thermalsole	natürliches Heilwasser, jod- und eisenhaltige Thermalsole	natürliches Heilwasser, jodhaltige Thermalsole	natürliches Heilwasser, jod- und eisenhaltige Thermalsole	in Untersuchung

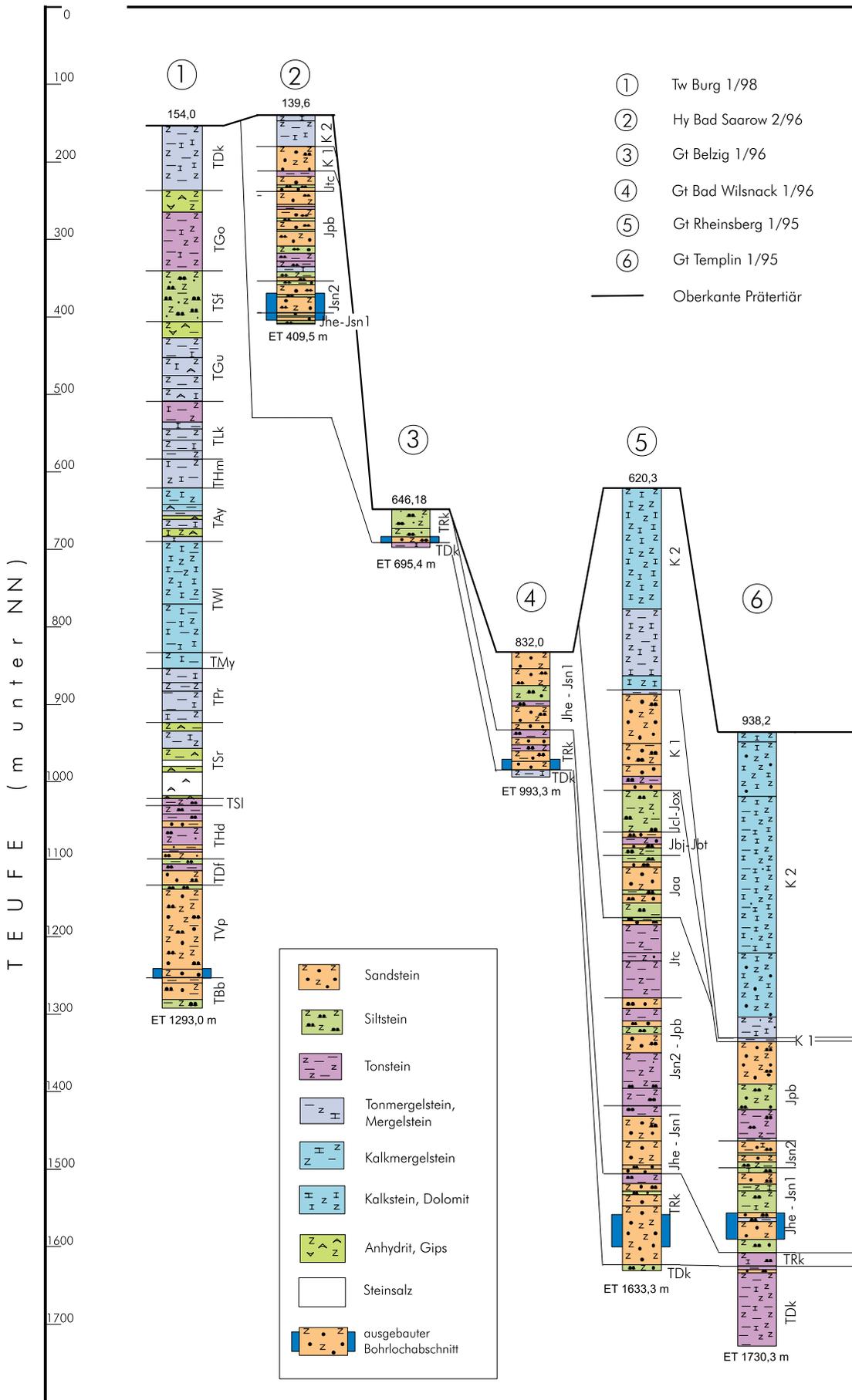


Abb. 3 Bohrprofile der Thermalsolebrunnen in Brandenburg (ohne Känozoikum)

Neben den in der Tabelle 1 ausgewiesenen Nutzhorizonten wurden in jeder Bohrung weitere poröse solehaltige Sandsteine als mögliche nutzbare Bereiche ermittelt (s. Abb. 3). Die **Porositäten** sind - meist nur nach geophysikalischer Bewertung der Bohrlochmessung ermittelt - im Keupersandstein sehr hoch (28-38 %), im Liassandstein sind sie etwas geringer (21 %, für Bad Saarow werden nur ca. 10 % angegeben). In Burg ist im mittleren Buntsandstein eine geeignete Nutzschiebt von ca. 12 m Mächtigkeit mit einer Porosität von ca. 21-23 % festgestellt worden.

Die **Teufenlage** der Thermalsolehorizonte folgt der jeweiligen Senkenposition, modifiziert durch salzaufwölbungsbedingte Hochlagen. Als stratigraphisch tiefster Nutzhorizont ist in Richtung zum Senkenrand der mittlere Buntsandstein bei Burg in rd. 1 300 m Tiefe erschlossen worden. Die stratigraphisch jüngeren Nutzhorizonte des oberen Keupers bis Lias wurden bei Belzig in weniger als 800 m Tiefe, zum Senkeninneren hin bei Bad Wilsnack in 1 000 m, bei Templin und Rheinsberg in rd. 1 650 m Tiefe angetroffen. In Bad Wilsnack und in Bad Saarow - hier bei nur knapp 450 m Tiefe - haben Salzbewegungen im Untergrund zur relativ geringen Teufenlage beigetragen.

Die in den Nutzhorizonten gemessenen **Temperaturen** liegen zwischen 22 bis 67 °C. Eine eindeutig gerichtete und ziemlich gleichmäßige Zunahme der Schicht- und damit auch Thermalsoletemperatur von etwa 10 °C normaler Grundwassertemperatur um 3-3,5 °C pro 100 m Teufe ist zu erkennen (s. Abb. 4), wobei im mittleren und südwestlichen Brandenburg 3 °C, im nördlichen und südöstlichen eher 3,5 °C zu verzeichnen sind.

Die ermittelten **Salzgehalte** liegen zwischen 25 g/l (Bad Saarow) - 260 g/l (Burg).

In Bad Saarow dürfte Süßwasser infiltriert sein. Für diese Deutung spricht auch der im Nutzhorizont ermittelte Soledruckspiegel von + 35,6 m NN, was etwa dem des Süßwasserstockwerkes entspricht. Die Sole im Buntsandstein (Burg) weist generell die höheren Salzgehalte gegenüber der Sole der Formationen vom Oberen Keuper/Rät und jünger auf. Die von MÜLLER & PAPENDIECK (1975) dargestellte Erhöhung der Dichte entsprechend des Salzgehaltes mit zunehmender Teufe ist allerdings durch lokale Effekte überdeckt. Die in den Solebrunnen von Bad Wilsnack, Templin, Rheinsberg und Belzig ermittelten Salzgehalte des Komplexes Oberer Keuper-Lias sind mit 161-186 g/l nahezu gleich, obwohl sie in sehr unterschiedlichen Teufen zwischen 780 - 1 670 m auftreten (vgl. Abb. 4). Lokale Faktoren können offenbar zu größerer und z. T. teufenunabhängiger Streuung führen, wodurch eine gerichtete Erhöhung mit der Teufe gestört ist (vgl. ROCKEL et. al. 1997, Abb. 9).

Die Salzgehalte der Sole von Bad Wilsnack und Belzig sind, verglichen mit ihrer Teufenlage, anomal hoch. Dies könnte in Bad Wilsnack durch die Nähe des gleichnamigen Salzstockes bedingt sein, der bis in tertiäre Schichten aufgedrungen ist, und in Belzig auf den Einfluss einer Salzkissenstruktur zurückgeführt werden.

Die **Soledruckspiegel** in den Brunnen (außer in Bad Saarow) liegen im Nutzhorizont weit unter NN (Tab. 1) und etwa zwischen 55 bis über 90 m tiefer als im Grundwasser des Süßwasserstockwerkes. Der Druckgradient, bezogen auf NN, nimmt nach Norden ab. Ohne eine Korrektur nach der Dichteveränderung (vgl. u. a. VOIGT 1975) vorzunehmen und ohne Überprüfung der regionalen Zusammenhänge - wobei im Allgemeinen der Rät-Jura-Unterkreidekomplex als zusammengehörendes Aquiferstockwerk angesehen wird (MÜLLER

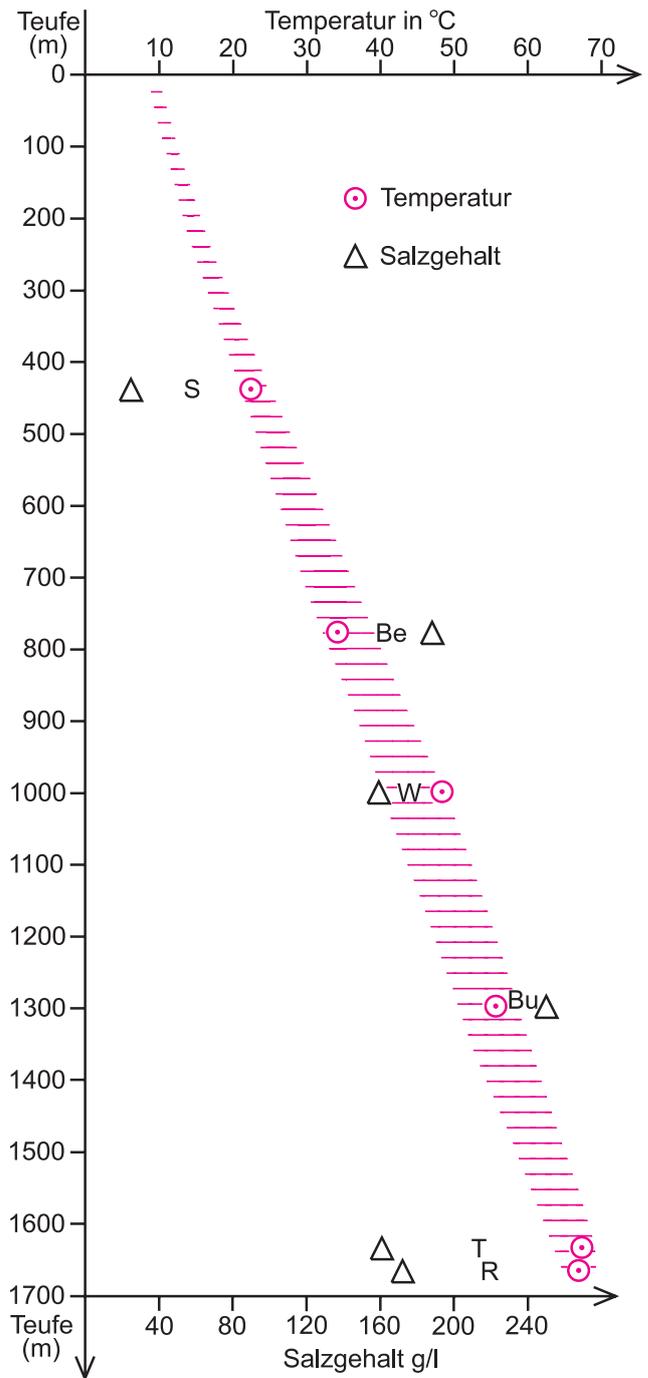


Abb. 4 Verhältnis der Thermalsoletemperatur zur Teufe und die Salzgehalte der sechs brandenburgischen Solebrunnen (S - Bad Saarow, Be - Belzig, W - Bad Wilsnack, Bu - Burg, T - Templin, R - Rheinsberg)

1969) - ergäbe sich z. B. im Contorta-Sandstein zwischen Belzig und Rheinsberg eine fiktive Filtergeschwindigkeit nach DARCY von 0,9 mm/a, das wären 900 m in 1 Mio Jahren. Ohne in eine Diskussion über die Dynamik von Solen einzutreten, wobei aktuelle Infiltrations- und Abflussmöglichkeiten zu untersuchen wären, wird berechtigt eingeschätzt, dass die mögliche natürliche Dynamik der Sole für die Nutzung keine Rolle spielt (vgl. GINZEL & VOIGT 1991, ECKHARDT 1998).

Auch die Tiefenlagen der Soledruckspiegel weit unter Meeresniveau belegen, dass die Thermalsole generell an keinem kurzzeitigen aktuellen Wasserkreislauf beteiligt ist.

Alle in den Jahren 1996-1999 geteufte Thermalsolebohrungen haben somit geeignete Thermalsole für eine balneologische Nutzung erschlossen. Für die Standorte Templin und Rheinsberg sind aufgrund der erreichbaren Produktivitäten und den gegebenen Temperaturen auch günstige Bedingungen für eine energetische Nutzung zur Wärmeabgewinnung gegeben.

3. Technologische Gewinnungsmöglichkeiten und Solebeseitigung

Der Aufschluss der Thermalsole erfolgt über Rotarybohrungen mit einem Durchmesser von 200 - 300 mm im Nutzhorizont. In einer zweiten Bohrung (**Injektionsbohrung**) kann die abgekühlte Sole nach der Nutzung wieder in den Untergrund reinfiltriert werden (Abb. 5).

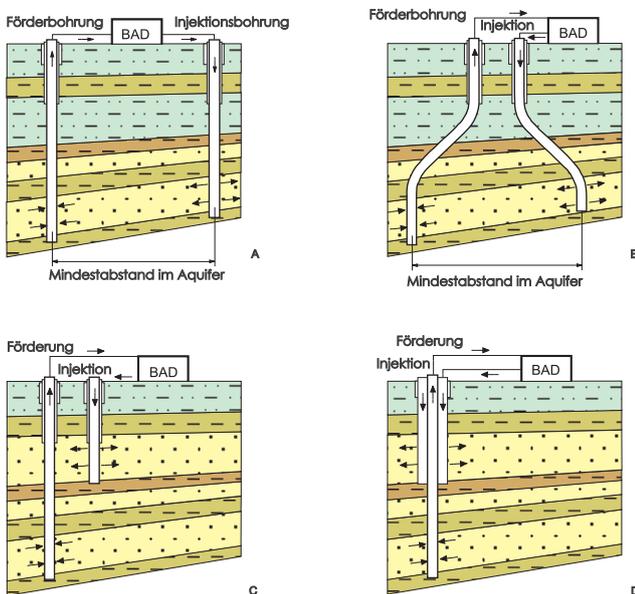


Abb. 5 Aufschlussvarianten bei Gewinnungs- und Infiltrationsbohrungen

(a: normale Doublettenvarianten mit Förder- und Infiltrationsbohrungen in einem Nutzhorizont; b: Doublettenvariante mit Förder- und Infiltrationsbohrung als Ablenkbohrungen von einem Standort aus; c: Doublettenvariante mit zwei genutzten Reservoiren; d: Aufschlusskonzept mit einer Bohrung und zwei genutzten Reservoiren (ROCKEL et al. 1997)

Als Probleme können auftreten:

- Absanden gering verfestigter, bindemittelarmer Speichergesteine,
- bakteriell verursachte Blockierungen,
- Korrosion der technischen Ausrüstungen.

Die von 1987 - 1989 arbeitende **Geothermische Heizentrale** (GHZ) in Prenzlau wurde wegen Absanden des Speichers und Bakterienbefall technologisch nicht beherrscht. Die Bohrung wurde später verteuft und als tiefe Erdwärmesonde in geschlossenem Kreislauf betrieben (s. MANHENKE, in diesem Heft).

Grundlage für die Empfehlungen der o. g. interministeriellen AG an die Landesregierung zur Ausgabe von Fördermitteln war auch die Absicherung der technologischen Machbarkeit. Dazu wurden die neuesten, in Neustadt-Glewe (Mecklenburg-Vorpommern) gewonnenen Ergebnisse herangezogen. Dort wurde der letzte Nachweis der technologischen Reife des Verfahrens der Solegewinnung, der Wärmenutzung und der Reinfiltration in den Untergrund in der mit zwei Bohrungen und Pumpversuchen 1988-90 vorbereiteten Geothermieanlage erbracht. 1995 begann die Förderung und derzeit wird im Regelbetrieb 90-120 m³ Thermalsole pro Stunde mit Temperaturen zwischen 92 - 98 °C Fördertemperatur und 220 g/l Salzgehalt aus 2 250 m tief gelegenen Contortasandstein zur Wärmeabgewinnung gefördert und in einer zweiten - 1 780 m entfernten - Bohrung mit 45 °C wieder reinjiziert. Im Erdwärmeheizwerk werden 6 MW (1996 = 13 812 MWh/a) als Grundlast durch die Geothermie erzeugt. Eine balneologische Nutzung erfolgt nicht.

Die Betriebserfahrungen zeigen, dass mögliche technologische Probleme und Gefährdungen grundsätzlich beherrschbar sind.

Sauerstoffzutritt, der zu Ausfällungsproblemen, insbesondere des Eisen in der Sole führen könnte, wird verhindert. Die vor der Reinfiltration angebrachten Filter befinden sich in Stickstoffatmosphäre und brauchen nur in dreimonatigen Abständen gewechselt werden. Die Injektionsbohrung saugt die reinfiltierte Sole regelrecht auf (MENZEL 1998).

Ein jeweils örtlich zu lösendes Problem besteht in der Verbrüfung der genutzten salzhaltigen Wässer.

Auch bei der balneologischen Nutzung kann die abgebadete Sole aufgrund des Salzgehaltes und der eventuellen Ansammlung von Keimen nicht direkt in die Vorflut gegeben werden. In Bad Saarow werden die abgebadeten Wässer nach Mikrofiltration entsprechend Variante c (Abb. 5) in einen Schluckbrunnen im Unterkreidesandstein versenkt.

Die **Abwasserentsorgung** kann bei geeigneten Bedingungen und nach entsprechender Aufbereitung auch in Fließgewässer erfolgen. Die AG hat durch den Vertreter des LUA dazu einen Eckwertentwurf vorgelegt, der einen möglichen Auffüllwert bis zu 200 mg/l Chlorid in Fließgewässer zur Diskussion stellt. Für den Standort Templin wurde eine Abwasserentsorgung über das Hammerfließ als mögliche Variante vorgeschlagen.

4. Balneologische Solenutzung

Bei einer Nutzung als **Bade- und Heilwasser** sind neben der Wärme auch die Inhaltsstoffe der Sole von Interesse. Aus den sechs Brandenburger Thermalsolebrunnen liegen Angaben vor (s. Tab. 2 u. 3). Für Burg stand erst eine Kurzanalyse zur Verfügung.

Neben den Hauptbestandteilen sind Spurenelemente wie Jod, Barium, Cäsium, Rubidium und Zink unter 0,01 Masse-% enthalten.

- die Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser mit der Verordnung zur Änderung der Mineral- und Tafelwasserverordnung (1984 und 1990),
- die Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser (Bundesanzeiger Nr. 225 vom 30. November 1984) zu berücksichtigen. Ein Heilwasser kann mit Eisen, Jodid, Sulfitschwefel, Radon, freiem gelöstem Kohlenstoffdioxid, Fluorid und der Wassertemperatur besonders wertbestimmende Bestandteile bzw. Eigenschaften besitzen.

Tab. 2 Chemische Hauptbestandteile der Thermalsole

Prozentuale Massenanteile	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Sr ⁺⁺	NH ₄ ⁺	Fe ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	Br
	Kationen gesamt = 100 %							Anionen gesamt = 100 %			
Bad Saarow	91,3	5,5	2,5	0,4	0,2	0,05	0,02	96,4	1,9	1,6	0,1
Templin	94,3	3,4	1,6	0,5	0,1	0,07	0,1	97,6	2,1	0,2	0,1
Bad Wilsnack	93,6	4,0	1,6	0,6	0,1	0,06	0,03	98,9	0,9	0,1	0,1
Belzig	95,9	2,0	1,4	0,5	0,03	0,04	0,02	96,7	3,0	0,2	0,1
Rheinsberg	94,2	3,7	1,3	0,6	0,1	0,06	0,06	97,2	2,5	0,2	0,1
Burg	94	3,8	1,2	0,9				99	1		

Die Thermalsole enthält meist geringe Anteile von 2 - 6 cm³/l an gelösten Gasen, überwiegend Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Methan, z. T. auch Wasserstoff und Spuren von Helium. Die hier vorliegenden Analysen weisen z. T. auch Spuren von H₂S (Templin 0,02 mg/l) aus. Borat/Borsäure - nicht außergewöhnlich bei konzentrierter Sole - wurde mit relativ hoher Konzentration zwischen 13 - 100 mg/l ermittelt. Die pH-Werte liegen im neutralen bis leicht sauren (6,2 - 7,2), in Belzig im schwach basischen Bereich (7,6 - 7,7). In der Sole herrscht reduzierendes Milieu (Redoxspannung -9 bis -132 mV).

Hinsichtlich der balneologischen Verwendung sind einige Vorschriften, wie

- die Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen des Deutschen Bäderverbandes (1991),

Nach den Begriffsbestimmungen betragen die balneologisch anerkannten Mindestwerte beim Eisen 20 mg/l, beim Jodid 1 mg/l; ab Überschreitung der Konzentration an Natrium- und Chloridionen jeweils über 240 mmol/l (d. h. etwa 5,5 g/l bzw. 8,5 g/l) kann das Wasser als Sole bezeichnet werden, ab 20 °C mit dem Zusatz "Therme" (s. Tab. 3).

Die Thermalsole bietet damit die Voraussetzung zur Nutzung in

- **Freizeitbädern** und
- **Therapieeinrichtungen.**

Dabei dürften Einsatzmöglichkeiten sowohl bei der Therapie von Erkrankungen des Bewegungsapparates, rheumatischen Erkrankungen, Lähmungen, Unfallfolgen, Nervener-

Tab. 3 Heilwasserkennwerte der Brandenburger Thermalsole

	Eisen mg/l	Jodid mg/l	Temperatur °C	Gesamtmineralisation g/l	Natürliche Heilwassercharakteristik
Bad Saarow	2,2	0,5	22	24,6	Thermalsole
Templin	19,4	5	67	163	jodhaltige Thermalsole
Bad Wilsnack	22,1	6,9	48	161	jod- und eisenhaltige Thermalsole
Belzig	12,1	1,5	34	186	jodhaltige Thermalsole
Rheinsberg	37,7	7,5	67	166	jod- und eisenhaltige Thermalsole
Burg	n. b.	n. b.	ca. 55	ca. 250	noch nicht bestimmt

krankungen, Alterserscheinungen in Bewegungs- und Wannenbädern, als auch bei Erkrankung der Atemwege in Form von Inhalationen zu erschließen sein (KELLNER et al. 1992).

Eine kurörtliche Standortentwicklung ist allerdings von weiteren territorial - infrastrukturellen Bedingungen abhängig. Für Therapie- und Kureinrichtungen gelten hohe Anforderungen an Umwelt, Klima, Luftqualität, Natürlichkeit der Landschaft, verkehrs- und wohntechnische Erschließung. Günstig sind zusätzliche kulturelle und historische Attraktionen.

Brandenburgs bisher erschlossene Thermalsolebrunnen sind sämtlich in natürlich erhaltenen Landschaften inmitten von geschützten Naturparks (vgl. Abb. 1) gelegen und erfüllen alle Anforderungen zu Umwelt, Klima und Luftqualität. Sie bieten Möglichkeiten zum Erwandern der Natur, zur Nutzung oft ausgedehnter Seen- und Hügellandschaften, z. T. verbunden mit geschichtlichen Sehenswürdigkeiten.

Der Statusreport zur tiefen Geothermie des LGRB (KOPF 1998) weist folgenden Stand der Brandenburger Solebrunnen aus:

Mit einer hohen finanziellen Förderung durch das Land Brandenburg wurde bisher die **Saarow-Therme** innerhalb eines größeren Kurparkzentrums unweit von Berlin durch die Kur- und Fremdenverkehrs GmbH in Bad Saarow in Betrieb genommen und erfreut sich seit Ende 1998 regen Besuchs (Abb. 6). Bad Saarow am Scharmützelsee, dem "Märkischen Meer



Abb. 6 Saarow Therme mit Kurpark
(mit freundlicher Genehmigung der Kur- und Fremdenverkehrs GmbH, Bad Saarow)
Aufnahme: Graphische Kunstanstalt Bad Saarow

in der Märkischen Schweiz", ist u. a. mit dem Naturpark Dahme-Heideseen landschaftlich und wegen nur 40 min Fahrzeit von Berlin auch verkehrstechnisch sehr gut gelegen.

1997 wurde aus dem Solebrunnen **Rheinsberger Prinzenquelle** in geringem Umfang Sole gefördert und zu Badezwecken an Heileinrichtungen in der Region verkauft. Rheinsberg innerhalb des vorgesehenen Naturparkes Stechlin-Ruppiner Land ist mit dem geschichtsträchtigen Rheinsberger Schloss und dem Kulturhöhepunkt Rheinsberger Sommer eine der touristischen Attraktionen im Land Brandenburg.

In **Templin** erfolgte 1998 die Grundsteinlegung für ein vom Land gefördertes Kurzentrum. Templin als Stadt der Seen und Wälder - umgeben vom Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin und dem Naturpark Uckermärkische Seen - kann mit seiner 1 735 m langen mittelalterlichen Stadtmauer aus dem 14. Jahrhundert neben weiteren historischen, kulturellen und medizinischen Rehabilitations-Angeboten aufwarten.

Die Kreisstadt **Belzig** verfügt seit langem über ein Kurortkonzept und wurde 1997 Luftkurort. Im Naturpark Hoher Fläming gelegen, sind von hier nicht nur der Hohe und Niedere Fläming, sondern auch mittelalterliche Burgen zu erwandern.

Für **Bad Wilsnack** als alter anerkannter Kurort - im Naturpark Elbtalau gelegen und dem UNESCO-Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe angehörend - spricht u. a. seine Tradition als mittelalterlicher Wallfahrtsort und seine Nähe zu Niedersachsen und Hamburg. Bad Wilsnack galt bis 1945 als Modebad.

Die jüngst erschlossene Spreewaldsole und Therme in **Burg** im Biosphärenreservat Spreewald kann auf die Anziehungskraft des Spreewaldes und die Nähe der Stadt Cottbus setzen.

Das Interesse an einer Thermalsoleerschließung in Brandenburg übertraf alle Erwartungen der AG. Zusätzlich zu den 6 bereits genannten Vorhaben wurde für weitere 16 Standorte beim LGRB zu den geologischen Möglichkeiten für eine Thermalsoleerschließung und -nutzung angefragt. Diese Aktivitäten folgen offenbar solchen Vorbildern wie dem Niederbayerischen Bäderdreieck und dem südlichen Kärnten. Auch Niedersachsen verfügt über zahlreiche Heilbäder. Besonders Niederbayern hat gezeigt, dass auch ohne hundertjährige Tradition Kur- und Erlebnisbäder entwickelt werden können. Mit einem täglichen Umsatz von 135 DM/Gast und einem Arbeitsplatz je 2,5 Kur- und Tagesgästen wurden die Bäder zum tragenden Wirtschaftszweig der Region. Dafür müssen Besucherzahlen von mehr als 1 000 - 3 000 pro Tag angestrebt werden. Das bedeutet, dass eine überlegte Standortauswahl im Land Brandenburg zu treffen ist. Die Entwicklung von Thermalbädern erfordert daher eine Bündelung von Fördermitteln auf Standorte, die auch über ein ausreichendes Einzugsgebiet verfügen.

Der wirtschaftliche Schwellenwert für ein Kur- und gesundheitstouristisches Thermal- und Erlebnisbad wird mit 350 000 Besuchertagen im Jahr, d. h. durchschnittlich 1 000 Besuchern pro Tag angegeben. Als Kenngrößen gelten dabei (vgl. MASCHKE u. a. 1995):

Einzugsgebiet: Wohnortausflügler bis zu 90 min einfache Fahrzeit
 Urlaubsausflügler bis zu 45 min einfache Fahrzeit

Besucherpotential: Wohnortausflügler: 3 % der Bevölkerung des Einzugsgebietes machen ca. 5-10 Besuche/Jahr im Bad, mit zunehmender Beliebtheit ist eine Steigerung der Besucherintensität zu erwarten. Zur Auslastung auch außerhalb der Urlaubssaison sind etwa 0,5 - 1 Mio Einwohner im Einzugsgebiet erforderlich.
 Urlaubsausflügler: durchschnittlich 4,5 Übernachtungen, 15 % machen 1-2 Besuche/Aufenthalt im Bad
 Kurpatienten: ca. 3 Wochen Aufenthalt, Bäder entsprechend ihres Kurprogrammes und 1-2 Besuche pro Aufenthalt im allgemeinen Bad

Bewertung: Maßgeblich für die Anziehungskraft auf mögliche Besucher sind Attraktivität, Umfeld und Infrastruktur und eine spezielle Ausrichtung jedes Standortes (z. B. Rheinsberg in Verbindung mit dem Rheinsberger Sommer, Richtung Kultur etc.)

Diese Wirtschaftskriterien sind von den fördermittelgebenden Ministerien und Institutionen und auch von den potentiellen Betreibern zu bedenken. Die AG hat zunächst die Konzentration auf eine Anzahl von drei Standorten für das Land Brandenburg empfohlen.

Zusammenfassung

Die sechs im Land Brandenburg erschlossenen Thermalsolebrunnen, Bad Saarow, Templin, Bad Wilsnack, Belzig, Rheinsberg und Burg, ihre hydrogeologischen Grundlagen und Kennwerte sowie technologische und infrastrukturelle Bedingungen werden dargestellt.

Summary

There are six recovered wells of thermal brines in Brandenburg, Bad Saarow, Templin, Bad Wilsnack, Belzig, Rheinsberg and Burg. Their hydrogeological basis, parameters as well as their technological and infrastructural conditions are presented.

Literatur

BEER, H. & G. ECKHARDT (1997): Tiefliegende Bodenschätze. - Karte 16 in: STACKEBRANDT, W., EHMKE, G. & V. MANHENKE (Hrsg.): Atlas zur Geologie von Brandenburg, LGRB, Kleinmachnow

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

BRANDT, W., KELLNER, T., LENZ, G., ROCKEL, W. & M. STÖWER (1997): Geologischer Abschlußbericht zur Thermalwasserbohrung Gt Belzig 1/96. - Geothermie Neubrandenburg, Wildau (unveröff.)

BRANDT, W., ROCKEL, W., STÖWER, M., KELLNER, T. & G. LENZ (1997): Geologischer Abschlußbericht zur Thermalwasserbohrung Gt Bad Wilsnack 1/96. - Geothermie Neubrandenburg, Wildau (unveröff.)

BRANDT, W., BECKER, U., KELLNER, T., LENZ, G., ROCKEL, W. & M. STÖWER (1997): Geologischer Abschlußbericht zur Thermalwasserbohrung Gt Templin 1/95. - Geothermie Neubrandenburg, Wildau (unveröff.)

BUSSMANN, W., BACHMANN, I., EICHELBRÖNNER, M., ROTTLUFF, F., RUMMEL, F., SANNER, B. & R. SCHULZ: Geothermische Energie - ein Leitfaden für Städte und Gemeinden. - Hrsg. Forum für Zukunftenergien e. V. Bonn mit Unterstützung des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg, Potsdam

CARLÉ, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. - Stuttgart

Deutscher Bäderverband e. V. (Hrsg.) (1991): Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen. - Bonn

Deutsches Bäderbuch (1907). - Leipzig

DIENER, I., KATZUNG, G., KÜHN, P. u. a. (1984): Geothermie-Atlas der DDR. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin

DIENER, I., TESCH, M., WORMBS, J. u. a. (1988-92): Geologische Grundlagen für die Geothermienutzung in Nordost-Deutschland (Blätter 1 : 200 000; Neuruppin, Neubrandenburg/Torgelow, Berlin/Frankfurt, Eberswalde/Bad Freienwalde, Brandenburg/Magdeburg, Finsterwalde/Cottbus). - Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.)

ECKHARDT, G. (1998): Trennung zwischen Grundwasser (Wasserrecht) und Sole (Bergrecht). - Brandenburg. geowiss. Beitr. 5, 2, S. 8, Kleinmachnow

ECKHARDT, G. & V. MANHENKE (1997): Tiefliegende Geopotentiale und ihre wirtschaftliche Nutzung. - In: Tätigkeitsbericht 1993-1996, LGRB, Kleinmachnow

EMSHOFF, B. (1997): Ergebnisdokumentation Teil 3 – Erschließung des Infiltrationshorizontes in Bad Saarow-Pieskow. – Hydrogeologie Berlin-Brandenburg, Berlin (unveröff.)

GINZEL, G. & H.-J. VOIGT (1991): Die geologischen Rahmenbedingungen für die Mineralwasservorkommen in den fünf neuen Bundesländern. - Der Mineralbrunnen 2, S. 38-42, Bonn

HOTH, P., SEIBT, A., KELLNER, T. & E. HUENGES (1997): Geothermie Report 97-1: Geowissenschaftliche Bewertungsgrundlagen zur Nutzung hydrogeothermaler Ressourcen in Norddeutschland. - Geoforschungszentrum Potsdam

JORDAN, H. (Hrsg.) (1967): Bäderbuch der Deutschen Demokratischen Republik. - Leipzig

KELLNER, T., BACHMANN, J., EGGERT, B. & B. ROHSTOCK (1992): Möglichkeiten der balneologischen Nutzung mineralisierter Tiefenwässer im Land Brandenburg. - Geothermie-Engineering GmbH Neubrandenburg, im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, Potsdam (unveröff.)

- KLÖDEN, K. F. (1830/1831): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg. - Drittes und Viertes Stück, Berlin
- KOPF, M. (1998): Statusreport Tiefe Geothermie. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- KLECZKOWSKI, A. S. (1979): Sole und Tiefengrundwässer im polnisch-norddeutschen Flachland. - Geol. Jb., **C 22**, S. 141-148, Hannover
- LEHMANN, H.-W. (1974): Geochemie und Genesis der Tiefenwässer der Nordostdeutschen Senke. - Z. angew. Geol., **20**, S. 502-509 und 551-557, Berlin
- MASCHKE, J., HARRER, B. & M. FEIGE (1995): Vorschläge für eine wirtschaftlich tragfähige Bäderlandschaft in Mecklenburg-Vorpommern. - Deutsches Wirtsch. wiss. Inst. f. Fremdenverkehr, München, Berlin (unveröff.)
- MENZEL, H. (1998): Nutzung der Geothermie zur Abdeckung des Wärmebedarfes eines Wohn- und Industriegebietes in Neustadt-Glewe. - Schlussbericht, Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH, Westmecklenburg. Energievers. AG, Schwerin (unveröff.)
- MICHEL, G. (1997): Mineral- und Thermalwässer - Allgemeine Balneogeologie. - Lehrbuch der Hydrogeologie Band 7, Berlin, Stuttgart
- MÜLLER, E. P. (1969): Zur Geochemie der Tiefenwässer und der organischen Substanz im Nordteil der DDR. - Z. angew. Geol. **15**, S. 113-124, Berlin
- MÜLLER, P. & G. PAPENDIECK (1975): Zur Verteilung, Genese und Dynamik von Tiefenwässern unter besonderer Berücksichtigung des Zechsteins. - Z. geol. Wiss., **3**, S. 167-196, Berlin
- ROCKEL, W., HOTH, P. & P. SEIBT (1997): Charakteristik und Aufschluss hydrogeothermalen Speicher.- Geowissenschaften **15**, 8, S. 244-252, Berlin
- ROCKEL, W., LENZ, G. & T. KELLNER (1995): Geologischer Bericht zur Thermalwasserbohrung Gt Rheinsberg 1/95. - Geothermie Neubrandenburg, Zeuthen (unveröff.)
- SCHIRRMEISTER, W. (1996): Aus der Literatur überlieferte Angaben über natürliche Salzwasseraustritte an der Grundwasseroberfläche/Geländeoberfläche in Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **3**, 1, S. 94-96, Kleinmachnow
- SCHWAB, G., STACKEBRANDT, W., MANHENKE, V., BEER, H., ECKHARDT, G. & B. RECHLIN (1993): Geologische Voraussetzungen für die Nutzung von Thermal- und Mineralwässern im Land Brandenburg. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)
- VOIGT, H.-J. (1975): Zur Dynamik der mineralisierten Schichtwässer im Nordteil der DDR. - Z. angew. Geol. **21**, S. 164-168, Berlin
- VOIGT, H.-J. (1977): Zur Geochemie der Spurenelemente Brom, Jod, Bor, Strontium und Lithium in den Mineralwässern des Nordteiles der DDR. - Z. angew. Geol. **23**, S. 395-402, Berlin

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 132

Anschrift der Autoren:

Dr. Volker Manhenke,
Dipl.-Geol. Gottfried Eckhardt
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Dipl.-Geol. Wilfried Rockel
Am Hang 12
15711 Königs Wusterhausen

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	6 (1999), 1	S. 79–89	5 Abb., 7 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	----------	----------------

Entwicklung und Perspektiven der Untergrundgasspeicherung in Brandenburg

GOTTFRIED ECKHARDT & HORST BEER

1. Vorbemerkungen

Während bis in die erste Hälfte unseres Jahrhunderts Erdgas in Form von Begleitgasen bei der Erdölförderung als Nebenprodukt anfiel, setzte ab den 50er Jahren eine stürmische Entwicklung des Erdgases zum eigenständigen, ökonomisch wie ökologisch vorteilhaften Primärenergieträger ein. Anfang der 90er Jahre war Erdgas in Deutschland mit einem Anteil von rd. 20 % bereits zum dritt wichtigsten Energieträger geworden. Der Erdgasbedarf kann schon lange nicht mehr aus einheimischen Erdgas-/Erdöllagerstätten abgedeckt werden, gegenwärtig werden bereits rd. 80 % des Erdgaseinsatzes importiert.

Mit ihren Möglichkeiten

- jahreszeitliche und tägliche Verbrauchsschwankungen auszugleichen,
 - strategische und technische Kapazitätsreserven für Ausfälle in den Erdgasfeldern und den aufwendigen Transportsystemen vorzuhalten sowie
 - die Transportnetze technisch-wirtschaftlich zu optimieren,
- ist die Untergrundgasspeicherung zum integrierten Bestandteil der Gaswirtschaft geworden.

Die Untergrundgasspeicherung begann in Deutschland 1953 mit dem Verpressen von Kokereigasen in den Wealdensandstein der Struktur Engelbostel bei Hannover. Nach dem Gasspeicher Hähnlein (1960) ging bereits 1964 der Stadtgasspeicher Ketzin in Brandenburg als dritter Untergrundgasspeicher (UGS) Deutschlands in Betrieb. 1978 folgte in Brandenburg der Erdgasspeicher Buchholz bei Treuenbrietzen. Beide UGS stabilisierten die Gasversorgung in der Nordhälfte der DDR. Der in der Vorwendezeit hauptsächlich aus strategischen Gründen errichtete Untergrundgasspeicher Berlin-Spandau ist 1992 in Betrieb gegangen, gegenwärtig wird in Rüdersdorf mit der Errichtung eines Kavernenspeichers begonnen.

Im Rahmen einer Übersichtskartierung der tiefliegenden Bodenschätze des Landes im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) im Maßstab 1 : 300 000 wurden insgesamt 23 Aquifer- und 31 Salzstrukturen ausgewiesen, die geologisch für die Anlage von Porenspeichern vom Aquifertyp bzw. von Kavernenspeichern mehr oder weniger geeignet sind (s. auch Atlas zur Geologie von Brandenburg). Bei gegenwärtig 38 Untergrundgasspeichern, die insgesamt in Deutschland in Betrieb sind, ergab sich zwangsläufig die Frage, ob sich Brandenburg bei seinem Strukturreichtum tatsächlich zu einem der speicherreichsten Bundesländer entwickeln kann, zumal zahlreiche Erlaubnisse zur Aufsuchung von "geologischen Formationen und Gesteinen, die sich zur unterirdischen behälterlosen Speicherung eignen", beantragt und erteilt wurden.

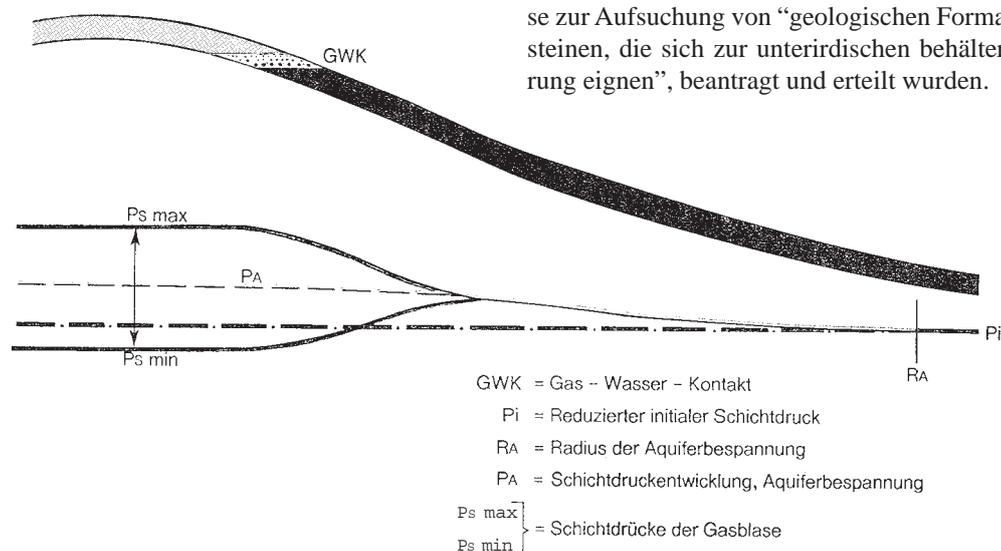


Abb. 1 Druckinanspruchnahme eines Aquifers bei der Untergrundgasspeicherung (Schema)

Dieser Fragestellung wurde 1997 in einer wirtschaftsgeologischen Analyse (interner Sachstandsbericht des LGRB) nachgegangen. Ausgehend von dem in Brandenburg in seiner Größenordnung und Verteilung bekannten Reservoirangebot der Aquifere und der Tatsache, dass

- die Aquifere durch die Schichtwasserverdrängung bei der Errichtung eines UGS vom Aquifertyp über Areale druckbeansprucht werden, die ungleich größer sind als die für die Gasspeicherung vorgesehenen Strukturflächen selbst (s. Abb. 1) sowie
- die infrastrukturellen Verhältnisse von Salzstrukturen u. U. eine Kavernensolung nur bei einer unterirdischen Verpressung der anfallenden Sole in Aquifere ermöglichen, die ebenfalls eine enorme Druckinanspruchnahme der Aquifere bewirkt,

fürten die Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass in Brandenburg Untergrundgasspeicher in einer weit geringeren Anzahl geologisch-reservoirmechanisch errichtbar sind, als es für die technische Anlage geologisch geeignete Strukturen gibt. Nachstehend sollen die wichtigsten Ergebnisse des Sachstandsberichtes dargestellt werden.

2. Wirtschaftsgeologische Analyse der Untergrundgasspeicherung in Deutschland

Die wirtschaftsgeologische Analyse stützt sich auf die statistischen Angaben, die von SEDLACEK & STANCU-KRISTOFF 1993 und von SEDLACEK 1997 speziell zur Untergrundgasspeicherung in Deutschland veröffentlicht wurden, sowie auf die fortlaufenden statistischen und Firmenmitteilungen zur deutschen Gas- und Erdölindustrie in den Fachzeitschri-



Abb. 2 Untertagegasspeicher in Deutschland - Übersichtskarte (Stand Mitte 1997), aus SEDLACEK 1997

ten Gas-Wasser-Fach und Erdöl, Erdgas und Kohle. Über die Lage der derzeit in Deutschland in Betrieb und in der Errichtung/Planung befindlichen Untergrundspeicher informiert Abbildung 2.

Die Verteilung der Gasspeicher und Speichervorhaben spiegelt vor dem geologischen Hintergrund vorrangig die Entwicklung der Gas- und Speicherwirtschaft wider. So ist z. B. die Konzentration der großen Kavernenspeicher im Hinterland der Nordseeküste nicht nur auf das große Angebot an Salzstrukturen und an die bisher günstige Soleentsorgungsmöglichkeit über die Vorflut in die Nordsee zurückzuführen, sondern gleichzeitig eine Folge der räumlichen Nähe zu den Gasimporten aus den Niederlanden und zunehmend aus den Nordseefeldern. Gleichzeitig ist aus der Kartendarstellung ersichtlich, dass in diesem Bereich der gegenwärtige Zuwachs an Salzkavernen sich auf eine Erweiterung der bereits bestehenden Speicheranlagen beschränkt - offensichtlich stehen neuen Standorten vermehrt ökologische Akzeptanzprobleme zur Soleeinleitung in die Nordsee entgegen. Die Konzentration von Porenspeichern in Bayern ist dagegen im Gefolge der hier vorkommenden großen und z. T. abgebauten Erdgaslagerstätten und der Ferngasleitung für die ersten russischen Erdgasimporte nach Süddeutschland und Südwesteuropa zu sehen.

2.1. Zur Charakteristik der Arten an Untergrundgasspeichern

Untergrundgasspeicher werden als **Porenspeicher** in schichtwasserführenden Antiklinalstrukturen (sogenannte Aquiferspeicher) oder in weitgehend abgebauten Erdgas-/Erdöllagerstätten errichtet bzw. als **Kavernenspeicher** in Salzzakkumulationen gesolt. Porenspeicher müssen im Regelbetrieb im sogenannten Aquifergleichgewicht gefahren werden, d. h. die im Sommer eingespeicherten Gasmengen müssen in der Wintersaison wieder ausgespeist werden, wobei die Auspeiseraten am Ende der Winterperiode mit sinkendem Speicherdruck abnehmen. Dieser Speichertyp dient dem jährlichen Ausgleich der klimatisch bedingten Bedarfsschwankungen. Die Kavernenspeicher ermöglichen hohe Auspeiseraten, sie können innerhalb weniger Tage leergefahren werden. Sie sind daher als sog. Havariespeicher und zur Abdeckung besonders hoher Bedarfsspitzen von gaswirtschaftlichem Interesse. Beide Speicherarten ergänzen sich gaswirtschaftlich, die Varianten ihrer Errichtung weisen unterschiedliche technisch-wirtschaftliche Vor- und Nachteile auf.

Porenspeicher

Unter der Voraussetzung, dass die kohlenwasserstoffführenden Speichergesteine hohe Sondenleistungen ermöglichen, weist die Umstellung weitgehend abgebauter Erdgas- und Erdöllagerstätten (vorrangig mit freier Erdgaskappe) auf Speicherbetrieb gegenüber der Errichtung von Aquiferspeichern wesentliche Vorteile auf:

- Die Gasdichtheit der Speicherstruktur ist belegt und bedarf keiner gesonderten Untersuchungen.
- Die Schichtwässer müssen nicht erst und energetisch aufwendig verdrängt werden, es bedarf keiner Untersuchung

des regionalen Schichtwasserreservoirs und seiner möglichen, bei der Verdrängung aktivierbaren Kontakte zum Grundwasserstockwerk.

- Besonders vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang auf Speicherbetrieb umstellbare Erdgas-/Erdöllagerstätten mit faziell und/oder tektonisch bedingtem gering beweglichem Rand- und Sohlenwasserreservoir. Diese Porenspeicher müssen nicht im Aquifergleichgewicht gefahren werden und ermöglichen eine Überjahresspeicherung.
- Im Vergleich zu Aquiferspeichern zeichnen sich auf Speicherbetrieb umgestellte Kohlenwasserstofflagerstätten durch günstigere Arbeits-Kissengasverhältnisse bzw. höhere Arbeitsgasanteile am Gesamtgasvolumen aus (Abb. 3).
- Vorhandene Fördersonden können nachgenutzt werden, die verbleibenden Restgase reduzieren das nachzuspeisende Kissengasvolumen.

Nachteilig können sich gegebenenfalls Vermischungsprozesse der Speicher- mit den Restgasen und Erdölen/Kondensaten der Lagerstätte auswirken.

Die aufwendigeren Aquiferspeicher wurden daher vorrangig in der Anfangsphase der Gas- und Speicherwirtschaft mit geringem Angebot an bereits abgebauten Kohlenwasserstofflagerstätten errichtet bzw. sind derzeit in Gebieten ohne Kohlenwasserstofflagerstätten mit Speicherbedarf für die Regionalversorgung noch von Interesse.

Kavernenspeicher

Bis auf den in einem stillgelegten Grubenfeld eingerichteten Kavernenspeicher Burggraf-Bernsdorf (3 Mio m³ Arbeitsgas) werden in Deutschland für die Untergrundgasspeicherung ausschließlich Speicherkavernen in Salzzakkumulationen gesolt. Gegenüber den Porenspeichern sind die Kavernenspeicher durch deutlich höhere Arbeitsgasanteile charakterisiert (Abb. 3). Technisch-wirtschaftlich unterscheiden sich die Kavernenspeicher nach der Entsorgungsart der bei ihrer Errichtung anfallenden Sole:

- Entsorgung durch Weiterverarbeitung in der chemischen Industrie
Diese äußerst vorteilhafte Entsorgung ist jedoch lokal auf den Niederrhein (Epe, Xanten) und die mittlere Saale (Bernburg, Staßfurt) und hier noch zusätzlich durch die Abnahmemöglichkeiten der Industrie eingeschränkt.
- Soleableitung über die Vorflut
Diese ebenfalls relativ kostengünstige Entsorgung führte zu einer Konzentration der Kavernenspeicher im Hinterland der Nordseeküste und in der DDR im Saalebereich (Bad Lauchstädt). Die ökologische Akzeptanz für diese Entsorgung verringert sich zunehmend.
Bei Kavernenprojekten, die sich in der Errichtung/Planung befinden, handelt es sich in diesen Bereichen in der Regel um die Fortführung bereits genehmigter Vorhaben.
- Solerverpressung in unterirdische Speicherreservoirs
Diese Entsorgungsvariante ist zwar kostenaufwendig, stellt jedoch gegenwärtig für einen lokal gebundenen Speicherbedarf von Regionalversorgern eine ökologisch machbare Alternative zur Vorflutentsorgung dar. Als vorteilhafte Ver-

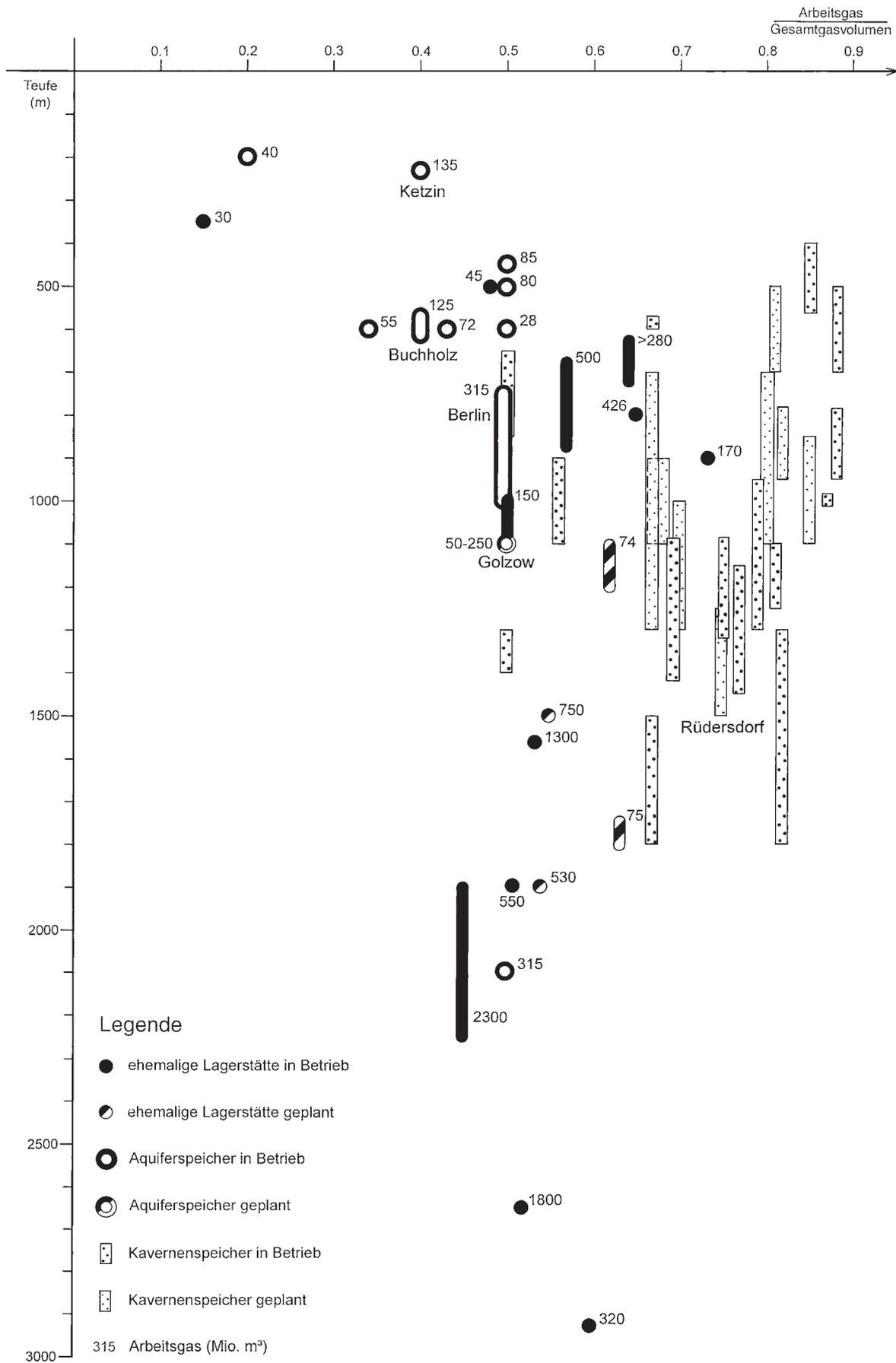


Abb. 3 Untertagegasspeicher in Deutschland - Verhältnis Arbeitsgas: Gesamtgasvolumen in Abhängigkeit von der Teufe (nach SEDLACEK 1997)

preßvariante bieten sich auch abgebaute Erdgas-/Erdöllagerstätten an, die sich für eine Umstellung auf Speicherbetrieb selbst nicht eignen.

Eine geologisch-technisch machbare, bisher jedoch für die Untergrundgasspeicherung noch nicht genutzte Solungstechnologie wurde in der DDR mit der Pilotkaverne Mittenwalde (Mineralölprodukte) entwickelt: Aquifere werden Schichtwässer mit Mineralisationen ≤ 120 g/l zur Kavernensolung entnommen und danach als sogenannte Vollsole (Mineralisation ≥ 320 g/l) wieder in die Aquifere reinjiziert. Die Solgeschwindigkeiten sind naturgemäß gegenüber Süßwasser gering. Das aufwendige Verfahren führt jedoch zu einer geringeren Druckbeanspruchung der Aquifere und ermöglicht auch eine Kavernenerrichtung durch Soleverpressung bei einem geringen unterirdischen Reservoirangebot. Dieses Verfahren kann bei lokalen Zwangssituationen für die unterirdische Gasspeicherung und insbesondere für die Speicherung hochwertiger Produkte der chemischen und Mineralölindustrie sowie für die Deponie von Sonderabfällen von wirtschaftlichem Interesse werden.

2.2. Entwicklung der Gas- und Speicherwirtschaft in Deutschland

Ab 1960 wurde Erdgas zur Gasversorgung eingesetzt. Bereits 1970 wurden rd. 15 Mrd. m³ in das Versorgungsnetz eingespeist. Die bis zu diesem Zeitpunkt in Betrieb gegangenen Untergrundgasspeicher dienten zur regionalen Stabilisierung der auf Stadt-, Kokerei- und Raffineriegase beruhenden Gasversorgung und wurden später auf Erdgas umgestellt. Anfang der 90er Jahre erreichte der Erdgaseinsatz die Größenordnung von 80 Mrd. m³ und wurde mit einem Anteil von rd. 20 % nach Kohle und Erdöl der dritte wichtige Primärenergieträger. Diese Entwicklung setzt sich fort, 1996/97 wurden bereits mehr als 100 Mrd. m³ Erdgas eingesetzt. Die Untergrundgasspeicherung folgte mit einigen Besonderheiten dieser Entwicklung.

Ein Vergleich der detaillierten Speicherstatistik nach SEDLACEK & STANCU-KRISTOFF 1993 und SEDLACEK 1997 belegt die unter 2.1 vorgenommene wirtschaftsgeologische Charakteristik der Untergrundspeicher:

- Der Neuzugang an Kavernenspeichervorhaben mit der aufwendigen Soleentsorgung durch unterirdische Verpressung orientiert auf kleine bis mittlere Speicherkapazitäten und stellt Vorhaben regionaler Gasversorger dar (Kraak, Rüdersdorf, Reckrod). Das inzwischen angezeigte großdimensionierte Kavernenvorhaben Peckensen der Erdöl-Erdgas Gommern GmbH (EEG) soll mit 700 Mio m³ Arbeitsgas offensichtlich vor dem Hintergrund der neuen russischen Erdgasimporte über die Jamal-Ferngasleitung errichtet werden. Mit der vorgesehenen Soleverpressung in die weitgehend abgebauten Erdgaslagerstätten der Altmark wird eine neue, ökologisch wie ökonomisch vorteilhafte Technologie angewandt.
- Der Zuwachs an Porenspeichern verschiebt sich eindeutig zugunsten der Umstellung abgebauter Kohlenwasserstofflagerstätten und der Erweiterung bestehender Speicher. So

wurde von der Gaz de France mit der Absicht, die Berliner Gaswerke Gesellschaft (GASAG) zu kaufen, gleichzeitig eine mögliche Erweiterung des Aquiferspeichers Berlin-Spandau von 315 Mio m³ auf 1 Mrd. m³ Arbeitsgas angezeigt. Das entspricht voll der bereits bei der Übernahme der EEG 1994 geäußerten Option der Gaz de France, nach dem Abbau der Erdgaslagerstätten die Altmark zu einem der größten Standorte für die Transitgasspeicherung auszubauen. Beide Vorhaben, Peckensen wie gegebenenfalls Berlin-Spandau, sind auf eine mittelfristige Steigerung des Erdgaseinsatzes ausgerichtet. Sie führen zu keinen Veränderungen in der Größenordnung der derzeit noch absehbaren Speicherentwicklung, zumal das 1992 noch mit 500 Mio m³ erfaßte Speichervorhaben (1997 noch 150-50 Mio m³) nach dem uns bekannten Aufsuchungsverlauf für 1996/97 nicht mehr betrachtet wird.

Im Vergleich zur Abbauentwicklung der inländischen Gaslagerstätten kann eingeschätzt werden, dass das Angebot der auf Gasspeicherung umstellbaren Erdgaslagerstätten gegenwärtig noch nicht annähernd ausgeschöpft wird. Das betrifft sowohl das Alpenvorland als auch das Nordwestdeutsche Becken. Im Nordwestdeutschen Becken dürften die abgebauten Erdöl-/Erdgaslagerstätten als möglicher Solerversenraum zusätzlich die Chancen für eine Kavernenerrichtung in den hier reichlich vorhandenen Salzstrukturen erhöhen.

In der Abbildung 4 wurden nach den Angaben von SEDLACEK & STANCU-KRISTOFF 1993 und SEDLACEK 1997 die in Betrieb bzw. in der Errichtung/Planung befindlichen Untergrund-

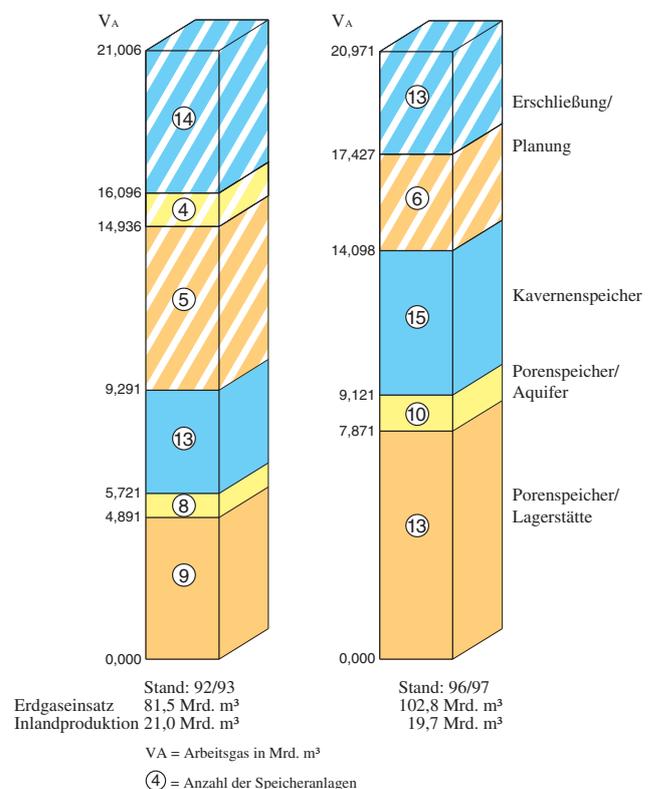


Abb. 4 In Betrieb und in Erschließung/Planung befindliche UGS

gasspeicher nach Art, Anzahl und gesamtem maximalen Arbeitsgasvolumen dargestellt. Die Graphik zeigt eine Zunahme des Erdgaseinsatzes von 26 % von 1992/93 bis 1996/97, während sich im gleichen Zeitraum die installierte maximale Speicherkapazität um 52 % erhöhte. Der Anteil des maximalen speicherbaren Erdgases am Erdgaseinsatz erhöhte sich von 11,4 % auf 13,7 %. Bemerkenswert ist, dass im genannten Zeitraum die Summe der in Betrieb und in der Errichtung/Planung befindlichen Speicherkapazitäten konstant geblieben ist. Es ergibt sich zwangsläufig die Frage, welcher Anteil des jährlichen Erdgasverbrauches im Interesse der Versorgungssicherheit als maximale Speicherkapazität vorzuhalten ist und ob bereits Anfang der 90er Jahre eine Abdeckung des mittelfristigen Speicherbedarfs erreicht wurde.

Nach den zur Verfügung stehenden statistischen Angaben der Firmen können dazu nur grobe Trendabschätzungen vorgenommen werden. Insbesondere muss beachtet werden, dass mit der Inbetriebnahme von Porenspeichern diese in der Regel für die vorgesehenen maximalen Arbeitsgasvolumina technisch installiert wurden, der Füllungsstand der Speicher erst nach mehreren Jahren entsprechende Gasumsätze im Dauerbetrieb ermöglicht. Ebenso stellt bei Kavernenfeldern das Solen der Einzelkavernen und deren schrittweise Inbetriebnahme einen langjährigen Prozess dar.

Geht man von dem in SEDLACEK & STANCU-KRISTOFF 1993 für das Jahr 1992 mitgeteilten monatlichen Gasverbrauch aus, schwankt dieser von 135 % (Januar) bis 62 % (August), bezogen auf den mittleren monatlichen Erdgaseinsatz. Rein statistisch wären für einen jährlichen Ausgleich rd. 9,75 Mrd. m³, d. h. 12 % des für 1992 mit 81,5 Mrd. m³ angegebenen Erdgaseinsatzes erforderlich. Danach war bereits 1992 der saisonale Speicherbedarf gedeckt und 1996/97 bei einem Erdgaseinsatz von 102,8 Mrd. m³ und einer errichteten maximalen Speicherkapazität von 14,1 Mrd. m³ bereits ein Vorlauf für einen künftigen Bedarf von 117,5 Mrd. m³/a erreicht bzw. bei Realisierung der 1996/97 noch geplanten Speichervorhaben für 175 Mrd. m³ geschaffen. Diese formalstatistische Aussage erklärt nicht nur das Stagnieren der Speicherentwicklung bis 1997, sie weist auch eine wirtschaftspolitische Plausibilität auf. Mit dem Ende des kalten Krieges und der zunehmenden Globalisierung der Wirtschaft entfällt die bis Ende der 80er Jahre vorhandene Notwendigkeit der Anlage strategischer Reserven. Die Aufgabe von 10 Rohölkavernen und ihre Umrüstung auf Gasspeicherung belegen zunächst diese Aussage (s. SEDLACEK 1997).

Der nunmehr scheinbar verbesserten Prognostizierbarkeit der weiteren Speicherbedarfentwicklung stehen jedoch absehbar qualitativ neue, derzeit aber kaum quantitativ abschätzbare Trends in der Gaswirtschaft gegenüber:

- Mit der bevorstehenden Liberalisierung des Gasmarktes kann nicht ausgeschlossen werden, dass nunmehr aus preispolitischen Gründen ein erneuter Schub in der Speicherwirtschaft eintreten kann. Dieser wäre nicht mehr allein aus der Versorgungssicherheit für den deutschen Inlandbedarf prognostizierbar. Die historisch entstandene Bindung der Speicherstandorte an die Absatzgebiete bzw. an deren

Transportsysteme wird sich verlieren. Entscheidend werden das Angebot kostengünstiger Speichermöglichkeiten und deren rechtlichen bzw. wirtschaftlichen Zugriffsmöglichkeiten durch die konkurrierenden Firmengruppen.

- Bei einem mittelfristig nicht ausschließbaren Ausstieg aus der Kernenergie würden sich für Erdgas Expansionschancen auch im Mittel- und Grundlastbereich der Elektroenergieerzeugung ergeben, ebenso wie nach den Ergebnissen der 6. Internationalen Weltkonferenz für Erdgasfahrzeuge (NGV 98) in Köln eine künftige Erschließung des Kraftstoffmarktes durch Erdgas immer wahrscheinlicher wird. Auch wenn sich diese möglichen Zukunftsmärkte gegenüber dem Wärmemarkt durch eine geringere Saisonabhängigkeit auszeichnen, dürften sie nicht ohne Einfluss auf die Speicherwirtschaft bleiben.

3. Bewertung zukünftiger Untergrundgasspeicherung in Brandenburg

Für die Beurteilung des zukünftigen Stellenwertes Brandenburgs in der deutschen Gas- und Speicherwirtschaft sind entsprechend dem unter Pkt. 2.2 diskutierten Trend die geologischen Speichermöglichkeiten des Landes dahingehend zu bewerten, dass

- für die Ferngasversorger insbesondere abgebaute bzw. noch abbaubare Erdgaslagerstätten sowie ohne wesentliche ökologische Akzeptanzprobleme errichtbare Kavernenspeicher (u. a. Kavernenzuwachs aus der industriellen Salzgewinnung) vorrangig von wirtschaftlichem Interesse sein werden,
- die Neuanlage von Aquiferspeichern und von Kavernenspeichern mit aufwendiger Soleverpressung in Aquifere nur für regionale Gasversorger infrage kommen dürfte, wenn das Versorgungsgebiet keine günstigeren geologisch-infrastrukturellen Möglichkeiten aufweist. In diesem Falle kann von einer maximalen Speicherkapazität von 12 % des jährlichen Gasabsatzes auf dem Wärmemarkt ausgegangen werden, wobei die geologisch-technischen Grenzen einer Kapazitätserhöhung im Interesse der Selbstkostensenkung unter den Bedingungen der Liberalisierung und der Erweiterung des Gasmarktes erreicht werden könnten.

3.1. Geologisch-infrastrukturelle Voraussetzungen für die Bewertung

Durch die früheren intensiven, vorrangig auf Erdöl/Erdgas gerichteten Such- und Erkundungsarbeiten liegt für Brandenburg ein guter Kenntnisstand zum regionalgeologischen Bauplan vor. Er ermöglicht es, alle Strukturen, die für die technische Anlage von Kavernen- und Porenspeichern (Aquiferspeicher sowie auf Speicherbetrieb umstellbare Kohlenwasserstofflager) geologisch geeignet sind, zu erfassen. Es muss davon ausgegangen werden, dass die beiden Hauptvorfluter Brandenburgs für einen Abschlag der bei einer Kavernenerrichtung anfallenden Solen wenig geeignet sind:

- Die Elbe soll in ihrer gegenwärtigen Salzbelastung entsprechend der Elbkonvention langfristig auf 200 mg Cl/l abgesenkt werden.

- Gegenüber dieser Zielstellung weist die Oder mit Spitzenwerten von 125 mg Cl/l noch "Reserven" auf, eine zusätzliche Salzbefrachtung stößt insbesondere vor dem Hintergrund des Naturparks Unteres Odertal auf Akzeptanzprobleme.

Bei der Bewertung der Salzstrukturen muss daher vorrangig von einer unterirdischen Verpressung der bei einer Kavernenerrichtung anfallenden Solen ausgegangen werden. Nach der Modellierung für das Kavernenspeichervorhaben Rüdersdorf kann die dabei auftretende Druckkinanspruchnahme der mesozoischen Aquifere größenordnungsmäßig eingeschätzt werden. Ebenso ist die Druckkinanspruchnahme durch die Schichtwasserverdrängung bei der Speichererrichtung der UGS Ketzin und Buchholz verallgemeinerbar.

Bevor die seitens des Reservoirangebotes errichtbaren Speicherpotentiale Brandenburgs abgeschätzt werden, soll das Inventar der für eine technische Speicheranlage geologisch geeigneten Strukturen erläutert werden.

3.2. Inventar der für eine technische Anlage von Untergrundgasspeichern geologisch geeigneten Strukturen

Die in Brandenburg erfassten Strukturen, die sich für die technische Anlage von Kavernen- und Aquiferspeichern geologisch eignen, sowie die Erdgaslagerstätten, für die eine Umstellung auf Speicherbetrieb geologisch möglich ist, sind in Abbildung 5 dargestellt. Im Einzelnen sind folgende Anmerkungen erforderlich:

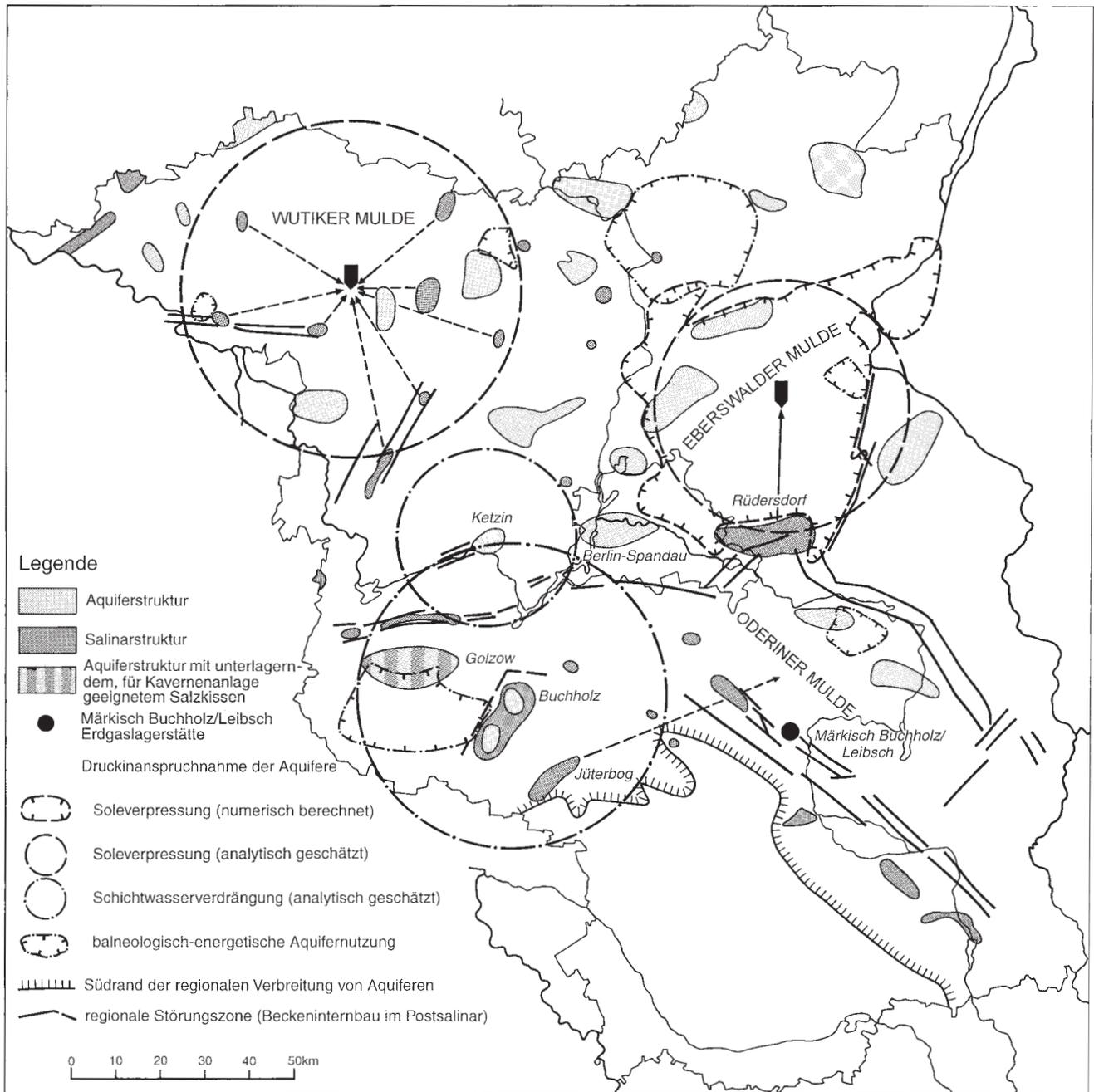


Abb. 5 Speicherstrukturen in Brandenburg

- Auf Speicherbetrieb umstellbare Erdgaslagerstätten

Die Kohlenwasserstoffführung beschränkt sich in Brandenburg im Wesentlichen auf das Staßfurtkarbonat am Südrand des Zechsteinbeckens (Lausitz). Bis auf die größere Erdgaslagerstätte Märkisch Buchholz/Leibsch am Plattformhang sind die an den Plattformrand und die Lagune gebundenen Erdöl/Erdgaslager, geologisch bedingt, klein und kompliziert gebaut. Diese Lagerstätten ermöglichen zeitweise eine bescheidene Erdöl/Erdgasförderung. Derzeit sind sie weitgehend abgebaut. Trotz z. T. erheblicher Sondenleistung sind die angeschlossenen Reservoirs klein und innerhalb der Strukturen nur lokal ausgebildet. Für eine Umstellung auf einen Speicherbetrieb sind diese Erdöl/Erdgaslagerstätten daher nicht geeignet.

Bei der relativ großen Erdgaslagerstätte Märkisch Buchholz/Leibsch handelt es sich um Schwach- und Sauggas mit Kondensatführung. Sie ist an eine lokale Sonderausbildung des Staßfurtkarbonates am Plattformhang gebunden. Die gasführenden, leistungsstarken Porenspeicher besitzen nur ein beschränktes Rand- und Sohlenwasserreservoir. Aus dieser Sicht bietet sich die Lagerstätte für eine Umstellung auf Speicherung an, vorausgesetzt, dass Gas und Kondensat weitgehend abgebaut werden können. Gegenwärtig wird erwogen, die Gaslagerstätte für eine Verstromung abzubauen, da ein Ferngasabsatz zusätzlich zur Kondensatabscheidung/Entschwefelung noch eine Anreicherung erforderlich machen würde. Die prinzipielle Nutzbarkeit als Speicher könnte durchaus die Entscheidung zum Lagerstättenabbau mit beeinflussen. In der dargelegten Situation stellt die Lagerstätte vorerst noch kein bereits für eine mittelfristige Speicherprognose zu berücksichtigendes Potential dar.

Die einzige im Land Brandenburg im Rotliegenden nachgewiesene Gaslagerstätte Rüdersdorf ist nicht für eine Gasspeicherung geeignet. Die in einer Teufe von etwa 3 200 m befindliche Lagerstätte besitzt nicht die erforderlichen Speichereigenschaften und ist nach Einstellung der Förderung im Jahre 1991 noch etwa zur Hälfte mit einem N_2 -reichen (94 %) Gas gefüllt, das zu erheblichen Vermischungsproblemen führen würde.

- Aquiferstrukturen, die für die technische Anlage von Porenspeichern geologisch geeignet sind

Anhand des bekannten Strukturfonds in Berlin-Brandenburg und der regionalen Verbreitung und faziellen Entwicklung der mesozoischen Aquifere einschließlich ihrer Deckschichten wurden jene als "Speicherstrukturen" ausgewählt, die bis zu einer Teufe = 1 400 m abgedeckte Aquifere in einer strukturellen spillpoint-Situation (\approx Aufnahmevermögen) mit einem größeren Reservoiranschluss enthalten. Insgesamt konnten nach diesen Prämissen 23 Aquiferstrukturen (einschließlich der Strukturen Ketzin, Buchholz und Berlin-Spandau³⁾ mit den in Betrieb befindlichen UGS) ausgehalten werden, davon zwei mit drei Aquiferen und sechs mit zwei Aquiferen.

³⁾ Die Struktur Berlin-Spandau liegt mit ihrer Westflanke teilweise in Brandenburg und wurde mit erfasst, zumal gas- und speicherwirtschaftlich Berlin und Brandenburg im Zusammenhang zu betrachten sind.

- Salzstrukturen, die für die technische Anlage von Kavernenspeichern geologisch geeignet sind

Die Salzstrukturen wurden nach den regionalgeologischen Unterlagen in Verbindung mit den vorhandenen Bohrungen dokumentiert und bewertet. Sie wurden nach der Teufe der Salzoberkante, der Mächtigkeit und Fläche des Salzkörpers erfasst und soweit erkennbar, nach seiner allgemeinen Konfiguration auf die vermutliche Kompliziertheit im Internbau geschlossen. Der analysierte Fonds an Salzstrukturen wurde für eine Kavernenerrichtung nach folgenden Kriterien als perspektiv bzw. eingeschränkt perspektiv bewertet:

perspektiv: Teufenlage der Salzoberfläche < 1 000 m, Salzmächtigkeiten > 150 m, Internbau vermutlich wenig kompliziert, Anlage von einem Kavernenfeld > 10 Kavernen möglich;

eingeschränkt perspektiv: Teufenlage der Salzoberfläche 1 000 – 1 500 m, Salzmächtigkeiten 50 - 150 m; vermutlich komplizierter Internbau, Anlage von Einzelkavernen möglich;

Zusätzlich wurde die Position der Salzstrukturen hinsichtlich der Verbreitung von Aquiferen als potentielle Versenkräume berücksichtigt, ebenso wie die Bereitstellungsmöglichkeiten von Solwasser. Insgesamt wurden 19 perspektive Salzstrukturen und 12 Salzstrukturen eingeschränkter Perspektivität ausgewiesen.

3.3. Reservoirmechanische Bewertung der Speichermöglichkeiten

Ausgehend von der plausiblen Annahme, dass größere Kavernenspeichervorhaben in Brandenburg im Wesentlichen nur bei unterirdischer Verpressung der anfallenden Sole errichtet werden können, werden die Möglichkeiten der Untergrundgasspeicherung insgesamt vom Aufnahmevermögen der Aquiferreservoirs für verdrängte Schichtwässer bei UGS vom Aquifertyp sowie für die aus Kavernenspeichern zu verpressende Sole gleichermaßen bestimmt.

Das Reservoirangebot der Aquifere ist in Brandenburg in seiner Größenordnung und seiner Verteilung in den Grundzügen bekannt. Eine theoretische Berechnung, wieviel m^3 unterirdischer Speicherraum für eine Erdgasspeicherung diesem Reservoirangebot in Brandenburg zuzumessen ist, ist wenig sinnvoll. So entspricht ein m^3 verdrängtes Schichtwasser in einem Aquiferspeicher nur 0,12-0,15 m^3 in gesolten Kavernen. Des Weiteren sind Aquiferareale auch für anderweitige, wie balneologisch-energetische Nutzungsvorhaben bei der Druckinanspruchnahme durch die Untergrundgasspeicherung zu berücksichtigen, ebenso wie Kavernenspeicher gegebenenfalls für die Deponie von Sonderabfällen vorsorgepolitisch mit ins Kalkül zu ziehen sind. Bei dem Ausmaß der Druckinanspruchnahme von Aquiferen durch fluidbergbauliche Nutzungen, zu denen sachlich auch die Untergrundgasspeicherung zu rechnen ist, dürften die Ländergrenzen im Nordostdeutschen Becken keine Bemessungs- bzw. Bewertungsgrenze sein.

Die Vielfalt und die volkswirtschaftliche Bedeutung fluidbergbaulicher Aquifernutzungen (unterirdischer Speicher- und Deponieraum, hydrothermal lösbare Erdwärme können nicht wie andere Bergbauprodukte importiert werden) erfordern jedoch vorhabensbezogene Berechnungs- und Bewertungsprämissen für die Druckinanspruchnahme der Aquifere. Nach diesen muss die beteiligte geologische Fachbehörde in bergrechtlichen Erlaubnis- und Bewilligungsverfahren das "öffentliche Interesse" entsprechend § 11/12 Nr. 8-10 BBergG im Sinne einer "unterirdischen Raumordnung" beurteilen sowie in Betriebsplanverfahren die Fläche abgrenzen, für die eine mögliche Gefährdung der öffentlichen wie Bergsicherheit (insbesondere des Schutzgutes Grundwasserstockwerk) aus geologischer Sicht zu begutachten ist.

Für eine erste Abschätzung der Druckinanspruchnahme durch die Untergrundgasspeicherung in Aquifern konnte auf die Untergrundgasspeicher Ketzin und Buchholz zurückgegriffen werden. Bei ihrer Errichtung wurden Schichtwässer in der Größenordnung von 10 Mio m³ und mehr verdrängt. Beide Speicher werden im Aquifergleichgewicht gefahren, wobei der mittlere Speicherdruck bei der restlichen Aquiferbespannung infolge der Schichtwasserverdrängung über dem initialen Schichtdruck liegt. Die Druckverhältnisse in einem Aquiferspeicher wurden in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

In Buchholz (310 Mio m³ Gesamt- bei 125 Mio m³ Arbeitsgas) erreicht die Aquiferbespannung in der Detfurthfolge des Mittleren Buntsandsteins bis zu einer gegen Null gehenden Schichtdruckerhöhung nach Betreiberangaben einen Radius von ca. 50 km. Auf Grund der günstigeren Speichereigenschaften im Hettang behält sich der Betreiber des UGS Ketzin (350 Mio m³ Gesamt- bei 135 Mio m³ Arbeitsgas) einen Radius von 20 km vor, innerhalb dessen anderweitige Aquifernutzungen zu Störungen im Betriebsregime führen würden. Die angegebenen Druckinanspruchnahmen wurden in Abbildung 5 als Schlagkreise dargestellt.

Diese analytischen Abschätzungen vernachlässigen zwangsläufig erkannte Trends in der Speicherentwicklung, ebenso wie faziell und/oder strukturell bedingte Reservoirberandungen nur äußerst grob durch die Berechnungsgeometrie (radial- oder halbradialsymmetrisch) berücksichtigt werden können. Trotz grober Approximationen ermöglichen sie erste Bewertungen der Druckinanspruchnahme, wie sie

- für Machbarkeitsstudien von Aquifernutzungen (Überprüfung für realisierbare Förder- bzw. Verpressraten eines Vorhabens) und
- für die gegebenenfalls in ihrem Ergebnis zu beantragenden Erlaubnisfelder (bei empirischer Anpassung der radialen Druckentwicklungen an den regionalgeologischen Bauplan - so die in Abbildung 5 für balneologisch-energetischen Aquifernutzungen dargestellten Erlaubnisfelder, vgl. MANHENKE et al. in diesem Heft).

erforderlich sind. Die Erwartungshaltung des LGRB wurde von der Vorhabensentwicklung Kavernenspeicher Rüdersdorf gestützt. Die bei der geplanten Errichtung von 4 Kavernen im Salzkissen Rüdersdorf (300 Mio m³ Arbeitsgas) insgesamt 17 Mio m³ anfallende Sole soll mit 300 m³/h über rd. 7

Jahre in 4 mesozoische Aquifere der Eberswalder Mulde verpresst werden. In einer Standortstudie wurde zunächst analytisch die grundsätzliche geologisch-technische Machbarkeit bei variabler Ratenaufteilung auf die einzelnen Aquifere untersucht (nach technisch beherrschbaren Fließdrücken in den Sonden bei regionalgeologisch realisierbaren Druckausbreitungen). Im Ergebnis dieser Studie erfolgte für erste genehmigungsrechtliche Schritte eine aquiferweise 3 D-Simulation, die den regionalgeologischen Trend der jeweiligen Speicherentwicklungen sowie Berandungseffekte regionaler Störungszonen semiquantitativ berücksichtigt. Dazu wurden störungsbedingte Kontaktflächenverhältnisse der Aquifere ermittelt und als entsprechende Transmissibilitätsreduktionen modelliert.

Der asymptotische Verlauf der Druckausbreitung erfordert für eine Konturierung der Druckinanspruchnahme der Aquifere eine Grenzwertfestlegung für die Druckerhöhung (ΔP). Diese wurde mit 0,5 bar pragmatisch festgelegt, da erfahrungsgemäß latente geogene Grundwasserabsenkungen bei Absenkungen ab 5 m aktiviert werden sowie bei den Größenordnungen der Verpress- bzw. Verdrängungsdrücke ein ΔP von 0,5 bar im Bereich der geologisch-reservoirmechanischen Erkenntnisschärfe liegen dürfte.

Die nach den dargelegten Gesichtspunkten durchgeführten Modellierungsarbeiten der vorgesehenen Soleverpressung Rüdersdorf in die Eberswalder Mulde ergeben eine Druckinanspruchnahme über eine Fläche von rd. 3 000 km², deren Kontur in Abbildung 5 dargestellt wurde. Die für die 4 Aquifere analytisch mit ca. 25-30 km vorausberechneten Reichweiten wurden als "mittlerer" Schlagkreis dem numerischen Ergebnis gegenübergestellt und belegen bei Beachtung "regionalgeologischer Deformationen" durch Störungszonen und Strukturen die Brauchbarkeit der analytischen Schlagkreismethode für erste Abschätzungen der Druckinanspruchnahme.

3.4. Regionale Verteilung der Speichermöglichkeiten

Benutzt man die für die UGS Ketzin, Buchholz und Rüdersdorf abschätzbaren Druckinanspruchnahmen als Etalon, ist auf der Grundlage der regionalen Verbreitung der Aquifere (Arbeitskarte 1 : 300 000 liegt im LGRB vor) und einer Rayonierung des Landes nach Anzahl und Speicherqualitäten der Aquifere im Profil vom Eozän bis zum Mittleren Buntsandstein folgende "reservoirmechanische Höffigkeitsbewertung" der ausgewiesenen Speicherstrukturen (s. Abb. 5) möglich:

NW- und NE-Brandenburg

In NW-Brandenburg liegt das günstigste Aquiferangebot des Landes vor. Für eine überregionale, großdimensionierte Untergrundgasspeicherung (0,7-1 Mrd. m³ Arbeitsgas mit ca. 40-60 Mio m³ Soleanfall bei einem Kavernenspeicher) bieten sich gleichermaßen zahlreiche geeignete Aquifer- wie Salinarstrukturen an. Für eine Kavernenspeicherung in der genannten Größenordnung würde die Soleverpressung analog Rüdersdorf die vorhandenen Aquifere über eine Fläche von 6 000 bis 9 000 km² druckbeanspruchen. Als Versenkstandort bietet sich sowohl geologisch wie lagemäßig der Raum Wutike an. Die dementsprechende "Schlagkreisdarstellung" in Abbildung 5 zeigt, dass ein großdimensionierter Kaver-

nenspeicher nur in einer von insgesamt 8 dafür strukturell geeigneten Salinarstrukturen errichtet werden könnte. Gleichzeitig würde in diesem Fall für drei Aquiferstrukturen das rein strukturell gegebene Speicherpotential eingeschränkt. Die Errichtung je eines großdimensionierten Aquifer- und Kavernenspeichers schließt sich nicht grundsätzlich aus, sie würde jedoch eine gegenseitige einschränkende Übereinkunft bezüglich der jeweilig zu belegenden Aquifere erfordern. Abbildung 5 zeigt jedoch auch, dass die im Bereich der Landesgrenzen ausgewiesenen Speicherbereiche bezüglich ihrer "reservoirmechanischen Höffigkeit" nicht allein aus Brandenburger Sicht bewertbar sind.

W- und SW-Brandenburg

In diesem Landesteil, in dem sich alle bisher in Berlin-Brandenburg in Betrieb befindlichen UGS konzentrieren, bilden die Sandsteine im Mittleren Buntsandstein ebenso wie in SE-Brandenburg die wichtigsten, regional durchgängigen Aquifere. Während liassische Aquifere im Westteil noch regional verbreitet sind, ist die jüngere Sedimentabfolge mit ihren Aquiferen nur noch in kleineren, lokalen Beckenstrukturen erhalten.

Die in Abbildung 5 für die UGS Ketzin (Lias) und Buchholz (Mittlerer Buntsandstein) dargestellten "Schlagkreise" überlagern sich nur flächenmäßig, jedoch nicht aquiferbezogen. Die Druckinanspruchnahme Buchholz erfasst im Westen noch die gesamte Struktur Golzow. Die noch 1992 für diese Struktur erwogene Absicht, einen Speicher mit 500 Mio m³ Arbeitsgas ebenfalls im Mittleren Buntsandstein zu errichten, hätte folglich zu einer Konfliktsituation mit der vom Betreiber für Buchholz vorbehaltenen Erweiterungsmöglichkeit geführt.

Die vom UGS Berlin-Spandau gegenwärtig bereits erreichte Druckinanspruchnahme ist dem LGRB unbekannt. Eine gegenseitige Beeinflussung Berlin-Spandau - Buchholz kann zunächst wegen der Potsdamer Störungszone begründet vernachlässigt werden. Bei der bereits angekündigten Erweiterungsabsicht in Berlin-Spandau von 315 auf 1 000 Mio m³ muss jedoch mit einer erheblichen Druckinanspruchnahme gerechnet werden, die auch das Territorium Brandenburgs wesentlich berühren wird. Das erfordert eine Untersuchung der Potsdamer Störungszone als Transmissibilitätsbarriere ebenso wie insbesondere die Druckinanspruchnahme der Struktur Flatow (Erlaubnisfeld für einen UGS im Mittleren Buntsandstein) ermittelt werden müsste.

Die in SW-Brandenburg vorhandenen größeren Salzkissen Golzow, Treuenbrietzen sowie Jüterbog sind geologisch für das Solen eines größeren Kavernenspeichers durchaus geeignet, für eine unterirdische Soleentsorgung stehen jedoch die erforderlichen Reservoirs in SW-Brandenburg nicht zur Verfügung. Das wird auch durch entsprechende Studien bestätigt, die die Kommune Luckenwalde für ein Standortangebot Transitgasspeicher im Salzkissen Jüterbog erstellen ließ. Ein derartiger Speicher wäre wasserwirtschaftlich wie geologisch nur mit Halbsolen aus der Oderiner Mulde in SE-Brandenburg und der Reinjektion der Vollsolen in diese realisierbar.

Es muss daher eingeschätzt werden, dass mit den bestehenden UGS Ketzin und Buchholz sowie dem angezeigten Ausbau von Berlin-Spandau auf 1 Mrd m³ Arbeitsgas das Reservoirangebot in W- und SE-Brandenburg für die Errichtung überregionaler Untergrundgasspeicher bereits im Wesentlichen ausgeschöpft ist.

E- und SE-Brandenburg

Mit dem Kavernenvorhaben Rüdersdorf (Soleversenkung in der Eberswalder Mulde) ist das noch verfügbare Reservoirangebot jurassischer Aquifere auf die Oderiner Mulde und den Bereich östlich der Buckower Störungszone beschränkt. Die bereits erwähnte Studie für einen Kavernenspeicher Jüterbog lässt erkennen, dass für größer dimensionierte Kavernenspeicher das Angebot an Versenkreservoirs unzureichend ist. Die Aquifere im Mittleren Buntsandstein besitzen ebenfalls nur eine begrenzte Aufnahmekapazität. Großflächig fehlende regionale Abdecker - Alb, Rupelton, aber auch reduziertes oder abgelaugtes Rötosalinar - stellen ein Gefährdungspotential für das Grundwasserstockwerk, insbesondere im südlichen Abschnitt, dar. Der Mittlere Buntsandstein käme als Aquiferspeicher für die Strukturen Spreenhagen, Birkholz, gegebenenfalls Neutrebbin in Betracht, für letztere möglicherweise auch jüngere Aquifere. Bei Berücksichtigung druckdynamischer Einzugsbereiche würden sich Birkholz und Spreenhagen gegenseitig ausschließen.

Unabhängig von der Aquiferbelastung kann nach erfolgtem Abbau die Lagerstätte Märkisch Buchholz/Leibsch zur Gasspeicherung genutzt werden. Ihr Speicherpotential wäre deutlich größer als das aller derzeitigen und geplanten Untergrundgasspeicher in Brandenburg zusammen.

Zusammenfassung

Basierend auf einer wirtschaftsgeologischen Analyse wird die Entwicklung der Untergrundgasspeicherung in Deutschland prognostiziert. Im Rahmen dieser Entwicklung werden die Perspektiven in Brandenburg unter geologisch-infrastrukturellen und geologisch-reservoirmechanischen Voraussetzungen bewertet. In Brandenburg ist eine Vielzahl geologischer Strukturen nachgewiesen, die für die Anlage von Aquifer- und Kavernenspeichern geeignet sind. Unter der Prämisse, dass die bei der Errichtung von Kavernenspeichern anfallende Sole in Aquifere verpresst werden muss, ist das verfügbare Potential an Aquiferen für Kavernen- wie für Aquiferspeicher gleichermaßen das begrenzende Kriterium. Durch die bestehenden Aquiferspeicher Ketzin, Buchholz (und Berlin) sowie des geplanten Kavernenspeichervorhabens Rüdersdorf sind bereits Aquifere über große Flächen druckbeansprucht. Das noch druckunbeeinflusste Potential der Aquifere beschränkt aus reservoirmechanischer Sicht das weitaus größere geologische Strukturpotential. Die Speichermöglichkeiten für Brandenburg werden dargestellt.

Summary

The development of the underground gas storage in Germany is prognosticated basing on a economic-geological analysis. Within the scope of this development the perspectives of

Brandenburg concerning the geologic - infrastructural and geologic - reservoir mechanical preconditions are assessed. A lot of geological structures were verified in Brandenburg suitable for the construction of aquifer and cavern stores.

The available potential of aquifers is the limiting criterion for both cavern and aquifer stores assuming that the brine, coming up by the construction of cavern stores, has to be injected into the aquifers. Wide areas of the aquifers are already pressurized by the existing aquifer stores of Ketzin, Buchholz and Berlin as well as the planned cavern store project of Rüdersdorf.

The not yet pressurized potential of the aquifers limits the far larger geologic-structural potential from the reservoir-mechanical point of view. The possibilities of gas storage in Brandenburg are outlined.

Literatur

BEER, H. (1998): Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg - Tiefenlinienkarte der Zechsteinoberfläche Maßstab 1 : 300 000. – Kleinmachnow (unveröff.)

BEER, H. & G. ECKHARDT (1994): Karte der tiefliegenden Bodenschätze des Landes Brandenburg (Vorkommen und Nutzung) Maßstab 1 : 300 000. – Kleinmachnow (unveröff.)

ECKHARDT, G. (1997): Sachstandsbericht - Stand und Entwicklung der Untergrundgasspeicherung in Brandenburg (wirtschaftsgeologische Analyse). - Kleinmachnow (unveröff.)

JAGSCH, R., GRIESBACH, H., ROHLEDER, R. & L. WEBER (1992): Dokumentation Salinarstrukturen und Verpreßräume im Land Brandenburg. - Mittenwalde (unveröff.)

SEDLACEK, R. (1997): Untertagespeicher in Deutschland. - Erdöl Erdgas Kohle **113**, 11, S. 459-462, Hamburg (Urban)

SEDLACEK, R. & G. STANCU-KRISTOFF (1993): Untertagespeicher in Deutschland. - Erdöl Erdgas Kohle **109**, 9, S. 353-359, Hamburg (Urban)

STACKEBRANDT, W., EHMKE, G., & V. MANHENKE (Hrsg.) (1997): Atlas zur Geologie von Brandenburg. - LGRB, Kleinmachnow

Archivunterlagen des LGRB (unveröff.)

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, No. 133

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geol. Gottfried Eckhardt,

Dipl.-Geol. Horst Beer

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

KURZMITTEILUNG

Erste gemeinsame deutsch-polnische Grenzgebietskartierung

FRITZ BROSE

In den Jahren 1996 und 1997 wurde in gemeinsamer Arbeit von polnischen und deutschen Geologen eine Karte der Ressourcen und der Umweltgefährdung im deutsch-polnischen Grenzgebiet auf der Basis von Satellitenaufnahmen im Maßstab 1 : 200 000 geschaffen.

Zusätzlich wurden Luftaufnahmen aus drei unterschiedlichen Zeitabschnitten (1945, 1979–1985, 1997) ausgewertet, um Änderungen der Geoumwelt im Zeitraum eines halben Jahrhunderts zu erfassen.

Die Datenerfassung erfolgte im Maßstab 1 : 100 000 für 1 : 200 000. Nach Ausarbeitung einer gemeinsamen Legende wurden u. a. ausgehalten:

- geomorphologische Haupteinheiten
- lithologische Haupteinheiten
- Lagerstätten und Bergbauegebiete
- unterirdische Grundwasser-Einzugsgebiete
- Schutzgebiete i. w. S.

Die auf dieser Basis erstellte Karte der Ressourcen und umweltrelevanten Änderungen enthält unter anderem Angaben über geomorphologische und lithologische Haupteinheiten, Durchlässigkeit der oberen Deckschichten und damit Hin-

C. SUROWCE MINERALNE MINERALISCHE ROHSTOFFE MINERAL RESOURCES



EKSPLOATACJA ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO
GEWINNUNGSTELLEN: ÖL UND GAS
EXPLOITATION OF OIL AND GAS

WĘGIEL BRUNATNY / BRAUN KOHLE / BROWN COAL



ZŁOŻA UDOKUMENTOWANE I EKSPLOATOWANE
DOKUMENTIERTE LAGERSTATTEN IN ABBAU
DEPOSITS UNDER EXPLOITATION



ZŁOŻA UDOKUMENTOWANE, NIE EKSPLOATOWANE
UNVERNITZTE DOKUMENTIERTE LAGERSTATTEN
EXPLORED DEPOSITS, NO EXPLOITATION



OBSZARY PERSPEKTYWCZNE
VORSORGERAUM FÜR ROHSTOFFSICHERUNG
POTENTIAL AREAS



NIECZYNNIE KOPALNIE
AUFGLASSIGER BERGBAU
ABANDONED MINES

RODZAJ KOPALINY	ZŁOŻE UDOKUMENTOWANE I EKSPLOATOWANE	ZŁOŻE UDOKUMENTOWANE	OBZARY PERSPEKTYWCZNE
ROHSTOFFTYP	DOKUMENTIERTE UND IN ABBAU BEFINDLICHE LAGERSTATTEN	DOKUMENTIERTE LAGERSTATTEN	VORSORGERAUM FÜR ROHSTOFFSICHERUNG
MINERAL COMMODITIES	EXPLORED DEPOSITS UNDER EXPLOITATION	EXPLORED DEPOSITS	POTENTIAL AREAS
KRUSZYWO NATURALNE			
KIESE UND SANDE			
NATURAL AGGREGATE			
SUROWCE ILASTE			
TONROHSTOFFE			
CLAYEY RAW MATERIAL			
TORFY I KREDA JEZIORNIA			
TORFE UND SEEKREIDEN			
PEATS AND LAKE MARLS			

Ausschnitt der Legende zur Karte des Naturraumpotentials im deutsch-polnischen Grenzgebiet

An dem Projekt waren Vertreter der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover und Berlin, des Staatlichen Instituts für Geologie Polen (PIG), Zweigstelle Szczecin und des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) beteiligt.

Unter Einbeziehung der vorliegenden geologischen Kartierungen in verschiedenen Maßstäben wurden Satellitenfotos (Landsat TM und Radaraufnahmen) des Grenzgebietes beiderseits der Oder ausgewertet und durch Geländeuntersuchungen u. a. mit Probeaufnahmen und geochemischer Bewertung sowie die Erfassung weiterer georelevanter Daten verifiziert.

Das in den Untersuchungszeitraum fallende Oderhochwasser des Sommers 1997 konnte voll in die Bearbeitung einbezogen werden. Dazu wurden vier Testgebiete detailliert untersucht.

weise auf den Geschützteitsgrad des Grundwassers, Mineral- und Rohstoffvorkommen sowie Schutzgebiete beiderseits der unteren Oder. Das Kartenwerk besteht aus zwei Einzelkarten sowie einem Dokumentationsband von 25 Seiten; es wurde auf DV-Basis erarbeitet und ist fortschreibungsfähig. Die enge Zusammenarbeit deutscher und polnischer Geologen wird fortgeführt.

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, No. 134

Anschrift des Autors:

Dr. habil. Fritz Brose
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

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).

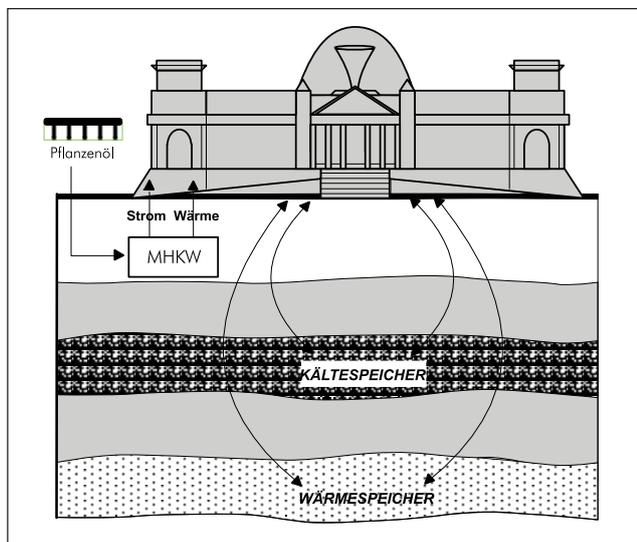


Abb. 1 Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen im Rahmen der Energieversorgung Berliner Parlamentsbauten

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 kanozoischen 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 kanozoischen 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-

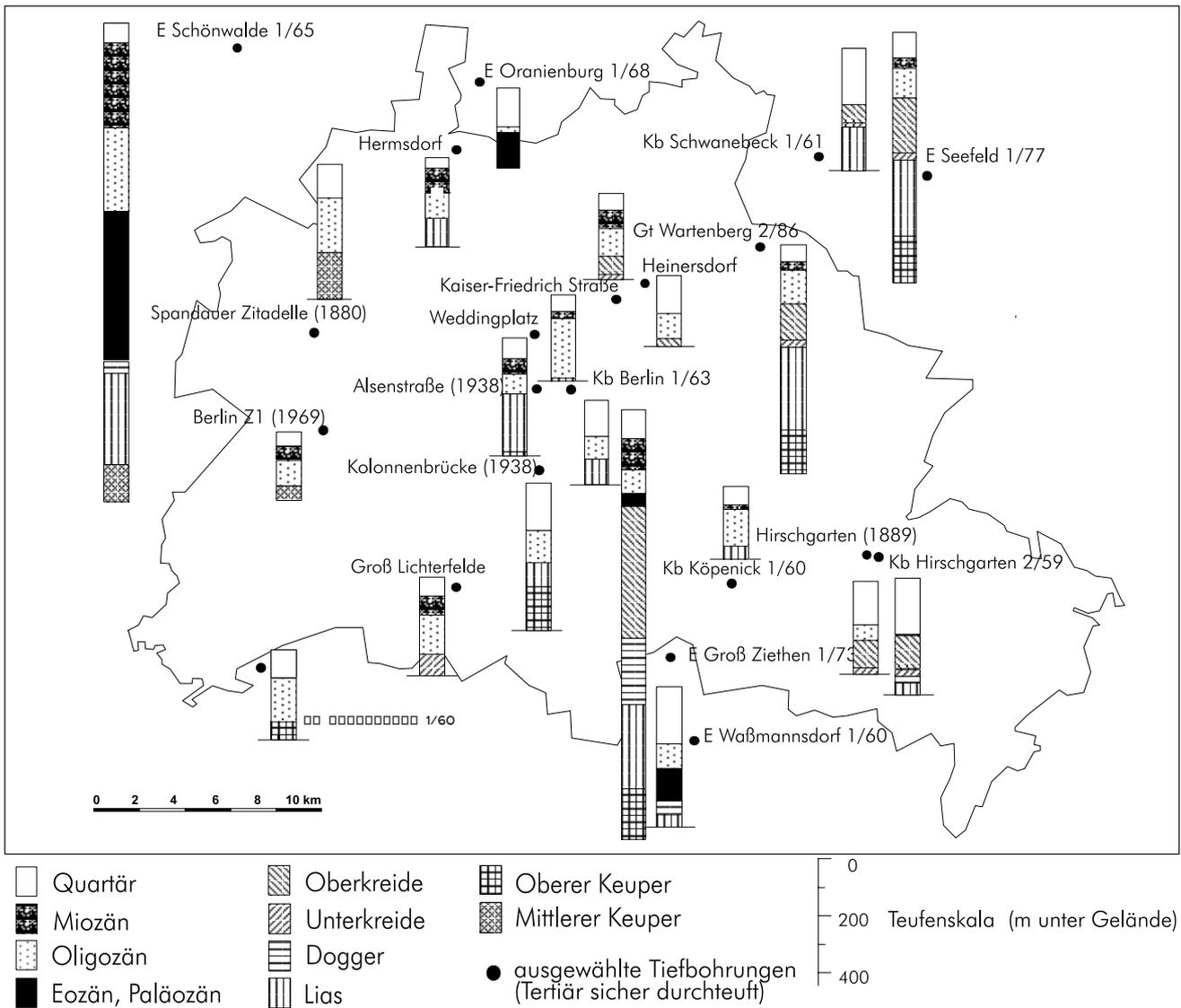


Abb. 2 Tiefbohrprofile Känozoikum/Jüngeres Mesozoikum im Großraum Berlin

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 beitrugen.

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 geteuften 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).

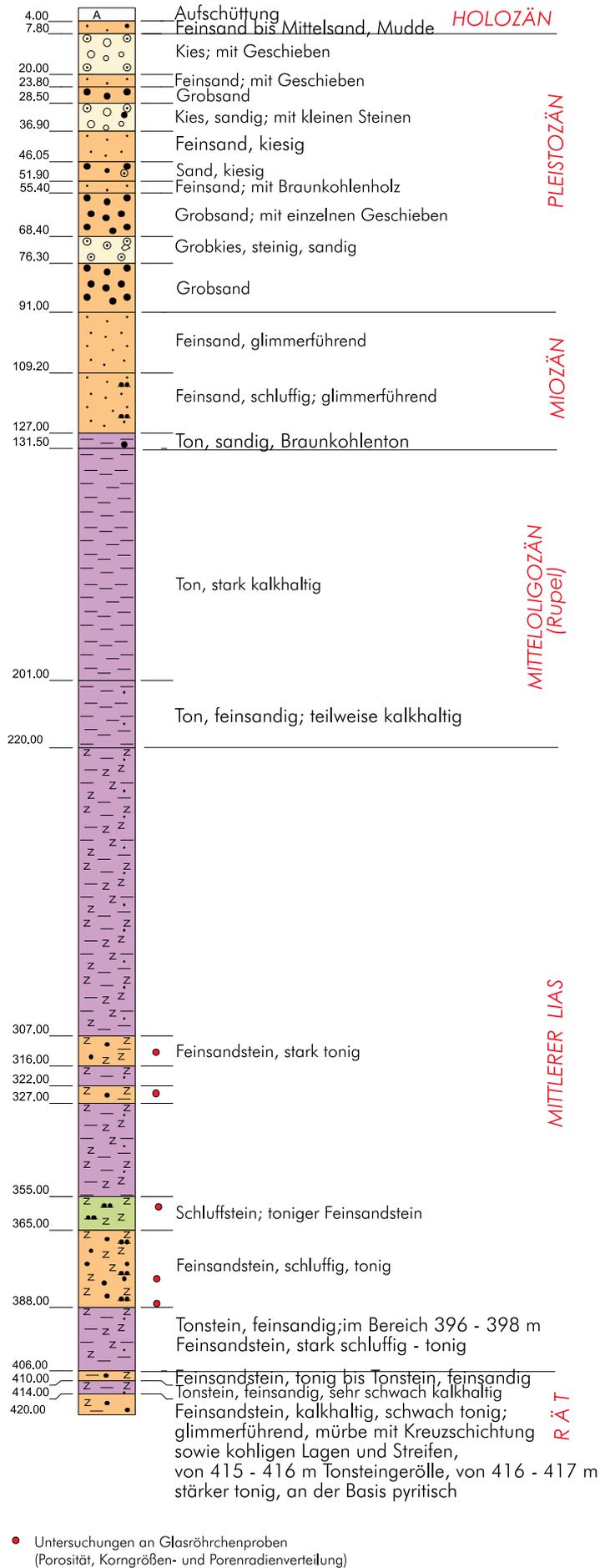


Abb. 3 Lithologisches Übersichtsprofil der Tiefbohrung Alsenstraße, 1938 (Zusammenfassung des Schichtenverzeichnisses von SCHNEIDER & DIETZ 1938)

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.

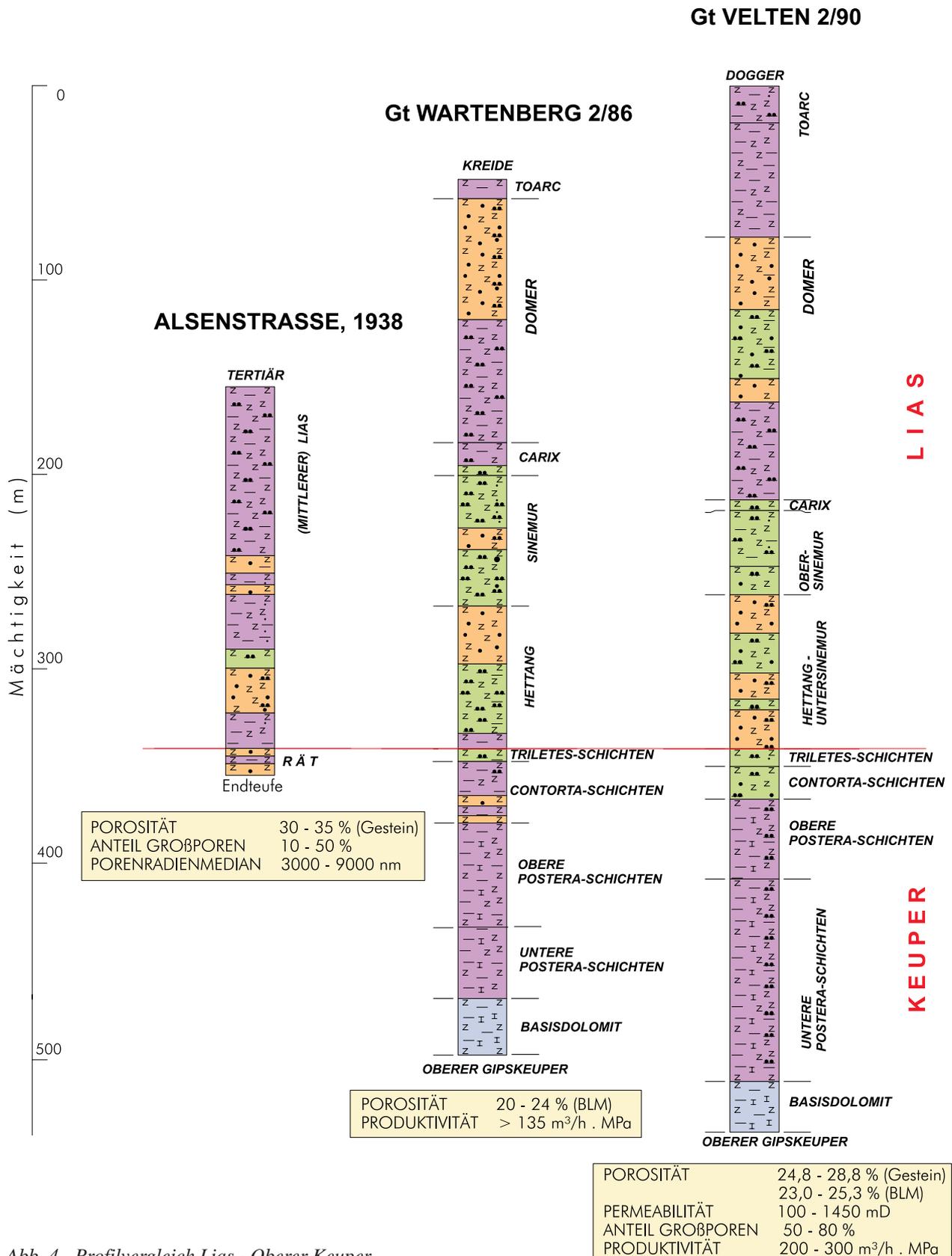


Abb. 4 Profilvergleich Lias - Oberer Keuper

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 Hebungsbereich 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 Hebung- 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 verschiedenen Formationen der jüngeren Trias und des Juras (KARREBERG 1949).

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

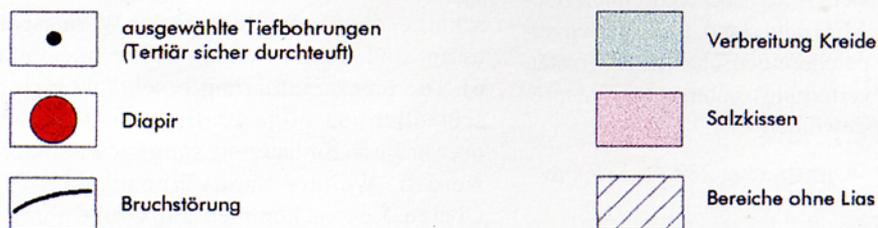
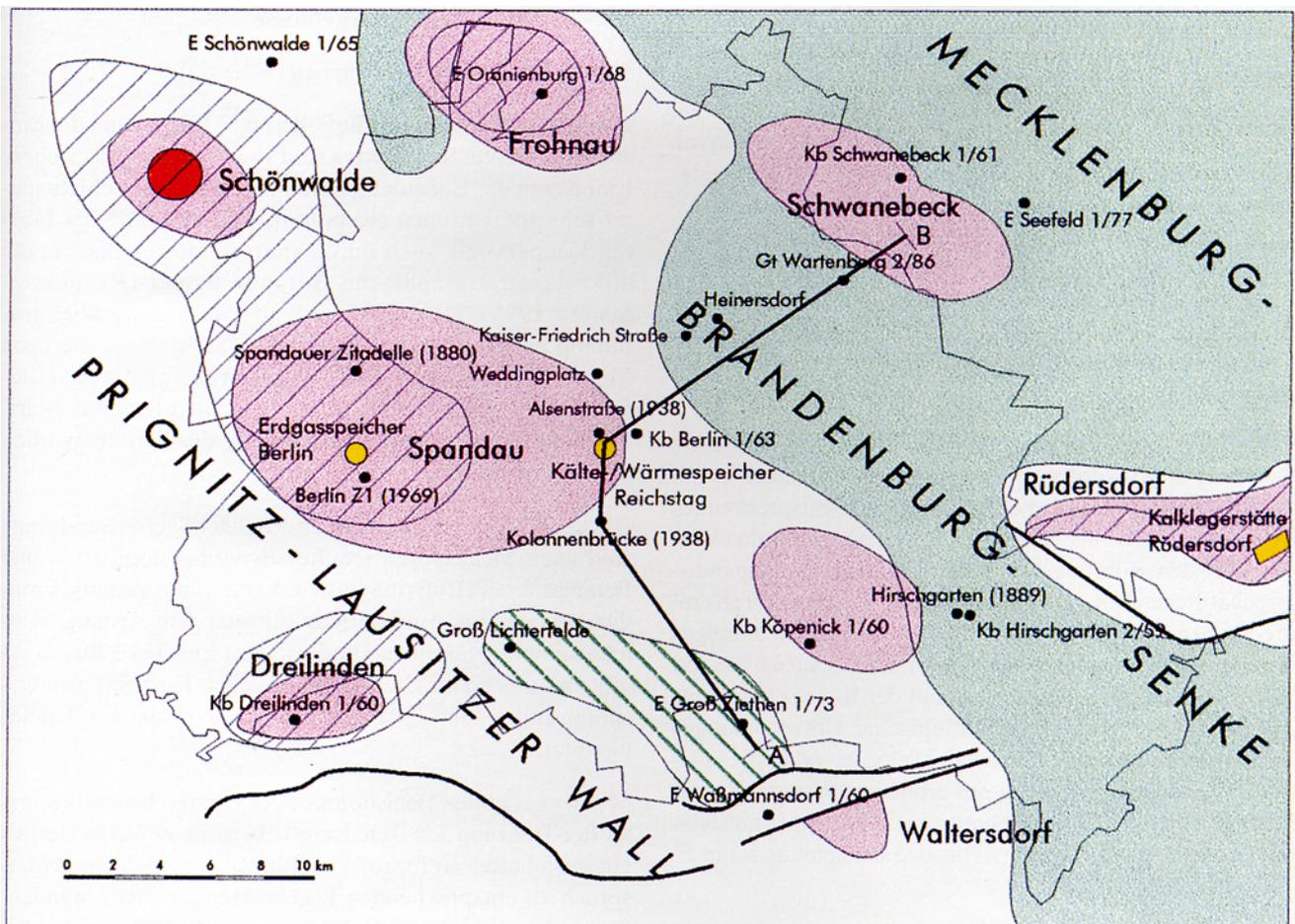


Abb. 5 Regionalgeologische Übersicht

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, Porenradialverteilung) 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 gefördert 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 auf fallend 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.

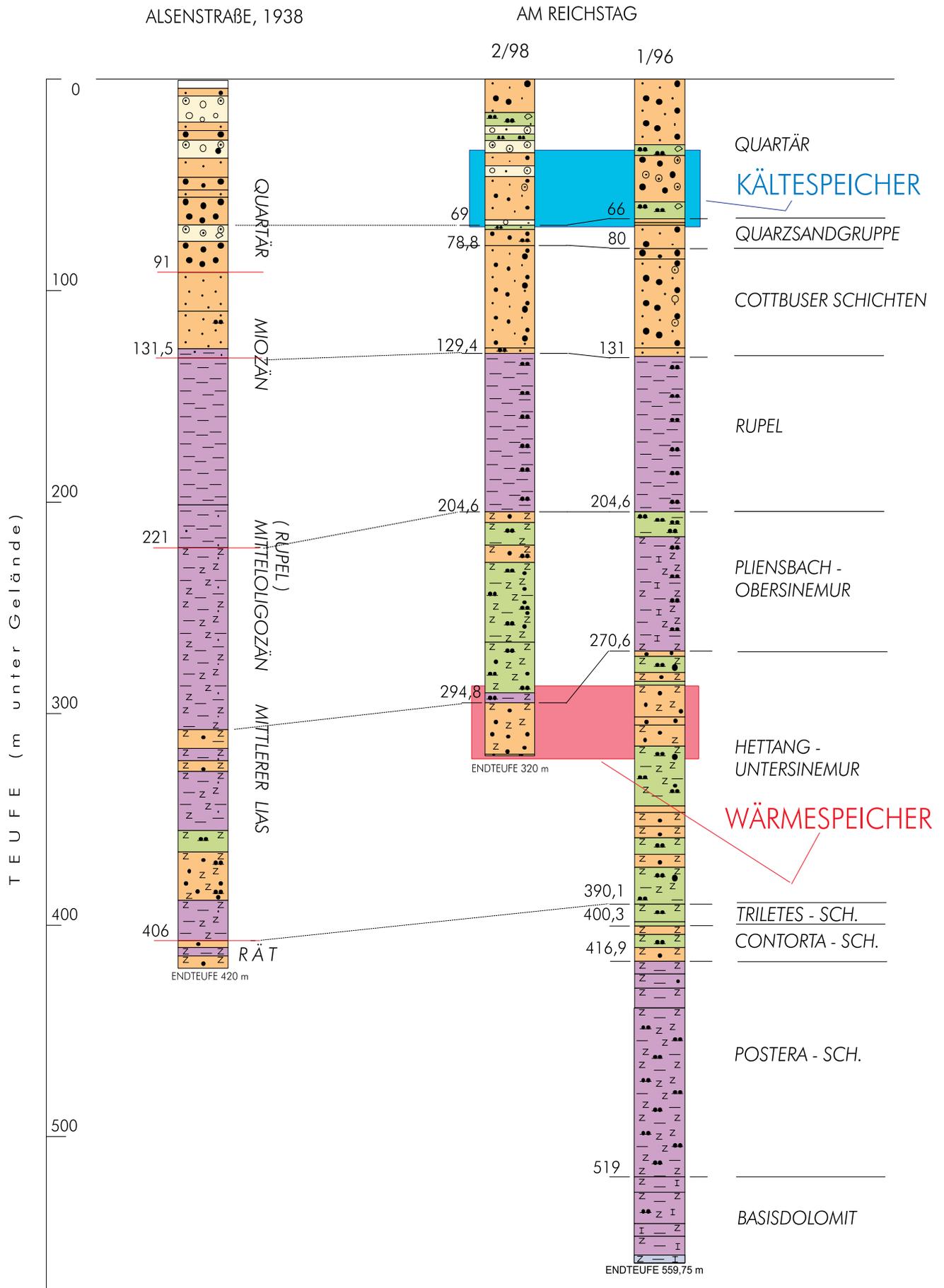


Abb. 6 Geologische Übersichtsprofile Kälte-/Wärmespeicherung Berliner Parlamentsbauten

Tab. 1 Sandsteine > 5 m im Prätertiär der Bohrung Am Reichstag 1/96

SANDSTEIN (m unter Gelände)	MÄCHTIGKEIT ¹⁾ (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	

¹⁾ 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 Profilschnitt 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 Tonstein-komponente 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)
Porenradialmedian (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 geflaschter 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

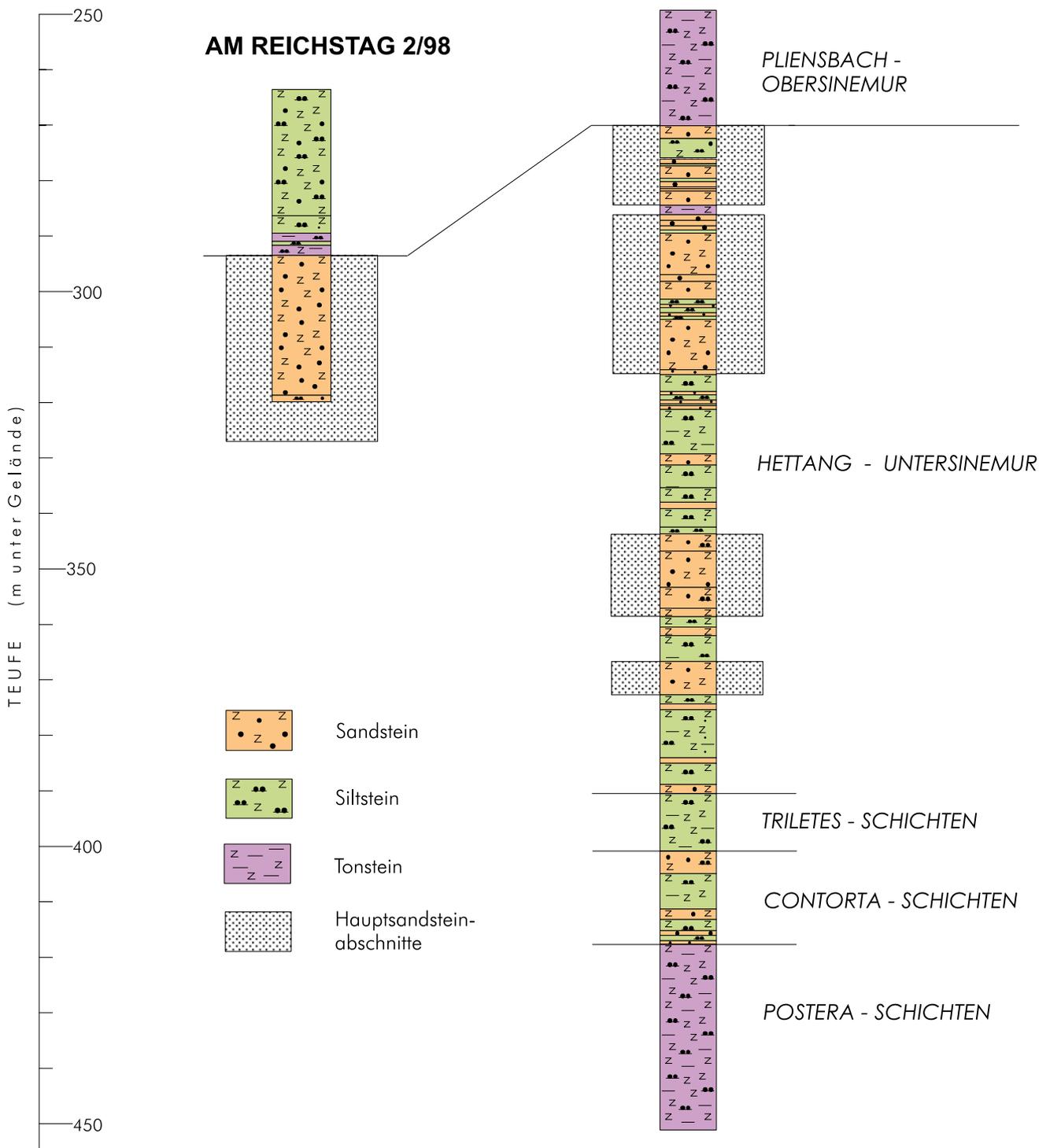


Abb. 7 Lithologische Profile Hettang - Untersinemur und Oberer Keuper Wärmespeicherbohrungen Am Reichstag 1 und 2

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 Quarzanwachsäumen 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 $6 \frac{5}{8}$ " 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 entlöst 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 ³ /h · MPa)	214	200
Transmissivität (m ² /s)	0,0007434	0,00052
Permeabilität (μm ²)	4,3	2

Mit Schichtproduktivitäten von 214 m³/h · MPa (Am Reichstag 1/96) bzw. 200 m³/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 μm² bzw. 2 μm².

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/m³, 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 (CO₂, H₂, O₂) 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(OH₃),

- der Tatsache, dass bei höheren Temperaturen die Gaslöslichkeit sinkt und sich durch Entweichen von CO₂ 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 - Bohrarchiv 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: - Votr. 3. Symp. Erdgekoppelte Wärmepumpen - Systeme zum Heizen und Kühlen, 20. - 22.11.1997, IZW-Bericht 2/97, Rauischholzhausen

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

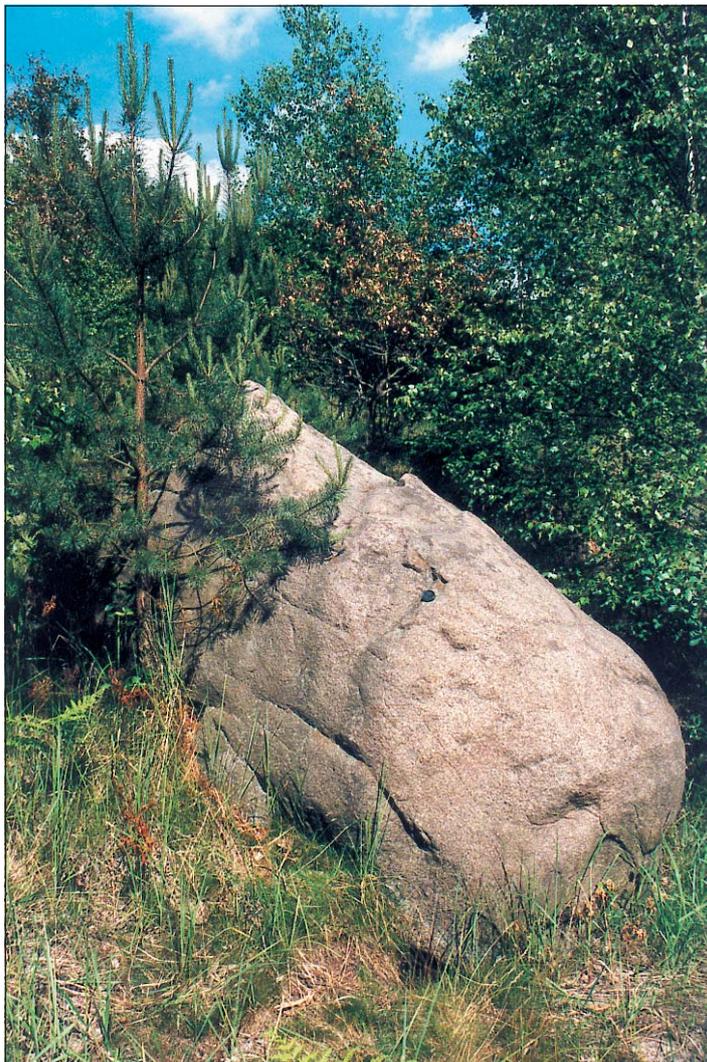
LANDESAMT

Liste der Geotope im Landkreis Potsdam-Mittelmark einschließlich Brandenburg (Havel) und Potsdam (Geotopdatenbank des LGRB)

DIETER GÖLLNITZ

Die Geotopgliederung des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe erfasst neben den hervorhebenswerten Glaziallandschaften (in Potsdam-Mittelmark die Potsdamer Glaziallandschaft und der Hohe Fläming), Bergbaufolgelandschaften (z. B. die Glindower Alpen) und Eisrandlagen (Saale-II [Drenthe] und Brandenburger Stadium der Weichselkaltzeit) geologische Einzelbildungen von besonderer erdgeschichtlicher Bedeutung, Seltenheit, Eigenart, Form oder Schönheit (vgl. GÖLLNITZ, MANHENKE & EHMKE 1996). Im Landkreis Potsdam-Mittelmark sind

- bemerkenswerte Glaziallandschaften
 - Bergbaufolgelandschaften
 - glaziale und periglaziale Bildungen, darunter z. B. Endmoränen und insbesondere Findlinge
 - fluviatile Bildungen
 - äolische Bildungen
 - hydrogeologische Besonderheiten
 - Moore
 - natürliche und abbaubedingte geologische Aufschlüsse
- vorhanden. Außerdem werden weitere Objekte mit geologischem Bezug aufgeführt (geomorphologischer Aussichtspunkt, Findlingsgarten, Denkmal). Als Kartendarstellung wird auf die Karte 4 im Atlas zur Geologie von Brandenburg hingewiesen. Eine Geotopkarte im Maßstab 1 : 100 000 für den Landkreis Potsdam-Mittelmark ist in Vorbereitung (einschließlich Brandenburg und Potsdam). Die makropetrographische Bestimmung der Geschiebe (Findlinge) wurde von Dr. H.U. Thieke, Dr. J. Kopp, M. Pawlitzky, H. Ledder und D. Göllnitz vorgenommen.



Riesenstein bei Rädigke

Foto: D. Göllnitz

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
Glaziallandschaften			
besonders ausgeprägte Glaziallandschaften	Hoher Fläming	Wiesenburg u.a.	größter und höchstgelegener Endmoränenkomplex in Brandenburg
	Marzahner Fenn	Marzahne u.a.	besonders ausgeprägtes Gletscherzungenbecken mit umgebender Stauchmoräne, geologischer Aufschluß am schwarzen Berg
	Potsdamer Glaziallandschaft	Bergholz – Rehbrücke, Potsdam, u.a.	herausragende Einzelobjekte der Potsdamer Glaziallandschaft: Kleiner und Großer Ravensberg, Teufelssee, Moosfenn, Engelsquelle
Bergbaufolgelandschaften			
geologisch bedeutsame Bergbaufolgelandschaften	Wassergefüllte Restlöcher	Götz	Tongrube, wassergefüllte Tonrestlöcher mit stark bewachsenen Zwischenräumen
	Glindower Alpen	Glindow	historischer Tonabbau, glazigenes Stauchungsgebiet
	Niemegker Tonrestlöcher	Niemegk	6 wassergefüllte Tonrestlöcher östlich Niemegk z.Z. noch Abbau von Resttonvorräten. Grundlage zur Entwicklung von Biotopen.
glaziale und periglaziale Bildungen			
Endmoräne /Stauchung	Schwarze Berge	Brandenburg/ Havel	Stauchendmoränen, südlichste Eisrandlage des Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung
	Endmoränenbogen v. Rädcl	Lehnin	"prächtiger Endmoränenbogen" (Marcinek) südlichste Eisrandlage des Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung
	Phöbener Berg	Phöben	Kiessandgrube (rekultiviert), hervorragender Aussichtspunkt
	Götzer Berge	Götz	End-Stauchmoräne, Trockentälchen am Osthang, höchste Stauchmoräne im Potsdam – Brandenburger Havelgebiet
	Garzer oder Briesener Berge	Groß Briesen	Endmoräne, Briesener oder Garzer Berge genannt.Nordrand des Fläming's, Erosionsrand (Unterschnidungshang des Baruther Urstromtals) hervorragender Aussichtspunkt
	Wietkiekenberg	Ferch	höchste Erhebung im Potsdamer Raum, (126,4 m NN) Stauchendmoräne des Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung
	Sander	Beelitzer Sander	Beelitz u.a.
Kames	Krähenberg	Caputh	Kames, besonders schön ausgeprägt

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
glaziale und periglaziale Bildungen			
Toteishohlform / Soll	Gr. Lienewitzsee	Ferch	Toteishohlform
	Teufelssee	Neuseddin	Toteishohlform
	Saugartensee	Caputh	Toteishohlform
	Springbruch	Bergholz - Rehbrücke	besonders mächtige Moorbildung, Niedermoor
	Deetzer Pfuhl	Groß Kreuz	Toteishohlform z.T. wassergefüllt
	Kl. Lienewitzsee	Ferch	Toteishohlform
Glazialsee / Rinnensee/ subglaziale Rinne	Fercher Rinne	Ferch	Ausgang/Ende einer subglazialen Rinne, Sanderwurzel des älteren Beelitzer Sanders, Gletschertor von Ferch, zahlreiche Grundwasseraustritte
Eiskontakthang	Eiskontakthang	Caputh	Eiskontakthang am Ostufer des Templiner Sees
	Eiskontakthang	Ferch	Ostufers des Schwielowsees
Trockental / Rummel	Brautrummel	Grubo	Brautrummel ist begehbar, von dort aus findet man auch die Schollensteine
	Rummel "Steile Kieten"	Belzig	ca. 1,5 km südöstl. vom Bahnhof Belzig
	Neuendorfer Rummel	Neuendorf	Rummel befindet sich zwischen Neuendorf und Garrey, sie ist eine der schönsten und größten.
	Springtal	Spring	periglaziales Trockental, im oberen Verlauf wasserführend, ca. 300 m nördl. Spring Bachschwinde
	Lobbesser Rummel	Lobbese	südlich vom Weg Lobbese – Zixdorf
	Buchholzer Rummel	Buchholz	Trockental
	Reichhelm-Rummel	Treuenbrietzen	Rummel mit kleinem Gesteins-Lehrpfad
	Garreyer Rummel	Garrey	ca. 900 m nordwestlich von Garrey
	Paukert-Rummel	Treuenbrietzen	klein aber typische Ausprägung
Findlinge			
Riesenstein	35,4 m ³	Grubo	Findling kaum angewittert liegt ca. 250 m östlich der Straße auf dem Acker (grobkörniger rötlicher Åland-Granit)
Grenzstein	26,7 m ³	Lehnsdorf	Findling liegt zwischen Lehnsdorf und Mützdorf ca. 50 m nördlich des Feldweges und ca. 400 m westlich des Weges Lehnsdorf - Grubo (feinkörniger Aplit-Gneis)

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>		<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
Findlinge				
	Riesenstein	25,1 m ³	Schlamau	Findling ist in 2 Hälften gespalten, liegt ca. 1,6 km nordwestl. von Schlamau (pegmatitischer Granit mit feinkörnigem Biotit und pegmatitischen Feldspäten)
	Blauer Stein	24,5 m ³	Krahne	Findling ca. 2 km östl. von Krahne am Rand der Krahner Heide
	Schäfer bzw. Riesenstein	21,6 m ³	Treuenbrietzen	Lage des Findlings ist ausgeschildert (mittelkörniger Granit)
	o.N.	13,6 m ³	Görzke	im Wald, Jagen 5 (Biotitgneis mit bis zu 2 cm großen Granataugen, Biotit-Granat-Felsit)
	Schneiderstein	12,3 m ³	Treuenbrietzen	Lage des Findlings ist ausgeschildert, ist in zwei Teile gespalten (feinkörniger Biotit-Granit)
	Rabener Stein II	11,5 m ³	Raben	Findling ca. 300 m nordwestl. vom Rabener Stein I
	Rabener Stein I	10,9 m ³	Raben	Findling liegt ca. 1,2 km westl. von Raben auf einem Acker ca. 20 m vom Waldrand (mittelkörniger Granit)
	o.N.	10,4 m ³	Lehnsdorf	Findling am Weg nach Serno (grobkörniger Biotitgranit mit großen Kalifeldspäten)
	Riesen- bzw. Bismarckstein	10,3 m ³	Treuenbrietzen	Findling liegt im Jagen 170 auf einer Lichtung
	o.N.	10,2 m ³	Wiesenburg	Findling liegt ca. 90 m vor der Landesgrenze
	o.N.	8,1 m ³	Potsdam	liegt im Fliederweg, 1996/97 bei Bauarbeiten entdeckt
	Blauer Stein	7,9 m ³	Gräben	Findling am Blausteinfenn (mittel- bis grobkörniger Granit mit bis zu 3 cm großen Kalifeldspäten)
	Bischofstein	7,7 m ³	Rietz	Findling hat Gravuren und Bearbeitungen (grobkörniger Granit mit Plagioklas und Orthoklas)
	o.N.	6,8 m ³	Treuenbrietzen	Findling liegt im OT Lüdendorf ca. 70 m südl. der Straße Lüdendorf-Lindow (Biotit-Granit)
	Riesenstein	6,7 m ³	Rädigke	Findling liegt ca. 500 m südl. der Straße Rädigke-Raben (mittelkörniger, feldspatreicher Granit)
	o.N.	6,4 m ³	Görzke	Findling 2 km östl. von Dangelsdorf, an der Grenze zu Schlamau (granathaltiger Granitgneis)
	o.N.	6,3 m ³	Werbig	Findling liegt östl. des Ortes im Wald
	Blauer Stein	6,2 m ³	Reetzerhütten	Findling liegt ca. 140 m östl. der Blausteinallee (mittelkörniger Granit mit bis zu 2 cm großen Quarzen, z.T. Blauquarz, mit Xenolithen)
	o.N.	6 m ³	Krahnepuhl	2 Findlinge 145 m westlich des Belzig-Buchholzer Weges, 10 m südlich einer Schneise am Ende der Lichtung

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>		<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
Findlinge				
	Runder Stein	6 m ³	Rädigke	Findling liegt ca. 85 m östl. der Straße nach Grubo (fein- bis mittelkörniger Granit)
	o.N.	6 m ³	Werbig	Findling liegt am Nordrand des ehemaligen Zeltplatzes
	o.N.	5 m ³	Treuenbrietzen	Findling ("erratischer") Block liegt im Ortsteil Lüdendorf
	Solgerstein	5 m ³	Medewitz	Findling liegt im Jagen 21, zum Gedenken an den Geologen Prof. Friedrich Solger(1937).
	Ottostein	4,7 m ³	Werbig	Findling liegt westl. der Str. nach Verlorenwasser
	o.N.	4,6 m ³	Görzke	Findling an der Kirchenruine Dangelndorf, 10 m südl. der Ruine (Filipsthad-Granit, südl. Varietät, Småland)
	Wildschweinstein	4,3 m ³	Potsdam	Findling an der FH Pappelallee (ehem. russische Kaserne) mit Beton übergossen
	Napoleonstein	4,3 m ³	Krahnepuhl	Findling liegt östl. des Belzig-Buchholzer Weges im Quellgebiet des Lühsdorfer Baches (kleinkörniger Biotit-Granit mit mittelkörnigen Kalifeldspäten)
	Reichenhelmstein	4,2 m ³	Medewitz	Findling liegt am Nordhang des "Schwarzen Berges"
	o.N.	4,1 m ³	Dippmannsdorf	Weg zum Findling ist ausgeschildert (fein- bis mittelkörniger Biotitgranit)
	o.N.	4,1 m ³	Werbig	Findling liegt auf dem ehem. Truppenübungsplatz (TÜP) an der nördl. Waldkante ca. 10 m im Wald
	Erratischer Block, Bismarckstein	3,9 m ³	Hohenlobbese	2200 m NNW von Hohenlobbese und ca. 670 m im Truppenübungsgelände (feinkörniger Granit)
	o.N.	3,5 m ³	Potsdam	Findling liegt an der Berliner Straße in Potsdam (Denkmal)
	o.N.	3,4 m ³	Eiche	Findling auf dem Platz neben dem ehem. Rat der Gemeinde (Dorfplatz)
	o.N.	3,4 m ³	Plötzin	Findling liegt nahe der Kläranlage am Waldrand (feinkörniger Gabbro - Mikrogabbro)
	o.N.	3,3 m ³	Medewitz	Findling liegt ca. 160 m westl. der Wegspinne
	Elefantenstein	3,1 m ³	Medewitz	Findling liegt 90 m östl. vom "Schwarzen Berg"
	o.N.	2,9 m ³	Kähnsdorf	von einem Fremdstandort herantransportiert
	Graustein	2,9 m ³	Wiesenburg	Findling liegt Kilzallee, Jagen 10
	o.N.	2,8 m ³	Potsdam	Findling liegt am Brauhausberg (stammt aus dem Fläming)

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
Findlinge			
	Sachsenstein	2,8 m ³ Medewitz	Findling ca. 1400 m südwestl. von Medewitz an der Landesgrenze
	o.N.	2,8 m ³ Potsdam	liegt "Am Findling" in Babelsberg
	o.N.	2,7 m ³ Krahnepuhl	Findling als Denkmal im Dorf aufgestellt
	Tischstein	2,5 m ³ Reetz	(grobkörniger, roter Granit)
	Kantenstein	2,5 m ³ Wiesenburg	Findling liegt im OT Setzsteig am Kilzberg im Jagen 11
	Kuhlmeystein	2,3 m ³ Medewitz	Findling liegt ca. 50 m südöstl. vom Solgerstein
	o.N.	2,3 m ³ Stahnsdorf	Findling liegt am Friedhof (norwegischer Herefoss-Granit / Grimstad-Granit feinkörnig)
	Rabener Stein III	2,2 m ³ Raben	Findling ca. 270 m nordwestl. vom "Rabener Stein I" ca. 80 m nördl. der Waldecke (mittelkörniger Granit)
	Schaftrappenstein	2,2 m ³ Buchholz	wahrscheinlich der kleinere Teil des ursprünglich zweigeteilten Steines
	o.N.	2,2 m ³ Buckau, OT Pramsdorf	2 Findlinge (2,2 m ³ und 1,4 m ³)
	Findling am Forellenteich	2 m ³ Treuenbrietzen	liegt im Nieplitztal ca. 90 m nördlich des Forellenteiches (grobkörniger Granit)
	o.N.	2 m ³ Klepzig	Findling liegt im Jagen 9 am Waldrand
	o.N.	2 m ³ Potsdam	auf dem Gelände des Krankenhauses Weinbergstraße 1993 bei Bauarbeiten entdeckt (Mikro-Granit)
	Am Heineberg	2 m ³ Potsdam	Findling mit Windschliff, (feinkörniger, blaßrosa Granit) (seit Juni 97 vermißt)
	o.N.	1,9 m ³ Lehnsdorf	Findling ca. 700 m westlich der Ortslage Lehnsdorf ca. 200 m nördlich der Straße nach Setzsteig an der Eichenschonung - Steinhäufen
	Die drei dicken Männer von Resau (3)	1,9 m ³ Bliesendorf	1965 bei Vollumbrucharbeiten in der Abt. 511b 6 durch den Staatlichen Forst - wirtschaftsbetrieb gehoben
	Findling am Reichhelms Teich	1,8 m ³ Treuenbrietzen	liegt im Nieplitztal südlich Treuenbrietzen zwischen Reichhelms Teich und Nieplitz (mittelkörniger Granit)
	Die drei dicken Männer von Resau (1)	1,8 m ³ Bliesendorf	1965 bei Vollumbrucharbeiten in der Abt. 511b6 durch den Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieb gehoben
	o.N.	1,8 m ³ Golm	Findling am Nordrand der Golmer Fichten (Småland-Granit, Typ Vanevik)
	o.N.	1,8 m ³ Görzke	liegt am Riembach, in zwei Teile zerbrochen (kleiner Teil 0,6 m ³ , großer Teil 1,8 m ³)

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
Findlinge			
	Quarkstein	1,8 m ³ Treuenbrietzen	Findling liegt ca. 30 m westl. vom Schneiderstein
	o.N.	1,8 m ³ Werbig	beide Findlinge liegen auf dem ehem. TÜP ca. 180 m südl. der Waldkante (1,8 m ³ u. 0,7 m ³)
	Leue-Stein	1,7 m ³ Brandenburg/ Havel	Denkmal
	Hochzeitsstein in Lüdendorf	1,6 m ³ Treuenbrietzen	Findling ist Geschenk zur Hochzeit eines Försters, er stammt aus der Umgebung (tektonisch beanspruchter feinkörniger Granit)
	o.N.	1,6 m ³ Krahe	Findling an der Hauptstraße (mittelkörniger Granit)
	o.N.	1,6 m ³ Krahnepuhl	2 Findlinge 145 m westlich des Belzig-Buchholzer Weges, 10 m südlich einer Schneise am Ende der Lichtung
	Engelstein	1,5 m ³ Rädigke	Findling liegt ca. 560 m westl. vom Schilderberg (weißer Granit)
	o.N.	1,5 m ³ Phillipsthal	Denkmal für Opfer des 1. Weltkrieges neben der Kirche, beim Bau der A15 bei Struveshof gefunden
	o.N.	1,5 m ³ Raben	Findling liegt am Fußsteig zur Burg Rabenstein
	o.N.	1,5 m ³ Görzke	im Wald, Jagen 5
	Grasow-Stein	1,4 m ³ Brandenburg/ Havel	Denkmal
	Roter Stein	1,3 m ³ Medewitz	Findling liegt ca. 40 m nördl. der Straße im Jagen 20 (pegmatitischer, rötlicher Granit)
	o.N.	1,3 m ³ Pechüle	als Grabstein auf dem Friedhof
	o.N.	1,3 m ³ Potsdam	Findling liegt Potsdamer Str. 178 in Bornstedt
	o.N.	1,2 m ³ Treuenbrietzen	Findling liegt an der Reichhelm-Rummel
	o.N.	1,2 m ³ Buchholz	liegt am westlichen Anfang der Buchholzer Rummel, fast von Lesesteinen zugeschüttet
	o.N.	1,2 m ³ Rädigke	Findling befindet sich in der Ortsmitte
	Holzfüllerstein	1,1 m ³ Medewitz	Findling liegt 400 m nord-östl. vom "Schwarzen Berg"
	o.N.	1,1 m ³ Jeserig	als Denkmal im Dorf aufgestellt
	Findling am Deetzer Pfuhl	1 m ³ Groß Kreutz	liegt am Nordrand des Deetzer Pfuhls
	o.N.	1 m ³ Medewitz	Findling liegt ca. 100 m südl. vom Solgerstein im Jagen 21 (grobkörniger, roter Granit)

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
Findlinge			
	o.N.	1 m ³ Raben	Findling liegt im Ort
	o.N.	0,9 m ³ Eiche	Findling auf dem Hof des ehem. Rates der Gemeinde
	Gründerstein	0,9 m ³ Brandenburg/ Havel	Findling im Krugpark als Denkmal Aufgestellt
	o.N.	0,9 m ³ Potsdam	Findling liegt in der August-Bebel-Str. an der S-Bahn-Unterführung
	Die drei dicken Männer von Resau (2)	0,9 m ³ Bliesendorf	1965 bei Vollumbrucharbeiten in der Abt. 511b 6 durch den Staatlichen Forst - wirtschaftlichen Betrieb gehoben
	o.N.	0,8 m ³ Krahne	Findling in Krahne vor dem Pfarrhaus
	Klosestein	0,8 m ³ Medewitz	Findling liegt 100 m nördl. der Straße ca. 80 m östl. vom Kuhlmeystein
	8 Findlinge o. N.	0,8 m ³ Lehnin	(größter Stein) Denkmal zur Erinnerung der Überbringung der Nachricht über die Thronbesteigung des Zaren Nikolaus I an Kronprinz Friedrich Wilhelm IV im Jahre 1828
	o.N.	0,8 m ³ Potsdam	Findling liegt im WG "Schlaatz", Kaufhalle "An den Föhren"
	o.N.	0,8 m ³ Wiesenburg	Findling liegt im OT Setzsteig ca. 130 m westl. von der Wegegabelung (Syenit)
	Findlinge	0,7 m ³ Wergzahna	2 Steine an der Hauptstraße neben der Gaststätte (0,7 m ³ und 0,6 m ³)
	Teufelsstein	0,5 m ³ Belzig	zwar < 1m ³ , aber zur Stadtgeschichte gehörend
	Mehlhasenstein	0,5 m ³ Wiesenburg	Findling liegt 750 m nordwestl. von Setzsteig im Jagen 10, zur Erinnerung an den Förster Mehlhase
	o.N.	0,5 m ³ Neschholz	Findling liegt am Ortsausgang nach Baitz
	Landwehrmannstein	0,4 m ³ Treuenbrietzen	Findling als Denkmal zur Erinnerung an die Befr.- Kriege 1812/13, westl. der B 102 zw. Treuenbrietzen – Süd u. Frohnsdorf
	o.N.	0,2 m ³ Golm	Findling mit Windschliff
	o.N.	m ³ Fohrde	befindet sich auf dem Gelände der Ziegelei Kranepuhl im Wasser z. Z. Größe nicht meßbar
	o.N.	m ³ Groß Kreuz	Findling mit Inschrift: "Die Marwitz-Kolonie der Kinderreiche den Kinderreichen 1937/38"
	o.N.	m ³ Grubo	Findling, in mehrere Bruchstücke zerstört, ca. 90 m nördlich der Straße nach Raben (Sandstein)
	o.N.	m ³ Jeserig	Steinkreuz am Weg zum Fuchsberg

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
fluviale Bildungen			
Mäander, naturnaher Bachlauf	Mäander der Nieplitz	Treuenbrietzen	naturnaher Bachlauf
Schwemmkegel	Schwemmkegel des Verlorenwasser	Wenzlow	periglazialer Schwemmkegel
	Schwemmkegel der Buckau	Bücknitz	periglazialer Schwemmkegel
	Schwemmkegel der Nieplitz	Brück	periglazialer Schwemmkegel
	Schwemmkegel des Belziger Baches	Schwanebeck	periglazialer Schwemmkegel
	Schwemmkegel der Nieplitz	Treuenbrietzen	periglazialer Schwemmkegel
äolische Bildungen			
Binnendüne	Lindberg	Niebel	Düne, ca. 8,5 m Höhe (52,8 m NN)
	Ritsche-Berge	Lehnin	bis 20 m mächtige Dünen im Durchbruchstal zwischen Baruther Urstromtal und Haveltal
hydrogeologische Besonderheiten			
Quelle	Silberquelle	Brandenburg/ Havel	im NSG "Gränert"
	Quelle o.N.	Benken	Quelle ist eingefaßt, liegt 1750 m nordwestlich von Benken
	Nieplitz-Quelle	Treuenbrietzen	Quelle im OT Lüdendorf, flächenhafter Grundwasseraustritt
	Gesundbrunnen	Buckau	Quellkessel, Quellschüttung ca. 70-100 l/s, schönster und größter Quellkessel in Brandenburg mit der größten Quellschüttung.
	Quelle o.N.	Rädigke	punktförmiger und flächenhafter Grundwasseraustritt im Planetal oberhalb der Hangkante, Quellschüttung 10 l/s
	Quelle o.N.	Linthe	punktförmiger Wasseraustritt, fließt in ehem. Kiessandgrube und versickert zum Baruther Urstromtal, 3 - 5 l/s
	Quellkessel am Forellenteich	Treuenbrietzen	Quelle zum Forellenteich, sehr schöner Quellkessel mit reichlichem Wasserzufluß zur Nieplitz, Quelle liegt südl. der Nieplitz
	Quelle o.N.	Grabow	zu Quellteich aufgestaut, Quellhang am Krickelberg

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
hydrogeologische Besonderheiten			
Quelle	Bachschwinde bei Spring	Spring	Bachschwinde im Springer Tal auf ca. 500 m Länge, ca. 300 m oberhalb Spring, anfängl. Wasserführung ca. 10 l/s
	Salzstelle	Salzbrunn	historisch dokumentierte Salzstelle
	Quelle o.N.	Ragösen	Quellkessel an der alten Dorfstelle Pols ca. 2,3 km westl. von Ragösen
	Plane-Quelle	Raben	am gesamten Bachverlauf tritt Grundwasser aus und läuft der Plane zu
	Mühlenbachquelle	Nichel	Quellbereich auf ca. 600 m Länge, nach 1 km sehr gute Wasserführung, bis 1,5 m tief eingeschnitten
	Quelle o.N.	Klausdorf	punktförmiger Wasseraustritt, Bachzulauf zum Bardenitzer Fließ (Nieplitz-Zufluß)
Salzstellen			
	Salzstelle	Salzbrunn	historisch dokumentierte Salzstelle
	Salzstelle	Trechwitz	Salzstelle am Nordufer des Netzener Sees (Torf / Moor)



Deetzer Pfuhl

Foto: D. Göllnitz

<i>Geotop-Gliederung</i>	<i>Name</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Bemerkungen</i>
geologische Aufschlüsse			
natürlicher Aufschluss	Schollensteine	Neuendorf	Schollensteine befinden sich in der Neuendorfer Rummel (durch Kalkausfällung verfestigte Kiessande)
	Tertiäraufschluß	Buckau	natürlicher geologischer Tertiäraufschluß, alte Tongruben östlich Pramsdorf mit miozänen Sanden und Tonen, in der Region sehr selten
	Schollensteine	Grubo	Schollensteine befinden sich in der Brautrummel (durch Kalkausfällung verfestigte Kiessande)
betriebener Abbau/ Tagebau	Kiessandgrube Fresdorfer Heide	Fresdorf	z. Z. in Betrieb befindliche große Kiessandgrube, südlich des Autobahnabzweiges A 10 / A 115 Drewitz, Fundpunkt für Fossilien, vielfältige Lagerungsformen
sonstige Objekte mit geologischem Bezug			
geologischer Lehrpfad	Findlingsgarten	Groß Briesen	Findlinge aus der Umgebung, mit Anschliff und Bezeichnung
techn. Denkmal	Ziegelofen	Glindow	Hoffmanscher Ringofen von 1868, Museum
techn. Denkmal	Ziegelofen	Reetz	Hoffmanscher Ringofen von 1883

Literatur

GÖLLNITZ, D., MANHENKE, V. & G. EHMKE (1996): Geotope als Naturdenkmale und Kulturerbe in Brandenburg. – Brandenburgische geowiss. Beiträge **3**, 1, S. 35–51, Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 135

Anschrift des Autors:

Dipl.-Bergingenieur (FH) Dieter Göllnitz
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

LANDESAMT

Hydrogeologische Karte Blatt Potsdam L 3744 Maßstab 1 : 50 000

HERMSDORF, A. & K. BERNER

Vorbemerkung

Eine der Hauptaufgaben des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe ist die Erarbeitung geowissenschaftlicher Karten für das Territorium des Landes Brandenburg. Die Anforderungen der Praxis sowie der gewachsene Kenntnisstand erfordern dabei auch die Erarbeitung eines neuen hydrogeologischen Kartenwerkes.

Das Hydrogeologische Kartenwerk (HYK 50) im Maßstab 1 : 50 000 bildet eine wissenschaftliche Grundlage und eine praktikable Handlungsanleitung für Landesbehörden, Kreisämter und Ingenieurbüros. Es soll hydrogeologisches Wissen im Überblick vermitteln, aber auch kurzfristige Entscheidungshilfe im Schadensfall sein und eine Basis für die Neuausgrenzung von Trinkwasserschutzgebieten darstellen.

Auf der Grundlage der Gliederung der Grundwasserleiterkomplexe (GWLK) im Lockergestein des Landes Brandenburg (MANHENKE u. a. 1995) werden zunächst vier Karten erarbeitet:

- Hydrogeologische Schnitttafel (HYK 50-S)
- Karte der oberflächennahen Hydrogeologie (HYK 50-1)
- Karte des weitgehend bedeckten Grundwasserleiterkomplexes (HYK 50-2)
- Deckfolie zur Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
- Karte der Hydrogeochemie (HYK 50-3 in Vorbereitung)

Am demnächst vorliegenden Blatt Potsdam wurde die Kartierungsmethodik sowie deren Darstellungsweise getestet. Die hydrogeologische Grundlage bildeten die im LGRB vorliegenden, sehr umfangreichen Datenbestände. Zur Auswertung wurden ca. 480 Bohrungen, 23 hydrogeologische Ergebnisberichte und 11 Berichte zur Erkundung von Steine-Erden-Lagerstätten herangezogen. Für das Süßwasserstockwerk liegen Grundwassermessergebnisse von ca. 300 Grundwassermessstellen in verschiedenen GWLK vor. Die Basis für die Darstellung der Hydrodynamik bildet die Grundwasservorratsprognose (KNISPEL 1991).

Hydrogeologische Schnitttafel (HYK 50-S)

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Kartenwerkes sind vier W-E-verlaufende Schnitte, die zu einer Schnitttafel verbunden wurden. In den Schnitten wird das gesamte känozoische Lockergesteinsgebirge bis zum Rupelton dargestellt. Aufgrund der Darstellungsform stellen diese Schnitte kein reales Profil dar (Bandbreite von ± 5 km). Das entstandene

„Blockbild“ für das Kartenblatt soll die hydrogeologischen Zusammenhänge vermitteln. Dies hat zur Folge, dass Informationen zwischen Karte und Schnitt nicht grundsätzlich identisch sind.

Auf dem Blatt Potsdam wird deutlich, dass der Grundwasserleiterkomplex 2 (GWLK 2) in Verbreitung, Mächtigkeit und den Lagerungsverhältnissen der für die Wasserwirtschaft bedeutsame Grundwasserleiter ist. Der Grundwasserleiterkomplex 1 (GWLK 1) ist aufgrund seiner geringen Mächtigkeit nur in Verbindung mit dem GWLK 2 von wasserwirtschaftlicher Bedeutung. Der Grundwasserleiterkomplex 3 weist im nördlichen Blattgebiet glazigen beanspruchte Lagerungsverhältnisse auf, während im südlichen Bereich des Kartenblattes der Salzstock Blankensee die geologische Situation prägt.

Karte der oberflächennahen Hydrogeologie (HYK 50-1)

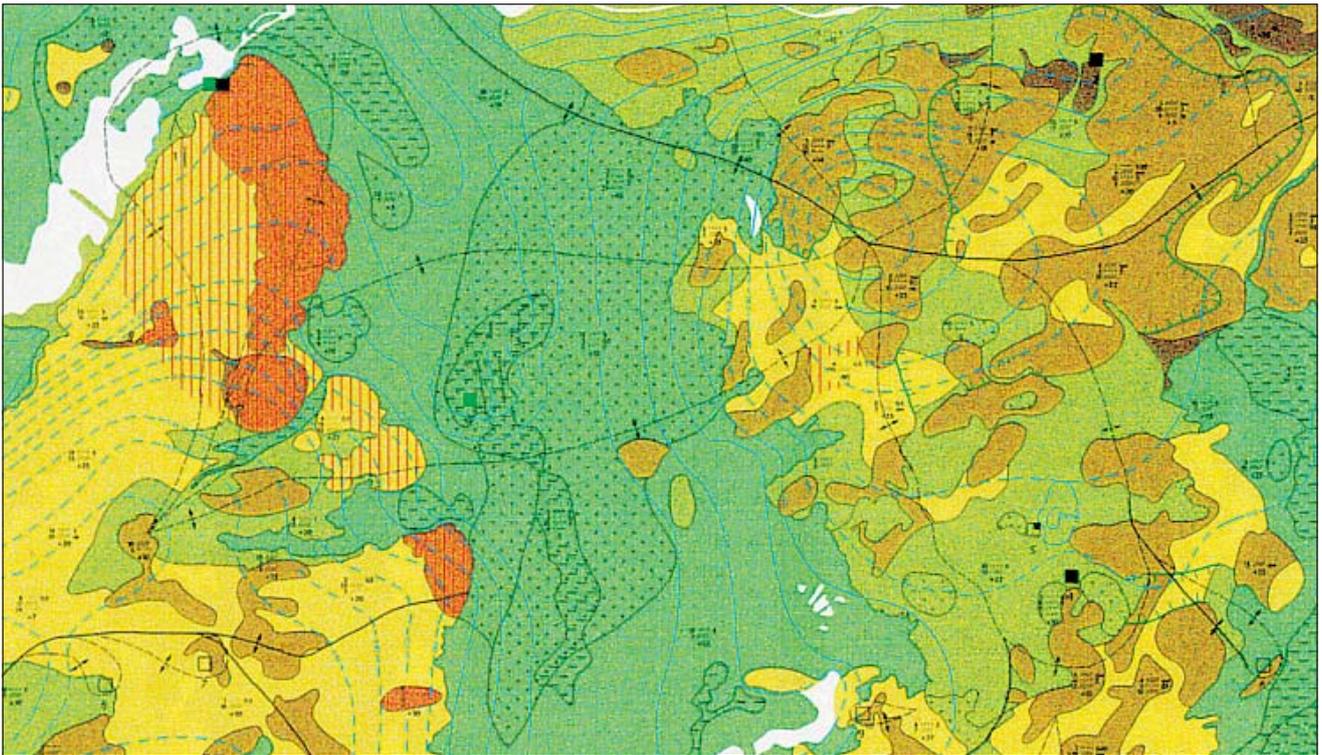
In der Karte HYK 50-1 wird die oberflächennahe Hydrogeologie des unbedeckten GWLK 1, also die Verteilung von Grundwasserleitern und Grundwassergeringleitern an der Oberfläche dargestellt. In den Tälern sind vorwiegend weichselkaltzeitliche Schmelzwasserbildungen mit durchschnittlich 10 m Mächtigkeit ausgebildet. In Teilräumen der Nuthe-niederung bildet dieser GWLK 1 mit saalekaltzeitlichen Nachschüttbildungen oder älteren Ablagerungen, die überwiegend dem GWLK 2 zugeordnet werden können, eine hydraulische Einheit mit mittleren Mächtigkeiten von 20-25 m. Bei den unbedeckten Grundwasserleitern auf der Hochfläche handelt es sich hauptsächlich um glazifluviatile Sande der Weichsel- bzw. Saalevereisung mit durchschnittlich 5 m Mächtigkeit.

Karte des weitgehend bedeckten Grundwasserleiterkomplexes (HYK 50-2)

Die HYK 50-2 beinhaltet den bedeckten GWLK 2 in seiner Verbreitung und Mächtigkeit sowie seinen horizontalen und vertikalen hydraulischen Beziehungen. Bei der Ausgrenzung des GWLK 2 werden die relevanten stratigraphischen Einheiten zugrunde gelegt. Sie umfassen die frühsaale- bis spätelsterkaltzeitlichen glazifluviatilen sowie holsteinzeitlichen fluviatilen rolligen Bildungen. Im Hangenden werden sie durch die Saalegrundmoräne und im Liegenden durch die jüngste Elstergrundmoräne begrenzt. Dominierend auf diesem Blatt ist das Mächtigkeitsintervall >20-50 m. Mächtigkeitsreduzierungen des GWLK 2 bis hin zu Nullstellen treten lokal auf und stehen häufig mit Stauchungsgebieten, quartären Ausräumungszonen oder Tertiärhochlagen in Verbindung.

Hydrodynamik

Aus der hydrodynamischen Situation ist ersichtlich, dass die Entwässerung des Grundwassers von den Hochflächen über die Täler in die Vorfluter erfolgt. So fungieren die Havel und die Nuthe als prägende Entlastungszonen für die Teltow- und Zauche-Hochfläche.



Hydrogeologische Karte Blatt Potsdam (Ausschnitt)

Im unbedeckten Grundwasserleiterkomplex 1 ist eine freie Grundwasseroberfläche ausgebildet. Die Grundwasserflurabstände betragen in den Niederungen und Tälern ca. 0-2 m und auf den Hochflächen ca. 2-5 m.

Im GWLK 2 sind gespannte Druckverhältnisse des Grundwassers durch die tiefreichende Bedeckung der Normalfall. Der Flurabstand des Grundwassers im GWLK 2 schwankt - in Abhängigkeit von der morphologischen Situation - zwischen durchschnittlich 5 m auf der Teltow-Hochfläche bis über 40 m in den Glauer Bergen oder in den Ravensbergen südlich Potsdams.

Auf den ehemaligen Rieselfeldflächen südlich Berlins sind die hydraulischen Auswirkungen einer zusätzlichen Grundwasserneubildung durch frühere Abwasserbeaufschlagung noch nicht abgeklungen, so dass weiterhin mit sinkenden Grundwasserständen in diesem Gebiet zu rechnen ist.

Bereiche mit einer höheren Druckfläche des GWLK 2 als die des GWLK 1 weisen auf Entlastungsbedingungen für die Einzugsgebiete, aber auch auf saline Aufstiegsbahnen hin. Im Anschluss an diese Gebiete, also im Grundwasserabstrom, ist das entsprechende Entlastungsgebiet häufig durch salin角度 Grundwasser geprägt. Die Versalzung reicht z. T. bis in die oberflächennahen grundwasserführenden Schichten.

Qualitätsbeeinflussungen

Die Qualität des Grundwassers spielt für dessen Nutzung eine entscheidene Rolle, so dass aus diesem Grunde auf geogene Einflussfaktoren in dieser Karte eingegangen wird. Auf dem Blatt Potsdam treten als prägende geogene anorganische Beeinflussungen mineralisierte Tiefenwässer verschiedenen

genetischen Ursprungs auf. Die wohl bekannteste Versalzung im Betrachtungsraum und bereits im vorigen Jahrhundert erwähnt, ist der Salzwasseraustritt westlich des Blankensees. Diese saline Beeinträchtigung der süßwasserführenden Schichten kann genetisch auf die Ablaugungswässer des Salzstockes zurückgeführt werden. Weitere geogene Versalzungen durch aufsteigende hochmineralisierte Tiefenwässer sind über Aufstiegsbahnen an quartären Rinnenrändern im Entlastungsgebiet der Havel und Nuthe bis in die oberflächennahen Bereiche nachgewiesen. Im Bereich der Potsdamer Wasserwerke 'Leipziger Straße' und Wildpark sowie Bergholz-Rehbrücke sind durch die Grundwassernutzungen Versalzungen erst durch die Förderung von Grundwasser aktiviert worden.

Deckfolie zur Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung

Auf dem Blatt Potsdam kommt die Kartieranleitung zur 'Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung' nach HÖLTING et al. (1995) für das Land Brandenburg erstmalig zur Anwendung. Es sind aus den vorliegenden Schichtenverzeichnissen der Bohrungen Punktdaten erzeugt worden, die dann in die Fläche interpoliert wurden. Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung ist generell für den obersten grundwasserführenden Horizont ermittelt worden. Für die Berechnung der Schutzfunktion findet die Mächtigkeit und Lithologie bis zur Grundwasseroberfläche Berücksichtigung. So kann davon ausgegangen werden, dass Bereiche mit einem unbedeckten Grundwasserleiter, ob im Tal oder auf der Hochfläche, durch eine geringe bis sehr geringe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung geprägt sind.

Die Karte befindet sich derzeit im Druck, und wird im Laufe des Jahres der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Literatur

HÖLTING, B., HAERTLE, T., HOHBERGER, K., NACHTIGALL, K., VIL-LINGER, E., WEINZIERL, W. & J. WROBEL (1995): Konzept zur Ermittlung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. - Ad-hoc-AK Hydrogeologie, Information aus der Bund/Länder-AG der Geologischen Dienste, Hannover

KNISPEL, H. (1991): Grundwasservorratsprognose Potsdam. - Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH, Berlin

MANHENKE, V., HANNEMANN, M. & B. Rechlin (1995): Gliederung und Bezeichnung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein des Landes Brandenburg, Brandenburgische geowiss. Beiträge 2,1, Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 136

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geoln. Angela Hermsdorf

Dipl.-Geoln. Karin Berner

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

Notizen

	INHALT (Fortsetzung)	CONTENTS (continuation)	Seite
MANHENKE, V., ECKHARDT, G. & W. ROCKEL	Thermale Solebrunnen im Land Brandenburg	Thermal brine wells in Brandenburg	69
ECKHARDT, G. & H. BEER	Entwicklung und Perspektiven der Untergrundgasspeicherung in Brandenburg	Development and perspectives of the underground gas storage in Brandenburg	79
ROCKEL, W., BRANDT, W. & P. SEIBT	Ein mesozoischer Aquifer im Zentrum Berlins als saisonaler Wärmespeicher für Parlamentsbauten	A Mesozoic aquifer in the centre of Berlin as seasonal thermal store for the parliament buildings	91
	Aus dem Landesamt	From the Geological Survey	
STACKEBRANDT, W.	Wechsel des Chefredakteurs der Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge	Change of the editor in chief of the Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge	28
HELLMANN, G. & CH. DRESCHER	Neues Dienstgebäude für das LGRB in Kleinmachnow (Richtfest)	A new official building of the LGRB in Kleinmachnow (topping-out ceremony)	38
GÖLLNITZ, D.	Liste der Geotope im Landkreis Potsdam-Mittelmark einschließlich Brandenburg (Havel) und Potsdam (Geotopdatenbank des LGRB)	Register of geotopes in the district of Potsdam – Mittelmark inclusive Brandenburg (Havel) and Potsdam (geotope data bank of LGRB)	102
HERMSDORF, A. & K. BERNER	Hydrogeologische Karte Blatt Potsdam L 3744 Maßstab 1 : 50 000	Hydrogeological map sheet Potsdam L 3744 scale 1 : 50 000	113
	Wissenschaftliche Kurzmitteilungen	Scientific notes	
BROSE, F.	Erste gemeinsame deutsch- polnische Grenzgebietskartierung	First jointed german – polish mapping of the border area	90
	Buchbesprechung	Book reviews	
SCHIRRMEISTER, W.	Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 7 MICHEL, G.: Mineral- und Thermalwässer - Allgemeine Balneogeologie	Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 7 MICHEL, G.: Mineral- und Thermalwässer - Allgemeine Balneogeologie	56

Die Zeitschrift „Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge“ des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg wird seit 1994 herausgegeben

Bisher sind erschienen:

- 1994, Heft 1, 128 S., 51 Abb., 14 Tab.
1995, Heft 1, 144 S., 83 Abb., 15 Tab.
1995, Heft 2, 96 S., 37 Abb., 5 Tab.
1996, Heft 1, 160 S., 100 Abb., 9 Tab.
1997, Heft 1, 96 S., 57 Abb., 2 Tab.
1997, Heft 2, 96 S., 61 Abb., 14 Tab.
1998, Heft 1, 84 S., 74 Abb., 4 Tab.
1998, Heft 2, 84 S., 35 Abb., 10 Tab.
1999, Heft 1, 116 S., 55 Abb., 15 Tab.

Zu beziehen über:

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow,
Tel. 033203/36600, Fax 033203/36702

Regionalbüro Frankfurt, Schulstraße 16, 15230 Frankfurt/Oder, Tel. 0335/6802738, Fax 0335/6802784

Regionalbüro Cottbus, Vom-Stein-Str. 30a, 03050 Cottbus, Tel. 0355/49917120, Fax 0355/49917355

Autorenhinweise

Die Zeitschrift „Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge“ widmet sich geologischen und lagerstättenkundlichen Themen von Brandenburg und Berlin sowie dem neuesten Forschungsstand in den geowissenschaftlichen Disziplinen. Die eingereichten Beiträge sollen diesem Profil entsprechen. Es werden Originalarbeiten und wissenschaftliche Informationen veröffentlicht, die noch nicht andernorts publiziert wurden.

Manuskript

Der Umfang des Manuskripts sollte 15 Seiten (A 4, zweizeilig) nicht überschreiten. Wissenschaftliche Informationen sind einschließlich der Abbildungen auf maximal fünf Seiten zu bemessen. Jedem Beitrag ist eine kurze deutsche und englische Zusammenfassung beizufügen. Es wird erwartet, daß der Text auf Diskette eingereicht wird. Außerdem wird um ein Originalmanuskript gebeten, in dem alle Sonderzeichen sowie Buchstaben aus anderen Sprachen genau angegeben sind.

Abbildungen

Je Beitrag können bis zu 7 Abbildungen veröffentlicht werden. Zu beachten ist, daß Abbildungsvorlagen größer als die beabsichtigte Druckgröße eingereicht werden. Bei Fotos ist der Maßstab als verbaler Ausdruck anzugeben (keine Maßstabsleiste). Zeichnungen entsprechend DIN. Jede Abbildung ist mit Autorennamen und Nummer zu versehen, die Abbildungstexte sind auf einem gesonderten Blatt beizugeben.

Zitierweise

Im Text:

WUNDERLICH (1974) bzw. (WUNDERLICH 1974) oder

PILGER & STADLER (1971) sowie NÖLDEKE, SCHWAB et al. (1977)

Im Literaturverzeichnis:

BUBNOFF, S. v. (1953): Über die Småländer „Erднаht“. - Geol. Rdsch. **41**, S. 78–90, Stuttgart

FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & J. ZINNER (1985): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000. - 79 S., Hannover (Schweizerbart)

KRONBERG, P. (1976): Photogeologie, eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der geologischen Auswertung von Luftbildern. - 268 S., Stuttgart (Enke)

