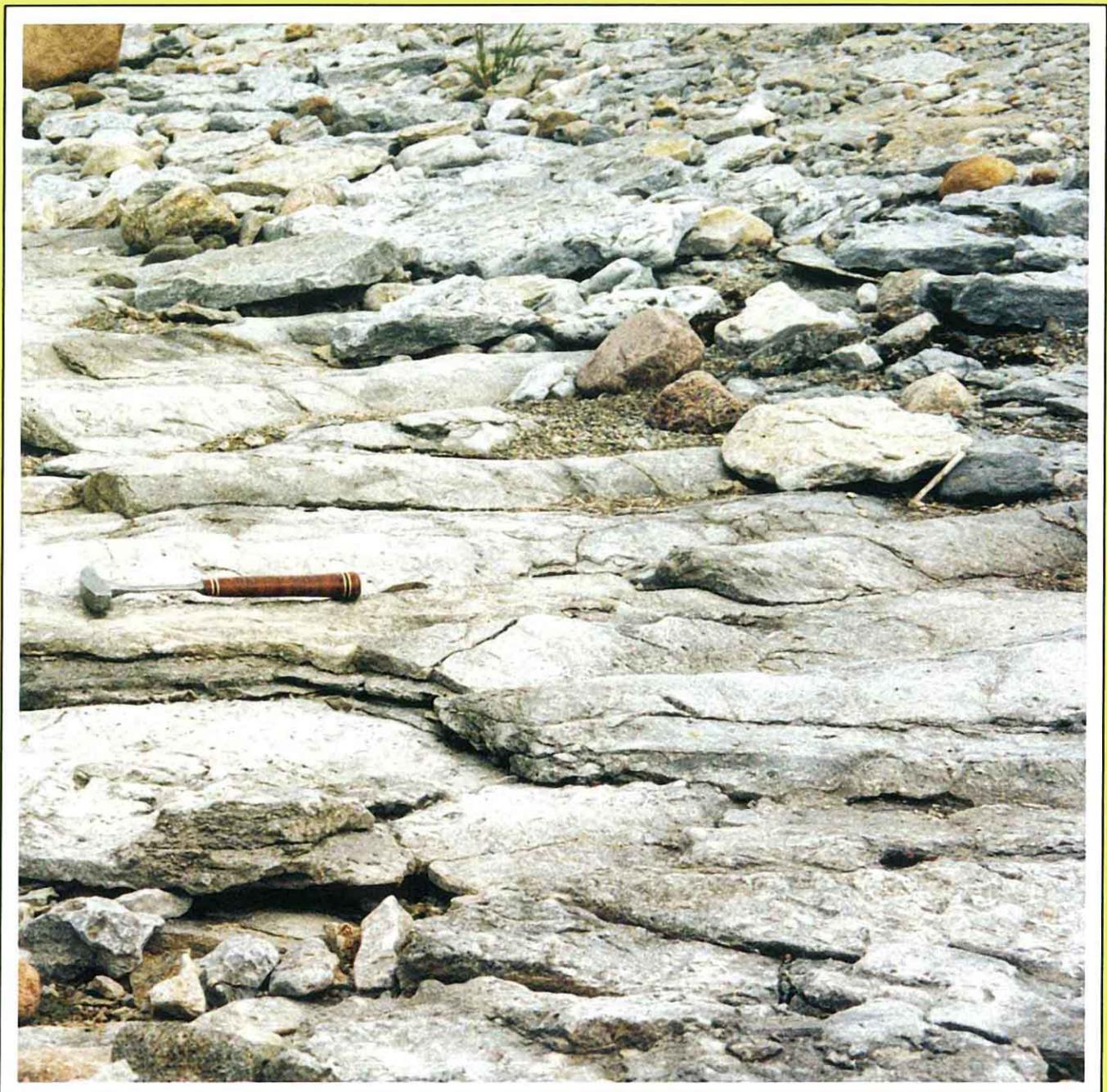




2

1997

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge



	INHALT	CONTENTS	Seite
KUPETZ, M.	Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen	Geological structure and genesis of the push endmoraine of the Muskauer Faltenbogen	1
LIMBERG, A. & J. THIERBACH	Gliederung der Grundwasserleiter in Berlin	Structure of the aquifers of Berlin	21
HOTZAN, G.	Das Paläozoikum Estlands – Geologische Reiseeindrücke	The Palaeozoic of Estonia – geological impressions of a journey	27
BÖSE, M.	Beobachtungen zu Eiskeilpseudomorphosen im Hangenden des Rixdorfer Horizontes in der Sandgrube Niederlehme	Observations of pseudomorphs of ice wedges in the hanging of the Rixdorfer horizon in the sand pit of Niederlehme	45
SCHULZ, I. & J. STRAHL	Geomorphologische und pollenanalytische Untersuchungen im Raum Drahendorf südöstlich Fürstenwalde – Ein Beitrag zur Klärung der spät- und postglazialen Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree	Geomorphological and palynological studies in the area of Drahendorf, southeastern of Fürstenwalde	53
HÖDING, TH.	Röntgendiffraktometrische Untersuchungen als Beitrag zur substantiellen Beurteilung von Tonrohstoffen in Brandenburg	X-ray diffractometric studies as contribution to the substantial assessment of clay raw materials in Brandenburg	65
WIPKI, M.	Stöchiometrische Mineralberechnung auf der Grundlage von RDA- und RFA-Daten am Beispiel von Kaolinen und Lateriten aus dem Nordsudan	Stoichiometric calculation of minerals based on XRDA and XRFA data from kaolin and laterite of the Northern Sudan	83
JÄGER, K.-D.	Anthropogene Ablagerungen im Holozän Mitteleuropas	Anthropogenic depositions in the Holocene of Middle Europe	89

Fortsetzung: 3. Umschlagseite

Titelbild: Fossile Wellenrippeln im Trochitenkalk der Kaugatuma Schichten (S2 Kaugatuma bis S2 Pfidoli). Im Südwesten der Insel Saaremaa sind diese Schichten unmittelbar an der Küste aufgeschlossen. Die Küstenerosion hat die ursprünglich angelegten Strukturen der Wellenrippeln herauspräpariert (s. Beitrag HOTZAN, S. 27)

Herausgeber: © Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, amt. Direktor: Dr. Werner Stackebrandt
Tel. (033203) 36600, Fax (033203) 36702

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

Redaktion: Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow

Verantwortlicher Redakteur: Dr. Gerhard Ehmke

Redaktionelle Mitarbeit: Dr. Wolfgang Bartmann

Layout und Satz: Dipl.-Geol. Ulrich Wutzke

Erscheinungsweise: Die Schriftenreihe erscheint jährlich mit 1 bis 2 Heften. Preis dieses Heftes: 29,00 DM

Druck: Digital- & Offsetdruck Grabow, Teltow

Printed in Germany

ISSN 0947-1995

Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen

MANFRED KUPETZ

1. Einleitung

Der Muskauer Faltenbogen ist eine der morphologisch schönsten und von der Tiefenreichweite der Deformation her bedeutendsten norddeutschen „Stauchendmoränen“ (Abb 1). Ohne daß Untersuchungen in seinem Gebiet Diskussionen ausgelöst oder der Entwicklung der Inlandeistheorie Impulse vermittelt haben, gilt er in der geologischen Fachliteratur seit dem ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts als eines der wesentlichen Beispiele glazitektonischer Deformationen. In dieser Zeit schlossen sich zahlreiche Bearbeiter von Gebieten mit großräumigen Lagerungsstörungen in quartären und tertiären Sedimenten, bei denen sich die Deformationen in der Fläche über mehrere km² und in der Tiefe bis über 150 m erstreckt, der glazigenen Deutung an. Zu ihnen gehören PRIEMEL (1907) für den Muskauer Faltenbogen, RUSSWURM (1909) für die Drebkauer Flözfaltenzone (Brandenburg), MEYER (1912) für das Gebiet um Straach nördlich von Wittenberg (Sachsen-Anhalt) und SCHMIERER (1913) für den Raum Leitzkau (Sachsen-Anhalt).

In einem Bericht über die geologischen Aufnahmen in Sachsen und Brandenburg in den Jahren 1903 und 1904 schreibt KEILHACK unter anderem über den Faltenbogen: „Am allermerkwürdigsten aber ist das bereits erwähnte halbkreisförmige Stück der Endmoräne, welches von Groß Kötzig über Weißwasser und Muskau nach Triebel verläuft. Das nach Norden geöffnete Moränenamphitheater besitzt eine Radius von etwa 10 km ... Das geologische Bild dieser Endmoräne im Spezialkartenmaßstab muß eines der merkwürdigsten werden, die im norddeutschen Flachlande jemals zur Darstellung gelangen werden“ (KEILHACK 1907, S. 677–678). Eine Zusammenfassung über die Entwicklung des geologischen Kenntnisstandes sowie eine aktuelle Wertung als Geotop gibt KUPETZ (1996).

Im folgenden wird versucht, die Vorstellungen über den Bau und die Genese des Muskauer Faltenbogens zusammenzufassen, die der Autor in seinen mit Unterbrechungen seit 1985 durchgeführten Untersuchungen entwickelt hat. Arbeitsmethodische Schwerpunkte waren

- die Erarbeitung eines stratigraphischen bzw. lithologischen Normalprofils insbesondere unter Verwendung bohrlochgeophysikalischer Messungen (BLM),

- die Bearbeitung geologischer Schnitte, u. a. auch durch Auswertung nahseismischer Profile,
- die geomorphologische Kartierung im Gelände sowie nach Luft- und Satellitenbildern,
- Erstellung der Horizontkarten Tertiär einschließlich einer Karte der Prätertiäroberfläche und einer Strukturkarte der Glazialtektonik (KUPETZ et al. 1985, 1988).

Ziel war es, die Deformationsstrukturen möglichst genau zu erfassen und darzustellen, um daraus Aussagen und Interpretationen zur Genese abzuleiten.

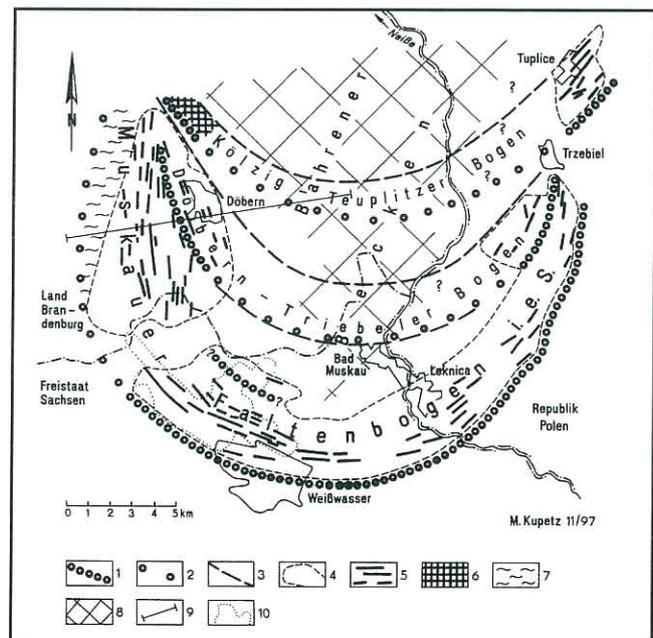


Abb. 1

Strukturelle Übersichtskarte des Muskauer Faltenbogens
 1 – Außenrand des Muskauer Faltenbogens bzw. der Teilbögen;
 2 – ergänzte Außenränder, morphologisch nicht wirksam oder erodiert; 3 – ergänzte Innenränder der Teilbögen; 4 – geomorphologisch wirksame Bereiche des Faltenbogens; 5 – fotogeologisch markante Strukturlinien; 6 – nur als Tiefenstruktur bekannte glazitektonische Großdeformationen; 7 – durch die Bohsdorfer Rinne erodierter Bereich des Faltenbogens; 8 – Bahrener Becken, postdeformativ angelegt; Fortsetzung in Polen nicht bekannt; 9 – Spur des geologischen Schnittes in Abb. 11; 10 – Bildausschnitt der Abb. 7

2.2. Tertiär

Das Normalprofil der tertiären Schichten ist in Abb. 2 wiedergegeben. Es wurde nach Bohrprofilen, insbesondere aber Sequenzen aus BLM-Kurven im Störungsgebiet und dem Vergleich mit ungestörten Bohrungen im westlichen und südlichen Faltenbogensvorland erstellt. Es kann hinsichtlich der Schichtenfolge und -mächtigkeit als repräsentativ gelten. Dabei wurde die lithostratigraphische Gliederung von ALEXOWSKY, STANDKE & SUHR (1989) auf die lokalen Verhältnisse des Gebietes im ehemals ungestörten Faltenbogen angewandt.

Bruchtektonische Aktivitäten sind mehrfach belegt bzw. wahrscheinlich gemacht worden. Untermiozänes Alter hat die synsedimentäre Einsenkung des Grabens von Weißwasser, repräsentiert durch starke Mächtigkeitsanschwellung der Spremberger Folge. Auf postmittelmiozäne oder jüngere Bewegungen (eventuell Pliozän), ebenfalls in diesem Graben, weist die Erhaltung der Schichten von Weißwasser hin.

Miozänen Alters sind möglicherweise auch Reliefausgestaltungen über den Salzstrukturen.

2.3. Quartär

Der morphologisch erhaben vortretende Faltenbogen ist über weite Flächen frei von quartären Ablagerungen. Das aufgestauchte Tertiär steht hier direkt an der Erdoberfläche an und ist mit quartären Geröllern, oftmals Windkantern, bestreut. Sie dürften die Relikte einer ehemals vorhandenen Grundmoräne des Warthe-Stadiums sein. Vereinzelt treten auch Findlinge in der Größe von 1–2 m Durchmesser auf, die an verschiedenen Orten als Naturdenkmale geschützt sind. Die warthestadiale Grundmoräne selbst ist in stark sandig-kiesigen Resten nördlich von Bohsdorf und zwischen Gablenz und Bad Muskau auskartiert worden (HELLWIG & SCHUBERT 1979; dort als gSIII). Hierzu könnten auch die als „Geschiebepackung“ beschriebenen steinigen Kiese zwischen Reuthen und Wolfshain gehören (Geologische Spezialkarte Blatt Weißwasser).

Große Flächen, besonders im Norden sowie am Innen- und Außenrand des Faltenbogens, weisen fluviatile und glazifluviatile Kiese, Sande und Schluffe auf. In charakteristischer Ausbildung sind es gelbliche, gelbbraune, auch graue, schlecht sortierte Kiese und Sande. Örtlich sind sie durch temporäre Kiesentnahmestellen aufgeschlossen. Typisch ist das Vorhandensein von Feuersteinen und nordischem Kristallin im Geröllbestand. Die größte Mächtigkeit dieser Bildungen wird vom Hohen Berg bei Döbern mit 80 m beschrieben (CRAMER u. a. 1928). Ein sehr interessanter Aufschluß der quartären Sande und Kiese war die Kiesgrube am Horlitz-Berg bei Reuthen. HELLWIG (1975) ordnete nach Auswertung des Geröllbestandes einen ca. 10 m mächtigen Profilabschnitt dieser Lokalität mit Vorbehalt dem „Tranitzer Fluvialit“ zu (anaglaziale Bildungen mit Feldspäten aus dem Isergebirge, das heißt, Zuordnung zum Flußsystem der Neiße). Bemerkenswert ist außerdem, daß am Horlitz-Berg die pleistozäne Schich-

tenfolge glazialtektonisch bis mindestens 15 m unter Rasenoberkante gestört war: Einfallen 30–40° nach Norden (eigene Beobachtung 1985). In einigen geologischen Schnitten aus dem Altbergbau gibt es Angaben, daß unter bzw. vor den Schuppenstrukturen pleistozäne Kiese und Sande in den Deformationsprozeß einbezogen waren. Für die Altersbestimmung der Verschuppung sind diese Aussagen jedoch nicht verwertbar.

Der Südrand des Faltenbogens ist durch einen Kranz von warthezeitlichen Sandern gekennzeichnet.

Im Bereich des Neißedurchbruchs durch den Faltenbogen bei Bad Muskau sind weichselzeitliche fluviatile Kiese und Sande in Form der Niederterrassen der Neiße erhalten geblieben (HELLWIG & SCHUBERT 1979).

Als periglaziale Bildungen sind insbesondere Dünenbildungen kleineren Ausmaßes am Südrand des Faltenbogens zu nennen (z. B. Umgebung des Braunsteiches bei Weißwasser).

Im Holozän entwickelten sich neben deluvialen und fluviatilen Sedimenten (Sand, Schluff, Auenlehm) örtlich Moore (meist Flachmoortorfe, selten Zwischen- und Hochmoortorfe) und anmoorige Bildungen in Giesern sowie Raseneisenerze.

Im Hinterland des Muskauer Faltenbogens (Bahrener Becken) und im Graben von Weißwasser wurden postmiozäne bruchtektonische Bewegungen durch die Braunkohlen erkundung nachgewiesen (KUPETZ et al. 1989). KRENTZ (1995) hat bei der Bearbeitung eines digitalen Höhenmodells diese Störungen nordöstlich von Döbern im Faltenbogen selbst und im Nordostteil des Bahrener Beckens oberflächenmorphologisch erkannt. Da pleistozäne Sedimente diese Störungen nachzeichnen, sind quartäre Bewegungen anzunehmen. Die Versatzhöhen der Störungen sind im Verhältnis zu den glazitektonischen Schichtverstellungen sehr gering.

Wertend kann festgestellt werden, daß der Kenntnisstand zum Quartär nicht mehr zeitgemäß ist und die oben getroffenen Aussagen eher als Abriß denn als inhaltliche Zusammenfassung betrachtet werden sollten.

3. Struktureller Bau

3.1. Geomorphologie

Bezogen auf die glazitektonische (Tiefen-)Struktur umfaßt der Faltenbogen auf deutscher Seite eine Fläche von ca. 170 km². Infolge fehlender tiefenstruktureller Abgrenzung kann der polnische Anteil nur grob auf rund 70–80 km² geschätzt werden. Daraus ergibt sich eine Gesamtfläche von etwa 250 km².

Oberflächenmorphologisch wird davon nur etwa die Hälfte der Fläche als Stauchendmoränenwall wirksam. Abgesehen von einzelnen Bergkuppen bildet er nur einen schwachen Rücken, der sein Vorland um kaum mehr als 10...30 m überragt. Die Geländehöhen liegen durchschnittlich bei 150 m NN. Im Hinterland fallen sie zunächst auf 140–130 m und dann ganz allmählich weiter ab. Im Baruther Urstromtal (Norden) erreichen sie ein Niveau von

60–70 m. Das südliche Faltenbogensvorland wird durch einen Kranz von Sandern mit 125–130 m NN gebildet.

Die Stauchendmoräne selbst besteht aus einem zungenförmig gescharten Bündel von langen schmalen Senken, den Giesern, und wassergefüllten Tagebaurestlöchern sowie ebenfalls teilweise wassergefüllten linienhaften Tiefbruchgebieten.

Die Gieser sind das den Faltenbogen beherrschende geomorphologische Element und verleihen ihm durch ihre Parallelität eine faszinierende Regelmäßigkeit. Besonders gut kommt sie in Luft- (KUPETZ 1995, Abb. 2) und Satellitenbildern (Brandenburgischen Geowiss. Beitr. 1/1996, Titelbild) zum Ausdruck.

Gieser bilden sich durch Einsenkung infolge langsamer Oxydation über aufgerichteten bzw. steilstehenden Kohleflözen in den Schichten mit luftgefülltem Porenraum zwischen der Erdoberfläche und dem Grundwasserspiegel (ausführliche Erläuterungen bei PONONIE 1930 und KUPETZ 1996). Da dieser Prozeß andauert, bilden sich die Gieser ständig weiter und verleihen der „altglazialen“ Landschaft ein „jugendliches“ Aussehen. Bei hohen Grundwasserständen kann dieser Oxydationsprozeß nicht ablaufen, so daß nicht zwangsläufig über jedem aufgerichteten Kohleflöz auch ein Gieser entwickelt sein muß. Charakteristisch für Gieser sind Breiten um 30 m und Tiefen von 3–5 m, maximal 20 m.

Geomorphologisch können drei Haupttypen unterschieden werden:

1. *Schuppentyp* (Abb. 3 und 4):

mindestens 1–2 km lange, extrem geradlinig verlaufende Gieser mit gleichbleibender Breite; markantestes Beispiel dafür ist ein Gieser im brandenburgischen Teil des Faltenbogens mit einer Länge von mindestens 4,8 km (Eulenschlucht),

2. *Diapirtyp* (Abb. 5):

Gieser mit unruhigem, gebogenem, abgknicktem und unterbrochenem, selten auch ellipsoidem Umlaufen; die Länge derartiger Gieserstrukturen beträgt meist nur wenige hundert Meter, in der Regel weniger als 1 km,

3. *Flözfaltentyp* (Gieser i.w.S.; Abb. 5):

flächenhafte, vermoorte Einsenkungen mit einer gieserparallelen Längserstreckung; als Beispiel dafür können das ehemalige Drogiske-Luch südöstlich von Bohsdorf (Größe ca. 750 m × 250 m) und das Reuthener Moor (Größe ca. 900 m × 300 m) gelten.

Der Flözfaltentyp ist gleichen genetischen Ursprungs wie die Gieser i.e.S. Allerdings liegt die Einsenkung hier nicht über einem steilauferichteten Flöz sondern über einer generellen Flözhochlage infolge einer großräumigen Flözauffaltung. Dabei ist es mehr oder weniger zufällig, daß das Kohleflöz nicht in großer Tiefe sondern unmittelbar unterhalb des rezenten Erosionsniveaus liegt.

Typisch für die Gieser i.e.S. ist die Anreicherung feinsten Abschlammungen an ihrem Grunde und damit verbunden die Ausbildung von Staunässe. Das kann soweit gehen, daß sich a-Horizonte im Boden oder sogar lokale Moore bilden. Auf jeden Fall bildet sich aber eine Vegetation heraus, die sich markant vom Kiefern(mono)bestand der benachbarten, aufgeforsteten Hochflächen unterscheidet. Sie besteht aus Birken, selten anderen Laubbäumen, diversen Sträuchern, Farnen und Riedgräsern (Abb. 3). In abgeholzten Bereichen werden die Gieser in einzigartiger Weise sichtbar, die typische Vegetation aber oftmals auch zerstört (Abb. 4).

3.2. Schuppen, Diapire und Falten

Zum Verständnis der prinzipiellen Lagerungsverhältnisse im Faltenbogen ist es zunächst zweckmäßig, zwischen Großformen und Kleinformen der glazigenen Deformation zu unterscheiden und schwerpunktmäßig die Großformen zu analysieren. Der Begriff Großformen wird dabei im Sinne von VIETE (1960) gebraucht.

Kleinformen, so attraktiv sie im Aufschluß auch sind (z. B. Faltenbilder in den Tschöpelner Braunkohlengruben bei ILLNER 1929, Reprint in KUPETZ 1996), widerspiegeln die Großformen in der Regel nicht.

Die Erkundung der Kohle (etwa 1880 bis 1970) erfolgte traditionell anhand auf Bohrerergebnissen beruhender geologischer Schnitte. Meist lautete das Erkundungsziel „Kohle durchteufen“, so daß die Schnitte nur die geometrische Form des Kohleflözes darstellen, nicht aber die der glazitektonischen Struktur selbst erfassen. Eine Reproduktion eines solchen Schnittes ist auf dem Poster „Muskauer Faltenbogen“ des Landesumweltamtes Brandenburg abgedruckt. Da ca. 900 derartige „Altbergbauschnitte“ vorliegen, stellen sie eine wesentliche Kenntnisquelle, insbesondere für die Erarbeitung einer flächendeckenden Strukturkarte dar (KUPETZ, SCHUBERT et al. 1989, Abb. 15).

Auch in guten geologischen Beschreibungen des Faltenbogens gibt es deshalb häufig Abbildungen, die nur die Lage

Tab. 1 Miozäne Flözhorizonte im Muskauer Faltenbogen

Flözname	Mächtigkeit (m) und Horizontbeständigkeit	Entfernung von der Ober- bzw. Unterkante des 2.MFH (m)
OBK Oberbank des 1. MFH	(0) 1–2, ? max.11**	ca. 80–85
UBK Unterbank des 1. MFH	(0) 1–2**	ca. 70–73
Unterbegleiter des 1. MFH	(0) 1–2**, max. 10	ca. 50
OGL Oberbegleiter des 2. MFH	(0) 1–2*	(15–) 20–25 (–30)
2. MFH 2. Miozäner Flözhorizont	(10–) 12 (–15)	–
UGL Unterbegleiter des 2. MFH	(0) 1–2*	ca. 1–3



Abb. 3

Gerade verlaufender Gieser (Schuppentyp) mit charakteristischer Vegetation ca. 1 km östlich Reuthen im Bereich der Grube Anna (Foto 30.03.1997)

und Form des Kohleflözes sowie die Erdoberfläche zeigen (CRAMER u. a. 1928, S. 33; HERBST 1953, VIETE 1964, Bilder 1 und 2; OLSZEWSKI 1978, DYJOR & CHLEBOWSKI 1973, Abb. 3; u. a.).

Man muß sich bei der Bewertung dieser Schnitte immer bewußt sein, daß sie nur einen zufälligen „Leithorizont“ innerhalb einer Struktur, nicht aber die Struktur selbst repräsentierten. Deshalb sind die wenigen geologischen

Profile mit tieferreichenden Bohrungen, insbesondere den Bohrungen des Erkundungsprogramms OLAZ, sowie die nahseismischen Messungen von besonderem Wert.

Gegenstand des Bergbaus war im Faltenbogen im wesentlichen der 2. Miozäne Flözhorizont (2. MFH). Mit einer aushaltenden, fast konstanten Mächtigkeit von (10 –) 12 (– 15) m stellt er einen idealen, fast unter allen Bedingungen erkennbaren Leithorizont dar.



Abb. 4

Überpflügter Gieser (Schuppentyp) in natürlicher Morphologie ca. 1,5 km östlich Reuthen im Bereich der Grube Anna (Foto 09.12.1986)

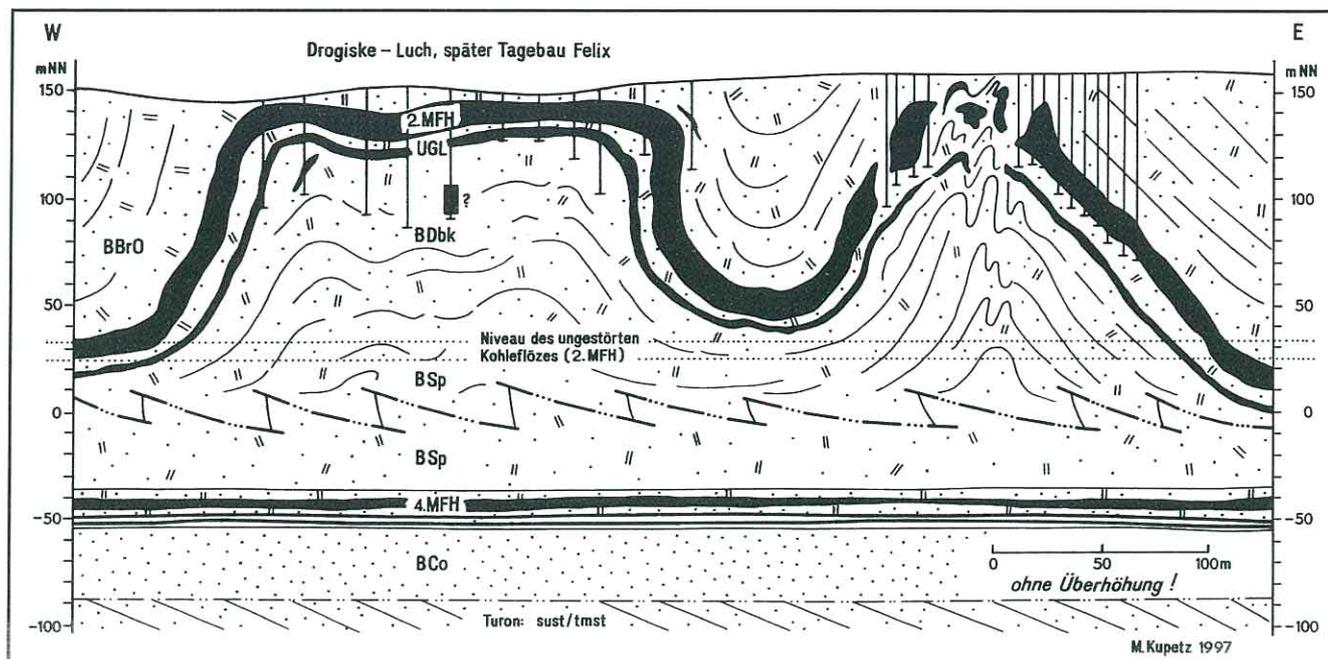


Abb. 5

Großdimensionale Biegefließfaltung und Diapirismus im Muskauer Faltenbogen. Geologischer Schnitt im Bereich der Grube Felix bei Bohsdorf.

Darüber hinaus gibt es weitere Kohleflöze, die mit wechselnder Zuverlässigkeit zur Strukturerkennung herangezogen werden können. Die einschränkenden Kriterien sind dabei immer die nicht durchgehende Horizontbeständigkeit (*) und das teilweise nur sporadische Auftreten (**) und/oder schwankende primäre Mächtigkeiten (Tab. 1).

An Großformen der glazitektonischen Deformation existieren im Faltenbogen:

1. Schuppen,
2. Diapire und
3. Biegefließfalten in der 100–300-m-Dimension.

Aufgrund des unterschiedlichen Interesses der Bergbautreibenden an den verschiedenen Deformationsformen sind die einzelnen Elemente in unterschiedlich starkem Grad erkundet worden. Lange vor der Jahrhundertwende wurde, wohl wegen der Schwierigkeiten bei der Wasserhaltung in Tagebauen, oberflächennaher Tiefbau im kleinsten Maßstab betrieben. Es hat den Anschein, als wären damals möglichst steilstehende Flöze, in denen man senkrecht bauen konnte, bevorzugtes Ziel des Abbaus gewesen. Bebaut wurden wohl vor allem die steilen Flanken von Diapirstrukturen. Die Überlieferung geologisch verwertbarer Unterlagen dazu ist äußerst spärlich. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde unter verbesserten technischen Möglichkeiten Tiefbau bis teilweise 100 m betrieben, wobei jetzt möglichst langaushaltende mittelsteil bis steileinfallende Schuppenstrukturen stufenweise in die Tiefe abgebaut wurden. Diapirstrukturen wurden dabei nur dann bekannt, wenn sie Schuppenstrukturen räumlich unmittelbar benachbart waren oder in solche übergingen (z. B. in der Grube Conrad). In den zwanziger Jahren beginnend (z. B. in der Grube Julius), im großen Maßstab aber nach

dem zweiten Weltkrieg, wurden größere Tagebaue betrieben. Hierfür eigneten sich flach einfallende Schuppen (z. B. Mulde D der Trebendorfer Felder im BKW Frieden) und hochliegende (gefaltete) Flözbereiche (z. B. Grube Felix – Felixsee –) besonders. Bedingt durch die Erkundung nach abbautechnischen Gesichtspunkten ausgewählter Strukturen sind Schuppen die am häufigsten erkundeten und am besten bekannten Strukturelemente. Es kann deshalb leicht der Eindruck entstehen, der Faltenbogen sei eher ein „Schuppen“- als ein „Falten“-bogen.

Die *Schuppenstrukturen* (Abb. 6) haben (quer zum Streichen) eine Länge von 100–250 m, im Extremfall 50–800 m, und eine bis zu drei oder mehr Kilometer lange, streichende Erstreckung. Sie fallen mit 10° bis 80° ein, wobei sich mit steigendem Einfallswinkel die Schuppenlänge verkürzt. Morphologisch besteht eine ideale Schuppe im Faltenbogen aus drei Abschnitten:

- A: einem kurzen, nach oben abgeknickten und abgeschernten unteren (eisrandnahen) Ende,
- B: einem langen, leicht konkav gebogenen, seltener schwach gewellten Mittelteil,
- C: oft einem leicht konvex gebogenen (eisrandfernen) Ende.

Die Schuppen sind meist nicht intern deformiert. Ihre Basis ist nach Schichtenverzeichnissen neuerer Bohrungen und Bohrlochmeßkurven in der Mehrzahl der Fälle eine scharf begrenzte Fläche bzw. nur wenige dm mächtige Zone gepreßter Sedimente mit Harnischen. Über bzw. unter diesem Abscherhorizont liegen in der Regel intakte, in sich nicht gestörte Profilabschnitte. Die Scherfläche selbst hat eine listrische Form. Sie schneidet die höheren Profilabschnitte unter mittleren Winkeln und legt sich nach

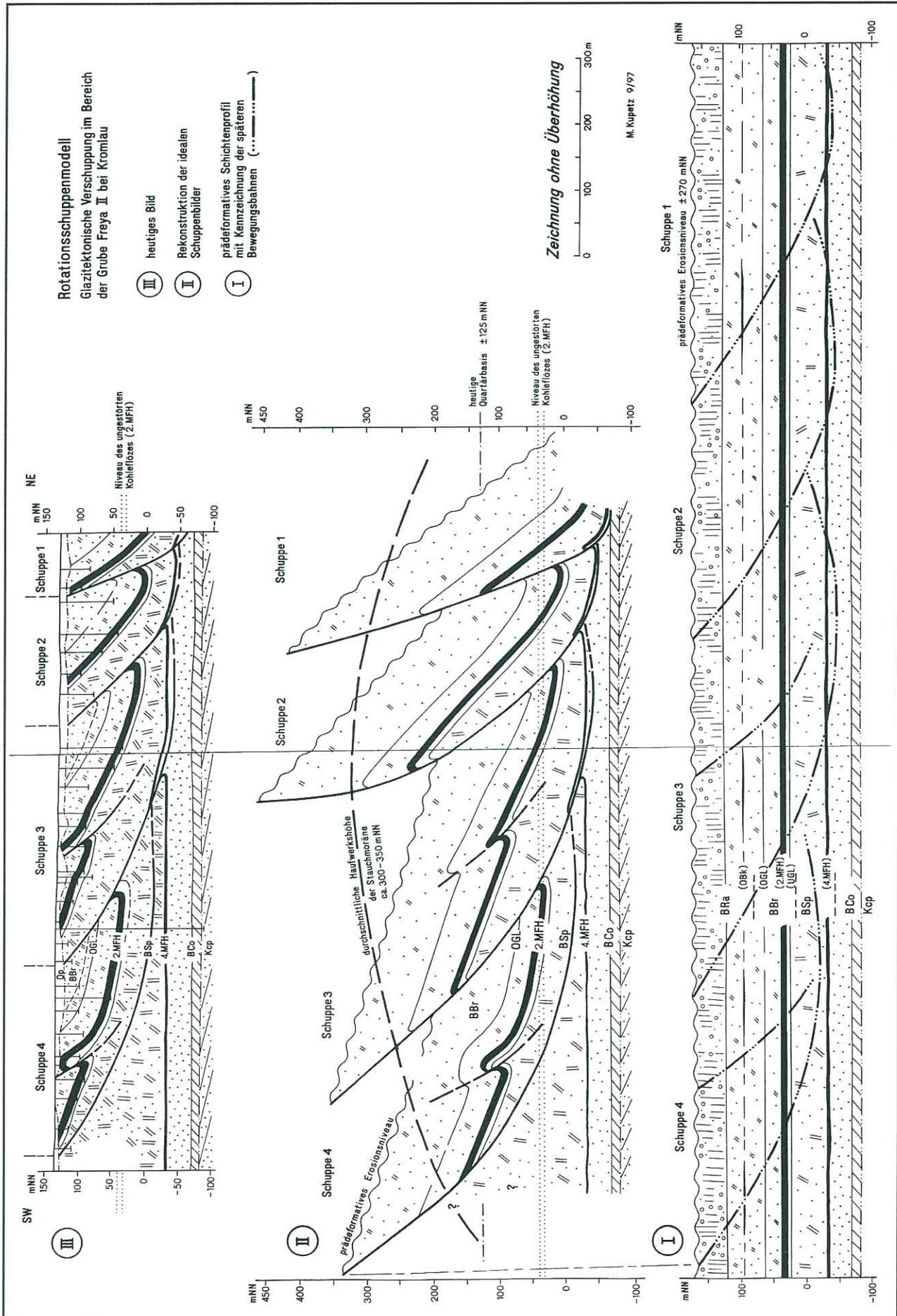
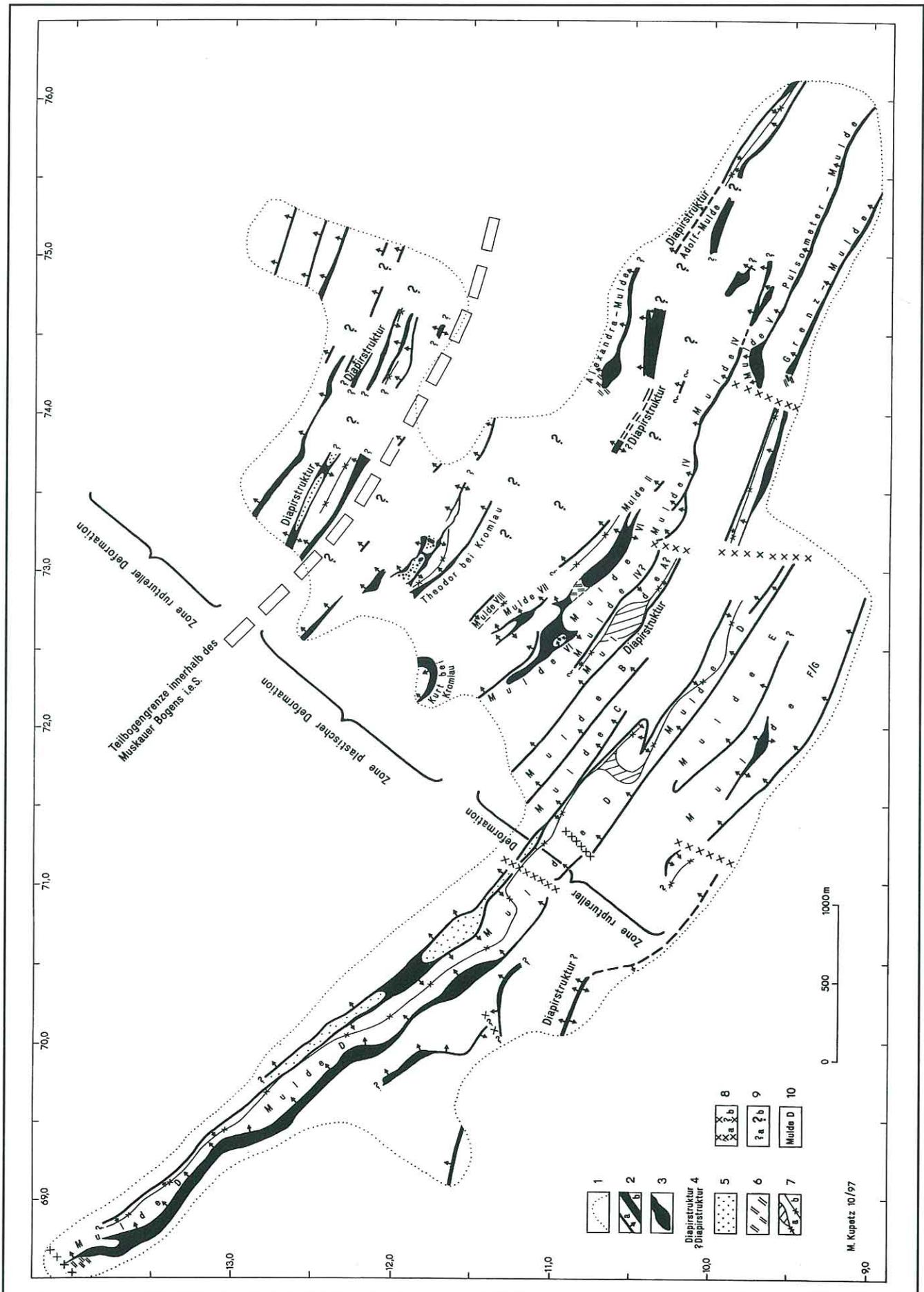


Abb. 6 Modell der glazitektonischen Verschiebung (Rotationsschuppen) im Muskauer Faltenbogen. Geologischer Schnitt im Bereich der Grube Freya II bei Kromlau.



unten immer stärker der Schichtung an. Daraus resultiert eine keilförmige Schuppengestalt. Eine Gebundenheit der Schuppenwurzel an einen lithologisch prädestinierten Horizont, wie z. B. die Tone der Spremberger Folge konnte nicht beobachtet werden. Es gibt sowohl flacher verlaufende Schuppen als auch solche, die bis in die Sande der Cottbuser Folge reichen.

Ein wichtiges Phänomen der Schuppen ist deren in streichender Richtung zu beobachtende Verzweigung. Auf einer bereits existierenden Schuppe bildet sich eine 30–50 m breite Aufsattelung, die sich zu einer Falte mit gleicher Vergenz wie die Schuppe entwickelt. Diese Falte ist größenordnungsmäßig kleiner als die Schuppe. Bevor es durch fortschreitende Einengung zur Bildung einer liegenden oder überkippten Falte kommt, wird eine Flexur angelegt und es entsteht eine Scherfläche. Der kleine liegende Faltschenkel entwickelt sich zum steilstehenden bis überkippten unteren Teil der neuen liegenden Schuppe (Abschnitt A der obigen Beschreibung). Der hangende Faltschenkel stellt das konvex gebogene, obere Ende der neuen oberen Schuppe dar. Ein sehr anschauliches Beispiel dafür ist mit der Basislinienkonstruktion der sog. Mulden A bis D in den Trebendorfer Feldern gegeben (Abb. 13). Die Schuppen 2 und 3 in Abb. 6 befinden sich gerade im Stadium der Anlage neuer Schuppen.

In der räumlichen Anordnung der Schuppen kann an mehreren gut erkundeten Lokalitäten über etwa 5–6 Schuppen hinweg eine bestimmte Formensequenz beobachtet werden. „Eisrandfern“ liegt eine lange, flach einfallende Schuppe, an die sich in „Richtung auf das Eis“ immer kürzer werdende und steiler einfallende Schuppen anschließen. Abb. 6 zeigt ein Beispiel für eine derartige regelmäßige Abfolge.

Über den Aufbau der *Diapire* (Abb. 5) liegt aus o. g. Gründen nur ein relativ geringer Kenntnisstand vor.

Als *Diapire* werden im Muskauer Faltenbogen Aufwölbungen und Aufbrüche tieferliegender tertiärer Tone,

Schluffe und Sande in bzw. durch ihre Deckschichten bezeichnet. Die Kohle des 2. MFH wird durch die *Diapire* passiv aufgeschleppt, selbst tritt sie nicht *diapir*bildend auf. Es handelt sich hierbei nicht um Formen, deren Genese durch Dichteinversion wie der Salz- oder Kohle*diapirismus*, bedingt ist.

Es handelt sich bei den *Diapiren* um die sog. Schmalsättel am Rande der „Breitmulden“ i. S.v. VIETE (1960). Die *Diapire* sind mehr oder weniger symmetrische, steile bis fast senkrechte Flözaufsattelungen von 50–100 m Breite und einigen hundert Metern Länge. Ihre Streichlinie verläuft faltenbogenparallel, aber sehr viel unruhiger als die von Schuppen. Die Kohleaufsattelungen erreichen Höhen von 80 m und mehr. Im Flankenbereich eines *Diapirs* in der Grube Felix wurde das Flöz in einer scheinbaren Mächtigkeit von 81 m erbohrt. Die Scheitelpunkte der *Diapire* können aufreißen. Dort treten dann irregulär geformte, isolierte Kohlenfetzen auf. Das aufgeschleppte Kohleflöz ist typischerweise in seiner Mächtigkeit reduziert. Es treten auch Mächtigkeitsan- und -abschwellungen auf, so daß auf ein bedeutendes Maß an plastischen Deformationen des gesamten Schichtpaketes in den *Diapiren* geschlossen werden kann. Nomenklatorisch sind diese *Diapire* injektive Falten, bei denen Sedimente des Liegenden (Sande, Schluffe, Tone) in gleichartige Sedimente des Hangenden eindringen und Sedimente geringerer Dichte (Braunkohle) aufschleppen und teilweise sogar durchbrechen. Es sind keine *Diapire*, die in Verbindung mit Dichteinversionen, wie z. B. der Mollisoldiapirismus des mitteldeutschen Raumes (EISSMANN 1978), stehen.

Ein dritter Typ von Großformen der glazitektonischen Deformation sind *Biegefließfalten in der 100 bis 300 m-Dimension*. Sie können dort angenommen werden, wo unruhige, flächenhafte Hochlagen eines Flözes auftreten, aus dem geologischen Kontext geschlossen werden kann, daß der 2. MFH vorliegt, und die Mächtigkeit dieses Flözes scheinbar unmotiviert schwankt. Tatsächlich liegt hier der Sattel eines in sich gefalteten, plastisch deformierten Flözes vor. Derartige Flözhochlagen haben die Längs- und Breitenerstreckung von einigen hundert Metern und sind meist eisrandparallel gestreckt. Als typisches Beispiel dafür kann der Tagebau in der Grube Felix gelten. Aus tektonischer Sicht ist es Zufall, ob dicht unter dem heutigen Erosionsniveau ein bauwürdiges Kohleflöz liegt oder nicht. Deshalb gehören zur Zone der Biegefließfalten auch Bereiche, in denen das Flöz bereits erodiert und nur noch reliktsch erhalten ist (z. B. in der Grube Theodor bei Kromlau in Abb. 7) sowie Bereiche, in denen das Flöz relativ oberflächenfern liegt.

Faltenmorphologisch handelt es sich bei den Biegefließfalten um sehr komplizierte Strukturen: unruhiges Streichen sowie wechselndes Ab- und Auftauchen der Faltenachsen, ein hoher Grad an plastischer Deformation, Übergänge zu disharmonischen Falten, Schichtzerreibungen und Kleinfalten, die das Bild weiter komplizieren.

Im einzelnen wird es insbesondere bei geringem Kenntnisstand schwer sein, *Diapire* und großdimensionale Biegefließfalten voneinander zu trennen.

Abb. 7

Verteilung von Formen der rupturrellen und plastischen Deformation im Kartenbild, Gebiet zwischen Weißwasser, Halbendorf und Kromlau: Gruben Kurt bei Kromlau, Freya II (mit Theodor) und Frieden West („Trebendorfer Felder“), z. T. Philippine bei Weißwasser

1 – Arbeitsbereichsgrenze, 2 – verschupptes Kohleflöz mit Einfallrichtung, a) mit steilem, abgelenktem Ende, b) mit flach ausstreichendem Ende, 3 – oberflächennah liegendes Flöz, Teile von großdimensionalen Biegefließfalten bzw. *Diapiren* mit Einfallrichtung, 4 – *Diapir*struktur, sicher bzw. vermutet, 5 – erodierte Köpfe von Flözfallen, 6 – Erosionsreste oberflächennaher Flözteile, 7 – Achsen tektonischer Flözmulden und flachliegende Muldenböden (Breitmulden i. S.v. VIETE 1960), a) sicher, b) vermutet, 8 – Relaxationsstrukturen (tektonisch ac), a) sicher, b) vermutet, 9 – a) Fortsetzung des Kohleflözes im Streichen, b) Kohleflözverbreitung in der Fläche unbekannt, 10 – bergmännische Namen der „Strukturen“, eigentlich nur des Kohleflözes (2. MFH), nicht der tektonischen Struktur selbst

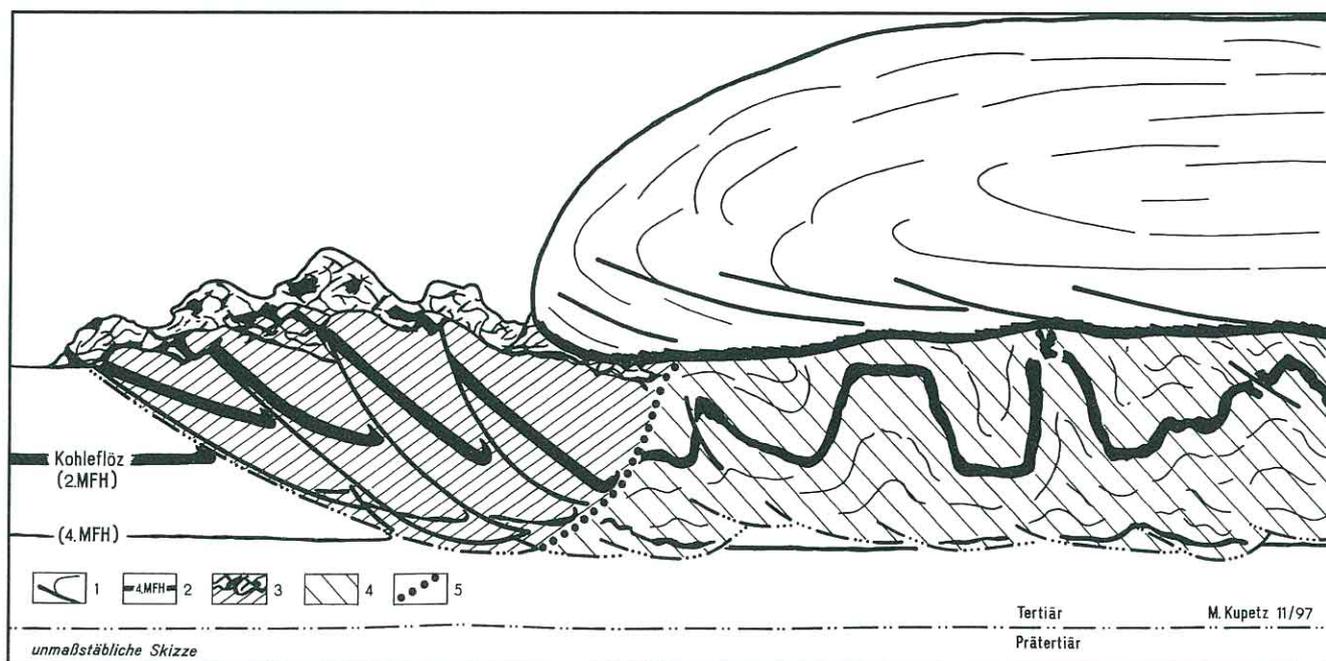


Abb. 8 Schematischer Schnitt zur Faltenbogengenesse. Das Kohleflöz veranschaulicht die verschiedenen Großformen der glazigenen Deformation.

1 – glazitektonische Scherflächen im Gletschereis und der Gletscherunterlage; im Gletschereis verbunden mit Fließlinien des Eises, 2 – ungestörtes Lockergebirge, 3 – Bereich der vorwiegend rupturellen Deformation vor und unter dem Gletscher, 4 – Bereich der vorwiegend plastischen Deformation unter dem Gletscher, 5 – Grenzen zwischen Bereichen der rupturellen und plastischen Deformation

Es ist ferner zu berücksichtigen, daß es auch prinzipiell möglich ist, daß im Faltenbogen fernüberschobene, wurzellose Schollen auftreten. Das Erscheinungsbild hochliegender Biegefließfalten und derartiger Schollen kann stark konvergieren.

Abschließend soll betont werden, daß im einzelnen Übergänge zwischen den Schuppen, Diapiren und großen Biegefließfalten auftreten können und insbesondere bei geringem Kenntnisstand an einer konkreten Struktur die Zuordnung zu einer Form schwierig sein kann.

3.3. Verhältnis von Formen der rupturellen und plastischen Deformation zueinander

Die drei Hauptformen der glazitektonischen Großdeformation (Schuppen, Diapire und großdimensionale Biegefließfalten) zeigen ein bestimmtes Verteilungsmuster. Am besten ist es zur Zeit am Südostende des Faltenbogens im Raum zwischen den Orten Weißwasser, Trebendorf, Halbendorf und Kromlau untersucht (Abb. 7). Die Mulden A bis G in den Trebendorfer Feldern bilden eine regelmäßige Abfolge von Schuppen (siehe Punkt 3.2 und Abb. 6). Im Detail verzweigen sie sich mehrfach, so daß in der Übersicht die Abfolge aus fünf oder (?) sechs Schuppen besteht (F/G - E - D - C - B - (?)A/IV). Nordöstlich schließt sich ein Bereich an, der nach der kartennmäßigen Rekonstruktion des Kohleflözes (2. MFH) dem Typ der großen Biegefließfalten zuzuordnen ist (Mulden (?)A/IV, II, VI, VII, VIII, Alexandra-Mulde; Grube Kurt bei Kromlau, Grube Theodor bei Kromlau). Einige Strukturen könnten auch vom Diapirtyp sein, aber aufgrund des Kenntnisstandes läßt sich das nur schwer entscheiden. Nordöstlich schließt

sich wieder eine regelmäßige Abfolge von Schuppen an, und zwar die Sequenz der Grube Freya II (Abb. 6). Infolge des umfangreichen Kohleabbaus ist die natürliche Morphologie des Biegefließfaltengebietes stark zerstört.

Es läßt sich zusammenfassen, daß auf die etwa 1,5 km breite Schuppenzone eine 1,5–2,0 km breite Zone großer Biegefließfalten und möglicher Diapirstrukturen folgt. Das heißt, eine Zone ruptureller Deformationsformen am Außenrand des Faltenbogens bzw. Teilbogens geht zum Innenrand zu in eine Zone plastischer Deformationen über. Die Abgrenzung zwischen beiden ist unscharf. Es existieren Übergänge zwischen beiden.

Die Strukturskizze aus dem Gebiet der Grube Conrad (Abb. 9) erfaßt detailliert einen Übergangsbereich zwischen überwiegend ruptureller Deformation im Westen und überwiegend plastischer Deformation im Osten. Der gute Erkundungsgrad in der Grube Conrad erlaubt noch einige weitere Aussage:

1. Schuppen und Diapire können im Streichen auseinander hervorgehen, d. h. in diesen Fällen sind sie zeitgleicher Entstehung,
2. es gibt Diapire, die den Schuppen aufgesetzt und damit jünger als diese sind bzw. sich in einem späten Stadium der Verschuppung gebildet haben,
3. steile und schmale, wandartige Diapire können im Streichen in gefaltete Flözhochlagen vom Typ der großen Biegefließfalten übergehen.

3.4. Relaxationsstrukturen

Dehnungsstrukturen senkrecht zum Gefüge der Schuppen, Falten und geschienten Diapire müssen aus tektonischen

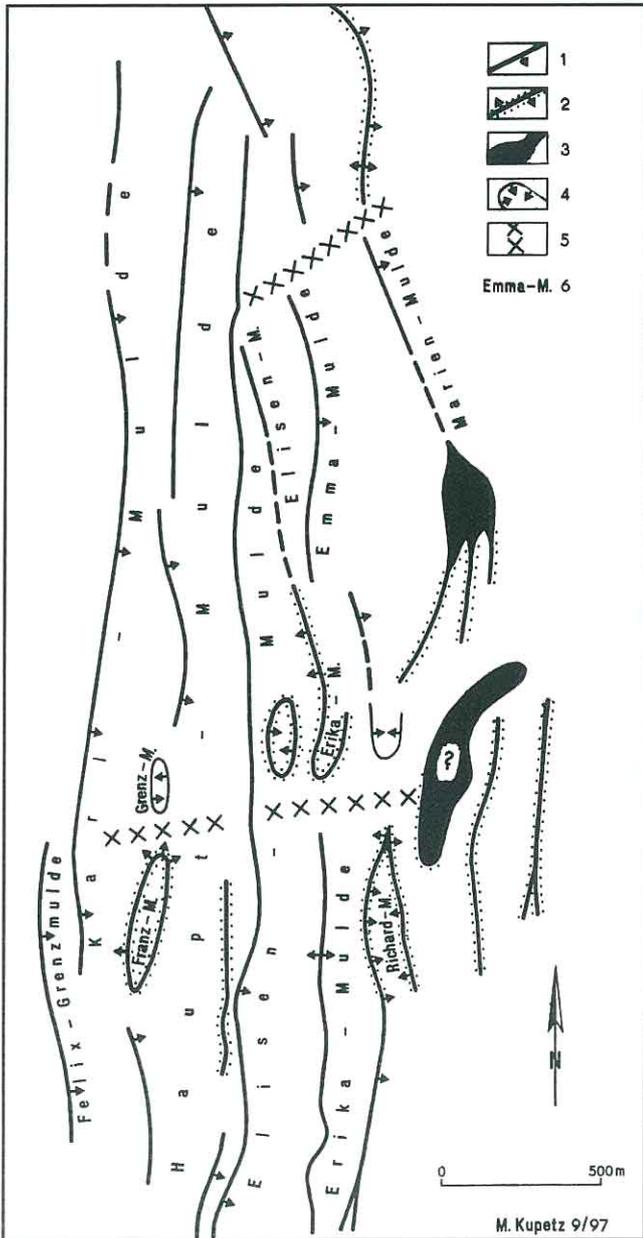
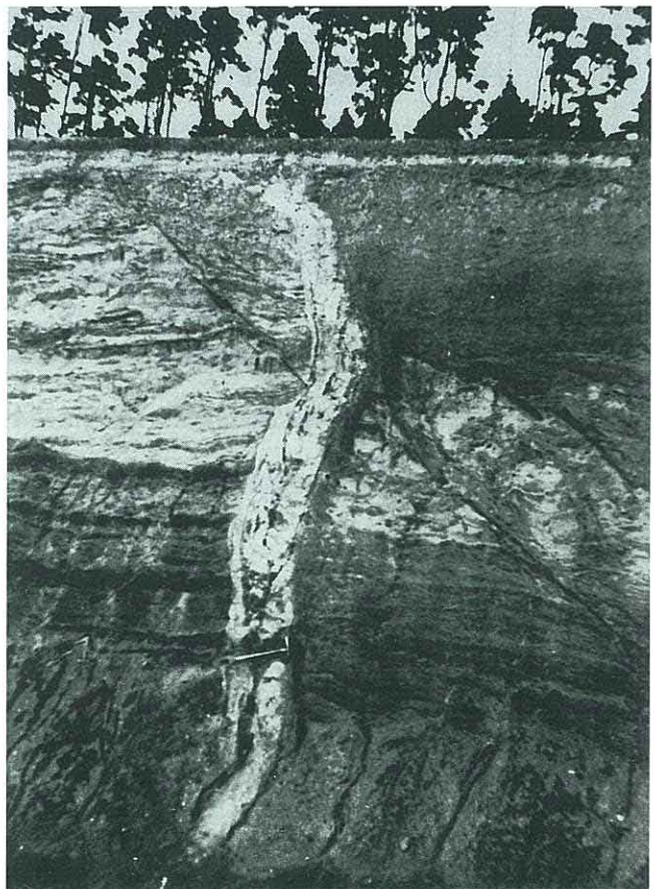


Abb. 9
 Engräumliche Verzahnung von Formen der rupturellen (Schuppen) und plastischen Deformation (Diapire und hochliegende Biegefließfalten) im Muskauer Faltenbogen, abgebildet durch das deformierte Kohleflöz (2. MFH), Bereich der Grube Conrad

1 - verschupptes Kohleflöz (2. MFH), Ausstrich mit Einfallrichtung, 2 - steil bis saiger stehendes Kohleflöz (2. MFH) in Diapirstrukturen, 3 - flächenhafte Flözhochlagen (2. MFH), Sättel von großdimensionalen Biegefließfalten und/oder Topbereiche von Diapirstrukturen, 4 - flache, unlaufende Muldenstrukturen im 1. MFH, ca. 70-85 m über dem 2. MFH liegend, 5 - Relaxationsstrukturen, 6 - bergmännische Namen für geologische „Strukturen“

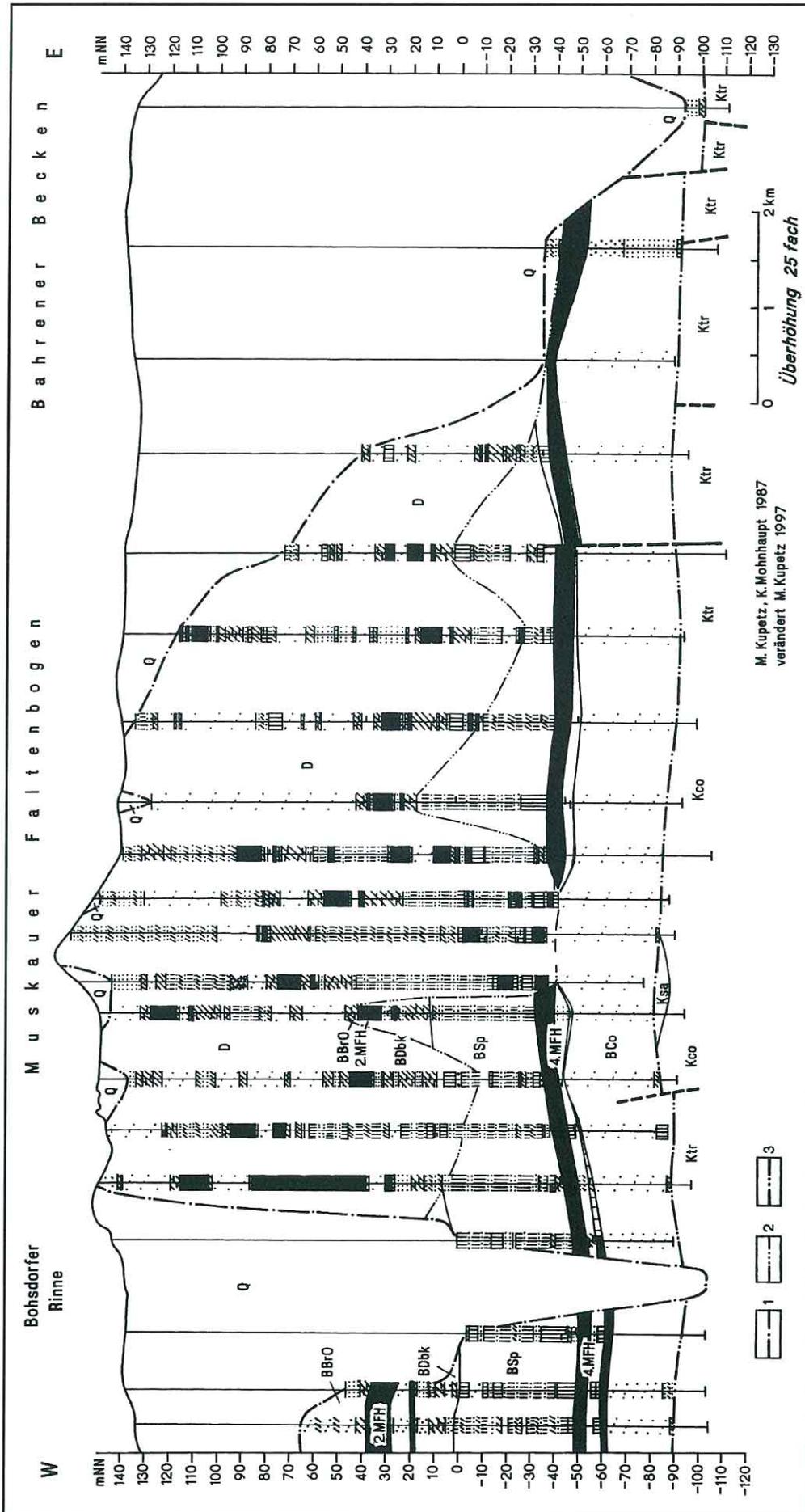
Mit den Sedimentgängen, die mehr oder weniger senkrecht zum Streichen verlaufen, sind nur untergeordnet seitliche Versätze verbunden (Abb. 9 und 13). Die Gänge haben Längen zwischen wenigen Metern und einigen Dekametern und eine Breite von 0,5-10 m. Ihre Füllung besteht aus den Sanden, Schluffen und Tonen des Nebengesteins (Abb. 10). Unter günstigen Umständen können die Sedimentgänge auch im Gelände beobachtet werden, und zwar, wenn sie durch ein gieserbildendes Kohleflöz verlaufen. Die Gänge bleiben dann als morphologischer Riegel mit 3-5 m Höhe und einer Breite von 10-20 m mit dem Querschnitt einer Glockenkurve stehen. Neben senkrecht zum Gieser verlaufenden Gängen wurden vereinzelt auch Gänge gefunden, die unter ca. 45° einen Gieser durchschneiden.



Gründen auch zum Strukturinventar der glazitektonischen Großformen gehören. Sie werden in Anlehnung an VAN DER WATEREN (1981) als Relaxationsstrukturen bezeichnet (tektonisch ac). In der Größenordnung des Dezi- bis Hektometerbereiches können zwei Formen beobachtet werden:

1. Sedimentgänge, die ein Strukturelement durchschneiden
2. breitere Störungszonen, die mehrere Strukturelemente zerreißen.

Abb. 10
 Sedimentgang im Kohleflöz (2. MFH) der Schuppenstruktur „Mulde A“ in der Grube Frieden West, der ca. 50 cm breite Gang durchschneidet die Sande und Schluffe der Oberen Briesker Folge (BBrO), Reprint HERBST (1953, Abb. 22)



M. Kupetz, K. Mohnhaupt 1987
 verändert M. Kupetz 1997

Abb. 11 Tiefenreichweite der glazigenen Deformation im Muskauer Faltenbogen. Geologischer Schnitt durch den Nordwestteil des Faltenbogens. 1 – Basis der quartären Sedimente, 2 – Basis der glazitektonischen Deformation, 3 – Basis der tertiären Sedimente, K_{ir}-K_{sa} – Prätertiär: Oberkreide, BCo-BBrO – ungestörte tertiäre Sedimente, D – deformierte, überwiegend tertiäre Sedimente, Q – quartäre Sedimente

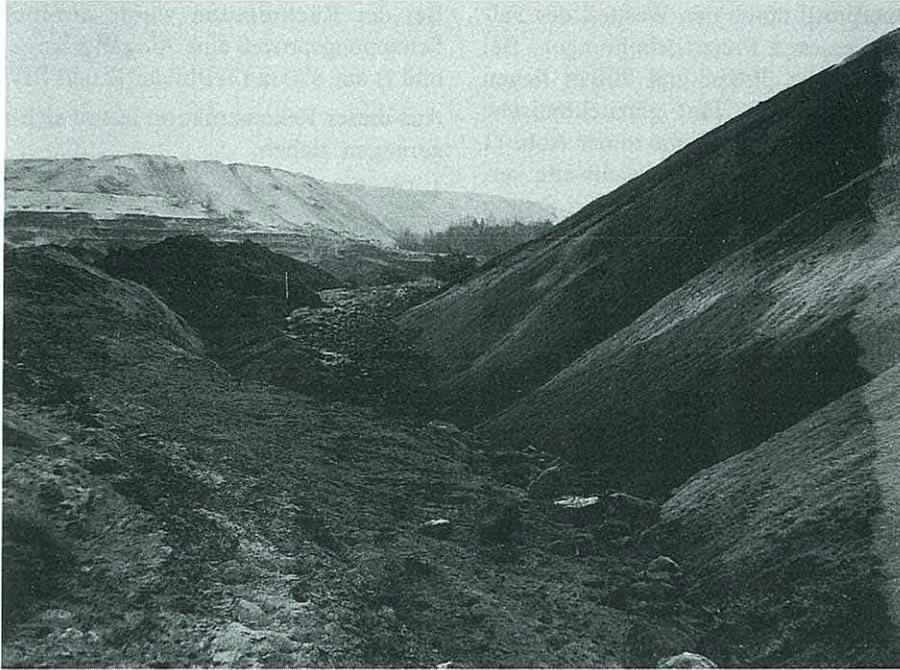


Abb. 12

Sichelförmiger, ca. 6 m hoher Grundbruch ca. 15–20 m vor dem Fuß einer 35 m hohen Tagebaukippe (Zugkippe) im Tagebau Spreetal NE, Höhe des Maßstabs 3 m (Foto: 10.12.1986).

Bei den alten Bergleuten waren die Sedimentgänge wegen ihrer Wasserführung gefürchtet. Im Falle ihrer Füllung mit Feinsanden konnten sie zu verheerenden Schwimmsand-einbrüchen führen. Die Bergleute haben aus bergbautechnischen Gründen eine Größenunterscheidung zwischen „Verdrückungen“ (wenige Meter lang) und „Störungen“ (mehrere Dekameter lang) vorgenommen. In den rißlichen Unterlagen sind die Sedimentgänge allerdings nicht dokumentiert.

An mehreren Stellen im Faltenbogen durchschneiden *breitere Störungszonen* gleichzeitig mehrere große glazitektonische Strukturelemente (Abb. 9). Diese Störungen haben, soweit bekannt, eine Länge von 200–1 000 m und eine Breite zwischen etwa 10 und 100 m. Horizontale Versätze müssen nicht auftreten, können aber auch 100 m oder mehr betragen. Über den inneren Aufbau der Störungen gibt es keine Beschreibungen. Oberflächenmorphologisch können sie nur noch schwer erkannt werden, weil sie von Alters her als Wege benutzt worden sind und dementsprechend die schwachen morphologischen Indikationen durch Auffüllung, Nivellierung u. ä. Maßnahmen verändert worden sind.

Beispiele für derartige Störungszonen sind die „Seilbahnwege“ der Gruben Conrad und Julius sowie ein Abschnitt der „Salzstraße“ zwischen Reuthen und Friedrichshain.

In die Diskussion über Relaxationsstrukturen muß auch die Deutung der beiden großen morphologischen Elemente Neißedurchbruch und Dübener Depression einbezogen werden. Beide teilen den Faltenbogen in drei nahezu gleichgroße Abschnitte und legen den Gedanken nahe, hier könne der Faltenbogen als ganzes glazitektonisch in

drei „Teilschollen“ zerrissen worden sein. Prinzipiell erscheint dies möglich. Jedoch sprechen die Beobachtungen im Bereich der Dübener Depression, in der im Untergrund das Fortsetzen der Faltenbogenstrukturen erkannt werden konnte, für eine glazifluviale Anlage der Dübener Depression über normal gestauchtem Untergrund.

Beide Strukturen, die Dübener Depression und der Neißedurchbruch, werden (auch aufgrund der erkundeten sandig-feinsandig-schluffigen Sedimentfüllung der Dübener Depression) als Moränentore aufgefaßt; d. h., Schmelzwässer zurückgehenden Eises stauten sich hinter der Stauchendmoräne auf und haben sie durch ihren hydrostatischen Druck durchbrochen. Welchen Alters die Moränentore sind, ist nicht hinreichend untersucht. Möglicherweise erfolgte ihre Anlage bereits elsterzeitlich, ihre oberflächennah zu beobachtende Ausgestaltung aber in jüngerer Zeit (Warthe).

3.5. Tiefenreichweite der glazigenen Deformation

Die Tiefenreichweite der Deformation kann durch Harnische oder Pressungszonen im Lockersediment von Kernbohrungen oder durch einen erfahrenen Interpretator an Bohrlochmeßkurven ermittelt werden. Aus den relativ wenigen Bohrungen mit genügender Tiefe (Braunkohlen-erkundungsbohrungen, die das Prätertiär erreicht haben) wurde überwiegend mit Hilfe der BLM die Tiefenreichweite der Deformation interpretiert und kartenmäßig dargestellt (KUPETZ, SCHUBERT et al. 1989, Abb. 16). Danach liegt die Deformationstiefe im Bereich zwischen – 98 m und + 60 m NN, das heißt, zwischen ca. 90 m und maximal 236 m unter Geländeniveau. Werte von 200 m und darüber können als repräsentativ gelten. Abb. 11 zeigt ein

25fach überhöhtes Querprofil durch den Westteil des Faltenbogens aus BL-vermessenen Prätertiärbohrungen. Bei Bohrungsabständen zwischen 300 m und 900 m liegen zwischen den Bohrungen ein bis fünf glazitektonische Einzelstrukturen, so daß die Dreipunktlinie in der Abb. 11 nur einen groben Eindruck von der Tiefenreichweite vermitteln kann. Die Überhöhung erlaubt zwar, einen Schnitt durch den gesamten Faltenbogen darzustellen, hat aber auch zu Folge, daß in diesem Profil die Schuppen, Diapire und Falten fast senkrecht wie Orgelpfeifen nebeneinander stehen würden. Unabhängig von dieser methodischen Unzulänglichkeit gibt es z. Z. keine denkbare Profillinie, auf der genügend Kenntnisse vorliegen, um einen einigermaßen sicheren geologischen Schnitt durch die ca. 30 Einzelstrukturen, aus denen sich der Faltenbogen aufbaut, zeichnen zu können.

4. Rekonstruktion der Verschuppung: Rotationschuppen

Bei der Rekonstruktion des Normalprofils für das Tertiär (Abb. 2) fiel auf, daß an verschiedenen Lokalitäten auch Schichten auftreten, die der Raunoer Folge (BRa) zuzuordnen sind. Setzt man die gesamte, in der Regel nur in Teilstücken anzutreffende Schichtenfolge zu einem Normalprofil zusammen und unterlegt durchschnittliche Mächtigkeiten, so läßt sich eine Gesamtmächtigkeit von ca. 270 m ermitteln. Für den mittleren und westlichen Teil des Faltenbogens kann man darüber hinaus eine Höhe der Prätertiäroberfläche von – 80 bis – 100 m NN ansetzen (KUPETZ et al. 1988, Karte des Prätertiärs). Daraus resultiert eine prädeformative Geländehöhe zwischen 170 und 190 m NN. Das heutige Höhengniveau liegt im Faltenbogen, abgesehen von einigen Erhebungen, durchschnittlich zwischen 90 und 130 m NN. Es lag also vor der Deformation etwa 40 bis 100 m höher.

In der Grube Freya II zwischen Kromlau und Halbendorf befindet sich einer der von seiner Aussagesicherheit her am besten dokumentierten geologischen Schnitte mit einer regelmäßigen Schuppenabfolge. Er ist deshalb zur Rekonstruktion des Deformationsgeschehens verwendet worden (Abb. 6). Teilbild III zeigt die rezente Situation. In Teilbild II wurden die Schuppen um die fehlenden Schichtenabschnitte der Oberen Briesker und Raunoer Folge ergänzt. Da die Schuppen aus Stabilitätsgründen niemals derartig ideal aufgeragt haben können, wurde eine vermittelnde Linie der Haufwerkshöhe der in sich zusammengefallenen höheren Teile der Schuppen eingezeichnet. Daraus ergibt sich maximal eine „aufgestauchte Haufwerkshöhe“ von ca. 300–350 m NN, d. h., zur Deformationszeit 110–180 m über Relief. In Teilbild I wurden die Schuppen schließlich auf den Scherflächen in den prädeformativen Zustand zurückrotiert. Daß nach der Rückrotation in die Horizontale der 2. MFH genau in dem NN-Niveau zu liegen kommt, in dem er auch nach der Rekonstruktion des Normalprofils liegen müßte, zeigt die Richtigkeit der Rotationsbewegung im Gegensatz zu einer parallelverschiebenden Verschuppung. Dieser Schuppentyp wird deshalb als *Rotationschuppe* bezeichnet.

Bei der Rückrotation wurde ermittelt, daß durch den Schuppungsprozeß eine Ausgangslänge von 1 720 m (Teilbild I) auf 870 m (Teilbilder II und III) verkürzt wurde.

Aus dieser Rekonstruktion lassen sich mehrere Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die Schuppendeformation, wie sie für den Faltenbogen typisch ist, ist eine *parautochthone Schuppenrotation*,
2. sie ist mit einer etwa 50 %igen Schichtenverkürzung verbunden,
3. aus der Schichtenverkürzung kann abgeleitet werden, daß die morphologische Aufstauchung etwa dieselbe Höhe aufweist wie die Tiefenreichweite der Deformation unter der Gletscherbasis,
4. die heutige Erdoberfläche repräsentiert einen tiefen Erosionsanschnitt in etwa halber Höhe der ursprünglichen Stauchungshöhe.

Die aus dem Rotationsschuppenmodell ableitbare etwa 50 %ige Schichtenverkürzung dürfte größenordnungsmäßig auch auf den Bereich der plastischen Deformation übertragbar sein. Obwohl hier keine Möglichkeiten der Einengungsmessung existieren, weist schon die Existenz von flächenhaften Flözhochlagen auf intensive Auf-faltungsprozesse hin (Längung in tektonisch c), denen eine Verkürzung in tektonisch a gegenüberstehen muß (Raumproblem).

Für die genetische Deutung der Schmiedeberger Stauchendmoräne (Sachsen-Anhalt) hat EISSMANN (1994 u. a.) das Modell der injektiven Faltschuppe entwickelt. Es basiert auf der Beobachtung, daß in Schmiedeberg die Schuppen – Tiefenreichweite bis etwa 100 m unter dem heutigen Gelände – in Sanden schwimmen (Bitterfelder Glimmersande). Der Bildungsprozeß wird zweiphasig beschrieben: 1. eislaminduzierte vergente Faltung durch Sandinjektionen aus dem Liegenden und 2. fortschreitende Sandinjektion bis zur Scheitelzerreißen („Störung“) und Schuppenbildung. Ansatzpunkte für eine derartige Interpretation wurden im Faltenbogen nicht gefunden.

5. Aussagen aus dem Satellitenbild

Alle bisherigen Strukturkartendarstellungen des Muskauer Faltenbogens zielten darauf ab, seine anscheinend lehrbuchhaft vollendete Zungengestalt abzubilden und durch weitere Klärung des internen Aufbaus den Kenntnisstand zu verbessern (VOLLERT 1889 [Reprint in KUPETZ 1996], HEINICKE 1904, KEILHACK 1921, RADTKE 1964, KUPETZ, SCHUBERT u. a. 1989, KUPETZ 1995, u. a.). Lediglich KEILHACK (1927) hat in einer kleinen Skizze ohne Kommentar die auffällige Strukturdiskonformität nordöstlich des Stauchungsgebietes bei Triebel im Verhältnis zum restlichen Faltenbogen abgebildet.

Unabhängig davon haben KUPETZ, SCHUBERT et al. (1989) am Nordwestende des Faltenbogens drei spitzwinklig aufeinander zulaufende „Faltenstränge“ unterschieden.

Die Interpretation des Satellitenbildes zeigt nun, daß die drei Faltenstränge am Nordwestende Pendants am Nordostende haben. Ihre gedankliche Ergänzung führt zur Ableitung dreier Teilbögen:

1. eines *Kölzig-Teuplitzer (Teil-)Bogens* mit ca. 12,5–14,5 km Radius,
2. eines *Döbern-Triebeler (Teil-)Bogens* mit ca. 8,0–10,0 km Radius,
3. eines *Muskauer (Teil-)Faltenbogens* i.e.S. mit ca. 11,0–12,0 km Radius (KUPETZ 1996, Abb. 2).

Wichtig für das Verständnis der Rekonstruktion des Kölzig-Teuplitzer Bogens ist, daß das Nordwestende des Kölziger Faltenstranges aus geologischen Schnitten konstruiert wurde und geomorphologisch, also auch im Satellitenbild, nicht sichtbar ist.

Gut erkennbar im Satellitenbild ist hingegen, daß am nordwestlichen Faltenbogenende die Fotolineationen spitzwinklig auf seinen morphologischen Außenrand zulaufen. An dieser Stelle wird ein Element des Tiefenbaus sichtbar. Wie bereits früher erkannt, schneidet die Bohsdorfer Rinne hier den Faltenbogen an.

Die wesentliche Erkenntnis aus dem Satellitenbild ist, daß der Faltenbogen gar keine so ideale Zungenform mehr aufweist, sondern nur noch Erosionsrest dreier Teilbögen ist. Unter diesem Aspekt wird auch der sinusförmige Verlauf des südöstlichen Innenrandes im geomorphologischen Bild (bei Kromlau) und der markante Einschnitt der Quartärbasis nach Südwesten bei Gablenz (Karte Quartärbasis in KUPETZ, SCHUBERT u. a. 1989) als Erosionskante verständlich.

6. Genetische Interpretation

6.1. Ableitungen aus den Beobachtungen im Muskauer Faltenbogen

Die oben rekonstruierten drei Teilbögen in Verbindung mit der aus dem Rotationsschuppenmodell resultierenden, etwa 50 %igen Schichtenverkürzung erfordern, daß vor der Deformation im Hinterland des Faltenbogens ein intaktes, vollständiges Tertiärprofil existiert hat. Daraus folgt, daß das Bahrener Becken mit seiner angenommenen Zungenbeckenfunktion (RADTKE 1963) zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorhanden gewesen sein kann.

Ausgangspunkt der Deformationsereignisse war ein Gletscherlobus, der in relativ ebenem Gelände mit einem Höhenniveau von ca. 170–190 m NN aus dem Haupteis nach S bis SW vorgestoßen ist. Er muß eher die Form einer kurzen Gletscherzunge mit etwa gleicher Länge und Breite (ca. 20 km × 20 km) gehabt haben als die einer Zunge mit wesentlich größerer Länge als Breite. Großräumig hat der Muskauer Gletscher das Bild eines etwa halbkreisförmigen Bogens, der aus der Kalotte des regional etwa W–E bis NW–SE verlaufenden Inlandeises hervorgestoßen ist. Dieser Vorstoß (surge-Ereignis) hat nicht, wie bei einem Gletscher, der in ein Zungenbecken fließt, die Schwerkraft als Bewegungsursache. Das Gletscherfließen muß vielmehr durch die innere Instabilität der Eiskalotte bedingt gewesen sein. Auch paläoklimatisch ist das plausibel. Wie weiter unten ausgeführt, hat der Faltenbogen elster-2-zeitliches Alter und eben für diese Zeit haben WOLF & SCHUBERT (1994) höher temperierte und mobile Eisverhältnisse rekonstruiert.

Anzunehmen ist, daß trotz des offenbar noch nicht existierenden Bahrener Beckens eine geringe morphologische Vorzeichnung des Gletscherweges existierte, möglicherweise in Form eines mehr oder weniger N–S verlaufenden Tales des Neiße-Oder-Systems.

Der zum Stillstand gekommene Gletscher wirkt im wesentlichen durch seine vertikale Lastkomponente deformierend auf seinen Untergrund (van der WATEREN 1981; u. a.). Infolge der einseitigen Belastung treten grundbruchartige Deformationsprozesse auf, die einerseits vor dem Eis, andererseits unter dem Eis zur Bildung glazitektonischer Strukturen führen (Abb. 8).

Dabei finden unter subaerischen Bedingungen, d. h. ohne Auflast des Eises in seinem Vorland, im wesentlichen rupturale Deformationsprozesse statt, die sich in den beschriebenen Rotationsschuppen äußern. Die Zone der rupturalen Deformation reicht dabei bis in den Randbereich des Gletschers und auf eine gewisse Entfernung noch unter den Gletscher (vgl. ROTNICKI 1976, Abb. 6). Nach einer quantitativen Abschätzung für die konkreten Verhältnisse im Faltenbogen beträgt die horizontale Deformationsreichweite, d. h. die Breite des bruchbeeinflussten Bereiches vor dem Gletscher, etwa 490–720 m (KUPETZ & KESSLER 1997).

Unter den Bedingungen der Eisaufplast treten demgegenüber im wesentlichen plastische Deformationsprozesse auf.

Formen der rupturalen Deformation (Rotationsschuppen) und plastischen Deformation (Diapire und Biegefließfalten) können konvergieren und/oder unmittelbar benachbart auftreten. Im Bereich des Eisrandes treten Formen der rupturalen und der plastischen Deformation nebeneinander auf. Teilweise gehen auch Prozesse der Schuppung in Diapirismus über. Ein derartiges Deformationsmodell für rupturale und plastische Deformation ohne bzw. mit Auflast hat KÖSTER (1958) in stark vereinfachten Versuchen simuliert und ROTNICKI (1976) theoretisch begründet. Die im Faltenbogen real angetroffenen Strukturen sehen jedoch anders aus als bei ROTNICKI, und es wurden hier auch ausdrücklich nur die Großformen betrachtet, um zunächst eine generelle Modellvorstellung zu erhalten.

Das Nebeneinander von plastischen und rupturalen Deformationsbildern im Muskauer Faltenbogen beantwortet auch die Frage nach der Bodengeformnis; es kann keinen tiefreichenden Dauerfrostboden gegeben haben.

Aus der oben abgeleiteten Altersrelation, daß der Faltenbogen älter ist als das Bahrener Becken kann indirekt auch die Frage nach dem Deformationsalter beantwortet werden. Da nach übereinstimmender Meinung der Quartärgeologen das Bahrener Becken mit elsterzeitlichen Beckensedimenten gefüllt ist, muß die Faltenbogen-deformation älter als diese sein. WOLF & SCHUBERT (1994) haben mit ausführlicher regionalgeologischer Begründung das Alter des Faltenbogens und anderer bedeutender glazitektonischer Strukturen der Lausitz und Mitteldeutschlands dem zweiten Elstereisvorstoß zugeordnet. Aus der Einstufung von WOLF & SCHUBERT in Verbindung mit den hier vorgetragenen Argumenten ist der Muskauer

Faltenbogen altersmäßig dem Beginn des zweiten sächsischen Elstereisvorstoßes zu zuzuordnen. Vor diesem Hintergrund ist die Alterseinstufung der Elster 1-Folge einschließlich der dazugehörigen Grundmoräne in der Lithofazieskarte Quartär, Blatt Weißwasser (HELLWIG & SCHUBERT 1979) neu zu überdenken.

Die einzelnen Teilbögen des Faltenbogens haben sich in einem einaktigen, aber mehrphasigen Prozeß von Norden nach Süden gebildet. Dabei liegt die Annahme nahe, daß jeder Teilbogen einer Deformationsphase entspricht. Zumindest im südlichsten Teilbogen können auch zwei Deformationsphasen enthalten sein, so daß gegenwärtig vier Phasen einer einaktigen Deformation wahrscheinlich gemacht werden können. Der jeweils ältere Bogen wurde bei einem neuen Eisvorstoß überfahren, wobei die Eisungen von Norden nach Süden tendenziell schmaler wurden (Abnahme des Radius). Die Mächtigkeit des Muskauer Gletschers haben KUPETZ & KESSLER (1997) mit ca. 430–510 m abgeschätzt.

Das Überfahren des ersten Teilbogens erfolgte soweit, daß zwischen ihm und dem zweiten Teilbogen eine schmale Zone nichtdeformierten Tertiärs am polnischen Innenrand stehen blieb.

In einem späteren, noch elsterzeitlichen Zeitabschnitt wurde schließlich das Zentrum der drei Faltenbögen als Bahrener Becken ausgeräumt und relativ schnell wieder mit Beckensedimenten aufgefüllt. Weitere Oszillationen des zweiten Elstereisvorstoßes nivellierten sein Relief. Fortgesetzt wurde die Verebnung saalezeitlich, wobei die warthestadiale Eisrandlage zufällig oder aus morphologischen Gründen am Südrand des Faltenbogens lag. Die Glättung mehrerer geologischer Schnitte des rezent existierenden Faltenbogens führte zur Abschätzung einer ca. 10–20 %igen Schichtenverkürzung (KUPETZ et al. 1985). Die Glättung der gestauchten Formationen vor der heute vorliegenden, tiefen Erosion ergab eine etwa 50 %ige Schichtenverkürzung. Damit wird sichtbar, warum das wirtschaftlich interessante Kohleflöz im Stauchungsgebiet nicht örtlich verdoppelt vorliegt; es war nicht in bedeutendem Maße überschoben, sondern steil aufgeschoben und ist heute erodiert.

Daß auch warthezeitliche glazitektonische Deformationen stattgefunden haben, zeigen die o. g. Aufschlüsse am Horlitz-Berg, aber hierbei dürfte es sich um Deformationen wesentlich geringeren Ausmaßes gehandelt haben. Hinweise auf eine Mehrfachdeformation im Sinne einer Strukturvergitterung wurden nicht gefunden.

Seine heute teilweise wieder „jugendlich“ anmutende Giesermorphologie ist bereits erläutert worden und täuscht etwas darüber hinweg, daß der Faltenbogen nur noch der Torso eines einst viel imposanteren „Moränenamphitheaters“ ist.

6.2. Aspekte aus dem Vergleich mit aktuogeologischen Gletscherbeobachtungen

Einen ersten Vergleich des rezenten Gletschergeschehens mit dem Faltenbogen führte eher beiläufig GRIPP (1929,

S. 232). Unter Bezug auf GRIPPS Arbeit hob ISSEL (1935, S. 550–551) insbesondere die phänomenologische Ähnlichkeit des Faltenbogens mit dem Usher-Gletscher (Usherbreen) in Ost-Spitzbergen hervor. Dieser Vergleich ist später wiederholt zitiert worden. STACKEBRANDT et al. (1997) weisen aufgrund eigener Beobachtungen darauf hin, daß kurzzeitige und intervallartige surge-Ereignisse (rasche und kurzzeitige Gletschervorstöße) für die Stauchendmoränenbildungen, wie den Muskauer Faltenbogen, verantwortlich sind.

Der bereits früher abgeleitete einaktige, aber mehrphasige Deformationsprozeß im Faltenbogen (KUPETZ 1995) ist in diesem Sinne als (mindestens drei- eventuell vierphasiges) surge-Ereignis zu verstehen.

Ein rezentes Gegenstück zum Muskauer Gletscher müßte aus geologischer Sicht folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Er müßte auf relativ ebenem Gelände vorstoßen sowie einen kurzen breiten Außenrand haben,
2. er sollte bei neueren Vorstößen ältere Stauchwälle überfahren,
3. er sollte Deformationen vom Typ der Rotationsschuppen schaffen.

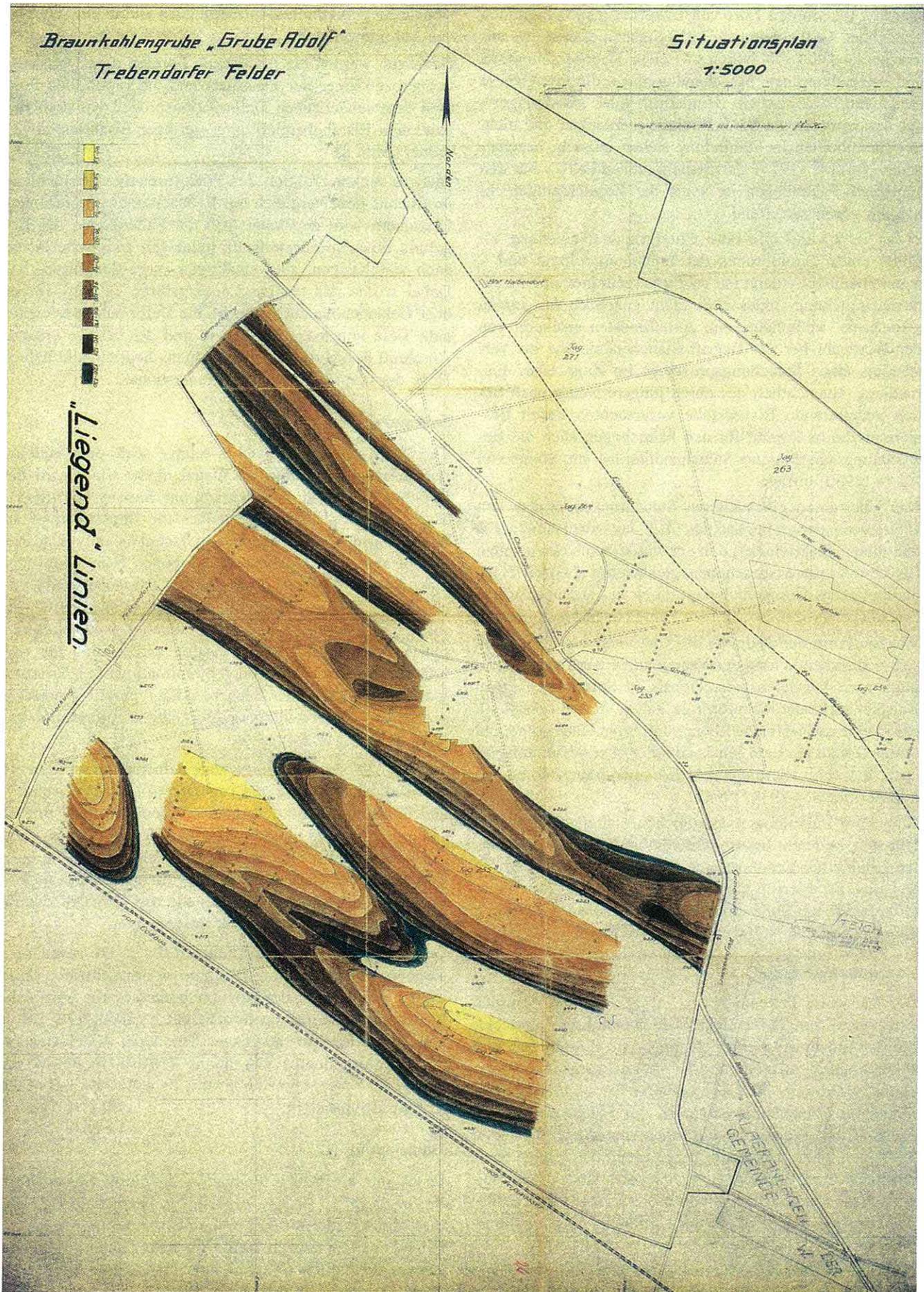
Ein Gletscher, der diese Voraussetzungen erfüllt, ist wohl nicht bekannt.

Der zitierte Usherbreen hat Stauchmoränenwälle, die im Luftbild den Gieserstrukturen des Faltenbogens ähnlich sind. Genetisch handelt es sich aber um aufgestauchte Moränen, d. h. vom Gletscher transportiertes und abgelagertes Material, das durch den vorstoßenden Gletscher später verschuppt wurde. Unter Betonung der horizontalen Deformationskomponente prägt GRIPP (1979) später den Begriff der (oberflächennahen) „Press-Schuppen“. Vom Gletschertyp her ist der Usherbreen am ehesten als Übergangstyp zwischen Tal- und Vorlandgletscher zu betrachten. Er hat eine Länge zwischen 12,0 und 13,6 km bei einer Hangneigung von 2,5 % (Höhendifferenz von 550 m auf 10 m NN) und liegt am Ende eines Fjords (GRIPP 1929, ETZELMÜLLER & HAGEN 1996). So betrachtet, stellt der Usherbreen einen zwar anschaulichen, aber genetisch wenig mit dem Muskauer Faltenbogen übereinstimmenden Gletscher dar.

An dieser Stelle sollten einige Anmerkungen zum Begriff der Stauchendmoräne eingefügt werden. Der Begriff der Moräne wurde 1841 durch J. DE CHARPENTIER für gletschertransportiertes und -abgelagertes Gesteinsmaterial eingeführt (zit. n. MARCINEK 1984). PENCK (1879) unterschied zwischen eigentlichen Endmoränen (bestehend aus dem Gletscherschutt der Oberflächenmoräne) und Wällen (aufgebaut aus Untergrund- und Vorlandmaterial). Aufge-

Abb. 13

Liegendisohypsen der Mulden A bis D in den „Trebendorfer Feldern“. Bereich der Grube Adolf, später Frieden West. Handcolorierte Lichtpause des Markscheiders SCHINDLER 1932.



staute Wälle wurden 1881 von BERENDT als Staumoränen bezeichnet. GRIPP nennt sie 1929 Stauchmoränen und unterscheidet 1938 schließlich zwischen Stauchendmoränen und Satzendmoränen. Stauchendmoränen, die ihre Genese einem morphologischen „Hindernis“ oder „Widerlager“, das das vorrückende Eis behinderte, verdanken und nicht mit Endmoränen in Verbindung stehen müssen, bezeichnete v. BÜLOW (1955) als „Stapelmoränen i.e.S.“. Für den Muskauer Faltenbogen ist keine der Bezeichnungen inhaltlich genau zutreffend.

Er ist in erster Linie eine Untergrundaufstauchung im Sinne eines Grundbruchs der Ingenieurgeologie und – wenn überhaupt – dann nur sehr untergeordnet eine Moränenaufstauchung, indes aber nicht genetisch mit einem „Hindernis“ verbunden. Am zutreffendsten erscheint von der Wortwahl her der Begriff Stauchendmoräne im Verständnis eines Stauchungsprozesses im Zuge einer Eisrandlage. Hinsichtlich des durch jüngere weiter nach Süden vorgreifende Eisvorstöße verursachten tiefen Erosionsanschnitts kommt für den Faltenbogen auch die Bezeichnung überfahrene Stauchendmoräne im Sinne von VIETE (1960) infrage.

Das Überfahren eines älteren Stauchrückens wurde am Usherbreen derart beobachtet, daß das vorrückende Eis denselben „reaktivierte“; d. h., er wurde durch einen neuen Eisvorstoß vorwärtsgeschoben, gleichzeitig aber mit zweifach dreifacher Geschwindigkeit durch das Eis überfahren. Ein solcher Prozeß ist auch am Faltenbogen vorstellbar.

Was die Form und Neigung des Gletschers betrifft, finden sich wahrscheinlich an der Vatnajökull-Eiskappe in Island günstigere Vergleichsbeispiele als in Spitzbergen. Zum Beispiel dürfte der lobenförmige, kurze, breite Brúarjökull, der in eine relativ flache Ebene surgt, vom Untergrund und seiner Gestalt her dem Muskauer Gletscher besser entsprechen. Ihm fehlt allerdings jede Art einer Stauchendmoräne (THORARINSSON 1938, 1964).

Eine dem Faltenbogen vergleichbare Stauchendmoräne läßt sich vielleicht besser an einem anthropogen induzierten Grundbruch demonstrieren als an einem Gletscher. Als Beispiel sei hierfür ein sichelförmiger, ca. 7 m hoher Grundbruch am Fuße einer Zugbandkippe im ehemaligen Tagebau Spreetal NO genannt (Abb. 12).

Zusammenfassung

Der Muskauer Faltenbogen ist, obwohl er den Eindruck einer ideal zungenförmigen Stauchendmoräne erweckt, nur der Erosionsrest einer ehemals sehr viel höheren und flächenmäßig ausgedehnten glazitektonischen Stauchungsstruktur in braunkohlenführenden oligozänen und miozänen Lockersedimenten. In der Fläche existierten ehemals drei strukturdiskontinuität in einandergeschachtelte Teilbögen, deren beide nördlichen durch die Anlage eines elsterzeitlichen Beckens erodiert worden sind. Daraus leitet sich ein mit der Ansicht von WOLF & SCHUBERT (1992) übereinstimmendes früh-elster-2-zeitliches Deformationsalter ab.

Bei den Deformationsformen werden rupturale (Rotationsschuppen) und plastische (Diapire und großdimen-

sionale Biegefließfalten) unterschieden und in eine räumliche Abfolge gebracht.

Genetisch werden die plastischen Formen dem Deformationsprozeß unter der Eisauflast und die rupturalen Formen dem subaerischen Deformationsprozeß vor dem Eis bzw. dem Eisrandbereich unter geringer Eisauflast zugeordnet (Abb. 8).

Aus der Rekonstruktion des prädeformativen Schichtenprofils und dem Vergleich mit Beobachtungen an rezenten Gletschern wird abgeleitet, daß der Faltenbogen das Ergebnis eines mindestens dreiphasigen möglicherweise auch vierphasigen, aber einaktigen surge-Ereignisses ist. Dabei wurde das tertiäre Lockergebirge ca. 110–180 m über Geländehöhe aufgestaucht, die Deformation erreichte eine Tiefe von max. 270–290 m und der heutige erosive Anschnitt des Muskauer Faltenbogens liegt etwa in halber Höhe der ursprünglichen Stauchungshöhe.

Summary

The Muskauer Faltenbogen is a large scale push endmoraine („Stauchendmoräne“) situated in the triangle of the Republic of Poland, Brandenburg and Saxony (Germany). The glazitektonic structure makes the impression of an ideal shaped glacier lobe but in fact it is only a scarce erosion rest. The Muskauer Faltenbogen is built up by a glazitektonical deformed sequence of Oligocene and Miocene softsediments, sand, silt, clay and lignite. Former in the surface area existed three disconform structured glazitektonic lobes. After thrusting and folding the two lobes in the north were eroded by formation of an Elsterian glacial basin (Bahrener Becken). That's why it is possible according to other authors to infer that the deformation has to be of Elsterian-2-age.

There are two kinds of large scale deformation types in the soft sediments. These are ruptures (rotationary wedges) and forms of plastic deformation (diapires, consisting of sand, silt, clay and lignite - these are not coal diapires - and great congruent folds). The shearing structures were built up under subaerian conditions near the glacier margin and in the glacier foreland whereas the forms of ductile deformations originated below the ice cover.

Genetically the Muskauer Faltenbogen is the result of a surge process consisting of three or four distinct surge events. During the deformation processes the soft sediments were thrust up to a height of about 130–180 m above base level of the glacier. The depth of deformation (base failure depth) was about 270–290 m below the glacier. The recent erosion level is by about the half of the first thrusting height.

Danksagung

Es ist mir ein großes Bedürfnis, an dieser Stelle Herrn Professor Dr. L. EISSMANN, Leipzig, herzlich für die Unterstützung meiner Untersuchungen zum Muskauer Faltenbogen zu danken. Seit 1985 hat er mich mit damals schwer zugänglicher Fachliteratur und zahlreichen fruchtbaren Diskussionen gefördert.

Zur Entwicklung meiner Anschauungen und zum Gelingen des Artikels hat die langjährige Zusammenarbeit mit zahlreichen Fachkollegen beigetragen. Besonders hervorheben möchte ich dabei Herrn Prof. Dr. J. HOFMANN, Freiberg, Herrn Dipl.-Geol. G. HÖNEMANN, Leipzig, Frau Dipl.-Geogr. B. MÜSCHEN, Jena, Herrn Dipl.-Geol. G. SCHUBERT, Freiberg, und Herrn Dipl.- Geol. P. SUHR, Freiberg.

Herr Dr. W. STACKEBRANDT, Kleinmachnow, und Herr Dipl.-Geol. L. WOLF waren mir bei der Fertigstellung der Endfassung des Artikels behilflich. Frau G. LOHSE, Freiberg, fertigte die Zeichnungen an und das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow, sowie das Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen, Bereich Boden und Geologie, Freiberg, ermöglichten mir großzügig die Nutzung ihrer Bibliotheken und Archive. Allen Genannten möchte ich vielmals danken.

Literatur

- ALEXOWSKY, W.; STANDKE, G. & P. SUHR (1989): Beitrag zur weiteren lithostratigraphischen Untergliederung des Tertiärprofils in der Niederlausitz. - Geoprofil **1**, S.57–63, 3 Abb., Freiberg
- BEHREND, G. (1881): Referat zu A. PENCK: Die Gletscher Norwegens. - N. Jb. Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Bd. 1, S. 422–423, Stuttgart
- BRAUSE, H. (1970): Ur-Europa und das gefaltete sächsische Paläozoikum. - Ber. deutsch. Gesellsch. geolog. Wiss., R. A **15**, S. 327–367, 9 Abb., Berlin
- BRAUSE, H. (1995): Überblick zur Geologie des Raumes Weißwasser. - Exkurs.f. u. Veröff. GGW, **196**, S. 29–30
- BÜLOW, K. v. (1955): Stapelmoränen und Untergrund im Norddeutschen Jungdiluvium. - Geologie, **4**, 1, S. 3–14, 4 Abb., Berlin
- CRAMER, R. u. a. (1928): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Lieferung 266, Blatt Döbern Nr. 2475. - 54 S., Berlin
- DYJOR, S. & Z. CHLEBOWSKI (1973): Budowa geologiczna polskiej części łuku Mużakowa. - Akta Univ. Wratisl., Prace Geol., Mineral., III, No. 192, S. 3–41, 10 fig., Wrocław
- EISSMANN, L. (1978): Mollisoldiapirismus.- Zschr. angew. Geol. **24**,3, S. 130-138, 13 Abb., Berlin
- EISSMANN, L. (1994): Grundzüge der Quartärgeologie Mitteldeutschlands (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Südbrandenburg, Thüringen). - Altenburger Naturwiss. Forsch. **7**, S. 55–135, 35 Abb., 12 Taf., Altenburg
- ETZELMÜLLER, B. u. a. (1996): Glacier debris accumulation and sediment deformation influenced by permafrost: examples from Svalbard. - Annals of Glaciology **22**, S. 53–62, 9 fig., Cambridge
- GRIPP, K. (1929): Glaciologische und geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen-Expedition 1927. - Abh. a. d. Gebiet d. Naturwiss. **XXII**, 3-4, S. 145–249, 32 Taf., 39 Fig., Hamburg
- GRIPP, K. (1938): Endmoränen. - In: Comptes Rendus de Congrès Internat. de Géogr., T. II, Sect. 2a, S. 215–228, 8 fig., Amsterdam
- GRIPP, K. (1979): Glazigene Press-Schuppen, frontal und lateral. - In: SCHLÜCHTER, CH. (Hrsg.): Moraines and Varves - Origin/Genesis/Classification, Proc. INQUA Symposium on genesis and lithology of quarternary deposits, Zürich 10–20. September 1978, Rotterdam: A. A. Balkema, S. 157–166, 8 Fig.
- HEINICKE, F. (1904): Beschreibung der Braunkohlenablagerung bei Muskau in der Ober- und Niederlausitz, in ihrer Längenerstreckung nach Westen, Nordwesten und Norden bis Jocksdorf einerseits, nach Nordosten und Osten bis Läsagen andererseits. - Braunkohle **3**, S. 153–159, 197–204 und 213–219, 1 Übersichtskarte, Fig. 77–89, Halle
- HERBST, G. (1953): Der Muskauer Faltenbogen in seiner Entstehung und seinem Aufbau. - Diplomarbeit Bergakademie Freiberg, 90 S. zahlreiche Anl., Freiberg (unveröff.)
- HELLWIG, D. (1975): Fluviale Bildungen innerhalb des Saale-Komplexes im Raum Cottbus-Forst.-Zschr. geolog. Wiss. **3**, 8 S. 1077–1090, 5 Abb., Berlin
- HELLWIG, D. & G. SCHUBERT (1979): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Blatt Weißwasser 2470. - Zentrales Geologisches Institut der DDR (Hrsg.), Berlin
- ILLNER, F. (1929): Das Braunkohlenvorkommen bei Tschöpel O.-L. - Abh. Naturforsch. Gesellsch. Görlitz, **30**, S. 89–144, 19 Anl., Görlitz
- ISSEL, F. (1935): Das Forster Revier. - In: Festschrift zum 50jährigen Bestehen des Deutschen Braunkohle-Industrie-Vereins e. V. Halle (Saale), S. 545–560, 8 Abb., Halle
- KEILHACK, K. (1907): Bericht über wissenschaftliche Ergebnisse: 7. Provinz Sachsen und des Grenzgebiet der Provinz Brandenburg und des Herzogtums Anhalt.- Jb. Preuß. Geol. LA u. Bergak. Berlin für 1904, **XXV**, S. 672–684, Berlin
- KEILHACK, K. (1921): Geologische Karte der Provinz Brandenburg nach den Aufnahmen der Preußischen Geologischen Landesanstalt, Berlin
- KEILHACK, K. (1927): in KLEIN, G. (Hrsg.): Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau, Erster Band, S. 237–296, Halle
- KÖSTER, R. (1958): Experimente zur glazialen Faltung.- N. Jb. Geol. Pal., Mh., S. 33–40, 6 Abb., Stuttgart
- KUPETZ, M. (1995): Der Muskauer Faltenbogen. - In: SCHIRMER, W. (Hrsg.) Quaternary field trips in Central Europe (XIV. INQUA Congress, Vol. 4: Exkursionen in Berlin und Umland, S. 1269–1272, 2 Abb., München
- KUPETZ, M. (1996): Der Muskauer Faltenbogen - ein Geotop von europäischer Bedeutung. - Brandenburgische Geowiss. Beitr. **3**, 1, S. 125–136, 4, Abb., Kleinmachnow
- KUPETZ, M. & M. KESSLER (1997): Eismächtigkeitsabschätzung für den Muskauer Gletscher. - Freiburger Forschungshefte, **C 470**, S. 53–64, 4 Abb., 3 Taf., Freiberg
- KUPETZ, M. et al. (1985): Kenntnisstand-Studie Muskauer Faltenbogen. - VEB Geologische Forschung und Erkundung Freiberg, 77 S., zahlreiche Anl. und Karten (unveröff.; Archiv des Landesamtes für Umwelt und Geologie Sachsen, Bereich Boden und Geologie Freiberg)
- KUPETZ, M. et al. (1988): Lagerstättengeologische Forschung Braunkohle, Einheitsblatt Weißwasser. - VEB Geologische Forschung und Erkundung Freiberg, 31 S., zahlreiche Anl. und Karten, Freiberg
- KUPETZ, M., SCHUBERT, G., SEIFERT, A. & L. WOLF (1989): Quartärbasis, pleistozäne Rinnen und Beispiele glazitekto-

- nischer Störungen im Niederlausitzer Braunkohlengebiet. - Geoprofil 1, S. 2-17, 18 Abb., 1 Tab., Freiberg
- KRENTZ, O. (1995): Nutzung des digitalen Höhenmodells für die geologische Landesaufnahme Sachsen. - In: LIST, F. K. (Hrsg.): Publ. Deutsch. Gesell. Photogr. u. Fernerk., Band 3, S. 179-185, 7 Abb. (ohne Ortsangabe)
- Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.1995): Poster „Muskauer Faltenbogen“, Potsdam
- LIEDTKE, H. (1981): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. - Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 204, 2. erw. Aufl., 307 S., 1 Karte, 49 Abb., 17 Tab., Trier
- MARCINEK, J. (1984): Gletscher der Erde. - 214 S., zahlreiche Abb. u. Fotos, Edition Leipzig
- MEYER, E. (1912): Das Faltungsgebiet des Flämings bei Wittenberg und Coswig i. Anhalt und der Nachweis seiner zweimaligen Vereisung. - Jb. Preuß. Geol. LA. (für 1909) **30**, Band II, S. 312-340, 11 Fig., Taf. 14 und 15, Berlin
- OLSZEWSKI, S. (1978): Lithostratigrafia i glacitektonika utworów czwartorzędowych w rejonie Mużakowa – Łęknicy (Ziemia Lubuska). - Akta Univ. Wratysl., Prace Geol.-Mineral., V, nr. 318, S. 299-316, 8 rys., Wrocław
- PENCK, A. (1879): Die Gletscher Norwegens. - Mitt. d. Vereins für Erdkunde, S. 28-43, 1 Karte, 2 Tafeln, Leipzig
- POTONIÉ, R. (1930): Über den Muskauer Faltenbogen, seine Oberflächenformen und deren Abhängigkeit von der Beschaffenheit und der Tektonik der Braunkohle. - Jb. Preuß. Geol. LA Berlin, S. 392-416, 11 Abb., Taf. 57 und 68, Berlin
- PRIEMEL, K. (1909): Die Braunkohlenformation des Hügellandes der preußischen Oberlausitz. - Z. Berg-, Hütten- und Salinenwesen **55**, S. 1-72, Abb 11.
- RADTKE, D. (1963): Geologisch-lagerstättenkundliche Ergebnisse aus dem Raum der östlichen Lausitz. - Z. angew. Geol., **9**, S.482-486, 2 Abb., 1 Tab., Berlin
- RADTKE, H. (1964): Die Entstehung des Muskauer Faltenbogens. - Sächsische Heimatblätter **10**, S. 212-221, 7 Abb.
- ROTNIKI, K. (1976): The theoretical basis for and a model of the origin of glaciotectionic deformations. - Quaestione Geographicae **3**, S. 103-139, 16 fig., Poznań
- RUSSWURM, P. (1909): Braunkohlenformation und glaziale Lagerungsstörungen im Felde der Grube „Merkur“ bei Drebkau. - Z. prakt. Geol. **17**, S. :87-102, Fig. 11-17 + Anhang.
- SCHMIERER, T. (1913): Über ein glazial gefaltetes Gebiet auf dem westlichen Fläming, seine Tektonik und seine Stratigraphie unter besonderer Berücksichtigung des marinen Oligozäns. - Jb. Preuß. Geolog. LA. Berlin, **31**, Bd. I für 1910, S. 105-135, 4 Fig., Taf. 5, Berlin
- STACKEBRANDT, W. u. a. (1997): Glazialdynamik und Moränengeneese – aktuogeologische Beobachtungen in Spitzbergen (Svalbard). - Brandenburgische Geowiss. Beitr., **4**, 1, S. 31-48, 21 Abb., Kleinmachnow
- THORARINSSON, S. (1938): Über anomale Gletscherschwankungen mit besonderer Berücksichtigung des Vatnajökullgebietes. - Geol. Fören. Förhandl. **60**, 3, S. 490-506, 4 Fig., Stockholm
- THORARINSSON, S. (1964): Sudden Advance of Vatnajökull Outlet Glaciers 1930-1964. - Jökull, S. 76-88, 13 Fig., Reykjavik
- VIETE, G. (1960): Zur Entstehung der glazigenen Lagerungsstörungen unter besonderer Berücksichtigung der Flözdeformationen im mitteldeutschen Raum.- Freiburger Forschungshefte **C 78**, 257 S., 30 Taf., 18 Beilagen, Berlin
- VIETE, G. (1964): Über Lagerungsstörungen von Kohle und Deckgebirge im Lausitzer Braunkohlenrevier.-Freiburger Forschungshefte **A 311**, S. 5-33, 7 Bilder, 3 Taf., Berlin
- VOLLERT, M. (1889): Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamts-Bezirk Halle und der angrenzenden Staaten.- Festschrift zur Feier des 4. Allgemeinen Deutschen Bergmannstages Halle/S. 4. bis 7. September 1889, 409 S. nebst einer Uebersichtskarte, Halle
- WATEREN, F. M. VAN DER (1981): Glacial tectonics at the Kwinteloijen Sandpit, Rhene, Thr Netherlands. - Meded. Rijks Geol. Dienst **35**, 2/7, S. 252-268, 17 figs., Harlem
- WOLF, L. & G. SCHUBERT (1992): Die spättertiären bis elsterzeitliche Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elster-Kaltzeit in Sachsen.- Geoprofil **4**, S. 1-43, 18 Abb, 25 Tab., Beilagen, Freiberg

Anschrift des Autors:
 Dr. Manfred Kupetz
 Schulweg 1a
 03055 Cottbus-Sielow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 21 – 26	2 Abb., 1 Tab., 4 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	------------------------

Gliederung der Grundwasserleiter in Berlin

ALEXANDER LIMBERG & JENS THIERBACH

1. Einführung

Das Land Berlin gewinnt sein gesamtes Trinkwasser (1996 ca. 250 Mio. m³) und den größten Teil des Brauchwassers aus den Grundwasserleitern des Stadtgebietes. Zusätzlich werden die Grundwasservorkommen durch große Baumaßnahmen beansprucht, die mit ihren Gründungen sehr tief in das Grundwasser eindringen. Aufgrund der geologischen Situation verursachen nicht zuletzt die oberflächennahen Grundwasservorkommen sowohl auf den jungpleistozänen Hochflächen des Barnim und des Teltow (Abb. 1) mit ihren teilweise schwebenden Grundwässern als auch im Warschau-Berliner-Urstromtal mit seinen geringen Flurabständen immer wieder besondere Probleme für die Bebaubarkeit.

In Berlin sind zahlreiche Boden- und Grundwasserkontaminationen bekannt, die sich nur bei genauer Kenntnis der hydrogeologischen und hydraulischen Situation sanieren lassen. Eine weitere neuartige Grundwassernutzung für Berlin ist die Wärmespeicherung, wie sie zur Zeit für den Reichstag in etwa 400 m Tiefe vorbereitet wird.

Aus diesen vielfältigen Nutzungen des Grundwassers ergeben sich Konflikte, die nur durch ein berlinweites flächendeckendes Grundwassermanagement gelöst werden können. Eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung kann nur erfolgreich sein, wenn die räumlich in Ausdehnung und Mächtigkeit sehr stark variierenden Grundwasserleiter Berlins möglichst flächendeckend erkundet werden und die dazugehörenden, fortlaufend zu erfassenden Daten stets aktuell für die Nutzer vorgehalten werden. Dazu wurden in der westlichen Stadthälfte seit 1970 große Grundwassererkundungsprogramme durchgeführt, die dort eine Bilanzierung der förderbaren Grundwassermengen überhaupt erst ermöglichten. Ähnliche Untersuchungen wurden auch in der DDR für die östlichen Stadtbezirke aufgelegt.

Basierend auf diesen staatlichen geologischen Erkundungsprogrammen wird hier erstmalig für das gesamte Stadtgebiet des Landes Berlin eine hydrogeologische Gliederung der nutzbaren Grundwasservorkommen vorgestellt. Diese Gliederung lehnt sich eng an die DIN-Norm 4049-3, Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie vom Oktober 1994 an.

2. Grundwasserstockwerke

Die Abb. 2 gibt einen Überblick über die beiden Grundwasserstockwerke, die für Berlin besondere Bedeutung besitzen. Das liegende Grundwasserstockwerk wird wegen seiner hohen Salinität als Salzwasserstockwerk bezeichnet. Dieses mehrere hundert Meter mächtige Grundwasserstockwerk kann wegen der unzureichenden flächenhaften geologische Erkundung zur Zeit noch nicht weiter differenziert werden. Das Hangende bildet hier der tonig bis schluffige Rupelton als Grundwasserhemmer bzw. -nichtleiter. Wegen seiner hochgradigen Mineralisierung kann dieses Stockwerk für Trinkwasserzwecke nicht genutzt werden. Seit kurzem hat jedoch die Nutzung dieser tiefen Grundwässer für die Wärmespeicherung eine gewisse Bedeutung erlangt. Zur Zeit befindet sich eine Anlage für den Deutschen Reichstag im Bau. Weitere Anlagen, die diese tiefen Grundwasserleiter nutzen sollen, befinden sich in der Planung.

Von besonderer Wichtigkeit für das Land Berlin ist das im folgenden vorgestellte intensiv genutzte hangende Süßwasserstockwerk mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von etwa 150 Metern. Dieses Stockwerk dient einerseits der Wasserversorgung für die Bevölkerung und die Industrie, andererseits hat es für die Bautätigkeit große Bedeutung.

2.1. Grundwasserleiter des Süßwasserstockwerkes

Das obere Grundwasserstockwerk (siehe Abb. 2 und Tab. 1) ist durch eine differenzierte Abfolge von bindigen und rolligen Lockersedimenten charakterisiert. Die bindigen Sedimente wie Mudden, Tone, Schluffe und Geschiebemergel bilden analog ihrer hydraulischen Durchlässigkeit die Gruppe der Grundwassergeringleiter oder Grundwasserhemmer, die rolligen Sande und Kiese stellen die Grundwasserleiter dar. Dieser Aufbau führt zu einer Unterteilung in eine vertikale Sequenz unterschiedlicher Grundwasserleiter. Im Berliner Raum können nach stratigraphischen Gesichtspunkten großräumig vier Grundwasserleiter des ersten Grundwasserstockwerkes unterschieden werden (Abb. 2: 1. GWL – 4. GWL). Diese lassen sich je nach Ausbildung lokaler Grundwasserhemmer weiter unterteilen (Tab. 1 und Abb. 2) und werden im folgenden näher beschrieben. Die Einteilung der Grundwasser-

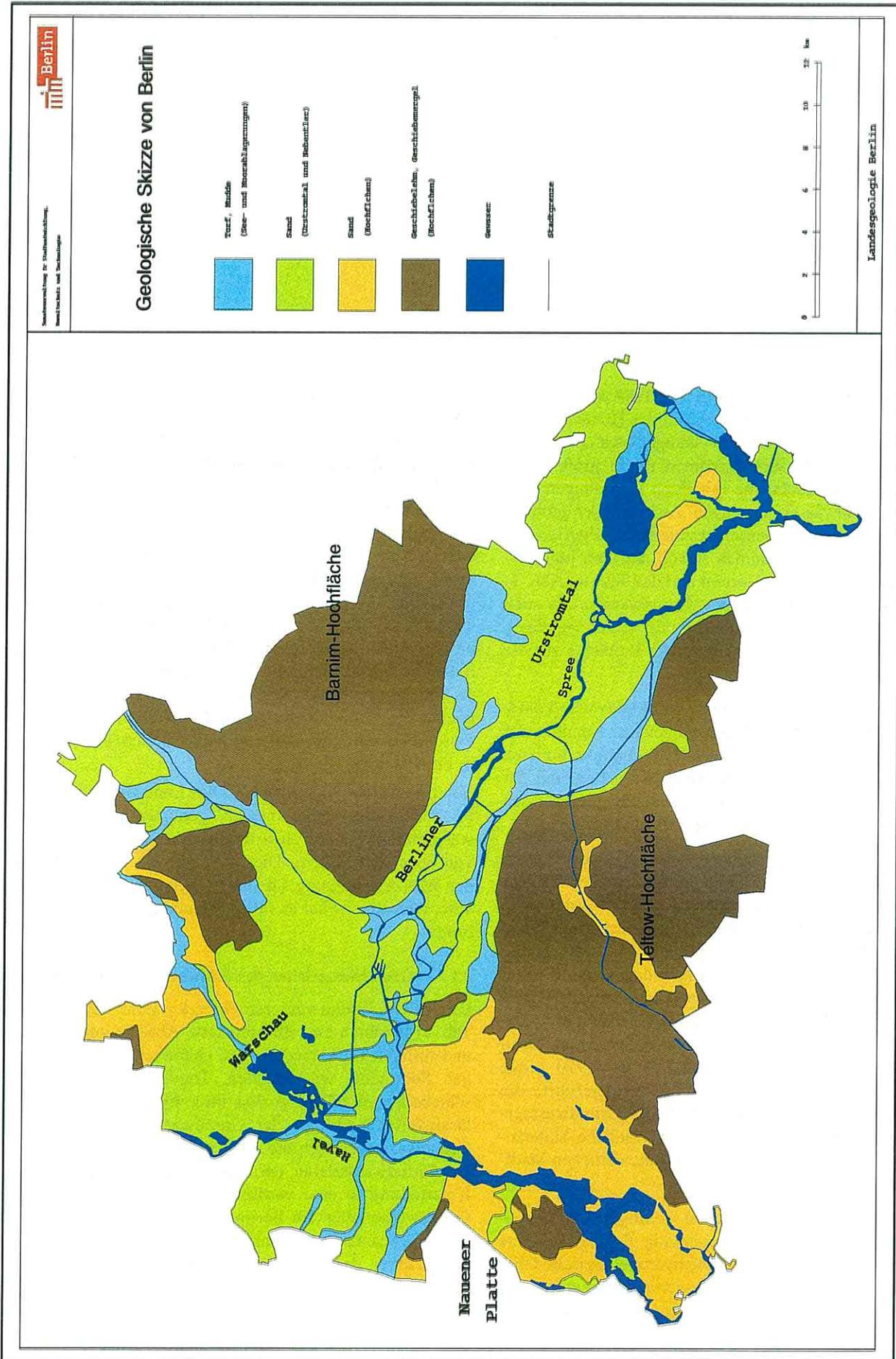


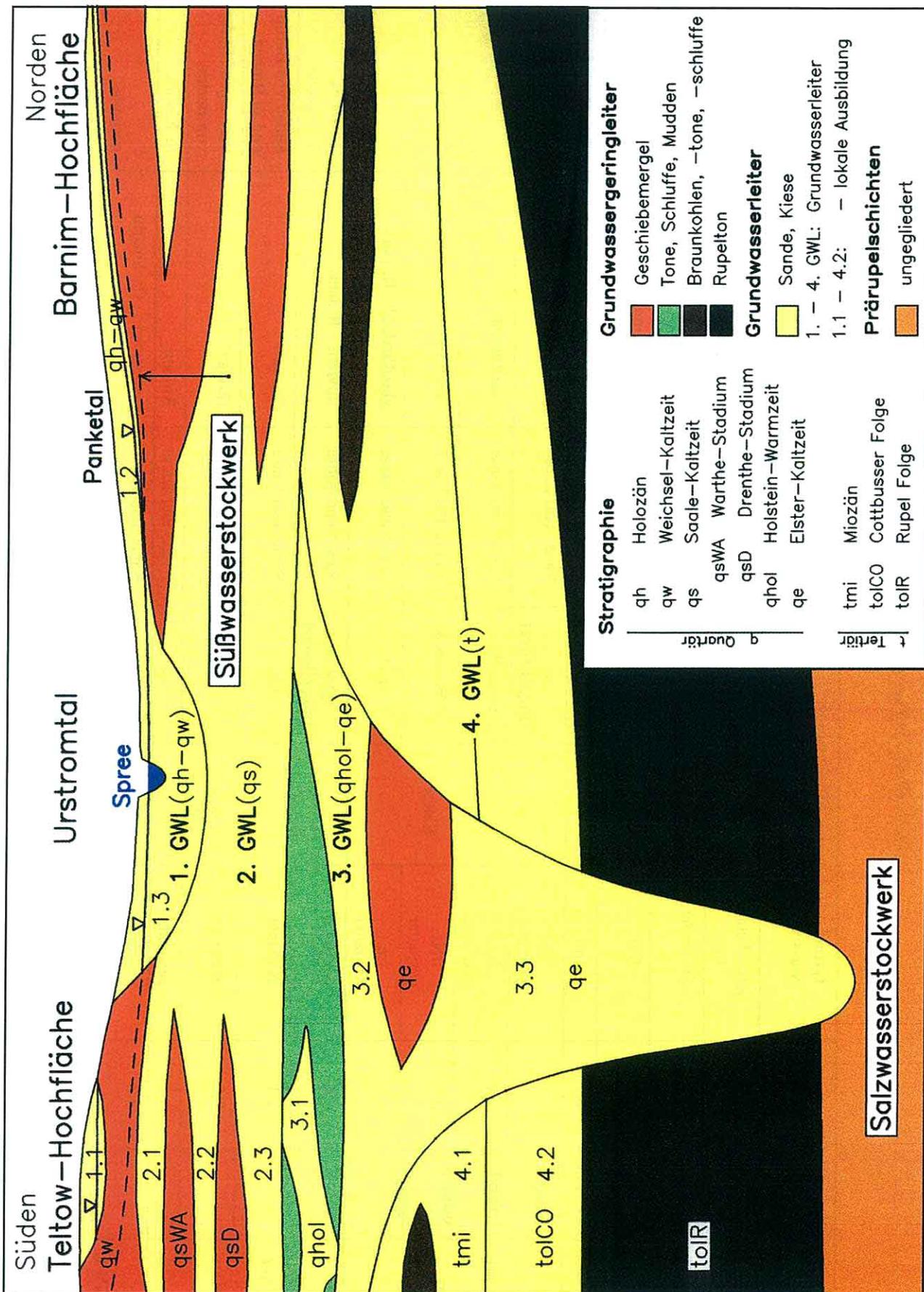
Abb. 1 Geologische Skizze von Berlin

Tab. 1 Gliederung der Grundwasserleiter in Berlin

Grundwasserleiter lokale Vorkommen	Grundwasser	Stratigraphie** nach LIPPSTREU (1995) und JORTZIG (1997)	Petrographie	Genese	Verbreitung		
1. GWL qh-qw	1.0	schwebend/ frei	Holozän	qh-qw ungegliedert	Sande und Kiese	Verschwemmungen - Nachschüttungen - Talbildungen	gesamtes Stadtgebiet
	1.1	schwebend	bis	qh-qw	Sande	Verschwemmungen Nachschüttungen	Barnim- und Teltow-Hochfläche
	1.2	frei	Weichsel-	qh-qw	Sande	Verschwemmungen Nebentäler	Panketal, Wuhletal
	1.3	frei	Kaltzeit	qw	Sande und Kiese	Urstromtal	Urstromtal
2. GWL qs	2.0	frei/ gespannt	Saale- Kaltzeit	qs ungegliedert	Sande und Kiese	glazifluviatil - fluviatil	gesamtes Stadtgebiet
	2.1	frei/ gespannt		qw-qsWA	Sande und Kiese	glazifluviatil	
	2.2	frei/ gespannt		qsWA-qsD	Sande und Kiese	glazifluviatil	
	2.3	frei/ gespannt		qsD	Sande und Kiese	glazifluviatil - fluviatil	
3. GWL qhol-qe	3.0	gespannt	Holstein- Warmzeit	qhol-qe ungegliedert	Sande und Kiese	fluviatil - Rinnen	gesamtes Stadtgebiet
	3.1	gespannt	bis	qhol	Sande und Kiese	fluviatil	Süden von Berlin und in Rinnen
	3.2	gespannt	Elster- Kaltzeit	qe	Sande und Kiese	fluviatil	vorwiegend Süden von Berlin
4. GWL t	3.3	gespannt	Tertiär	qe	Sande und Kiese	Rinnen	in Rinnen
	4.0	gespannt		t ungegliedert	Sande und Kiese	terrestrisch - flachmarin	gesamtes Stadtgebiet
	4.1	gespannt		tmi	Sande und Kiese	terrestrisch	gesamtes Stadtgebiet
	4.2	gespannt		tolCO	Feinsande	flachmarin	

* Der Hauptgrundwasserleiter ist im Berliner Raum aus weichsel- bis saalezeitlichen Sanden und Kiesen aufgebaut. Aus diesen Schichten wird der größte Teil des Trink- und Brauchwassers gewonnen.

** Erläuterung der Kurzzeichen siehe Abb. 2



leiter erfolgt mit zwei Ziffern, wobei die erste Ziffer die großräumigen Grundwasserleiter (GWL) und die zweite Ziffer die lokal ausgebildeten Grundwasserleiter bezeichnet. Läßt sich ein Grundwasserleiter nicht weiter differenzieren, wird die zweite Ziffer mit „0“ besetzt.

Da die einzelnen grundwasserhemmenden Schichten aufgrund der regional unterschiedlichen Sedimentations- und Erosionsvorgänge meist nicht über das gesamte Stadtgebiet aushalten, können zwischen den einzelnen Grundwasserleitern mit ihren lokalen Untergliederungen kleinräumige aber auch flächenhafte hydraulische Verbindungen bestehen. Im Extremfall können bis zum Rupelton alle Grundwasserhemmer fehlen, so daß örtlich das gesamte Grundwasserstockwerk „hydraulisch kurzgeschlossen“ ist, indem alle Grundwasserleiter miteinander kommunizieren (z. B. Zitadelle/Spandau).

Während der Elster-Kaltzeit erfolgte durch glazihydromechanische Prozesse subglazial die Anlage tiefer Rinnen, die anschließend mit bindigem und rolligem Material wieder verfüllt wurden. Diese Schmelzwassererosion reichte z. T. in den tertiären Untergrund bis ins Miozän oder Oligozän. Stellenweise wurde sogar der Rupelton vollständig erodiert, so daß ein direkter Kontakt zum liegenden Salzwaterstockwerk besteht (z. B. Elsenstraße/Neukölln). Durch diese Fehlstellen kann Salzwater in das hangende Süßwater migrieren und eine Trinkwaternutzung hier stark beeinträchtigen (Abb. 2).

Diese stratigraphisch orientierte Gliederung der Grundwasserleiter von Berlin setzt für eine regionale Auswertung zwingend die Angabe der korrespondierenden Grundwasserleiter voraus, wenn lokale Grundwasserhemmer fehlen.

2.2. Erster Grundwasserleiter (1. GWL), Holozän (qh) bis Weichsel-Kaltzeit (qw)

Die unbedeckten Sande und Kiessande des Holozäns und der Weichsel-Kaltzeit bilden den ersten Grundwasserleiter. Er wird auf den Hochflächen von der weichselzeitlichen Grundmoräne im Liegenden begrenzt.

- Einzelne, lokal begrenzte geringmächtige Sandvorkommen auf den Grundmoränen der Hochflächen führen in Abhängigkeit von Niederschlägen temporär schwebendes Grundwater (1.1)
- Größere zusammenhängende, mehrere Meter mächtige Sandfüllungen führen in den Nebentälern auf den Hochflächen (z. B. Panketal) ständig Grundwater (1.2)
- Im Urstromtal bilden die Sande und Kiese der Weichsel-Kaltzeit den unbedeckten Grundwasserleiter, der überwiegend mit dem liegenden saalezeitlichen zweiten Grundwasserleiter kommuniziert (1.3)

2.3. Zweiter Grundwasserleiter (2. GWL), Saale-Kaltzeit (qs)/Hauptgrundwasserleiter

Den zweiten Grundwasserleiter bilden die in ganz Berlin weit verbreiteten glazifluviatilen Sande und Kiessande der Saale-Kaltzeit. Wegen seiner besonderen Bedeutung für

die gesamte Trinkwaterversorgung wird dieser Grundwasserleiter in Berlin auch als Hauptgrundwasserleiter bezeichnet. Im Urstromtal korrespondiert er meist mit dem unbedeckten ersten Grundwasserleiter. Auf weiten Teilen der Hochflächen ist dieser Grundwasserleiter dagegen durch Grundmoränen bedeckt. Das Liegende dieses bedeutendsten Grundwasserleiters bilden im Süden von Berlin die Tone und Mudden der Holstein-Warmzeit, im Norden bindige und rollige Ablagerungen des Miozäns oder der Elster-Grundmoräne.

- Teile des bedeckten 2. Grundwasserleiters liegen zwischen der weichselzeitlichen und der saalezeitlichen Warthe-Grundmoräne (2.1)
- Zwischen den Grundmoränen des jüngeren Warthe- und des älteren Drenthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit befindet sich ein weiterer bedeckter Grundwasserleiter (2.2)
- Zwischen der Drenthe-Grundmoräne und den Tonen und Mudden der Holstein-Warmzeit kann ein saalefrühglazialer bis drenthezeitlicher Grundwasserleiter liegen (2.3)

2.4. Dritter Grundwasserleiter (3. GWL), Holstein-Warmzeit (qhol) bis Elster-Kaltzeit (qe)

Die fluviatilen bis glazifluviatilen holstein- bis elsterzeitlichen Sande und Kiessande bilden den dritten bedeckten Grundwasserleiter.

- Innerhalb der holsteinzeitlichen Mudden und Tone treten im Süden von Berlin fluviatile Einschaltungen von Sanden und Kiesen auf, die einen lokalen Grundwasserleiter bilden und häufig mit den liegenden, aber auch mit den hangenden Grundwasserleitern korrespondieren, wenn Grundwaterhemmschichten fehlen (3.1)
- Im Liegenden der holsteinzeitlichen Tone und Mudden lagern die fluviatilen Sande und Kiessande des Elsterspätglazials. Dieser Grundwasserleiter ist bisher nur im Süden und Nordosten von Berlin nachgewiesen. In Rinnenbildungen wird das Liegende von Beckentonen und Geschiebemergeln der Elsterkaltzeit gebildet; außerhalb der Rinnen werden als Basis des Miozäns bindige und rollige Ablagerungen angetroffen (3.2)
- Dieser Grundwasserleiter findet sich nur in den Sanden und Kiessanden der elsterzeitlichen Rinnen. Die teilweise über 200 Meter tiefen Rinnen, die das gesamte Stadtgebiet überwiegend nord-südlich durchziehen, weisen eine z. T. „chaotische“ Verfüllung mit Sanden, Kiesen, Beckentonen und Geschiebemergeln auf (3.3)

2.5. Vierter Grundwasserleiter (4. GWL), Tertiär (t)

Der vierte Grundwasserleiter wird aus tertiären Sanden des Miozäns und des Oberoligozäns (Chatt) aufgebaut und zur Tiefe vom Rupelton begrenzt. Die durchschnittliche Mächtigkeit dieses Grundwasserleiters beträgt ca. 120 Meter. In Randsenkenpositionen (wie im Spandauer Forst) ist die Mächtigkeit bedeutend größer (350 m), in Scheitelzonen von Salzstrukturen (z. B. Lübars) wesentlich geringer (bis 0 m).

- Die terrestrischen Fein- bis Grobsande des Miozäns mit eingelagerten Braunkohleflözen, Braunkohlenschluffen und -tonen können einen eigenen Grundwasserleiter bilden. Dieser Grundwasserleiter steht oft mit den quartären Grundwasserleitern in hydraulischer Verbindung, wenn hangende Grundwasserhemmer fehlen oder elsterzeitliche Rinnen einen lateralen Kontakt herstellen (4.1)
- Die marinen oberoligozänen glimmerhaltigen Feinsande der Cottbusser Folge bilden den nur gering ergiebigen Grundwasserleiter, der bereits höher mineralisiert sein kann (4.2)

3. Korrelation der Grundwasserleiter von Berlin und Brandenburg

Die hier vorgestellte Gliederung der Berliner Grundwasserleiter weicht in einigen Punkten von der Gliederung des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (MANHENKE et al. 1995) ab. So werden in Brandenburg die quartären saalezeitlichen (teilweise) und elsterzeitlichen (außer den Rinnenvorkommen) Grundwasserleiter zu einem Grundwasserleiterkomplex (2. GWLK) zusammengefaßt. In Berlin müssen dagegen nach Meinung der Verfasser wegen der weiten Verbreitung der Grundwasserhemmer der Holstein-Warmzeit und der wasserwirtschaftlichen Bedeutung des Hauptgrundwasserleiters die saalezeitlichen und elsterzeitlichen Grundwasserleiter hydraulisch unterschieden werden (2. und 3. GWL). Der tertiäre 4. GWL in Berlin entspricht dann weitestgehend dem dritten Grundwasserleiterkomplex (3. GWLK) von Brandenburg. Diesem werden allerdings von

(MANHENKE et al. 1995) die quartären elsterzeitlichen Rinnenvorkommen *und* die tertiären Grundwasserleiter zugeordnet.

Literatur

- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. - DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag Berlin
- JORTZIG, H. (1997): Die Quartärbasis. - In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 4: Potsdam und Umgebung. Berlin - (Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V., Selbstverlag)
- LIPPSTREU, L. (1995): Pleistozängliederung Brandenburg (Stand 1995). - Schriftliche Mitteilung des Autors vom 6.11.1996, Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, unveröff., Kleinmachnow
- MANHENKE, V., HANNEMANN, M. & B. RECHLIN. (1995): Gliederung und Bezeichnung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein des Landes Brandenburg. - Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2, 1, S. 12, Kleinmachnow

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geol. Alexander Limberg, Dipl.-Geol. Jens Thierbach
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie
Gruppe IV A3 - Geologische Landesaufgaben -
Am Köllnischen Park 3
10173 Berlin

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 27 – 37	17 Abb., 1 Tab., 7 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-------------------------

Das Paläozoikum Estlands – Geologische Reiseeindrücke

GERHARD HOTZAN

Im der Zeit vom 16. bis 25. Juni 1995 unternahmen acht Mitarbeiter des LGRB eine Exkursion zu paläozoischen und quartären Aufschlüssen an der Nordküste Estlands und auf der Insel Saaremaa (Ösel), s. HOTZAN (1995). Die organisatorische Vorbereitung und Führung im Gelände erfolgte von estnischer Seite durch Dr. Jüri Kask, Abteilungsleiter für Geophysik und Meeresgeologie im Geologischen Dienst Estlands, dem unser besonderer Dank gilt. Durch ihn wurde ein Exkursionsführer erarbeitet, der die Grundlage für diesen Artikel bildet.

Für im Norddeutschen Tiefland beheimatete Quartärgeologen sind die paläozoischen Aufschlüsse Estlands deshalb so interessant, weil sie einen Einblick in die ungestörte Abfolge derjenigen Gesteine ermöglichen, die nach Erosion und Transport durch das Eis in unserem Raum abgelagert wurden. Aus der sicheren Ansprache des Geschiebemergels ist es möglich, die Bewegungsrichtungen der Gletscher zu rekonstruieren. So bestand eine wichtige Aufgabe dieser Exkursion darin, Vergleichsproben für die Geologische Landessammlung Brandenburgs zusammenzutragen.

Darüber hinaus machten sich die Exkursionsteilnehmer mit der Struktur und den Aufgaben des Geologischen Dienstes Estlands vertraut und hörten Fachvorträge zu den Brennschiefer-Lagerstätten und den hydrogeologischen Verhältnissen.

Estland, das nach dem Zerfall der Sowjetunion 1991 seine Unabhängigkeit zurückerhielt, nimmt eine Fläche von

45 200 km² ein, wovon 9,2 % Inseln sind. Die Bevölkerungsdichte ist mit 1,573 Mio Einwohnern relativ gering. Größte Bevölkerungsgruppe neben den Esten (61,5 %) sind mit 30,3 % die Russen. Die Hauptstadt Tallinn wurde unter dem Namen Reval bereits im 12. Jahrhundert urkundlich erwähnt.

Zum geologischen Bau Estlands

Die Oberflächengestalt Estlands wurde maßgeblich im Pleistozän und Holozän geprägt. So dominieren an der Oberfläche Ablagerungen der pleistozänen glazialen Serie und holozäne Moorbildungen. Paläozoische Gesteine sind nur im Bereich der Alvalgebiete, in Tagebauen innerhalb von Flußtäälern und an der Ostseeküste aufgeschlossen.

Die Mächtigkeit des Pleistozäns nimmt von Norden nach Süden zu. Während sie an der Ostseeküste lediglich 0,5–5 m beträgt, erreicht sie im Bereich von Rinnenstrukturen im Süden des Landes 100–200 m. In den Rinnen sind auch Ablagerungen älterer Eisvorstöße vorhanden, während sonst an der Oberfläche nur die Bildungen der letzten Kaltzeit vorkommen. Weit verbreitet sind Geschiebemergel der Grundmoränen sowie glazilimnische Beckenschluffe (vgl. Abb. 1), untergeordnete Bedeutung haben glazifluviatile Sedimente.

Die Geschiebemergel sind reich an Geschieben, unter denen nordisches Kristallin mit z. T. sehr großen Blöcken dominiert. Derart mächtige Findlingsblöcke als Überreste der erodierten Grundmoräne können im Strandbereich

Tab. 1 Die Schichtenfolge des Nordestnischen Glints

				Mächtigkeit (m)
Llandeilo	Lasnamägi-Schichten	C I b	Baukalkstein	4 – 7
Llanvirn	Aseri-Schichten	C II a	Ooidkalkstein	0,3
	Kunda-Schichten	B III	grauer Vaginatenkalk	0,5 – 1,5
Arenig	Volchovi-Schichten	B II	Glaukonitkalkstein	1,8
	Latorpi-Schichten	B I	Glaukonitsandstein	1,0
Tremadoc	Pakerort-Schichten	A II tr	Dictyonema-Schiefer	5,0
		A II kl	Obolus-Sandstein	2 – 3
Oberes Kambrium			Feinsandstein, Aleurolithe	> 2,0
Unteres Kambrium			Blauer Ton (Argillite)	

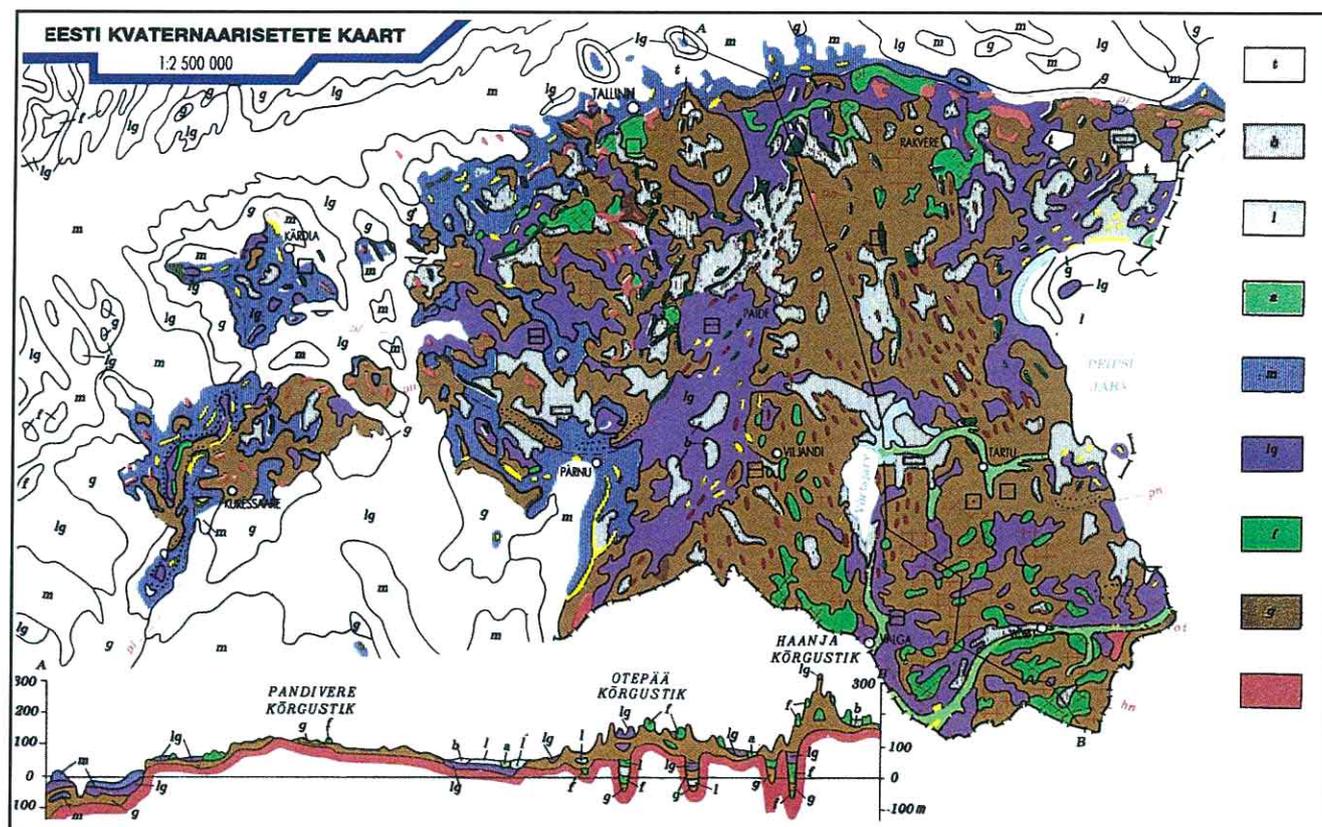


Abb. 1

Quartärgeologische Karte Estlands i. M. 1 : 2 500 000 (H. K. KAJAK, Geologischer Dienst Estlands (Hrsg.), Tallin 1995)
 1 – Technogene Ablagerungen, 2 – Moorbildungen, 3 – limnische Bildungen, 4 – Alluvionen, 5 – Ablagerungen des Ostsee- Stadiums, 6 – Glazilimnische Bildungen, 7 – Glazifluviale Ablagerungen, 8 – Geschiebemergel, 9 – Präquartär

neben den anstehenden Gesteinen beobachtet werden (Abb. 2).

Geschiebemergel und die Beckenschluffe behindern die Versickerung der Oberflächenwässer, so daß es zur Ausbildung von Mooren kommen kann. In den Alvargebieten, in denen paläozoische Kalksteine ausstreichen, sind Verkarstungserscheinungen zu beobachten.

Seit dem Abschmelzen der pleistozänen Gletscher erfolgt nordwestlich der Linie Pärnu - Aseri eine kontinuierliche Hebung des Baltischen Schildes mit einer Geschwindigkeit von ca. 2–3 mm/a. Dadurch wurden große Gebiete an der Küste sowie die Inseln Saaremaa und Hiiumaa, die ursprünglich unter dem Wasserspiegel lagen, allmählich herausgehoben. Anhand der heute weit im Landesinneren liegenden Kliffe, Strandwälle und Blockstrände läßt sich der Verlauf der ehemaligen Küstenlinien rekonstruieren (Abb. 3). Gegenwärtig finden an der Küste Akkumulationsprozesse statt, die sich im Vorhandensein mehrerer Uferterrassen widerspiegeln.

Die in Estland anstehenden bzw. im Untergrund nachgewiesenen paläozoischen Gesteine sind Bestandteil der Baltischen Synklise, einer großen Senkenstruktur im Randbereich der Osteuropäischen Tafel. Beginnend im Kambrium erfolgte bis zum Silur die Sedimentation in einem flachen Epikontinentalmeer.

Während Lücken in der kambrischen Abfolge auf längere Hebungszeiten hinweisen, sind das Ordovizium und das Silur bis auf lokale Hiati nahezu vollständig entwickelt. Devonische Sedimente wurden, wie im Süden Estlands belegt, erst ab dem Mitteldevon abgelagert. Hauptsächlich handelt es sich um Molassen des „Old-Red-Kontinents“. Die paläozoischen Schichten fallen mit ca. 2° nach Süden ein, so daß die ältesten Schichten an der Nordküste, die jüngsten Bildungen im Süden des Landes zu beobachten sind. Während die kambrische Abfolge ca. 100 m mächtig wird, erreichen das Ordovizium ca. 80 m, das Silur ca. 400 m und das Devon ca. 550 m Mächtigkeit.

Auf der Exkursion konnten nur wenige ausgewählte Aufschlüsse besucht werden, aber schon hier wurde die große Vielfalt der abgelagerten Sedimente deutlich.

Der Nordestnische Glint

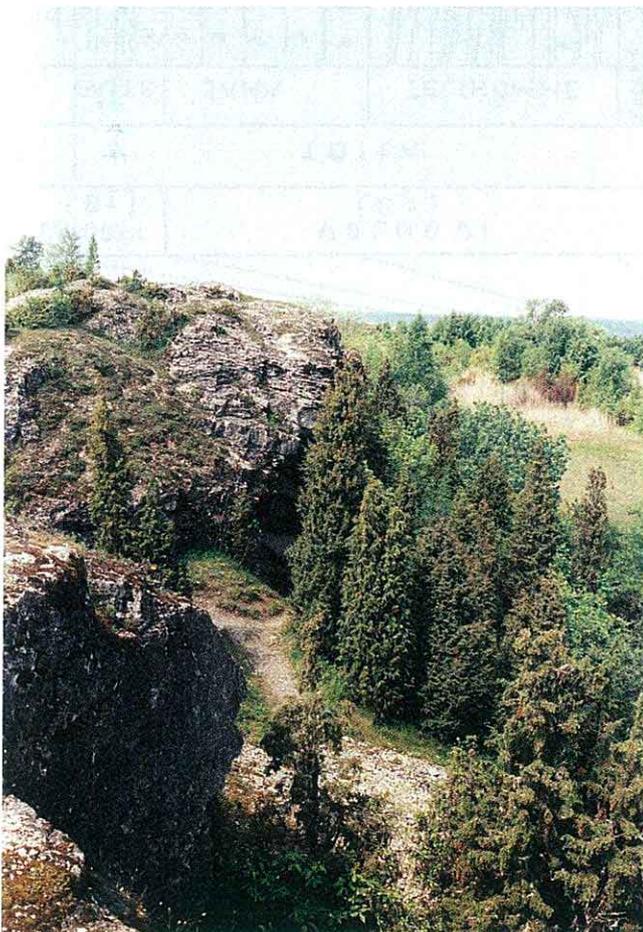
Der Nordestnische Glint ist entlang der Küste des Finnischen Meerbusens aufgeschlossen. Es wurden Aufschlüsse am Kliff Türisalu (ca. 25 km westlich von Tallinn), am Wasserfall Keila-Joa sowie der ehemalige Phosphorit-Tagebau Maardu (ca. 12 km östlich Tallinn) besucht.

Für alle Aufschlüsse ist ein gleichartiger Schichtaufbau kennzeichnend, es treten lediglich Mächtigkeitschwankungen auf. Generell ist folgendes Profil des Unteren



Abb. 2 Blockstrand bei Altja im Nationalpark Lahemaa. Foto: F. Ludwig

Abb. 3
Inaktives Kliff bei Üügu, Insel Muhu (Abbruchkante etwa
in der Bildmitte). Foto: F. Ludwig



Ordoviziums (O1) und Kambriums zu beobachten (vgl. Abb. 4):

Das Untere Ordovizium ist insgesamt nur etwa 20 m mächtig. Auf einzelne Gesteine soll näher eingegangen werden:

Obolus-Sandstein (A II kl)

Hellgraue Feinsandsteine und Konglomerate mit Anreicherungen von phosphathaltigen Brachiopodenschalen (*Obolus apollinis*, s. Abb. 5). Die Mächtigkeit der einzelnen Anreicherungshorizonte beträgt ca. 1 m. Die P_2O_5 -Gehalte erreichen 20 %. Die Vorräte in Maardu betragen noch ca. 29 Mio t. Der Abbau erfolgte im Zeitraum 1923 bis 1993.

Dictyonema-Schiefer (A II tr)

Braunviolette dünnsschichtige Argillite, z. T. mit Konkretionen und Lagen von Anthraconiten (Stinkkalken). Durch die hohen Pyritgehalte kann es bei Luftzutritt (z. B. beim Aufschluß im Tagebau) zu Temperaturerhöhungen und Bränden kommen.

Glaukonitkalkstein (B II)

Graugrüner mittelkörniger Kalkstein, mit bis zu 1 mm großen Glaukonitkörnern. Charakteristisch sind zahlreiche Häutungsreste von *Asaphus* (Pygidien, Cranidien) und *Megistaspis* auf den Schichtflächen.

Kunda-Kalkstein (B III)

Grauer feinkörniger, z. T. mergeliger Kalkstein, mit zahlreichen Endocerenresten. Als Geschiebe unter der Bezeichnung „Vaginatenskalk“ (nach *Endoceras vaginatus*) bekannt.

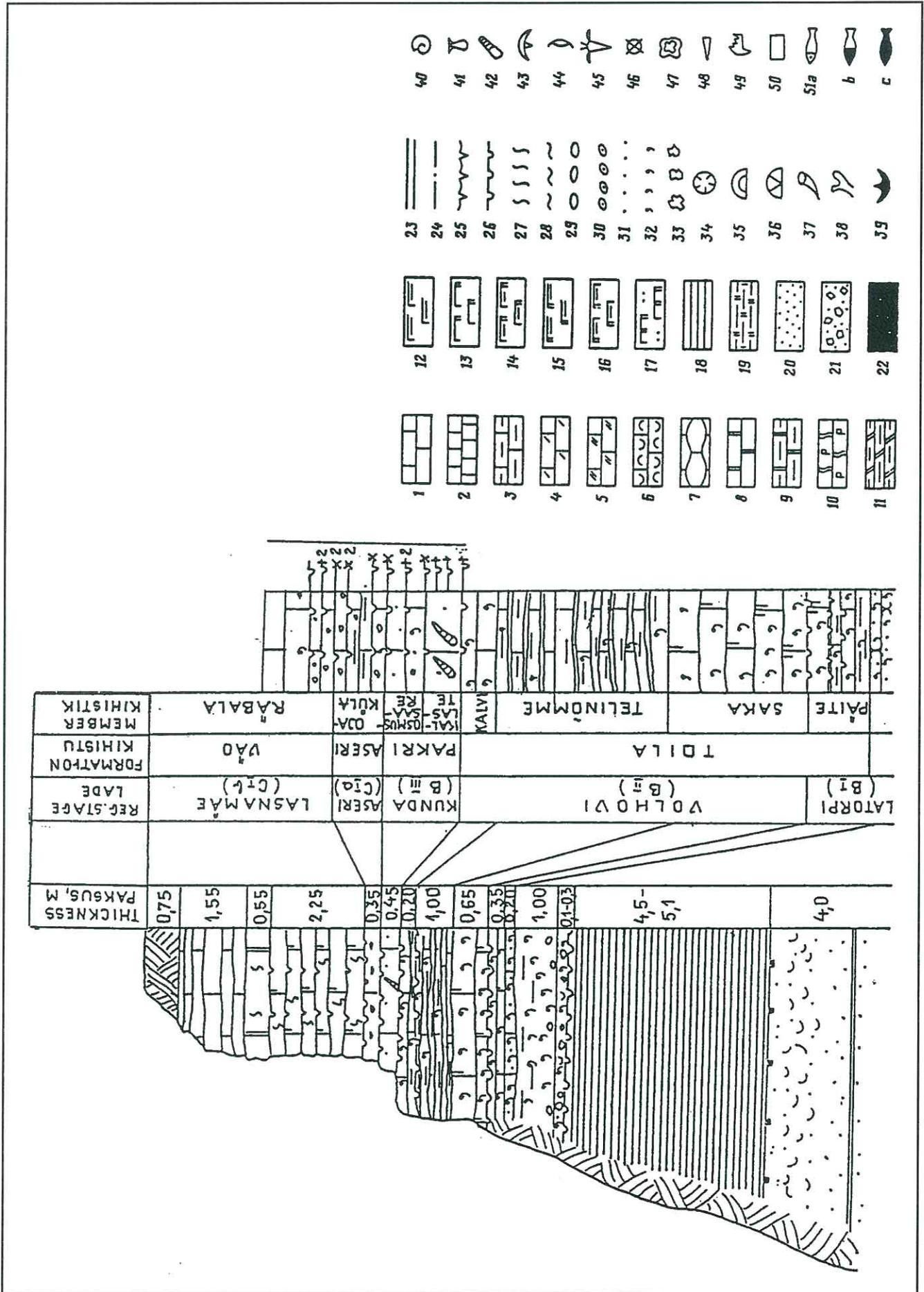




Abb. 5
Obolus-Sandstein, Vergr.3x, Tagebau Maardu. Foto: G. Hotzan

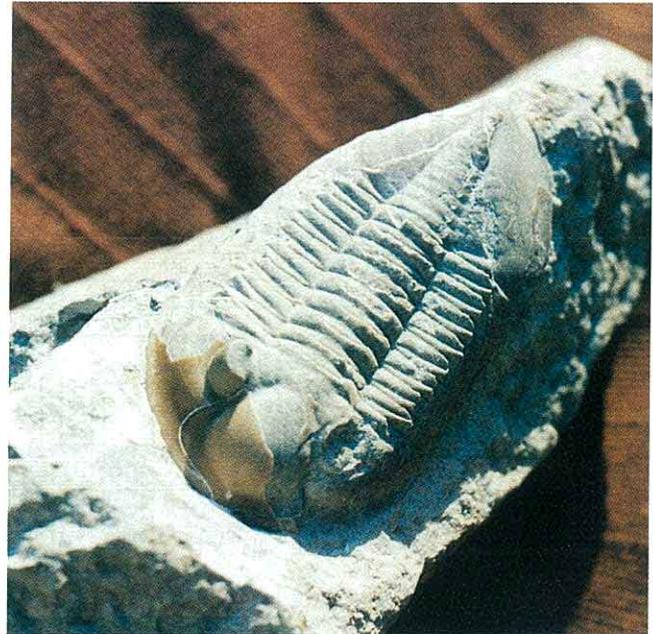


Abb. 6
Pseudoasaphus sp. (Länge 8 cm) im Baukalkstein (C I b), Tagebau Maardu. Foto: G. Hotzan

Baukalkstein (C I b)

Grauer feinkörniger dünnbankiger Kalkstein, mit kleinen Glaukonitkörnchen sowie Trilobiten (*Asaphus* u. a.), Endoceras, Gastropoden und Brachiopoden (Abb. 6). Als Geschiebe unter der Bezeichnung „Grauer Orthocerenkalk“ bekannt. In Tallinn und Umgebung wurden aus ihm zahlreiche Bauwerke errichtet.

Kuckersit-Lagerstätte Kothla-Järve

Die Ölschieferlagerstätten Estlands sind im Nordosten des Landes zu finden. Sie bilden die energetische Basis Est-

Abb. 4
 Schichtenfolge am Kliff Kallaste (nach MÄGI & SADRE 1991)

1 – Kalkstein, allgemein, 2 – Kalkstein. aphanitisch, 3 – Kalkstein. tonig, 4 – Kalkstein. feindretitisch, 5 – Kalkstein, grobdretitisch, 6 – Kalkstein, biogen, 7 – Knotenkalk, 8 – Dolomit, allgemein, 9 – Dolomit, tonig, 10 – Dolomit, pyritisiert, 11 – *Eurypterus*-Dolomit, 12 – Ton-Mergel, 13 – Mergel, Mg-karbonatisch, 14 – Mergel, tonig, 15 – Domerit, tonig, 16 – Domerit, tonig-kalzitisch, 17 – Domerit, schluffig-kalzitisch, 18 – Ton, feinschichtig, 19 – Ton, Mg-haltig, 20 – Domeritmehl, 21 – Geschiebemergel, 22 – Gytija, 23 – Straße, Weg, 24 – Grenze des Naturschutzgebietes, 25 – Trockenrisse, 26 – Diskontinuitätsflächen, 27 – vertikale Ichnofossilien, 28 – horizontale Ichnofossilien, 29 – Steinsohle, 30 – Ooide, 31 – Pellets, 32 – Glaukonit, 33 – kavernös, 34 – Meteoritenkrater, 35 – Stromatoporen, 36 – Tabulaten, 37 – Rugosen, 38 – Bryozoen, 39 – Brachiopoden, 40 – Gastropoden, 41 – Muscheln, 42 – Nautiloideen, 43 – Trilobiten, 44 – Ostracoden, 45 – *Eurypteriden*, 46 – Echinodermen, 47 – Onkolithe, 48 – Tentakuliten, 49 – Conodonten, 50 – fossilreich, 51 – Fischreste (a: Schuppen, b: Schilde, c: vollständige Exemplare)

lands und sind die Grundlage für die energetische Unabhängigkeit von Rußland.

Die Kuckersit-Ablagerungen sind Teil der ins mittlere Ordovizium (Llandeilo-Caradoc) zu stellenden Kukruse-Schichten (C 2). Ein Profil des Flözes zeigt Abb. 7. Der Kuckersit ist ein bis zu 3,5 m mächtiger, brauner poröser Kalkmergel mit bis zu 40 % Gehalt an organischer Substanz, die auf Blaualgen zurückgeht. Lagenweise enthält er gehäuft Fossilien, wobei besonders die zahlreichen Bryozoenarten, Brachiopoden, Trilobiten, Echinodermaten, z. T. auch Gastropoden auffallen (Abb. 8). Eingelagerte Kalkbänke von 0,05 – 0,25 m Mächtigkeit weisen die gleiche Fauna wie der Kuckersit auf. Im Hangenden des Flözes lagern Kalksteine der Kukruse- und der Idavere-Schichten (C 3). Ihre Mächtigkeit übersteigt 30 m.

Abhängig von der Mächtigkeit der Deckschichten (Grenzwert 30 m) erfolgt die Förderung in drei Tagebauen und sechs Schachtanlagen. Gegenwärtig werden ca. 14 Mio t/a gefördert. Die Gesamtvorräte in der Estnischen Serie werden mit ca. 3,4 Mrd. t und in der Tapa-Serie mit ca. 2,5 Mrd. t angegeben. 85 % der Rohstoffe werden zur Elektroenergieerzeugung und 15 % in der chemischen Industrie zur Herstellung von Teerprodukten verwendet. Ähnlich wie im Lausitzer Braunkohlenrevier werden die Tagebaue nach Abschluß der Gewinnungsarbeiten rekultiviert.

Das Silur von Saaremaa

Auf der Insel Saaremaa sind vielerorts an den Küsten sowie in zahlreichen Tagebauen silurische Gesteine aufgeschlossen. In der Kürze der Zeit konnte nur eine Auswahl der Aufschlüsse besucht werden (Abb.9).

Wie im gesamten Land, befinden sich auch auf Saaremaa die ältesten Schichten im Norden und die jüngsten im

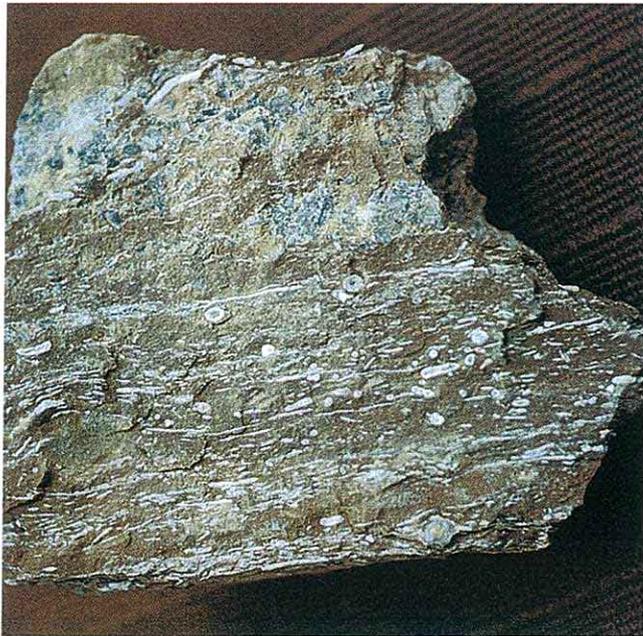


Abb. 8
Kuckersit (C II), natürl. Größe, Tagebau Kothla. Foto: G. Hotzan

Süden. Die aufgeschlossene Schichtenfolge umfaßt den Zeitraum oberes Untersilur (Wenlock) bis höchstes Ober-silur (Přidoli).

Im Epikontinentalmeer wurden hauptsächlich Kalkschlämme abgelagert, die durch einen großen Fossil-reichtum charakterisiert sind. Die Schichten des Wenlock und des Ludlow erfuhren sekundär eine großflächige Um-wandlung in Dolomit, was zu einer deutlichen Porositäts-erhöhung führte.

Kliffe in Panga und Ninase

Die Kliffe von Panga und Ninase befinden sich an der Nordwestküste Saaremaas. Der untere Teil der aufge-schlossenen Schichtenfolge wird von blaugrauen dolomi-tisierten Kalksteinen und Mergeln der Jaani-Formation (S 1 w) gebildet, die zu den Ninase-Schichten der Para-maja-Serie gehören (Abb. 10, 11).

Es sind psammitisch-grobdetritische, selten grobdetrit-tische Kalksteine, Mergel und Dolomite von mikro- bis feinkristalliner Textur und mit einer reichen Fauna. Die Gesamtmächtigkeit der Schichtenfolge schwankt zwischen 4,5 und 22,5 m, am Kliff Panga sind ca. 3 m des Hangend-bereiches aufgeschlossen.

Abb. 9 Übersicht zur Lage der auf der Insel Saaremaa besuchten Aufschlüsse

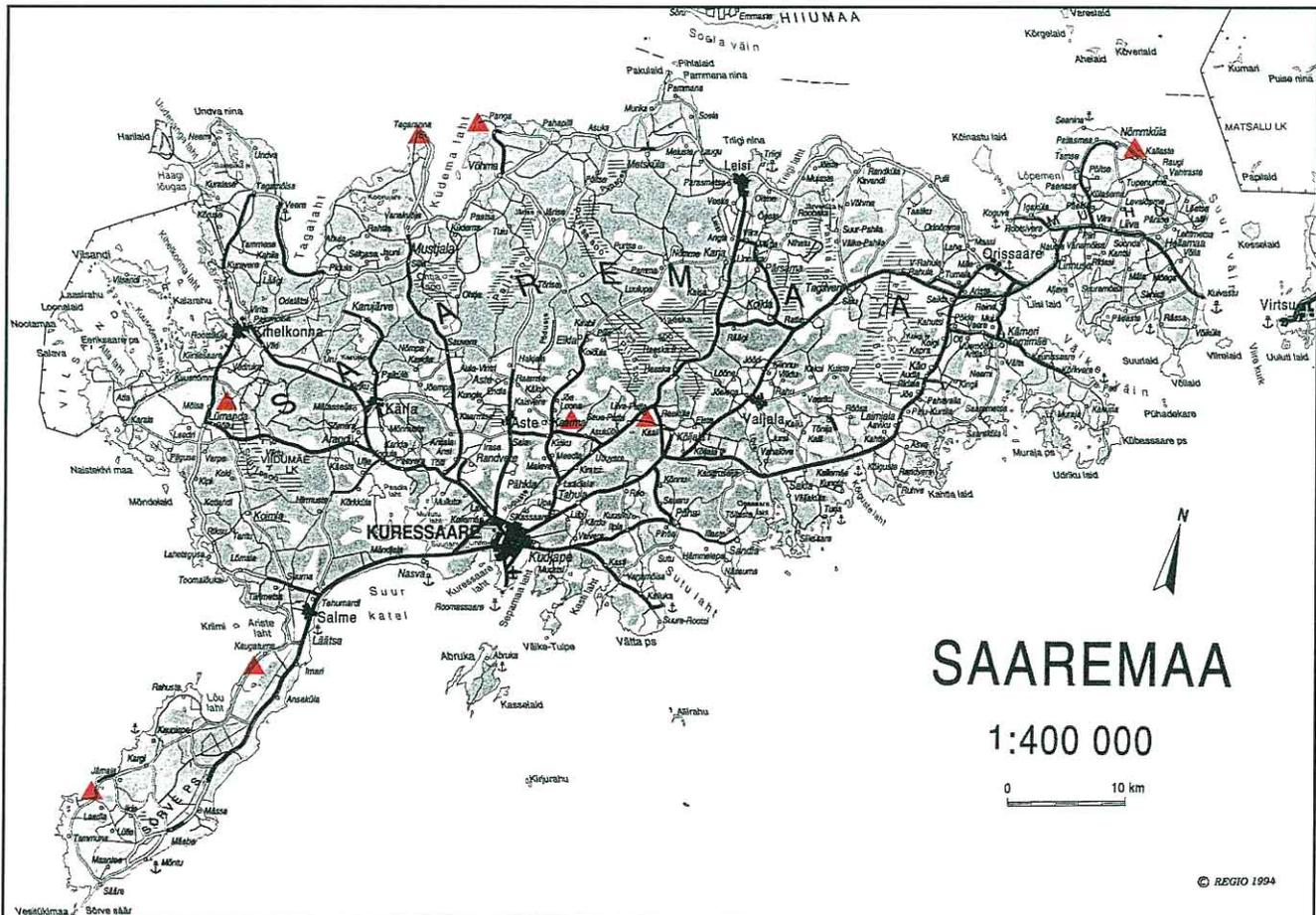




Abb. 11
Am Kliff Panga. Foto: F. Ludwig

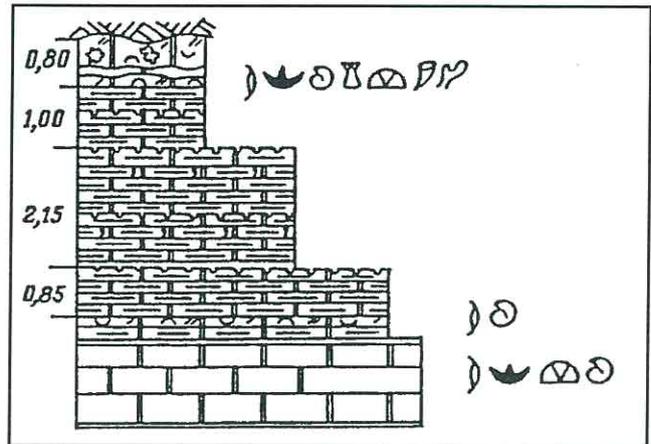


Abb. 12
Schichtenfolge des Steinbruches Kaarma (aus KASK 1990).
Legende s. Abb. 4.

und Hangenden stehen fossilreiche dolomitisierte Kalksteine an. Diese Kalksteine sind lagenweise reich an Ostracoden, Gastropoden, Brachiopoden sowie Kolonien von Algen. Die Gesamtmächtigkeit der Schichtenfolge beträgt 10–15 m (Abb. 12).

Steinbruch Lümanda

Im Steinbruch Lümanda sind gelbgraue massige grobbankige Kalksteine und Mergel der Paadla-Formation des Ludlow (S 2 ld)/Katri-Schichten (K2, Kt) in einer Mächtigkeit von ca. 1,5–2 m aufgeschlossen, die zur Branntkalkherstellung gewonnen werden.



Abb. 13 Im Steinbruch Lümanda. Foto: F. Ludwig

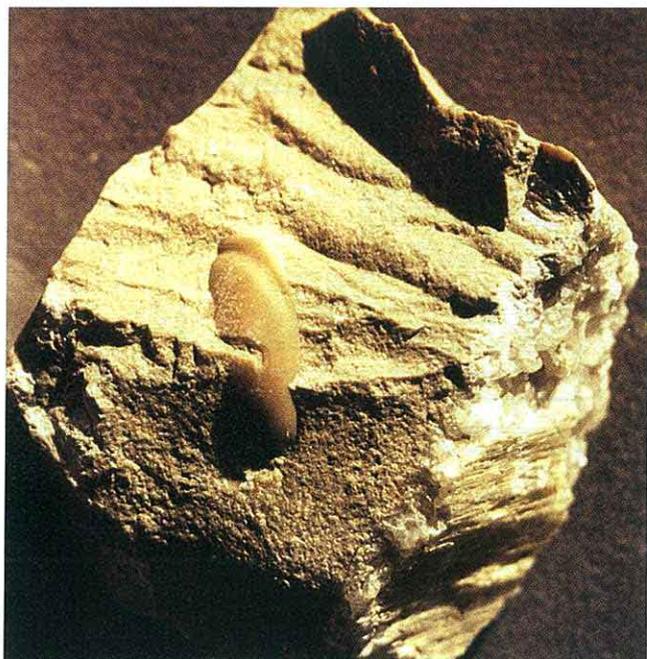


Abb. 14
Leperditia sp. im Paadla-Kalkstein (S2 ld), Bildbreite 5 cm.
 Foto: G. Hotzan

Die Gesteine sind arm an Makrofossilien, von uns wurden lediglich Ostracoden beobachtet. Typisch sind Riffbauten von Algen und Stromatoporen (Abb. 13, 14).

Kliff Kaugatuma

Die Steilstufe des Kliffs Kaugatuma befindet sich in ca. 100 m Entfernung vom Meer (inaktives Kliff). Bei den am Ufer anstehenden Gesteinen handelt es sich um hellgraue bis graubraune grobdetritische Trochitenkalke mit Zwischenschichten von Mergel, Domeriten (lokal für dolomitische Mergel) und tonigen Kalksteinen. Die Gesamtmächtigkeit der Schichtenfolge beträgt ca. 70 m.

Stratigraphisch sind diese Ablagerungen den Ägius-Schichten (K 3 b Ä) des Pfidoli (S 2 pr) zuzuordnen.

Typusfossil für die Trochitenkalke ist *Crotalocrinus rugosus*, weshalb sie auch als „Ringsteine“ bezeichnet werden. Die grobdetritischen Kalksteine und Mergel weisen eine reiche Fossilführung auf. Am häufigsten vertreten sind Brachiopoden (*Camarotoechia nucula*), Tabulaten (*Favosites pseudoforbessii*), Trilobiten (*Proetus* sp., *Calymene* sp.), Ostracoden (*Nodibeyrichia tuberculata*) u. a. (Abb. 15 und Titelbild).

Kliff Ohesaare

Am Kliff Ohesaare sind Wechsellagerungen von hell- bis dunkelblaugrauen dünnbankigen Kalksteinen und Mergeln mit tonigen Zwischenlagen aufgeschlossen. Die Mächtigkeit dieser Schichten beträgt ca. 6 m. Sie werden stratigraphisch der Ohesaare-Formation des Pfidoli (S 2 pr) zugeordnet und bilden die jüngsten Ablagerungen des Silurs.

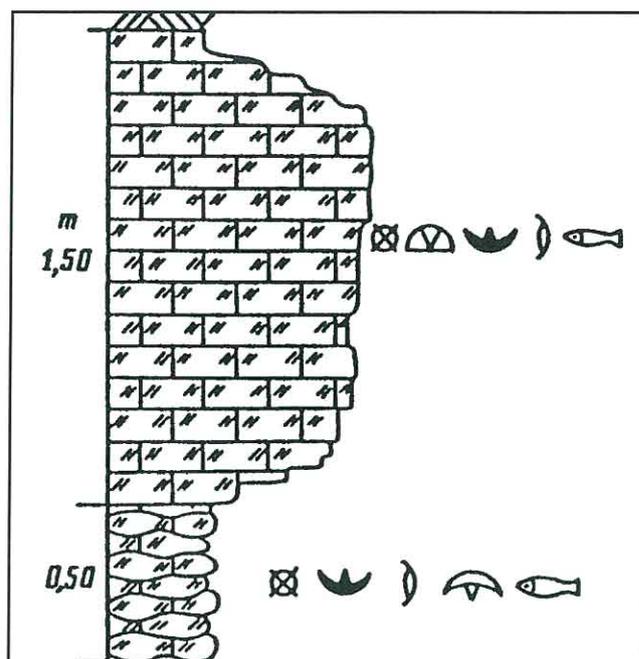


Abb. 15
 Schichtenfolge am Kliff Kaugatuma (nach EINASTO 1990; Legende s. Abb. 4)

Der Fossilreichtum der Kalk- und Mergelschichten ist sehr groß. Vorherrschend sind Brachiopoden, Ostracoden und Krinoiden. Außerdem sind Häutungsreste von Trilobiten sowie Flossenstacheln von Fischen (Acanthodier) zu finden.

Meteoritenkrater Kaali

Der Meteoritenkrater von Kaali entstand zusammen mit acht kleineren Nebenkratern durch den Fall eines Eisenmeteoriten vor ca. 3 900 Jahren (SAARSE u. a. 1990). Seine Masse wurde mit ca. 80 t berechnet. Beim Aufprall ist er fast vollständig verdampft, es konnten nur noch kleine Bruchstücke von Meteoriten gefunden werden. Die Genese als Meteoritenkrater wurde erstmals durch ALFRED WEGENER belegt (in KRAUS, MEYER & WEGENER 1928).

Der Hauptkrater, der in Dolomitablagerungen der Paadla-Serie (Uduvere-Schichten, K 2 U) des Ludlow (S 2 ld) ausgebildet ist, hat einen Durchmesser von ca. 110 m. Er wird von einem 4 – 7 m hohen Wall umgeben, im Kraterinneren sind bis zu 6 m mächtige Torfschichten abgelagert (Abb. 16).

Zusammenfassung

Vom 16.– 25. Juni 1995 fand eine geologische Fachexkursion unter der Leitung von Mitarbeitern des Geologischen Dienstes Estlands zu Aufschlüssen im Paläozoikum und Quartär an der Nordküste des Landes und auf der Insel Ösel statt. Gleichaltrige Gesteine, die hier in ihrer natürlichen Lage studiert werden konnten, findet man in Brandenburg ausschließlich in großen Tiefen oder als Gesteine.

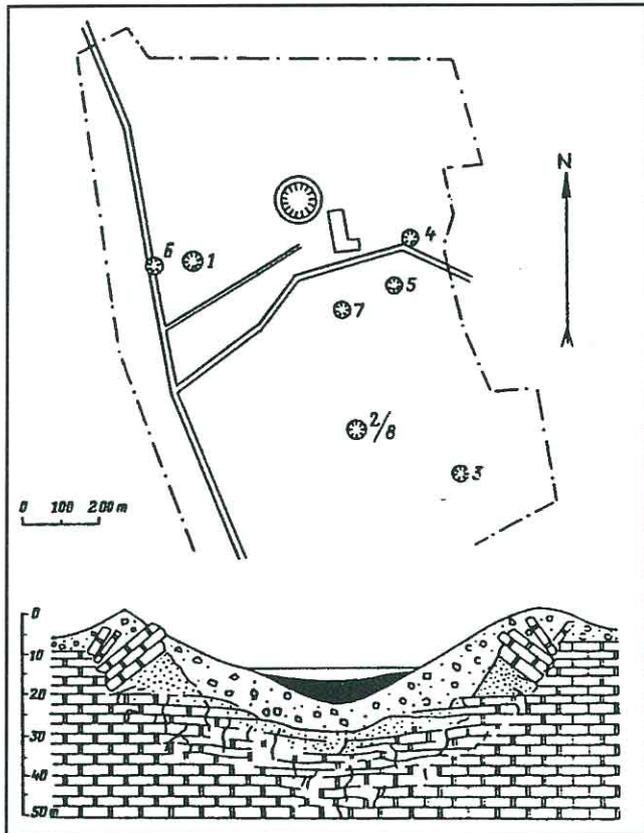


Abb. 16
Lageplan und Profilschnitt des Meteoritenkraters von Kaali mit den Nebenkratern 1 bis 8 (aus KASK 1990)

Von besonderem Interesse waren dabei die Aufschlüsse im Nordestnischen Grint mit seinen Profilen des Unterkambriums bis Mittelordoviziums sowie die silurischen Dolomitserien auf der Insel Saaremaa (Ösel). Im Beitrag wird eine kurze Beschreibung dieser Aufschlüsse gegeben.

Summary

From 16–25.06.1995 an excursion under the direction of the staff of the Estonian Geological Service took place to the Paleozoic and Quaternary exposures on the Estonian north coast and on the Island of Saaremaa. At the same time rock formations in their natural stratification could be examined, which in Brandenburg can only be found in great depths or as erratic boulders on the earth's surface. Of particular interest were the exposures in North Estonian Grint, where profiles of the Lower Cambrian to the Middle Ordovician period are outcropped, as well as the Silurian dolomite series on the Island of Saaremaa. A short description of these exposures is given.

Literatur

- HOTZAN, G. (1995): Estland-Exkursion des LGRB vom 16.–25. Juni 1995. - Brandenburgische Geowiss. Beitr. **2**, S. 28–29, Kleinmachnow
 KRAUS, E., MEYER, R. & A. WEGENER (1928): Untersuchungen über den Krater von Sall auf Ösel. - Gerlands Beitr. Geophysik **20**, S. 312–378, Leipzig

- KALJO, D. L. (1970): Silur Estonii. - 343 S., Valgus, Tallin
 KASK, J. (1990): Exkursionsführer: Paläozoikum und Geschiebe von Estland. - Selbstverlag Gesellschaft für Geschiebekunde e. V., 48 S., Hamburg
 - (1995): Exkursionsführer Paläozoikum von Estland. - 40 S., Geologischer Dienst Estlands, Tallinn
 HOHL, R. u. a. (1981): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. 703 S., VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig
 SAARSE, L., RAJAMÄE, R., HEINSALU, A. & J. VASSILJEV (1990): Formation of the meteorite crater at Lake Kaali (Island Saaremaa, Estonia). - 55 S., Abs. Symp. Fennoscandian Impact Structures. May 29–31, 1990, Espoo/ Finl.

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 105

Anschrift des Autors:

Dipl.-Geol. Gerhard Hotzan
 Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg,
 Außenstelle Frankfurt/Oder
 Schulstraße 16
 15230 Frankfurt/Oder

LANDESAMT

Die Geowissenschaftliche Datenbank (GeoDaB) des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

WALTRAUD KRETZSCHMAR, HEIKE KLAUS, ANITA FELSNER, ANITA HERING, ANNETTE DITTRICH & MARLIS OEMLER

1. Einleitung

Die geologischen Landesämter sind durch den Gesetzgeber ermächtigt und verpflichtet, die für die jeweiligen Landesterritorien geologisch relevanten Daten zu verwalten und für anstehende Probleme in bewerteter Form der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Als Rahmengesetze des Bundes gelten hier insbesondere das Lagerstättengesetz von 1934 (letzte Änderung 1974) und das Bundesberggesetz von 1980 (Änderung 1990) sowie das landesspezifische Wassergesetz (BbgWG) von 1994. Im Lagerstättengesetz ist u. a. festgelegt, daß jegliche Bohrungen und andere Erdaufschlüsse den geologischen Landesbehörden anzuzeigen und dokumentierte geologische Untersuchungsergebnisse, einschließlich der Ergebnisse von Pumpversuchen und über die Beschaffenheit des Was-

sers bei hydrogeologischen Bohrungen an diese zu übergeben sind. Eine Verordnung von 1997 regelt die Zuständigkeit des LGRB für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten, die sich aus der Nichtbeachtung von § 10 des Lagerstättengesetzes ergeben.

Neben dieser Zuständigkeit wurden den Geologischen Landesämtern der neuen Bundesländer umfangreiche Altdatenbestände übereignet, die aus ehemals in der DDR zentral geführten Datenspeichern stammen. Die Sicherung und Entflechtung dieser umfangreichen Datenbestände war ein komplizierter Prozeß und wurde unter der Schirmherrschaft des Bund/Länder-Ausschuß (BLA) Bodenforschung durchgeführt.

Die Neuordnung der Datenbestände wurde im Konsens der betroffenen staatlichen Einrichtungen und privatrechtlichen Firmen durchgeführt und im wesentlichen bis Ende 1993 abgeschlossen. Sie erfolgte auf der Basis eines Rechtsgutachtens, das 1992 von der Treuhandanstalt in Auftrag gegeben worden war (LÜHE et al. 1996).

Im Ergebnis der von einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe ermittelten und aufgesplitteten Datenspeicher der ehemaligen DDR (LÜHE 1994) wurden dem LGRB im Zeitraum 1991 bis 1993 eine Vielzahl unterschiedlicher Datenbestände zur Nutzung übergeben (Tab. 1).

Eine umfassende Nutzung dieser umfangreichen heterogenen Datenbestände konnte nur durch ihre Integration in eine einheitlich strukturierte Datenbank erreicht werden.

Die Arbeiten an der Vereinheitlichung der Datenbasis erfolgten unter der Zielstellung, ein geowissenschaftliches

Tab. 1 Datenbestände, die im Zeitraum 1991 bis 1993 an das LGRB zur Nutzung übergeben worden sind

Datenspeicher	frühere Führung	Datengruppen
Grunddaten geologischer Aufschlüsse (GGA)	Kombinat GFE Halle 1964 – 1990	Grunddaten
Schichtenverzeichnisse Känozoikum (DKZ)	Kombinat GFE Halle 1986 – 1990	Schichtdaten
Hydrogeologisch relevante Aufschlüsse (HYRA)	VEB Hydrogeologie Nordhausen 1977 – 1990	Grunddaten, Schichtenverzeichnisse, Technische Daten, Grundwasserstände, Pumpversuchsergebnisse, Wasseranalysen
Geophysikalisches Archiv Bohrlochmessungen	Kombinat Geophysik Leipzig	digitale Bohrlochmessungen
Datenspeicher Erkundung Braunkohle (DSE)	Institut für Energetik Leipzig 1980 – 1990	Grunddaten, Schichtenverzeichnisse sowie einige bodenmechanische, hydrogeologische u. kohlenchemische Daten
Objektdateibanken Braunkohlenerkundung	Erkundungsbetriebe des Kombinates GFE Halle	Grunddaten, Schichtenverzeichnisse
Rohstoffdatenbank (DSR)	IFR Dresden 1974 – 1990	Daten zu Lagerstätten, Fundpunkten u. Halden, rohstoffstatistische Daten u. Ergebnisse von Rohstoffanalysen
Datenspeicher Boden (DABO)	AdL Eberswalde 1970 – 1990	Mehrere Teile: – GEMDAT (Gemeindebezogene Acker-, Bodenzahlen usw.) – PRODAT (Profil-, Horizont-, Analysendaten) – MMK (Flächenparameter für Kartiereinheiten) – u.a.
Erdöl/Erdgas (EE)	Kombinat Erdöl/Erdgas Gommern 1951 – 1990	Aufschlußgrunddaten, Stratifizierungen, Kaliberveränderungen, petrophysikalische Daten u. a.

Informationssystem für Brandenburg aufzubauen, das zur effektiven Lösung wichtiger Aufgaben des LGRB und anderer öffentlicher Einrichtungen mit umweltrelevanten Problemstellungen (Kontaminationsfragen, Altlastensanierung, Grundwasserversorgung, Rohstoffbewertung u.a.m.) beiträgt.

2. Aufbau der Datenbank

Unter dieser Zielstellung wurde ausgehend von den vorhandenen Datenbeständen mit dem Aufbau der „Geowissenschaftlichen Datenbank im LGRB“ (GeoDaB) begonnen.

2.1. Voraussetzungen, Prämissen

Beim Aufbau der Datenbank des LGRB waren folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

- Die GeoDaB soll den Informationsbedarf, den die Fachabteilungen des LGRB zur Realisierung ihrer Aufgaben benötigen, decken.
- Die Integration der im LGRB vorliegenden Datenbestände der Datenspeicher der ehemaligen DDR in die GeoDaB soll ohne Informationsverluste erfolgen.
- Die GeoDaB soll Bestandteil des im Aufbau befindlichen länderübergreifenden Bodeninformationssystems (BIS) sein, an dessen Gestaltung alle Geologischen Landesämter beteiligt sind. Durch spezielle Arbeitsgruppen wurden Empfehlungen für den Aufbau der einzelnen Fachinformationssysteme (FIS) (BECKER. et al. 1995, AGSTER et al. 1994, DIETZE et al. 1994, HEINEKE et al. 1993, HÖDING et al. 1994) erarbeitet.
- Zur Sicherung einer länderübergreifenden Auswertbarkeit der Daten haben sich die Länder für eine einheitliche Verschlüsselung der Daten innerhalb des Bodeninformationssystems ausgesprochen, d. h. für die Anwendung eines einheitlichen „Symbolschlüssels Geologie“ (SSG), dessen Ausgangspunkt der bereits existierende „Symbolschlüssel Geologie“ des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (PREUSS et al. 1991, KRETZSCHMAR et al. 1996) darstellt.
- Entsprechend dem Stand der Datenhaltungstechnik ist auf ein relationales Datenmodell zu orientieren. Für die zu beschreibenden Informationsinhalte und deren Beziehungen soll ein E/R -Modell (Entity - Relationship - Modell) konzipiert werden.

2.2. Vorgehensweise

Nachdem die Struktur der Datenbank konzeptionell erarbeitet war, lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der schrittweisen Bearbeitung und Überführung der vorliegenden heterogenen Datenbestände in die GeoDaB.

Mit jedem Datenbestand der zur Überführung vorbereitet wurde, mußte geprüft werden, in welche Relationen die Daten überführt werden sollen und welche Erweiterungen oder Veränderungen notwendig sind, um die Daten vollständig aufnehmen zu können. Der gesamte Datenbestand der GeoDaB mußte jeder dieser Veränderungen angepaßt

werden. Mit steigendem Füllungsstand wurden diese Arbeiten immer aufwendiger.

Wesentliche Veränderungen in der Datenbankstruktur wurden auch durch die wechselseitige Anpassung an grundlegende geologische Auswertprogramme notwendig.

2.3. Überführung der Datenbestände

Als erster Datenbestand wurden die „Grunddaten geologischer Aufschlüsse“ (GGA) in die GeoDaB überführt. Die Daten bildeten den Grundstock der Relation „Stammdaten geologischer Aufschlüsse“ (GA_STAMM).

Die Überführung der weiteren Datenbestände in die GeoDaB erwies sich als schwierig, da sie hinsichtlich ihrer Strukturen und Verschlüsselungen heterogen waren und teilweise eine hohe Redundanz aufwiesen.

Durchgeführte Arbeiten

Ein Problem, das bei der Überführung der Datenbestände in die GeoDaB einen hohen Zeitaufwand in Anspruch nahm, stellte die Identifizierung gleicher Aufschlüsse in den verschiedenen Datenbeständen dar. Dies wurde durch einen Datenvergleich mit der Relation GA_STAMM erreicht.

Bei der Überführung der HYRA-Aufschlüsse in die GeoDaB zeigte sich, daß 51% bereits in der GA_STAMM enthalten waren.

Bei den Daten aus den Braunkohlenerkundungsobjekten lag die Übereinstimmung je nach Erkundungsobjekt zwischen 0 (Bohrungen wurden nicht an den GGA gemeldet) und 100 %.

Von den Erdölbohrungen waren 98 % bereits in der GA_STAMM enthalten.

Bei der Überführung der Daten aus den einzelnen Datenbeständen in die einheitliche Struktur der GeoDaB waren in der Regel folgende Einzelschritte durchzuführen:

- Grundlegende Prüfung des Datenbestandes, z. B.
 - Prüfung auf formale Fehler und auf Plausibilität,
 - Bereinigung offensichtlicher Fehler,
 - Vergleich der Aufschlußstammdaten mit den bereits in der GeoDaB vorhandenen Daten zur Identifizierung gleicher Bohrungen,
 - Prüfung, ob die Daten bereits in der Datenbank vorhanden sind; Vergleich der Daten zur Beseitigung vorhandener Redundanz und Fehler.
- Anpassung der verwendeten Schlüssel, z. B.:
 - Ergänzung der in der GeoDaB vorhandenen Schlüssel Listen oder Erarbeitung neuer Schlüssel Listen,
 - Erstellen von Konvertierungslisten zur Umsetzung der alten Schlüssel in die neuen,
 - Durchführung der Umcodierung (programmunterstützt, teilweise auch manuell)
- Erstellen von C- und SQL-Programmen zur Um- und Berechnung von Daten sowie Ergänzung nicht vorhandener Daten, z. B.:

- Umrechnung von Werkskoordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten
- Berechnung und Vergabe der Identnummern für geologische Aufschlüsse und andere punktbezogene Objekte
- Umrechnung von Daten in vorgegebene Maßeinheiten .

Besonders kompliziert war die Situation bei den Datenbeständen aus den Braunkohlenerkundungsobjekten der ehemaligen DDR, da:

- alle Datenbestände zwar gleich strukturiert waren, inhaltlich aber unterschiedliche geologische Modelle und Schlüssel zugrunde lagen, so daß jedes Erkundungsobjekt als ein selbständiger Datenspeicher behandelt werden mußte
- die Dokumentation nur in Form von Schlüssellisten und/oder Normalprofilen vorlag.

Stand der Überführung

Die Arbeiten zur Überführung der im LGRB vorliegenden Datenbestände sind noch nicht abgeschlossen. Es ist folgender Stand erreicht worden:

- Die Überführung der Datenbestände: Datenspeicher Grunddaten Bohrungen (GGA), Datenspeicher Schichtenverzeichnisse Känozoikum (DKZ), Datenspeicher Hydrogeologisch relevante Aufschlüsse (HYRA) einschließlich der Probandaten, Datenspeicher Erkundung Braunkohle (DSE, Stamm- und Schichtdaten), Lithofazieskartenwerk Quartär (LKQ) und Mikropaläontologische Daten in die Strukturen und Schlüssel der GeoDaB ist abgeschlossen.
- Die Bearbeitung der Datenbestände des Datenspeichers Erdöl/Erdgas (EE) zur Überführung in die GeoDaB ist größtenteils abgeschlossen.
- Die Probandaten der Datenspeicher HYRA und Erdöl / Erdgas konnten ebenfalls in die GeoDaB eingelagert werden.
- Für die Speicherung von bodenkundlichen Profil- und Horizontdaten in der GeoDaB wurden alle Voraussetzungen (Relationen und Schlüssel) auf Basis der KA 4 (FINNERN et al. 1994) geschaffen. Bei den Daten des Datenspeichers „Boden“ (DABO) handelt es sich vorwiegend um flächenbezogene Daten. Da die Daten der PRODAT (Profildaten, Teil des DABO) keinen Koordinaten zugeordnet sind, ist eine Bearbeitung und Überführung dieser Daten in die entsprechenden Relationen nicht möglich.

2.4. Symbolschlüssel Geologie Brandenburg

Ein großer Teil der Daten wird in verschlüsselter Form gespeichert. Im Rahmen der Überführung der Datenbestände in die GeoDaB war es erforderlich, die bereits vorhandenen Schlüssellisten zu erweitern und eine Vielzahl neuer Schlüssellisten zu entwickeln.

Um eine einheitliche Erfassung der geowissenschaftlichen Daten im LGRB zu gewährleisten bzw. für ganz Brandenburg zu ermöglichen, werden alle für die Speicherung von Daten in der GeoDaB verwendeten Schlüssellisten unter der Bezeichnung „Symbolschlüssel Geologie - Brandenburg“ (SSG-B) (KRETZSCHMAR et al. 1996) vom LGRB herausgegeben und allen Betrieben und Einrichtungen des Landes Brandenburg zur Anwendung empfohlen. Die in Vorbereitung befindliche erste Ausgabe des SSG-B enthält im Teil 1 alle Schlüssel aus den Bereichen Geologie/Hydrogeologie, die für die Nutzung des Programmsystems GeoDin erforderlich sind, und im Teil 2 alle derzeit vorliegenden Schlüssellisten aus dem Fachbereich Boden-geologie.

Alle Erweiterungen des SSG-B gegenüber dem länderübergreifenden „Symbolschlüssel Geologie“ sollen der BGR Hannover übermittelt werden, damit sie bei der weiteren Bearbeitung dieses Schlüssels berücksichtigt werden können.

3. Struktur der Datenbank

Die Struktur der GeoDaB entspricht dem gegenwärtigen Bearbeitungsstand (10/97). Die Relationen und ihre logischen Beziehungen sowie weitere zu bearbeitende Bereiche sind in der Abb. 1 dargestellt. Eine ausführliche Strukturbeschreibung der GeoDaB ist in der Tab. 2 enthalten. 130 Schlüssellisten wurden erarbeitet und sind im Schema „Lexika“ gespeichert. Die Lexika sind als Bestandteil eines aufzubauenden Kernsystems der Datenbank (VINKEN et al. 1993) anzusehen.

Die Datenfelder der einzelnen Relationen liegen in einem Datenfeldkatalog, der unter Berücksichtigung der Vorgaben der Fachinformationssysteme erarbeitet wurde, detailliert beschrieben vor.

4. Umfang des Datenbestandes

Durch die Integration der Teildatenspeicher hat die GeoDaB einen relativ hohen Füllungsstand erreicht. In den Relationen der GeoDaB sind gegenwärtig ca. 2,8 Millionen Datensätze gespeichert. Die Daten sind ca. 160 000 Aufschlußpunkten zugeordnet.

5. Zugriff zur GeoDaB

Der direkte Zugriff auf die GeoDaB ist gegenwärtig nur mit Hilfe der Abfragesprache SQL (Structured Query Language) und in eingeschränktem Umfang über die ODBC-Schnittstelle möglich. Die Nutzung der GeoDaB erfolgte deshalb bisher in Form von Recherchen und Auswertungen, die von den Bearbeitern der Datenbank ausgeführt werden. Die Anzahl der Anforderungen aus den Fachabteilungen des LGRB und anderen Einrichtungen nahm ständig zu. Während anfänglich die Daten in Form von Bohrpunktkarten, Bohrprofilen oder in Listenform übergeben wurden, werden gegenwärtig die Daten in Form von Dateien im Netzwerk zur Verfügung gestellt. Damit ist eine selbständige Bearbeitung und Auswertung dieser speziellen Dateien in den Fachbereichen durch entsprechende Anwenderprogramme möglich.

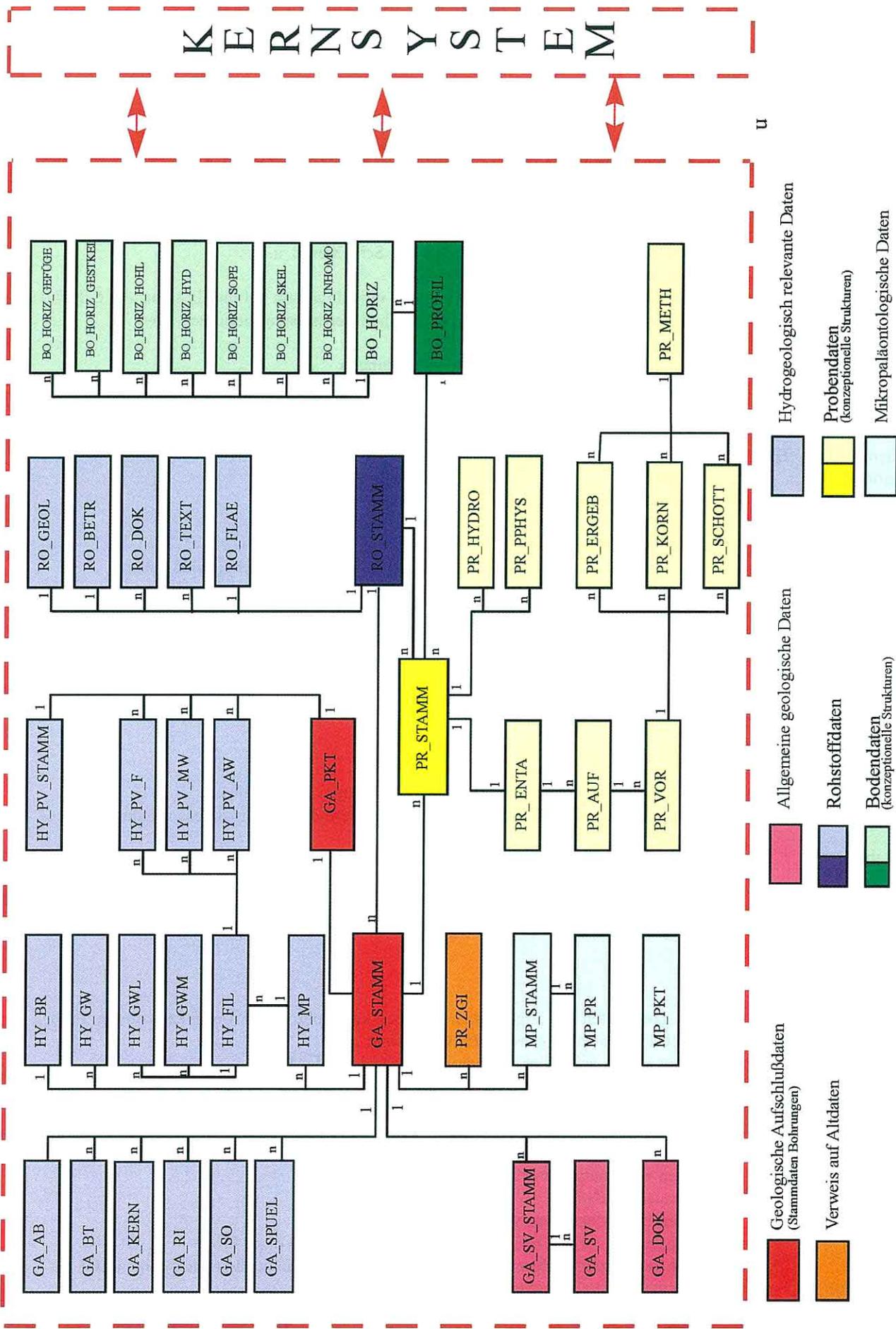


Abb. 1 Logisches Design der GeoDaB (einschließlich konzeptioneller Erweiterungen), Stand 10/97

Tab. 2 Beschreibung der GeoDaB-Struktur (Stand: 10/97)

Geologische Aufschlußdaten (GA)	
Relationen	
GA_STAMM	– Allgemeine Stammdaten zu Aufschlüssen (Bezeichnung, Koordinaten, Teufen, Zuordnung zu Kartenblättern, Aufgabenstellung, Auftraggeber usw.)
GA_PKT	– Grunddaten zu Probenahme- und Meßpunkten an der Erdoberfläche
GA_KERN	– Kernmarschverzeichnisse
GA_SV_STAMM	– Allgemeine Angaben zu Schichtenverzeichnissen
GA_SV	– Detaillierte Angaben zu Schichtenverzeichnissen, wie petrographische und stratigraphische Schichtbeschreibungen, Liegendgrenzen der Schichten u. a.
GA_DOK	– Angaben über Dokumente zum Aufschluß
GA_REF	– Referenztable für geologische Aufschlüsse mit Hinweisen auf die Existenz von Schichtenverzeichnissen, Probandaten, geophysikalischen Vermessungsberichten usw.
GA_AB	– Angaben zum Ausbau von Bohrungen
GA_RI	– Angaben zu Ringraum- und Bohrlochverfüllungen
GA_BT	– Bohrtechnische Daten, wie Bohrverfahren, -werkzeug usw.
GA_SPÜEL	– Angaben zum Einsatz von Spülungen
Hydrogeologie (HY)	
Relationen	
HY_BR	– Angaben zum Brunnenbetrieb
HY_GW	– Grundwasserstände in Bohrungen
HY_MP	– Meßpunkte der Meßstellen
HY_GWM	– Grundwasserstandsmessungen (Zeitreihen) in hydrogeologischen Meßstellen
HY_FIL	– Filterstrecken als Meßstellen
HY_PV_STAMM	– Stammdaten von Pumpversuchen
HY_PV_MW	– Meßwerte von Pumpversuchen
HY_PV_AW	– Ergebniswerte von Pumpversuchen
HY_PV_F	– Fördermengen bei Pumpversuchen
HY_GWL	– Einstufung der Meßstellen in GWL
Mikropaläontologie (MP)	
Relationen	
MP_STAMM	– Angaben zu palynologisch untersuchten Abschnitten in Bohrungen, Hinweise auf die in der BGR, Außenst. Berlin, befindliche Präparatesammlung “Altneophytikum”
MP_PR	– Spezielle Angaben zu palynologisch untersuchten Proben aus Bohrungen mit Hinweisen auf die Präparatesammlung “Altneophytikum”
MP_PKT	– Angaben zu palynologisch untersuchten Proben aus Tagebauen und anderen Probenahmepunkten mit Hinweisen auf die Präparatesammlung “Altneophytikum”
Probandaten (PR)	
Relationen	
PR_STAMM	– Probenstammdaten mit allgemeinen Angaben zur Probe, wie Probenbezeichnung, Probenmaterial, Untersuchungszweck, Entnahmetiefe usw.
PR_AUF	– Angaben zu den speziellen Aufbereitungsverfahren der Probe
PR_VOR	– Angaben zu den speziellen Probenvorbereitungsverfahren
PR_ERGEB	– Standardrelation zur Aufnahme geo- und hydrochemischer Analysenergebnisse
PR_KORN	– Ergebnisse von Korngrößenanalysen
PR_SCHOTT	– Ergebnisse von Schotteranalysen
PR_METH	– Angaben zur Analysenmethode
PR_HYDRO	– Wasseranalysendaten
PR_ENTNA	– Angaben zur Probenahme von Gesteinsproben
PR_REF	– Referenzen auf vorliegende Untersuchungsergebnisse zu einer Probe
PR_ZGI	– Referenzen auf vorhandene geochemische Datenbestände aus dem ehemaligen ZGI
PR_PPHYS	– Petrophysikalische Angaben aus der EE-Datenbank

Boden (BO)

Relationen

BO_PROFIL	– Stammdaten zu den Bodenprofilen
BO_HORIZ	– allgemeine Angaben zu den Horizonten
BO_HORIZ_GEFUEGE	– Angaben zum Bodengefüge eines Horizontes
BO_HORIZ_GESTSKEL	– Gesteine des Skeletts eines Horizontes
BO_HORIZ_HOHL	– Hohlräume innerhalb eines Horizontes
BO_HORIZ_HYD	– Hydromorphiemerkmale eines Horizontes
BO_HORIZ_SOPE	– sonstige pedogene Merkmale eines Horizontes
BO_HORIZ_SKEL	– Angaben zu Grobbodenfraktionen eines Horizontes
BO_HORIZ_INHOMO	– Angaben zu Inhomogenitäten eines Horizontes

Rohstoffe (RO)

Die vorhandenen Relationen (RO_STAMM, RO_GEOL, RO_BETR, RO_DOK, RO_TEXT, RO_FLAE, RO_REF_GA) müssen überarbeitet und den aktuellen Erfordernissen angepaßt werden.

Datenschlüssel (LX)

Relationen

Anwenderprogramme

Im LGRB wird vor allem auf die Anwendung des Programmsystems GeODin (GeODin-Base und GeODin-Graph) (DONAT, 1994) orientiert, das eine Weiterentwicklung des SEP (Schichtenerfassungsprogramm) der BGR Hannover unter Windows darstellt und einige Erweiterungen (Ausbau- und Sondierungsdaten) enthält. In der GeODin-Variante, die in Brandenburg zur Anwendung empfohlen wird, besteht eine weitgehende Übereinstimmung mit der GeoDaB. Für diese Variante gelten die Schlüssel des SSG-B.

Als weiteres Programmsystem steht das GMS (Grundwasser-Monitoring-System) (HOFFKNECHT & GÜNZEL 1995) zur Verfügung, das vor allem der Auswertung und graphischen Darstellung von hydrogeologischen Daten dient.

Unterstützung von Projekten

Zur Unterstützung ihrer Arbeiten wurden einigen Projekten im LGRB Datenbestände aus der GeoDaB zur Verfügung gestellt. In besonderem Maße wurde das Teilprojekt 3 des GBL-Gemeinschaftsvorhabens „Grundwassergüteentwicklung in den Braunkohlengebieten der neuen Länder“ durch Übergabe umfangreicher homogener Datenbestände unterstützt, das den Aufbau einer temporären Projektdatenbank „Grundwassergüteentwicklung Lausitz zum Inhalt hat.

6. Notwendige Folgearbeiten

Neben der laufenden Datenbankarbeit, die im wesentlichen in der Laufendhaltung der Datenbestände und Lexika, in Programmierungsarbeiten und der Gewährleistung der Datenintegrität und -sicherheit besteht, zeichnen sich für die Zukunft zahlreiche Aufgabenstellungen ab, von denen folgende genannt werden sollen:

- Fertigstellung einer Oberfläche für die Datenbank bezüglich des Dialogs zur Datenerfassung, Aktualisierung

und Auswertung der Daten durch die Fachabteilungen des LGRB

- Fortsetzung der begonnenen Arbeiten zur Überführung weiterer Datenbestände in die GeoDaB
- Schaffung einer Methodenbank
- Durchführung konzeptioneller Arbeiten zur Erweiterung der Struktur der Datenbank hinsichtlich der Speicherung von Flächendaten
- Schaffung eines modernen Informations- und Kommunikationssystems auf der Grundlage der GeoDaB unter Einbeziehung von WWW-Technologien.

7. Zusammenfassung

Mit dem Ziel, ein Informationssystem für die Lösung der im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (LGRB) zu bearbeitenden geowissenschaftlichen und umweltgeologischen Aufgabenstellungen zu schaffen, wird am Aufbau der „Geowissenschaftlichen Datenbank des LGRB“ (GeoDaB) gearbeitet.

Das LGRB folgt den Empfehlungen der 33. Sitzung der Umweltkonferenz am 16./17. November 1989 und berücksichtigt den vom Bund-/Länderausschuß Bodenforschung vorgelegten „Vorschlag für die Einrichtung eines länderübergreifenden Bodeninformationssystems“. Das logische Design der GeoDaB orientiert sich dementsprechend an den Datenbankkonzepten, die für die einzelnen Fachinformationssysteme (FIS) von speziell einberufenen Arbeitsgruppen der Geologischen Landesämter erarbeitet wurden.

Die Grundlage für die Datenbank stellen die umfangreichen Datenbestände aus den zentral geführten aufgaben- bzw. rohstofforientierten Datenspeichern der ehemaligen DDR dar, die den Geologischen Landesämtern der neuen Bundesländer territorial aufgesplittet zur Nutzung übergeben worden sind.

Ein großer Teil dieser im LGRB vorliegenden heterogenen Datenbestände aus dem Territorium Brandenburgs wurde

bereits in die Strukturen und Schlüssel der „Geowissenschaftlichen Datenbank des LGRB“ (GeoDaB) überführt. Im Ergebnis der geleisteten Arbeiten weist die GeoDaB derzeit (Stand 10/97) 45 nutzbare Relationen auf. Die gegenwärtig in der GeoDaB gespeicherten Datensätze beziehen sich auf ca. 160 000 Aufschlußpunkte. Für die Entschlüsselung der gespeicherten Daten sind 130 Lexika vorhanden.

Die Bearbeitung und Überführung weiterer Datenbestände (wie Erdöl/Erdgas, Rohstoffgeologie, Bohrlochgeophysik, Ingenieurgeologie, Altbergbau) in die GeoDaB wird fortgeführt. Im Vordergrund zukünftiger Arbeiten steht die Schaffung eines Informations- und Kommunikationssystems auf der Grundlage der GeoDaB unter Einbeziehung von WWW-Technologien.

8. Literaturverzeichnis

- AGSTER et al. (1994): Länderübergreifendes Bodeninformationssystem; Statusbericht der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem (FIS) Hydrogeologie
- BECKER, R., DAFFNER, F., DOPPLER, G. et al. (1995): Länderübergreifendes Bodeninformationssystem; Statusbericht der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem (FIS) Geologie, Krefeld
- DIETZE, G., DUMKE, I., GÄBLER, E. et al. (1994): Länderübergreifendes Bodeninformationssystem; Statusbericht der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem (FIS) Geochemie, Hannover
- DONAT, J. (1994): GeODin-Base/GeODin-Graph für Windows, Version 1.1; Benutzerhandbuch - UWG mbH, Berlin
- FINNERN, H. et al. (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. verbesserte Auflage, Hannover
- HEINEKE, H.-J., FILIPINSKI, M., DUMKE, I. et al. (1993): Länderübergreifendes Bodeninformationssystem; Statusbericht der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem (FIS) Bodenkunde, Hannover
- HOFFKNECHT, A., GÜNZEL, R. (1995): Grundwasser - Monitoring - System, Anwenderhandbuch zur Software. - Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft mbH, Königs Wusterhausen
- HÖDING, Th. et al. (1994): Länderübergreifendes Bodeninformationssystem; Fachinformationssystem (FIS) Rohstoffe - Stammdaten für Gewinnungsstellen fester mineralischer Rohstoffe
- KRETZSCHMAR, W., KÜHN, D. et al. (1996): Symbolschlüssel Geologie Brandenburg, 1. Ausgabe: Teil 1: Bereich Geologie/Hydrogeologie; Teil 2: Bereich Bodengeologie, LGRB Kleinmachnow, unveröff.
- LÜHE, P. (1994): Abschlußbericht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Geowissenschaftliche Datenspeicher der ehemaligen DDR“. - unveröff.
- LÜHE, P., KLEINSTÄUBER, G., STRUCKMEIER, W., DITTRICH, G. (1996): Sicherung, Entflechtung und Neuordnung von geowissenschaftlichen Datenspeichern der ehemaligen DDR. - Z. angew. Geologie, 42 1, S.72-79
- PREUSS, H., VINKEN, R., VOSS, H.-H. et al. (1991): Symbolschlüssel Geologie - Symbole für die Dokumentation und Automatische Datenverarbeitung geologischer Aufschlußdaten. - Nieders. Landesamt für Bodenforschung u. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- VINKEN, R. et al. (1993): Aufgaben und Funktionen von Kernsystemen des „Bodeninformationssystems“ als Teil von Umweltinformationssystemen. Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Kernsysteme und Methadatenbanken“ des Arbeitskreises „Bodeninformationssysteme“ der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, (LABO) Heft 1, Baden-Württemberg
- Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 106
- Anschrift der Autoren:
Dr. W. Kretzschmar, Dipl.-Ing. A. Dittrich, Dipl.-Ing. A. Felsner, Dipl.-Ing. A. Hering, Dipl.-Ing. H. Klaus, Dipl.-Geol. M. Oemler
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 45 – 51	8 Abb., 19 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-----------------

Beobachtungen zu Eiskeilpseudomorphosen im Hangenden des Rixdorfer Horizontes in der Sandgrube Niederlehme

MARGOT BÖSE

1. Einleitung und Problemstellung

Die Sandgrube in Niederlehme ist seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts als einer der Fundorte des „Rixdorfer Horizontes“ (zusammenfassende Darstellung und Literatur in HEINRICH 1992) bekannt und ist aufgrund des Artenreichtums als der bedeutendste Fundpunkt anzusehen. Die zeitliche Stellung der in einer etwa 2 m mächtigen Kiessandlage zusammengeschwemmten Säugetierreste, die keiner bisher bekannten Lebendgemeinschaft entsprechen, ist umstritten. Während frühere Autoren noch von einer interglazialen oder interstadialen Ablagerung ausgingen (u. a. KEILHACK 1926, WOLDTSTEDT 1929, DIETRICH 1932 a, b 1968), was sich aber aufgrund der Faunenzusammensetzung als unwahrscheinlich erwies, deutete MÜLLER-BECK (1966, S. 79) den Fossilinhalt des Rixdorfer Horizontes als eine summarische Aufarbeitung der regionalen weichselzeitlichen Faunenfolge.

Relativ häufig werden aber auch Schalen und Schalenbruchstücke der Schnecke *Viviparus diluvianus* (*Paludina diluviana* KUNTH) in den Kiessanden gefunden, die bisher ausschließlich als Leitfossil der Holstein-Warmzeit angesehen wird. Folglich müssen entweder auch holsteinzeitliche Schichten aufgearbeitet und im Rixdorfer Horizont mit eingelagert worden sein, oder *Viviparus diluvianus* kommt auch in jüngeren Zeitabschnitten vor und ist bisher aus diesen nicht beschrieben worden.

Mit der geologischen Situation hat sich zuletzt CEPEK (1975, 1986) befaßt. Im Liegenden der fossilführenden Kiessandschicht befindet sich ein Geschiebemergel (um ca. 35 m NN), den CEPEK noch 1965 (S. 61 f.) als saalezeitlich einstufte, nach petrographischen Kiesanalysen aber 1975 als elsterzeitlich deutete. CEPEK (1986, S. 21) sieht diese stratigraphische Einstufung nicht als problematisch an, da „hochauftragende, von der Erosion verschonte Ablagerungen des Elster-Komplexes über Tertiärinseln ... auch aus der Umgebung aus Bohrungen bekannt sind (Raum Kablow-Wernsdorf sowie Hoherlehme, CEPEK 1975)“. Neuere Zählungen von HERMSDORF (HEINRICH & HERMSDORF 1994) ergaben zwar ebenfalls Kiesspektren, die aufgrund des Feuersteinreichtums nicht als typisch saalezeitlich anzusprechen sind, jedoch erfolgte wieder die stratigraphische Zuordnung zum Saaleglazial, da der Geschiebemergel auch aufgearbeitete Schalen von *Palu-*

dina diluviana KUNTH enthält. Eine lokale Aufarbeitung von glazifluvialen Material mit einer Anreicherung der harten Komponenten Feuerstein und Quarz (BÖSE 1989, S. 75) liegt aber nicht vor, da der Quarzgehalt nicht entsprechend dem Feuersteinanteil ansteigt (frdl. Mitteilung HERMSDORF 30.1.97).

Im Hangenden des Rixdorfer Horizontes befindet sich eine 15–20 m mächtige Sandfolge aus überwiegend Fein- bis Mittelsanden mit gelegentlichen Kieslagen und vereinzelt erratischen Blöcken, deren Ablagerung im Sinne von „drop stones“ erfolgt sein muß. Die rekonstruierte Abflußrichtung mit Dominanz nach NW sowie eine vermeintliche Korngrößenabnahme zum Hangenden deutet CEPEK (1986, S. 21) als Indizien „für eine glazifluviatile (bis fluviatile ?) Entwässerung in einer Rückzugsphase einer Vereisung“.

Bisher ist im wesentlichen die zeitliche Stellung des „Rixdorfer Horizontes“ wegen der Fossilfunde Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion gewesen. Dabei wurde immer auch davon ausgegangen, daß die fossilführenden Kiessande und die hangenden Sande einen Komplex ohne einen zeitlichen Hiatus bilden.

2. Eiskeilpseudomorphosen in den Sanden in Niederlehme

Die hangenden Sande des Rixdorfer Horizontes sind Gegenstand des Abbaus. Am 15.11.96 wurde eine Begehung der Aufschlüsse am Oststoß und an der Nordwand vorgenommen. Die Ostwand gliedert sich zur Zeit in zwei Stufen, wobei die untere Abbauwand unmittelbar über dem Rixdorfer Horizont liegt und eine kontinuierliche Wand bildet, während die obere Stufe durch zahlreiche Wege in kleinere Inseln und zahlreiche Vorsprünge zerlegt ist. Das ursprüngliche Relief ist nicht mehr erkennbar.

An der unteren Abbauwand des Oststoßes der Grube sind in den Sanden über mehr als 10 m Distanz bis zu 2 m mächtige Schrägschichtungen, die einer Deltaschüttung entsprechen, des weiteren lagenweise deutliche asymmetrische Fließrippeln mit 20 cm Rippelabstand, aber auch Horizontalschichtungen, zu erkennen. Die Deckschichten der Sande einschließlich des oberen, weichselzeitlichen Geschiebemergels sind großflächig abgeschoben, nur am Nordrand läßt sich stellenweise die von CEPEK (1992)



Abb. 1
Pseudomorphose eines syndementären Eiskeils mit mehrphasiger Entwicklung. Oststoß, Oberer Abbaubereich.

Eiskeilpseudomorphose angetroffen. Exemplarisch sollen hier drei Pseudomorphosen näher beschrieben werden.

Die Keilverfüllung in Abb. 1 wurde in der oberen Stufe der östlichen Abbauwand freigelegt und erreichte eine Länge von maximal 2,2 m. Im obersten Abschnitt ist sie rund 0,8 m breit und wird nach unten hin schmaler. Bänderungen – Bt-Horizonte einer Sand-Bänderparabraunerde, wie sie an anderer Stelle im Aufschluß als vollständiges Profil angetroffen wurden – zeichnen die Nachsackungsstrukturen vor allem im oberen Teil, die beim Abtauen entstanden sind, nach. Die Sande in der Keilmitte zeigen vertikalgerichtete (Fließ-) Strukturen und eine graubraune Färbung. In rund 0,7 m u. Gel. ist eine Erweiterung der Keilverfüllung erkennbar, die auf die Bildung einer älteren Keilphase hindeutet, als die hangenden Sande noch nicht existierten. Die Sande im Liegenden seitlich der nur wenige cm breiten Keilverfüllung sind sehr homogen, erst bei 1,3 m u. Gel. (Abb. 6) wird die Keilverfüllung wieder breiter und Nachsackungsstrukturen werden durch eine Bänderung (sekundäre Eisenausfällungen) seitlich nachgezeichnet. Der Aufbau des Keils spricht für eine zumindest zweiphasige Entwicklung.

beschriebene „periglaziale Deckschicht“, ein lehmiger Geschiebedecksand, erkennen. Der vor allem in Eindellungen auftretende obere Geschiebemergel ist derzeit nur in kleinen, meist gestörten Resten aufgeschlossen.

Sowohl am Oststoß als auch an der nördlichen Aufschlußwand wurden Eiskeilpseudomorphosen beobachtet. Diese Periglazialerscheinungen sind bisher aus dem Aufschluß in Niederlehme nicht beschrieben worden und folglich auch bei der Fragestellung nach dem Alter der Sande nicht berücksichtigt worden.

Auf der oberen Stufe des Oststosses wurden zwei Eiskeilpseudomorphosen gefunden, deren Länge jeweils etwas über 2 m betrug. An der unteren Abbauwand wurden insgesamt 4 Eiskeilpseudomorphosen angetroffen, deren Abstände zwischen 20 und 40 m betragen; es muß sich demnach um ein großmaschiges Polygonnetz gehandelt haben. Die Keile waren alle schmal, im obersten, gekappten Teil um 40 cm breit, aber die Länge betrug zwischen 1,5 und mehr als 2,5 m. Da sie gekappt sind, müssen sie – wenn man die ursprüngliche Sandmächtigkeit zu rekonstruieren versucht – schätzungsweise mindestens 2 bis 3 m länger gewesen sein. An der Nordwand wurde eine 6,5 m lange

Abb. 2
Unterer Teil einer Eiskeilpseudomorphose ca. 3 m über dem Rixdorfer Horizont einsetzend, Oststoß, untere Abbauwand.

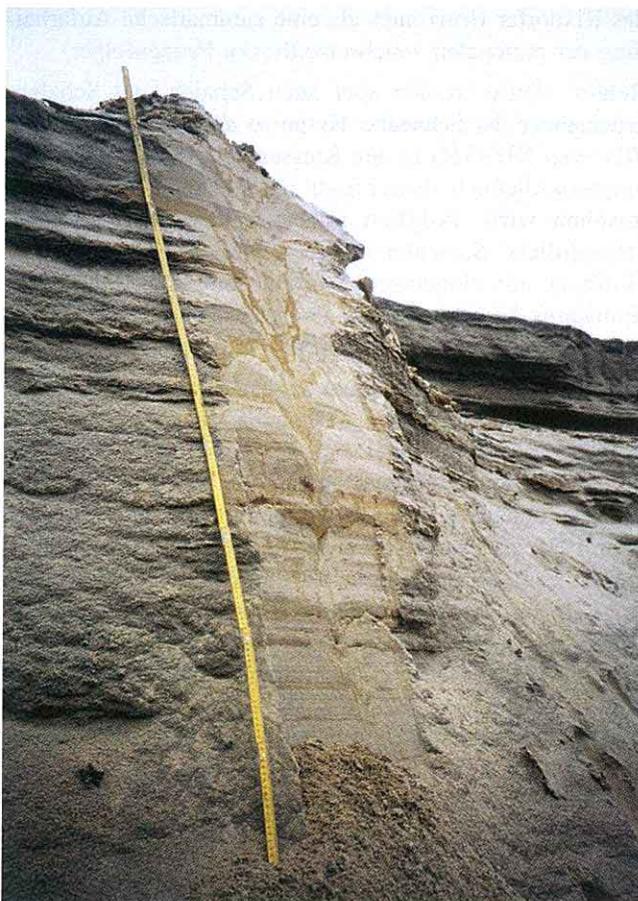




Abb. 3
Eiskeilpseudomorphose von 6,5 m Länge an der Nordseite der Grube. Die obersten 1,8 m sind mit Geschiebelehm verfüllt (vgl. Abb. 4).

Die zweite hier vorgestellte Eiskeilpseudomorphose wurde an der unteren Abbauwand angetroffen und ist gekappt, es fehlen schätzungsweise mindestens 3 m bis zur ehemaligen Oberfläche (Abb. 2 und 7). Deutlich werden die Nachsackungs- und Fließstrukturen durch Eisenaussäufällungen als Folge von Korngrößenunterschieden nachgezeichnet. Besonders gut erkennbar ist hier die Verschichtung von drei Bildungsphasen mit jeweiliger Erweiterung in den ehemaligen Schulterbereichen und dem darin erneuten Einsetzen von einer schmaleren Keilbildung (Abb. 7), eindeutige Indizien für eine synsedimentäre Bildung.

Der dritte fossile Eiskeil wurde an der Nordwand angetroffen und ist am vollständigsten erhalten, auch wenn der Oberboden in diesem Bereich ebenfalls abgeschoben worden ist, so fehlen hier schätzungsweise nur 0,5 m; ein geringmächtiger Geschiebelehmrest überlagert hier die Sande. Die Pseudomorphose wies eine Länge von rund 6,5 m auf und ließ sich folglich in der Aufschlußwand nur in Stufen freilegen (Abb. 3). Die Form ist nicht vertikal, sondern leicht verbogen, was auf glazigene Beanspruchung zurückzuführen ist. Die unteren 4,7 m des Keiles sind mit verflochtenen Sanden aus den umgebenden Lagen verfüllt. Die seitlichen Sedimentstörungen betragen 3 bis 4 m u. Gel. bis zu 0,8 m, 6 m u. Gel. rund 0,25 m. Neben der außerordentlichen Länge ist am bemerkenswertesten, daß die obersten 1,8 m der Keilverfüllung aus Geschiebelehm mit Steinen bestehen (Abb. 4, 8), die randlich von Sanden mit deutlichen senkrechten Fließstrukturen umgeben sind (Abb. 5); die Breite der Keilverfüllung beträgt oben etwas über 1 m, die Geschiebelehmverfüllung läuft spitz nach unten zu.



Abb. 4 Oberster, mit weichselzeitlichem Geschiebelehm verfüllter Teil der Eiskeilpseudomorphose.

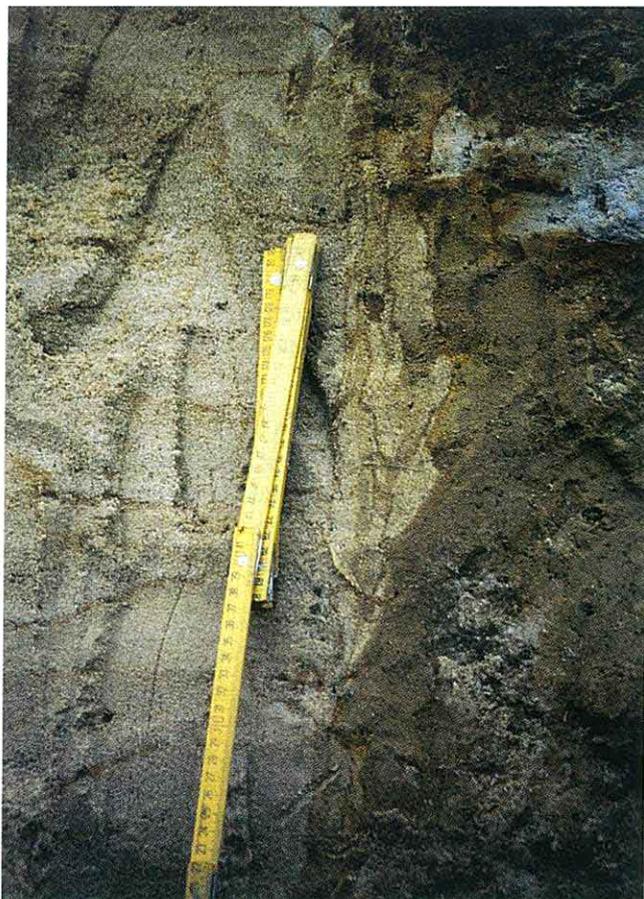


Abb. 5
Eiskeilrandparallele Lamellierung der Sande an der Grenze zur Geschiebelehmfüllung (vgl. EISSMANN 1981, S. 37).

3. Interpretation

Die Eiskeilpseudomorphosen zeichnen sich durch außerordentliche Länge aus. Spätpleistozäne epigenetische Pseudomorphosen in Sanden sind in der Regel nicht länger als 2 m, in einzelnen Fällen bis zu 2,5 m (z. B. Beobachtung am 13.12.96 in der Sandgrube in Dahmsdorf/Glindower Platte; LIEDTKE 1957/58; GOZDZIK 1986). Auch die von den Grundmoränenplatten wiederholt beschriebenen Sandkeile (BÖSE 1983; BLUME et al. 1979) sind normalerweise nicht länger als 2 m. Eiskeilpseudomorphosen mit 4 bis über 5 m Länge sind von KOLSTRUP (1980) aus den Niederlanden, aus Schleswig-Holstein und Dänemark beschrieben worden. Diese sind von ihrer stratigraphischen Position her entweder älter als der letztglaziale maximale Eisvorstoß (> 20 000 BP) einzustufen oder sie haben eine mehrphasige Entstehungsgeschichte. Auch die von EISSMANN 1981 (S. 65 ff) im Saale-Elbe-Gebiet aufgefundenen, bis zu 7 m langen Eiskeilpseudomorphosen in der Niederterrasse sind synsedimentären oder polygenetischen Ursprungs. In Niederlehme deuten sowohl die außergewöhnliche Länge der Eiskeilpseudomorphosen als auch bei einigen Formen die deutlichen Verschachtelungen darauf hin, daß es sich um synsedimentäre Eiskeile handelt, die

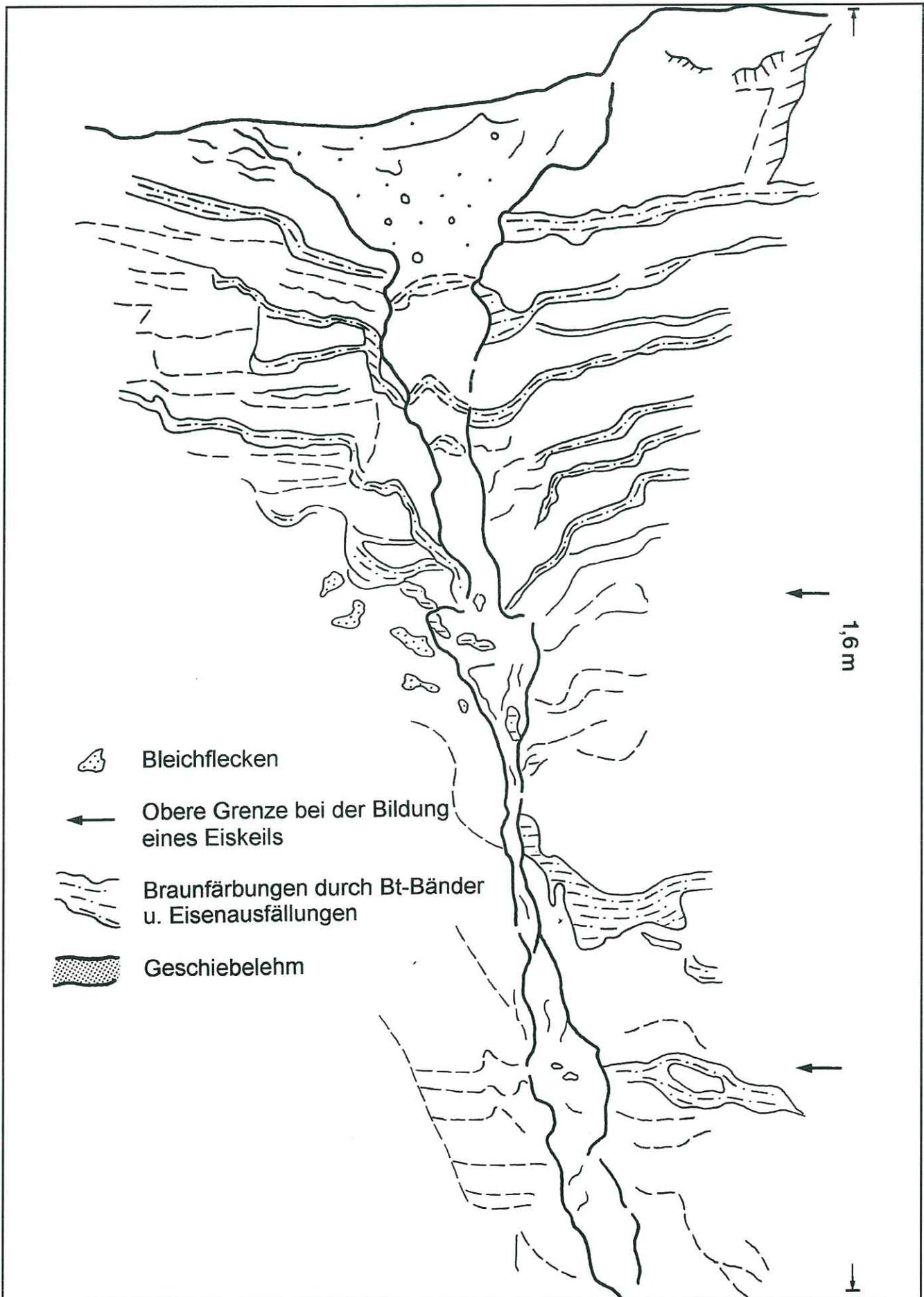
während der Ablagerung der Sande entstanden sind (vgl. DYLIKOWA & GOZDZIK & JAHN 1978; EISSMANN 1981, S. 35 ff.).

Der am vollständigsten erhaltene Keil an der Nordwand läßt aufgrund der teilweisen Verfüllung mit Geschiebelehm außerdem den Schluß zu, daß die Eiskeile unmittelbar vor dem weichselzeitlichen Eisvorstoß gebildet wurden und erst während oder nach der Eisbedeckung ausgetaut sind, so daß das glazigene Material die obersten 1,8 m des Keiles verfüllen konnte. Daraus läßt sich schließen, daß die Sande genetisch eng mit dem Brandenburger Eisvorstoß verknüpft und folglich in das Pleniglazial zu stellen sind. Sie sind somit jünger als das Denekamp-Interstadial, da für die Zeit nach dem Denekamp-Interstadial kontinuierlich bis zur Inlandeisbedeckung periglaziale Verhältnisse mit Permafrost herrschten (BEHRE 1989; VANDENBERGHE & PISSART 1993). Da die Ablagerungen auf einer Hochfläche liegen, andererseits das nördlich anschließende Urstromtal wahrscheinlich schon eine saalezeitliche Vorform hatte, ist davon auszugehen, daß es sich nicht um eine interstadiale fluviale Ablagerung in dieser Position handeln kann, sondern daß die Sande als Vorschüttssande des Brandenburger Eisvorstoßes abgelagert wurden. Folglich gehören sie nicht, wie CEPEK annahm, der Rückzugsphase einer Vereisung an. Die Korngrößenabnahme in der Sedimentfolge von den Kiessanden des Rixdorfer Horizontes im Liegenden bis zu den mit Eiskeilpseudomorphosen durchsetzten Sanden kann auch durch die Auffüllung einer Beckenposition im unmittelbaren Gletschervorfeld und damit einhergehender veränderter Abflußdynamik bedingt sein. Die Eiskeilpseudomorphosen sind als Indiz für ein zumindest winterliches Trockenfallen des Sedimentationsgebietes zu sehen, das dann durch saisonale Schmelzwässer weiter aufgefüllt wurde, was zur Bildung der syngenetischen Eiskeile geführt hat.

Eine vollständige Rekonstruktion der paläomorphologischen Situation zur Zeit der Ablagerung der Sande ist erschwert, da die heutige Platte von Niederlehme am Südrand des Urstromtales und im nördlichen Bereich der Schmelzwasserabflußbahn der Dahmeniederung liegt und nur einen Erosionsrest darstellt, während weitere glazigene Reliefelemente durch die Schmelzwässer zerstört worden sein können.

Über die ursprüngliche Herkunft der Fossilien und deren Alter ist damit keine Aussage möglich, allerdings muß davon ausgegangen werden, daß die zumindest letztmalige Umlagerung kurz vor dem Eisvorstoß des Brandenburger Stadiums stattgefunden hat.

Abb. 6 (S. 49)
Detaildarstellung der Strukturen der Eiskeilpseudomorphose von Abb. 1. Die Pfeile kennzeichnen die Obergrenzen von ehemaligen Eiskeilen in Folge der mehrphasigen synsedimentären Entwicklung.



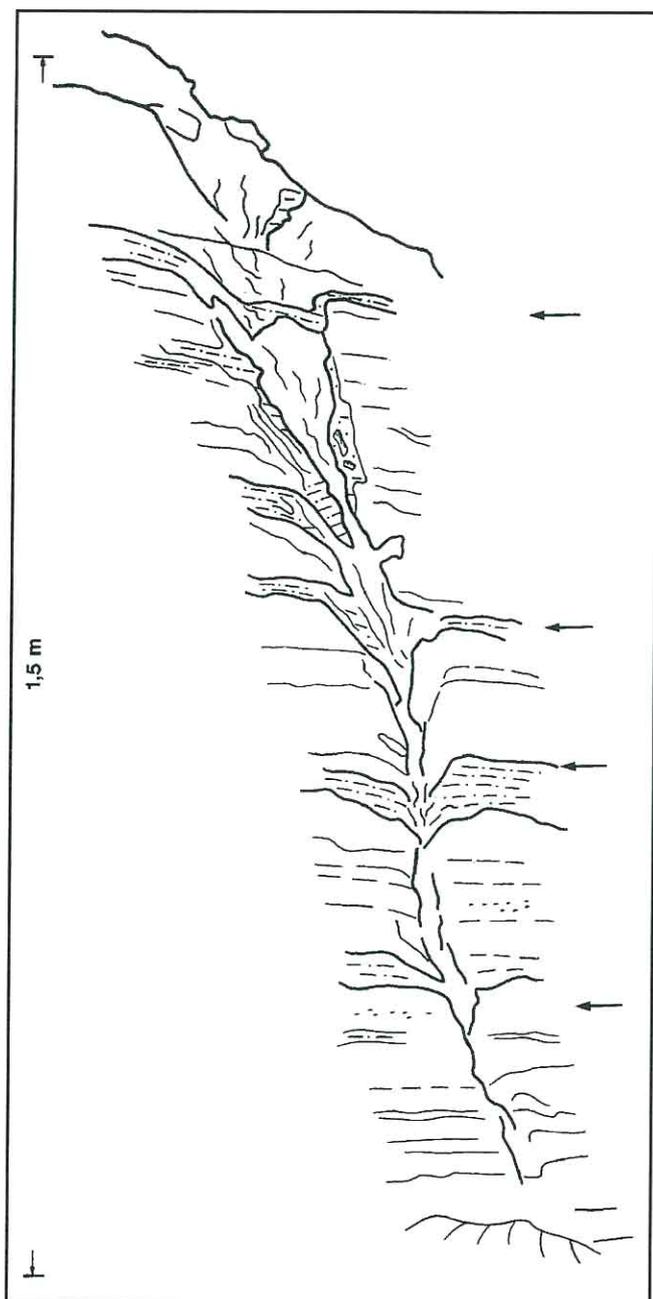


Abb. 7
 Detaildarstellung der Strukturen der Eiskeilpseudomorphose von Abb. 2. Deutlich sind vier ineinander verschachtelte Eiskeilpseudomorphosen als Folge der Aufschüttung während der Entstehungszeit zu erkennen.

Zusammenfassung

In der Sandgrube in Niederlehme wurden in den 15–20 m mächtigen Sanden im Hangenden des Rixdorfer Horizontes wiederholt Eiskeilpseudomorphosen von mehreren Metern Länge angetroffen. Diese zeigen in ihrem Aufbau, daß es sich um synsedimentäre Eiskeilbildungen gehandelt hat. Eine der Eiskeilpseudomorphosen, deren Länge rund 6,5 m beträgt, ist in ihren oberen 1,8 m mit Geschiebelehm verfüllt, so daß von einem Ausschmelzen des Eiskeils unter der weichselzeitlichen Inlandeisbedeckung und nach

dem Abschmelzen des Inlandeises ausgegangen werden muß. Diese Befunde stellen den Rixdorfer Horizont und die hangenden Sande stratigraphisch in die post-denekampzeitliche Permafrostperiode bis zum Vorrücken des Inlandeises zum Brandenburger Stadium. Die Sande lassen sich aufgrund ihrer morphologischen Position als Vorschüttungsande deuten.

Summary

The sandpit in Niederlehme southeast of Berlin is a well-known site of the Rixdorf mammal horizon. In the 15 to 20 m of layered sands above the sand and pebble horizon with the mammal relicts, ice wedge casts several metres in length have been found. The sands are overlain by remnants of the Weichselian till. Although the upper parts of the ice wedge casts have been disturbed to different extents by sand extraction, the casts are recognizably multiple-storeyed. Evidently the ice wedges are of synsedimentary origin. The less-disturbed ice wedge cast is 6.5 m long, and its upper 1.8 m were filled with a glacial diamict. Therefore, the sands were probably deposited in the post-Denekamp permafrost period as proglacial sands of the Brandenburg phase.

Literatur

- BEHRE, K.-E. (1989): Biostratigraphy of the Last Glacial Period in Europe. - *Quaternary Science Reviews* 8, S. 25–44
- BÖSE, M. (1983) in: STAHR, K., M. BÖSE, A. BRANDE, TH. GUDMUNDSSON & M. LAUNHARDT: Die Entstehung und Entwicklung des Lolo-fuhls in Berlin-Rudow. - *Sitzungsber. Gesellsch. Naturforsch. Freunde zu Berlin, NF* 23: 95–150
- (1989): Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. - *Berliner Geogr. Abh.*, 51, Berlin
- CEPEK, A. G. (1965): Die Stratigraphie der pleistozänen Ablagerungen im Norddeutschen Tiefland. - In: GELLERT, J. F. (Hrsg.): Die Weichsel-Eiszeit im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik, S. 45–65, Berlin
- (1975): Zur geologisch-stratigraphischen Interpretation des „Rixdorfer Horizontes“. - In: *Exkursionsführer zur Jubiläumstagung „100 Jahre Glazialtheorie im Gebiet der skandinavischen Vereisungen“*, Exkursionsführer der GGW Nr. 71, S. 17–23, Berlin
- (1986): Schichtenfolge und Position des „Rixdorfer Horizontes“. - In: *Kurzreferate und Exkursionsführer '25 Jahre AK „Quartärgeologie“ der GGW'*, Exkursionsführer der GGW Nr. 144, S. 19–21, Berlin
- DIETRICH, W. O. (1932 a): Über den Rixdorfer Horizont im Berliner Diluvium. - *Zeitschr. deutsch. geol. Ges.*, 84, 4, S. 193–221, Berlin.
- (1932 b): Neues vom Rixdorfer Horizont im Berliner Diluvium. - *Forschungen u. Fortschritte*, 8, 23/24, S. 298–299, Berlin
- (1968): Fossile Löwen im europäischen und afrikanischen Pleistozän. - *Paläont. Abh.*, A, III, 2, S. 323–366, Berlin
- DYLIKOWA, A. (1978): Fossil frost- and ice wedges - Introduction. In: GOZDZIK, J. S.: Detailed analysis of fossil contrac-

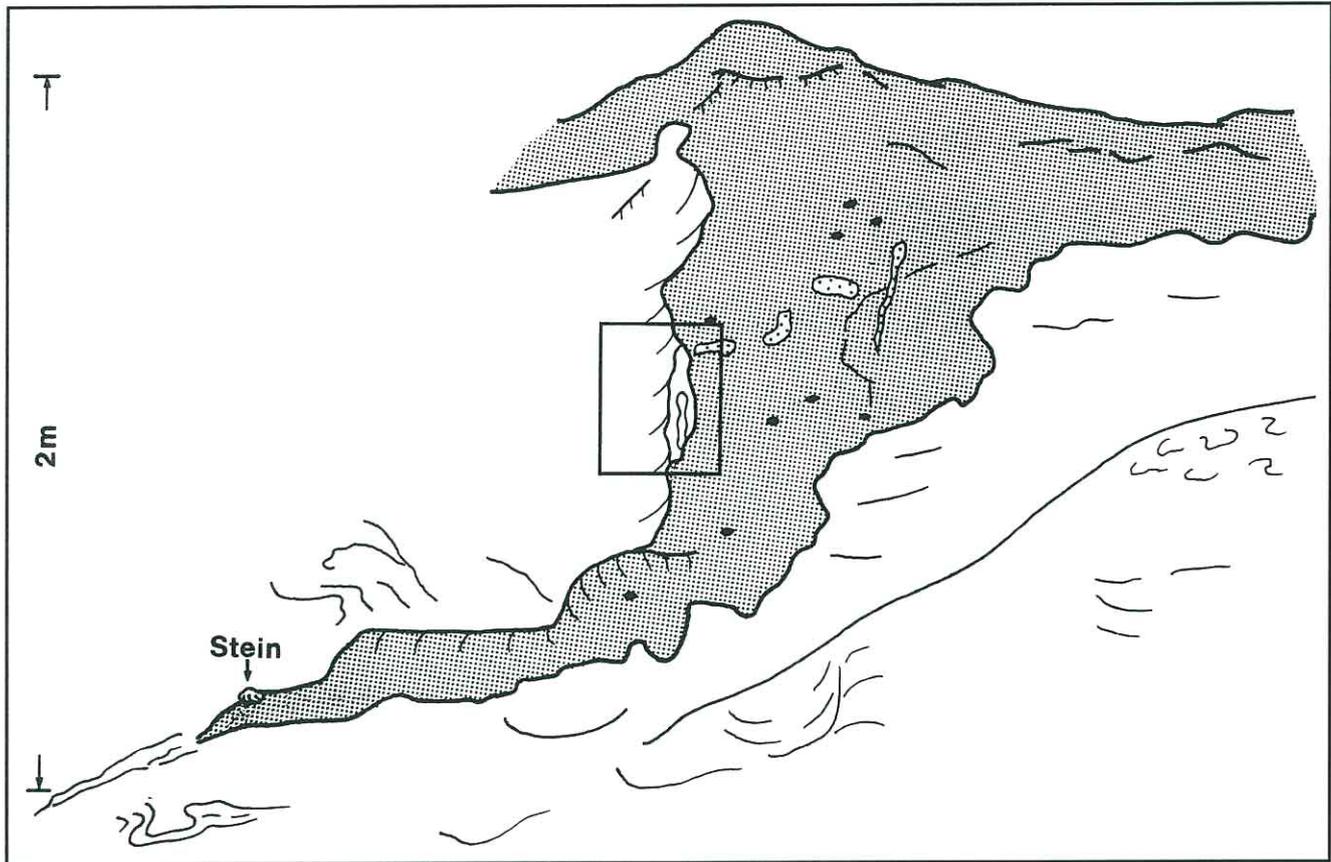


Abb. 8

Detaildarstellung der Strukturen des oberen Teils der Eiskeilpseudomorphose von Abb. 4. Beachtenswert ist der an der Basis der Geschiebelehmverfüllung vorhandene ca. 4 cm lange Stein. Der Rahmen zeigt die Lage des Ausschnittes von Abb. 5 an.

tional frost-fissures, An Instruction. - JAHN, A.: Classification of the Pleistocene frost- and ice-wedge structures. - Biul. Perygl., 27, S. 171-177

EISSMANN, L. (1981): Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. - Altenburger naturwiss. Forschungen, 1, 171 S., Altenburg

GOZDZIK, J. (1986): Structures de fentes à remplissage primaire sableux du vistulien en Pologne et leur importance paléogéographique. - Biul. Peryglac. 31, S. 71-105

HEINRICH, W.-D. (Hrsg.) (1992): „Rixdorfer Horizont“ von Niederlehme bei Königs Wusterhausen. - Exkursionsführer anlässlich der 62. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft in Berlin am 21. September 1992, 57 S.

HEINRICH, W.-D. & N. HERMSDORF (1994): Exkursion A1: Niederlehme. - Rixdorfer Horizont - klassische Fundstelle pleistozäner Säugetierreste in Brandenburg. - In: STACKEBRANDT, W., SCHWAB, G. & G. EHMKE (Tagungsleitung): 61. Tagung der AG Nordwestdeutscher Geologen vom 24.-27. Mai 1994 in Potsdam, S. 40-49; Kleinmachow

KEILHACK, K. (1926): Das Quartär. - In: SALOMON, W.: Grundzüge der Geologie, II, S. 455-484, Stuttgart

KOLSTRUP, E. (1980): Climate and Stratigraphy in Northwestern Europe between 30 000 B.P. and 13 000 B.P., with special reference to The Netherlands. - Meded. Rijks Geol. Dienst, 32-15, S. 181-253

LIEDTKE, H. (1957/58): Frostbodenstrukturen aus dem norddeutschen Jungmoränengebiet. - Wiss. Zeitschr. d. Humboldt- Univ. zu Berlin, math.-nat. R., Jg. VII, 3, S. 359-376, Berlin

MÜLLER-BECK, H. (1966): Paläolithische Spuren aus dem Rixdorfer Horizont? - Berliner Jahrb. f. Vor- und Frühgeschichte 6, S. 71-83, Berlin

VANDEBERGHE, J. & A. PISSART (1993): Permafrost Changes in Europe During the Last Glacial. - Permafrost and Periglacial Processes, 4, S. 121-135

Anschrift der Autorin:

Prof. Dr. Margot Böse
Institut für Geographische Wissenschaften
FR Physische Geographie
Freie Universität Berlin
Grunewaldstraße 35
14195 Berlin

BUCHBESPRECHUNG

M. HENDL & H. LIEDTKE (Hrsg.): **Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie**

Perthes Verlag Gotha (1997), 860 Seiten

ISBN 3-623-00839-7; 98,-DM

Das in dritter, überarbeiteter und ergänzter Auflage in der Reihe Perthes GeographieKolleg des Justus Perthes Verlag Gotha verlegte Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie bietet in kompakter Form *den* Überblick zu diesem, für das Verständnis der anderen geowissenschaftlichen Fachbereiche fundamentalen Studienfach. Die Herausgeber und Autoren – allesamt erfahrene Hochschullehrer – stellen das Grundwissen der wichtigsten Sachgebiete der physischen Geographie in übersichtlicher Form dar. Regionale Beiträge veranschaulichen die auf physisch-geographische Prozesse und Wirkmechanismen orientierte Darstellung, ohne das Studium der regionalen Geowissenschaften zu erübrigen.

Das Lehrbuch ist in 9 Sachgebiete gegliedert:

1. Geologische Grundlagen (M. SCHWAB, 108 S.)
2. Allgemeine Geomorphologie (H. KUGLER & D. SCHAUB, 91 S.)
3. Allgemeine Bodengeographie (K. BILLWITZ, 95 S.)
4. Allgemeine Klimageographie (M. HENDL, 119 S.)
5. Allgemeine Hydrographie; J. MARCINEK, 60 S.)
6. Allgemeine Vegetationsgeographie (E. J. JÄGER, 72 S.)
7. Allgemeine Zoogeographie (E. J. JÄGER, 51 S.)
8. Allgemeine Geoökologie (K. BILLWITZ, 86 S.)
9. Geographische Zonen der Erde (H. BREMER & H. LIEDTKE, 128 S.)

Die intensive Gliederung des Werkes ermöglicht die gezielte und effiziente Suche nach Sachbereichen. In Verbindung mit dem Sachregister ist so die studienfreundliche Nutzung als Nachschlagewerk möglich. Zahlreiche schematische Abbildungen und Tabellen erleichtern das Verständnis der kurzgefaßten textlichen Erläuterung. Die Abbildungs- und Tabellenverzeichnisse bieten in Verbindung mit ihrer kapitelbezogenen Zuordnung zusätzliche zielgerichtete Recherche-Möglichkeiten. Einigen Abbildungen/Tabellen hätte allerdings ein größeres Abbildungsformat gut getan (z. B. die Bilder zur Paläogeographie in Abb. 1.43; die Darstellung der Haupteisrandlagen und Urstromtäler in Abb. 2.27; die klimafazielle Differenzierung der Georeliefbildung in Abb. 2.38; Tiergruppen in der Erdgeschichte in Abb. 7.1; die geographischen Zonen der Erde in Abb. 9.8; die Bodentypen in Abb. 9.13; die Gliederung des Quartärs in Tab. 2.7; die Klimadaten in Tab. 9.41). Bei der wünschenswerten Weiterführung dieses Lehrbuches sollte die Aktualisierung so konsequent wie bisher fortgesetzt werden (u. a. Berücksichtigung der neuen Kartierungsschlüssel für die Bodengeologie; Nutzung der verbesserten stratigraphischen Gliederungen); hilfreich wäre möglicherweise auch eine Sammlung der Tabellen

und Schemata, die von kapitelübergreifendem Interesse sind, am Schluß des Lehrbuches.

Die Konzeption der Herausgeber und des Verlages, ein kompaktes Angebot zur allgemeinen physischen Geographie zu unterbreiten, ist aufgegangen. Das große Interesse an den bisher erschienenen Auflagen sollte auch dieser erweiterten und ergänzten Ausgabe beschieden sein.

Das Lehrbuch kann für die Geographie-Ausbildung und für Studierende benachbarter Wissenschaftsdisziplinen empfohlen werden und sollte in allen einschlägigen Handbibliotheken verfügbar sein.

W. Stackebrandt

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 53 – 63	4 Abb., 27 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-----------------

Geomorphologische und pollenanalytische Untersuchungen im Raum Drahendorf südöstlich Fürstenwalde – Ein Beitrag zur Klärung der spät- und postglazialen Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree

INES SCHULZ & JAQUELINE STRAHL

Die Untersuchungsergebnisse sind Bestandteil geomorphologischer und stratigraphischer Arbeiten zur spätglazialen und holozänen Genese des Berliner Urstromtales unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree. Die Arbeiten werden im Rahmen des Schwerpunktprogrammes „Wandel der Geobiosphäre der letzten 15 000 Jahre. – Kontinentale Sedimente als Ausdruck sich verändernder Umweltbedingungen“ durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.

Die „Archive“ sind glazifluviatile und fluviatile Sedimente sowie vermoorte Altwasserarme (Paläomäander) der Spree. Hauptziel der Untersuchungen ist die möglichst widerspruchsfreie Rekonstruktion der morphologischen Prozesse während der phasenhaften Ausbildung des Gerinnebettmusters der Spree (Braided-River-Phase, Phase der großen Mäander, Phase der kleinen Mäander, rezente Spree) sowie eine konkrete zeitliche Fassung der Trennung von Oder und Spree (Nordentwässerung der Oder).

1. Stand der Forschung

Konnte das Abflußgeschehen für das Eberswalder Urstromtal durch LIEDTKE (1956/57) und für das Baruther Urstromtal durch MARCINEK (1961) im wesentlichen rekonstruiert werden, so blieben für die Berliner Talung zahlreiche Fragestellungen unbeantwortet. Die mit thematischem oder regionalem Bezug erschienenen Arbeiten tragen z.T. nur Überblickscharakter. Es sind überwiegend ältere Schriften, die vor allem morphographisch angelegt waren (BERENDT 1879, WAHNSCHAFFE 1914, LEMBKE 1936, LOUIS 1939, BEHRMANN 1949/50, BROSE & PRÄGER 1977 sowie BROSE, MARCINEK & PRÄGER 1987). Jüngere Arbeiten beziehen sich nur auf Teilabschnitte des sog. Berliner Urstromtales und sind hinsichtlich ihrer Befunde auf deren Übertragbarkeit auf den Gesamttraum zwischen Oder und Havel zu überprüfen (SOLGER 1931, ASSMANN 1957, HANNEMANN 1961 und 1975, BÖSE 1979 und 1989, KUHN 1982, CHROBOK & NITZ 1987 und 1989 sowie GÄRTNER 1993). Für die Spree stellt sich der Forschungsstand wie folgt dar.

Im norddeutschen Tiefland überprägten die weichselzeitlichen Inlandeismassen jegliche bis dahin geschaffenen

Formen nachhaltig. Eine Neubildung der Abflußbahnen erfolgte durch die anfallenden Schmelzwässer zunächst abschnittsweise bzw. nachfolgend durchgängig in den Urstromtälern sowie in eventuell angelegten Schmelzwasserdurchbrüchen.

Die über Dauerfrostboden gebildeten braided-river-Strukturen dienten einerseits der Abfuhr der Schmelzwässer und andererseits der Aufnahme der aus Süden zuströmenden Wässer periglazialer Flüsse. Die Urstromtäler wurden somit nach dem Abtauen des weichselzeitlichen Inlandeseis zu Leitstrukturen der Neuformierung des Gewässernetzes. Noch immer über Permafrost und verschüttetem (damit konserviertem) Toteis bildete sich im Vorland des allmählich zurückweichenden Eisrandes ansatzweise ein normal hierarchisches Talsystem. Das in dieser Form unter periglazialen Bedingungen angelegte Entwässerungssystem wurde teilweise beseitigt, als mit dem schwindenden Permafrost und dem in diesem Zusammenhang austauenden Toteis die bereits vorher angelegten Tiefenlinien zerstört wurden. Neu entstandene Hohlformen zogen die Entwässerung an sich. Im nun durchlässig gewordenen Substrat versiegten demgegenüber andere Flußläufe. Sie erscheinen im heutigen Landschaftsbild als periglaziale Trockentäler (LEMBKE 1939).

In diese Umgestaltungsphase der Entwässerung fällt ein Abschnitt, der durch die Formierung großer Mäanderschlingen im Mittel- und Unterlauf der großen Tieflandsflüsse gekennzeichnet ist. Nach ersten morphologischen Arbeiten von SOLGER (1931) weisen diese großen Mäander für die Spree einen Radius von 900 bis 1 000 m auf. SOLGERS vergleichende Berechnungen zur Wasserführung wurden später von MARCINEK (1968), sowie BROSE, MARCINEK & PRÄGER (1987), BROSE (1988) aufgenommen und weisen für die damalige Spree eine der heutigen Oder vergleichbare Wasserführung aus. Eine zweite Generation kleinerer Mäander mit Radien von 600 bis 900 m bildeten sich als freie Mäander in der bereits entstandenen eigenen Talaue aus, gefolgt von der rezenten Spree mit Mäanderadien von 150 bis 300 m.

Diese Mäandergenerationen sind Gegenstand des vorliegenden Veröffentlichung. Als Untersuchungsgebiete wurden die Mäander am Großen Kienhorst, bei Wulkow und

bei Drahendorf (Abb. 1, 2) neben weiteren Probeentnahmepunkten im Bereich der Urstromalterrassen ausgewählt (Abb. 3).

2. Eigene Arbeiten

Mit freundlicher Unterstützung von F. BROSE (Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Außenstelle Frankfurt/Oder) erfolgte eine Erfassung und Systematisierung von Daten älterer Bohrregister und Kartierungsarbeiten, sofern sie von rechtlicher Seite zugänglich waren. Darüber hinaus wurde die o.g. ältere und jüngere Literatur in Bezug auf vergleichbare Geländebefunde bearbeitet.

Erste eigene und im Rahmen einer Diplomarbeit (CARLS 1993) durchgeführte Geländearbeiten fanden in der Saison 1992/93 mit dem Ziel der Substraterfassung im Auenbereich der Spree an den unmittelbar benachbarten Paläomäandern am Großen Kienhorst bzw. an der Siedlung Wulkow statt. Diese Arbeiten bezogen sich hinsichtlich der morphologischen Erfassung auf die Ermittlung der Mäanderradien, die Breite der Abflußwege, auftretende point bars im „Umlaufbergbereich“ der Mäander und auf die Registrierung von Unterschneidungskanten durch jüngere Flußschlingen.

Es wurden Gesamtmächtigkeit und Petrographie des sedimentierten Materials sowie Schichtungsverhältnisse ermittelt. Das Auftreten organischer Sedimente, wie Mudden und Torfe, ging als Indiz für Altwasserstadien in die Auswertungen ein. Die ermittelten morphologischen und lithologischen Befunde zeigten, daß sich die Paläomäander am Großen Kienhorst bzw. an der Siedlung Wulkow nur schwer miteinander vergleichen lassen. Offensichtlich sind die bisher einer Mäandergeneration zugeordneten Flußschlingen trotz der unmittelbar benachbarten Lage nicht zwanglos gleichzusetzen. Nur über die Anlage eines dichten Netzes weiterer Bohrungen und Schürfe mit entsprechenden Substratanalysen können verallgemeinernde Aussagen für den gesamten Urstromtalabschnitt der Spree getroffen werden.

Um die Umstellungsphase vom Braided-River-System zum Abflußregime der großen Mäander genauer als bisher (Wende Spätglazial/Holozän) zu fassen, wurde im ältesten morphologisch auszugliedernden Spreearm nahe der Ortslage Drahendorf eine Bohrung mit dem Ziel der pollenanalytischen Bearbeitung niedergebracht (Abb. 1, 2).

Die Bohrung liegt im ältesten Paläomäander der Drahendorfer Spree, dort, wo die Spree nach Durchfließen der Schwielochseerinne und der Stadt Beeskow in das Berliner Urstromtal mündet. Kennzeichnend ist das deutliche Abknicken des Flußlaufs im Urstromtal nach Westen über Fürstenwalde und Berlin. Innerhalb der Urstromtalung begleiten zahlreiche Dünenkomplexe mit mehr oder weniger deutlich erhaltenen Bogendünen die Spreeaue. Diese ist mit zahlreichen Paläoflußbetten in die Talsandschüttungen des Urstromtales eingetieft.

Als südliche bzw. südwestliche Begrenzung der Talaue (im Bereich von Beeskow) sowie des Urstromtales im betrach-

teten Bereich treten die Geschiebemergelflächen der Pfahendorfer Höhen auf, die in die Dubrower Berge bzw. südlich Fürstenwalde in die Rauenschen Berge übergehen. Sie fungierten als Hauptlieferant der hohen Karbonatgehalte der Altwasserbildungen (Kalkmudden).

3. Pollenanalytische Untersuchungsergebnisse

Schwerpunkte der *pollenanalytischen Untersuchungen* lagen auf der stratigraphischen Einstufung der in der o. g. Bohrung erfaßten Sedimente (Sande, Mudden, Torfe; Abb. 4) in die im Zeitraum Spätglazial/Holozän abgelaufene Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree im Raum Drahendorf sowie untergeordnet auch auf vegetationskundlichen Aspekten. Besonderer Wert kam dabei der zeitlich möglichst genauen Fassung des Beginns der Bildung des ältesten Spreemäanders (Altwasserbildung) und dem Einsetzen der Torfakkumulation (endgültige Verlandung des Gewässers) am Bohrpunkt zu.

Erste pollenanalytische Untersuchungen führte E. LANGE 1994 an 18 Proben aus den unteren 1,5 Profilm Metern einer unmittelbar benachbarten Parallelbohrung durch. Danach ergab sich für den analysierten Profilabschnitt ein alleröd- (PZ IIb) bis jungtundrenzeitliches (PZ III) Alter (LANGE schriftl Mitt.).

3.1. Methodik

Die Aufbereitung der für die Pollenanalyse vorgesehenen Proben erfolgte im Labor des Institutes für Geographie in Berlin-Köpenick (Wendenschloß). Neben der Behandlung mit KOH und HCl kam Schwereretrennung zur Entfernung minerogener Komponenten zur Anwendung. Abschließend wurden die Proben acetolysiert und mit Fuchsinrot angefärbt.

Die Proben wiesen i. d. R. eine sehr gute bis gute Pollenführung auf. Für die statistische Auswertung wurde eine Grundsumme von ca. 333 Arboreal (AP) und Nonarboreal Pollen (NAP) je Probe zugrundegelegt. Von dieser Grundsumme blieben lokale Komponenten, wie Sumpfpflanzen, Farne, Moose sowie Algen und andere Mikroreste ausgenommen. Das Pollendiagramm (Abb. 4) untergliedert sich in die Gruppen AP, NAP, Sumpfpflanzen/Pteridophyta sowie Algen/Rotatorien. Die Zonierung des Diagrammes basiert auf Local Pollen Assamblage Zones (LPAZ), die nachfolgend mit den Pollenzonen nach FIRBAS (1949) bzw. mit den für den Berliner und Brandenburger Raum von BRANDE (1988) aufgestellten Zonen für das Spät- und Postglazial korreliert wurden. Für die weiteren Projektarbeiten ist eine Absicherung der Ergebnisse mit ¹⁴C-Datierungen geplant.

Parallel zur Pollenanalyse erfolgten an 83 Proben Bestimmungen des CaCO₃-Gehaltes und des Glühverlustes (C_{org.}, Abb. 4).

Die spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung im Bereich des ältesten Spreemäanders im Raum Drahendorf stellt sich wie folgt dar:

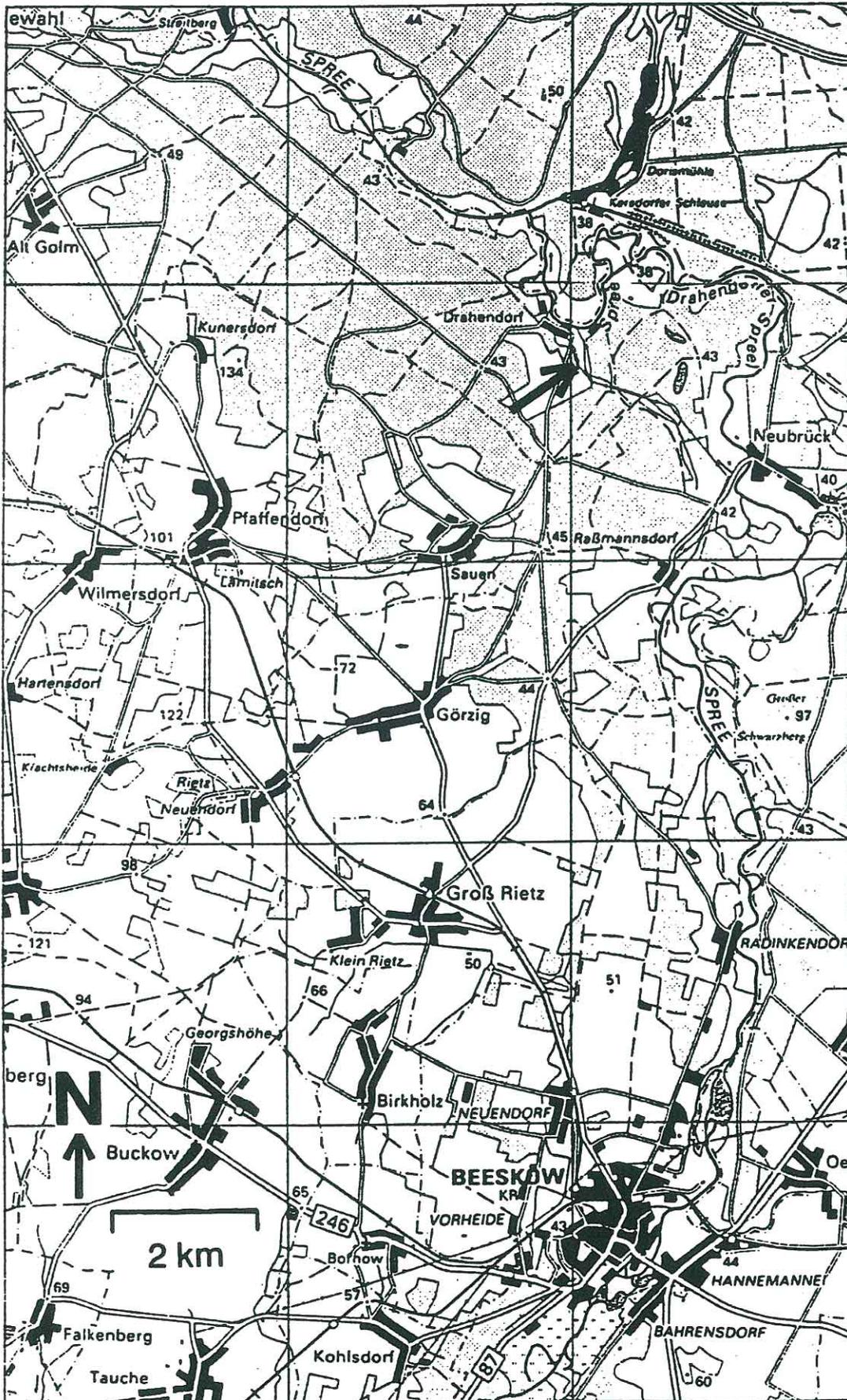


Abb.1 Lage der Bohrung Drahendorf im Bereich der Drahendorfer Spree (TK 1 : 100 000, Bl. Beeskow, Bl.-Nr. 0910; mit freundlicher Genehmigung des Landesvermessungsamtes Brandenburg, GB 751/96)

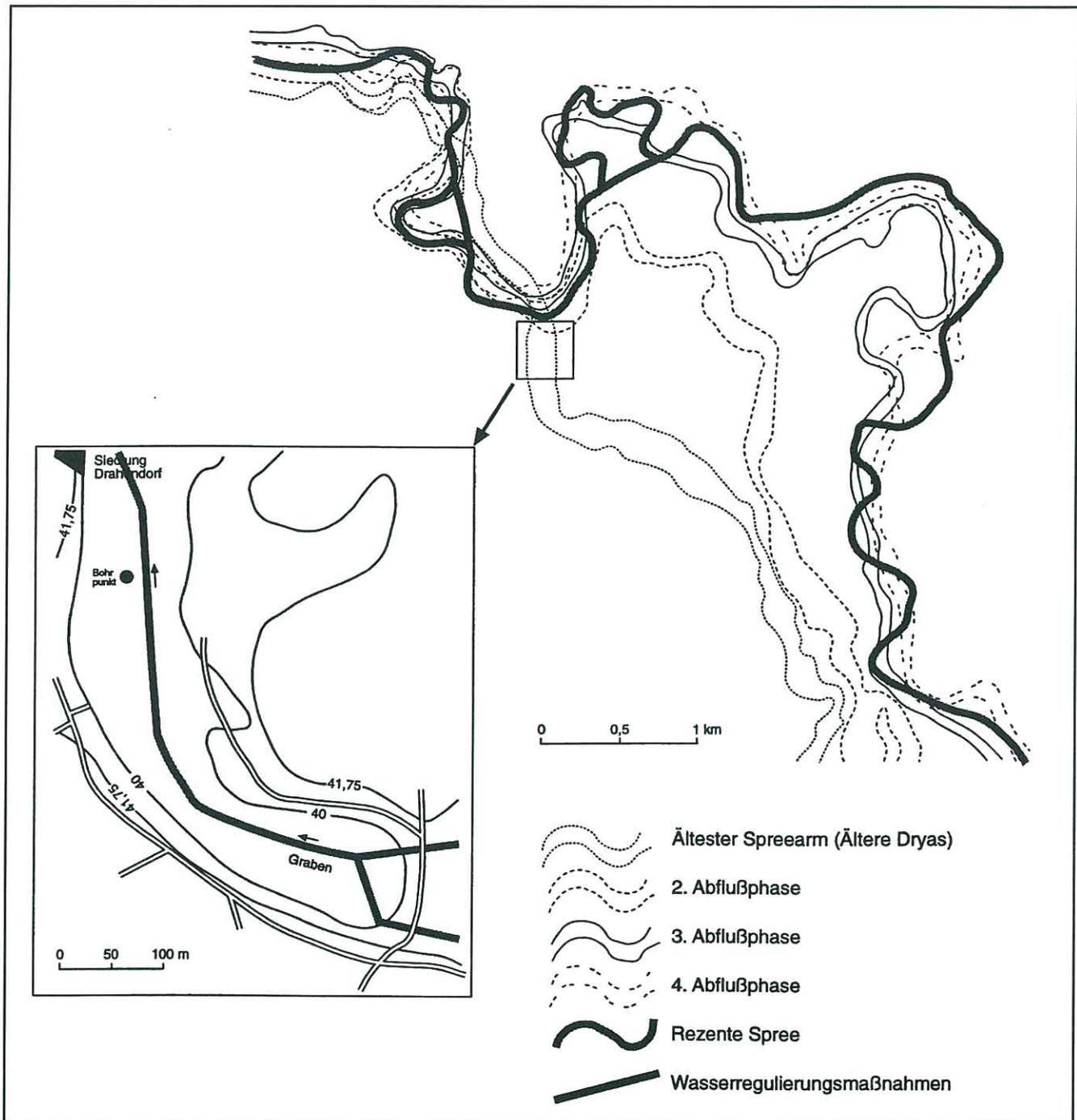


Abb.2

Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree (überwiegend nach morphologischen Merkmalen), I. Schulz (05/95)

3.2. Spätglaziale und holozäne Vegetationsentwicklung im Bereich des ältesten Spreemäanders im Raum Drahendorf

3.2.1. Spätweichsel

PZ IIa und IIb Alleröd (FIRBAS 1949)
 LPAZ 1 (Pr. Nr. 1-7; 7,54-7,38 m)
 Zone 2 - *Betula-Juniperus* (BRANDE 1988)
 Grenze zur LPAZ 2: Abfall der *Betula*-Kurve, Anstieg von *Pinus*, Rückgang des NAP-Anteils

LPAZ 2 (Pr. Nr. 8-22; 7,34-6,19 m)
 Zone 3 - *Pinus-Betula* (BRANDE 1988)
 Grenze zur LPAZ 3: Steilanstieg der Kurven von *Juniperus* und *Betula*, deutlicher Abfall der *Pinus*-Kurve, Zunahme der NAP-Komponenten *Artemisia*, *Rumex acetosella* und *Filipendula*

Der als LPAZ 1 gekennzeichnete Abschnitt im Pollendiagramm der Bohrung Drahendorf (Abb. 4) fällt zeitlich in die birkenreiche Phase des Alleröds (PZ IIa). Eine Korre-

lation mit der *Betula-Juniperus*-Zone von BRANDE (1988) ist zweifelsfrei möglich.

Die Basis des Profils wird durch sehr karbonatreiche Fein- und Mittelsande (max. 73 % CaCO_3) gebildet. Der Anteil an organischer Substanz liegt bei max. 21 %. Am Standort hat sich bereits Altwassermilieu eingestellt. Darauf verweisen sehr hohe Anteile von *Nymphaeaceae*-Innenhaaren (max. 53 %), *Nuphar* (max. 4,7 %) und Blattstacheln des submersen Hornblattes (*Ceratophyllum*, max. 3 %). Daraus ergibt sich, daß das Ende der fluvialtilen Phase des untersuchten Spreearmes im Übergang Ältere Tundrenzeit/Alleröd zu suchen ist. Die dieser Phase entsprechenden Sedimente wurden im Liegenden des Profils in Form von Grobsanden erbohrt. Erst im Verlauf des frühen Alleröds beruhigte sich das Sedimentationsgeschehen soweit, daß Pflanzenwuchs im Bereich des Spreearmes möglich wurde und feinklastische Sedimente zur Ablagerung gelangen konnten. Das z. T. massenhafte Vorkommen der o. g. Wasserflora läßt auf einen raschen randlichen Verlandungsfortschritt durch Ausbildung breiter Schwimmblattgürtel (Seerosengemeinschaften) sowie in Zusammenhang mit dem Erscheinen von *Pediastrum boryanum* auf recht hohe Nährstoffgehalte schließen.

Das Vegetationsbild der weiteren Umgebung des Altwassers war zu diesem Zeitpunkt durch lichte Birken-Kiefern-Wälder geprägt. Daß es sich dabei mehr um Bauminseln, als um eine regelrecht geschlossene Bewaldung gehandelt haben muß, zeigt das Auftreten des schattenintoleranten *Juniperus* (max. 1,8 %). Im jüngeren Alleröd (PZ IIb, LPAZ 2, Abb. 4) dominierte dann die schon in LPAZ 1 an der Vegetationszusammensetzung stark beteiligte Kiefer (max. 99 %). Bereits hier pausen sich offenbar die für Brandenburg typischen, durch die besonderen Bodenverhältnisse (überwiegend sandige Standorte) und das subkontinentale Klima bedingten Vegetationsverhältnisse durch. Das Walddach schloß sich, und insbesondere die heliophilen Elemente *Artemisia*, *Filipendula* und *Juniperus* wurden aufgrund ihrer nun eingeschränkten Siedlungsräume zurückgedrängt.

Im Pollendiagramm ist dieser Übergang nicht nahtlos repräsentiert. An der Grenze PZ IIa/IIb weisen die Ergebnisse der CaCO_3 - und C_{org} -Bestimmungen einen starken Rückgang bzw. Ausfall der Gehalte bei gleichzeitiger Zunahme minerogener Komponenten aus. Die Pollenführung der in diesem Bereich liegenden Proben 8 und 9 ist minimal. Die Ursache hierfür könnten Schwankungen innerhalb des bisher kühl-gemäßigten Klimas sein, wie sie u. a. von USINGER (1985) für das nordwestdeutsche Alleröd ausgewiesen wurden (innerallerödzeitliche Klimadepression). Nach diesem Einschnitt nehmen die Karbonatgehalte wieder deutlich zu. Der Anteil organischer Substanz schwankt weiterhin und liegt teilweise sogar bei Null. Die noch in der PZ IIa so ausgeprägte, überwiegend natante Wasserflora ging völlig zurück, lediglich die Werte von *Pediastrum boryanum* stiegen etwas an. Sporadisch fanden sich lediglich Blattstacheln von *Ceratophyllum*.

Die Ursache für die erhöhte Mächtigkeit des allerödzeitlichen Profilabschnittes gegenüber den folgenden ist in der

immer noch stark minerogen beeinflussten Sedimentation zu suchen. Erst während der Jüngeren Tundrenzeit (PZ III) stellte sich endgültig Stillwassermilieu (Akkumulation von Kalkmudden) ein, das eine entsprechende Verringerung der Sedimentationsrate zur Folge hatte.

LPAZ 3 (Pr. Nr. 23–29; 6,10–5,59 m)
 PZ III - Jüngere Tundrenzeit (FIRBAS 1949)
 Zone 4 - *Pinus-Juniperus-Artemisia* (BRANDE 1988)

Grenze zur LPAZ 4: Abfall der *Juniperus*-, *Artemisia*- und *Pinus*-Kurve, Rückgang der NAP insgesamt, Wiederanstieg von *Betula*

Kühlere und trockenere Klimabedingungen während der Jüngeren Tundrenzeit führten zu deutlichen Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung im Untersuchungsgebiet. Dies blieb auch nicht ohne Einfluß auf die Beschaffenheit der in diesen Profilabschnitt gehörigen Sedimente.

Der Anteil organischer Substanz in den Kalkmudden steigt oberhalb der Grenze LPAZ 2/3 auf > 20 % an. Ab der Probe 24a (Abb. 4) ist die Glühverlustkurve geschlossen. Der minerogene Anteil liegt mit anfänglich um 50 %, wie für einen spätglazialen Zeitraum zu erwarten, hoch (z. T. noch ungefestigtes Bodensubstrat und damit verstärkte Erosion) und nimmt erst im Übergang in das Holozän deutlich ab (34 % in Probe 29).

Seitens der Lokalvegetation ist der Übergang vom Alleröd in die Jüngere Tundrenzeit durch einen Maximalausschlag der Kurve von *Pediastrum boryanum* (110 %) gekennzeichnet. Kurz nach diesem Maximum setzen die nur im Bereich der PZ III und zu Beginn der PZ IV geschlossenen Kurven von *P. kawraiskyi* und *P. integrum* ein. Beide Arten zeigen eine Bindung an niedrige Wassertemperaturen, wobei letztere ein nicht so deutlicher Kühlezeiger wie *P. kawraiskyi* ist. Es ist allerdings anzumerken, daß alle *Pediastrum*-Arten Flachwasserbesiedler sind und die Häufung ihrer Coenobien möglicherweise allein ein sich verflachendes Sedimentationsmilieu statt vordergründig eine Klimaverschlechterung indizieren kann. Da das Auftreten von *P. kawraiskyi* und *P. integrum* mit der wiederholten Häufung von Dauereiern der Rotatorie *Filinia cf. hofmanni* und dem Rückgang von *P. boryanum* zusammenfällt und an uferfernen Standorten eine Vegetationsöffnung erkennbar wird (s. u.), sollten beide Arten dennoch als Temperaturzeiger berücksichtigt werden. Wasserpflanzen mit besonderen Wärme- und Trophieansprüchen, wie in der PZ IIa nachgewiesen, fehlen weiterhin. Neben der gewiß klimatisch bedingten Rückdrängung der Schwimmblattvegetation kommt auch eine Veränderung des Trophiegrades für ihr Fehlen in Frage. Die o. g. Fakten sprechen neben dem geringen C_{org} -Anteil und zunehmendem CaCO_3 -Gehalt für die Ausbildung eines jungtundrenzeitlichen kalkoligotrophen Altwasserstandortes.

Im Umfeld des Untersuchungsgebietes kam es zur Auflichtung der allerödzeitlichen Kiefern-Birken-Wälder und damit verbunden zur Förderung des Wacholders und ande-

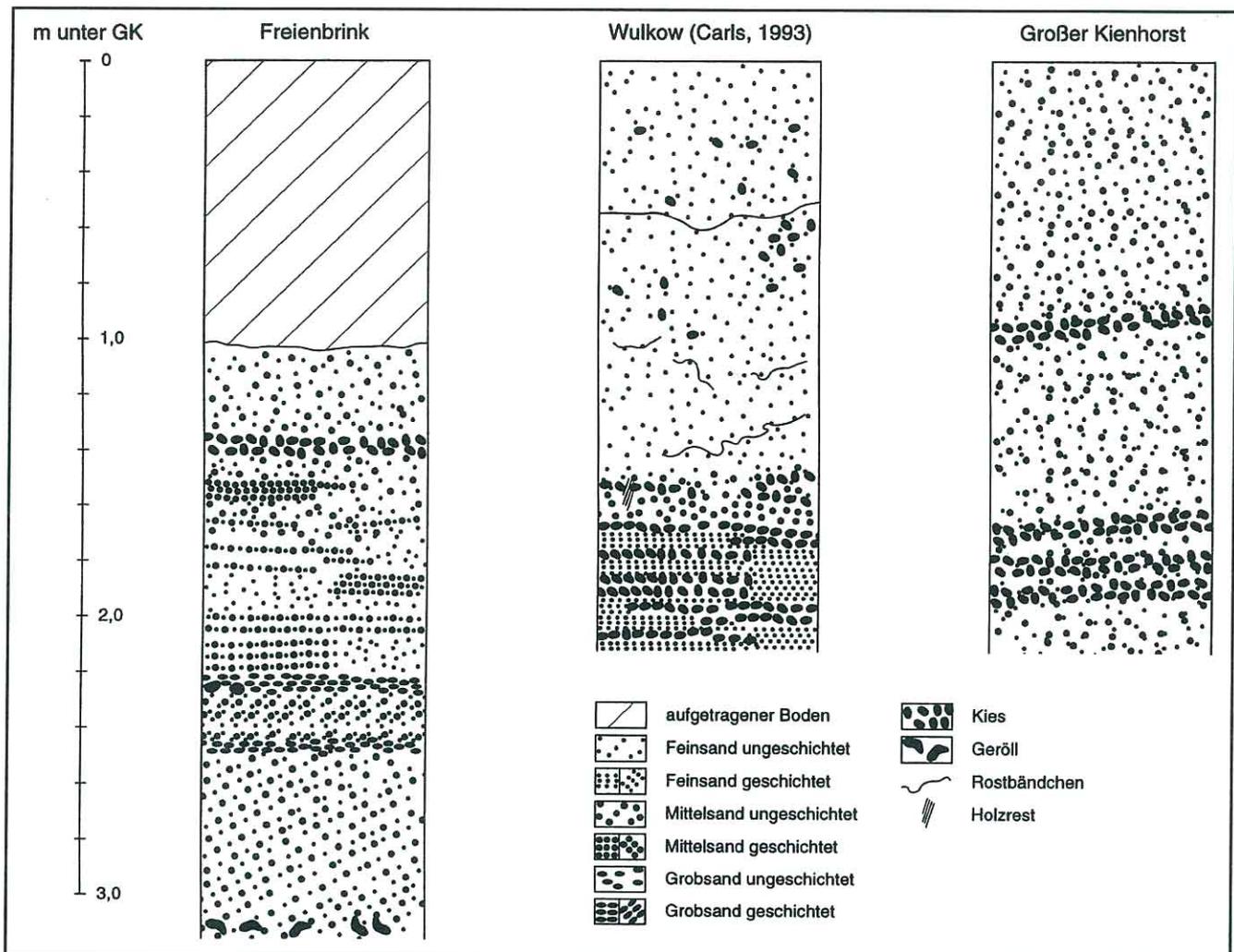


Abb.3 Schurfgraben im Bereich des unteren Urstromalniveaus

rer heliophiler Taxa wie *Artemisia*, *Poaceae*, *Rumex acetosella*, *Chenopodiaceae*, *Galium*, *Filipendula* und *Umbelliferae*. Die Kiefer blieb mit Werten über 50 % scheinbar beherrschende Vegetationskomponente. *Betula* steigt zu Beginn der PZ III parallel mit der Ausbreitung von *Juniperus* auf rd. 30 % an und ist danach nur mit Werten knapp ober- bzw. unterhalb 10 % an der Vegetationszusammensetzung beteiligt. Die Uferbereiche des Altwassers wurden überwiegend durch Weidengebüsche (*Salix*) und Seggenrieder (*Cyperaceae*) eingenommen. Hier könnten auch Feuchtstandorte der Birke gegenüber den gutdrainierten und armen Standorten des umliegenden Talbereiches mit verbliebenem Kiefernbewuchs gelegen haben.

3.2.3. Holozän

LPAZ 4 (Pr. Nr. 30–35; 5,40–4,89 m)
 PZ IV - Präboreal (FIRBAS 1949)
 Zone 5 - *Pinus-Betula-Thelypteris palustris* (BRANDE 1988)
 Grenze zur LPAZ 5: Steilanstieg der *Corylus*-Kurve, Wiederanstieg von *Pinus*, Rückgang von *Betula*

Die seit dem Alleröd erfolgende Sedimentation von Kalkmudden setzte sich am Untersuchungspunkt bis weit in das Holozän fort. Für den Zeitraum Boreal (PZ V) bis Jüngeres Atlantikum (PZ VII) wurden die höchsten Kalkgehalte (max. 83 %) bei nahezu unveränderten C_{org} -Anteilen (10–20 %, Abb. 4) ermittelt.

Die im Übergang zum Holozän einsetzende Wiedererwärmung des Gebietes (Einstellung kühlgemäßiger bis borealer Bedingungen) ging mit einer erneuten Verdichtung der jungtundrenzeitlich aufgelichteten Kiefern-Birken-Bestände einher. Areale des Wacholders und während der Jüngeren Tundrenzeit häufig vorkommender Kräuter wurden dementsprechend eingeschränkt. Von Anfang an beherrschte die Kiefer das Waldbild. Ein zu Beginn der PZ IV zu erwartendes Maximum der Birken-Kurve liegt erst in der oberen Hälfte des erfaßten Präborealabschnittes. Es ist schwierig, den hier ausgewiesenen Kurvenverlauf der einzelnen Diagrammkomponenten den Klimaschwankungen innerhalb des Präboreals – namentlich Friesland (Birkenvorstoß) und Rammelbeek (wiederholte Zunahme der NAP) – vor der endgültigen Erwärmung im jüngeren Präboreal zuzuordnen. Ebenso fehlt der graduelle Übergang in das Boreal, der durch den allmählichen Anstieg

der *Corylus*-Kurve markiert ist. Die Ursache hierfür dürfte in den zu weitgefaßten Probenabständen zu suchen sein.

Die Uferzone des Altwassers blieb weiterhin überwiegend durch Weiden und Seggen besiedelt. Hinzu kamen vereinzelt *Typha* bzw. *Sparganium*. Die bis in das Atlantikum hinein in sehr geringen Mengen nachgewiesenen Coenobien der Süßwasserlage *Pediastrum boryanum* und eine nach wie vor fehlende Wasservegetation deuten auf ein nur langsames Voranschreiten der Verlandung des Altwasserarmes hin. Der von BRANDE (1988) für die Zone 5 als typisch genannte Sumpffarn (*Thelypteris palustris*) trat ebenfalls erst im Atlantikum, und zwar in Zusammenhang mit der beginnenden Vermoorung des Standortes, im Untersuchungsgebiet auf.

PZ Va und Vb - Älteres und Jüngerer Boreal (FIRBAS 1949)

LPAZ 5 (Pr. Nr. 36–40; 4,80–4,39 m)

Zone 6 - *Pinus-Corylus-Ulmus* (BRANDE 1988)

Grenze zur LPAZ 6: Maximalausbreitung von *Corylus*, Anstieg der Kurven von *Quercus* und *Ulmus* über 1 %

LPAZ 6 (Pr.Nr. 41–43; 4,30–4,09m)

Zone 7 - *Pinus-Corylus-Quercus* (BRANDE 1988)

Grenze zur LPAZ 7: Anstieg der *Alnus*-Kurve auf über 1 %, Rückgang von *Corylus* und weitere Ausbreitung der EMW-Komponenten *Quercus* und *Ulmus*

Die Grenze zwischen präborealem und borealem Profilabschnitt der Bohrung Drahendorf ist aufgrund der großen Probenabstände durch den Steilanstieg der Hasel-Kurve scharf markiert. In der PZ Va bestimmen v. a. *Pinus* und *Corylus* die Waldzusammensetzung. Zu Beginn der PZ Vb erfolgten die boreale Massenfaltung der Hasel sowie die Ausbreitung von Ulme und Eiche. Dabei scheint die Ulme das Untersuchungsgebiet zeitlich etwas eher als die Eiche erreicht zu haben (empirische Grenze beider Taxa in PZ Va, Abb. 4). Als wichtige Vertreter der bis dahin nur selten erscheinenden Kräuterflora sind das Heidekraut (*Calluna*) und der Ampfer (*Rumex*) anzuführen. Ihr Auftreten ist vermutlich an die allmähliche Ausbildung saurer Bodenbereiche (beide Taxa kalkmeidend) gebunden. Das in der engeren Umgebung des Standortes im Laufe der Zeit arme und saure Böden überwogen haben müssen, zeigt sich im gesamten Diagrammverlauf, der schwerpunktmäßig durch *Pinus* und später auch *Quercus* geprägt wird. An schwerere Böden gebundene Taxa, wie *Tilia* oder *Fraxinus*, spielten dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

Innerhalb der sich seit dem ausgehenden Präboreal zurückbildenden Seggenrieder der versumpften Altwasserländer traten Pteridophyten (perisporlose *Polypodiales*?) hinzu. In PZ Va konnten erstmals wieder *Nymphaeaceae*-Innenhaare nachgewiesen werden.

LPAZ 7 (Pr. Nr. 44–53; 4,00–3,09 m)

PZ VI/VII - Älteres und Jüngerer Atlantikum (FIRBAS 1949)

Zone 8 - *Pinus-Corylus-Alnus* (BRANDE 1988)

Grenze zur LPAZ 8: deutlicher Rückgang von *Corylus* und *Alnus*, Anstieg von *Quercus* und Einsetzen von *Tilia*

LPAZ 8 (Pr. Nr. 54–58; 3,00–2,59 m)

Zone 9 - *Pinus-Alnus-Tilia* (BRANDE 1988)

Grenze zur LPAZ 9: Einsetzen von *Fraxinus*, weiterer Rückgang von *Pinus*, leichte Erholung von *Corylus*

LPAZ 9 (Pr. Nr. 59–63; 2,50–2,09 m)

Zone 10 - *Pinus-Fraxinus* (BRANDE 1988)

Grenze zur LPAZ 10: Abfall von *Ulmus* unter 1% und alsbaldiges Aussetzen der Kurve, Zunahme von *Quercus*, weiterer Rückgang von *Corylus*, erstmaliges Erscheinen von *Fagus*

Den Übergang zum Klimaoptimum des Holozäns, dem Atlantikum, spiegelt das untersuchte Bohrprofil recht gut wider. Er wird durch den Anstieg der *Alnus*-Kurve und den wachsenden Einfluß von Eichenmischwald (EMW)-Standorten, an deren Aufbau hauptsächlich *Quercus* und *Ulmus* beteiligt waren, markiert. Die Linde gelangte nach den pollenanalytischen Befunden erst etwas später in die Talau. Auf die Einstellung feuchtwarmen Klimas am Ende Boreal/Beginn Atlantikum verweisen *Cladium mariscus* und die klassischen atlantischen Klimaindikatoren *Hedera* und *Viscum*.

Im mittleren Teil des Atlantikums (LPAZ 8) bereicherte dann auch *Tilia* das Waldbild. Der Linde folgte in LPAZ 9, allerdings mit sehr geringen Werten, die an Feuchtstandorte und entsprechenden Kalkgehalt gebundene Esche (*Fraxinus*), hier vermutlich in Vergesellschaftung mit *Alnus glutinosa*. Unter den NAP sind *Artemisia*, *Rumex* sowie im Bereich sich bildender Moorstandorte *Calluna* erwähnenswert.

Im oberen Profilabschnitt zeichnet sich die jetzt offenbar rasch fortschreitende Verlandung des Standortes durch das vermehrte Auftreten von *Typha latifolia*, *Typha/Sparganium* und untergeordnet *Equisetum* (Röhrichtzone) in der Lokalvegetation ab. Daß der Altwasserarm einer deutlichen Verflachung unterlag, drückt sich ferner in der wieder einsetzenden Kurve von *Pediastrum boryanum* (max. 80 % in LPAZ 9) aus. Gegen Ende der LPAZ 9 brach die Muddesedimentation ab und wurde durch die Akkumulation von Torfen abgelöst. Dies findet auch im Anstieg des C_{org.}-Gehaltes auf über 50 % und in den nachfolgenden Abschnitten auf über 70 bzw. 80 % seinen Niederschlag. Gleichzeitig verringerte sich der Karbonatanteil im Sediment sehr stark. Er liegt ab dem Grenzbereich LPAZ 9/10 bei Null. Durch die Veränderung des Sedimentationsregimes wurden neue Siedlungsräume für Moorbesiedler geschaffen. In das Atlantikum fällt der Beginn der geschlossenen Kurve des Säurezeigers *Thelypteris palustris*, der hier, gebunden an die Erlen-Kurve, am Aufbau rand-

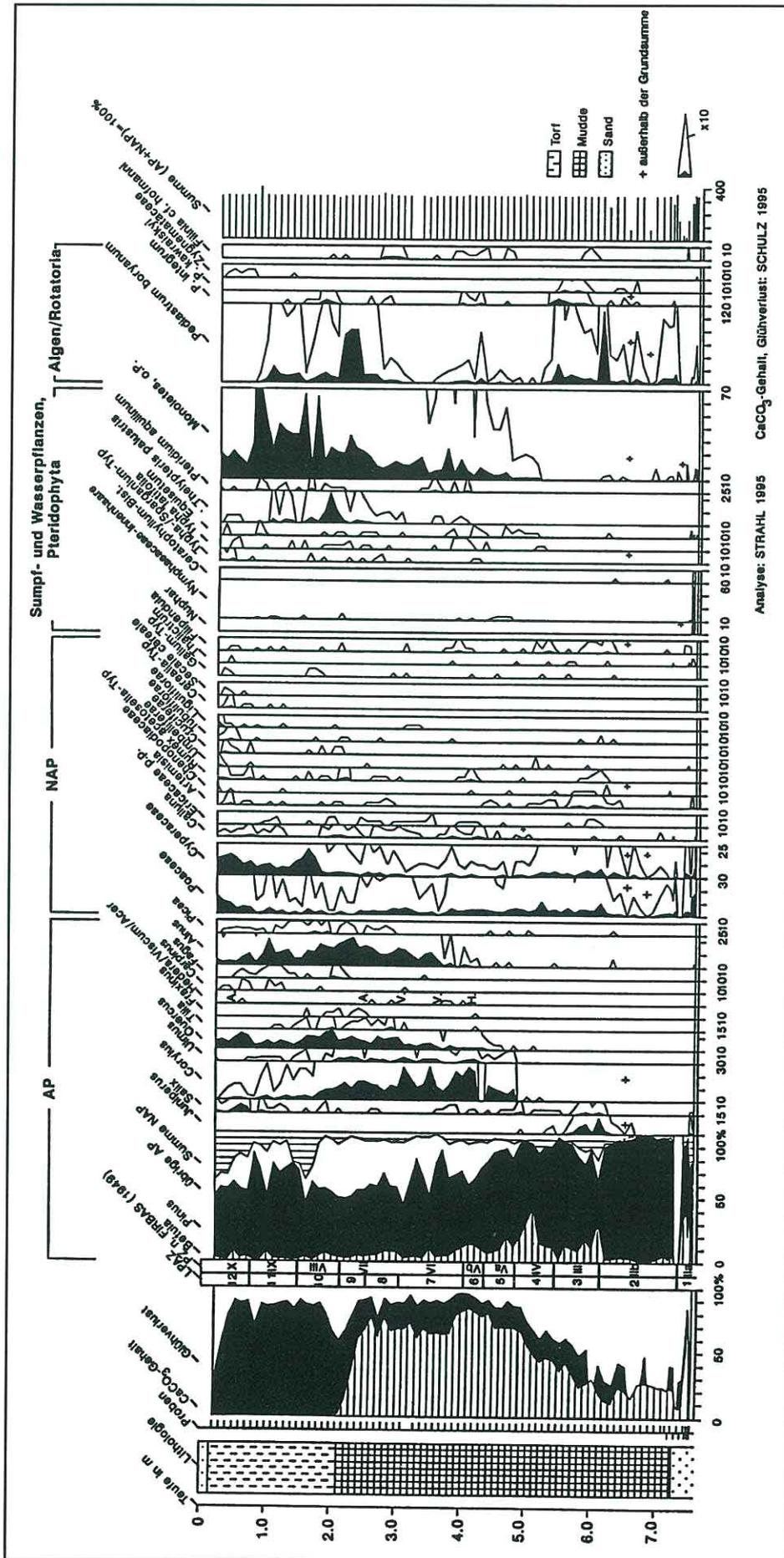


Abb.4 Pollendiagramm der Bohrung Drehendorf (ausgewählte Taxa)

licher Erlenbrüche beteiligt war. Die Hauptverbreitung des Sumpffarnes lag lokal im Subboreal.

- LPAZ 10 (Pr. Nr. 64–69; 1,90–1,49 m)
 PZ VIII - Subboreal (FIRBAS 1949)
 Zone 11 - *Pinus-Plantago lanceolata-Cerealia* (BRANDE 1988)
 Zone 12 - *Pinus-Fagus-Corylus-Tilia* (BRANDE 1988)
 Grenze zur LPAZ 11: Einsetzen der geschlossenen *Fagus*-Kurve, Rückgang von *Quercus*, Wiederanstieg von *Pinus*, endgültiges Ausklingen von *Ulmus* und *Tilia*

Der subboreale Klimaabschnitt des Holozäns ist durch die Umstellung atlantischer auf wiederholt kühlere und zunächst trocknere Bedingungen gekennzeichnet. Im Untersuchungsgebiet wurden insbesondere die Ulme und nachfolgend auch die Linde aus den Waldbeständen zurückgedrängt. Das auf den anthropogen interpretierten Rückgang von *Ulmus* folgende Auftreten von *Plantago lanceolata* wird durch das Pollendiagramm nicht reflektiert. Der Spitzwegerich wurde im gesamten Profil nur äußerst selten nachgewiesen. Als adäquate Indikatoren einer denkbaren neolithischen Siedlungstätigkeit sind hier *Rumex acetosella*, *Artemisia* und *Cruciferae* zu werten. Waldauflichtungen könnten neben dem Rückgang von *Ulmus* das Auftreten von *Pteridium aquilinum* und der leichte Anstieg der Birkenkurve (Sekundärwaldbildner) anzeigen. Allerdings kann die kurzfristige Ausbreitung von *Betula* auch mit der o. g. Entstehung von Moorstandorten infolge der im Jüngeren Atlantikum abgeschlossenen Verlandung zusammenhängen. Neben *Pinus* breitete sich insbesondere *Quercus* sehr stark aus (max. 14 %). Gründe für die Ausdehnung dieser Laubmischwaldform sind einerseits sicher in der Auslassung bei Rodungen, andererseits aber auch in den speziellen Bodenverhältnissen zu suchen, die gerade diesen beiden Taxa aufgrund ihrer Azidität und Nährstoffarmut gute Siedlungsmöglichkeiten boten. Die in diesem Abschnitt schon sicher zu erwartende Buche wurde nach einem kleinen Maximum an der Grenze LPAZ 9/10 erst wieder zu Beginn des Subatlantikums nachgewiesen.

Lokal machten sich Wasserspiegelschwankungen bemerkbar, die erstens aus den unterschiedlichen Zersetzungsgraden der untersuchten Torfe und zweitens vor allem aus dem stark schwankenden Kurvenverlauf monoletter Farnsporen, gekoppelt mit z. T. sehr schlechter Erhaltung der übrigen Sporomorphen bzw. einer kräftigen Anhäufung widerstandsfähigerer Formen (selektive Korrosion), abzuleiten sind. In der oberen Hälfte des Subboreals ist ein Rückgang der Erle, verbunden mit dem Abfall der Kurve von *Thelypteris palustris* zu verzeichnen. Anstelle der besonders im unteren Teil der PZ VIII verbreiteten Erlenbrüche traten nun offensichtlich wieder verstärkt Seggenrieder (max. 21 %) auf. Parallel mit *Alnus* wichen auch *Betula* und *Corylus*, vermutlich aufgrund der Einschränkung von Feuchtstandorten, immer mehr zurück.

- LPAZ 11 (Pr. Nr. 70–76; 1,40–0,79 m)
 PZ IX - Älteres Subatlantikum (FIRBAS 1949)
 Zone 13 - *Pinus-Fagus* (BRANDE 1988)
 Zone 14 - *Pinus-Fagus-Carpinus-Secale* (BRANDE 1988)
 Grenze zur LPAZ 12: starke, anthropogen bedingte Zunahme des NAP-Anteils, insbesondere Einsetzen von *Secale cereale*, Rückgang von *Fagus*, Wiederanstieg von *Quercus*

Das Ältere Subatlantikum ist als ein Abschnitt der Einstellung kühl-humider Klimaverhältnisse, die sich u. a. gewöhnlich durch die Ausbreitung von *Fagus* dokumentieren, charakterisiert. Nach der Diagrammlage setzt in der LPAZ 11 zwar die geschlossene, aber nur unter 1 % liegende Buchen-Kurve ein. Als Ursache für die geringe Präsenz von *Fagus* muß hier die größere Konkurrenzkraft der Kiefer auf ärmeren Standorten gegenüber der Buche angeführt werden, auf denen sich das Schattholz nicht durchsetzen konnte. Ein weiterer Grund könnte neben den Bodenverhältnissen im Kontinentalitätsgrad liegen. Die Grenze zwischen subozeanischem und kontinentalem Klima verläuft bekanntlich heute im nördlichen Berliner Raum. So sind rezent z. B. im Bereich der vermutlichen Endmoränenzüge der sog. Frankfurter Staffel (qwFF) Buchenwälder sehr verbreitet (wobei auch hier in erster Linie eine edaphische Förderung von *Fagus* vorliegen dürfte). Ähnliche Gründe könnten ebenso für den nur geringen Anteil der Hainbuche (*Carpinus*) anzuführen sein. Bestimmend in der Waldzusammensetzung blieben weiterhin *Pinus* und *Quercus*, letztere jedoch mit niedrigeren Werten als im Subboreal. Eine zumindest lokale Ausdehnung von Feuchtstandorten zeigt sich im erneuten Anstieg der *Alnus*-Kurve.

Im Übergang vom Älteren in das Jüngere Subatlantikum sind auf menschliche Aktivitäten zurückzuführende Zunahmen von Kulturzeigern (*Cerealia*-Typ, *Artemisia* und *Rumex acetosella*) festzustellen.

Innerhalb verbliebener Schlenkenbereiche des vermoorten Altwasserarmes sind letztmalig *Nymphaeaceae* und *Pediastrum boryanum* beobachtbar. Bestände von *Typhaceae* oder *Sparganiaceae* (pollenmorphologisch nur schwer trennbar) blieben bis in das Jüngere Subatlantikum erhalten. Die bereits im ausgehenden Subboreal beginnende Einschränkung der Standorte von *Thelypteris* setzte sich fort und auch der Anteil monoletter Farnsporen ging nach Maximalwerten im Älteren Subatlantikum drastisch zurück.

- LPAZ 12 (Pr. Nr. 77–82; 0,70–0,19 m)
 PZ X - Jüngeres Subatlantikum (FIRBAS 1949)
 Zone 15 - *Pinus-Secale-Rumex* (BRANDE 1988)

Die PZ X ist durch den überwiegend anthropogen verursachten Anstieg des NAP-Anteils im Pollendiagramm (Abb. 4) gekennzeichnet. Es kam zur Anlage und Ausdehnung von Ackerflächen, markiert durch das gehäufte Auf-

treten von *Secale cereale* und anderen Getreiden. Weitere wichtige Kulturzeiger sind *Rumex acetosella* (Kurvenschluß) und insbesondere in der zweiten Hälfte des Jüngeren Subatlantikums (PZ Xb) *Poaceae*, *Artemisia*, *Umbelliferae*, *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Tubuliflorae* und *Liguliflorae*. Der erste Nachweis von *Centaurea cyanus* liegt kurz vor Ende der in Drahendorf pollenanalytisch erfaßbaren Entwicklung. Pollen von *Plantago lanceolata* wurden wie bisher nur gelegentlich gefunden. Auf landwirtschaftlich offenbar ungeeigneten oder nicht genutzten Flächen blieben Kiefern-Eichen-Bestände erhalten. *Quercus* wurde gegenüber den anderen Waldbildnern sogar scheinbar gefördert.

Lokal traten wiederholt Seggenrieder in den Vordergrund, die Erle ging dagegen im Bereich des vermoorten Standortes stark zurück.

Über die endgültige Einstellung des Torfwachstums innerhalb des im Verlauf des Holozäns verlandeten Altwasserarmes der Drahendorfer Spree kann auf Grundlage der pollenanalytischen Ergebnisse keine Aussage getroffen werden, da der Topbereich des Profils anthropogen abgetragen und Sand aufgeschüttet wurde.

Zusammenfassung

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen setzte die Altwasserphase des ältesten im Raum Drahendorf ausgliederbaren Mäanderbogens der Spree in der birkenreichen Phase des Alleröd (Zone 2 nach BRANDE 1988 bzw. PZ IIa nach FIRBAS 1949) ein. Da in der Zeit der Älteren Dryas unter Permafrostbedingungen eher die Überformung bereits früher angelegter Strukturen durch braided-river-Systeme dominiert haben dürfte, muß die Anlage dieses Mäanders mindestens in die Zeit des Bölling gestellt werden.

Zur Überprüfung dieser Aussagen ist die Entnahme einer weiteren Bohrung zur pollenanalytischen Bearbeitung im Bereich der nördlich einmündenden Schmelzwasserrinne bei Kersdorf/Briesen sowie die parallel erfolgende Entnahme von Probenmaterial zur ¹⁴C-Datierung erfolgt. Hier erhoffen sich die Bearbeiter Datierungsmöglichkeiten der Umstellungsphase vom letztmaligen Schmelzwasserdurchfluß zum fluvialen Abflußregime anhand der Analyse von Stillwassersedimenten in tief ausgekolkten Rinnenbereichen. Die mehr als 16 m tiefe Bohrung wird derzeit bearbeitet.

Aus dem bisherigen Kartenstudium geht hervor, daß die Mäanderbildung innerhalb des Untersuchungsgebietes auf den Bereich zwischen dem Spree-Eintritt in das Urstromtal über die Schwielochseerinne und der Spreemündung in die Havel räumlich begrenzt ist. Daraus kann geschlußfolgert werden, daß die Trennung der Flußsysteme der Spree und Oder zum Zeitpunkt der Ausbildung der großen Mäander (Bölling/Ältere Dryas) bereits abgeschlossen war. Ansonsten wären Mäanderschlingen, wie sie im Mittel- und Unterlauf der Oder sehr wohl vorhanden sind, auch zwischen Schwielochseerinne und der rezenten Oder ausgebildet worden. Diese Aussagen bedürfen noch der Überprüfung durch entsprechende Luftbilddauswertungen.

Summary

After the present pollenanalytical investigations the phases of abandoned (stream) channel of the oldest paleomeander in the Drahendorf area has its origin in PZ IIa (Older Alleröd after FIRBAS 1949, Zone 2 after BRANDE 1988). The introduced conclusions based on geomorphological and stratigraphical investigations of the lateglacial and holocene genesis of the Warsaw - Berlin - ice - marginal - valley with special consideration of the channel characteristics of the river Spree. The study is promoted by the main program „Change of the geo-/biosphere during the last 15 000 years – continental sediments as expressions of differentiating environmental conditions“ by the DFG. The archives are glaciofluvial and fluvial sediments and swamped paleomeanders of the river Spree.

Literatur

- ASSMANN, P. (1957): Der geologische Aufbau der Gegend von Berlin. - Hrsg. Senator Bau- und Wohnungswesen. 142 S., Berlin
- BEHRMANN, W. (1949/50): Die Umgebung Berlins nach morphologischen Formengruppen betrachtet. - Die Erde **1**, S. 93–122, Berlin
- BERENDT, G. (1879): Gletschertheorie oder Drifttheorie in Norddeutschland?. - Z. dt. Geol. Ges. **31**, S. 1–20, Berlin
- BÖSE, M. (1979): Die geomorphologische Entwicklung im westlichen Berlin nach neueren stratigraphischen Untersuchungen. - Berliner Geogr. Abh. **28**, 43 S., Berlin
- (1989): Methodisch - stratigraphische Studien und paläogeomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. - Berliner Geogr. Abh. **51**, 114 S., Berlin
- BRANDE, A. (1980): Pollenanalytische Untersuchungen im Spätglazial und Postglazial Berlins. - Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg **115**, S. 21–72, Berlin
- (1988): Zum Stand der palynologischen Forschung im Berliner Quartär. - Documenta naturae **44**, S. 1–7, München
- BROSE, F. (1988): Weichselspätglaziale und holozäne Flußgenese im Bereich der norddeutschen Vereisung und ihre Wechselbeziehungen zur Entwicklung der menschlichen Gesellschaft unter besonderer Berücksichtigung der Aue der unteren Oder. - Dissertation B, Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald, 147 S., Greifswald
- BROSE, F. & F. PRÄGER (1977): Beitrag zur Flußgeschichte der Neiße und Oder. - Z. geol. Wiss. **5**, S. 777–790, Berlin
- BROSE, F., MARCINEK, J. & F. PRÄGER (1987): Neue Ergebnisse zur Urstromtalforschung und Entwicklung des Gewässernetzes im mitteleuropäischen Einflußbereich des nordischen Inlandeises. - Potsdamer Geogr. Mitt. **131**, S. 113–127, Gotha/Leipzig
- CARLS, R. (1993): Studie zur weichselzeitlichen und holozänen Entwicklung des Spreetales im Berliner Urstromtal südwestlich von Hangelsberg. - unveröff. Dipl.-Arbeit, Humboldt-Univ. zu Berlin, Fachbereich Geographie, 92 S., Berlin
- CHROBOK, S. M. & B. NITZ (1987): Die Entwicklung des Gewässernetzes der Oberen Finow vom Blankenberg Interstadial bis heute. - Wiss. Z. E.-M.-Arndt-Univ. Greifswald, Math. - nat.Reihe. **36**, S. 20–25, Greifswald
- (1989): Ergebnisse physisch - geographischer Prozeßfor-

- schung im Biesenthaler Becken: Sedimentationsabläufe vom Spätglazial bis Holozän. - Z. geol. Wiss. **17**, S. 77–84, Berlin
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Bd.1. Allgemeine Waldgeschichte, 479 S., Bd.2. Waldgeschichte der einzelnen Landschaften, 225 S., Jena
- GÄRTNER, P. (1993): Beiträge zur Landschaftsgeschichte des westlichen Barnim. - Berliner Geogr. Arb. **77**, 109 S., Berlin
- HANNEMANN, M. (1961): Neue Beobachtungen zur Entstehung und Entwicklung des Berliner Urstromtales zwischen Fürstenwalde (Spree) und Fürstenberg (Oder). - Geologie **10**, S.418–434, Berlin
- (1970): Anlage und Entwicklung weichselzeitlicher glazigener und periglaziärer Täler in Südostbrandenburg. - Peterm. Geogr. Mitt. **114**, S.103–118, Gotha/Leipzig
- KUHN, B. (1981): Hydrogeologische Beiträge zur Bewirtschaftung von Grundwasservorräten im östlichen Berliner Urstromtal zwischen Fürstenwalde und Eisenhüttenstadt, Dissertation, E.-M.-Arndt-Univ. Greifswald, 120 S., Greifswald
- LEMBKE, H. (1936): Von der Ursprea zum heutigen Spreelauf. - Festschrift für N. Krebs zum 60. Geburtstag, S. 140–145, Stuttgart
- (1955/56): Spätwürmzeitliche periglaziale Trockentäler aus dem norddeutschen Jungmoränengebiet. - Berliner Geogr. Arb., **V**, S. 1–4, Berlin
- LIEDTKE, H. (1956/57): Beiträge zur geomorphologischen Entwicklung des Thorn – Eberswalder Urstromtales zwischen Oder und Havel. - Wiss. Z. der Humboldt-Univ. zu Berlin, Math. - nat. Reihe VI., S. 3–47, Berlin
- LOUIS, H. (1936): Neuere Forschungen über die Urstromtäler besonders im mittleren Norddeutschland. - Comptes rendus du Congres International de Geographie Varsovie 1934, Bd. 2, S.15–25, Warschau
- MARCINEK, J. (1961): Über die Entwicklung des Baruther Urstromtales zwischen Neißer und Finer Bruch. - Wiss. Z. der Humboldt-Univ. zu Berlin, Math. - nat. Reihe X., S. 13–46, Berlin
- (1968): Entwicklungsphasen eines Gewässernetzes. Das Flußnetz im Nordostraum der DDR. - Wiss. und Fortschritt., S. 464–467, Berlin
- SOLGER, F. (1931): Der Boden Norddeutschlands nach seiner letzten Vereisung. - Deutsche Urzeit, Bd. II, 155 S., Berlin
- USINGER, H. (1985): Pollenstratigraphische, vegetations- und klimageschichtliche Gliederung des „Bölling-Alleröd-Komplexes“ in Schleswig-Holstein und ihre Bedeutung für die Spätglazial-Stratigraphie. - Flora **177**, S. 1–43, Jena
- WAHNSCHAFFE, F. (1914): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten, Blatt Fürstenwalde a. d. Spree. - 395 S., Berlin

Anschrift der Autoren:

Dr. Ines Schulz
Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin
Sitz Chausseestr. 86
Unter den Linden 6
10099 Berlin

Dr. Jaqueline Strahl
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Dienstbereich Berlin
Wilhelmstr. 25–30
13539 Berlin

BUCHBESPRECHUNG

H. HEINEBERG: **Großbritannien – Raumstrukturen, Entwicklungsprozesse, Raumplanung**

Justus Perthes Verlag Gotha 1997 (Perthes Länderprofile)

107 Karten u. Abb., 59 Tab., 616 Lit., 415 S.

ISBN 3-623-00669-6; 45,- DM

In einer völlig neubearbeiteten zweiten Auflage legt der Justus Perthes Verlag Gotha in der Reihe seiner Länderprofile eine moderne landeskundliche Übersicht über Großbritannien vor, wie man sie sich umfassender und aktueller nicht wünschen kann. Unter Beibehaltung der Grundkonzeption der ersten Auflage von 1983 werden Großbritanniens raumwirtschaftliche Strukturen und ihre sozioökonomische Entwicklung bis in die jüngste Gegenwart dargestellt. Sogar der Wahlsieg von „New Labour“ findet als Nachtrag noch Erwähnung.

Der Hardcover-Band ist thematisch in fünf Kapitel gegliedert, die mit zahlreichen statistischen Angaben und graphischen Darstellungen versehen sind:

1. Großbritannien unter raumprozessualen Aspekten
2. Räumliche Gliederung und Nutzungspotentiale
3. Kulturräumliche Vielfalt als Folge historischer Besiedlungsphasen
4. Raumwirtschaftliche Entwicklungsprozesse
5. Verstädterung und Stadtentwicklung

Ein 33seitiger Anhang gibt einen kurzen Überblick über Staat und Territorium, Natur, Geschichte, Bevölkerung und Siedlungen, Wirtschaft, Verkehr und Nachrichtenwesen, Soziales, Gesundheitswesen, Bildung sowie Kultur. Interessierten wird der Zugang zur Spezial- und Originalliteratur durch ein umfangreiches Quellenverzeichnis erleichtert. Als nützliche Hilfe dabei wird die Hervorhebung englischsprachiger Fachbegriffe neben ihren deutschen Entsprechungen empfunden. Die Fülle der zu vermittelnden Fakten wird dem begrenzten Platzangebot geschickt angepaßt. Auf den inneren Einbandseiten sind z. B. die Karte der Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie der Lizenzgebiete für die Öl- und Gaswirtschaft im Kontinentalschelfgebiet des Vereinigten Königreichs untergebracht. In knapper, dem thematischen Rahmen entsprechender Form werden die terrestrischen und marinen Naturräume und ihre Nutzungspotentiale beschrieben.

Dem Autor ist mit der Neuauflage ein guter Kompromiß zwischen landeskundlicher Breite und straffer Standortanalyse gelungen. Allen, die ihr Wissen über die naturräumlichen Hintergründe der wirtschaftlichen und politischen Entwicklung Großbritanniens vertiefen wollen, sei das Länderprofil unseres insularen Nachbarn als Lektüre wärmstens empfohlen.

H. U. Thieke

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 65 – 72	6 Tab., 25 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-----------------

Röntgendiffraktometrische Untersuchungen als Beitrag zur substantiellen Beurteilung von Tonrohstoffen in Brandenburg*

THOMAS HÖDING

1. Einleitung

Die Tagung „Röntgenphasenanalyse bindiger Sedimente in der Geopraxis“ am 17. Januar 1996 im LGRB war Anlaß, den Einsatz der Röntgendiffraktometrie zur Beurteilung von Tonrohstoffen in Brandenburg darzustellen und die enge Verbindung zwischen dem Einsatz dieser Methode und der Erfüllung hoheitlicher Aufgaben des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) als geologischer Fachbehörde des Landes Brandenburg bei der Rohstoffsicherung aufzuzeigen.

Der Beitrag geht von einer Aufzählung der Tonrohstoffe aus und stellt dann in Kurzform die wichtigsten Untersuchungsmethoden für diese dar. Aufgrund der der Materialgruppe „Tonrohstoffe“ innewohnenden Schwierigkeiten ist es meist nicht möglich, diese Rohstoffe mit nur einer Untersuchungsmethode hinreichend genau zu charakterisieren. Es ist erforderlich, mehrere Analysemethoden anzuwenden, dies meist in Kombination. Die Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung mittels Röntgendiffraktometrie stellt dabei eine Basismethode dar.

Für Tonrohstoffe des Landes Brandenburg liegen bisher nur wenige mineralogische Untersuchungen vor. Daher wurde am LGRB ein Mindestuntersuchungsprogramm für Tonrohstoffe entwickelt, das die Kenntnislücken schließen soll und es ermöglicht, Applikationsvorschläge für diese Rohstoffe zu erarbeiten, die auf der einen Seite eine bessere Sicherung der Lagerstätten in der Regional- und Landesplanung ermöglichen, zum anderen die wirtschaftlichen Aktivitäten auf diesem Sektor flankieren. Ausgewählte Ergebnisse dieser Untersuchungen werden vorgestellt.

2. Tone und Tonrohstoffe in Brandenburg

Tabelle 1 zeigt in Stichworten, über welche Tonrohstoffe das Land Brandenburg verfügt. Innerhalb dieser Rohstoffarten gibt es weitere Besonderheiten, wie z. B. Tone mit erhöhter Blähneigung oder den elsterkaltzeitlichen Lauenburger Ton, der bei den pleistozänen Bändertonen eine besondere Stellung einnimmt, da er im Vergleich zu anderen Bändertonen im allgemeinen einen höheren Anteil quellfähiger Bestandteile enthält.

Tab. 1 Tone und tonige Rohstoffe in Brandenburg

Rohstoffart	Alter	Genese, Besonderheiten
Auelehm	Quartär (Holozän)	Überschwemmungsablagerungen in den Flußniederungen; insbesondere in den Flußauen von Elbe und Havel
Interglazialton	Quartär (Pleistozän)	Seesedimentationen während der Warmzeiten zwischen den Eisvorstößen, oft Übergänge zu Bändertonen; Auftreten von Diatomeen
Bänderton	Quartär (Pleistozän)	glazilimnische Ablagerungen in Eisstauseen, zahlreiche Lagerstätten häufigster Tonrohstoff in Brandenburg
Flaschenton	Tertiär (Miozän)	tonige Verwitterungsprodukte magmatischer Gesteine der südlichen Massive; mehrere Lagerstätten in der Lausitz
Septarienton	Tertiär (Oligozän)	wurzellose Schollen in den Quartärsedimenten, durch das Inlandeis abgeschert; vor allem in Nordostbrandenburg mehrere Lagerstätten
Rötton	Trias (Buntsandstein)	im Bereich der Struktur Rüdersdorf; heute nicht mehr genutzt
Mit Einschränkungen von rohstoffwirtschaftlicher Bedeutung:		
Geschiebemergel	Quartär (Pleistozän)	Moränenablagerungen des Inlandeises
Geschiebelehm	Quartär (Pleistozän/Holozän)	entkalkte obere Rinde des Geschiebemergels, in der Vergangenheit wichtiger Ziegelrohstoff
Mudden	Quartär (Holozän)	insbesondere Kalkmudden und Tonmudden

Nach einer groben Schätzung verfügt das Land Brandenburg über erkundete Vorräte von ca. 110 Millionen Tonnen Tonrohstoffen. Dazu kommen Vorkommen von mehr als 150 Millionen Tonnen, darunter die mit Einschränkungen genannten Rohstoffe, für die eine wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeit erst geprüft werden muß. Aufgrund spezieller, nicht immer langfristig kalkulierbarer Einsatznotwendigkeiten (z. B. von Vorkommen bindiger Sedimente in geringer Distanz zu einer zu sanierenden Depone oder Altlast), ist die Nutzung einer ganzen Reihe dieser Vorkommen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten wahrscheinlich.

Nicht vorhanden sind im Land Brandenburg Kaoline, Bentonite oder Tonlagerstätten mit hohen Gehalten an Palygorskit, Sepiolith, Pyrophyllit, Talk oder anderen speziellen Tonmineralen.

3. Phasenanalytische Methoden zur Untersuchung von Tonen und Tonrohstoffen

Noch in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts herrschte weitgehende Unklarheit über die Natur der Tonminerale und Tone. Mit Hilfe der chemischen Analyse konnte zwar der Chemismus weitgehend erfaßt werden, doch erklärte dieser nicht die unterschiedlichen Eigenschaften der Tone. Auch mit lichtmikroskopischen Untersuchungen konnte man keine weiteren Erkenntnisse über Tone gewinnen, da ihr Auflösungsvermögen nicht ausreicht, um Tonminerale sichtbar zu machen. So konstatiert KÖSTER (1994) eine markante Abhängigkeit der Erforschung der Tonminerale und Tone vom Stand der Entwicklung naturwissenschaftlicher Arbeitsmethoden.

Entscheidend war dabei die Entwicklung phasenanalytischer Untersuchungsmethoden. Im Gegensatz zur chemischen Analytik sind bei der Phasenanalyse die in einer festen Probe enthaltenen Stoffe direkt Gegenstand der bestimmenden Untersuchung. Insbesondere werden dazu Präzisionsmessungen zur Bestimmung physikalischer Stoffkennwerte ausgeführt, welche für die jeweiligen Phasen spezifische Identifizierungsmerkmale darstellen, ohne dazu den Weg über die Auswertung chemischer Analyseergebnisse gehen zu müssen (SEYFARTH & KEUNE 1980). So stellt die Phasenanalyse ein eigenständiges analytisches Teilgebiet dar.

Die wichtigste phasenanalytische Methode bei der Untersuchung von Tonmineralen und Tonrohstoffen ist derzeit zweifellos die Röntgendiffraktometrie. Die für die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen an diesen Substanzen relevanten Daten sind, außer in den internationalen Sammelwerken wie der XPDF-Datensammlung, ausführlich in mehreren Standardwerken dargestellt (z. B. BRINDLEY & BROWN 1980, MOORE & REYNOLDS 1989, JASMUND & LAGALY 1993), darüber hinaus aber auch Gegenstand einer Vielzahl von Einzelpublikationen über spezielle Tonminerale in der internationalen Literatur.

Neben der Röntgendiffraktometrie werden heute üblicherweise eine Reihe von weiteren Methoden zur Charakterisierung von Tonen herangezogen, einschließlich chemi-

scher Methoden sowie hochspezialisierter Untersuchungsverfahren, die z. T. aus einigen zuvor genannten Methoden abgeleitet wurden:

- a) Basismethoden
 - Röntgendiffraktometrie
 - Thermische Analyseverfahren
 - Korngrößenanalyse
 - Infrarotspektroskopie
 - Elektronenmikroskopie
 - Chemische Analyse
- b) Spezialmethoden
 - weitere röntgenographische Methoden
 - Elektronenstrahlmikroanalyse
 - Mikroskopische Analyse
 - Neutronenbeugung
 - Kernresonanzspektroskopie
 - Mößbauer-Spektrometrie
 - Elektronen-Spin-Resonanz
- c) abgeleitete bzw. kombinierte Methoden
 - Hochauflösende Elektronenmikroskopie
 - Hochtemperaturdilatometrie
 - Infrarot-Fourier-Spektroskopie-Ellipsometrie u. a.

So ergibt sich ein umfangreiches Instrumentarium, das je nach Aufgabenstellung gezielt für die Tonmineralanalyse eingesetzt werden kann. KÖSTER (1994) konstatiert jedoch einschränkend, daß die fortgeschrittenen Techniken zur Tonmineralanalyse nur in Sonderfällen in den Institutionen vorhanden sind, die sich mit der Untersuchung von Tonen beschäftigen. Gemeint sind damit die geologischen und mineralogischen Institute der Universitäten. Für die Möglichkeiten der staatlichen geologischen Dienste der Bundesrepublik trifft dies noch in einem weit höheren Maße zu.

Der notwendige hohe analytische Aufwand bei der Charakterisierung von Tonen und Tonmineralen resultiert aus der Tatsache, daß es sich bei diesen Substanzen im allgemeinen nicht um Phasen im streng physikalischen Sinne handelt, sondern daß ihre Gitterordnung mehr oder weniger weit vom Idealkristall entfernt ist bzw. eine nichtstöchiometrische Zusammensetzung aufweist. Ferner treten in Tonen partiell-kristalline und amorphe Phasen auf. Diese kristallographischen Variationen sind mit einer Methode allein oft nicht zu erfassen, sondern erfordern eine Kombination mehrerer analytischer Methoden. TRIBUTH & LAGALY (1991) bezeichneten deshalb die Tonminerale als die kompliziertesten natürlichen Mineralgemenge überhaupt.

In der Praxis bewährt haben sich besonders die Kombination quantitativer röntgenographischer und thermoanalytischer Untersuchungen unter Berücksichtigung der chemischen Analyse (komplexe Mineralanalyse nach WIEGMANN et al. 1982) bzw. die Überprüfung und Korrektur der mit der Röntgendiffraktometrie gemessenen Mineralgehalte durch Rückrechnung der mittels Röntgenfluoreszenzanalyse analysierten chemischen Zusammensetzung.

Jedoch sind auch diese Methodenkombinationen nicht blind anwendbar, sondern setzen neben einer grundsätzlichen Materialkenntnis die Ermittlung von spezifischen Korrekturfaktoren voraus. Die Richtigkeit einer quantitativen Bestimmung ist ebenfalls eng mit den Fragen der Probenaufbereitung, der Probenpräparation, des Meßregimes sowie der Auswahl geeigneter Vergleichssubstanzen und Standards verbunden.

Ungeachtet aller genannten Schwierigkeiten besitzt die Röntgendiffraktometrie den entscheidenden Vorteil, daß mit dieser einen Methode eine große Anzahl von Merkmalen aufgeklärt werden kann, für deren Untersuchung sonst viele verschiedene physikalische oder chemische Untersuchungen vonnöten wären. Vorschläge für normierte quantitative Untersuchungen an Tonen wurden in den letzten Jahren z. B. von KRANZ (1991) und TRIBUTH (1991) vorgelegt.

Schließlich ist es auch eine Frage des Untersuchungsziels, inwieweit Spezialmethoden zur Klärung tonmineralogischer Fragestellungen herangezogen werden. Für den Umfang der derzeit im LGRB betriebenen Rohstoffbeurteilung ist die Abschätzung der Mineralgehalte nach Ergebnissen der Röntgendiffraktometrie ausreichend, wie nachfolgend näher erläutert wird.

4. Zur Notwendigkeit einer besseren Materialkenntnis

Nach diesen grundsätzlichen Betrachtungen sollen einige Bemerkungen zur konkreten Situation bei der Beurteilung von Tonrohstoffen im Land Brandenburg folgen. Als geologischer Fachbehörde des Landes Brandenburg obliegt dem LGRB in einem bestimmten Maße auch die substantielle Beurteilung dieser Rohstoffe (HÖDING et al. 1995). Ohne diese ist eine nach Gesamtbedeutung abgestufte Einbringung von Lagerstätten in die Abwägungsprozesse der Raumordnung nicht möglich. Nach dem Bewertungsschema von Rohstoffvorkommen für das Regionale Rohstoffsicherungskonzept Brandenburg (MWMT 1995) gehen in die Bewertung von Lagerstätten für die Rohstoffsicherung im Land Brandenburg folgende, in sich noch weiter untergliederte, Kriterien ein

- Parameter des Rohstoffkörpers
- Rohstoffqualität
- Erkundungsgrad
- Verkehrsanbindung.

Die Aussagen zur Rohstoffqualität machen dabei 30 % der Gesamtewichtung aus. Selbstverständlich impliziert bereits die oben genannte Zugehörigkeit zu einer der in Brandenburg vorkommenden Rohstoffgruppen Vorstellungen über grundsätzliche Rohstoffeignungen, doch sollten einige Grundparameter immer bekannt sein. Dazu kommt, daß bei Kartierungsarbeiten des LGRB in den letzten Jahren mehrere bisher ungenutzte Tonvorkommen gefunden wurden, bei denen die stratigraphische und genetische Stellung des Rohstoffs noch nicht eindeutig geklärt werden konnte. Hier einige ausgewählte grundsätzliche Rohstoffdaten zu ermitteln, gehört zu den hoheitlichen Aufgaben

des LGRB, zur Kartierung und Inventarisierung der mineralischen Rohstoffe des Landes sowie der Beratung potentieller Investoren zu Fragen der Rohstoffnutzung. Es sei hier noch einmal an die Tatsache erinnert, daß die in der Industrie eingesetzten Tonrohstoffe je nach ihrem Bestand an Tonmineralen sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können. Die gegenseitige Ersetzbarkeit der Tone in den modernen technologischen Prozessen ist daher begrenzt. Insbesondere vor dem Hintergrund der sehr hohen Investitionen, die zur Ansiedlung grobkeramischer Betriebe notwendig sind, ist die geologische Fachbehörde bemüht, eine Reihe von Daten zur Rohstoffqualität vorzuhalten. Dasselbe gilt für die möglichst unkomplizierte Bereitstellung von geeigneten Tonrohstoffen für Aufgaben der Umwelttechnologie, des zweiten großen Einsatzbereiches von Tonrohstoffen in Brandenburg.

Bei der Beurteilung qualitativer Parameter von Tonrohstoffen in diesem Zusammenhang steht die mineralogische Zusammensetzung an erster Stelle. Daß die Notwendigkeit einer substantiellen Rohstoffbeurteilung, insbesondere dabei die mineralogische Untersuchung, keine neue Erfindung ist, beweisen die folgenden Zitate:

„Die Mineralbestimmung toniger Rohstoffe ist in Zukunft mehr zu beachten. Dabei ist zu unterscheiden zwischen den Bestimmungen der größeren Bestandteile (Siebrückstände) auf Begleitminerale und der Bestimmung der Tonminerale, denen wegen ihres Einflusses auf die Eigenschaften der Rohstoffe besondere Bedeutung zukommt. Es ist anzustreben, an charakteristischen Einzelproben – möglichst an mehreren Kornfraktionen – neben der DTA auch andere geeignete Untersuchungsmethoden (Röntgen- und Dilatometeranalyse) von Fall zu Fall anzuwenden“ (STAMMBERGER 1962).

„Zu den Aufgaben der staatlichen geologischen Dienste in der Bundesrepublik gehört es, „die rohstoffgewinnende Industrie durch die Erarbeitung wichtiger Grundlagen zu flankieren“. Die Aufgabe „heimische Rohstoffe zu inventarisieren, rechtzeitig planerisch zu berücksichtigen und Informationen zur Lösung von Zielkonflikten bei Flächennutzungen bereitzustellen“ erfordert „für das breite Feld der oberflächennahen Massenrohstoffe eine Ergänzung der herkömmlichen geowissenschaftlichen und lagerstättenkundlichen Landesaufnahme durch die Ermittlung der Materialeigenschaften und der Verwendbarkeit. Um Informationen über die Geometrie der Vorkommen, über Quantität und Qualität zu erhalten sind umfangreiche Arbeiten notwendig, insbesondere Bohrungen und Laboruntersuchungen“ (SCHMID 1994).

Bei der Aufstellung einer stofflich-genetischen Klassifizierung von Spezialtonen stellten VALTIN & ULLRICH (1991) die folgenden Merkmalskomplexe in den Vordergrund:

„Stoffliche Kennzeichnung der Tone als übergeordnetes Kriterium, insbesondere Haupttonmineralbestand“ und „Genetische Stellung des Tones zur weiteren Untergliederung der Stoffbestandsgruppen“. – Aus den stofflichen Parametern sind nach VALTIN & ULLRICH (1991) die grundsätzlichen technologischen Eigenschaftskomplexe

ableitbar, deren Untersuchung nicht primär Aufgabe der geologischen Dienste sein kann.

Leider sind diese Hinweise in der Vergangenheit nicht immer ausreichend beachtet worden. So wurden für viele Erkundungsberichte früherer Jahre zu Tonlagerstätten in Brandenburg kaum mineralogische Angaben erhoben. Manche Produktionsschwierigkeit keramischer Betriebe dürfte auf diese Weise ihren Anfang genommen haben.

5. Rohstoffanalytische Untersuchungen an Tonen im LGR Brandenburg

Das LGRB hat bei seiner Gründung im Jahre 1992 u. a. alle verfügbaren Erkundungsberichte zu Rohstofflagerstätten sowie alle analog und digital vorliegenden Daten zur Rohstoffanalyse von Vorgängereinrichtungen oder ehemals zentralen Institutionen übernommen.

Die Angaben zur Mineralogie von Tonrohstoffen waren dabei jedoch äußerst spärlich. Die vorhandenen Materialien wurden zusammengefaßt und Schritt für Schritt ergänzt. Selbstverständlich werden bei der Arbeit mit diesen Angaben die eigentumsrechtlichen Bestimmungen derar-

tig sensibler Daten strikt beachtet. Sie dienen in erster Linie zur Bewertung und Sicherung von Lagerstätten in der Regional- und Landesplanung, zur Ableitung verallgemeinernder Schlußfolgerungen für die Kartierung und für die Ausweisung neuer Lagerstätten und Vorkommen, sowie als Hilfestellung für die Durchsetzung optimaler Nutzungsstrategien für die betreffenden Rohstoffe.

Seit 1994 besteht im LGRB die Möglichkeit eigener röntgendiffraktometrischer Untersuchungen durch das Vorhandensein eines halbautomatischen Horizontalzählrohr-goniometers HZG 4, das 1996 durch ein vollautomatisches Universaldiffraktometer (XRD-3000) komplettiert wurde. Erste Ergebnisse zur Unterstützung von Sicherungs- und Nutzungsstrategien quartärer Tonrohstoffe Brandenburgs wurden 1995 durch HÖDING et al. vorgestellt.

Unter Berücksichtigung von Beiträgen aus der Literatur zur Beurteilung von Tonrohstoffen, den Erfahrungen anderer Geologischer Landesämter der Bundesrepublik und den Empfehlungen der Arbeitsgruppe Fachinformationssystem Rohstoffe der geologischen Dienste der Bundesrepublik wurde, in Übereinstimmung mit den technischen

Tab. 2 Untersuchungsmethoden für Tonrohstoffe im LGR Brandenburg

Einsatzgebiet Grobkeramik							
Korngrößenverteilung	Röntgendiffraktometrie	Röntgenfluoreszenzanalyse	Wassergehalt (105 °C)	Glühverlust	Karbonatgehalt	Brennverhalten (900–1300 °C)	
DIN 18123			VDLUF/A 2.1.1	DIN 19684	Scheibler		
insbesondere Fraktionen < 2, 2–20, > 20, < 63 µm	mineralogische Analyse	chemische Analyse	Wassergehalt in %	Glühverlust bei 550 °C bzw. 1 000 °C in %	Karbonatgehalt in %	Brennfarben, Scherbenbeschaffenheit	
Einsatzgebiet Deponietone							
Korngrößenverteilung	Röntgendiffraktometrie	Röntgenfluoreszenzanalyse	Wassergehalt (105 °C)	Karbonatgehalt	pH-Wert	KAK _{pot}	k _f -Wert
DIN 18123			VDLUF/A 2.1.1	Scheibler	DIN 19684, Teil 1	Mehlich	DIN 18130
insbesondere Fraktionen < 2, 2–20, > 20, < 63 µm	mineralogische Analyse	chemische Analyse	Wassergehalt in %	Karbonatgehalt in %	pH-Meßwert	KAK _{pot} (Summe EK) in mval/100 g Substanz	k _f Wert in m/s
Für weitere Einsatzgebiete werden mindestens diese Untersuchungsmethoden angewandt. Darüberhinausgehende, zum Teil auch gesetzlich vorgeschriebene Untersuchungen sind im allgemeinen nicht Aufgabe des LGRB. Fordert das LGRB im Rahmen seiner hoheitlichen Aufgaben weitergehende Untersuchungen bzw. werden dem LGRB von Unternehmen Ergebnisse von derartigen weiteren Spezialuntersuchungen an Tonrohstoffen mitgeteilt, so werden diese Angaben gespeichert. Für die angestrebte digitale Erfassung derartiger Daten gelten die von der AG FIS Rohstoffe und von der AG FIS Geochemie aufgestellten Regelungen.							

Möglichkeiten am LGRB, eine Empfehlung zur Anwendung von Untersuchungsmethoden bei der Erstbeurteilung von Tonrohstoffen erarbeitet (Tab. 2).

Die Methodik röntgendiffraktometrischer Untersuchungen von Tonrohstoffen am LGRB erlaubt nach LUCKERT (1995) die quantitative Bestimmung des Mineralbestandes mit einem relativen Meßfehler von ≤ 5 Masse-%:

Das bergfeucht ins Labor gelieferte Material wird zunächst bei 80 °C getrocknet und dann repräsentativ beprobt. Für die röntgenographischen Untersuchungen werden ca. 5 g Probenmaterial per Mörser auf eine Korngröße $< 32 \mu\text{m}$ zerkleinert, abgesiebt und homogenisiert. Zur Herstellung der Pulverpräparate kommen Langschlitzpräparateträger aus Glas zur Anwendung.

Der qualitative Mineralbestand und eine erste quantitative Abschätzung der Komponenten erfolgen nach einer Übersichtsaufnahme. Die genaue quantitative Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung erfolgt nach dem internal standard-Verfahren und mittels Peakhöhenanalyse. Dabei werden 1 g Probensubstanz mit 50 mg Ni-Pulver (Standard-Substanz) und 4 mg Korkmehl $< 200 \mu\text{m}$ zur texturarmen Präparation intensiv homogenisiert. Für jede Probe werden drei Messungen an jeweils vorher neu angefertigten Präparaten durchgeführt. Anhand vorliegender Eichkurven erfolgt dann die quantitative Bestimmung aller nachweisbaren kristallinen Phasen. Die Differenz der Bestandteile zu 100 % wird in Abhängigkeit von der grundsätzlichen Materialkenntnis den amorphen Anteilen zugeordnet.

Für die Bestimmung der Tonmineralverhältnisse werden Texturpräparate hergestellt und im lufttrockenen Zustand, nach der Behandlung mit Ethylenglykol sowie nach Temperung bei 400 °C röntgendiffraktometrisch untersucht.

Dieses Vorgehen bei der röntgendiffraktometrischen Analyse entspricht den vielfach in der Literatur beschriebenen Arbeitsweisen und ist für die Erfordernisse einer substan-

tiellen Rohstoffbeurteilung im Rahmen der hoheitlichen Aufgaben der geologischen Fachbehörde des Landes ausreichend.

Im folgenden Abschnitt sind Ergebnisse röntgenographischer Untersuchungen an verschiedenen Tonrohstoffen Brandenburgs dargestellt. Bei einigen Darstellungen werden Ergebnisse weiterer Untersuchungen zur Charakterisierung dieser Rohstoffe erwähnt, um die Aussagen zur substantiellen Beurteilung zu ergänzen. Neben Arbeitsergebnissen des LGRB (HÖDING 1992, LUCKERT 1995) wurden Literaturdaten einbezogen (GREIFELDT 1967, KÜCHENMEISTER 1991, SCHULZ 1991, VALTIN & ULLRICH 1991).

5.1. Geschiebemergel und Geschiebelehm

Geschiebemergel werden in Brandenburg bereits jetzt als geologische Barriere für Deponien genutzt, ebenso als Abdeckungsstoffe bei Deponiesanierungen. In der Grobkeramik werden sie teilweise als die hangenden oder liegenden Schichten der eigentlichen Ziegelrohstoffe im gleichen Abbauschnitt mitgewonnen und weiterverarbeitet. Anwendungen wie bei der Lagerstätte Krahnepuhl, wo ein besonders plastischer Geschiebemergel – teilweise unter geringem Fremdtonzusatz – verziegelt wurde, wird es sicher nicht mehr geben. Leider wurde bei der Rohstofferkundung dieser Lagerstätte keine quantitative mineralogische Untersuchung des Geschiebemergels durchgeführt, so daß in Tab. 3 keine präziseren Angaben aufgenommen werden konnten (lediglich der Karbonatgehalt wurde mit ca. 11 % angegeben).

Geschiebelehm war im 19. Jahrhundert ein weit verbreiteter Ziegelrohstoff. Heute spielt er für die Grobkeramik ebenfalls keine primäre Rolle mehr. Als vorteilhaft macht sich seine Karbonatarmut bemerkbar, die eigenschaftsverbessernd auf andere Ziegeltonen wirken kann; nachteilig ist dafür der hohe Quarzanteil. Auch Geschiebelehme können bei der Deponiesanierung Einsatz finden; vorzugsweise bei der Abdeckung und Rekultivierung.

Tab. 3 Ergebnisse quantitativer röntgendiffraktometrischer Untersuchungen an Geschiebemergeln und Geschiebelehmen in Masse-%

	Geschiebemergel Etzin	Geschiebemergel Kranepuhl	Geschiebelehm WerderscherBerg	Geschiebelehm Dallmin
Quarz	35	++	72	63
Feldspat	13	+	9	10
Calcit	14	+	-	-
Dolomit	4	(+)	-	-
Kaolinit	3	+	1	3
Chlorit	3	-	1	2
Glimmer/Illit	19	++	7	10
ml-Mineral	9	+ ¹⁾	10	12
Anteil quellfähiger Schichten im ml-Mineral	ca. 30 %	?	ca. 35–40 %	ca. 35 %

¹⁾ Als Montmorillonit beschrieben. Es dürfte sich hier aber ebenfalls um ein unregelmäßiges Montmorillonit-Muskovit-mixed layer-Mineral handeln.

Tab. 4 Ergebnisse quantitativer röntgendiffraktometrischer Untersuchungen an Bändertonen und Interglazialtonen

	Bänderton Glienick	Bänderton Rosengarten	Interglazialton Nennhausen
Quarz	32	25	34
Feldspat	7	7	5
Calcit	12	14	3
Dolomit	3	3	-
Gips	-	-	2
Pyrit	1	-	-
Hämatit	-	1	-
Anatas	-	1	-
Kaolinit	7	14	3
Chlorit	4	3	6
Glimmer/Illit	21	17	38
ml-Mineral	13	15	9
Anteil quellfähiger Schichten im ml-Mineral	ca. 40–50 %	ca. 50–60 %	ca. 50 %

5.2. Bänderton, Interglazialton

Bändertone sind die am häufigsten genutzten grobkeramischen Rohstoffe in Brandenburg. Da sich der meist hohe Karbonatgehalt dieser Rohstoffe negativ auf die Scherbenfestigkeit auswirken kann, werden die saale- und weichselkaltzeitlich gebildeten Tone oftmals mit karbonatarmen Fremdtönen versetzt. Der Lauenburger Ton, ein elsterkaltzeitliches glazilimnisches Ablagerungsprodukt, zeichnet sich durch im Durchschnitt höhere Gehalte an quellfähigen Bestandteilen aus. Rohstoffwirtschaftliche Bedeutung hat dieser Ton in einzelnen Lagerstätten der Prignitz und bei Frankfurt/Oder (Ton Rosengarten, Tab. 4). Bei selektivem Abbau hochwertiger Partien ist die Verarbeitung zu kleinformatischen Wandbausteinen oder anderen höher veredelten keramischen Erzeugnissen möglich.

Die von der TA Abfall zur Deponiedichtung geforderten Werte, insbesondere k_f -Wert und Karbonatgehalt werden durch Bändertone kaum erreicht, wirtschaftlich günstig wäre aber die Nutzung solcher Tone in der Nähe von Deponiebauten und ihre Mischung mit „höherwertigeren“ Tönen entfernter Lagerstätten.

5.3. Flaschenton

Flaschentone weisen in Abhängigkeit von der Genese stärker differenzierte mineralogische Zusammensetzungen auf. Neben Unterschieden im Quarzgehalt treten wechselnde Anteile an Dreischichttonmineralen auf (SCHÜPPEL & KLEEBERG 1991), so daß die in Tab. 5 aufgeführten Gehalte nicht für die gesamte Rohstoffgruppe repräsentativ sind. Dies beeinflusst vor allem das Trocknungsverhalten in der grobkeramischen Fertigungstechnologie.

Die Flaschentone gehören zu den hochwertigeren Tönen in Brandenburg. Sie kommen im Südostteil des Landes, in der Lausitz, hauptsächlich als Braunkohlenbegleittone vor. Leider wurden in der Vergangenheit beim Braunkohlenabbau einige Lagerstätten überfahren, andere jedoch auch im Vorfeld des Braunkohlenbergbaus im Sonderbetrieb abgebaut und die Rohstoffe gehaldet.

Aus Flaschentonen können höherveredelte grobkeramische Produkte gefertigt werden wie Klinker, Kanalklinker, Klinkerplatten und Sonderformate sowie Steinzeug. Nach entsprechenden Anwendungstests sind auch eine Reihe von Applikationen in der Umwelttechnologie denkbar, so die Verarbeitung zu Schadstoffadsorbieren, Schlitzwandmaterial und der Einsatz in der Braunkohlen-sanierung.

5.4. Septarienton

Wie die Flaschentone, so gehören auch die Septarientone zu den hochwertigen Tönen in Brandenburg. Lagerstätten existieren vor allem im Nordosten des Landes als wurzellose Tertiärschollen, die vom pleistozänen Inlandeis abgehobelt und mehr oder weniger weit transportiert wurden.

Namensgebend für die petrographische Bezeichnung Septarienton (stratigraphisch: Rupelton) sind bis brotlaibgroße Karbonatkonkretionen. Diese sollten während der Aufbereitung im Kollergang entfernt werden, um Produkte des keramischen Produktionsprozesses nicht negativ zu beeinflussen (unerwünschte Schmelzerscheinungen beim Brennen bzw. Abplatzen). Aufgrund des hohen Gehalts an ml-Mineralen sind Septarientone sehr trockenungsempfindlich und sollten einer schonenden Kammer-trocknung sowie beim Brand nur einem geringen Tem-

Tab. 5 Ergebnisse quantitativer röntgendiffraktometrischer Untersuchungen am Flaschenton von Klettwitz

	Klettwitz
Quarz	21
Kaolinit	50
DSTM	26
sonstige	3

DSTM = Dreischichttonminerale (Glimmer/Illit, Montmorillonit, ml-Mineral)

Tab. 6 Ergebnisse quantitativer röntgendiffraktometrischer Untersuchungen an Septarientonen (in Masse-%)

	Bad Freienwalde	Joachimsthal	Herzfelde ¹⁾
Quarz	20	25	21
Feldspat	5	5	10
Calcit	12	4	3
Dolomit	2	3	2
Siderit	-	-	1
Gips	-	3	-
Pyrit	-	-	1
Kaolinit	2	2	8
Chlorit	4	3	5
Glimmer/Illit	20	15	18
ml-Mineral	35	40	31
Anteil quellfähiger Schichten im ml-Mineral	ca. 40–50 %	ca. 40–50 %	ca. 40–50 %

¹⁾ Herzfelde, Kreis Uckermark.

peraturgefälle unterzogen werden (Tunnelofen). Gipsgehalte von einigen Prozent, wie beim Ton Joachimsthal nachgewiesen (aber auch das Bad Freienwalder Material kann Gipskristalle von mehreren cm Länge enthalten), können zu Ausblühererscheinungen am Produkt führen. Septarientone eignen sich für die Produktion einer Reihe grobkeramischer Erzeugnisse, so wurden in Bad Freienwalde jahrzehntelang Dränrohre produziert.

Für umweltrelevante Applikationen sind Septarientone ebenfalls geeignet, zum einen wegen der relativ hohen Kationenaustauschkapazität (bis ca. 50 mval/100 g), die für Adsorptionsprozesse genutzt werden kann, andererseits durch den geringen Durchlässigkeitsbeiwert. Aufgrund der Teilchenmorphologie (leistenförmige Morphologie der ml-Mineralen, plättchenförmige Morphologie der anderen Tonminerale Glimmer/Illit, Kaolinit, Chlorit) und des hohen Feinstkornanteils besitzt das Material eine gute Kompaktierungsfähigkeit, so daß k_f -Werte von $< 10^{-10}$ m/s erreichbar sind. Der Karbonatgehalt liegt ebenfalls unter dem von der TA Abfall für Deponiebasisabdichtungen genannten Grenzwert.

Zusammenfassung

Die vorangegangenen Ausführungen haben die Rolle rohstoffanalytischer, insbesondere röntgendiffraktometrischer Untersuchungen an Tonrohstoffen deutlich gemacht. Im Land Brandenburg gibt es nach derzeitigem Stand ca. 50 erkundete Tonlagerstätten, noch einmal so viele Höffigkeitsgebiete, ferner eine Reihe kleinerer Entnahmestellen bindiger Rohstoffe sowie bindige Materialien, die als Nebenprodukt, beispielsweise bei der Naßaufbereitung von Kiessanden, anfallen. Für den Einsatz von Tonrohstoffen in der Grobkeramik und der Umwelttechnologie wird für die nächsten Jahre ein ständig steigender Rohstoffbedarf prognostiziert (SCHOMBURG et al. 1994).

Aus diesem Potential resultiert die Notwendigkeit, das begonnene Analysenprogramm fortzuführen. Ziel für die geologische Fachbehörde ist es, bereits im Vorfeld der Regional- und Landesplanung sowie im Vorfeld wirt-

schaftlicher Aktivitäten grundsätzliche Kenntnisse zu einzelnen Rohstoffen verfügbar zu haben. Dadurch sind Daten und Argumente vorhanden, um hochwertige Lagerstätten planerisch schützen zu können bzw. die Industrie im Sinne einer optimalen Rohstoffnutzung zu beraten und zu begleiten.

Summary

There are about 50 clay deposits in Brandenburg and nearly the same number of expected clay deposits. The knowledge of the mineralogical composition of these raw materials is very slight. So the Geological Survey of Brandenburg has started a program to determine some important mineralogical and technological properties of clays in Brandenburg, for instance the determination of mineralogical composition by means of X-ray diffraction.

For the next years an increasing need of clays for applications in ceramics and environmental technologies is predicted (SCHOMBURG et al. 1994). - By determination of the most important material properties the Geological Survey is able to support the clay industries and to protect valuable clay deposits in the process of regional planning.

Literatur

- BRINDLEY, G. W. & B. BROWN (Eds.) (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. - Min. Soc. London
- Gesamtfassung der zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall). - Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12. März 1991, GMBI. (1991), H. 8
- GREIFELD, I. (1967): Ergebnisbericht mit Vorratsermittlung Objekt Ziegelton Kranepuhl 1967. - Geol. Erk. Nord, BT Berlin, (unveröff.)
- HÖDING, T. (1992): Clays of the Berlin-Brandenburg region as barrier materials for waste deposits. - 12th Conf. on Clay Min. and Petrol., p. 43, Bratislava

- HÖDING, T., SCHIRRMEISTER, L. & M. PAWLITZKY (1995): Stand der Untersuchungen quartärer Tone Brandenburgs als Rohstoffe für die Grobkeramik und den Umweltschutz. - Brandenburgische Geowiss. Beitr. **2**, S. 105–112, Kleinmachnow
- HOFMANN, U. (1942): Neues aus der Chemie des Tons. - Die Chemie **55**, Nr. 37, 38, S. 283–294
- JASMUND, K. & G. LAGALY (Hrsg.) (1993): Tonminerale und Tone. Struktur, Eigenschaften, Anwendungen und Einsatz in Industrie und Umwelt. - Darmstadt, 490 S.
- KEILHACK, K. (1892): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten. Blatt Glienecke. - Berlin, Parey
- KÖSTER, H. M. (1994): Gedanken zur Erforschung der Tonminerale und Tone. - Berichte der DTTG 1994, Hrsg. E. E. Kohler, Regensburg, 1–9
- KRANZ, G., RUCHHOLZ, M. & E. MARX (1990): Neue Referenzmaterialien - Kaoline und Tone. - Silikattechnik **41**, 330–333, Berlin
- KRANZ, G. (1991): Methodik der röntgenographischen Phasenanalyse keramischer Roh- und Werkstoffe. - Handbuch der Keramik, Freiburg i. Br., Folge 270, Folge 271
- Küchenmeister Anlagenbau GmbH (1991): Werksinformation zur Mineralogie und Rohstoffeignung des Tons Herzfelde (Uckermark). - Werksprospekt
- LUCKERT, J. (1995): Quantitative Röntgenphasen- und Korngrößenanalyse an Tonproben Brandenburgs. - Bericht LGRB Kleinmachnow, (unveröff.)
- MOORE, D. M. & R. C. REYNOLDS (1989): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. - New York.
- MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, MITTELSTAND UND TECHNOLOGIE (1995): Bewertungsschema Rohstoffvorkommen für das Projekt Regionales Rohstoffsicherungskonzept Brandenburg. - Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Brandenburg, Stand Oktober 1995 (unveröff.)
- SCHMID, H. (1994) in: DOBNER, A., ECKBAUER, M., POSCHLOD, K., PÜRNER, TH., ULBIG, A. & H. WEINIG: Erkundung mineralischer Rohstoffe in Bayern. - Bayer. Geol. Landesamt, 87 S., München
- SCHOMBURG, J., CHUDZICKI, P., LÖFFLER, M. ZWAHR, H. & R. FÖRSTER (1994): Ressourcenpotentialbewertung von Steinen und Erdenlagerstätten des Landes Brandenburg unter Berücksichtigung der Karte oberflächennaher Rohstoffe (M 1 : 300 000). - Studie DURTEC GmbH, 91 S., Neubrandenburg, (unveröff.)
- SCHULZ, I. (1991): Ergebnisbericht Ziegelton Rosengarten. - Bericht GFE Halle, Filiale Berlin, (unveröff.)
- SCHÜPPEL, D. & K. KLEEBERG (1991): Lithological composition of „Flaschenton“ clay deposits in the Lausitz region/Eastern Germany and facilities of their industrial use. - Proc. 7th Euroclay Conf., 957–960, Greifswald
- SEYFARTH, H.-H. & KEUNE, H. (1980): Phasenanalyse fester Rohstoffe und Industrieprodukte. - Leipzig, 174 S.
- STAMMBERGER, F. (Hrsg.) (1962): Instruktion zur Anwendung der „Klassifikation der Lagerstättenvorräte fester mineralischer Rohstoffe“ auf Lagerstätten toniger Gesteine in der DDR. - Zeitschr. f. angew. Geol. **8**, 598–603, Berlin
- TRIBUTH, H. & G. LAGALY (1991) (Hrsg.): Identifizierung und Charakterisierung von Tonmineralen. - Berichte der DTTG 1991, Gießen 1991, 162 S.
- TRIBUTH, H. (1991): Qualitative und „quantitative“ Bestimmung der Tonminerale in Bodentonen. - In: TRIBUTH, H. & G. LAGALY 1991, S. 37–85
- VALTIN, H.-J. & B. ULLRICH (1991): Vorschlag einer stofflichen Klassifizierung von Spezialtonen. - Keram. Z. **43**, 940–949
- WIEGMANN, J., HORTE, C.-H. & G. KRANZ (1982): Determination of the complete mineral composition of clays. - Proc. 7th. Internat. Clay Conf. 1981, Elsevier Amsterdam-Oxford-New York

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 107

Anschrift des Autors:

Dr. Thomas Höding

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

* Vorgetragen am 17. Januar 1996 anlässlich der 1. Fachtagung des LGRB über „Röntgenphasenanalyse bindiger Sedimente – eine Standortbestimmung“.

TAGUNGSBERICHT

Nationaler Geochemie-Kongreß

22. – 24. September 1997 in Mexico-City

STEFFEN GIESE & ANDREAS SIMON

Die Geochemische Gesellschaft des Geologischen Instituts der Nationalen und Autonomen Universität von Mexico (UNAM), war der Veranstalter des VII. mexikanischen Kongresses für Geochemie. Zu den fast 300 Teilnehmern gehörten in diesem Jahr auch zwei Geologen des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB). Der Schwerpunkt der Tagung lag auf dem Gebiet der Umweltgeochemie. Auf diesem Sektor besteht großer Handlungsbedarf, der sich auch in der anschließenden Podiumsdiskussion widerspiegelte. Das abwechslungsreiche und interessante Vortragsprogramm beinhaltete folgende Themen:

1. Isotopengeochemie (6 Vorträge)
2. Hydrogeochemie (6 Vorträge)
3. Geochemische Exploration (3 Vorträge)
4. Vulkanologie (5 Vorträge)
5. Erdöl-Geochemie (3 Vorträge)
6. Umweltgeochemie (13 Vorträge)
7. Chemische Aspekte der Geothermie (4 Vorträge)
8. Marine Geochemie (9 Vorträge)
9. Mineralogie (7 Vorträge)
10. Analytische Geochemie (9 Vorträge)
11. Biogeochemie (1 Vortrag)

Der Kongreß tagte im Seminarzentrum „Dr. Ignacio Chavez“ der Universitätsstadt, deren Bibliotheksgebäude mit seinem beeindruckenden Natursteinmosaik weltweit bekannt ist.

Der Vortrag der Mitarbeiter des LGRB hatte die Altbergbausanierung mit Braunkohlefilteraschen zum Inhalt. Er fand großen Anklang und es wurde eine deutsch-mexikanische Arbeitsgruppe gebildet, die die Sanierungsmöglichkeiten von Altbergbauzonen in Mexico-City auf der Basis vulkanischer Aschen untersuchen soll.

Die Präsentation des Posters „Geogene Schwermetallgehalte in quartären Sedimenten Brandenburgs“ (PARSEGLA, FEUERBACH & THIEKE) fand beachtliche Aufmerksamkeit hinsichtlich der angewandten Methodik und der im Rahmen des BMBF-Projektes „Elbe 2000“ erzielten Ergebnisse.

Auf der Abschlußveranstaltung wurden neben vielen fachlichen Diskussionen auch zahlreiche persönliche Kontakte aufgebaut und vertieft. Der Abend klang vor der historischen Kulisse der kolonialen Barockpaläste und Museen des Bezirkes Coyoacan aus.

Im September 1998 findet der erste Kongreß aller geowissenschaftlichen Gesellschaften Mexicos statt, auf dem der Stand der angestrebten Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Verwendung von künstlichen und natürlichen Aschen zur Hohlraumsanierung dargestellt werden wird.

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 108

Anschrift der Autoren:

Steffen Giese & Andreas Simon

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

LANDESAMT

Das Bohrkern- und Probenarchiv (BPAB) des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

JÜRGEN WASTERNAK

1. Bohrtätigkeit im Land Brandenburg

Im Gebiet des Landes Brandenburg wurden seit dem Abteufen der ersten Bohrungen in den Jahren 1826 und 1827 zur Erkundung der Kalkvorräte in Rüdersdorf bis zum Jahre 1990 132 906 Bohrungen mit einer Gesamtlänge von mehr als 8,37 Mill. Bohrmetern gebohrt, davon bis 1945 13 068 Bohrungen mit 0,83 Mill. Bohrmetern und zwischen 1945 und 1990 110 593 Bohrungen mit 7,22 Mill. Bohrmetern (Abb. 1 und 2). Da im ausgewerteten Datenspeicher bei 14 961 Bohrungen die Endteufenangaben noch nicht verwertbar sind (Mangel in der Quelle des Speichers), muß die tatsächliche Bohrmetersumme, auch der letzten Gruppe, um mehrere 10 000 oder sogar um 100 000 Meter höher angesetzt werden.

Nur von den Bohrungen aus der Zeit von 1945 bis 1989 sind Bohrkern erhalten geblieben. Sie bilden den Hauptinhalt des Bohrkern- und Probenarchivs (nachfolgend BPAB genannt). Bohrkern- oder -proben aus der Bohrtätigkeit nach 1990 werden, soweit sie von den Eigentümern dem Landesamt zur Verwahrung oder endgültigen Übernahme angeboten werden, ebenfalls im Archiv aufbewahrt. Sie sind nicht Gegenstand dieser Darstellung.

Unter den überwiegend rohstoffgeologischen Zielen, mit denen die Bohrungen geteuf wurden, dominieren Braun-

kohle (69 000 Bohrungen), Hydrogeologie (31 000), Steine und Erden (13 900) und Ingenieurgeologie (12 400). 1 019 Bohrungen sind der Kategorie Kartierungsbohrungen zugeordnet worden. Die Endteufen verteilen sich in Abhängigkeit von den Aufgabenkategorien auf einen sehr großen Bereich zwischen < 10 und 7 000 m (Abb. 3).

2. Archivierung der Ergebnisse aus der Bohrtätigkeit im Land Brandenburg

Das Bohrkern- und Probenarchiv ist Teil eines Systems von drei wechselseitig wirksamen Archiven, in denen die Daten und Ergebnisse der im Land Brandenburg bisher gebohrten oder zukünftig niederzubringenden Bohrungen gespeichert sind bzw. werden:

- das Dokumentenarchiv
- die bohrungsbezogenen Teile der Geowissenschaftlichen Datenbank Brandenburg (GeoDaB)
- das Bohrkern- und Probenarchiv

Jedes der drei Archive ("Datenspeicher" i.w.S.) widerspiegelt die Ergebnisse der Bohrungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten und mit unterschiedlicher Vollständigkeit.

Das Dokumentenarchiv enthält die i. a. vollständigsten und vor allem die primären Datensammlungen und Ergebnisdarstellungen über die Bohrungen. Allerdings sind Recherchen geologischer Fakten in diesem Archiv oft zeitraubend, da die Angaben nicht immer komprimiert archiviert sind. Darüber hinaus beruhen die Gesteinsansprache und stratigraphische Einstufung in den schriftlichen Dokumenten „nur“ auf den Kenntnissen des bearbeitenden Geologen und dem allgemeinen Kenntnisstand zur Zeit der Dokumentenherstellung.

Die elektronischen Datenspeicher über die im Lande abgeteufte Bohrungen, die Bestandteil der vom Dezernat Datenverarbeitung/Datenbanken aufgebauten und geführten GeoDaB sind, beruhen ebenfalls nur auf dem Kenntnis-

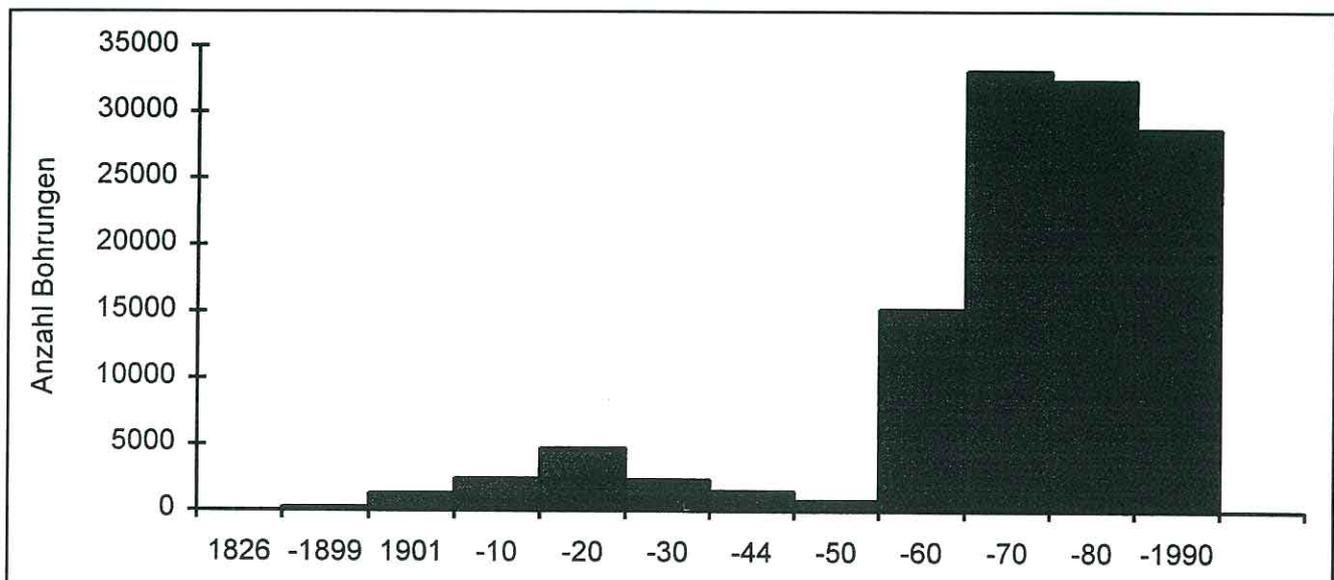


Abb. 1 Anzahl der im Land Brandenburg von 1826 (erster Nachweis) bis 1990 niedergebrachten Bohrungen

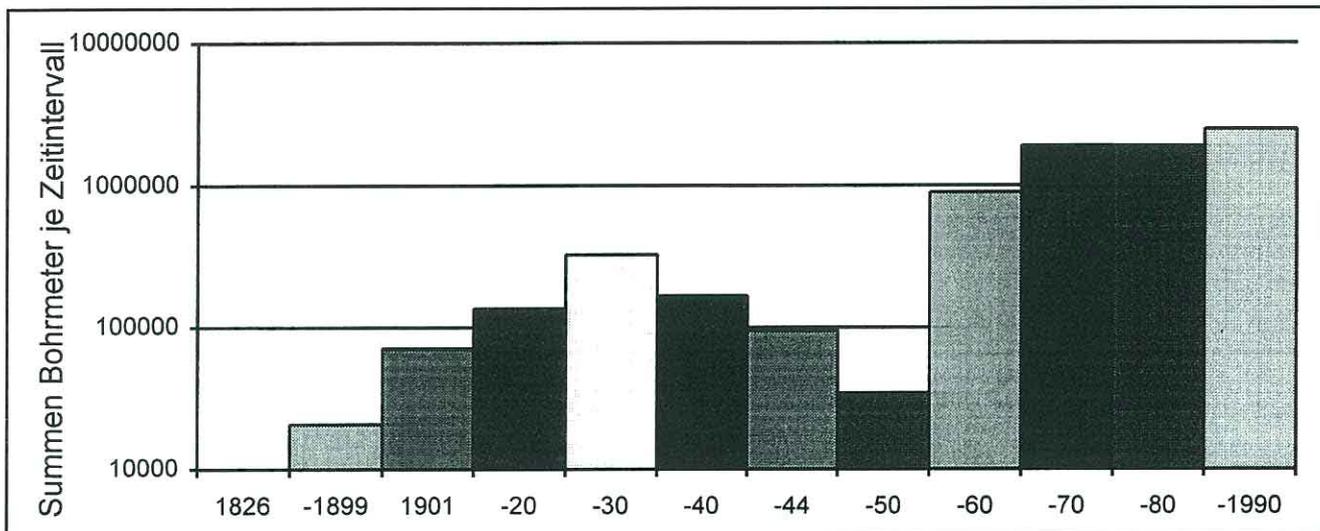


Abb. 2 Summen der Bohrmeter je Zeitintervall zwischen 1826 (erster Nachweis) und 1990

stand der Dokumenteninhalte, ermöglichen aber einen wesentlich schnelleren und komplex verarbeitbaren Zugriff auf die erfaßten Daten (KRETZSCHMAR et al. 1997). Der besondere Wert dieser Archivart liegt in der Vollständigkeit der Erfassung der in der Landesfläche geteufte Bohrungen in Form ihrer Stammdaten, während die Verfügbarkeit geologischer Daten aus diesen Bohrungen in Abhängigkeit von der bisher verfügbaren Arbeitskapazität zur Füllung der Speicher (Datenübernahmen und Neucodierungen) für die verschiedenen Teilbestände an Bohrungen in der GeoDaB unterschiedlich ist. Außerdem ist die Nutzung dieser Archivart fallweise dadurch eingeschränkt, daß die geologischen Sachverhalte vor allem aus Arbeitskapazitätsgründen nicht bis in alle ursprünglich schriftlich erfaßten Einzelheiten in den elektronischen Speicher aufgenommen werden konnten, obwohl sie u. U. für eine bestimmte Interpretation benötigt werden. Das betrifft z. B. die lithologische Kennzeichnung der Schich-

ten und Gesteine in den prätertiären Anteilen von Bohrungen. Hier setzt die Notwendigkeit der Wechselwirkung des elektronischen Datenspeichers mit dem Dokumentenarchiv ein. Trotz dieser einschränkenden Bemerkungen haben die bohrungsbezogenen Datenspeicher der GeoDaB eine wesentliche Funktion auch bei der Verwaltung und Nutzung des Bohrkern- und Probenarchivs.

Geologische (vor allem stratigraphische und lithologische) Parameter sind in der GeoDaB in mehreren Datenspeichern enthalten, die überwiegend als fertige oder teilerfertige Speicher übernommen und angepaßt wurden (Datenspeicher HYRA, Datenspeicher Känozoikum, Datenspeicher Erkundung Braunkohle, Datenspeicher Erdölbohrungen). Für vor allem stratigraphisch orientierte Recherchen haben die 1991 und 1992 begonnenen bzw. angefertigten „Datenspeicher Prätertiär“ (zu 33 % stratigraphisch gefüllt) und „Datenspeicher Bohrkerne Känozoikum“ (gefüllt) Bedeutung. Eine orientierende stratigraphische Zu-

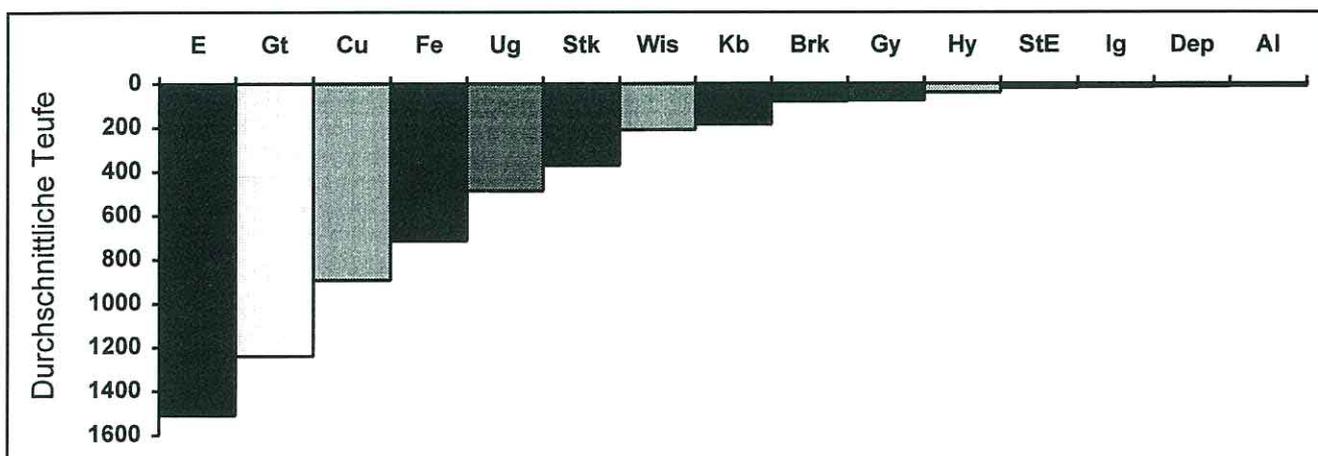


Abb. 3 Durchschnittliche Teufen der Bohrungen für die verschiedenen Aufgabenstellungen

Brk – Braunkohle, Cu – Kupferschiefer, E – Erdöl, Fe – Eisenerz, Gt – Geothermie, Gy – Geophysik. Untersuchungen, Hy – Hydrogeologie, Ig – Ingenieurgeologie, Kb – Kartierungsbohrungen, Stk – Steinkohle, Ug – Untergrundspeicher, Wis – Wismut, Dep – Deponieuntersuchung, Al – Aluminiumrohstoffe

ordnung der aus dem ehemaligen Geologischen Probenarchiv Bernau übernommenen Bohrkern ist mit Hilfe der uns zur Verfügung stehenden Standortdateien dieses aufgelösten Archivs möglich.

Die Inhalte des Bohrkern- und Probenarchivs bilden heute und in Zukunft die einzige Möglichkeit, die schriftlich dargestellten ursprünglichen geologischen Beobachtungen zu überprüfen bzw. zu ergänzen. Nur diese Inhalte ermöglichen neue Untersuchungen an dem größtenteils vor zwanzig bis vierzig Jahren gewonnenen Material zur Beantwortung bisher unbekannter Fragen oder mit Methoden, die aufgrund des gerätetechnischen Fortschritts neu entwickelt wurden und werden.

Naturgemäß ist dieses Archiv in Bezug auf die Gesamtzahl der Bohrungen das am wenigsten vollständige im oben genannten System. Sein Bestand gibt aber die geologisch konkreteste Auskunft über die aufbewahrten Abschnitte der Bohrungen. Darin liegt sein besonderer, durch die beiden anderen Archive nicht ersetzbarer Wert.

3. Entstehung des Bohrkern- und Probenarchivs

Der weitaus größte Teil der aus der Bohrtätigkeit nach 1945 im Land Brandenburg archivierten Bohrkern- und -proben lagerte 1990 im Geologischen Probenarchiv (GPA) Bernau (LANGE 1992). Entsprechend den Ergebnissen der Tätigkeit der Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Geowissenschaftliche Datenspeicher der ehemaligen DDR“ (LÜHE & KLEINSTÄUBER 1994, LÜHE et al. 1996) wurden die Bernauer Bestände (zu diesem Zeitpunkt in der Verwaltung der UWG GmbH Berlin) im Frühjahr 1993 in die Verantwortung der neu gegründeten geologischen Landesämter der fünf neuen Bundesländer gegeben. Proben aus brandenburgischen Bohrungen, die im GPA Bernau Bestandteil des Archivteils „Wissenschaftliche Sammlungen“ waren, verblieben dort und wurden von der „Wissenschaftlichen Sammlung Berlin“ in der Außenstelle Berlin der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) übernommen. Das zu diesem Zeitpunkt erst ein Jahr bestehende Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) besaß damals weder eine eigene Liegenschaft noch stand ein Gebäude für die nutzungsfähige Unterbringung des Materials zur Verfügung. Anfängliche Überlegungen, die Kerne und Proben über ein Mietverhältnis mit der UWG GmbH Berlin, dem Eigentümer des Bernauer Lagers an ihrem Standort zu belassen, mußten wegen zu hoher Dauerkosten fallengelassen werden. So standen im späten Frühjahr 1993 drei Varianten des Umganges mit dieser „Erbschaft“ zur Entscheidung: ausschlagen, annehmen und vor dem Abtransport verkleinern oder abtransportieren wie sie „steht und liegt“.

Es ist das persönliche Verdienst des verstorbenen Direktors des LGRB, Herrn Dr. G. Schwab, die Bedeutung dieser steinernen Dokumente aus 40 Jahren geologischer Aufschlußtätigkeit für die zukünftige Arbeit des Amtes und der geowissenschaftlich arbeitenden Institutionen der Region Berlin-Brandenburg erkannt und die Notwendigkeit ihrer möglichst vollständigen Erhaltung trotz der vielfältigen Probleme in der Aufbauphase des Amtes nachdrück-

lich vertreten zu haben. Die Variante „ausschlagen“ stand für ihn nicht zur Debatte.

Somit begann im April 1993 mit zwei ABM-Kräften die Verpackung der Kernkisten auf Paletten und ihr Abtransport mit 24-t-Sattelschleppern in „Notunterkünfte“ in Berlin-Rosenthal und Kleinmachnow. Am 7. September 1994 wurden die vorerst letzten Kisten aus brandenburgischen Bohrungen abtransportiert. In einer weiteren von Dr. Schwab geförderten Aktion konnten im April 1995 noch einmal Bohrkern- der Erdöl-Erdgas-Gommern GmbH übernommen werden, da diese ihren Bestand im Lager Bernau ebenfalls auflöste.

Zu diesem Zeitpunkt begannen bereits die Aufräumarbeiten in dem dem LGRB Ende 1994 als Kernlagerstandort angetragenen Objekt: vier ehemalige Panzergaragen im Konversionsgebiet der von russischen Streitkräften im September 1994 an Deutschland übergebenen Garnison Wünsdorf (Abb. 4). Nach fünf Monaten Sanierungsarbeiten konnte im September 1995 eine Halle vorläufig übernommen und am 7. November mit der Umlagerung der Paletten aus den vorläufigen Quartieren begonnen werden. Dieser vorletzte Akt in der Entstehungsgeschichte des Archivs zog sich aus finanziellen Gründen bis zum 12. September 1996 hin. An diesem Tage wurde die letzte Palette mit Kisten aus dem DDR-Altbestand in dem nunmehr zur neugegründeten Gemeinde Waldstadt gehörenden Bohrkern- und Probenarchiv des Landesamtes abgeladen. Zuvor hatte am 11. März 1996 die endgültige Übernahme der vollständig sanierten und ausgerüsteten Gebäude vom Landesbauamt und am 28. Juni 1996 die Einweihung des Archivs stattgefunden (Abb. 5). Die lagertechnischen Voraussetzungen für einen Zugriff zu allen eingelagerten Kisten waren aber erst mit der Entpackung der letzten Palette mit Kernkisten mit Bohrproben Ende Januar 1997 geschaffen. Unabhängig davon waren, teilweise unter erheblichen erschwerenden Bedingungen, bereits in allen Phasen nach der Auslagerung aus Bernau Nutzerwünsche erfüllt worden.

4. Archivausrüstung

Das Archiv ist in vier Hallen mit Nutzflächen von (1) 1 216 m², (2) 1 221 m², (3) 1 105 m², (4) 1 180 m² untergebracht. Die Nutzungshöhe beträgt 3,5 bis 4 m.

Eine Halle enthält einen beheizten Trakt mit Büro, Umkleieraum, Toilette, Wasch-/Duschraum und eine Teeküche sowie mit einem labormäßig ausgestatteten Probenvorbereitungsraum und einem Raum für eine Gesteinstrennmachine. Ebenfalls beheizbar ist ein Raum mit einer 28 m langen Kernauslegestrecke. Eine ebenso lange Fensterfront und ein gleichlanges Leuchtenband sorgen für stets gute Lichtverhältnisse bei der Arbeit am Kern.

Die Lagerhallen sind nicht heizbar. In einer von ihnen existiert eine weitere Auslegestrecke mit Fensterfront und Leuchtenband für Arbeiten im „Sommerbetrieb“. Die parallel zueinander angeordneten Hallen sind in ihrer Mitte durch Betonbahnen miteinander verbunden. Die Kernauslegestrecke im beheizten Trakt ist mit Gabelstapler oder Elektrohubwagen direkt bedienbar.



Abb. 4 Panzergaragen in der ehemaligen Garnison Wünsdorf nach Beginn der Entkernungsarbeiten (Tore fehlten bereits bei der Übernahme)

Folgende Prämissen für Lagerung und Nutzung waren bei der Planung der Sanierung zu berücksichtigen:

1. Die ständige Aufbewahrungsform der Kisten mit Bohrkern konnte aus Kostengründen für Regalausrüstung und Arbeitskräfte nur die durch die Auslagerung aus Bernau vorgegebene Palettenlagerung sein.
2. Bei den Bohrproben erforderten die geringen Kistenzahlen je Bohrung die nutzungsfördernde Einzelkistenlagerung in Fachbodenregalen.
3. Die für Gabelstapler erforderliche Gangbreite ist bei der gegebenen geringen Gebäudehöhe in Bezug auf die Volumenausnutzung ineffektiv; Gabelstapler erfordern zugelassenes Personal.

Aus diesen Prämissen ergab sich die realisierte Lösung: überwiegende Palettenlagerung in zweietagigen Regalen

mit Gangbreiten von 2,50 m, die für handgeführte Elektrohubwagen ausreichen, „Ferntransporte“ oder Abladen von Fahrzeugen mit dem Gabelstapler, Einzellagerung der Kernkisten mit Proben und von unbearbeiteten Neuzugängen in Fachbodenregalen.

Die Regalausrüstung des Archivs umfaßt: 1 593 m zweietagige Palettenregale, d. h. 3 186 lfd.. Regalstellmeter für insgesamt 1 450 Paletten (Abb. 6) sowie 137 m Fachbodenregale mit insgesamt 1 210 lfd Meter Fachböden für drei Kistengrößen oder Plasteliner. Die ganzjährig benutzbare Auslegestrecke ist als Rollenband, die andere als Starrgestell ausgeführt.

Die Palettenentnahme oder -wiedereinordnung wird mit Elektrohubwagen (1,2 t Tragfähigkeit) durchgeführt. Sie werden auch zu Transporten innerhalb und zwischen den



Abb. 4 Die Schlüsselübergabe durch das Landesbauamt Potsdam anlässlich der Einweihung am 28. Juni 1996 an den Direktor Dr. G. Schwab (†) ist vollzogen.

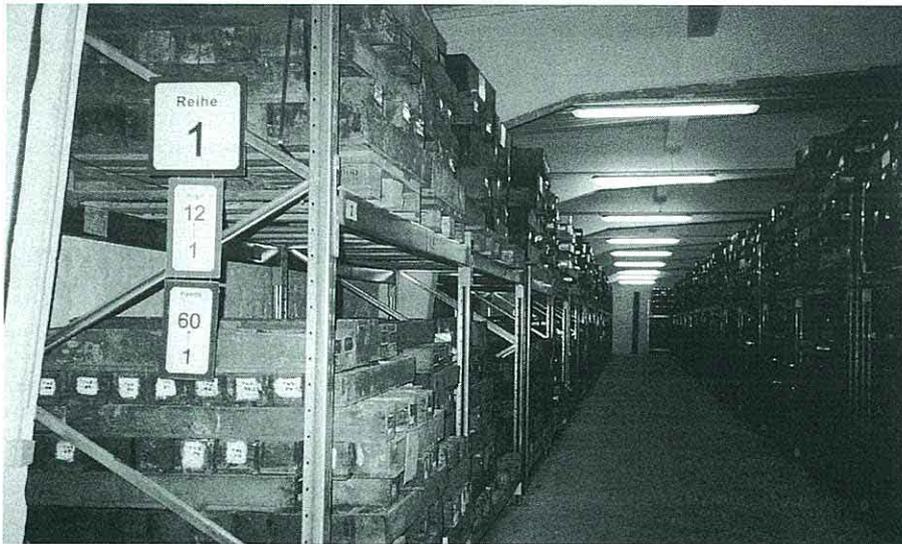


Abb. 6 Palettenaufbewahrung in zweietagigen Regalen; Bedienung mit handgeführten Elektrohubwagen

Hallen benutzt. Für die Bewegung größerer Mengen von Paletten oder für LKW-Entladungen steht ein Elektrogabelstapler (1,5 t Tragfähigkeit) zur Verfügung.

5. Archivinhalt

Nach der Art des Aufbewahrungsgutes gliedert sich der Inhalt des Archivs in

- Bohrkern: vollständig aufbewahrte Kernstrecken,
- Bohrproben: kontinuierlich oder unregelmäßig bis vereinzelt entnommene Kernstücke oder Proben aus Kernen.

Ca. 75 000 Kisten mit Bohrkernen stehen ca. 5 000 Kisten mit Bohrproben gegenüber.

Kerne und Proben stammen aus ca. 1 300 Bohrungen. Die Kistenzahl je Bohrung schwankt zwischen eins und mehreren hundert. In der „Wissenschaftlichen Sammlung Berlin“ der Außenstelle Berlin der BGR befinden sich darüberhinaus aus brandenburgischem Landesgebiet ca. 13 300 Proben aus ca. 480 Bohrungen und Aufschlüssen, überwiegend aus Arbeiten nach 1945.

Die Erschließung des geologischen Inhaltes der Archivbestände (Stratigraphie, Lithologie) steht noch aus. Für Recherchen können zum Teil die Standortdatei des ehemaligen Geologischen Probenarchivs Bernau und gespeichert vorliegende Daten der Erdölbohrungen genutzt werden.

Eine überschlägige Abschätzung ergibt für den Bohrkernbestand Anteile von ca. 7 % Quartär, 13 % Tertiär, 66 % Mesozoikum und Perm sowie 14 % Altpaläozoikum und Proterozoikum. Für den Bohrprobenbestand können diese Zahlen erst nach einer Erfassung der tatsächlichen Kisteninhalte mit Hilfe von Probenlisten aus den Bohrungsakten ermittelt werden. Diese Arbeit wird nur schrittweise erfolgen können.

6. Archivstruktur

Die Aufbewahrung des Archivgutes soll einerseits so platzsparend wie möglich sein (Kompaktlagerung), andererseits

aber soll sie einen möglichst einfachen Zugriff zu den kleinsten Einheiten des Archivgutes ermöglichen (geol. Probe, Bohrkern eines bestimmten Teufenmeters).

Eine Grundlage für die platzsparende Ordnung im Archiv ist eine möglichst geringe Zahl von Typen der Aufbewahrungshilfsmittel und ihre gegenseitige Kombinierbarkeit. Da Bohrkern den weitaus überwiegenden Anteil am Volumen des Archivgutes haben, ist die vorgegebene und die bei weitem vorherrschende kleinste Aufbewahrungseinheit die Bohrkernkiste (100 × n × n cm). Sie dient neben der Bohrkernaufbewahrung auch der Aufnahme von Bohrproben. Daneben werden für diese auch andere, auf Paletten stapelfähige Behälter verwendet. Eine geringe Menge Großprobenmaterial befindet sich in 50–70 kg-Säcken.

Die kleinsten Aufbewahrungshilfsmittel werden im wesentlichen nur in einem Typ von Zwischenbehältnis für die Lagerung in Regalen oder auf Bodenstellplätzen zusammengefaßt: auf Euro-Paletten. Für Säcke kommen Gitterboxen mit Euro-Maß zum Einsatz.

Die Regale stellen das größte Aufbewahrungshilfsmittel des Archivs dar und sollen mit den kleineren Einheiten möglichst volumenverlustlos gefüllt werden. Regalfreie Flächen sollen nur mit dem Zwischenbehältnis Palette benutzt werden. Schränke sind für dieses Archiv nicht vorgesehen.

Bei der Konzipierung der Archivstruktur wurde von folgenden Grundsätzen ausgegangen:

- Kisten mit kontinuierlichem Bohrkern werden auf Paletten gestapelt und für immer in Palettenregalen gelagert,
- Kisten mit Bohrproben werden wegen ihrer geringen Zahl je Bohrung und der Notwendigkeit schneller Zugriffsmöglichkeit in Fachbodenregalen gelagert.

Zahlreiche Bohrungen mit > 12–15 bis 20 Kisten mit Bohrproben und knapp werdende Fachbodenkapazität sowie Neuzugänge größerer Mengen von Lockergesteins-

proben führten zur teilweisen Aufgabe des Grundsatzes und zur Lagerung von Kisten mit Proben in Stapeln auf Paletten. Die Wiederfindbarkeit wird dadurch nicht beeinträchtigt, nur Zugriff und Wiedereinsortierung werden langsamer.

Die Ordnung im Archiv wird nicht nur durch die Arten der Aufbewahrungshilfsmittel sondern auch durch ihre Aufstellordnung (Verteilung und Anordnung) in den Lagerräumen bestimmt. Sie folgt für die umgelagerten Bohrkernkisten im Grundsatz dem „Chaosprinzip“¹⁾: mehrere kleinste Einheiten, die ihrer Herkunft nach eine zusammengehörige Reihe bilden, können an den verschiedensten Standorten im Lager aufbewahrt werden, wenn diese so erfaßt und verwaltet werden, daß die Einheiten jederzeit (unabhängig vom Anblick am Standort) exakt aufgefunden und damit zeitweise zusammengeführt werden können.

Die Zusammenführung von Reihen zusammengehöriger Aufbewahrungseinheiten („Ordnen des Chaos“) erfolgt durch Erfassungslisten und die Verwaltung der Daten in einer Datenbank.

Das „Chaosprinzip“ bedeutet den Vorrang der Lagervolumen-Ausnutzung vor der Herstellung und Erkennbarkeit der ursächlichen Reihenfolge der jeweils zusammengehörigen Archivinhalte (Bohrkerne, -proben) an jeweils einem einzigen Standort. Es ermöglichte, die technologischen Ungleichmäßigkeiten des Umlagerungsprozesses der Kisten auszugleichen. Auch die ehemals ungleichmäßigen Standorte zusammengehöriger Kisten im Lager Bernau behinderten so nicht den Ablauf der Kette Verpackung - Transport - Wiedereinlagerung. Es darf aber nicht übersehen werden, daß in ungünstigen Fällen größerer Verstreutheit der zukünftige Nutzungsablauf behindert wird. Die gegebenen und auch weiterhin zu erwartenden Voraussetzungen hinsichtlich der Faktoren Zeit und Arbeitskräfte ließen aber für den umgelagerten Bestand keine andere Wahl. Neueingänge werden nach ursächlicher Zusammengehörigkeit im Lager abgestellt. Das Prinzip mußte vor allem bei der Einlagerung der Kisten mit Proben und nur in relativ geringem Umfang bei Kernen angewendet werden.

Nach der Ermittlung der Standorte gesuchter Archivobjekte (Bohrkerne oder Bohrproben aus bestimmten Teufen einer Bohrung) ist die optisch übersichtliche Kennzeichnung aller Aufbewahrungshilfsmittel eine wichtige Voraussetzung für die schnelle Auffindbarkeit der Objekte. Diese Kennzeichnung ist der äußere Ausdruck der Ordnungsstruktur des Archivs. Da die kleinsten Aufbewahrungseinheiten überwiegend keine Kennzeichnung mit Angabe des Herkunftsortes tragen, ist ein Zugriff ohne PC oder listengebundener Standortrecherche nicht möglich.

Alle Aufbewahrungshilfsmittel tragen numerische Kennzeichnungen, die sich zu elektronisch speicherbaren Standortangaben verarbeiten lassen:

¹⁾ In dieser Anwendung wurde der Begriff von Verwalten eines Probenarchivs im Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld übernommen.

- Bohrkernkisten mit Bohrkern: lfd. Nummern innerhalb einer Bohrung, bei 1 beginnend (Kiste mit oberstem Kern aus der Bohrung), Anzahl offen;
- Bohrkernkisten oder Behälter mit Bohr- oder Aufschlußproben: lfd. Nummern innerhalb einer Bohrung oder eines Objektes;
- Paletten: lfd. Nummern, bei 1 beginnend, Anzahl durch Stellplatzkapazität bestimmt;
- Regalreihen (Paletten- und Fachbodenregale): lfd. Nummern, in jeder Lagerhalle bei 1 beginnend;
- Regale: lfd. Nummern, in jeder Reihe bei 1 beginnend;
- Regalfächer: lfd. Nummern, in jedem Regal oben bei 1 beginnend.

Die Kistennumerierung ist bereits seit dem Abteufen der Bohrung festgelegt und in verschiedenen Formen sehr unterschiedlicher Qualität auf den Stirnseiten der Kisten angebracht. Bei Behältern wird sinngemäß verfahren. Die Paletten sind seit dem Transport mit deutlich sichtbaren Nummern gekennzeichnet. Diese wurden in kontinuierlicher Reihenfolge den Stellplätzen in den Palettenregalen in einer Vorvergabe zugeordnet und mit Hilfe von wechselbaren Magnethafschildern auch an den Regalen angebracht.

Regale und Regalfächer sind gegenwärtig noch nicht gekennzeichnet. Ihre Numerierung führt zukünftig zu einer mindestens dreiteilig strukturierten Standortnummer für Paletten in Palettenregalen bzw. Einzelkisten in Fachbodenregalen, die in der Standortdatei festgeschrieben wird (s. u.). Bodenstellplätze können in dieses System einbezogen werden. Für sie wäre aber auch die Anwendung von „Koordinaten“ in einem über den Grundriß jeder Halle gelegten Plangitter denkbar.

7. Grundzüge der Datenbank Bohrkern- und Probenarchiv als Teil der Geowissenschaftlichen Datenbank Brandenburg

Infolge der gegenwärtig ausschließlich altverschlüsselten äußeren Kennzeichnung der Aufbewahrungseinheiten und bei der gegebenen Einlagerung der Archivobjekte nach dem „Chaosprinzip“ ist ein effektives Auffinden von Kisten letztlich nur mittels einer Datenbank möglich.

Die geplante Klartextkennzeichnung der Aufbewahrungseinheiten hebt die Notwendigkeit der Datenbankanlage nicht auf. Sie dient vor allem der schnellen und eindeutigen Identifizierung von Kisten, die sich zur Nutzung außerhalb ihres Regalstandortes befinden.

Die Datenbank für das Bohrkern- und Probenarchiv muß für jedes Archivobjekt folgende Fragen beantworten können:

- Herkunft,
- Geologische Merkmale,
- Standort im Archiv.

Die im Aufbau befindliche Datenbank wird im Datenbanksystem Access angelegt. Das Grundgerüst bilden die Stammdaten der GeoDaB einschließlich der Ident-Nr. für

jede Bohrung. Diese Nummer ist die Grundlage der Verknüpfung von Dateien und Feldern bei der Recherche nach Kisten, die einer geologisch oder geographisch gestellten Frage genügen.

Die Bohrkernkiste als kleinste Aufbewahrungseinheit ist in Form ihrer Nummer innerhalb ihrer Bohrung auch die kleinste Erfassungseinheit in der Datenbank. Jede Kiste bildet einen Datensatz. Damit wird die Datenbank z. Z. einen Umfang von ca. 80 000 Datensätzen erreichen.

Zu folgenden Recherchefragen sind Dateien angelegt bzw. konzipiert:

1. Bohrungen, aus denen Kerne oder Proben im BPAB aufbewahrt werden
(Felder: Ident-Nr. Bohrung, Namenskürzel Bohrung einschließlich Nummer und Jahr, Langname)
2. Teufen der Kisten
(Felder: Ident-Nr. Bohrung, Kisten-Nr., Teufe Oberkante des Kernmarsches, aus der die Kiste stammt, Teufe Unterkante des gleichen Kernmarsches)
3. Standorte der Kisten
(Felder: Ident-Nr. Bohrung, Nr. Palette, Nr. Lage auf der Palette, Nr. Position in der Lage, Nr. Halle, Nr. Regalreihe, Nr. Regal, Nr. Regalfach, Nr. Position im Regalfach (nur bei Einzelkistenlagerung in Fachbodenregalen))
4. Stratigraphie des Kisteninhalts
(Felder: Ident-Nr. Bohrung; Nr. Kiste; Symbol aus Symbolschlüssel Geologie GeoDaB für stratigraphische Zuordnung des Inhaltes jeder Kiste)

Die Dateien zu 1. und 3. sind zu ca. 70 % fertiggestellt. Dabei liegen die Schwierigkeiten hinsichtlich der Verwendung bereits früher elektronisch gespeicherter Daten im Detail. So stimmen z. B. die Namen von ca. 15 % der Bohrungen in der übernommenen Standortdatei des ehemaligen GPA Bernau nicht mit denen in der GeoDaB überein oder fehlen in dieser. Die richtige Zuordnung zu den Stammdaten der GeoDaB oder die Neuaufnahme ist nur durch Kleinarbeit in den Primärdokumenten möglich. Die vollständige Fertigstellung dieser Dateien sowie die Datenerfassung für die Datei zu 2. sind die wichtigsten Voraussetzungen für einen wenigstens in Grenzen effektiven Ablauf der in Pkt. 8 erläuterten gemischten Recherche nach Archivinhalten zu einer konkreten Fragestellung.

8. Gegenwärtige Suchmöglichkeiten nach den Archivobjekten und ihrem Standort

Die Suche nach Archivobjekten verläuft beim gegenwärtigen Stand der Datenbankfüllung je nach Art der Fragestellung des Nutzers einfach oder unterschiedlich kompliziert. Sind Bohrung und Kisten-Nr. bekannt, kann der Standort direkt in den nach Bohrungsnamen geordneten schriftlichen Erfassungslisten oder PC-Dateien ermittelt werden. Alle anderen Arten von Fragen erfordern aufgrund des Füllungsstandes sowohl der BPAB-Datenbank als auch der GeoDaB gemischte Recherchen in schriftlichen Unterla-

gen und elektronischen Speichern und hier auch oft in Dateien, die aufgrund des erreichten Bearbeitungsstandes noch nicht verknüpfbar sind.

Werden z. B. Archivobjekte aus einer bestimmten stratigraphischen Einheit in einer konkreten Bohrung gesucht, kann gegenwärtig entweder in der mit stratigraphischen Angaben ausgestatteten Standortdatei des GPA Bernau direkt die Kisten-Nr. oder als Zwischenschritt im schriftlichen Schichtenverzeichnis oder im Datenspeicher Erdölbohrungen die Teufe der gesuchten stratigraphischen Einheit ermittelt werden. Mit der Teufenkenntnis lassen sich anschließend in den für die meisten Bohrungen vorliegenden Listen der „Kernmarschverzeichnisse“ das Vorhandensein von Kern und die gesuchten Kisten-Nrn. finden. Danach erfolgt der eingangs genannte einfache Suchvorgang für das Vorhandensein und den Standort der Kisten im BPAB.

Alle Fragen nach lithologisch/petrographischen Eigenschaften der Archivobjekte können z. Z. nur auf dem Weg über die schriftlichen Bohrungsunterlagen und die Teufe beantwortet werden, da keine der Teildateien mit stratigraphischen Angaben eine durchgehende Erfassung der Gesteine enthält.

Werden die Fragen nach Vorhandensein von Bohrkernmaterial nicht in Bezug auf eine konkrete Bohrung sondern regional in Bezug auf eine bestimmte Schicht gestellt, können die Bohrungen, die das Schichtglied enthalten, vorläufig nur in den stratigraphischen Feldern der Bernauer Standortdatei und der Erdölbohrungsdatei gesucht werden. Danach muß in einem gesonderten Schritt das Vorhandensein von Bohrkernen oder -proben im Bestand des BPAB geprüft werden. Teilweise müssen die Kistennummern auf dem Umweg über Schichtteufe und Kernmarschverzeichnis mit Kistentiefe ermittelt werden.

Diese Zustandsdarstellung macht deutlich, daß der Aufbau einer effektiv arbeitenden Datenbank für den Bohrkern- und Probenbestand des BPAB Waldstadt einerseits sehr wesentlich vom Füllungsstand der stratigraphischen Teile der **Geowissenschaftlichen Datenbank Brandenburg** abhängt und andererseits davon, wie schnell die Dateneingabe der Kernmarschteufen zu den bereits elektronisch gespeicherten Kisten-Nrn. jeder im BPAB vertretenen Bohrung realisiert werden kann. Angesichts der Arbeitskräftesituation ist abzusehen, daß noch auf längere Zeit mit Provisorien bei der Verwaltung des BPAB gearbeitet werden muß. Nach Ansicht des Autors sollte daher auch, um in absehbaren Zeiträumen wenigstens in kleinen Schritten voranzukommen, darauf verzichtet werden, die Datenerfassung und -eingabe der stratigraphischen Angaben schon in einer niedrigen Hierarchieebene vorzunehmen. Aus dem gleichen Grund ist eine lithologische Bestandserfassung und Recherchierbarkeit keinesfalls mittelfristig, sondern wenn überhaupt, nur langfristig zu erwarten. Auch die Erfassung des Bestands an Bohrproben wird nicht auf die geologischen Merkmale einzelner Proben ausgerichtet werden können, sondern verbleibt im gegenwärtigen bohrungsbezogenen kisten- und dabei allenfalls teufenorientierten Zustand.

Hieraus folgt, daß die Benutzung des BPAB noch auf lange Zeit mit einer Mischung aus elektronischen und Akten-Recherchen durchgeführt werden muß. Die schrittweise Erhöhung des elektronischen Anteils wird in gleichem Maße die Effektivität verbessern.

9. Nutzung

Obwohl die Voraussetzungen für den physischen Zugriff auf den vollständigen Archivbestand an Bohrkernen und -proben erst Ende Januar 1997 geschaffen waren, wurde seit Beginn der Umlagerung versucht, Wünschen nach Bohrkernerneinsicht und -beprobung gerecht zu werden. Bearbeitungen wurden bisher durchgeführt von der TU Bergakademie Freiberg, TU Berlin, 2 × GFZ Potsdam, TH Darmstadt, Universität Greifswald, Universität Göttingen/Senckenberg, Universität Köln, Humboldt-Universität Berlin, Firmen der Erdölindustrie. Weitere Anfragen liegen vor. Auch die Mitarbeiter des Landesamtes nutzen die Bestände für ihre Arbeitsaufgaben oder im Rahmen kooperativer Forschung.

Das Landesamt ist an einer umfassenden Nutzung der Bestände interessiert und nimmt Anfragen jederzeit entgegen. Allerdings erlauben die Arbeitskräftevoraussetzungen nicht immer eine schnelle Bearbeitung und Realisierung, da gegenwärtig nur eine 1,25 Arbeitskraft für alle Arbeiten von den vorbereitenden Recherchen über die Kistenbereitstellung bis zur Wiedereinlagerung in die Regale zur Verfügung steht, die aber auch die Gesamtarbeit zum Datenbankaufbau (Fortsetzung der Datenerfassung und -eingabe) erledigen muß. Dessen ungeachtet bestehen günstige Voraussetzungen für die Arbeit am Bohrkern unter guten äußeren Bedingungen .

Literatur

- KRETZSCHMAR, W., KLAUS, H., FELSNER, A., HERING, A., DITTRICH A. & M. OEMLER (1997): Die Geowissenschaftliche Datenbank des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (GeoDaB). - Brandenburgische Geowiss. Beiträge, dieses Heft, S. 38–44, Kleinmachnow
- LANGE, G. (1992): Das größte Bohrkernarchiv Europas wird aufgelöst. - Wissenschaft und Fortschritt **42**, 6, Berlin
- LÜHE P. & G. KLEINSTÄUBER (1994): Abschlußbericht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe "Geowissenschaftliche Datenspeicher der ehemaligen DDR". - unveröff., Schwerin u. Freiberg
- LÜHE, P., KLEINSTÄUBER, G., STRUCKMEIER, F. W. & G. DITTRICH (1996): Sicherung, Entflechtung und Neuordnung von geowissenschaftlichen Datenspeichern der ehem. DDR. - Z. angew. Geologie **42**, 1, S. 72–79, Stuttgart
- SCHLÜTER, H.-U., SCHMITZ, H.-H., LINDERT, W., SCHELLENBERG H.-G. & N. REUTER (1992): Bundesanstalt übernimmt umfangreiche geowissenschaftliche Sammlungen. - Z. angew. Geol. **38**, 2, S. 85–88, Stuttgart

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 109

Anschrift des Autors:

Dr. Jürgen Wasternack

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

LANDESAMT

Atlas zur Geologie von Brandenburg

GERHARD EHMKE & VOLKER MANHENKE

Der vom Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) herausgegebene „Atlas zur Geologie von Brandenburg“ ist dem Andenken seines ersten Direktors, Herrn Dr. habil. Günther Schwab, gewidmet. Beteiligt sind 26 Autoren, von denen 24 dem LGRB angehören. Der Atlas besteht aus einem einführenden Textteil (22 S.), dem Kartenteil (44 S.) sowie einem Anhang (12 S.).

Im Einführungsteil werden im Kapitel Landescharakter und geologischer Bau die Grundzüge der Geomorphologie Brandenburgs unter Einbeziehung der Eisrandlagen und der Oberflächenwässer sowie die Lagerungsverhältnisse des jüngeren Känozoikums beschrieben. Ein weiteres Kapitel ist der geologischen Entwicklung Brandenburgs, schwerpunktmäßig ab dem Perm, gewidmet. Dargestellt werden Schichtenfolge und Mächtigkeiten sowie die Entwicklungs- und Beanspruchungsstadien, und es wird eine Vorstellung vom Bau der Norddeutschen Senke anhand eines tiefengeologischen Schnittes vermittelt. Schwerpunkte des angewandt-geologischen Teiles sind Boden, Baugrund, Grundwasser, Erdwärme, feste mineralische Rohstoffe, Erdöl und Erdgas sowie geologische Speicherformationen als nutzbares Potential. Als ungünstiges Geopotential Brandenburgs sind Versalzung und Überschwemmung und als anthropogenes Potential vor allem Hohlräume nach Lagerstättenabbau, Kippen, Deponien und Deiche benannt. Die historische und gegenwärtige Geopotentialnutzung werden vorgestellt.

Der aus 22 Karten im Maßstab 1 : 1 000 000 bestehende Hauptteil des Atlases enthält Übersichtskarten zum Boden, zur Oberflächengeologie, zur Landschaftsgenese, zu ausgewählten Geotopen, abgedeckte und Verbreitungskarten, Strukturkarten, Mächtigkeitskarten, je eine Karte zum neotektonischen Bewegungsverhalten sowie zur Geotemperatur und eine Reihe angewandt geologischer Karten. Jeder Karte ist ein Erläuterungstext beigelegt.

Im Anhang werden Ausführungen zum Thema Geowissenschaftler und geohistorische Stätten in Brandenburg und Berlin gemacht, eine geologische Zeitskala für Brandenburg vorgestellt, ausgewählte Fachbegriffe erläutert, die verwendete Literatur zusammengefaßt sowie die Quartärgliederung für Brandenburg dargelegt.

Annotation

STACKEBRANDT, W., EHMKE, G. & V. MANHENKE (Hrsg.):
Atlas zur Geologie von Brandenburg
Format A 3, 80 S., 15 Abb., 6 Tab., 22 geologische Karten
im Maßstab 1 : 1 000 000, Kleinmachnow 1997
ISBN 3-20-202211-2; 39,- DM

Bezug

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Vertrieb
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow
oder über den Buchhandel.

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 110

Anschrift der Autoren:

Dr. Gerhard Ehmke, Dr. Volker Manhenke

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 83 – 87	2 Abb., 3 Tab., 3 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	------------------------

Stöchiometrische Mineralberechnung auf der Grundlage von RDA- und RFA-Daten am Beispiel von Kaolinen und Lateriten aus dem Nordsudan*

MARIO WIPKI

Einleitung

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 69 an der TU Berlin wurden Untersuchungen an Kaolinen und bauxitischen Lateriten aus dem Nordsudan mit dem Ziel durchgeführt, die Eigenschaften, die Verbreitung und vor allem die Genese dieser Gesteine zu klären (WIPKI 1995). Hierbei waren mineralogische und vor allem auch chemische Analysen wichtige Bestandteile. Anhand dieser Ergebnisse wurden beispielsweise An- und Abreicherungstendenzen in den Verwitterungsprodukten abgeleitet, Ausgangsgesteine rekonstruiert und nicht zuletzt eine lagerstättenkundliche Beurteilung der jeweiligen Vorkommen in Hinblick auf eine industrielle Nutzung durchgeführt.

Insgesamt lagen 350 Proben zur Bearbeitung vor. Deshalb mußte eine möglichst effiziente Methode für die quantitative Mineralanalyse gefunden werden. Bei der quantitativen röntgendiffraktometrischen Phasenanalyse treten häufig eine Reihe von Problemen auf (Tab. 1), deren Lösung einen höheren zeitlichen und apparativen Aufwand erfordern.

So ist es u. a. erforderlich, Verfahren zur Matrixkorrektur (Massenschwächungskoeffizienten), wie das Zumischen von Standardsubstanzen oder schwere Absorber, anzuwenden. Zusätzlich müssen Eichkurven zur Überprüfung der Ergebnisse erstellt werden. Aufgrund des hohen präparativen Aufwands wird hier oftmals auf eine Matrixkorrektur verzichtet. Werden jedoch lediglich die Intensitäten oder Flächen zur Quantifizierung der Mineralphasen herangezogen, lassen sich aus den Ergebnissen bestenfalls Tendenzen ableiten.

Um diese Probleme zu umgehen, lag es nahe, die in jedem Fall benötigten qualitativen RDA- und die RFA-Daten zu kombinieren, um so, ähnlich der CIPW-Norm für magmatische Gesteine, eine „normative“ stöchiometrische Berechnung durchzuführen. Allerdings werden nur Mineralphasen berechnet, die tatsächlich in einer Probenpopulation durch RDA identifiziert wurden. Dieses Prinzip wurde bereits von BARDOSSY & ALEVA (1990) für lateritische Verwitterungsprodukte vorgeschlagen.

Methodik

Der überwiegende Teil der Proben bestand aus bauxitführenden Flintclays und eingekieselten Kaolinen. Da sich

diese wegen ihrer besonderen Festigkeitseigenschaften nicht dispergieren ließen, mußten sämtliche Analysen am Gesamtgestein erfolgen.

Die Proben wurden in einer Scheibenschwingmühle mit Widia-Einsatz vier Minuten lang aufgemahlen. Die qualitative mineralogische Bestimmung erfolgte mit Hilfe eines PHILIPS-Röntgendiffraktometers (PW 1729/Programm APD 1700) mit Cu-K α -Strahlung (50 kV, 30 mA) und Monochromator im Meßbereich zwischen 3° und 40° bzw. 73° bei einer Goniometergeschwindigkeit von 1,2° (2 θ)/Minute.

Röntgenfluoreszenzanalysen wurden mit einem PHILIPS PW 1404/10 und dem Programm Oxiquant an Schmelztabletten durchgeführt. Für deren Herstellung diente Lithiumtetraborat (Spectromelt) als Schmelzmittel, das im Verhältnis 6:1 mit der Probe vermischt wurde.

Um die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der RFA-Messungen zu überprüfen, wurden mehrere international zertifizierte Standards (z. B. BCS-CRM 348 ball clay) bei jeder Meßreihe parallel gemessen. Die ermittelten Abweichungen bei den Hauptelementen lagen im Durchschnitt bei $\pm 3\%$, bei den Spurenelementen bei $\pm 10\%$, so daß hier eine verlässliche Basis für die Berechnungen gegeben war.

Stöchiometrische Mineralberechnung

Für die stöchiometrische Berechnung wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS PC+ 5.0 mehrere Stapelverarbeitungsdateien geschrieben, wie dies beispielhaft für bauxitführende Laterite (Flintclays) in Tab. 2 in Kurzform dargestellt ist. Hierbei war es notwendig, bestimmte Vereinfachungen vorzunehmen. So wurden beispielsweise nur die theoretischen Elementgehalte der einzelnen Mineralphasen zugrunde gelegt. Die Berechnungen in Form von Stapelverarbeitungsdateien erfolgen über jene Elemente, die nur an eine Mineralphase gebunden sind. Die Gehalte an Kaolinit wurden beispielsweise über SiO₂ (quarzfremde Laterite!), Crandallit über P₂O₅, Böhmit, Gibbsit und Diaspor über den Rest-Al₂O₃-Gehalt berechnet.

Das Erstellen von Stapelverarbeitungsdateien ist unkompliziert und läßt sich auch ohne tiefgreifende Programmierkenntnisse durchführen. Bei wechselndem Mineralbestand einer anderen Probengruppe können die einzelnen Module aus den bereits vorhandenen Stapelverarbeitungs-

Tab. 1

Probleme bei der quantitativen röntgendiffraktometrischen Phasenanalyse von Gesteinen und Mineralgemischen (nach STROH 1988).

- Korngrößeneffekte
- Textureffekte
- Sichere Identifizierung aller in einer Mischprobe enthaltenen Phasen
- Röntgenamorphe Substanzen
- Nachweisgrenzen
- Matrixeffekte (unterschiedliche Massenschwächungskoeffizienten)
- Aufwendiges Vermischen der Proben mit internen Standards
- Langwieriges Erstellen von Eichkurven
- Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- Auswertesoftware des Herstellers meist nur bedingt geeignet

dateien in entsprechend neuer Reihenfolge wiederum zu einer Datei zusammengefügt und gespeichert werden. Je größer die Probenanzahl ist, um so effizienter ist diese Methode. Die Rechenzeit spielt hierbei so gut wie keine Rolle.

Ergebnisse der Mineralberechnung

Die berechneten Mineralgehalte (vgl. Tab. 3) werden zunächst auf die Kommastelle genau ausgegeben. Diese Genauigkeit dient jedoch lediglich dazu, die Differenzen zwischen RFA-Summe und berechneter Mineralsumme exakt zu bestimmen. Die Spurenelemente, die in die Berechnung nicht eingeflossen sind, werden von der Differenzzahl subtrahiert. Das Ergebnis (Diff.-Total) ist hierbei ein Maß für die Genauigkeit der Berechnung.

Ein wichtiger Vorteil ist, daß anhand der Differenzzahl qualitative Fehler in der röntgendiffraktometrischen Auswertung deutlich gemacht werden können. Erfahrungsgemäß sind Differenzen von mehr als 3 % auf nicht identifizierte Mineralphasen zurückzuführen, was beispielsweise durch Interferenzüberlagerungen oder durch die Nachweisgrenze der RDA bedingt sein kann. Weicht andererseits die chemische Zusammensetzung eines Minerals stark von dessen idealer Formel ab, so wird sich auch dies durch eine erhöhte Differenzzahl bemerkbar machen.

Um die chemisch-mineralogischen Verhältnisse für die untersuchten Flintclays näher zu überprüfen, wurde im Dreistoffdiagramm SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3 (Abb. 1) der theoretische Gehalt von 39,5 % Al_2O_3 für reinen Kaolinit (ideale Zusammensetzung) als Trennungslinie eingezeichnet.

Tab. 2

Beispiel einer stöchiometrischen Mineralberechnung für quarzfreie böhmithührende Laterite (Flintclays) aus dem NW-Sudan mit dem Programm SPSS/PC+, 5.0

```

GET /FILE 'Flintclay.sys'.
compute Al2O3Kaolinit = SiO2 * 0.849462365.
compute K1 = Al2O3Kaolinit + SiO2.
compute Kaolinit = K1 * (100/86).
compute Al2O3Rest = Al2O3 - Al2O3Kaolinit.
compute Al2O3Crandallit = P2O5 * 1.146.
compute Crandallit = P2O5 * 3.466303755.
compute Al2O3Bauxit = Al2O3Rest - Al2O3Crandallit.
compute Böhmit = Al2O3Bauxit * 1.176.
compute KaolinH2O = Kaolinit - K1.
compute CrandallitH2O = Crandallit - (P2O5*2.8317).
compute BöhmitH2O = Al2O3Bauxit * 0.176.
compute H2OKCB = KaolinH2O + CrandallitH2O + BöhmitH2O.
compute RestH2O = GV - H2OKCB.
compute Hämatit = Fe2O2.
(compute Goethit = Fe2O3 + RestH2O.)
compute Anatas; Rutil = TiO2.
compute Mineralsumme = Kaolinit + Crandallit + Böhmit + Hämatit (Goethit) + Anatas; Rutil.
compute Differenz = RFASumme - Mineralsumme.
compute Restsumme = Spurenelemente/10000.
compute Differenz Total = Restsumme - Differenz.

```

Tab. 3 Beispiele für stöchiometrische Umrechnungen auf der Basis von RDA- und RFA-Daten (Angaben in Masse-%).

Jebel Tawiga (NW-Sudan) - quarzfreie Laterite (Flintclays)												
Probe	Kao-linit	Böhmit	Cran-dallit	Häm./Goeth.	Rutil/Anatas	Calcit	Mineral-Summe	RFA-Summe	Diff.	Rest-Summe	Diff.-Total	
1705	69,4	6,0	0,8	22,8	1,4	0,0	100,35	100,73	0,38	0,42	0,05	
1706	94,8	1,4	0,4	2,0	1,8	0,0	100,32	100,75	0,43	0,31	-0,12	
1707	80,3	1,2	0,7	16,4	1,3	0,0	99,81	100,40	0,59	0,44	-0,15	
1709	91,1	3,1	1,2	3,5	1,0	0,0	99,83	100,33	0,50	0,49	-0,01	
1710	94,2	1,8	0,3	1,0	3,0	0,0	100,27	100,53	0,26	0,24	-0,02	
1711	55,7	7,6	2,1	32,2	2,5	0,0	100,13	100,56	0,43	0,38	-0,05	
1713	74,5	18,9	0,8	2,1	2,9	2,1	99,17	101,01	1,84	0,81	-1,03	
1721	13,3	13,7	3,4	68,0	0,8	0,0	99,14	99,32	0,18	0,39	0,21	
1742	49,4	6,8	3,5	38,3	1,4	0,0	99,36	99,98	0,62	0,52	-0,10	

Gedaref-Gebiet (E-Sudan) - eingekieselte, alunithaltige Kaoline												
Probe	Kao-linit	Opal-CT Quarz	Alu-nit	Goya-zit	Häma-tit	Ana-tas	Cal-cit	Mineral-Summe	RFA-Summe	Diff.	Rest-Summe	Diff.-Total
880	31,6	63,3	1,8	0,8	0,9	0,5	0,6	99,61	99,43	-0,19	0,21	0,40
882	40,5	56,1	0,6	0,3	1,2	0,8	0,0	99,44	99,91	0,47	0,46	-0,01
883	72,9	18,7	1,1	0,8	2,9	1,2	0,0	97,60	97,79	0,19	0,31	0,12
1892	38,0	39,1	19,3	0,5	1,8	0,7	0,0	99,28	99,36	0,07	-0,21	-0,28
1896	71,6	21,8	4,7	0,8	0,7	0,5	0,0	100,06	99,83	-0,23	-0,17	0,06
1898	54,8	41,8	1,0	0,4	0,7	1,3	0,0	100,05	100,48	0,43	0,48	0,05
1899	40,3	55,9	1,1	0,4	1,4	0,8	0,0	99,77	99,94	0,17	0,22	0,05
1900	76,9	17,9	3,7	1,2	0,6	0,3	0,0	100,61	100,42	-0,18	-0,02	0,16
1901	44,5	51,4	0,9	0,4	1,6	0,8	0,0	99,40	99,56	0,16	0,30	0,14

net. Proben, die unterhalb dieser Linie liegen, müßten somit freie Aluminiumphasen in Form von Böhmit, Gibbsit oder Diaspor enthalten, sofern die theoretischen mit den tatsächlichen chemischen Gehalten übereinstimmen. Bei der Überprüfung in den Röntgendiagrammen zeigte sich, daß sämtliche Proben im unteren Feld, die mehr als 2,5 Masse-% Böhmit bzw. Gibbsit enthielten (Nachweisgrenze der RDA!), hier tatsächlich entsprechende Interferenzen aufwiesen. Mikrosondenanalysen an den Kaoliniten zeigten, daß diese in ihrer chemischen Zusammensetzung nur unwesentlich von einer idealen Formel abweichen (theoretisches Si/Al-Verhältnis = 1,04, gemessen = 1,05).

Sind in den Proben Mischkristallphasen vorhanden, so müssen die chemischen Verhältnisse für die Berechnung näher bestimmt werden. Hierbei können oftmals multivariate statistische Verfahren wie Korrelationsrechnungen, Faktoren- und Clusteranalysen hilfreich sein. So konnte beispielsweise belegt werden, daß Mischkristalle der Crandallit-Gruppe, die in den untersuchten Flintclays bis zu 15 % enthalten sind, überwiegend Barium (Gorceixit) und Strontium (Goyazit), z. T. auch SEE (Florencit) als Kationen enthalten (Abb. 2). Nachträgliche Mikrosondenanalysen an ausgewählten Proben bestätigten wiederum die statistischen Ergebnisse.

Die Mischungsverhältnisse im Mineral lassen sich häufig auch durch Auswertung der Interferenzverschiebungen im

Röntgendiagramm bestimmen (z. B. K-Na-Alunit oder Calcit-Dolomit). Dies ist natürlich nur bei Konzentrationen oberhalb der RDA-Nachweisgrenze möglich. Alternativ kann die ungefähre Zusammensetzung, von beispielsweise Feldspat, auch durch Dünnschliffmikroskopie ermittelt werden. Sind diese Ergebnisse zu ungenau, müssen Untersuchungen der chemischen Verhältnisse durch Mikrosondenanalysen erfolgen. Sofern die untersuchten Proben für eine größere Anzahl repräsentativ sind, ist dies auch hinsichtlich der Kosten vertretbar.

Das Hauptproblem bei der stöchiometrischen Berechnung ist, daß nicht alle beliebigen Mineralgemische anhand des Gesamtgesteinschemismus berechnet werden können. Grund hierfür ist das Auftreten eines oder mehrerer Elemente in unterschiedlichen Mineralphasen. Bei einer Mischung aus Illit, Kaolinit und Kalifeldspat ist Kalium in zwei, Silizium und Aluminium in drei Phasen vorhanden. Deshalb müssen die Massegehalte von mindestens einer Mineralphase durch eine andere Methode (z. B. RDA, IR-Spektroskopie, TG-Analysen etc.) bestimmt werden. In dem genannten Beispiel lassen sich die Anteile an Kaolinit und Illit zur Not auch über den Glühverlust ermitteln, da lediglich diese beiden Phasen OH-Gruppen enthalten.

Komplexere Mischungen, in denen zusätzlich noch Wechsellagerungsminerale auftreten, können mit der Methode nicht berechnet werden.

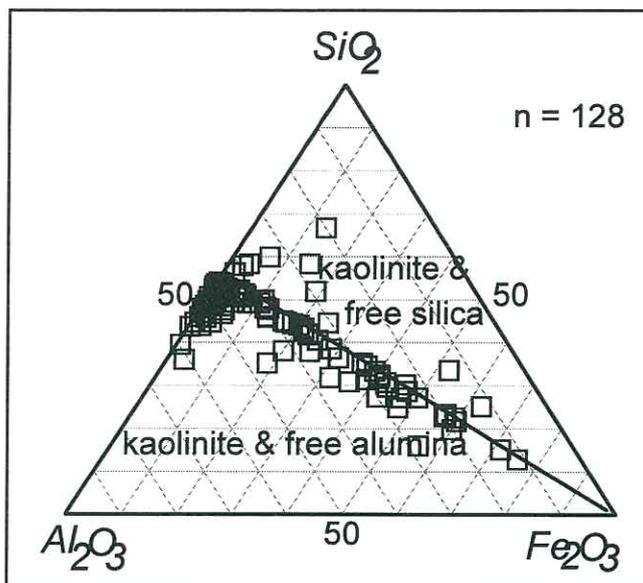


Abb. 1 Dreistoffdiagramm für Saprolithe und Laterite vom Jebel Tawiga, NW-Sudan (WIPKI 1995)

Diskussion der Ergebnisse

Die stöchiometrische Berechnung von Mineralphasen auf der Basis von RDA- und RFA-Daten hat sich als eine Methode erwiesen, bei der genaue und reproduzierbare

Ergebnisse erzielt werden können. Besonders bei größerer Probenanzahl zeigt sich die Effizienz dieser Methode.

Die Genauigkeit der Berechnung kann durch Vergleich zwischen RFA- und Mineralsumme bestimmt werden. Tre-

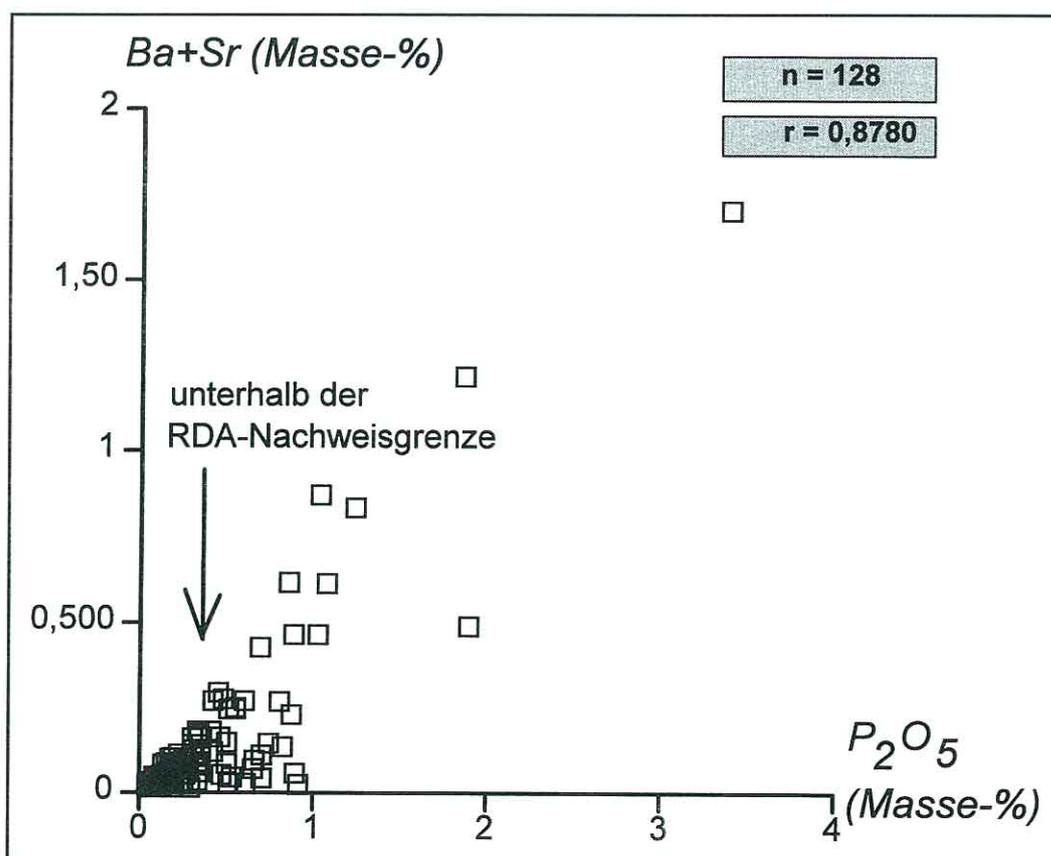


Abb. 2

Korrelation zwischen Ba+Sr und P_2O_5 für die Mischkristalle Goyazit/Gorceixit in den Lateriten vom Jebel Tawiga, NW-Sudan

ten hierbei größere Differenzen auf, so ist dies oftmals auf eine unzureichende qualitative Auswertung der Röntgenogramme zurückzuführen. Erfahrungsgemäß müssen, zumindest bei den untersuchten Verwitterungsprodukten, nur wenige Proben auf ihre mineralogische bzw. chemische Zusammensetzung neu überprüft werden.

Ein weiterer Vorteil ist, daß auch akzessorische Gemengteile unterhalb der RDA-Nachweisgrenze ($\sim < 3\%$) berechnet werden können. Voraussetzung ist allerdings, daß diese durch Korrelations-, Cluster- oder Faktorenanalysen bzw. mit Hilfe anderer Verfahren tatsächlich nachweisbar sind.

Darüber hinaus können Probleme der Interferenzüberlagerung (z. B. Kaolinit - Klinochlor), wie sie bei der Röntgenanalyse auftreten, oftmals durch stöchiometrische Berechnung umgangen werden.

Nachteilig ist, daß diese Methode lediglich für Proben mit einem vergleichsweise „einfachen“ Mineralbestand angewendet werden kann. Die Möglichkeiten der Berechnung sind einerseits durch zunehmende Komplexität der einzelnen Phasen (z. B. Wechsellagerungsminerale, Mischkristalle, diadocher Ersatz) und andererseits durch das gleichzeitige Auftreten eines oder mehrerer Elemente in verschiedenen Mineralen begrenzt. Besteht jedoch die Wahlmöglichkeit zwischen stöchiometrischer Berechnung und quantitativer Röntgenanalyse, so ist die erstgenannte Methode aus den beschriebenen Gründen vorzuziehen.

Zusammenfassung

Am Beispiel lateritischer Verwitterungsprodukte aus dem Nordsudan wird eine Methode vorgestellt, mit deren Hilfe der Mineralbestand quantitativ bestimmt werden kann.

Grundlage bildet zum einen die qualitative röntgendiffraktometrische Analyse (RDA), durch die zunächst eine Identifizierung aller Mineralphasen erfolgt. Anschließend werden durch Röntgenfluoreszenzanalysen (RFA) die Haupt- und Spurenelemente der Gesamtprobe bestimmt. Auf der Basis dieser beiden Datensätze erfolgt eine stöchiometrische Berechnung der tatsächlich vorhandenen Mineralphasen. Besonders bei einer größeren Anzahl von Proben hat sich dieses Verfahren als hoch effizient erwiesen.

Summary

Using as an example the laterite weathering products in North Sudan, a method is presented with the help of which the mineral stand can be determined quantitatively.

The basis for this is, on the one hand, the qualitative x-ray diffraction analysis (RDA) through which, at first, an identification of all mineral phases takes place. After that, the principal and trace elements of the total sample are determined by means of x-ray fluorescence analysis (RFA). On the basis of these two sets of data, a stoichiometric calculation of the really existing mineral phases takes place. Especially with a large number of samples this process has proven to be highly efficient.

Literatur

- BARDOSSY, G. & G. J. J. ALEVA (1990): Lateritic Bauxites.- Developments in Economic Geology, **27**, 624 S., Amsterdam (Elsevier)
- STROH, A. (1988): Quantitative röntgendiffraktometrische Phasenanalyse von Gesteinen und Mineralgemischen. - Dissertation, 228 S., Gießen
- WIPKI, M. (1995): Eigenschaften, Verbreitung und Entstehung von Kaolinlagerstätten im Nordsudan. - Dissertation (Köster), 213 S., Berlin

Anschrift des Autors:
Dr. Mario Wipki
Technische Universität Berlin
FG Lagerstättenforschung,
Ernst-Reuter-Platz 1
10587 Berlin

* Vorgetragen am 17. Januar 1996 anlässlich der 1. Fachtagung des LGRB über „Röntgenphasenanalyse bindiger Sedimente – eine Standortbestimmung“.

TAGUNGSBERICHT

125 Jahre amtliche Geologie in Sachsen

WERNER STACKEBRANDT & GERHARD EHMKE

Sachsen gehört zu einer der Wiegen der Geologie in Deutschland und darüber hinaus. Noch heute steht man bewundernd vor den Zeugnissen des sächsischen Bergbaus der vergangenen Jahrhunderte. Gerade hier, im Zentrum des sächsischen Bergbaus, wurde im Jahre 1765 mit der Bergakademie Freiberg die erste montanwissenschaftliche Hochschule der Welt gegründet, die bis in die Gegenwart Studierende von überall her anzieht.

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts setzte sich in den deutschen Ländern mit zunehmender Industrialisierung und dem forcierten infrastrukturellen Ausbau die Erkenntnis durch, daß die zielgerichtete Landesentwicklung nur unter verbesserter Kenntnis der natürlichen Gegebenheiten und unter besonderer Beachtung der geologisch-agronomischen Grundlagen vollzogen werden kann. Folgerichtig gründeten sich staatliche geologische Einrichtungen, deren wichtigste Aufgabe in der Vorhaltung geologischer Planungs- und Entscheidungsgrundlagen zu den jeweiligen Landesgebieten bestand. Für das Königreich Sachsen erfolgte mit der Benennung von Prof. Dr. Hermann Credner am 6. April 1872 die Gründung der Geologischen Landesuntersuchung, damals angesiedelt in der Universitätsstadt Leipzig, deren vordringliche Aufgabe in der großmaßstäblichen geologischen Erstkartierung Sachsens bestand.

Einen tiefen Einblick in die historischen und aktuellen Aufgaben staatlicher geologischer Dienste am Beispiel Sachsens vermittelte eine Ausstellung im Frühjahr 1997, die sich dem einhundertfünfundsanzwanzigjährigen Jubiläum der amtlichen Geologie in Sachsen widmete und von den Mitarbeitern des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, dessen Bereich für Boden und Geologie mit Sitz in Freiberg in der Traditionslinie des 1937 nach Freiberg verlegten Sächsischen Geologischen Landesamtes steht, gestaltet wurde.

Ausdruck der Wertschätzung dieser geologischen Fachbehörde Sachsens ist auch das Treffen der Präsidenten und Direktoren der staatlichen geologischen Dienste der Bundesrepublik Deutschland zur Frühjahrssitzung 1997 in Freiberg. Den wissenschaftlichen Höhepunkt der Feierlichkeiten zum 125jährigen Jubiläum bildete die Ausrichtung der 6. Jahrestagung der Gesellschaft für Geowissenschaften (GGW) in Freiberg unter Leitung des Vizepräsidenten des Landesamtes, Herrn Dr. Klaus Hoth, der zugleich Vorsitzender dieser Gesellschaft ist. Mitveranstalter waren die TU Bergakademie Freiberg, das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie sowie das Sächsische Oberbergamt.

Die Jahrestagung begann mit vier Vorexkursionen am 2. und 3. Oktober. Der Vortragsveranstaltung, schlossen sich drei Nachexkursionen am 6. und 7. Oktober an. Die Vorexkursionen, von denen drei gleichzeitig als Nachexkursionen der in Jena abgehaltenen 149. Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft (DGG) angeboten wurden, widmeten sich folgenden Themen:

- A1: (B4 bei DGG): Geologie, Geophysik und Krustenbau in Ostthüringen und Westsachsen,
- A2: Wiederholung historischer Exkursionen bei Leipzig und im Erzgebirge,
- A3: (B1 bei DGG): Altpaläozoikum im Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirge,
- A4: (B3 bei DGG): Anbindung seismischer und geochemisch-petrologischer Krusten- und Ober Mantel-Indikationen an geologische Strukturen im Erzgebirge.

Die regional orientierten Nachexkursionen beinhalteten folgende Themen:

- C1: Geologische Fortschritte Elbezone/Lausitz,
- C2: Geopotentiale der nördlichen Oberlausitz – Ausstattung und Nutzung,
- C3: Geologie des Erzgebirges: Geologie, Krustendynamik, Metamorphose, Lagerstätten.

Den Auftakt des Tagungsprogramms bildete am 3. Oktober abends ein Empfang der Teilnehmer anlässlich des Tages der deutschen Einheit im historischen Rathaus Freibergs durch den Oberbürgermeister Herrn Dipl.-Geophysiker K. Heinze. Die Plenarvorträge behandelten u. a. die Themen „Entwicklung und Perspektiven des Geologischen Dienstes in Sachsen“ (K. HOTH), „Der Geostandort Freiberg“ (H. GERHARDT u. a.) sowie „Stand und Ziel der Sanierung in ehemaligen WISMUT-Bergbauobjekten Sachsens“ (H. HAGEN u. a.). Ihnen schlossen sich zwei Vortragsreihen zu „Boden, Bodenschutz sowie Angewandte Geologie“ und „Geologische Grundlagen“ an. Eine Reihe von Teilnehmern machte anschließend von der Möglichkeit Gebrauch, die neue Brauerei des „Freiberger Biers“ zu besichtigen. Den Abschluß des Tages bildete eine festliche Abendveranstaltung im Brauhof-Saal. Die Themenkomplexe am 2. Vortragstag: „Internationale Zusammenarbeit“, „Rohstoffe: Erkundung bis Nachsorge“ sowie „Geologische Landesaufnahme“, „Geschichte und Zukunft“ verdeutlichen die Verantwortung der Geowissenschaften für die künftige Entwicklung.

Eine abschließende Grubenbefahrung auf der historischen Silbergrube, dem heutigem Besucher- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ schloß den Bogen zur einstigen Blüte des sächsischen Bergbaus. Der künftigen Tätigkeit des sächsischen geologischen Dienstes ein kräftiges „Glück Auf“!

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 111

Anschrift der Autoren:

Dr. Gerhard Ehmke, Dr. Werner Stackebrandt
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	4 (1997), 2	S. 89 – 96	7 Abb., 34 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-----------------

Anthropogene Ablagerungen im Holozän Mitteleuropas*

KLAUS-DIETER JÄGER

Für das Quartär mit Pleistozän und Holozän hat sich vor allem in der tschechischen und slowakischen Forschung seit Ende des II. Weltkrieges der Begriff "Anthropozoikum" eingebürgert und sogar Fachzeitschriften zu ihrem Namen verholfen. Grund ist, daß mit dem Quartär der Mensch die Bühne der Erdgeschichte betritt oder doch zumindest in der Erscheinungsform vom Homo habilis und Homo erectus das seit HEBERER so bezeichnete Tier-Mensch-Übergangsfeld (TMÜ) durchschritten hat. Vielmehr verdient aber die derzeitige und bisher letzte Warmzeit im Wechsel quartärer Klimazyklen, das Holozän, eine Benennung, die auf den Menschen Bezug nimmt. Mit dem Übergang von einer rein aneignenden, auf Jagd und Sammelwirtschaft beruhenden Wirtschaftsweise (dazu zuletzt JÄGER & SCHÄFER, im Druck) zu einer produzierenden wirtschaftlichen Tätigkeit wird der Mensch im Verlaufe des Holozäns selbst zum geologischen Faktor, der in zunehmendem Maße Ablagerungsgeschehen und Oberflächenformung beeinflusst oder sogar bestimmt.

So vermerkt etwa L. EISSMANN (1994, S. 138), daß in Bezug auf „Zeit und Ausmaß (Masse) ... in den letzten 200 Millionen Jahren Erdgeschichte der Region nur das Inlandeis der ersten Norddeutschen Vereisungsperiode“ in Mitteldeutschland „eine vergleichbare Wirkung erzielt“ hat. Dabei hat innerhalb der holozänen Warmzeit nicht nur die Intensität anthropogener Materialverlagerung und Oberflächenformung tendenziell zugenommen, sondern zugleich auch durchaus regionale Unterschiede im zeitlichen Ablauf dieses Geschehens hervorgebracht.

Am deutlichsten wird zweifelsfrei der Mensch Ursache neuer Ablagerungen und Oberflächenformen, wo deren Entstehung beabsichtigt war und ist, so im Bereich von Halden und Tagebauen, von denen im Land Brandenburg etwa der Niederlausitzer Braunkohletagebau mit vielen Beispielen beredtes Zeugnis bietet. Natürliche Prozesse sind an ihrer Entstehung nicht oder nur untergeordnet beteiligt, so daß die Bezeichnung als anthropogene, d. h. menschenbürtige, Bildungen uneingeschränkte Gültigkeit beanspruchen darf.

* Vorgetragen am 13.5.1997 im LGRB Kleinmachnow auf dem Ehrenkolloquium für PD Dr. habil. Fritz Brose anlässlich seines 60. Geburtstages

Wesentlich verbreiteter sind indessen Bildungen, die auf natürliche Formungs- und Ablagerungsprozesse zurückgehen, aber erst durch eine dank menschlicher Tätigkeit bewirkte Veränderung der Ablagerungs- und Formungsbedingungen in Gang gekommen sind. Als wesentliche Ursache dafür kommen Umwidmungen im Flächennutzungsziel, z. B. von Wald auf Ackerland oder vom Feldbau auf Intensivobstkultur, in Betracht. Die damit ermöglichten Veränderungen im Ablagerungs- und Formungsgeschehen sind, im Gegensatz zu der vorerwähnten Kategorie anthropogener Ablagerungen, nicht beabsichtigt und darüber hinaus in aller Regel auch unerwünscht. Sie erfüllen die Funktion von Nebenwirkungen verwirklichter Absichten (NEEF 1976; NEEF u. a. 1979). Als Beispiel stellt sich die Bodenerosion mit ihren Folgesedimenten, vom Kolluvium bis zum Auelehm (Klock), als Nebenwirkung verstärkter Bodenbearbeitung und -nutzung im Herkunftsraum des umgelagerten Materials dar.

Welches Ausmaß die so bewirkte Materialumlagerung erreichen kann, zeigt ein subaktuelles Beispiel aus einem erst in den 70er Jahren angelegten sächsischen Intensivobstanbaugbiet, wo durch Randumzäunung der Obstanbauflächen, eigentlich gedacht als Schutzmaßnahme gegen Wildverbiß am Baumbestand, bei geringer Hangneigung auf etwa 800 m Länge in nur zwei Jahren in einer Mächtigkeit von 50 cm verspültes Material und Geäst im Zaun hängen geblieben ist (Abb. 1). Bestimmte Formen der Landnutzung sind mit bestimmten Nebenwirkungen verbunden, die sehr vielseitig sein können (JÄGER & BERNHARDT 1987). Andererseits sind bestimmte Wirkungsbilder mehr oder minder eindeutig mit bestimmten Landnutzungszielen verknüpft, z. B. die mittelalterliche und nachmittelalterliche Übertorfung brandenburgischer Flußniederungen mit den Folgen von Mühlenstauanlagen an den Fließgewässern (BESCHOREN 1935; HERRMANN 1959) oder Kolluvien mit denen von Entwaldung und Beackerung (JÄGER & LOŽEK 1978).

Gerade bei Folgesedimenten der Bodenerosion ergibt sich allerdings ein methodisches Problem daraus, daß Nachweis und Datierung an Geländelagen gebunden sind, die das Sedimentationsgeschehen begünstigen, aber durchaus unterschieden sind von jenen Abtragungsbereichen, in denen die Erosion selbst wirksam geworden ist. In Anlehn-



Abb. 1 Röhrsdorf bei Dresden.

Oberflächige Verlagerung von Bodenmaterial nach Umwidmung der Flächennutzung von Ackerland zu Intensivobstbau mit hohem Herbizideinsatz. Bei nur geringem Gefälle genügt eine Frist von nicht mehr als 2 Jahren auf einer Strecke von etwa 800 m zur Verschwemmung von Oberflächenmaterial, das in der Randumzäunung der Anbaufläche hängen geblieben ist.

nung an ein Schema der Abtragungscatena infolge von abflußabhängiger (Wasser-)Erosion in Bereichen intensiver agrarischer Landnutzung erweist sich deshalb die Unterscheidung von Aussagebereich (Herkunftsraum des umgelagerten Materials, zumeist in höheren Geländelagen) und Beobachtungsbereich (tiefere Geländelagen mit sedimentärer Überdeckung ehemaliger Geländeoberflächen in der Form begrabener Böden, diese vielfach datierbar, etwa durch eingeschlossenes archäologisches Fundgut) als sinnvoll (Abb. 2 nach JÄGER & BERNHARDT 1987, 1995). Analogien bestehen im Verhältnis von Ausblasungs- zu Anwehungsräumen in Gebieten mit vorherrschender Winderosion und Dünenstratigraphie (SCHEFFER & MEYER 1963, Abb. 2).

Zu jedem Beobachtungsbereich gehört also als Aussagebereich das für Sedimentationsvorgänge mögliche Ein-

zugs- bzw. Herkunftsgebiet der Ablagerungen, über das Aussagen zur Bewirtschaftungsgeschichte im Regelfall möglich sind. Durch Datierung etwa begrabener Oberflächen im Liegenden oder auch datierendes Fundgut im umgelagerten Material selbst wird die zeitliche Zuordnung des zugehörigen Erosionsgeschehens als Teil einer Bewirtschaftungsgeschichte möglich, und damit erlangt der datierte stratigraphische Befund in einer holozänen Ablagerungsfolge den Rang einer historischen Quelle. Für die Datierung sind archäologische Funde im Sediment bzw. in begrabenen Bodenhorizonten im Regelfall das wichtigste Hilfsmittel. Zugleich aber werden mit dem Nachweis von Wirkungsflächen der Bodenerosion Aussagen über Wirtschaftsräume in konkreten Zeitabschnitten der Vergangenheit möglich, die wohl durch die geologische Erfassung holozänstratigraphischer Befunde, dagegen durch archäologische Befunde allein nicht zu erzielen sind.

Einzelbeispiele zeigen, daß diese generellen Aussagemöglichkeiten anthropogen beeinflusster Sedimente im Einzelfall besonders bei kleinräumigen Untersuchungen noch weiter zu präzisieren sind.

Dazu zählt z. B. eine Schichtenfolge bei Rudolstadt-Schaala im thüringischen Saalegebiet (Abb. 3), wo eine Hangschuttdecke eine Ablagerungsfolge holozäner

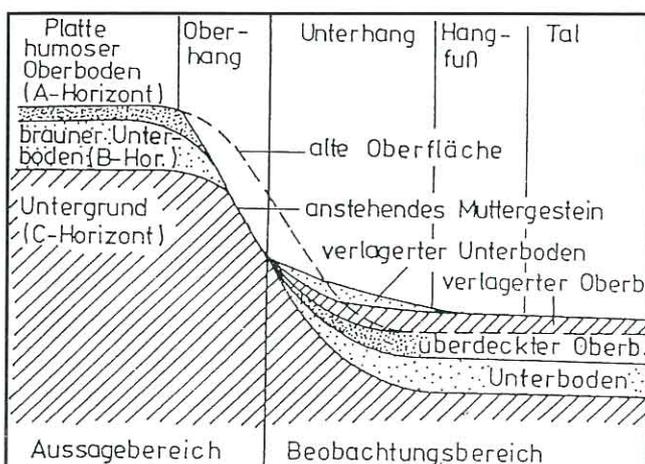


Abb. 2 Die Trennung und das Lageverhältnis von Beobachtungs- und Aussagebereich der stratigraphischen Erfassung und Datierung anthropogen ausgelöster Abspülvorgänge im Hangenden. Entwurf unter Verwendung eines Schemas bei LIEBEROTH (1982, S. 128), ergänzt nach JÄGER & BERNHARDT (1995, S. 142)

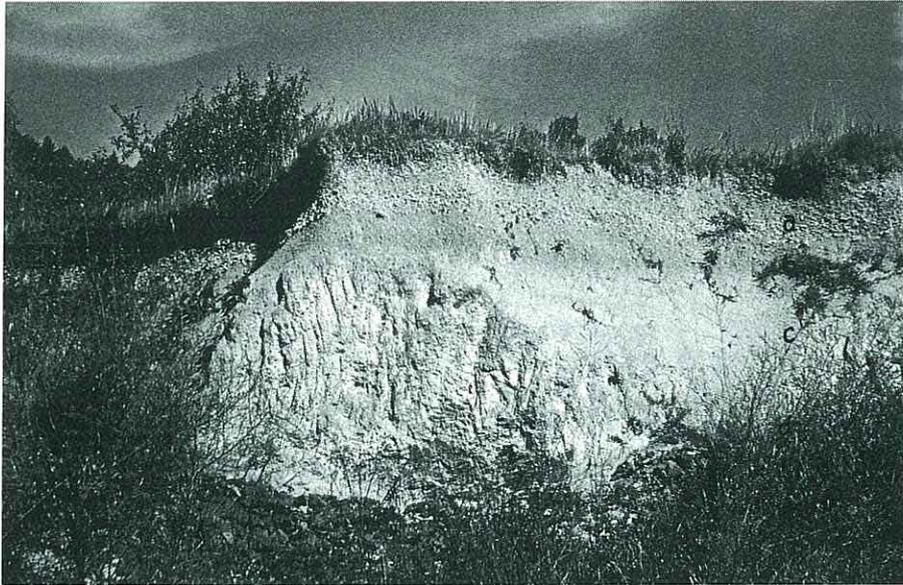


Abb. 3 Rudolstadt-Schaala

Holozäne Schichtenfolge mit abschließender Hangschuttdecke an und unmittelbar unter der Geländeoberfläche. Zurundungsanalysen an den Schuttbrocken zeigen durch ein Überwiegen scharfkantigen Materials einen kurzen Transportweg des verlagerten Schuttes (vgl. JÄGER 1962), der von dem benachbarten Talhang mit oberflächlich anstehendem Muschelkalk stammt.

a – Hangschuttdecke, b – Fluvialer Lehm (Klock), c – Binnenwasserkalk (Dauch, sog. Kalktuff), d – Begrabener Humushorizont (Rendzina, archäologische Datierung Spätbronze-/Hallstattzeit)

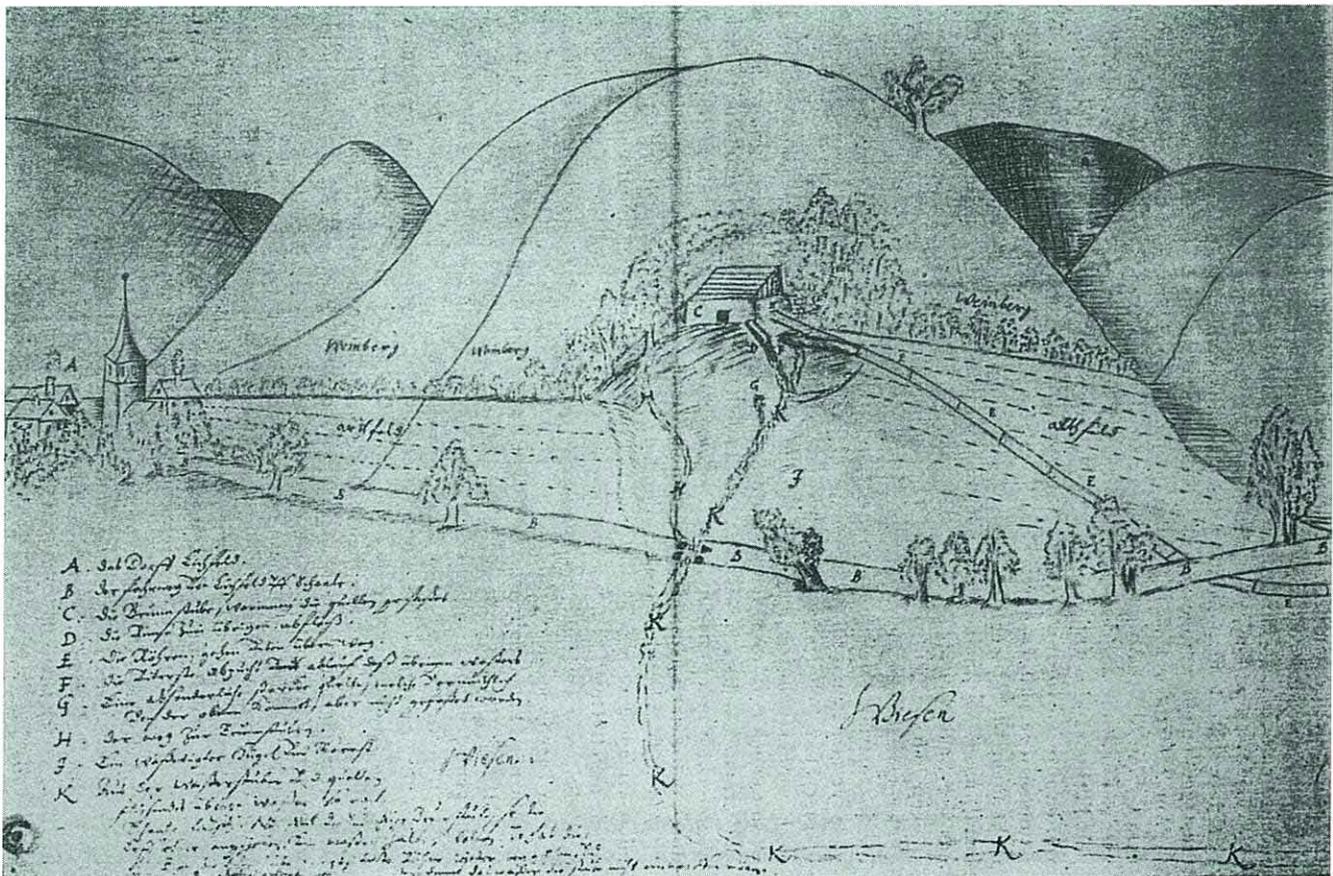


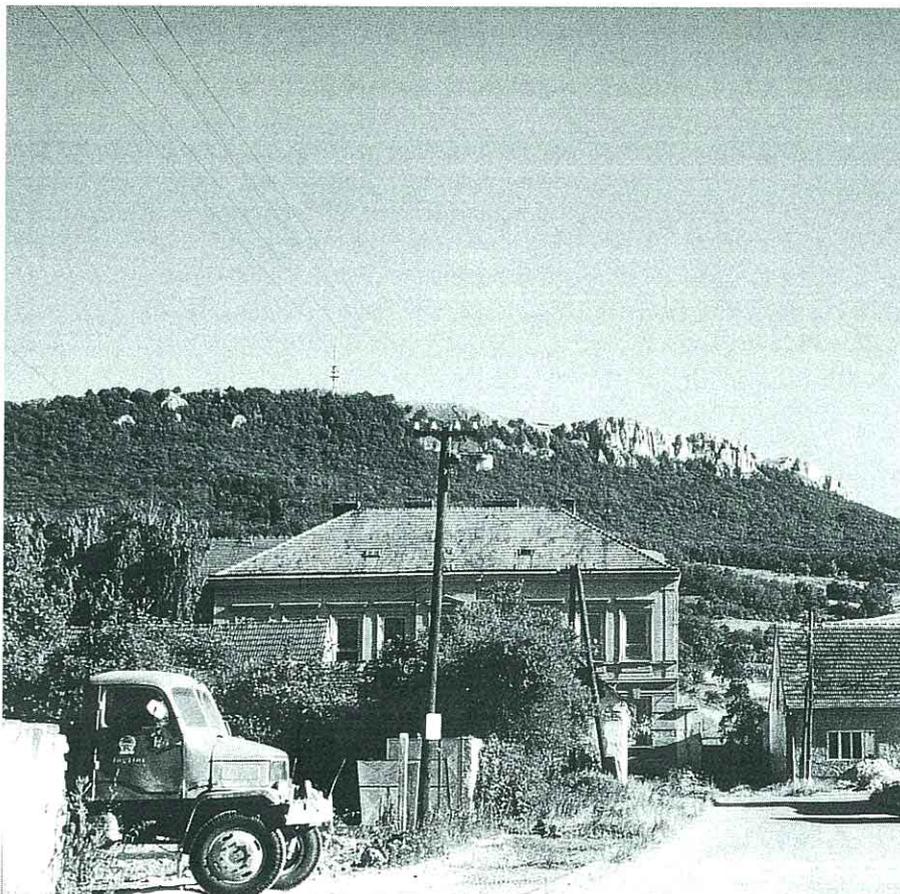
Abb. 4 Rudolstadt-Schaala

Flächennutzung durch Weinbau auf den Talhängen oberhalb des Holozänprofils von Rudolstadt-Schaala (Abb. 3) im 17. Jh. Wiedergabe einer Originalzeichnung im Staatl. Archiv Rudolstadt aus dem Jahre 1671 (nach. DEUBLER 1961).

Binnenwasserkalke und darüber lagernder feinklastischer Flußablagerungen (Auenklock) überdeckt (JÄGER 1962, S. 18–26). Die Zurundungsanalyse der Schuttdecke nach der Methode von REICHEL (1961) weist mit einem Überwiegen von scharfkantigem Schutt nicht nur auf einen kurzen Transportweg, sondern darüber hinaus auf eine Herkunft der Schuttdecke von den die Bachaue unmittelbar begrenzenden benachbarten steilen Muschelkalkhängen. Für diese verrät indessen eine im Archiv vorhandene Karte von 1671 (DEUBLER 1961) eine weinbauliche Nutzung bereits für das 17. Jh. (Abb. 4). In Übereinstimmung damit steht die archäologische Datierung eines begrabenen Humushorizontes in der liegenden Schichtenfolge bereits in die urgeschichtliche Zeit (etwa Hallstatt B). Der geologische Befund bezeugt hier die Folgen des Weinbaues seit dem Mittelalter im sog. Weintal bei Rudolstadt, dessen historischer Nachweis in der archivierten Karte hier durch die interdisziplinäre Verknüpfung mit geologischen und archäologischen Geländebefunden seine Bestätigung findet.

Ein Beispiel anderer Art wurde von VAŠÁTKO & LOŽEK (1973) aus dem südlichen Mähren (Tschechische Repu-

blik) bekannt gemacht. Dort ragen, unweit der Grenze zu Niederösterreich, im Landschaftsschutzgebiet der Pálava (Pollauer Berge) steile Kalksteinklippen inmitten einer flachhügeligen Lößlandschaft auf. Ein Lößsockel umsäumt auch den Fußbereich der Steilhänge (Abb. 5) und läßt dort, wo Aufschlüsse zur Verfügung stehen, die Überdeckung einer durch Schwarzerde gekennzeichneten begrabenen Geländeoberfläche aus würmkaltzeitlichem Löß erkennen. Gelegentliche archäologische Funde, etwa in einem ehemaligen Prallhangaufschluß am Ufer der vorüberfließenden Thaya (Dyje), erlauben die Datierung dieses Bodens in die Jungsteinzeit (Badener Kultur), also einem Zeitraum, der feldbauliche Landnutzung mit der Folge oberflächiger Bodenerosion bereits kannte. Interessant ist jedoch, daß ein weiterer begrabener Boden im Profil nicht nur ebenfalls eine archäologische Datierung durch Keramik der späten Bronzezeit gestattet, sondern vor allem auch reichlich Kalksteinschutt enthält, der nur von den steilen Oberhängen stammen kann (Abb. 6), wo gegenwärtig lediglich forstliche Nutzung stattfindet. Diese Einbeziehung der Steilhänge in den menschlichen Wirtschaftsraum bleibt auf die späte Bronzezeit beschränkt und



- ◀ Steilhänge auf Kalkfels (Waldnutzung)
- ◀ Flachhangsockel (Löß, Weinbau)

Abb. 5 Dolni Věstonice (LSG Pálava, Mähren, Tschechische Republik)

Relief- und Nutzungsverhältnisse im nördlichen Randbereich der Pollauer Berge (Pálava). Vor der Kulisse von steilen Wänden und Steilhängen mit Waldbestand im Hintergrund mit oberflächlich anstehendem mesozoischen Kalkstein vermittelt ein Flachhangsockel mit Löß, aktuell unter weinbaulicher Nutzung, zur heutigen Ortslage im Vordergrund. Abschwemmungen von Bodenmaterial von diesen Flachhängen bezeugen Nebenwirkungen agrarischer Landnutzung seit der Jungsteinzeit, die zeitweilig in der späten Bronzezeit auf die Steilhänge übergreift (Abb. 6).

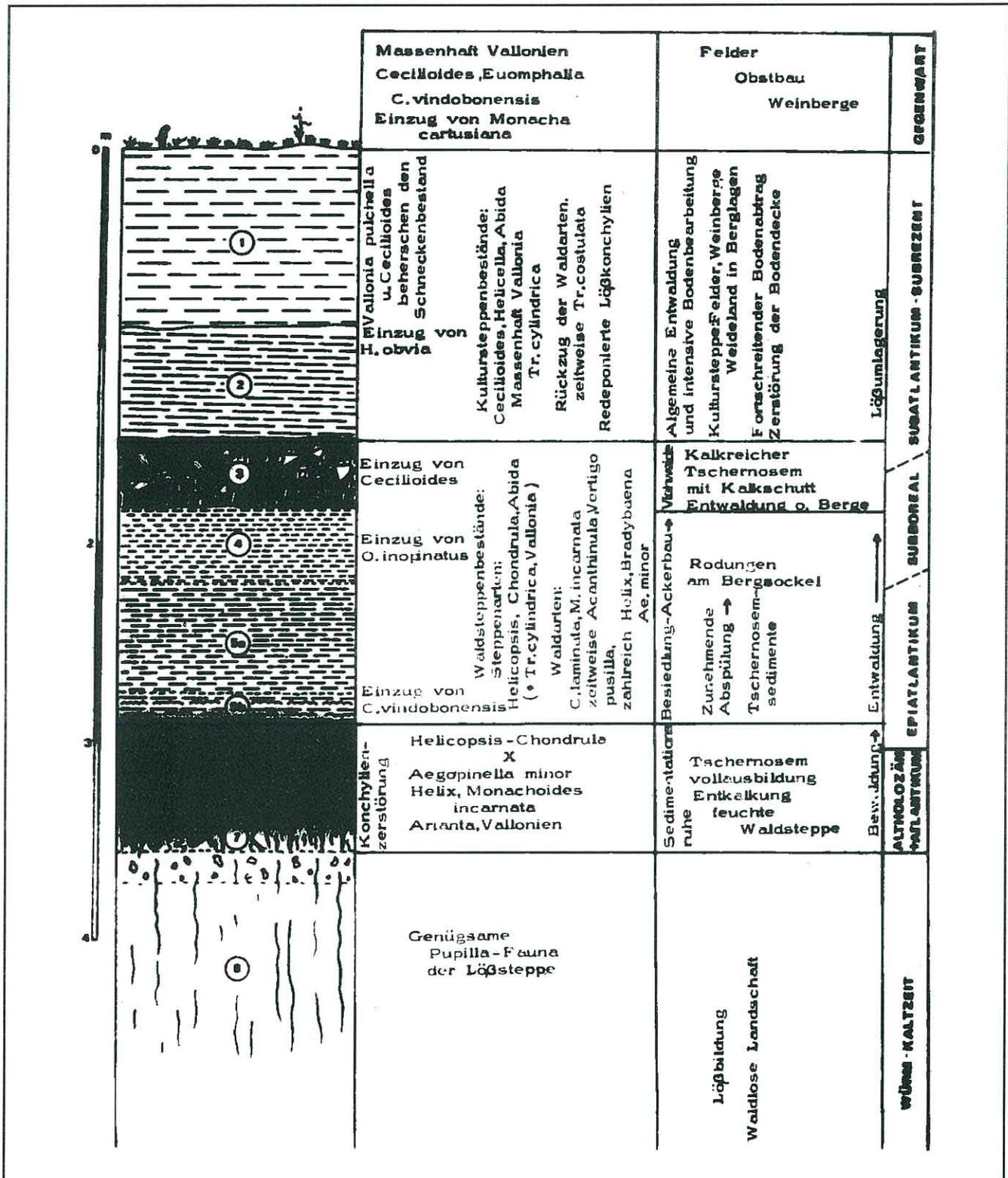


Abb. 6 Dolni Věstonice (LSG Pálava, Mähren, Tschechische Republik)

Schichtenfolge in einem ehemaligen Pralluferaufschluß am vormaligen Verlauf der Thaya (Dyje) im nördlichen Vorland der Pollauer Berge (Pálava). Die Schichtenfolge reflektiert über einer begrabenen Schwarzerde auf spätpleistozänem Löß durch Materialumlagerungen die agrarische Flächennutzung auf den benachbarten Flachhängen der Pálava, deren Einsetzen durch archäologisches Fundgut aus dem begrabenen Boden datiert wird. Zeitweilig greift die Landnutzung auf die Steilhänge über, was durch Schuttbeimengungen in einem weiteren, höher in der Schichtenfolge anstehenden begrabenen Boden bezeugt wird, der ebenfalls archäologisch datiert werden kann (späte Bronzezeit). An der unterschiedlichen Sedimentzusammensetzung wird eine unterschiedliche Ausdehnung des Herkunftsbereiches für die Holozän-sedimente im Pralluferaufschluß erkennbar. Nach VAŠÁTKO & LOŽEK (1973).



Abb. 7 Topolníky (Vel'ky Žitný Ostrov, Slowakei)

Begrabener Humushorizont in der Abfolge von Auesedimenten der Donau. Der begrabene Boden markiert eine zeitweilige örtliche Pause in der Ablagerung von Auesedimenten (Klock) aus dem Einzugsgebiet des sedimentierenden Flusses. Durch eine Berliner ^{14}C -Datierung (unkalibriert, d. h. konventionelles Datum mit $t=5\,568$ Jahre) wird der begrabene Boden auf $2\,910 \pm 45$ B. P. datiert (Bln. 1676).

wird später wieder aufgegeben, aber jede Form feldbaulicher Landnutzung ist dort in Anbetracht der Geländebeziehungen mit hoher Reliefenergie gegenwärtig wie in der Vergangenheit ausgeschlossen. VAŠÁTKO & LOŽEK (1973) interpretieren den Befund dahingehend, daß während der späten Bronzezeit der Nutzungsraum durch Vieh, z. B. die auch aus dem mediterranen Karst als Waldvernichter bekannt gewordenen Ziegen, beansprucht worden sei.

Daß sehr unterschiedliche Landnutzungsziele unter ebenso unterschiedlichen faziellen Voraussetzungen für das Sedimentationsgeschehen verantwortlich gemacht werden können, versucht eine Zusammenstellung von JÄGER & LOŽEK (1978) zu belegen. Indessen sind derart detaillierte Aussagen nur, wie bereits angedeutet, bei kleinräumigen Untersuchungen möglich, während sich für territorial umfangreichere Untersuchungsräume verschiedenartige Landnutzungsfolgen addieren, ohne im einzelnen hinsichtlich ihrer Kausalität noch unterscheidbar zu bleiben. Zumindest der zeitliche Wechsel in Umfang und Intensität der Landnutzung im Herkunftsraum der anthropogen begünstigten Sedimentationsvorgänge läßt sich aber auch dann noch an stratigraphischen Befunden ablesen.

Dieser Sachverhalt ist einesteils für die sog. Wassererosion mit den Auesedimenten größerer Fließgewässer gegeben, die als Hauptabflußbahnen aus größeren Territorien die unterschiedlichsten Impulse für anthropogen beeinflusstes Sedimentationsgeschehen integrieren. Entsprechend großräumig angelegte Untersuchungen liegen, z. T. seit längerem, für verschiedene Teilräume Mitteleuropas vor, so z. B. für

- für Niedersachsen (NATERMANN 1937, WILLERDING 1960)

- für Sachsen (u. a. TACKENBERG 1937, NEUMEISTER 1964, HÄNDEL 1967, LITT 1983 und 1986)
- für Thüringen (JÄGER 1961 und 1962).

Vergleichbare Erfahrungen für das brandenburgische Oder-Gebiet machte BROSE 1988 bekannt (vgl. auch BROSE & PRÄGER 1983).

Übereinstimmend mit kleinräumigen Einzelstudien an kolluvialen und fluviatilen Sedimentfolgen in unterschiedlichen Teilräumen Mitteleuropas (u. a. LOŽEK 1975) wie auch im regionalen Bereich untereinander, lassen die Untersuchungen fluviatiler Sedimentdecken in den Auen der regionalen Hauptvorfluter aber zumindest zwei wesentliche Sachverhalte erkennen:

1. Abgesehen von den noch letztkaltzeitlichen, d. h. endpleistozänen Tallehmen (für Sachsen etwa im Sinne von HÄNDEL 1967 b, S. 38 u. 96–97) setzen feinklastische fluviatile Ablagerungen in den Auen erst nach dem Einzug des Neolithikums, d. h. erst mit und nach dem Aufkommen agrarischer Landnutzung in den Einzugsgebieten ein und bleiben auf deren Verbreitungsgebiet beschränkt (LITT 1986, 1988, 1992, 1994).
2. Deutliche Schwankungen in der archäologisch faßbaren regionalen Dichte von Besiedlung und Landnutzung führen in den Auen zu einem gegebenenfalls mehrfachen Wechsel von Auesedimenten (Klockdecken) mit begrabenen Böden (Abb. 7), die Zeiträume relativer Sedimentationsruhe im jeweiligen Auengebiet anzeigen (LITT 1994, S. 337; EISSMANN 1994, S. 103). Derartige Beobachtungen sind nicht nur für mittelgroße Flüsse, wie die Weiße Elster in Mitteldeutschland (LITT 1986, 1988), sondern auch für weitaus größere Einzugsgebiete,

wie dasjenige der oberen Donau oberhalb von Bratislava, verfügbar. Dies belegt u. a. ein bisher unveröffentlichtes ¹⁴C-Datum für einen begrabenen Boden in der Aue-sedimentfolge bei Topolniki (Abb. 7) auf der Großen Schütt-Insel (Vel'ký Žitný Ostrov) in der südwestlichen Slowakei.

Analoge Zusammenhänge zur regionalen Dichte von Besiedlung und Bewirtschaftung gelten, wenn auch vielleicht weniger deutlich, für die Zeugnisse der Winderosion. Jedenfalls konnten KOZARSKI & NOWACZYK (1990) in den Dünengebieten des nördlichen Polen Zeiträume der vermehrten Sandumlagerung nachweisen, die mit Zeiträumen besonders intensiver menschlicher Besiedlung nach Ausweis archäologischer Beobachtungen zusammenzufallen scheinen. Der Wechsel vermehrter Sedimentation mit begrabenen Böden ist auch aus norddeutschen Dünengebieten wohl bekannt, allerdings mit von Ort zu Ort unterschiedlicher Chronologie. Anthropogen beeinflusste natürliche Sedimente haben mit unmittelbar vom Menschen beabsichtigten und gestalteten Sedimenten zumindest eine wesentliche Gemeinsamkeit: Ihre Genese wurzelt in wirtschaftlich begründeten Maßnahmen der Landnutzung und läßt deshalb zumindest auf deren Intensität, in manchen Fällen darüber hinaus auf deren Art, Rückschlüsse zu.

Literatur

- BERNHARDT, A. (1979): Eine Fallstudie: Flächennutzungswandel mit der Bildung einer kooperativen Abteilung Obstbau. - In: NEEF, E.: Analyse und Prognose von Nebenwirkungen gesellschaftlicher Aktivitäten im Naturraum. - Abh. Sächs. Akad. Wissensch. zu Leipzig, math.-nat. Kl. **54**, 1, S. 18–30, Berlin
- BESCHOREN, B. (1935 a): Über alluviale Neubildungen in historischer Zeit im Gebiet von Elbe und Oder. - Jahrbuch der Preußischen Geol. LA zu Berlin **55** (1934), S. 292–304, Berlin
- BESCHOREN, B. (1935 b): Zur Geschichte des Havellandes und der Havel während des Alluviums. - Jahrbuch der Preußischen Geol. LA zu Berlin **55** (1934), S. 305–311, Berlin
- BROSE, F. (1988): Weichselspätglaziale und holozäne Flußgenese im Bereich der nordeuropäischen Vereisung und ihre Wechselbeziehungen zur Entwicklung der menschlichen Gesellschaft unter besonderer Berücksichtigung der Aue der unteren Oder. - Unveröffentlichte geologische Dissertation, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
- BROSE, F. & F. PRÄGER (1983): Regionale Zusammenhänge und Differenzierungen der holozänen Flußgenese im nordmitteleuropäischen Vergletscherungsgebiet. - In: KLIEWE, H., GALON, R., JÄGER, K.-D. & W. NIEWIAROWSKI (Hrsg.), Das Jungquartär und seine Nutzung im Küsten- und Binnentiefland der DDR und der VR Polen. - Petermanns Geographische Mitteilungen, Erg.-Band 282, S. 164–175, Gotha
- DEUBLER, H. (1961): Die alten Brunnenleitungen zur Heidecksburg und das Mörlaer Butzelmännfest. - Rudolstädter Heimathefte **7**, S. 1–15, Rudolstadt
- EISSMANN, L. (1994): Aktuelle und historisch bedingte Umweltprobleme des Braunkohlebergbaues unter besonderer Berücksichtigung des mitteleuropäischen Raumes. In: EISSMANN, L. & TH. LITT (Hrsg.), Das Quartär Mitteleuropas - Ein Leitfaden und Exkursionsführer ... - Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen **7**, S. 137–149, Altenburg
- HÄNDEL, D. (1967, a): Das Holozän in den nordwestsächsischen Flußauen. - Hercynia, Neue Folge **4**, S. 152–198, Leipzig
- HÄNDEL, D. (1967, b): Fluviales Holozän im Gebiet der Weißen Elster (Westsachsen). In: Probleme und Befunde der Holozänstratigraphie in Thüringen, Sachsen und Böhmen, S. 83–103, Berlin und Prag
- HEBERER, G. (1969): Der Ursprung des Menschen - Unser gegenwärtiger Wissensstand, 2. Aufl., 52 S., Jena
- HERRMANN, J. (1959): Wasserstand und Siedlung im Spree-Havel-Gebiet in frühgeschichtlicher Zeit. - Ausgrabungen und Funde **4**, 2, S. 90–106, Berlin
- JÄGER, K.-D. (1961): Eine Auelehm-Ablagerung in der Rinneue bei Stadremda und ihre Beziehungen zur mittelalterlichen Besiedlung des Remdaer Landes. - Jahrbuch 1961 der Staatlichen Museen Heidecksburg Rudolstadt, S. 55–80, Rudolstadt
- JÄGER, K.-D. (1962): Über Alter und Ursachen der Auelehmablagerung thüringischer Flüsse. - Prähistorische Zeitschrift **40**, 1/2, S. 1–59 mit 1 Beilage, Berlin
- JÄGER, K.-D. & A. BERNHARDT (1987): Etappen und Tendenzen in der Entwicklung der Wechselbeziehungen zwischen Gesellschaft und Umwelt vom Neolithikum bis zur Gegenwart. - Z. Geol. Wiss. **15**, 2, S. 213–224, Berlin
- JÄGER, K.-D. & A. BERNHARDT (1995): Historische Aspekte anthropogenen Umweltwandels während der letzten 10 Jahrtausende. - In: KOWALKOWSKI, A. (Hrsg.), Monitoring antropogenicznych krajobrazów w środkowej i wschodniej Europie, S. 129–142, Warszawa
- JÄGER, K.-D. & V. LOŽEK (1978): Befunde und Aussagemöglichkeiten der Holozänstratigraphie über anthropogene Einwirkungen auf den natürlichen Landschaftshaushalt im ur- und frühgeschichtlichen Mitteleuropa. - Petermanns Geographische Mitteilungen **122**, 3, S. 145–148, Gotha und Leipzig
- JÄGER, K.-D. & D. SCHÄFER. (1998): Gathering fruits as a way of food supply during the Palaeolithic period. - In: H. ULLRICH (ed.): Hominids in their environment-Lifestyles and survival strategies (im Druck, Schwelm)
- KOZARSKI, S. & B. NOWACZYK (1990): Site Cedynia - Aeolian coversands: sedimentological properties, stratigraphy and age. In: KOZARSKI, S. & B. NOWACZYK (eds.): Late Vistulian and Holocene Europe ... Guide-Book of Excursions, S. 10–14, Poznań
- LIEBEROTH, I. (1982): Bodenkunde - Aufbau, Entstehung, Kennzeichnung und Eigenschaften der landwirtschaftlich genutzten Böden der DDR. 3. Aufl., 432 S., Berlin
- LITT, TH. (1983): Zur Frage anthropogen ausgelöster Bodenabtragung im Flußgebiet der Weißen Elster während des Frühneolithikums. Unveröff. Archäol. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- LITT, Th. (1986): Stratigraphische Belege für anthropogen ausgelöste Bodenverlagerungen vom Neolithikum bis zur frühen Eisenzeit im circumhercynen Raum. Unveröff. geol. Diss. (A), Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
- LITT, Th. (1988): Stratigraphische Belege für anthropogen ausgelöste Bodenverlagerungen vom Neolithikum bis zur frühen Eisenzeit im circumhercynen Raum. - Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift **29**, S. 129–137, Berlin

- LITT, Th. (1992): Investigations on the extent of the Early Neolithic settlement in the Elbe-Saale region and on its influence on the natural environment. - In: FRENZEL, B. (Ed.): Evaluation of land surfaces cleared from the forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the Times of Migrating Germanic tribes. - *Paläoklimaforschung* **8**, S. 83–91, Stuttgart, Jena, New York
- LITT, Th. (1994): Holozäne Talentwicklung am Beispiel der Elster-Luppe-Aue, Tagebau Merseburg-Ost. - In: EISSMANN, L. & TH. LITT (Hrsg.): *Das Quartär Mitteldeutschlands - Ein Leitfaden und Exkursionsführer*. - *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* **7**, S. 333–337, Altenburg
- LOŽEK, V. (1975): Zur Geschichte der Bodenerosion in den mitteleuropäischen Lößlandschaften während des Holozäns. - In: *Newsletters on Stratigraphy* **5**, 1, S. 44–54, Berlin und Stuttgart
- NATERMANN, E. (1937): Zur Ortsgeschichte von Hameln. - In: *Schriftenreihe des Niedersächsischen Heimatbundes* **15**
- NEEF, E. (1976): Nebenwirkungen der gesellschaftlichen Tätigkeit im Naturraum. - *Petermanns Geographische Mitteilungen* **120**, S. 141–144, Gotha und Leipzig
- NEEF, E., BERNHARDT, A., JÄGER, K.-D. & K. MANNSFELD (1979): Analyse und Prognose von Nebenwirkungen gesellschaftlicher Aktivitäten im Naturraum. *Abh. Sächs- Akad. Wiss. zu Leipzig, math.-nat. Kl.* **54**, 1
- NEUMEISTER, H. (1964): Beiträge zum Auelehmproblem des Pleiße- und Elstergebietetes. - In: *Das Leipziger Land (Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Institutes für Länderkunde, Neue Folge 21/22)* S. 65–131, Leipzig
- Reichelt, G. (1961): Über Schotterformen und Rundungsgradanalyse als Feldmethode. - *Petermanns Geographische Mitteilungen* **105**, S. 15–24, Gotha
- Scheffer, F. & B. Meyer (1963): Berührungspunkte der archäologischen und bodenkundlichen Forschung. - In: *Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* **1**, S. 1–18, Hildesheim
- TACKENBERG, K. (1937): Beiträge zur Landschafts- und Siedlungskunde der sächsischen Vorzeit. - In: *Von Land und Kultur (Festschrift zum 70. Geburtstag von RUDOLF KÖTZSCHKE)*, S. 1–37.
- VASAŤKO, J. & LOŽEK, V. (1973): Der holozäne Bodenkomplex von Pavlov und seine Bedeutung für die Landschaftsgeschichte des südmährischen Tschernosemgebietes. - In: *Zpravy Geografického ústavu ČSAV* **10**, 7, S. 1–10 mit 1 Beil., Brno
- WILLERDING, U. (1960 u. 1962): Beiträge zur jüngeren Geschichte der Flora und Vegetation der Flußauen (Untersuchungen aus dem Leinetal bei Göttingen). - *Flora* **149**, S. 435–476 mit 1 Taf., Jena 1960 sowie TÜXEN, R. (Hrsg.), *Pflanzensoziologie und Palynologie*, S. 71–77, Den Haag

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. habil. Klaus-Dieter Jäger
 Institut für Prähistorische Archäologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 Brandbergweg 23 c
 06099 Halle

	INHALT (Fortsetzung)	CONTENTS (continuation)	Seite
	Aus dem Landesamt	From the Brandenburg Office	
KRETZSCHMAR, W., KLAUS, H., FELSNER, A., HERING, A., DITT- RICH, A. & M. OEMLER	Die Geowissenschaftliche Daten- bank des Landesamtes für Geo- wissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (GeoDaB)	The geoscientific data bank (GeoDaB) of the Geological Survey of Brandenburg	38
WASTERNAK, J.	Das Bohrkern- und Probenarchiv (BPAB) des Landesamtes für Geo- wissenschaften und Rohstoffe Brandenburg	The archives of drill cores and samples (BPAB) of the Geological Survey of Brandenburg	74
EHMKE, G. & V. MANHENKE	Atlas zur Geologie von Branden- burg	Geological atlas of Brandenburg	82
	Tagungen	Meetings	
GIESE, ST. & A. SIMON	Nationaler Kongreß für Geoche- mie 22.–24. September 1997 in Mexico-City	VIIth National Congress of Geochemistry in Mexiko City from 22–24 Sept. 1997	73
STACKEBRANDT W. & G. EHMKE	125 Jahre amtliche Geologie in Sachsen	125 years geological survey of Sachsen	88
	Buchbesprechungen	Book reviews	
STACKEBRANDT, W.	HENDL, M. & H. LIEDTKE (Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Physi- schen Geographie	HENDL, M. & H. LIEDTKE (Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Physi- schen Geographie	52
THIEKE, H. U.	HEINEBERG, H.: Großbritannien – Raumstrukturen, Entwicklungs- prozesse, Raumplanung	HEINEBERG, H.: Großbritannien – Raumstrukturen, Entwicklun- gsprozesse, Raumplanung	64

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.

Zu beziehen über das Landesamt und seine Außenstellen

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

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

Außenstelle Cottbus, Vom-Stein-Str. 30a, 03050 Cottbus, Tel. 0355/4772310, Fax 0355/4772355

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 „Erdnaht“. - 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)

