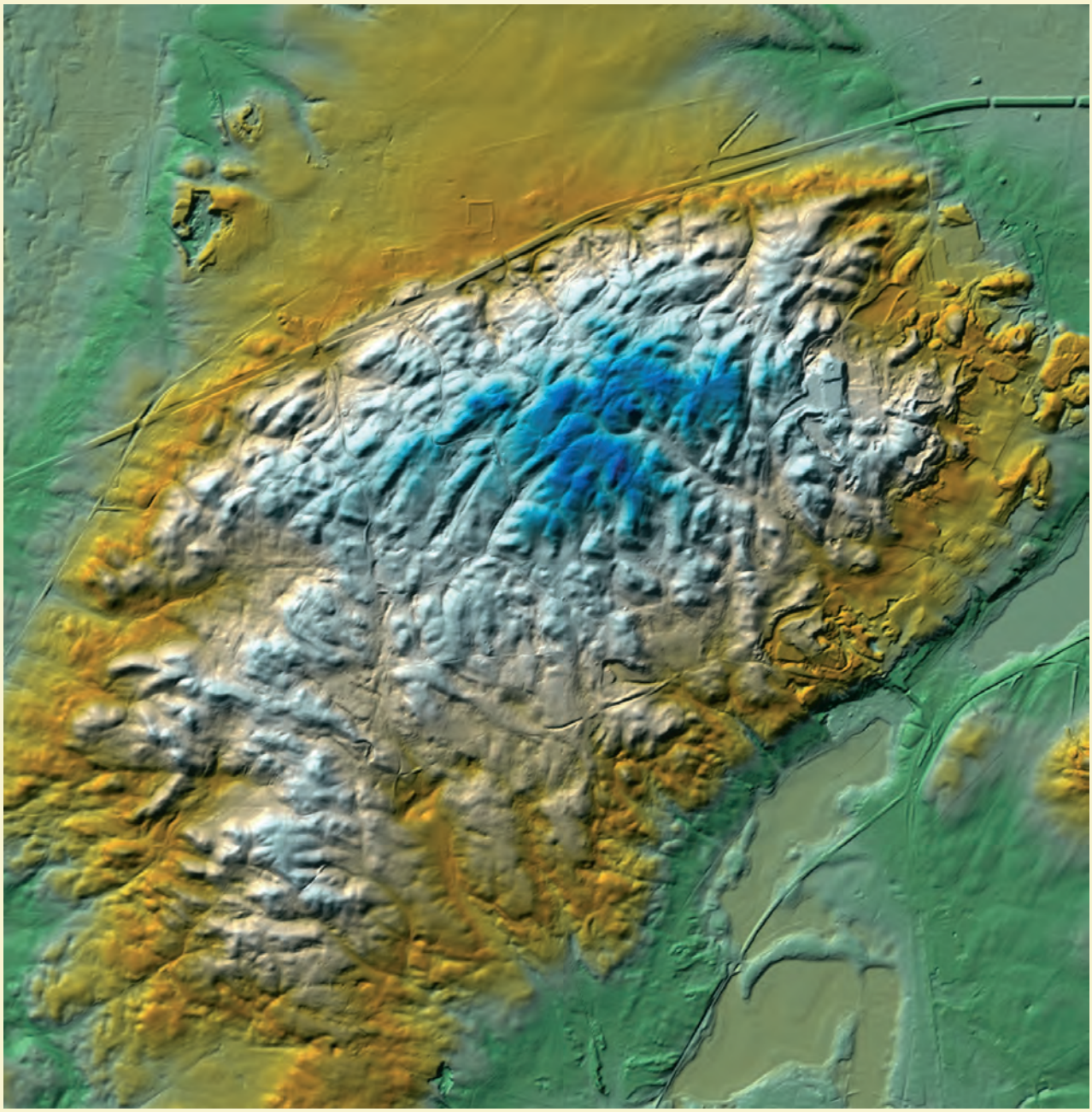
LANDESAMT FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE BRANDENBURG

LBGR BRANDENBURG

1/2
2005

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge



	INHALT	CONTENTS	Seite
SIXTEN BUSSEMER	Die Braunerden als Typusboden der brandenburgischen Sandgebiete	The Brown Earth (Braunerde) and its primary region (Northern Brandenburg, Germany)	3-12
NORBERT SCHLAAK	Holozäne Sedimentstrukturen im Oderbruch und ihre Erkennbarkeit in flugzeuggestützten Radaraufnahmen	Holocene sediment structures in the Oderbruch and their recognition in aircraft based radar images	13-24
ALBRECHT BAURIEGEL	Das Flächenbodenformen-Archiv des Landes Brandenburg	The archive of area related soil-forms for the medium scaled soil map of the state of Brandenburg	25-35
MARCEL HORN, RALF KÜHNER & RAINER THIELE	Die Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ im Tagebau Cottbus-Nord und ihre Beziehung zur Ausdehnung des Weichsel-Eises in Südostbrandenburg	The erosion structure „Merzdorfer Ausbauten“ in the open-cast lignite mine of Cottbus-Nord and its relation to the Weichselian ice extinction in Southeast Brandenburg	37-44

Titelbild
Digitales Geländemodell der Rauen’schen Berge südlich Fürstenwalde/Spree.
Trotz intensiver Bewaldung zeigt das mittels Airborne-Laserscanning gewonnene und zum Digital Terrain Model (Milan-Flug-GmbH) gewandelte Bild den glazigenen Baustiel der Stauchmoräne sowie eine junge tektonische Beanspruchung. Spuren hat ebenfalls der Braunkohlentiefbergbau hinterlassen.
Zur Orientierung: Im oberen Bildteil verläuft die Autobahn Berlin – Frankfurt (Oder), im südöstlichen Bildteil erscheint die Rinnenseenkette des Scharmützelsees (siehe auch Beitrag STACKEBRANDT, S. 165 ff).

Herausgeber: © Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Präsident: Dr.-Ing. Klaus Freytag

Schriftleitung: Dr. Werner Stackebrandt

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

Redaktion: Dr. Hans Ulrich Thieke (verantwortlicher Redakteur), Dipl.-Geophysn. Anneliese Andreae
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow
Tel. (033203) 36600, Fax (033203) 36702, e-mail: lbgr@lbgr.brandenburg.de, http://www.lbgr.brandenburg.de

Hinweise zur Abfassung der Manuskripte sind auf der 3. Umschlagseite des Heftes angegeben.
Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Layout und Satz: A. Andreae

Erscheinungsweise: Die Schriftenreihe erscheint jährlich mit 1 bis 2 Heften. Gebühr für dieses Heft: 16,00 ¤

Druck: Druckerei Feller, Teltow

Printed in Germany
ISSN 0947-1995

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 3-12	10 Abb., 2 Tab., 34 Lit.

Die Braunerde in ihrer nordbrandenburgischen Typusregion

The Brown Earth (Braunerde) and its primary region (Northern Brandenburg, Germany)

SIXTEN BUSSEMER

1. Einführung

Im Jahr 1905 beschrieb Emil Ramann (1851-1926) zum ersten Mal die Braunerde als verbreitetsten Waldboden Mitteleuropas, später ging sie auch unter dem Namen *Ramannbraunerde* in die internationale Literatur ein (vgl. KUBIENA 1953, TAVERNIER & SMITH 1957). Da sich die Untersuchungsstandorte in der Umgebung der ehemaligen Forstakademie Eberswalde befanden, kann das nordostbrandenburgische Jungmoränenland als Typusregion für diesen Bodentyp gelten. Zum hundertsten Jubiläum soll der aktuelle Forschungsstand über die brandenburgische Braunerde anhand von zwei Leitprofilen im Gebiet um Eberswalde diskutiert werden.

2. Kurzer forschungsgeschichtlicher Abriß

Leider legte RAMANN (1905) diesen ersten Braunerdebeschreibungen keine Bodenanalytik bei, so dass seine Typusprofile heute nicht mehr reproduzierbar und somit nur schwer vergleichbar sind. Eine analytische Detailbeschreibung, systematische Abgrenzung gegen die Podsole bzw. Lessivés und erste Einordnung der nordostdeutschen Braunerden in internationale Klassifikationen erfolgte durch KUNDLER (1957, 1962). Ihrer großflächigen Kartierung und diffizilen Substratgliederung auf den weiten Sandflächen Brandenburgs widmete sich vor allem die forstliche Standortserkundung (KOPP et al. 1969). In diesem Zusammenhang postulierten KOPP (1965) sowie KOPP & JÄGER (1972) die Theorie einer strengen genetischen Kopplung von Braunerden und periglazialen Decken (Perstruktionsserien). In den letzten Jahren verlagerte sich der Mittelpunkt des Interesses auf ihre anthropogene Überprägung und landschaftsökologische Funktion (SCHMIDT 1996, BORK et al. 1998, RIEK & STÄHR 2004).

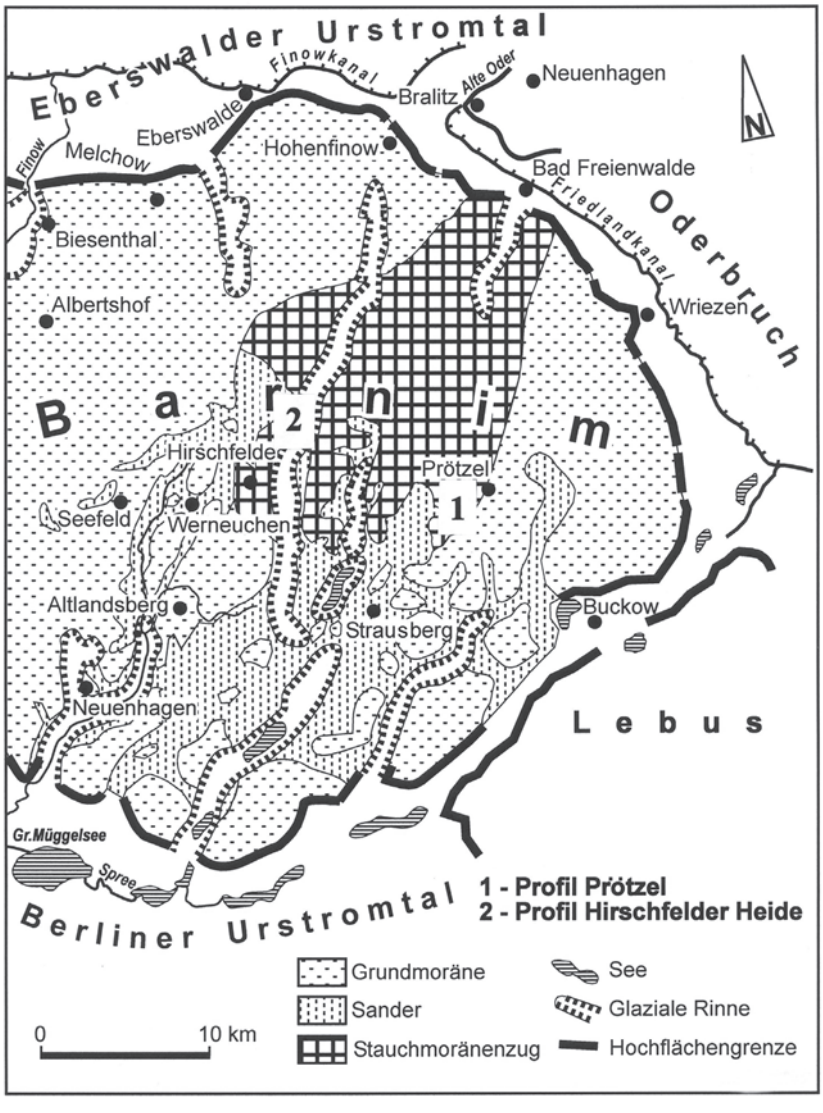


Abb. 1
Lage der Profile Prötzel und Hirschfelder Heide auf dem östlichen Barnim südlich von Eberswalde

Fig. 1
Location of the Prötzel and Hirschfelder Heide Profiles, eastern Barnim, south of Eberswalde

3. Methoden

Die dargestellten Ergebnisse basieren auf nachfolgenden Untersuchungsmethoden:

Korngrößenanalyse des Feinbodens - kombiniertes Sieb- und Sedimentationsverfahren nach BARSCH et al. (1984).
pH-Wert - elektrometrisch in einer 0,01M Calciumchlorid-Lösung.
Organischer Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) – C/N-analyzer LECO 2000 in %.
Kationenaustauschkapazität (KAK) und Basensättigung (BS) – nach Kappen in mval/100g bzw. % (u. a. in BARSCH, BILLWITZ & SCHOLZ 1984). Schätzung der *Kationenaustauschkapazität der Tonfraktion (KAK_{Ton})* nach VAN REEUWIJK (1992) in mval/100g.
Dithionitlösliches Eisen (Fe_d) – nach SCHLICHTING, BLUME & STAHR (1995) in %.
Oxalatlösliches Eisen (Fe_o) – nach SCHLICHTING, BLUME & STAHR (1995) in %.
Totalgehalte von Hauptelementen - Röntgenfluoreszenzanalyse an Schmelztabletten, gepreßt mit Lithiummetaborat. Messung am Philipps Spektrometer PW 2404. Berechnung des Verwitterungsindex nach KRONBERG & NESBITT (1981).
Röntgenphasenanalyse – Peakhöhenanalyse mit Nickel (innerer Standard) mittels URD 63 (modernisiert) und XRD 3000 TT (Seifert).
Kieselsäure-Sesquioxidverhältnis (SiO_2/R_2O_3)- Gewinnung der Tonfraktion im Atterbergzylinder - Bestimmung der Totalgehalte von Hauptelementen, Berechnung der SiO_2/R_2O_3-Koeffizienten auf Grundlage der Molverhältnisse.
Schwerminerale - Schweretrennung in Scheidetrichtern mit Tetrabromethan. Polarisationsmikroskopische Bestimmung von etwa 350 transparenten Körnern und Darstellung als gemittelte Gehalte der Fraktionen 0,063-0,1mm und 0,1-0,2 mm.

4. Periglaziale Deckserie als Ausgangsmaterial der Bodenentwicklung (Profil Prötzel)

Das Profil liegt am Westrand von Prötzel (Abb. 1) auf den Hügeln der Steinberge, welche vermutlich zur Frankfurter Eisrandlage gehören (vgl. BUSSEMER 2003). Diese kleingekammerte Niedertaulandschaft auf der Wasserscheide zwischen Berliner und Eberswalder Urstromtal weist enge Verzahnungen verschiedener glazialer Sedimenttypen mit weitgehend sandiger Ausprägung auf.
Auf derartige Reliefpositionen mit wechselkörnigen und teilweise kalkhaltigen Sanden im Untergrund konzentrierte sich auch die brandenburgische Periglazialforschung in ihrer faziellen Beschreibung des Ausgangsgesteins der Bodenbildung. Hier definierten einerseits SCHULZ (1956), NITZ (1965) und LEMBKE (1972) die periglaziale Deckserie als polygenetische Schichtenfolge mit dem Geschiebedecksand als Leithorizont. Andererseits bezeichnete KOPP (1970) dasselbe Phänomen als periglaziäre Perstruktionsserien, wobei das Profil Prötzel die spezielle Variante des sandigen Hochflächentyps darstellt (KOPP & JÄGER 1972). Diese Standorte weisen als zugehörigen Bodentyp regelhaft die Braunerde in ihrer Normausbildung bzw. im schwach podsolierten Zustand auf. Der Aufschluß Prötzel stimmt makroskopisch mit diesem klassischen Profiltyp überein (Abb. 2). An seinem Beispiel sollen die Schwierigkeiten der genetischen Interpretation des Ausgangsgesteins der Braunerden als Hintergrund der Bodenentwicklung dargestellt und neue Ansätze zur Lösung dieses Problems diskutiert werden.

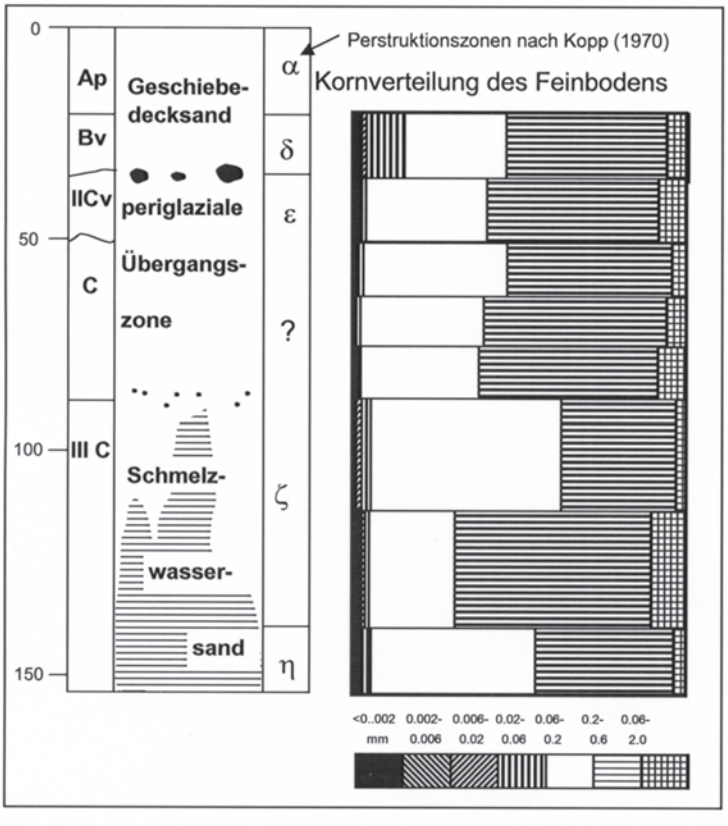


Abb. 2
Sandige Ausbildungsform einer periglazialen Deckserie mit Braunerde am Beispiel von Profil Prötzel

Fig. 2
Sandy structural form of a periglacial cover bed with Brown Earth as shown here on Profile Prötzel

4.1 Makroskopische Profilbeschreibung

Der markante und profilbestimmende Braunhorizont ist farblich und texturell homogen ausgebildet. Er stimmt in seiner Mächtigkeit mit dem Geschiebedecksand nach LEMBKE (1972) bzw. mit der Deltazone im Sinne von KOPP (1970) überein (Abb. 2). Gegenüber ihrem Liegenden hebt sich diese Lage schon makroskopisch durch Schluff-

anreicherung und schlechtere Sortierung sowie eine Steingirlande im Basisbereich ab (Abb. 3).
Darunter folgt eine entschichtete skelettarme Zone, die in ihrem oberen Teil noch schwach und unregelmäßig verbraunt ist (II Cv-Horizont). Sie wird innerhalb der Koppschen Perstruktionsserie im Cv-Bereich als Epsilonzone ausgewiesen. Lembke (zuletzt 1972) spricht diesen gesamten entschichteten Abschnitt unterhalb des Geschiebedecksandes (II Cv + II C) als periglaziale Übergangszone mit polygenetischem Charakter an. Im Profil Prötzel wird dieser Abschnitt von einer schwachen Kiesanreicherung abgeschlossen, welche offenbar eine Erosionsdiskordanz darstellt. Darunter werden fleckenhaft bis anderthalb Meter Tiefe erste geschichtete Partien sichtbar (Abb. 3). Dieser Bereich lässt sich mit den beiden genannten Klassifikationen nicht scharf abgrenzen. Nach Kopp et al. (1969) kann er aufgrund der nicht geschlossenen Schichtung noch zur Zetazone zählen. Unterhalb 150 cm Profiltiefe ist die Schichtung dann durchgehend ausgebildet, so dass das ungestörte glaziale Liegende erkennbar wird (Etazone nach Kopp). Das gesamte Profil ist kalkfrei.

Abb. 3
Typische Abfolge einer sandigen Deckserie mit einer Steinanreicherung, entschichteter Übergangszone und dem allmählichen Einsetzen der Schichtung im Schmelzwassersand (Beispiel Profil Prötzel)

Fig. 3
Typical sequence of a sandy cover bed with stone accumulation, a displaced layered transitional zone and gradual layered stratification in melt water sands

4.2 Analytik

Schon eine einfache Korngrößenbestimmung läßt in der Hauptverwitterungszone (Bv) deutlich erhöhte Grobschluffgehalte erkennen (Abb. 2). Eine zusätzliche Detailbeprobung der Kornverteilung im Vertikalverlauf des Bv-Horizontes zeigte eine große interne Ähnlichkeit an (Abb. 4). Diese Tatsache unterstützt die Vorstellung einer vertikalen Homogenisierung (Perstruktion) innerhalb der Deltazone sensu Kopp (1970).
Im mittleren Profilteil handelt es sich um eine entschichtete und texturell homogene Lage, deren Fazieseinordnung aus periglazialmorphologischer Sicht Schwierigkeiten bereitet. Ihre Basis wird ebenfalls durch eine Skelettanreicherung gekennzeichnet (Feinkies). Im oberen Teil dieses mittleren Profilbereichs ist gewöhnlich der II Cv-Horizont ausgebildet, ohne jedoch zwingend vorkommen zu müssen. An seiner Basis läßt sich im Profil Prötzel keine deutliche Texturveränderung feststellen. Eine strenge Kopplung des II Cv-Horizonts an eine eigenständige Perstruktionszone (Epsilon-Zone nach Kopp et al. 1969) erscheint deshalb unbegründet. Erst unterhalb des vom II Cv- und II C-Horizont eingenommenen Profilteils kommt es zu stärkeren Texturveränderungen, deren Korngrößenparameter jedoch keine eindeutige vertikale Tendenz aufweisen. Allerdings werden die Kornverteilungen des gesamten Profils von zwei Fraktionen (Fein- und Mittelsand) bestimmt, so dass eine Absicherung der auf der einfachen Korngrößenanalyse beruhenden bisherigen Aussagen über weitere Detailuntersuchungen geboten schien.
Subfraktionierungen der Sandfraktion (Abb. 5) zeigen eine

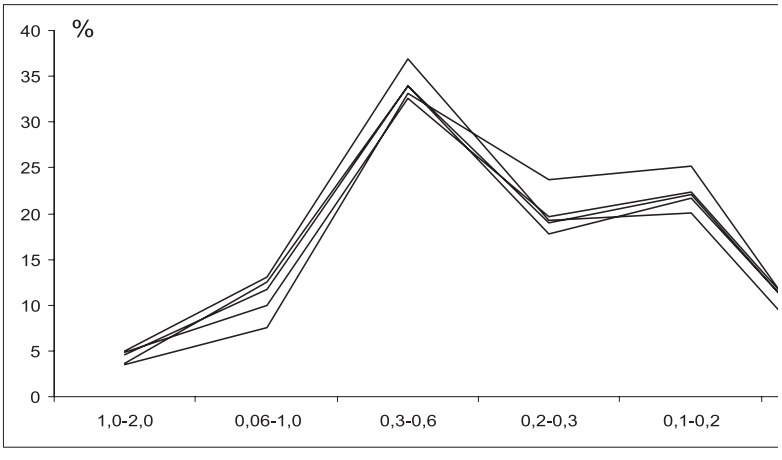
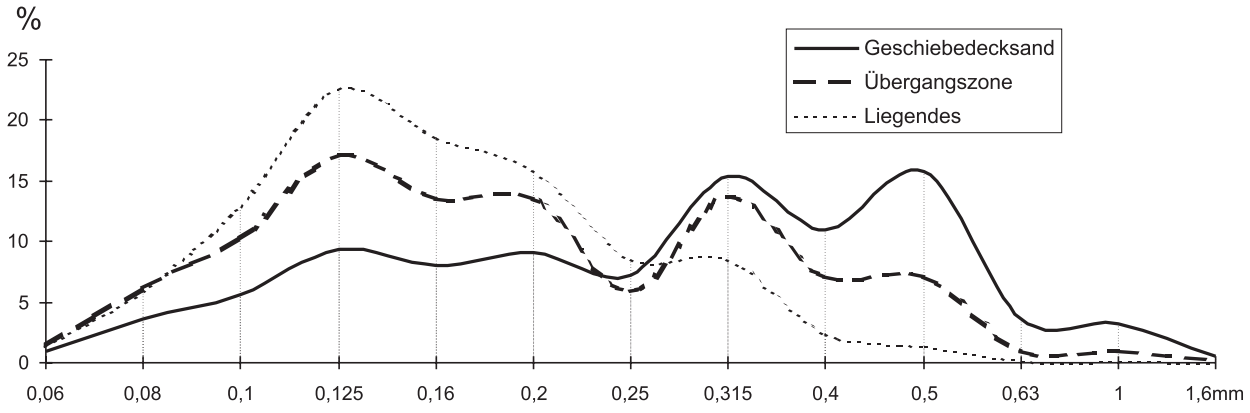


Abb. 4
Vergleich der Hauptkornfraktionen im dicht übereinander beprobten Bv-Horizont von Profil Prötzel

Fig. 4
A comparison of grain size distribution fractions in a densely sampled Bv-horizon as shown in Profile Prötzel

allgemeine Tendenz zur Mehrgipfligkeit, welche im mittleren Profilbereich (II Cv+ II C) mit zwei fast gleichen Maxima am stärksten ausgebildet ist. Sie markiert gleichzeitig eine Verschiebung der Hauptkornfraktion vom Siebdurchgang von 0,12 mm in den gut sortierten liegenden glazifluviatilen Sanden auf 0,3 bzw. 0,5 mm im hangenden Geschiebedecksand.



Detailsiebung der Sandfraktion in Einzelproben der periglazialen Deckserie am Beispiel von Profil Prötzel

Fig. 5
Detailed sand fractioning of individual periglacial coverbed samples as shown in Prötzel profile

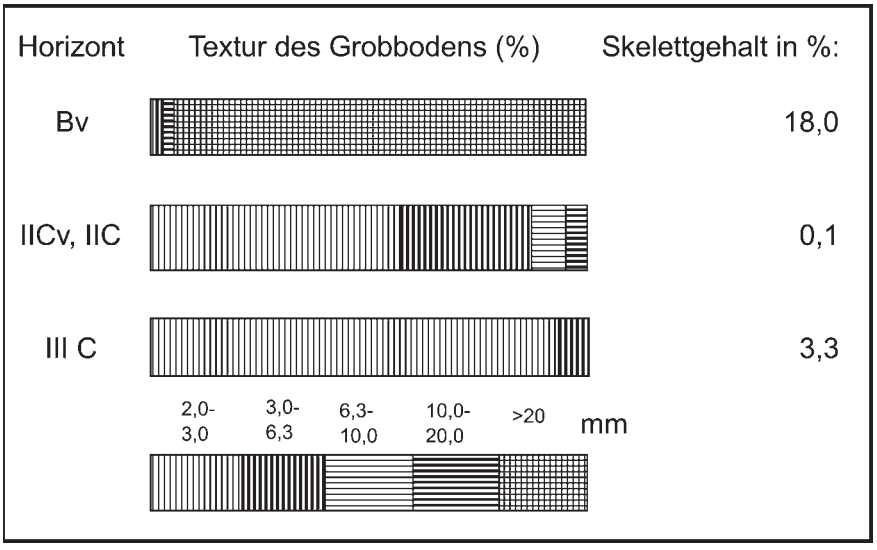


Abb. 6
Kornverteilung des Grobbodens in ausgewählten Abschnitten von Profil Prötzel

Fig. 6
Grain size distribution of coarse soil as depicted in selected sections in Profile Prötzel

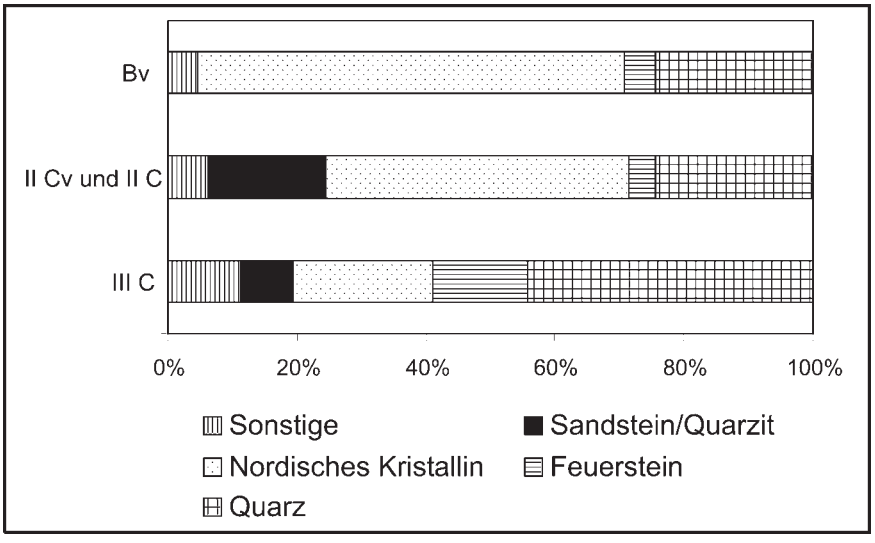


Abb. 7
Petrographische Zusammensetzung der 4-10 mm-Fraktionen in Profil Prötzel

Fig. 7
Petrographical composition of 4-10 mm fraction in Profile Prötzel

Korngrößenanalysen des Grobbodens (Abb. 6) lassen im Geschiebedecksand neben seinem prinzipiell höheren Skelettgehalt auch eine vom Liegenden abweichende Kornverteilung des Kieses erkennen. Im Geschiebedecksand dominiert die Grobkiesfraktion (>20 mm), während das Skelett der unteren Profilabschnitte vom Feinkies (2-6,3 mm) bestimmt wird.
Petrographische Untersuchungen der Kiesfraktion 4-10mm wurden nach CEPEK (1980) durchgeführt. Sie lassen neben qualitativen Besonderheiten des Bv-Horizontes (Fehlen der Sandsteine und Quarzite) auch eine Dominanz des Nordischen Kristallins erkennen (Abb. 7). Mit Hilfe der Feuerstein- und Quarzgehalte können auch die beiden unteren Profilpartien lithologisch gut differenziert werden.
Die Schwermineralspektren der drei genannten Profilabschnitte unterschieden sich nicht signifikant (Abb. 8). Die größte Veränderung in ihrer Tiefenfunktion vollzieht sich bei den Granatgehalten, welche zum Liegenden hin abnehmen. Auffällig ist auch der höhere Schwermineralgehalt im Bv-Horizont (schriftl. Mitt. THIEKE 1996).

4.3 Diskussion der Deckseriengliederung

Resultierend lassen sich im Profil drei stratigraphische Einheiten ausweisen, welche durch Skelettanreicherungen voneinander getrennt werden. Die beiden oberen Lagen (Bv bzw. II Cv + II C) sind als eigentliche Periglazialglieder jeweils in sich homogen. Die untere besitzt eine wechselnde Körnung, welche allerdings keinen eindeutigen vertikalen Trend ihrer Korngrößenparameter erkennen lässt (glazifluviale Schichtung).
Faziell läßt sich der Bv-Horizont damit als Geschiebedecksand und eigenständiges Sediment einordnen, während die mittlere Profillage ebenfalls ein homogenes periglaziäres Sediment darstellt, welches der Übergangszone im Sinne von LEMBKE (1972) entspricht. Die Kiesanreicherung an der Basis der Übergangszone stellt eine Erosionsdiskordanz dar. Als verursachender periglaziärer Abtragungsprozess kommt auf den stärker geneigten Sandflächen vor allem Abluation im Sinne von LIEDTKE (1990) in Frage. Unmittelbar darunter setzt schon das glazifluviatile Liegende ein. Die Sande mit wechselnder Körnung unterhalb der Feinkiesanreicherung sind damit vollständig den glazialen Schmelzwasserablagerungen zuzuordnen.
Laterale periglaziäre Verlagerungsprozesse haben somit den Profilaufbau stärker als die kryogene Perstruktion geprägt. Deren Einwirkung kann nur für die starke interne Homogenisierung des Bv-Horizonts verantwortlich gemacht werden, möglicherweise unterlag vorangehend auch die Übergangszone einem derartigen Prozess. Die ähnlichen Schwermineralspektren sprechen für insgesamt kurze periglaziale Transportentfernungen. Die Übereinstimmung von Horizont- und Deckseriengrenzen gilt

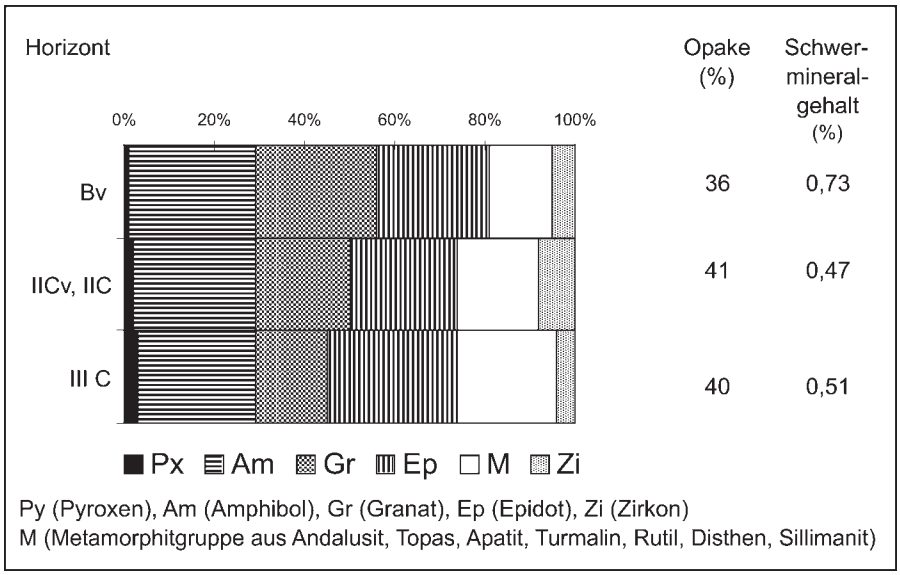


Abb. 8 Schwermineraluntersuchungen in Profil Prötzel (Fraktion 0,06-0,2mm)
Fig. 8 Heavy mineral examination on Profile Prötzel (Fraction 0,06-0,2mm)

Abb. 9
Typische brandenburgische Sandbraunerde (Profil Hirschfelder Heide)
Fig. 9
A representative Brandenburg sandy Brown Earth in as shown in Profile Hirschfelder Heide

nur für den Bv-Horizont, während der Cv-Horizont keine derartige Bindung aufweist.

5. Hauptverwitterungzone und Oberboden (Profil Hirschfelder Heide)

Am Beispiel des anthropogen ungestörten Profils Hirschfelder Heide soll der obere Profilabschnitt einer typischen brandenburgischen Braunerde diskutiert werden. Die Hirschfelder Heide stellt eine klassische Niedertaulandschaft dar, welche vor allem von Kames geprägt wird (BUSSEMER 1994). Das nachfolgend detailliert analysierte Profil befindet sich am Mittelhang eines Kameshügels entlang der Chaussee von Tiefensee nach Prötzel (vgl. Abb. 1).

Der Kame besitzt nach unseren Bohrungen einen Feinsandkern, der schwache Kalkgehalte aufweist. Bei Grabungen im oberflächennahen Bereich wurde eine fleckenhaft verbreitete dünne Ablationsmoräne im Hangenden der mächtigen Schmelzwassersande gefunden. In den zwischenliegenden Bereichen gehen die Schmelzwassersande über die Übergangszone in den skelett- und schluffreicheren Geschiebedecksand über. In diesen Mehrschichtprofilen sind Sandbraunerden entwickelt (Abb. 9). Wie in Pröfil Prötzel lässt sich auch hier eine Koinzidenz des Braunhorizonts mit dem Geschiebedecksand erkennen. Deutlich wird ebenfalls der Anstieg der Schluffgehalte, wobei die interne Texturhomogenität nicht so groß ist. An den Tongehalten wird ein Anstieg des Verlehmungsgrads in den Braunhorizont hinein erkennbar (Abb. 10).

Die Abszissen- und Ordinatenwerte des Kronberg-Nesbitt-Indexes weisen den Braunhorizont zwar nur schwach, aber durchgehend als Hauptverwitterungszone aus (Abb. 9). Dementsprechend sinken die pedogenen Eisenwerte (Fe_o, Fe_d) deutlich von oben nach unten ab. Als Anhaltspunkt für den Charakter des Verwitterungsprozesses gelten die Kieselsäure-Sesquioxidverhältnisse (LAATSCH 1954, S. 230). Der Quotient beider Verhältnisse im A- und B-Horizont (so genannte Profilcharakterzahl) ist mit 1,28 relativ eng und deutet damit auf eine Verbraunung hin.

Die bodenökologischen Parameter zeigen die für Braunerden charakteristischen Tiefenfunktionen an. Während pH-Wert und Basensättigung von oben nach unten ansteigen, weisen KAK sowie C- und N-Gehalte eine umgekehrte Tendenz auf. Insgesamt ist die Versauerung des Profils weit vorangeschritten, worauf die minimale Basensättigung im Bv-Horizont sowie die stark bis mäßig sauren pH-Werte (nach KOPP et al. 1982, S. 40) hinweisen. Die Kohlenstoffgehalte liegen auch in den Humushorizonten niedrig, entsprechen dabei aber dem Normalfall norddeutscher Sandböden (vgl. SIMON 1960, REUTER 1967). Das C/N-Verhältnis von 20 im Oberboden unterstützt die Humusformenansprache Moder.

Quantitative röntgenphasenanalytische Untersuchungen durch LUCKERT (2005) ergaben im Feinboden des gesamten Profils eine deutliche Quarzdominanz (Tab. 1). Darüber hinaus sind nur die in geringen Gehalten vorkommenden Feldspäte wie auch die Glimmer-Illitgruppe erwähnenswert. Der

+ 2-3 cm organische Auflage (Moder)
0-5 Ah – 7,5 YR 2,5/1, Krümelgefüge, stark durchwurzelt, initiale Kornpodsoligkeit.
5-15 Ah-Bv – 10 YR 3/3, stark durchwurzelt, Krümelgefüge, homogen, kalkfrei.
15-40 Bv – 10 YR 4/4, stark durchwurzelt, Einzelkorn- bis Krümelgefüge, kalkfrei.
40-50 II Cv – 10 YR 5/6, schwach durchwurzelt, Krümel- bis Einzelkorngefüge, kalkfrei.
50-100 sichtbare Tiefe C – 10 YR 6/6, sehr schwach durchwurzelt, Einzelkorngefüge, .
sehr schwache Bänderung, kalkfrei.

Hor.	Tiefe	Kronberg - Abszisse	Nesbitt Ordinate	Ton- SiO_2/R_2O_3	Fed	Feo	Ton
Ah	05	0,98	0,43	2,91	0,23	0,08	1,5
Ah-Bv	10	0,98	0,42	2,18	0,21	0,05	2,8
Bv	20	0,98	0,43	2,21	0,12	0,04	3,1
Bv	30	0,98	0,44	2,43	0,12	0,02	3,0
II Cv	40	0,99	0,45	2,36	0,14	0,01	1,0
Cv	50	0,99	0,46	2,57	0,11	0,01	1,0
C	70	0,99	0,47	2,75	0,06	0,01	0,6

Hor.	Tiefe	pH	KAK	BS	C	N	C/N	KAK_{ton}	Bo.-art
Ah	05	3,5	10,1	4,5	2,0	0,1	20	205	Ss
Ah-Bv	10	4,0	4,5	0,0	0,4	0,1		111	Ss
Bv	20	4,2	2,9	0,0	0,2	0,0		70	Su2
Bv	30	4,4	1,7	0,0	0,1	0,0		45	Su2
II Cv	40	4,4	1,4	23,2	0,1	0,0			Ss
Cv	50	4,4	2,0	66,3	0,1	0,0			Ss
C	70	4,5	1,8	78,8	0,0	0,0			Ss

Abb. 10 Makroskopische Beschreibung und Analytik von Profil Hirschfelder Heide
Fig. 10 Macroscopical description and analytical study on profile Hirschfelder Heide

Tab. 1 Mineralbestand des Feinbodens von Profil Hirschfelder Heide (< 2mm) nach LUCKERT (2005)
Tab. 1 Mineral composition of fine soil fraction in Profile Hirschfelder Heide (<2mm) acc. to LUCKERT (2005)

Probe	Labor-Nr.	Quarz	Kalifeld-spat	Plagio-klas	Calcit	Amphibol	Illit	Amorphe Phase
Ah	9247	75	4	4	0,5	0,5	7	9 *
Ah-Bv	9248	82	5	5	-	-	8	-
Bv	9249	83	4	5	-	-	8	-
Bv	9250	86,5	4	3	-	-	6,5	-
IICv	9251	86	3	4	-	-	7	-
Cv	9252	87	4	3	-	-	6	-
C	9253	88	2,5	3,5	-	-	6	-
C	9254	86,5	4	3,5	-	-	6	-

* - überwiegend organische Substanz

Tab. 2 Mineralbestand der Tonfraktion von Profil Hirschfelder Heide (< 0,002mm) nach LUCKERT (2005)
Tab. 2 Mineral composition of the clay fraction in Profile Hirschfelder Heide (<0,002mm) acc. to LUCKERT (2005)

Probe	Labor -Nr.	Kao-linit	Chlo-rit	Chlorit/ Verm.-ml	Vermi-culit	Illit	Peakintensität (cps) [a]			Hb [b]	14,2 Å / 7,1 Å
							14,2 Å	10,0 Å	7,1 Å		
Ah	9247	(+)	(?)	++	(?)	++	322	107	65	1,30	3,54
Ah-Bv	9248	(+)	(+)	++	(?)	++	445	90	105	1,78	3,43
Bv	9249	(+)	(+)	++	-	++	385	90	100	2,09	3,06
Bv	9250	+	(+)	++	(+)	++	1380	230	525	1,32	2,40
IICv	9251	+	(+)	++	+	++	975	280	450	1,02	1,61
Cv	9252	+	(+)	+	+	++	675	345	437	1,02	1,26
C	9253	+	(+)	+	+	++	438	312	280	0,79	1,13
C	9254	+	(?)	+	+	++	361	395	272	0,60	0,97

[a] - Intensität der gemessenen Peakhöhe (in Impulsen/4 Sekunden) an Texturpräparaten nach Behandlung mit Ethylenglykol,
[b] - Halbwertsbreite des 10 Å-Reflexes von Illit nach Behandlung mit Ethylenglykol,
Halbquantitative Bewertung: ++ - viel vorhanden; + - deutlich vorhanden;
(+) - gering vorhanden; (?) - möglicherweise in Spuren vorhanden

relativ gleichförmige Hintergrund begünstigt eine Prüfung auf tonmineralogische Besonderheiten (vgl. Tab. 2). Als wichtigste Gruppe können die Vertreter der Chlorit-Vermiculit-ml-Gruppe gelten, welche am ehesten pedogene Neubildungen anzeigen. Vor allem ihr Quotient aus den Peakhöhen bei 14,2 Å und 7,1 Å weist in seiner kontinuierlichen Abnahme zum Liegenden auf eine entsprechend verminderte Verwitterungsintensität hin (Tab. 2 rechts).

6. Diskussion der Befunde

Die fazielle Gliederung und Interpretation des sandigen Ausgangsgesteins der Braunerden bleibt trotz vieler neuerer Detailuntersuchungen weiterhin problematisch. Am Beispiel vom Profil Prötzel konnte jedoch exemplarisch demonstriert werden, dass auch das heutige feinstratigraphische Methodenspektrum bodengenetische Grundaussagen erlaubt. So lässt sich der von LEMBKE (1972) postulierte dominante Schichtungscharakter der Periglazialfolge nachweisen. Im diskutierten speziellen Fall des sandigen Hochflächenperiglazials ist eine dreigliedrige Abfolge charakteristisch (vgl. auch BUSSEMER 2002, S. 84 ff.). Hier erscheint es auch plausibel, den nomenklatorischen Vorschlag LEMBKES (1972, S. 72) mit Geschiebedecksand inklusive Steinanreicherung, entschichteter Übergangszone und dem glazialen Untergrund beizubehalten. Letztgenannter wird in den sandigen Hochflächenprofilen gewöhnlich von geschichteten Schmelzwassersanden gebildet, die an der Obergrenze teilweise von einer Erosionsdiskordanz mit schwacher Kiesanreicherung abgeschlossen werden. Geschiebedecksand und einteilige Übergangszone sind jedoch jeweils intern sehr homogen ausgebildet. Somit erscheint es möglich, dass jede der Schichten

für sich postsedimentär durch kryogene Perstruktion im Sinne von Kopp homogenisiert wurde. Insgesamt wurde die Entwicklung der Deckserien stärker von periglaziärer Sedimentation als von kryogener Perstruktion geprägt.

Eine Prüfung der Beispielprofile auf ihren Verwitterungscharakter im Sinne genetischer Klassifikationen (LAATSCH 1954, KUNDLER 1962, KOPP et al. 1969) bestätigte die makroskopische Profilansprache eines Braunhorizonts mit (starker) Verbraunung und (schwacher) Verlehmung. Mittels hochauflösender mineralogischer Methoden lassen sich Tonmineralneubildungen erkennen (Luckert 2005). Die Profilcharakterzahl >1 deutet auf eine initiale Entwicklung in Richtung Podsolierung hin.

Die aktuelle bodenkundliche Kartieranleitung der geologischen Landesämter (AG BODEN 2005, S. 215) stellt der Braunerdegliederung einen Verweis auf die zentrale Rolle von Verbraunung und Verlehmung voran. Im Weiteren verlangt sie in der Tradition ihrer Vorgänger (AG BODEN 1982, 1994) als wichtigstes Kriterium für eine Braunerde die Erfüllung der Anforderungen an einen (diagnostischen) Bv-horizont. Deren Gültigkeit darf jedoch bei mehrschichtigen Böden ignoriert werden, was selbst für die gleichförmigen Sandebenen Brandenburgs als Regelfall nachgewiesen werden konnte (s. o.). Trotzdem besitzt das Typusprofil Hirschfelder Heide alle diagnostischen Eigenschaften eines Bv-Horizonts. Seine Farbwerte liegen im Bv-Horizont bis zu drei Farbstufen intensiver als im Ausgangsgestein. Die Kationenaustauschkapazität der Tonfraktion liegt durchgehend weit über dem Grenzwert von 25 (vgl. Abb. 8). Trotz des allgemein sandigen Profilcharakters kommt es in der unmittelbaren Hauptverwitterungszone zu einem Wechsel in der Bodenartenuntergruppe Richtung schwach schluffigem Sand (Abb. 8). Zum Gehalt an verwitterbaren Mineralien liegen im Verwitterungshorizont von Profil Hirschfelder Heide keine Werte vor. In Prötzel wurden für den Bv-Horizont 6% ermittelt (schriftl. Mitt. LUCKERT 1999), was deutlich über dem Mindestgehalt von 3% liegt. Mit dem Krümelgefüge ließ sich eine pedogene Gefügebildung nachweisen, die sich schon makroskopisch deutlich vom Ausgangsgestein (Einzelkorngefüge) abhebt.

Die beschriebenen Typusprofile repräsentieren somit aufgrund ihres spezifischen Verwitterungshorizonts Braunerden im Sinne der wichtigsten deutschen Klassifikationen (LAATSCH 1954, MÜCKENHAUSEN 1959, KOPP et al. 1969), speziell als Subtyp der (Norm-)braunerde nach (AG BODEN 1994, S. 188). In der beschriebenen basenarmen Variante würden sie nach MÜCKENHAUSEN (1959) traditionell als podsolige Braunerde klassifiziert werden. Einen selektiveren Vorschlag enthält die bodenkundliche Kartieranleitung (AG BODEN 1994, S. 191) mit der Ausweisung als Dysbraunerde auf Varietätenniveau. Die minimale Podsoligkeit kann dann auf Subvarietätenebene hinzugefügt werden.

7. Ausblick vor dem Hintergrund der internationalen Bodenklassifikation

Nach der internationalen Klassifikation (FAO-UNESCO 1997, WRB 1998) wird in diesen exemplarischen Fällen norddeutscher Sand-Braunerden kein diagnostischer *Cambic* Horizont als mögliche Qualifikation für die Referenz-Bodengruppe der *Cambisols* erreicht. Gewöhnlich scheitert diese Einstufung schon an der relativ sandigen Körnungsart im Verwitterungshorizont. Folgerichtig müssen viele brandenburgische Braunerden der Gruppe der *Arenosols* zugeschlagen werden (als *Cambic Arenosols*). Das hat zur Folge, dass in einer Kartierung nach dieser Systematik die klassischen Braunerden in ihrer Typusregion auf großen Flächen als Normboden ausfallen. Bodensystematisch und vor allem standortsökologisch erscheint es jedoch verwirrend, dass Ramanns moderat verwitterte Typusböden der Laub- und Mischwaldzone auf diese Weise gemeinsam mit einem großen Teil der Wüsten- und Halbwüstenböden geführt werden.

8. Danksagung

Die Herren Dr. H. U. Thieke und Dipl.-Geol. Joachim Luckert (beide LBGR Kleinmachnow) untersuchten dankenswerterweise den Mineralbestand von Profil Prötzel mittels Schwermineral- und Röntgenphasenanalyse. Für die bodenchemische Analytik von Profil Hirschfelder Heide danke ich den nachfolgend genannten Damen und Herren der Universitäten München und Greifswald sehr herzlich: Die Gesamtgehalte der Hauptelemente wurden von Frau G. Liebenow und Herrn Dr. J. Eidam (Geologie Greifswald) durchgeführt. Frau cand.-geogr. Simone Wegener (Geographie Greifswald) führte die C/N-Analysen durch. Herr Dr. Thomas Mayer, Frau Dipl.-Geogr. Monika Baumgärtel, Frau Karin Meisburger und Frau A. Ambrosch (alle Geographie München) übernahmen die übrigen Analysen.

Zusammenfassung

100 Jahre nach der ersten Beschreibung von Braunerden nahe Eberswalde durch Ramann wird der aktuelle Kenntnisstand in der brandenburgischen Typusregion diskutiert. Am Beispiel zweier Profile wird versucht, die periglazialmorphologischen und bodengenetischen Ansätze von KOPP & JÄGER (1972), KUNDLER (1962) und LEMBKE (1972) zu diskutieren, zu vertiefen und zu integrieren. Vor diesem Hintergrund erfolgt ein Vergleich der bodensystematischen Stellung von Braunerden in deutschen und internationalen Klassifikationen.

Summary

100 years after the first description of Brown Earths (Braunerden), then carried out by Ramann in the vicinity of Eberswalde, the actual knowledge is hereby being adressed. An attempt will be made to discuss, to deepen and to integrate the periglacial geomorphological and soil genetic approach taken by KOPP & JÄGER (1972), KUNDLER (1962) and LEMBKE

(1972) by means of analysis on two representative soil sections. With this information, a comparative soil systematic understanding of the Brown Earths and their positioning in German and in International soil classification systems shall emerge.

Literatur

AG BODEN (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 3), 3. Aufl., 334 S., Hannover

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4), 4. Aufl., 392 S., Hannover

AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5), 5. Aufl., 438 S., Hannover

BARSCH, H., BILLWITZ, K. & E. SCHOLZ (1984): Labormethoden in der Physischen Geographie. - 160 S., Gotha (Haack)

BORK, H.-R., H. BORK, C. DALCHOW, B. FAUST, H.-P. PIORR & T. SCHATZ (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. - 328 S., Gotha (Klett-Perthes)

BUSSEMER, S. (1994): Geomorphologische und bodenkundliche Untersuchungen an periglaziären Deckserien des Mittleren und Östlichen Barnim. - In: Berl. Geogr. Arb. 80, 150 S., Berlin

BUSSEMER, S. (2002): Periglacial cover-beds in the young moraine landscapes of northern Eurasia. - Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd. 127, S. 81-105, Berlin

CEPEK, A. G. (1981): Fachbereichsstandard Geologie, Stratigraphische Skala der DDR, TGL 25234/07 – Quartär. - Ministerium für Geologie, Berlin

FAO-UNESCO (1997): FAO-UNESCO Soil Map of the world - Revised Legend. - ISRIC Wageningen

KOPP, D. (1965): Die periglaziäre Deckzone (Geschiebedecksand) im nordostdeutschen Tiefland und ihre bodenkundliche Bedeutung. - Ber. geol. Ges. DDR, 10, S. 739-771, Berlin

KOPP, D. (1970): Periglaziäre Umlagerungs- (Perstruktions-) zonen im nordmitteleuropäischen Tiefland und ihre bodengenetische Bedeutung. - Tag.-Ber. Dt. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin, 102, S. 55-81, Berlin

KOPP, D. et al. (1969): Ergebnisse der forstlichen Standortserkundung in der Deutschen Demokratischen Republik. - 141 S., Potsdam

KOPP, D. & K.-D. JÄGER (1972): Das Perstruktions- und Horizontprofil als Trennmerkmal periglaziärer und extraperiglaziärer Oberflächen im nordmitteleuropäischen Tiefland. - Wiss. Ztschr. Univ.Greifswald, math.-nat. Reihe, 21, S. 77-84, Greifswald

KOPP, D., JÄGER, K.-D. & M. SUCCOW (1982): Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR. - 339 S., Berlin (Akademie-Verl.)

KRONBERG, B. I. & H. W. NESBITT (1981): Quantification of weathering, soil geochemistry and soil fertility. - Journal of Soil Science, 32, S. 453-459, Oxford

KUBIENA, W. (1953): The Soils of Europe. - 392 S., London (Thomas Murby & Co.)

KUNDLER, P. (1957): Zur Charakterisierung und Systematik der Braunen Waldböden. - Zeitschrift für Pflanzenern., Düngung, Bodenk. - 78, S. 209-232, Weinheim

KUNDLER, P. (1962): Zur Systematik der Übergangsbildungen zwischen Braunerden und Podsolen. - Albrecht-Thaer-Archiv, 6, S. 111-117, Berlin

LAATSCH, W. (1954): Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. - 277 S., Dresden (Steinkopff)

LEMBKE, H. (1972): Die Periglazialerscheinungen im Jungmoränengebiet der DDR. - Wiss. Ztschr. Univ. Greifswald, Math.-Nat. Reihe, XXI, S. 71-76, Greifswald

LIEDTKE, H. (1990): Abluale Abspülung und Sedimentation in Nordwestdeutschland während der Weichsel- (Würm-) Eiszeit. - In: H. Liedtke (Hrsg.): Eiszeitforschung. - S. 261-270, Darmstadt (Wissenschaftl. Buchgesellschaft)

LUCKERT, J. (2005): Röntgenphasenanalytische Ergebnisse des Profils Hirschfelder Heide. - LBGR, Kleinmachnow (unveröff.)

MÜCKENHAUSEN, E. (1959): Die wichtigsten Böden Deutschlands. - 146 S., Frankfurt (M) (Kommentator)

NITZ, B. (1965): Windgeschliffene Geschiebe und Steinsohlen zwischen Fläming und Pommerscher Eisrandlage. - Geologie 14, S. 686-698, Berlin

RAMANN, E. (1905): Bodenkunde. - 431 S., Berlin (Springer)

REUTER, G. (1967): Gelände- und Laborpraktikum der Bodenkunde. - 126 S., Berlin (Deutscher Landwirtschaftsverl.)

RIEK, W. & F. STÄHR (2004): Eigenschaften typischer Waldböden im Nordostdeutschen Tiefland unter besonderer Berücksichtigung von Brandenburg. - Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, XIX, 180 S., Eberswalde

SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME & K. STAHR (1995): Bodenkundliches Praktikum. - 295 S., Berlin (Blackwell)

SCHMIDT, R. (1996): Bodenregion der Jungmoränenlandschaften in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. - In: H.-P. BLUME et al. (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde. - S. 22-35, Landsberg (Ecomed)

SCHULZ, H. (1956): Der Geschiebedecksand als spätglaziale Wanderschuttdecke im brandenburgischen Alt- und Jungmoränengebiet. - Petermanns Geogr. Mitt. 100, S. 16-28, Gotha

SIMON, W. (1960): Sandige Ackerböden. - 601 S., Berlin (Deutscher Landwirtschaftsverl.)

TAVERNIER, R. & G. D. SMITH (1957): The concept of Braunerde (Brown forest soil) in Europe and the United States. - Advances in Agronomy 9, S. 217-289, New York

van REEUWIJK, L. P. (Hrsg.) (1992): Procedures for soil analysis. - Technical Paper No. 9., ISRIC, Wageningen

WRB (1998): World Reference Base for Soil Resources. - World Soil Resources Report 84, 79 S., Rom

Anschrift des Autors:
Prof. Dr. Sixten Bussemer
Lehrstuhl Geoökologie und Bodengeographie,
Institut für Geographie und Geologie der Universität Greifswald,
F. - L. - Jahnstr. 16
D-17489 Greifswald

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 13-24	11Abb., 16 Lit.

Holozäne Sedimentstrukturen im Oderbruch und ihre Erkennbarkeit in flugzeuggestützten Radaraufnahmen

Holocene sediment structures in the Oderbruch and their recognition in aircraft based radar images

NORBERT SCHLAAK

1. Anlass und Untersuchungsansatz

Die weite Verbreitung oberflächennaher fluvialer Sedimentstrukturen im Oderbruch ist vor allem seit Nutzung von konventionellem Luftbildmaterial, u. a. für bodenrelevante Fragestellungen (MÜLLER et al. 2004) bekannt. Durch die Flutereignisse an der Oder 1997 und der Elbe 2001 sind Fernerkundungsmethoden bei geowissenschaftlichen Untersuchungen des Deichumfelds wieder verstärkt in das Blickfeld der Forschung gerückt. So fiel die Idee und Planung des BMBF-Pilotprojektes „SediSAR“ („Sedimentbezogene Erkundung des Deichuntergrunds zur integrativen Stabilitätsanalyse durch Angewandte Geologie & Remote Sensing mit SAR“, FKZ 50 EE 038) ebenfalls in diesen Zeitraum. Zu den Vorarbeiten, die auch zu dem Projektansatz im Oderraum führten, gehört die im Oktober 1997 in Potsdam durchgeführte Tagung „Ingenieurgeologische Beiträge zur Stabilität von Flussdeichen“. Deren Ergebnisse wurden in einem Tagungsband zusammengefasst und sind in gleicher Schriftenreihe als Heft 5, 1998 erschienen. Unter anderem wurde bereits hier auf die Möglichkeit der Nutzung von Fernerkundungsdaten zur Deichzustandseinschätzung eingegangen (KÜHN & BROSE 1998).

Hauptziel des Projekts SediSAR (Laufzeit 2000-2004) bestand in der Erarbeitung von methodischen Grundlagen zur Erweiterung des Einsatzes von Fernerkundungsdaten, hier im Speziellen von synthetischen Radardaten. Es sollte geklärt werden, inwieweit Radardaten als nahezu wetterunabhängige und kostengünstige Informationsquelle zur Deutung von geologischen Strukturen und Sedimenten für Vorerkundungen verwendbar sind oder sich sogar bei der Vorabschätzung der Stabilität des Baugrunds vorhandener oder zu errichtender Deichbauten in geotechnischen Risikogebieten einsetzen lassen.

Untersuchungsansatz war der sich aus der Dynamik des Abflussgeschehens ergebende heterogene Aufbau der holozänen Flusslandschaft des Oderbruchs. Bedingt durch klimagesteuerte Laufverlegungen und schwankende Grundwasserstände kam es im weiten Niederungsgebiet der Oder zur Ablagerung von Sand, Kies, Auenlehm, Mudde und Torf, deren räumliche Verbreitung außerordentlich stark variiert.

Abgesehen vom aktuellen Neubau ganzer Deichabschnitte, ist ein großer Teil der gegenwärtigen Hochwasserschutzanlagen das Produkt der Bautätigkeit mehrerer Jahrhunderte und somit von einem inhomogenen Deichuntergrund und Deichaufbau auszugehen. Bei der Auswertung der Deichschadensbilder des letzten Oderhochwassers zeigte sich, dass Mudde und Torf als Sedimente verlandeter Oderaltarme im Untergrund errichteter Deiche eine erhöhte Grundbruchgefahr sowie eine Anfälligkeit gegenüber seitlichem Druck darstellen. Sandige Untergründe führten dagegen bei hohen Drücken unter Umständen auch zu Deichunterspülungen. Aus heutiger Sicht sind daher sowohl bei der Überwachung des Umfelds bestehender Deichbauten als auch bei der Planung von Neubauten neue und effiziente Methoden zur Erkundung des geologischen Untergrunds erforderlich.

2. Projektpartner und technisch-praktischer Rahmen

Das Projekt SediSAR war als eine Kombination aus Fernerkundung und geologischer Untersuchung angelegt. Dabei lieferte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (Oberpfaffenhofen), als Auftragnehmer Radardaten aus vier Überfliegungen von einem von den Projektpartnern festgelegten Gebiet des Oderbruchs. Bei dem verwendeten flugzeuggetragenen Experimentellen Synthetic Aperture Radar (E-SAR, Trägerplattform DO-228, Flughöhe 3 000 m) handelt es sich um ein multifrequentes System mit Aufzeichnungsmöglichkeiten im P-, L-, C- und X-Band, wobei das System im L-Band die Möglichkeit hat, multipolarisierte Daten aufzuzeichnen. In den übrigen Bändern ist eine Wahl zwischen einer horizontal- und vertikalpolarisierten Sende- und Empfangsmöglichkeit gegeben.

Die EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH (Münster) war der Projektpartner des damaligen Landesamts für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, LGRB, Kleinmachnow. Ein Expertenteam des Unternehmens, welches u. a. auf die Erstellung und Beschaffung fernerkundlicher Bildmedien über Basisleistungen der Georeferenzierung und Orthophotoberechnungen bis hin zu komplexen thematischen Auswerteleistungen spezialisiert ist, übernahm die Auswertung des durch das DLR aufgezeichneten Datenmaterials. Ein schneller Datenaustausch mit dem LGRB ermöglichte nach Auswertung der ersten Radarbefliegung ein flexibles Arbeiten.

Aufgrund der Erfahrungen auf dem Gebiet der präventiven und akuten Bewertung des Untergrunds von Flussdeichen an Oder, Neiße, Spree und Elbe und der Regionalkenntnisse zur Flussgeschichte der Oder war das LGRB für die geologischen Erkundungsarbeiten im Rahmen des Projekts SediSAR prädestiniert und zuständig. Damit bestand die Aufgabe einer Projektgruppe am Landesamt (Dr. N. Schlaak und Dipl.-Ing. J. Kahl, Leitung: Dr. habil. F. Brose, ab 5/2002 Dr. H. U. Thieke) mittels geeigneter Aufschlussverfahren im Gelände, die neu erlangten Fernerkundungsdaten mit geologischen Daten zu unterlegen, das heißt, die stratigraphischen Verhältnisse an ausgewählten Bohrtrassen im Testareal zwischen Reitweiner Sporn und Kienitzer Loose zu erfassen und zu bewerten.

Aus den Festlegungen der geltenden Baugrundvorschriften bezüglich Aufschlusstiefe und Aussagefähigkeit zur Eignung des Baugrunds für Deichbauten, ergab sich die Forderung nach einer möglichst detaillierten Erfassung der Stratigraphie bis zu einer Teufe von 6 m (Abb. 1).

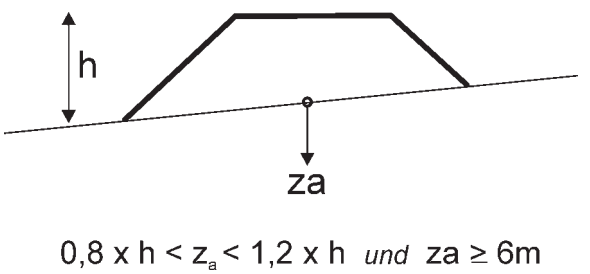


Abb.1
Erkundung des Untergrunds von Erdbauwerken nach DIN 4020

Fig. 1
Instruction DIN 4020 for the depth of research in the run-up to build dykes

Nach DIN 4020 gehören Deiche in die geotechnische Kategorie 3, die besonders schwierigen Baugrundverhältnissen mit geologisch jungen, wechselhaften Ablagerungen Rechnung trägt. Darüber hinaus sind die Abstände direkter Aufschlüsse (Bohrungen) bei Deichen mit 50 bis 200 m vorgegeben.

3. Von der Radardatenaufzeichnung zum Bohrpunkt

Die vier geplanten Überfliegungen fanden 2001 und 2002 jeweils im April und August statt. Extrem ungünstige Wetterverhältnisse (Schneefall/Regen) führten 2001 und 2002 zu Terminverschiebungen. Es wurden bei jeder Befliegung Radardaten von einem ca. 150 km² großen Testgebiet in drei sich überlappenden Flugstreifen (NW-SE) zwischen Kienitzer Loose und Reitweiner Sporn aufgezeichnet (Abb. 2), bei guten Wetterbedingungen wurden zusätzlich RMK (Reihenmesskammer)-Aufnahmen angefertigt. Nach Sichtung des umfangreichen konventionellen Luftbildmaterials (Schwarz-Weiß, Echtfarben, CoIor-Infrarot) und einer Vorauswahl im Gelände (LGRB) wurden die gespeicherten Rohdaten zunächst gezielt aufbereitet und ausgewertet (EFTAS, MÜLLENHOFF 2004). Nach der Verschneidung sämtlicher Daten wurden die für den Projektansatz aussichtsreichen Testflächen eingegrenzt und Bohrtrassen für die terrestrische Überprüfung geplant (LGRB). Die GIS-basierte Arbeit ermöglichte dabei eine genaue Festlegung der Bohrpunkte, die Auffindung der Bohransatzstellen im Gelände anschließend metergenau mittels GPS (GEOmeter 12plus).

4. Bohrarbeiten unter erschwerten Bedingungen

Die Termine der Geländearbeiten wurden mit den Bewirtschaftern der landwirtschaftlichen Nutzflächen abgestimmt, um den Schaden an den Kulturen so gering wie möglich zu halten. Trotz der allgemein geringen Niederschlagsmengen im Niederungsgebiet des Oderbruchs, waren manche Abschnitte des Untersuchungsgebiets aufgrund der hohen Bodenfeuchte und des geringen Grundwasserflurabstands über mehrere Monate nicht betret- bzw. befahrbar (Abb. 3). Hier konnten die Bohrungen erst in den Wintermonaten bei anhaltendem Bodenfrost niedergebracht werden.

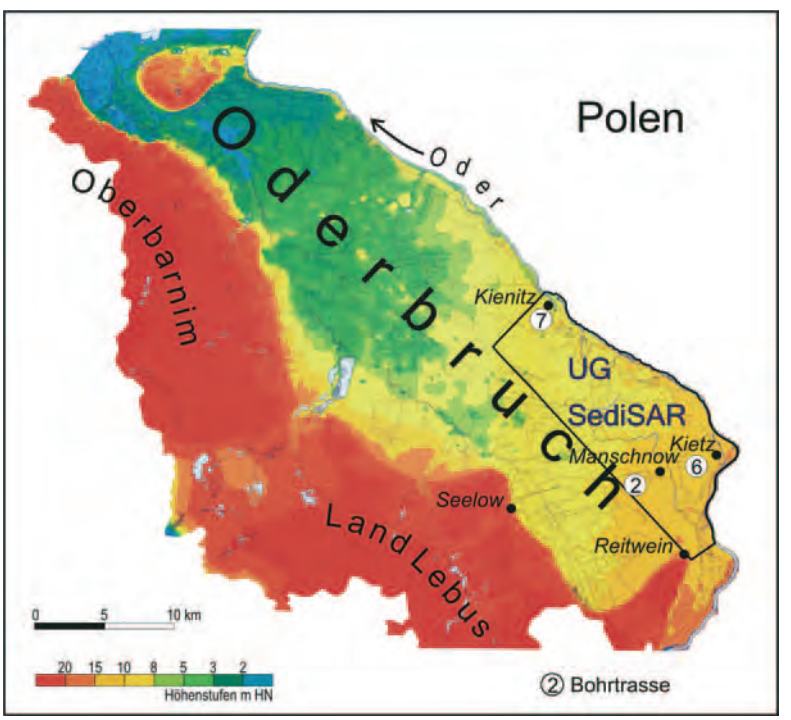


Abb. 2 *Testgebiet*
Fig.2 *Test area*

Abb. 3
Vernässte Testfläche bei Manschnow (Trasse 2-2)
März 2003

Fig. 3
Wet test area near Manschnow (section 2-2), march 2003

Abb. 3a
Testfläche 6 bei Neumanschnow, Winter 2002/2003

Fig. 3a
Test area 6 near Neumanschnow, winter 2002/2003

Der hohen Kampfmittelbelastung des gesamten SediSAR-Untersuchungsgebiets – es handelt sich hier um einen schwer umkämpften Raum des 2. Weltkriegs – kam während der Arbeiten im Gelände eine besondere Bedeutung zu. Alle geplanten Bohrpunkte lagen auf potenziellen Kampfmittelverdachtsflächen und bedurften der Freigabe durch den Staatlichen Munitionsbergungsdienst (StMBD), der eine zeitintensive Freisuche und Kampfmittelsicherung vorausging. Es wurden zahlreiche Munitionsteile sowie nicht detonierte Munition aus einer Tiefe zwischen 0,1 bis 1,0 m unter Flur vom StMBD geborgen und abtransportiert. In einigen Abschnitten behinderten bodengenetisch bedingte Eisenoxidausfällungen die Freisuche mit dem Eisendetektor stark. Luftbildmaterial aus dem Kriegsjahr 1945 mit indirekten Hinweisen auf Kampfmitteldichte bzw. -belastung konnte aufgrund geringer Qualität und unzureichender flächenhafter Abdeckung nur in geringem Umfang für eine Vorauswahl der Bohrtrassen genutzt werden.

Abb. 4
Fuß- und Kopfteil des Schutzrohrsystems mit geschlossener Rammkernsonde (oben) und gewonnener Bohrkern, geschnitten (Trasse 6, Bohrung 6)
Fig. 4
Drilling tackle (drilling and protective tube) and cutted drilling core (cross section 6, bore hole 6)

4.1 Kerngewinnung und Dokumentation

Um das effektivste Aufschlussverfahren zur schichtgetreuen Erfassung der Auensedimente zu finden, wurden vor allem in der Anfangsphase des Projekts mehrere Bohrverfahren getestet, denn Auensedimente gelten gemeinhin mit leichtem Gerät als schwer teufengenau bohrbar. Gründe dafür sind der beinahe regelhaft ständige Substratwechsel zwischen Lehm, Sand, Kies, Torf und Mudde und der für das Oderbruch grundsätzlich geringe Grundwasserflurabstand. Handbohrverfahren, z. B. mit dem EDELMANN-Bohrer (Ø 70 bzw. 100 mm), eigneten sich lediglich im Bereich bis zur Oberkante des Grundwassers (im Untersuchungszeitraum ca. 1,0-1,5 m unter Flur). Wurden in dieser Teufe bereits reine limnische und telmatische Bildungen (Mudden und Torfe) erreicht, konnten in Verbindung mit einer Klappsonde (500 mm-Kammer) auch Sedimente aus größe-

ren Tiefen schichtgetreu gewonnen werden. Derartige Konstellationen wurden jedoch äußerst selten angetroffen.
Akzeptable Ergebnisse wurden schließlich mit dem leichten Hydraulikbohr- und Ziehgerät der Firma DUNKEL (München) in Verbindung mit einer geschlossenen Rammkernsonde (Ø 53 mm, Länge 1 m) mit PE-Liner (Ø 40 mm) und Kernfangring in Kombination mit einer 80 mm Schutzverrohrung erzielt, wobei die Funktionsfähigkeit der Schutzverrohrung mit Hilfe von Dipl.-Ing. Hans Joachim Bonitz (Eberswalde) und der Maschinenbaufirma PRÄZIMA GmbH (Berlin) schrittweise entwickelt wurde (Abb. 4).

Das Verrohrungssystem erfuhr im Verlauf der Arbeiten erhebliche konstruktive Änderungen, wodurch eine wichtige Voraussetzung zur erfolgreichen Bergung nahezu ungestörter Bohrkerne von bis zu 6 m Länge erfüllt wurde. Den Spezialisten und Technikern sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung nochmals herzlich gedankt.
Die Kunststoffliner wurden entsprechend des Bohrfortschritts beschriftet, verpackt und am Ende der jeweiligen Geländekampagne tiefgefroren. Das Trennen der Bohrkerne, die fotografische Dokumentation, die Sedimentansprache und die Probenentnahme erfolgte unter einheitlichen Laborbedingungen im LGRB in Kleinmachnow.

5 Auswahl und Bewertung des Datenmaterials

5.1 Konventionelle Fernerkundungsdaten (Luftbilder)

Folgende Fernerkundungsdaten standen für das Arbeitsgebiet zur Verfügung:

CIR-Aufnahme 1991
Echtfarbenaufnahme 1997
SW-Luftaufnahme 1997/98
SW-Luftaufnahme 2001
RMK-Aufnahme 08/2001 oder 08/2002 (nicht vollständig vorhanden, da Bewölkung)

Die CIR-, Echtfarben-, und SW-Aufnahmen wurden vom LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) zur Verfügung gestellt (Nutzung mit Genehmigung Nr. GB-G IV-2001). Die RMK-Aufnahmen lieferte das DLR, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (Oberpfaffenhofen).
Konventionelle Luftbilder eignen sich aufgrund erkennbarer Bodenfeuchteunterschiede und dem differierenden Reflexionsvermögen zur Oberflächenkartierung unterschiedlicher Sedimente, die hier aus Zweckmäßigkeitsgründen zu Gruppen wie Sand/Kies, Auenlehm, Mudde/Torf zusammengefasst wurden. Voraussetzung sind jedoch vegetationsfreie bzw. vegetationsarme Flächen. Während der Vegetationsperiode lassen Wachstumsunterschiede (Farbvariationen) häufig Rückschlüsse auf Substrateigenschaften unter bestimmten Ackerbaukulturen zu. Der geologisch relevante Informationsgehalt wird damit maßgeblich vom Zeitpunkt der Aufnahme bestimmt. Die Auswertung verschiedener konventioneller Luftbilder ergab für einige Abschnitte des Oderbruchs ein teilweise sehr deutlich erkennbares System fluvialer Strukturen. In diesen Bereichen dominieren sandige Substrate, was sich auf das Pflanzenwachstum unmittelbar negativ auswirkt. Schlussfolgerungen zur Mächtigkeit der Sedimente in dem erkannten Verteilungsmuster sind jedoch aufgrund unzureichender Feldbefunde und Erfahrungen nicht bekannt und damit auch nicht unmittelbar ableitbar.

5.2 Radardaten SediSAR

Die Grundlage der folgenden Auswertungen bildeten die Radaraufnahmen
04/2001, 08/2001, 04/2002 und 08/2002.

Da das langwellige L-Band die brauchbarsten Daten zu bodenrelevanten Eigenschaften lieferte, handelt es sich bei den dargestellten Radardaten um E-SAR Falschfarbenkomposite (L_{VV}, L_{HH}, L_{HV}). Leider konnten die ebenfalls während der Überfliegungen aufgezeichneten P-Band-Daten aufgrund starker Störungen nicht mit in die Auswertung einbezogen werden.

5.3 Niederschläge/Grundwasserflurabstände

Die Niederschlagswerte des Deutschen Wetterdienstes der Station Manschnow sowie die Daten von Messstationen landwirtschaftlicher Betriebe im Untersuchungsgebiet (Landwirtschaft Golzow Betriebs GmbH) wurden zur Auswertung der Ergebnisse herangezogen, ebenso die vom Landesumweltamt Brandenburg zur Verfügung gestellten Grundwasserflurabstände des Oderbruchmessnetzes. Die temporären Grundwasserflurabstände an den Bohrpunkten wurden während der Bohrkampagnen erfasst und sind in der Regel in den Bohrprofilen vermerkt.

5.4 Bodenfeuchte

Um im Labor einen repräsentativen Überblick zur aktuellen oberflächennahen Bodenfeuchte zu erhalten, wurden zeitgleich mit den ersten beiden Befliegungen Bodenproben aus einer Tiefe von 0-4 cm und 4-8 cm unter Flur bis zu 700 Proben von 11 Testflächen gewonnen und im Labor analysiert. Die Aussagekraft der ermittelten Werte in Bezug auf Korrelierbarkeit und Qualität der Radardaten wurde insgesamt jedoch als gering eingeschätzt, was sich auf die Beprobungsroutinen während der weiteren Projektdurchführung auswirkte. Das Fehlen deutlicher Zusammenhänge wird mit der Homogenisierung der oberen Bodenschicht (Ap-Horizont) erklärt, die durch intensive landwirtschaftliche Bodenbearbeitung in kurzer Folge durchgeführt wurde. Neben der Störung des Bodengefüges, die mit jeder Bodenbearbeitung einhergeht, kommt es beim Pflügen und Eggen zu einer lateralen Verschleppung des Bodenmaterials, was häufig an einem deutlichen Substratwechsel an der Untergrenze des Ap erkennbar ist.

6. Bohrergebnisse

Die Auswertung der Bohrdaten und die Ableitung von Schlussfolgerungen im Zusammenhang mit den bereitgestellten Radardaten beziehen sich auf 6 Bohrtrassen mit 52 Bohrungen, wobei die Befunde von vier Trassen (Manschnow

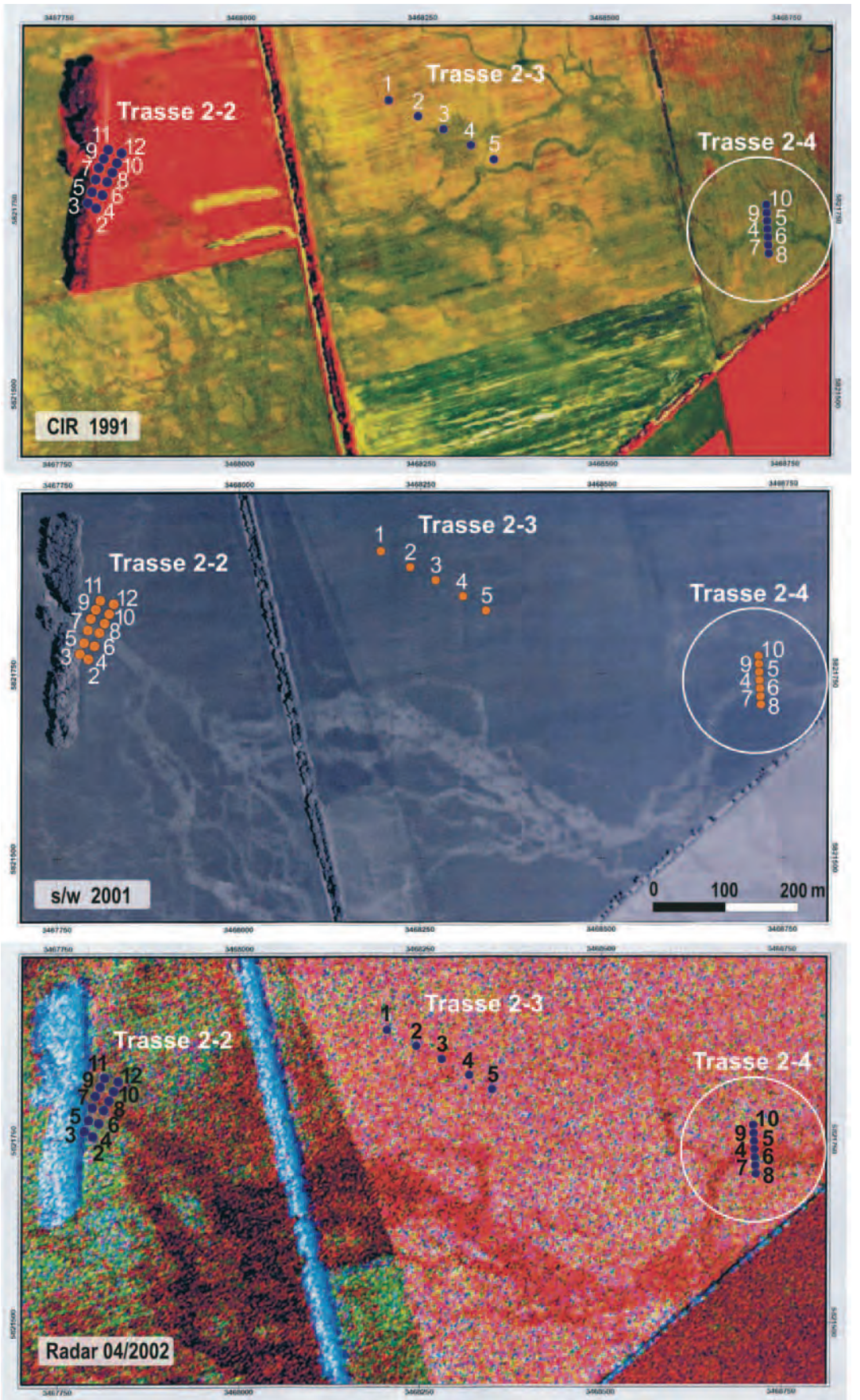


Abb. 5
Flussstrukturen in Luftbildern im Testgebiet 2 (Falschfarben-, Schwarz-Weiß - und Radaraufnahme) und Lage der Trassen
Fig. 5
Meander structures on air photographs of test area 2 (colored infrared, black-white and radar) with position of cross sections

2-4, Kietz 6, Kienitz 7-1 und 7-2) im Folgenden erläutert werden (Lage siehe Abb. 2, SCHLAAK & KAHL 2004). Die Genauigkeit der erfassten stratigraphischen Verhältnisse der im Mittel 5-6 m tiefen Bohrungen liegt aufgrund der eingesetzten Bohrtechnik im dm-Bereich. Alle beschriebenen Trassen wurden so angelegt, dass im Radarbild sichtbare fluviale Strukturen gleichmäßig geschnitten wurden, also die Bohransatzpunkte sowohl innerhalb als auch außerhalb der Strukturen lagen, um Zusammenhänge zwischen Stratigraphie und Radarbild herstellen zu können. Dabei wurde versucht, auch die diffusen Übergänge (Randbereiche) der Strukturen zu erfassen. Die vor allem in der Anfangsphase während der Bohrgerätetauglichkeitstests abgeteuften zahlreichen Bohrungen geringerer Tiefe sowie Einzelbohrungen wurden in die Auswertung nicht mit einbezogen. Die geringen Höhenunterschiede der Bohransatzpunkte innerhalb der Trassenverläufe wurden durch Nivellements erfasst und bei der graphischen Darstellung berücksichtigt.

Bei den in den Profilschnitten angegebenen Kernverlusten handelt es sich in der Mehrzahl um bohrtechnisch bedingte Stauchungen innerhalb des laufenden Bohrmeters (sedimentabhängige Verdichtungen durch Vibration beim Abteufen). Diese wurden hauptsächlich in Abschnitten mit Fein- und Mittelsanden festgestellt.

Die Befunde werden im Folgenden an vier ausgewählten Bohrtrassen erläutert.

6.1 Manschnow 2-4

Mit der aus 7 Bohrungen bestehenden 58 m langen Trasse wurde eine ca. 20 m breite Struktur geschnitten, die sich morphologisch nur wenige Dezimeter über das umliegende Gelände erhebt. Analog zu den stratigraphischen Befunden der nahen Bohrtrasse Manschnow 2-2 liegen im Bereich der morphologisch aufragenden Struktur vor allem Sande und kiesige Sande, die in Bohrung 5 eine maximale Mächtigkeit von 4 m erreichen. Obwohl außerhalb der klar abgegrenzten Struktur nur in Bohrung 7 Schluffe und Tone an der Oberfläche angetroffen wurden, werden im Bereich der Bohrungen 8, 9 und 10, trotz einer Sandauflage von 0,3 bis 0,9 m, hohe Reflektionen angezeigt, die in Bohrung 8 und 10 somit auf eine Eindringtiefe der Radarsignale von mindestens 0,5 m hinweisen. Die Abbildungsqualität der fluvialen Strukturen im Radarbild ist bei den Überfliegungen 08/2001 und 04/2002 im Gebiet der Testfläche Manschnow 2 am höchsten, wogegen die Strukturen 08/2002 nur undeutlich, bzw. 04/2001 nicht abgebildet wurden. Hier wird der direkte Zusammenhang zur Niederschlagsmenge vor dem jeweiligen Überfliegungszeitpunkt deutlich. Für den Zeitraum von einer Woche vor der jeweiligen Überfliegung wurden von der nahe gelegenen Klimastation Manschnow folgende Niederschlagssummen registriert:

04/2001 11,8 mm
08/2001 1,9 mm
04/2002 0,0 mm
08/2002 7,9 mm

Hinweise auf die in den Bohrungen 10, 9, 6 und 8 ab 1,8 m u. Fl. befindlichen Tonmudden können aus den

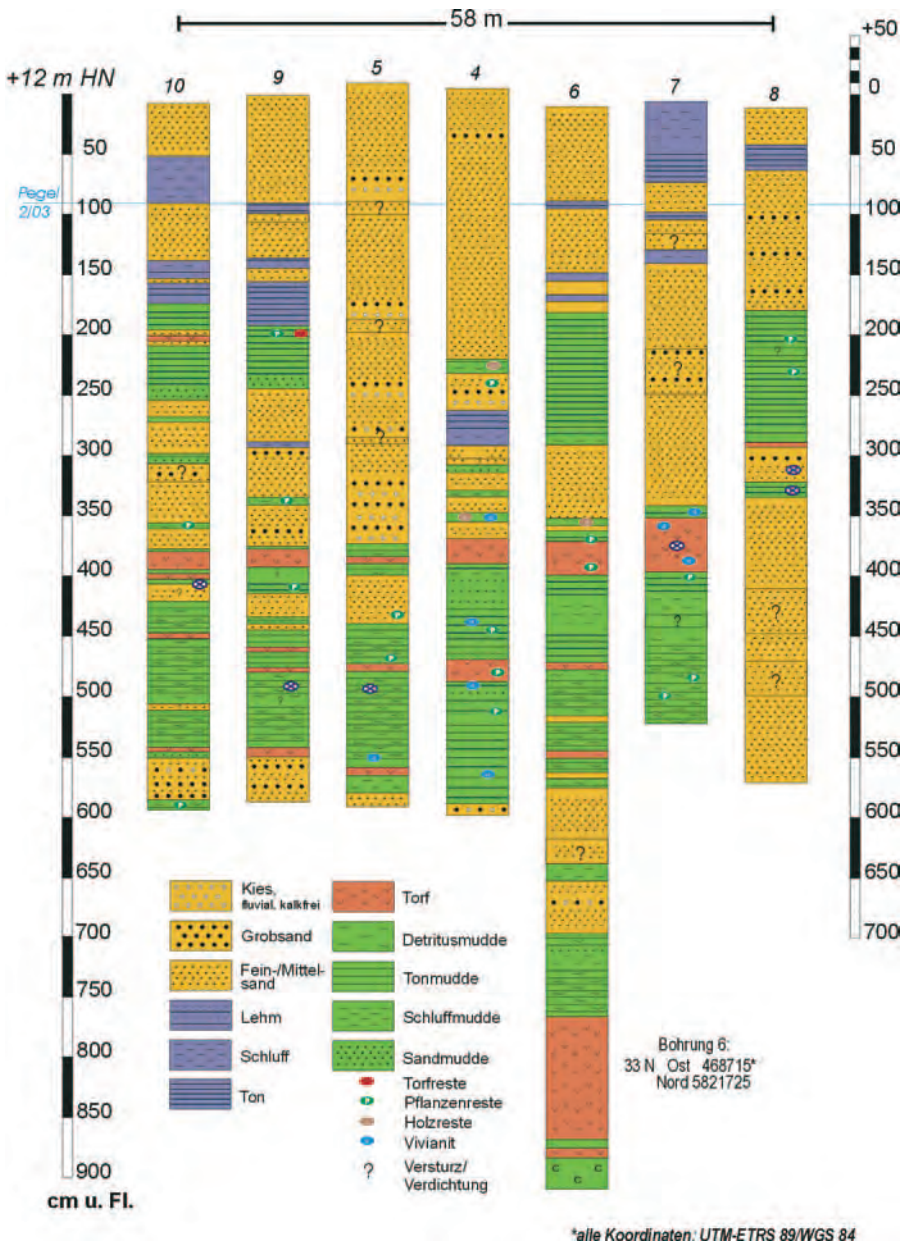


Abb. 6 Lithologie der Bohrtrasse 2-4
Fig. 6 Lithology of cross-section 2-4

Radardaten nicht abgeleitet werden. Ebenso wenig die bis auf Bohrung 8 in allen Bohrungen nachgewiesene 2 m mächtige Verlandungsfolge aus Mudden und Torfen ab 3,8 m u. Fl. Eine weitere 2 m mächtige Verlandungsfolge erreichte die tiefste Bohrung dieser Trasse (Bohrung 6) zwischen 7 und 9 m u. Fl. Datierungen an den organogenen Sedimenten wurden an dieser Bohrtrasse nicht vorgenommen, Parallelen zu den Befunden aus zwei nahe gelegenen Bohrungen SW der Ortslage Manschnow sind jedoch wahrscheinlich (SCHLAAK et al. 2003). Bei der ersten Bohrung (UTM-ETRS 89/WGS 84: 33N 469099 Ost; 5821408 Nord) ergab die ^{14}C-Datierung an einer Torflage aus 8 m unter Flur = 3 m HN ein Alter von 9 890 ± 65 Jahre v.h. (9 240 - 9 040 BC, Hv 24498). Der pollenanalytischen Einstufung zufolge handelt es sich hier um einen präborealen Torf, der während des Subboreals verlagert wurde. Die zwei Proben aus der zweiten Bohrung (UTM-ETRS 89/WGS 84: 33N 469104 Ost; 5821471 Nord) aus 2,9 m und 1,6 m unter Flur erbrachten ^{14}C-Alter von 3 040 ± 90 Jahre v. h. (1 405 – 1 125 BC, Hv 24497) und 2 365 ± 65 Jahre v. h. (480 - 380 BC, Hv 24496).

6.2 Kietz 6

Die Bohrtrasse SW von Kietz wurde so gelegt, dass eine ca. 50 m breite Struktur eines alten Flusslaufs geschnitten wur-

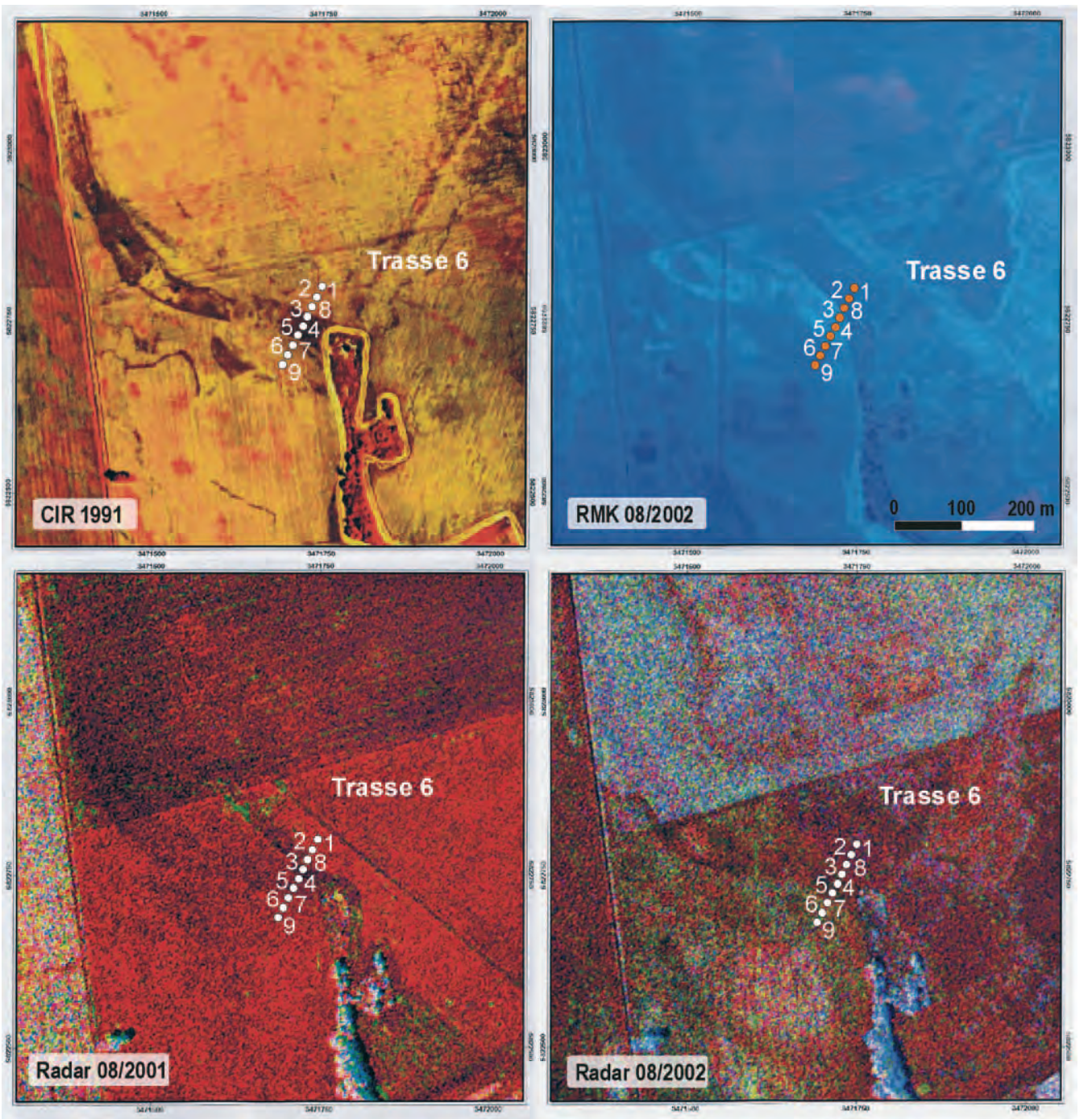


Abb. 7 Flussstruktur in Luftbildern im Testgebiet 6 (Falschfarben- und Radaraufnahmen) und Lage der Bohrtrasse
Fig. 7 Meander structure on air photographs of test area 2 (colored infrared and radar) with position of cross section

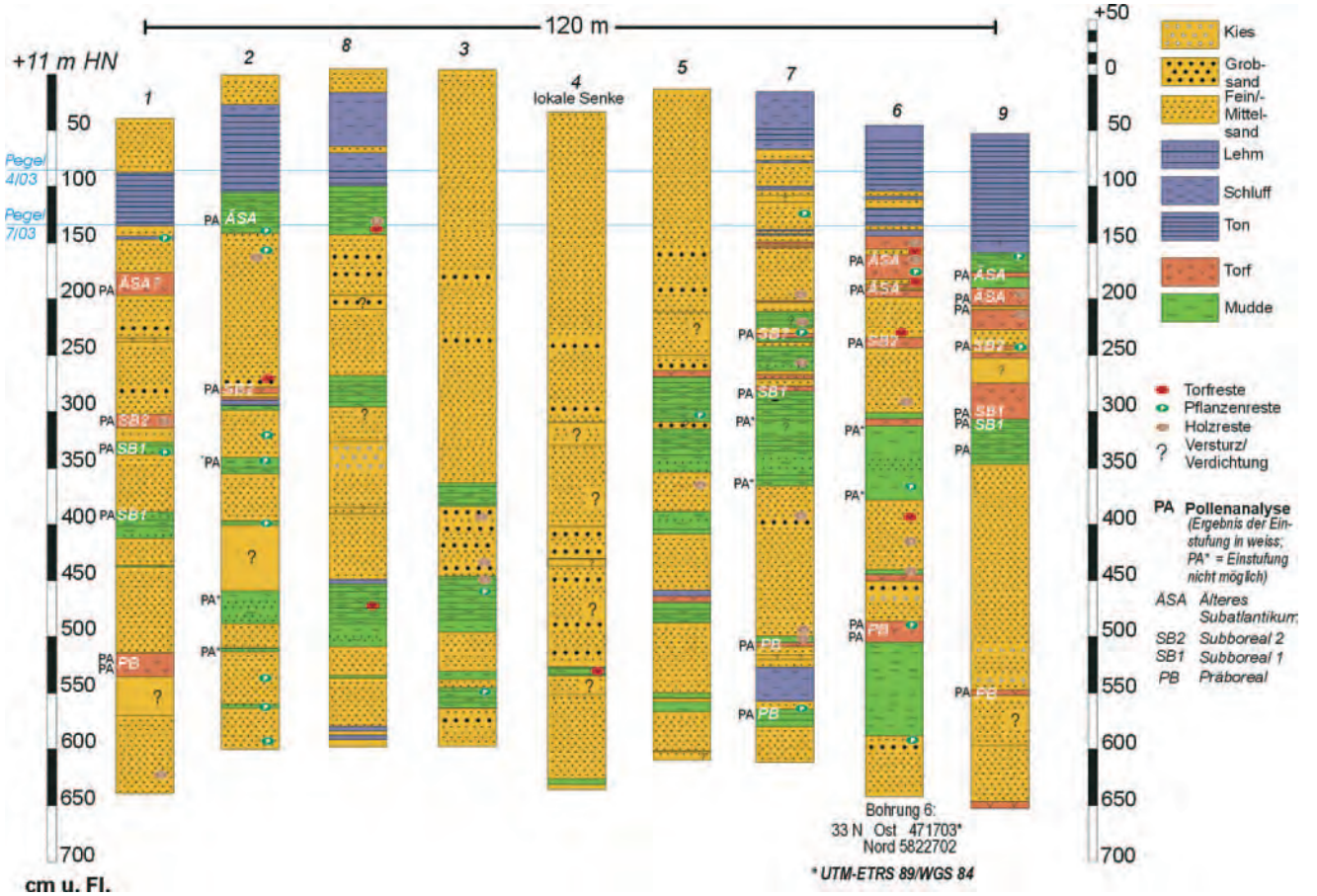


Abb. 8 *Lithologie der Bohrtrasse 6*
Fig. 8 *Lithology of cross-section 6*

de. Morphologisch erhebt sich diese im Radarbild deutlich abgebildete Struktur als Höhenrücken ca. 0,5 m über ihr Umland. Drei Bohrungen wurden auf der Struktur, drei nordöstlich und drei südwestlich davon in etwa gleichen Abständen platziert, dabei lag Bohrung 4 in einer kleinen lokalen Senke. Trotz des geringen Horizontalabstands der Bohrungen von nur ca. 12 bis 15 m zeigt der Schichtaufbau auch in diesem Abschnitt des Untersuchungsgebiets einen inhomogenen Aufbau mit einem häufigen Wechsel von Sand, Mudde und eingeschalteten Torflagen. Die Ergebnisse der pollenstratigraphischen Einstufung der limnisch-telmatischen Kurzprofile ist in Abbildung 7 ersichtlich.

Die Radaraufnahmen sind wiederum von unterschiedlicher Aussagekraft. Die Aufnahme 04/2001 zeigt aufgrund der hohen Bodenfeuchte zum Aufnahmezeitpunkt keine Strukturen. In der Aufnahme von 04/2002 sind dagegen vermehrt dunkle Bereiche sichtbar, die auf offene Wasserflächen hindeuten (beide nicht abgebildet). Tonige bis schluffige Substrate in Verbindung mit einem geringen Grundwasserflurabstand von 0,8 m verhinderten in diesen Gebieten über einem längeren Zeitraum das Schwinden der Staunässe. In Radarbild 08/2002 wird ein derartiger kreisrunder Bereich mit einem Durchmesser von ca. 150 m unmittelbar SW der Bohrtrasse durch hellere Farbwerte markiert. Für die Abgrenzung der sandigen fluvialen Strukturen lieferten vor allem die Sommerbefliegungen 08/2001 und 08/2002 auswertbare Ergebnisse. Der zentrale Abschnitt erscheint in diesen Radarbildern besonders dunkel. Bei den Bohrungen 3, 4 und 5 wurde hier ein mächtiges Paket aus Fein- und Mittelsanden mit eingeschalteten Lagen von Grobsanden angetroffen. Es erreicht bei Bohrung 4 eine max. Mächtigkeit von 5 m. Außerhalb der Struktur dominieren oberflächennah bis zu 1 m mächtige Tone und Schluffe. Im nordöstlichen Abschnitt (Bohrungen 1, 2 und 8) werden diese von 0,3-0,5 m Sand bedeckt. Während die Sandüberdeckung auch in der Radaraufnahme 08/2002 abgebildet wird, zeigt Aufnahme 8/2001 bei Bohrung 1 und 2 helle Farbwerte, also eine höhere Reflexion an der 0,5 m tief liegenden Ton-/Schlufflage. Nur in diesem Radarbild wird eine Aufspaltung der sandigen Struktur in nordwestlicher Richtung sichtbar. Für diese Struktur liefert die RMK-Aufnahme von 8/2002 einen Hinweis, da hier eine Beackerungsgrenze verläuft. Zwischen 2001 und 2002 wurde entlang dieser Grenze außerdem eine starke Befahrung mit landwirtschaftlichem Gerät und eine oberflächennahe Sandanhäufung beobachtet.

6.3 Kienitz 7

Kienitz 7 befindet sich im Norden des Untersuchungsgebiets. Das Testareal wurde gewählt, weil sich in diesem Raum besonders breite Mäanderstrukturen auf den Radarbildern abzeichneten. Außerdem wurden in wenigen Kilometern Entfernung neben den holozänen Auensedimenten schon in geringer Teufe pleistozäne Sedimente erkundet, so dass im

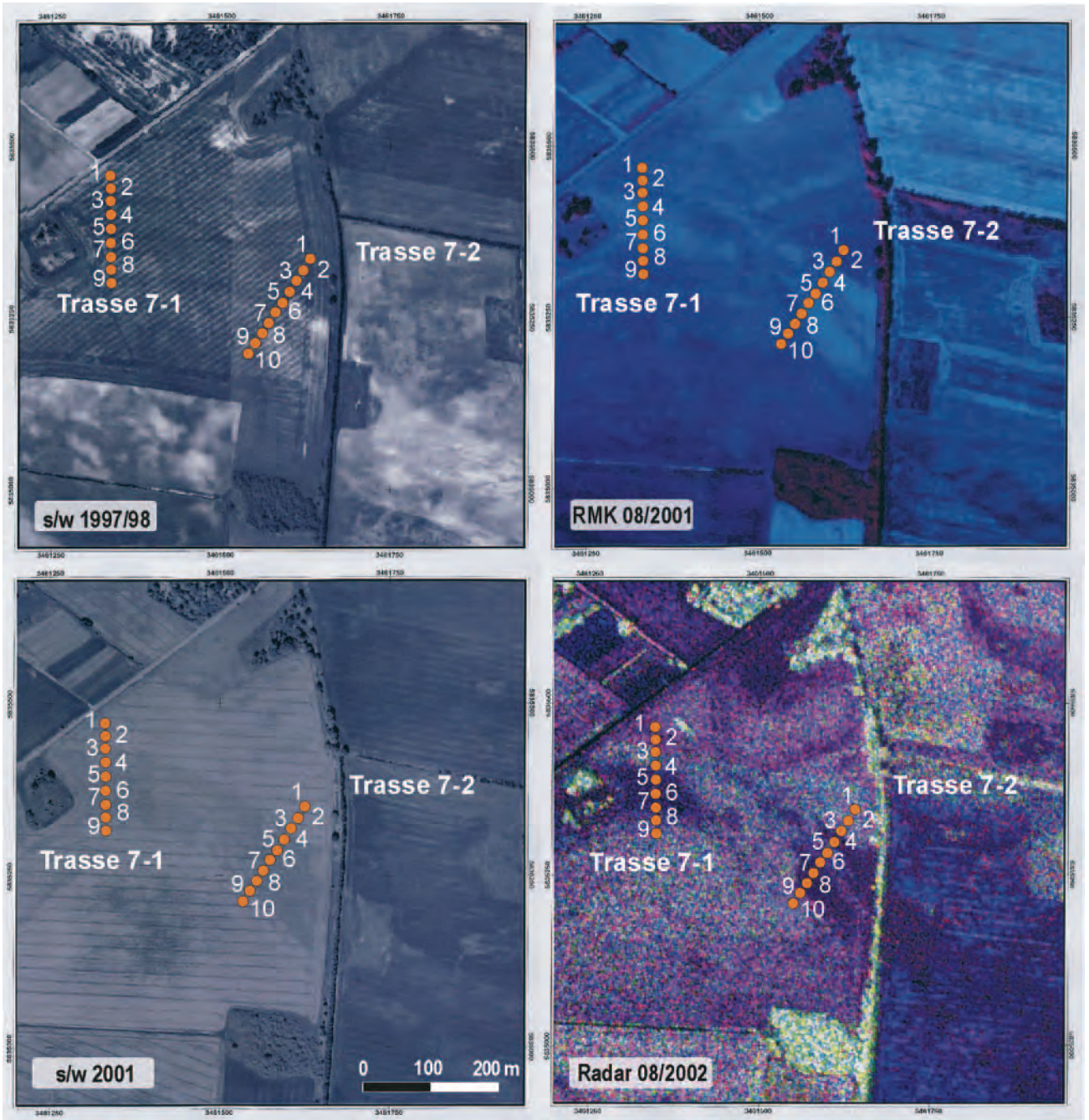


Abb. 9
Breite Flussstruktur in Luftbildern im Testgebiet 7 (Schwarz-Weiß-, Falschfarben- und Radaraufnahme) und Lage der Bohrtrassen

Fig. 9
Flat meander structure on air photographs of test area 7 (black and white, color infrarot and radar), position of cross sections

Unterschied zu den bisherig abgebohrten Trassen hier nun auch ältere Sedimente erwartet werden konnten (deren Abbildung durch das E-SAR im bisherigen Gebiet aufgrund der Tiefenlage nicht möglich war). Es wurden zwei Bohrtrassen mit 9 bzw. 10 Bohrungen so angelegt, dass die 100-110 m breite fluviale Struktur rechtwinklig geschnitten wurde.
Wie aus der Profildarstellung der N-S-orientierten Trasse 7-1 hervorgeht, beherrschen Fein- und Mittelsande den gesamten Schichtaufbau. Vornehmlich in den Randbereichen des breiten Mäanders dominieren an der Oberfläche Schluffe mit einer Mächtigkeit von 0,3 bis 0,6 m. Im Gegensatz zu den bisherigen Beobachtungen, wonach die morphologisch höchsten Bereiche der Strukturen grundsätzlich aus sandigen Substraten aufgebaut waren, wurde gerade in den Bohrungen 7 und 8 bindiges Material an der Oberfläche angetroffen. Dies belegt anschaulich, dass der stratigraphische

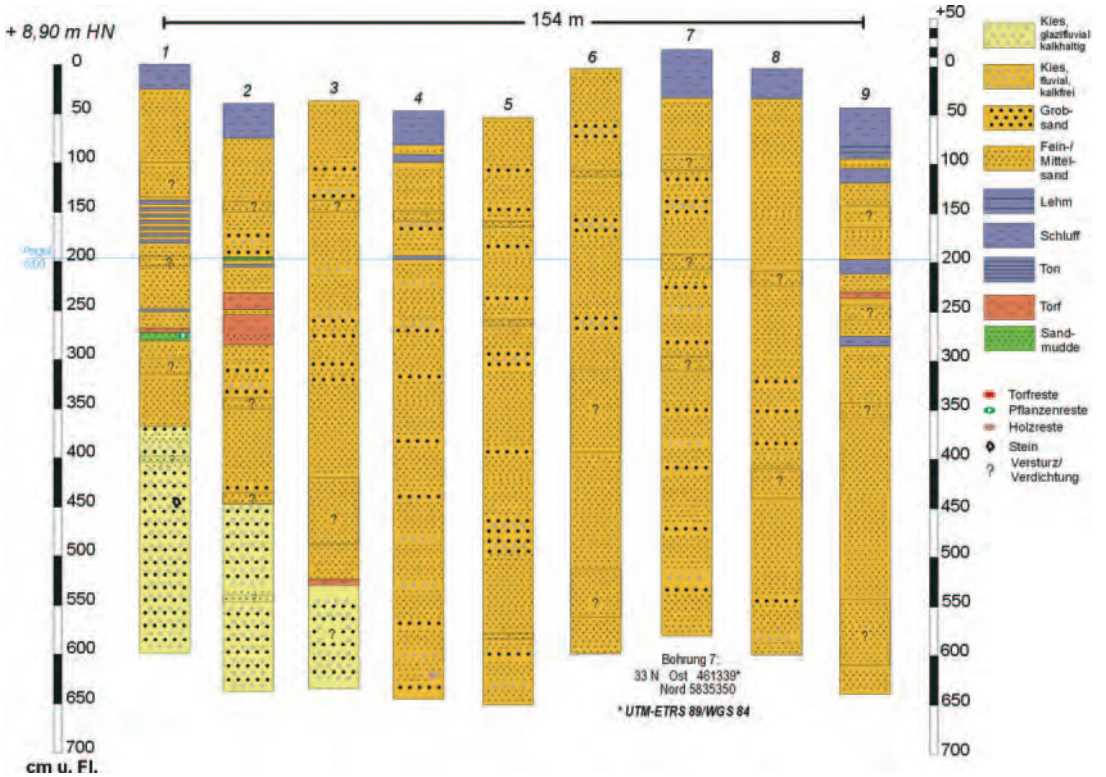
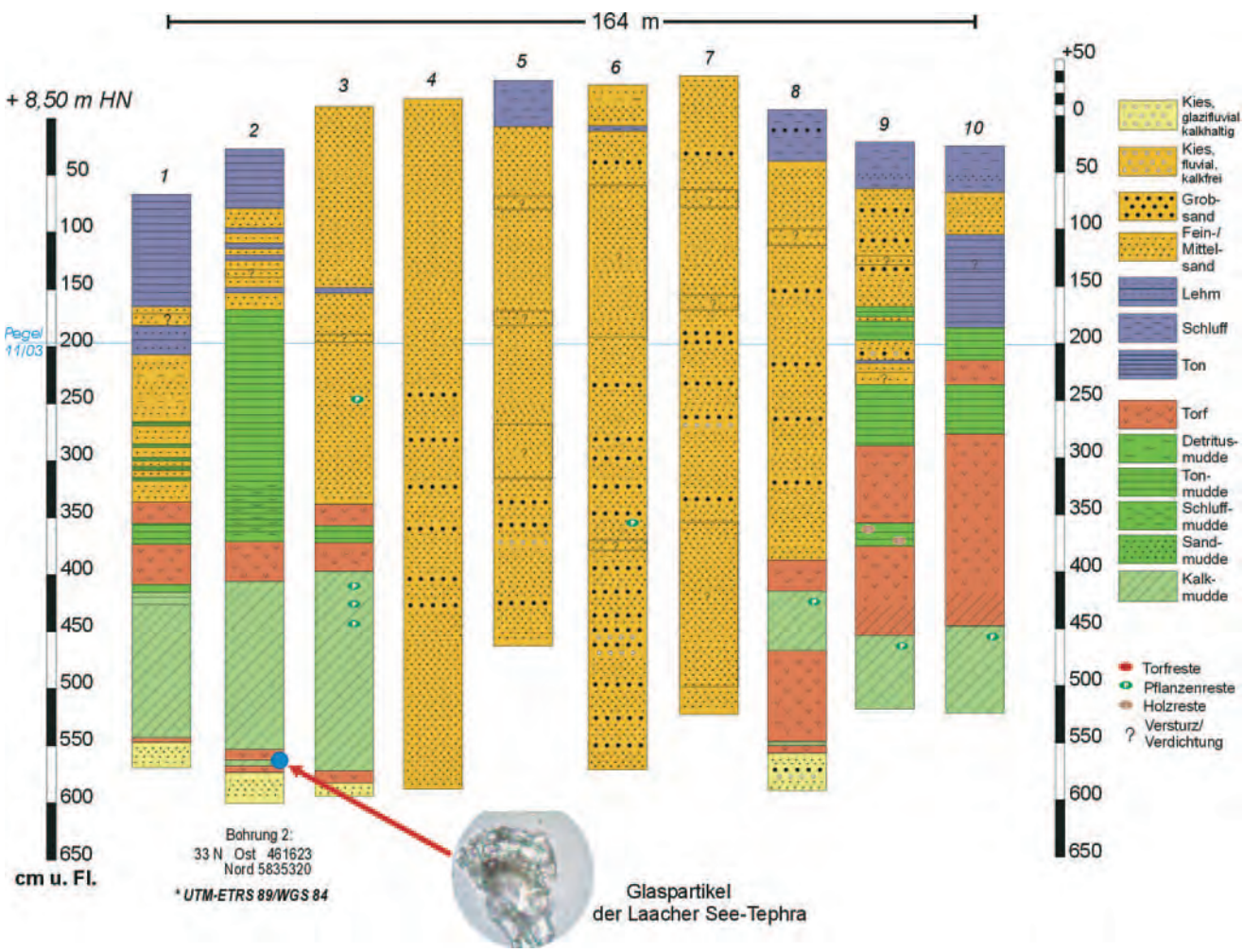


Abb. 10/11 Lithologie der Bohrtrassen 7-1 und 7-2

Fig.10/11 Lithology of cross-sections 7-1 and 7-2



Aufbau nicht grundsätzlich von der Morphologie des Geländes abgeleitet werden kann, wohl aber die sandigen und hoch liegenden trockenen Bereiche dunkel abgebildet werden, wie im Radarbild 8/2002 ersichtlich. Die Basis der holozänen Sande wurde in den Bohrungen 4-9 nicht erreicht. Dagegen konnte der in den Bohrungen 1-3 bis auf 3,7 m unter Flur aufsteigende pleistozäne Untergrund, bestehend aus kalkhaltigen glazifluviatilen Sanden, Kiesen und Schottern, erfasst werden. Die Bohrungen 1, 2 und 3 liegen bereits im Bereich einer hauptsächlich in E-W Richtung verlaufenden dunklen Struktur, die sich nur in der Radaraufnahme 08/2002 deutlich vom umliegenden Gelände abhebt und im weiteren Verlauf nach ENE abbiegt. Die konventionellen Luftbilder liefern hier keine vergleichbaren Informationen. Wahrscheinlich deutet das Radarbild auf die im Untergrund ausgebildete pleistozäne Basis des Oderbruchs. Nur wenige 100 m weiter nördlich geben größere Geschiebe ebenfalls Hinweise auf die Nähe pleistozänen Materials zur rezenten Oberfläche. Bei einer 2,5 km NW bei Kienitz Nord niedergebrachten Rammkernsondierung (UTM ETRS 89/WGS 84: 33N 459474 Ost; 5837153 Nord) wurde, von Auensanden bedeckt, bereits zwischen 1,5 und 3,0 m u. Fl. ein stark kreidehaltiger Geschiebemergel erbohrt und beprobt. Nach seiner Zusammensetzung (TGL 25232) wird er als saalekaltzeitliche (Warthe-) Grundmoräne [qs(WA) eingestuft (freundl. Mitteilung A. SONNTAG, 2003].

Die östlich liegende Trasse 7-2 erreicht erst in einer Teufe von 5,5 m glazifluviale Schichten. Im Hangenden wurde in mehreren Bohrungen eine mindestens 2 m mächtige spätglazial-holozäne Verlandungsserie nachgewiesen, bestehend aus Feindetrituskalkmudden und Torfen, deren Ablagerung nach pollenstratigraphischen Untersuchungen und durch die Anwesenheit des Laacher See Tuffs (STRAHL 2004) bereits mindestens im Alleröd einsetzte (Mikroskopaufnahme - Glaspartikel in Abb. 11). Die deutliche Zweiteilung der Struktur auf Höhe der Trasse 7-2 im Radarbild 08/2002 steht für eine höhere Reflektion der Radarsignale aufgrund der hier abgelagerten Schluffe.

Zusammenfassung

Zur Beurteilung der Datenqualität und der geologischen Aussagemöglichkeiten von Radardaten kamen E-SAR Falschfarbenkomposite (L_{VV}, L_{HH}, L_{HV}) zu vier verschiedenen Überfliegungszeitpunkten (2 x Frühjahr, 2 x Sommer) aus einem Testgebiet des Oderbruchs zur Anwendung. Während der Datenaufzeichnungen lagen im Testgebiet insgesamt geringe Grundwasserflurabstände von 0,8 bis 1,5 m vor. Dennoch ließen sich die Radaraufnahmen mittels visueller Interpretation zur Kartierung von alten Flussläufen einsetzen. Dabei wurden die sandigen Substrate aufgrund der geringeren Rückstreuung (Textur, geringere Feuchtehaltefähigkeit) dunkel abgebildet, bindige Substrate, wie Lehm, Schluff und Ton dagegen hell.

Die Abbildung bindigen Substrats unter einer 0,5 m mächtigen Sanddecke belegt die Durchdringung des Radars (langwelliges L-Band) unter günstigen Bedingungen (geringe Niederschlagsmengen vor der Überfliegung) bis zu dieser Teufe.

Die im Radarbild auch unter Vegetation deutlich abgrenzbaren Mäanderstrukturen mit einer Breite von 30-50 m treten morphologisch häufig als 0,5 m hohe Wälle in Erscheinung. In ihren zentralen Bereichen wurden Sand-/Kiesmächtigkeiten von 3 bis 5 m festgestellt.

Flächenhaft vorhandene limnische und telmatische Sedimente (Mudden, Torfe) in einer Teufe von 1-2 m und einer Mächtigkeit von über einem Meter lassen sich nach den vorliegenden Radardaten nicht erkennen.

Da die Gewinnung von SAR-Daten nicht den starken Einschränkungen wie bei optischen Systemen unterworfen ist (z. B. Tageslicht, Wolkenbedeckung, Vegetationsbedeckung), sind SAR-Systeme störgrößenunabhängiger und in der Lage, beinahe ganzjährig auswertbare Informationen zu liefern. Voraussetzungen für eine hohe Datenqualität sind geringe Niederschläge vor den Datenaufzeichnungen sowie möglichst niedrige Grundwasserflurabstände. Nach den vorliegenden Befunden ist eine Nutzung der SAR-Daten auch im unmittelbaren Umfeld von Deichbauten einsetzbar. Durch die klare Abbildung von Bodenfeuchteunterschieden im Bereich von Deichen können Schwächezonen des Deichkörpers und darüber hinaus Substratunterschiede im näheren Deichumfeld erkannt werden.

Summary

The air based images (E-SAR coloured infrared composites L_{VV}, L_{HH}, L_{HV}) of four different times (2x spring, 2x summer) of the Oderbruch were evaluated concerning their quality and geological interpretation. During the surveying the small distance between the groundwater table and the surface in the test area was 0,8 to 1,5 m. Nevertheless, the mapping of old river courses by visual interpretation of the radar images was possible.

Due to the smaller backscattering of sandy parts (texture, less moisture retention) they gave a dark picture whereas loam, silt and clay were depicted brightly. The detection of cohesive substratum beneath a 0,5 m thick sand cover proves the radar penetration (long wavy L-band) until this depth under favorable conditions (low precipitations).

The clear distinguishable meander structures being visible in the radar image occur as flat embankment of 0,5 m height and 30 to 50 m width. Sand and gravel layers with a thickness of 3 to 5 m were determined in the central reaches of this embankments. However silt and peat layers with a thickness of more than 1 m in a depth of 1 to 2 m could not be detected.

SAR data are not, like optical systems submitted to restrictions as daylight, clouding, vegetation cover but can provide undisturbed interpretable information almost the whole season. Preconditions for a high data quality are small precipitations before the surveying and a low distance between the groundwater table and the surface. The gained evidences recommend a practical use of SAR data in the direct neighbourhood of dikes. Weak zones as well as differences of soil

moisture and substratum in dikes and around them can be clearly recognized.

Danksagung

Für die fachliche Durchsicht des Manuskriptes und die Übersetzung der Zusammenfassung danke ich Herrn Dr. H. U. Thieke, LBGR Kleinmachnow.

Literatur

BRANDT, G. & C. RICHTER (1998): Geophysikalische Untersuchung der Beschaffenheit der Deichanlagen und geohydraulische Eigenschaften des Untergrundes. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 43-49, Kleinmachnow

BROSE, F. (1998): Genese holozäner Flussauen, dargestellt am Beispiel des unteren Odertales. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 7-13, Kleinmachnow

DIN, Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (1993): Erkundung und Untersuchung des Baugrunds: Normen. - DIN-Taschenbuch Nr. 113, 393 S., Berlin (Beuth)

EHLE, N. & S. EICHHORN (1998): Demonstration einer Standsicherheitsuntersuchung am Oderdeich. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 37-42, Kleinmachnow

HAJNSEK, I. (1999): Pilotstudie Radarbefliegung der Elbaue - Endbericht zum Verbundvorhaben Morphodynamik der Elbe. - (FKZ 0339566), FU Berlin (unveröff.)

KNOLL, P., HERBST, R. & J. PREUSS (1998): Methodische Fortschritte zur Untersuchung des Aufbaus und des Zustandes vorhandener Deichbauten. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 51-57, Kleinmachnow

KÜHN, F. & F. BROSE (1998): Die Auswertung von Fernerkundungsdaten zur Deichzustandseinschätzung. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 59-63, Kleinmachnow

MÜLLENHOFF, O. (2003): Evaluation of Multi-Frequency and Multi-Polarization Airborne SAR data for marsh land and River Dyke Analysis. - In: FRITSCH, D. (Hrsg.): Photogrammetric Week. - p. 197-203, Stuttgart

MÜLLER, L., BEHRENDT, A. & U. SCHINDLER (2004): Strukturaspekte der Bodendecke und Bodeneigenschaften zweier Niederungsstandorte in Nordostdeutschland. - Archives of Agronomy and Soil Science, Vol. 50, 3, S. 289-307, Abingdon

NIESCHE, H. & F. KRÜGER (1998): Das Oder-Hochwasser 1997 - Verlauf, Deichschäden und Deichverteidigung. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 15-22, Kleinmachnow

RECHTERN, J. (1998): Konstruktion und Bemessung von Hochwasserschutzdeichen. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 31-36, Kleinmachnow

SCHLAAK, N., KAHL, J. & J. STRAHL (2003): Sedimentologische und stratigraphische Befunde aus Uferwall und Aue: Beispiele zwischen Manschnow und Alt Tucheband. - In: Schroeder, J. H. & Brose, F. (Hrsg.): Oderbruch und Märkische Schweiz. - Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 9, S. 71-78, Berlin

SCHLAAK, N. & J. KAHL (2004): Sedimentbezogene Erkundung des Deichuntergrundes zur Integrativen Stabilitätsanalyse durch Angewandte Geologie und Remote Sensing mit SAR (SediSAR) – Pilotprojekt im Odergebiet bei Kietz. - Schlussbericht, BMBF, FKZ 50 EE 038, , 30 S, Kleinmachnow (unveröff.)

SPIEGELBERG, K. (2001): Das Oderstromsystem. Kulturlandschaft in Mitteleuropa. - 256 S. Frankfurt (O) (n. o. - Agentur)

STRAHL, J. (2004): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung von 48 Proben aus Bohrungen des Transsectes 6-1 (Neumanschnow) und 7-1 (Kienitz), Land Brandenburg. - LGRB, Kleinmachnow (unveröff.)

WEICHELT, W. & R. GRIESBACH (1998): Beiträge der Fernerkundung zur Lösung von Umweltproblemen in der Oderregion. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 23-30, Kleinmachnow

Anschrift des Autors:
Dr. Norbert Schlaak
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 193

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 25-35	10 Abb., 2 Tab., 38 Lit.

Das Flächenbodenformenarchiv zur Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg

The archive of area related soilforms for the medium scaled soil map of the state of Brandenburg

ALBRECHT BAURIEGEL

1. Einführung

Die Verfügbarkeit von aussagekräftigen punkt- und flächenbezogenen Informationen zu den Eigenschaften der Bodendecke sind Voraussetzung für eine sachgerechte Beantwortung von bodenschutzbezogenen und bodennutzungsbezogenen Fragestellungen. Die bereitgestellten Bodendaten müssen einerseits dem Anspruch gerecht werden, die flächenhaft verbreiteten Bodenformen des Landes Brandenburg in ihren Merkmalen und mittleren stofflichen Eigenschaften zu charakterisieren. Andererseits sind sie in Form parameterbezogener Werte notwendige Eingangsgrößen für die bundesweit abgestimmten Auswertemethoden (HENNINGS 2000) und müssen deren Anforderungen genügen.

Bodendaten beeinflussen mit ihrer Güte sowohl die Art als auch die Akzeptanz von umweltpolitischen Entscheidungsprozessen (EG 2000, MLUR 2001). Dies umfasst die Aspekte einer standortgerechten und nachhaltigen Bodennutzung ebenso wie die Bewertung des Schutzguts Boden innerhalb von Planungs- und Genehmigungsverfahren oder die Funktion als Eingangsgröße für Prognosemodelle. Die breiter werdenden und sich verschiebenden Anwendungsgebiete bedingen ihrerseits steigende qualitative und quantitative Anforderungen an die Bodendaten selbst (ADLER et al. 2001, AUSSENDORF et al. 2003). Oft steht nicht mehr nur die klassische Bodenkarte im Mittelpunkt des Interesses, sondern zunehmend die aus bodenkundlichen Basisdaten abgeleiteten oder modellierten Auswertethemen (FRIEDRICH 1999).

Die Staatlichen Geologischen Dienste, zu deren Kernaufgaben es zählt, landesweite Aussagen zur Struktur und zu den Eigenschaften der Bodendecke zu erarbeiten, sehen sich mit der Notwendigkeit konfrontiert, flächendeckende Informationsgrundlagen insbesondere für die mittleren und kleineren Maßstabsbereiche bereitzustellen. Diesem Auftrag versucht das LBGR mit der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 300 000 (BÜK 300) und dem dazugehörigen Flächenbodenformenarchiv gerecht zu werden. Zur Parametrisierung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten wurde eine Ableitungsmethode entwickelt (BAURIEGEL 2004).

2. Inhalt und Umfang des Flächenbodenformenarchivs

Flächenbodenformen (FBF) sind Teil verschiedener arealbeschreibender Kategorien. Sie können sich auf eine Einzelfläche, eine Legendeneinheit, ein Kartenblatt oder auf ein gesamtes Kartenwerk beziehen (HANNEMANN et al. 1999). Sie besitzen einen indirekten Maßstabsbezug, der sich im systematischen Kennzeichnungsniveau der Flächenbodenformen ausdrückt. Die für die Beschreibung eines Zieldatensatzes notwendigen Bodenformen definieren das Inventar eines Flächenbodenformenarchivs.

Aus den Legendenbeschreibungen zu den 99 Blattlegendeneinheiten der BÜK 300 des Landes Brandenburg (Stand Ausgabe 2001) leiten sich zunächst theoretisch 958 Flächenbodenformen ab. Diese große Anzahl ist ein Ausdruck der Komplexität der Bodendecke und ergibt sich aus der Zugehörigkeit der Flächenbodenformen zu einer oder zu mehreren Legendeneinheit(-en), dem jeweiligen legendenbezogenen Flächenanteil und durch die alternativen Merkmalsaufzählungen bei boden- und substratsystematischen Einheiten.

Unabhängig von diesen blattlegendenbezogenen Kriterien besteht das Bodenformenspektrum aus 651, sich inhaltlich unterscheidenden Flächenbodenformen (Bodenformen ohne Duplikate). Diese 651 Flächenbodenformen (FBF) bilden das Grundgerüst für das Flächenbodenformenarchiv Brandenburgs. Die flächenbeschreibenden Bodenformen für andere Maßstäbe (BK 50, BÜK 100, BÜK 200) können über ein hierarchisches System mit diesem Archiv verbunden werden.

Mit Blick auf die Anwendungsbereiche der BÜK 300 des Landes Brandenburg wurde für den potenziellen Nutzerkreis die Gesamtliste von 651 auf 291 Flächenbodenformen eingeengt und in Form einer Prioritätenliste definiert. Diese Begrenzung bezieht sich nur auf die zu parametrisierenden digitalen Inventarbeschriebe mit dem Ziel, das Spektrum und die Anzahl an Flächenbodenformen für den Nutzer überschaubar und damit interpretierbar zu halten. Die selektierten Flächenbodenformen (Prioritätenliste) ermöglichen dennoch eine ausreichend breite Merkmals- und Flächenbelegung der Legendeneinheiten. Für spezielle Fragestellungen ist der Zugriff auf den Gesamtbestand des Flächenbodenformenarchivs jederzeit möglich.

2.1 Verbreitungsgrade der Flächenbodenformen

In der Regel besitzen die einzelnen (Archiv-) Flächenbodenformen jeweils einen Bezug zu mehreren Legendeneinheiten. Ihre Bedeutung innerhalb des Flächendatensatzes kann über die Kennwerte Deckungsgrad (D), Frequenz (F) (HAASE & SCHMIDT 1970) und deren mittlerer Ausdruck als

relatives Flächengewicht (FG) beschrieben werden. Der Verbreitungsgrad (BAURIEGEL 2004) entspricht einer Klassifizierung dieser Kennwerte in einer vierstufigen Skala (Tab. 1).

Tab. 1 Wertespannen zur Klassifizierung der Verbreitungsgrade
Tab. 1 value margin for classification to levels of distribution

Verbreitungsgrade		Wertespannen FG[FBF] (%)	Anzahl FBF	Wertespannen Ft[FBF] (%) Dt[FBF] (ha)	Mediane
Kurzzeichen	verbal				
V1	selten	0-0,01	13	F 0,3-1,8 D 19-237	F 1,5 D 171 ha
V2	gering	0,01-0,1	122	F 1,7-16,6 D 182-3356	F 6,8 D 1170 ha
V3	mittel	0,1-1,0	132	F 11-138 D 2365-37429	F 34,7 D 6894 ha
V4	hoch	>1,0	23	F 156-810 D 25574-238554	F 256 D 53927 ha

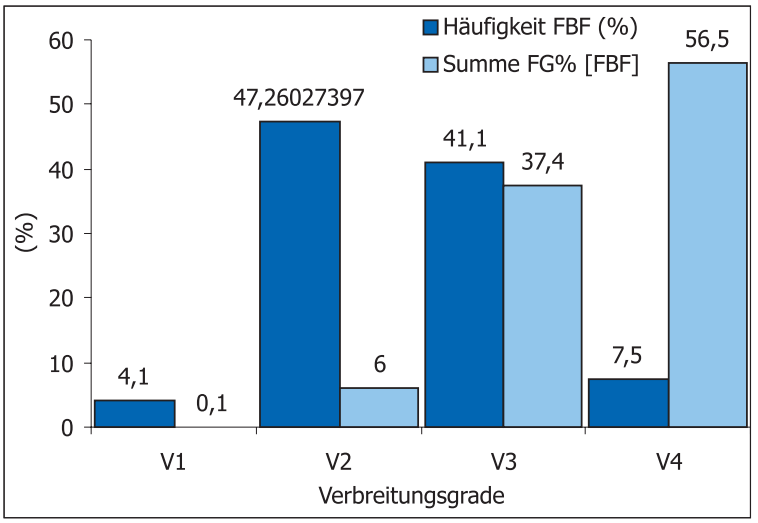


Abb. 1
Anteile (%) und Summen der Flächengewichte (%) der Flächenbodenformen zur BÜK 300 bezogen auf die Verbreitungsgrade

Fig. 1
proportions (%) and summations of area- weights (%) of area related soil-forms BÜK 300 relating to the levels of distribution

In der Bewertung der Kennwerte fällt eine Gegenläufigkeit zwischen der Anzahl von Flächenbodenformen innerhalb der vier Verbreitungsgrade und ihrer flächenhaften Bedeutung für den Gesamtdatenbestand auf (Abb. 1). So besitzen nur wenige Flächenbodenformen ein hohes Flächengewicht bzw. einen hohen Verbreitungsgrad (V4). Letztere umfassen lediglich 7,5% (n=23) des hier betrachtenden Gesamtspektrums an Flächenbodenformen (n=291), charakterisieren inhaltlich aber über 56% der Landesfläche. Der Großteil der Bodenformen zeichnet sich hingegen durch mittlere (V3) und geringe Verbreitungsgrade (V2) aus, die ihrerseits aber nur 37,4% (V3) bzw. 6% (V2) der Gesamtfläche beschreiben.
Die Flächenbodenformen mit einem hohen bzw. mittleren Verbreitungsgrad sind bei der späteren Parameterisierung besonders zu berücksichtigen. Sie sind für den Zieldatensatz von großer Bedeutung, da sich ihre Ableitungsgüte, wie auch die ggf. bestehenden Datenlücken sehr flächenintensiv auswirken.

Die Verbreitungsgrade erlauben ebenfalls Aussagen zur Seltenheit und Häufigkeit von Bodenformengesellschaften oder Flächenbodenformen. Sie sind daher für bodensschutzbezogene Fragestellungen interessant (BBODSCHG 1998, LUA 2003). In diesem Zusammenhang muss jedoch beachtet werden, dass die Verbreitungsgrade auf dem Flächendatenbestand zur BÜK 300 und deren systematischen Kennzeichnungsprinzip beruhen. Die Seltenheit einer Flächenbodenform ergibt sich folglich aus den inhaltlichen (Boden- und Substratsystematik) und räumlichen (Darstellungsgröße) Möglichkeiten eines mittelmaßstäbigen Flächendatensatzes. Seltene Böden im Sinne des BBODSCHG (1998) haben oft ein nur punktuelles Vorkommen (z B. Fuchserden, SOLGER 1960, HERING et al. 2004) oder beziehen ihre Seltenheit aus der Kombination mit anderen Faktoren wie z. B. bodenbildendes Substrat (Podsol von Sternebeck, KOPP 1965) oder historische Nutzungsformen (HIEROLD & NAGEL 2001).

3. Punktbezogener Eingangsdatenhintergrund

Die vorhandenen bodenkundlichen Punktinformationen bilden die Datenquelle für die Parametrisierung der Flächenbodenformen. Sie zeichnen sich durch einen historisch gewachsenen und thematisch sehr vielfältigen Erhebungshintergrund aus. Infolgedessen unterscheiden sie sich in ihren Kennzeichnungssystemen, Parameterspektren, Analysenmethoden und in ihrer (digitalen) Verfügbarkeit. Obwohl vielerorts umfangreiche und wertvolle Datenbestände existieren, führt deren begrenzte Vergleichbarkeit letztlich zu einem Mangel an methodenkompatiblen Eingangsdaten. Eine rezente Erhebung von inhaltlich konsistenten Datensätzen, welche mit einem breiten Parameterspektrum versehen sind, ist nur für die aktuellen Kartiergebiete zu erwarten oder ist an Forschungsprojekte mit einer großmaßstäbigen Betrachtung gebunden. Für regionale oder überregionale Fragestellungen ist die Erhebung erforderlicher Datenumfänge derzeit weder zu leisten, noch zu finanzieren.
Die Auswahl der zu beschreibenden Zielparametern (Abb. 2) erfolgte auf Basis der etablierten und bundesweit abgestimmten Methodenkataloge (MÜLLER 1997, HENNINGS 2000). Auf Basis dieser Methodenkataloge erweisen sich verschiedene Parameter wie die Bodenart (n=66) und der Humusgehalt (n=48) als die Kennwerte mit den häufigsten Nennungen innerhalb der Verknüpfungsregeln und unterstreichen damit die Bedeutung der Stoffdaten für die bodenkundlichen Auswertemethoden. Die Abbildung 2 zeigt die Bedeutung, die die einzelnen Parameter innerhalb aller Auswertemethoden

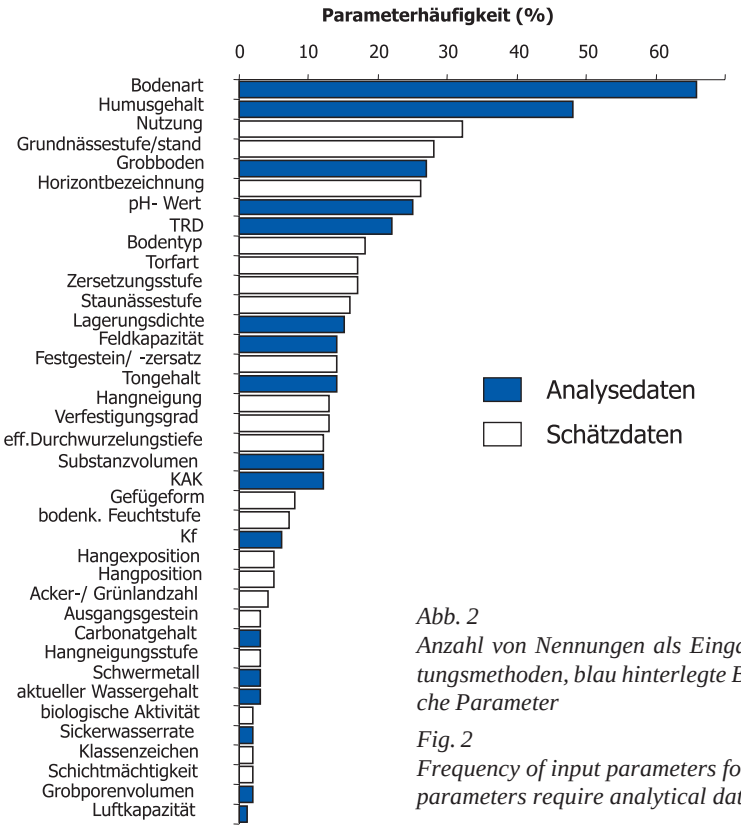


Abb. 2
Anzahl von Nennungen als Eingangsparameter innerhalb der bodenkundlichen Auswertungsmethoden, blau hinterlegte Balken entsprechen dem Spektrum für (gemessene) stoffliche Parameter

Fig. 2
Frequency of input parameters for using pedolocical interpretation methods, blue marked parameters require analytical datas

Datenbestand / Parameter	LBGR (Profile)	Projekt Geochemie	HU Projekt	Projekt Gorleben	Projekt Schöneiche	Projekt Fläming	LUA BDF	ZALF	BZE	Bodenschätzung	LUA Aue	C&E (Kippen)	PRODAT	MSU	**Summe**
pH-Wert	2927		359	92	138	28	452		1165	650	506	137	3821	1785	**12060**
TC (%)	2882		333	48		28	113	424	1165		506	137	1745	728	**8109**
GV (500°C)	2643		359	48	129	28						137			**3344**
KAKpot	1629		135	91		9	189			207		137	3556		**5953**
KAKeff	1228		199	91		19			1165	45			309	1829	**4885**
CaCO3	820		100	114	70	2	35		1165	141		122	765	287	**3621**
S (%)	1491	2242		88	120		110	424	1165	540		137	4756	1172	**12245**
U (%)	1491	2242		88	120		110	424	1165	540		137	4756	1172	**12245**
T (%)	1491	2242		88	120		110	424	1165	540	506	137	4756	1172	**12751**
GB (%)	1491	2242		88	120		110	424	1165			137	4756		**10533**
TRD	450			70	47			424			506		3844	534	**5875**
FK	450			70	47			424							**991**
nFK	450			70	47			424							**991**
LK	450			70	47			424							**991**
Kf	307			70	47								309		**733**
Anz. Parameter	**15**	**10**	**6**	**15**	**13**	**6**	**11**	**10**	**8**	**7**	**4**	**9**	**11**	**8**	**95327**

LBGR Daten
Fremddaten
Altdaten

Tab. 2
Verfügbarkeit von Mindestdatensätzen der Auswertemethoden (analysierte Horizontdaten) in regionalen Datenbeständen Brandenburgs (Stand 05/2004)

Tab. 2
Availability of minimum datasets for interpretation methods (analytical horizondatas) in regional databases of brandenburg (05/2004)

einnehmen. Sie bilden im Weiteren das zu berücksichtigende Spektrum an stofflichen Zielparametern.

Neben den eigenen Kartierergebnissen des LBGR liegt für das Land Brandenburg im Ergebnis verschiedenster Forschungs- und Kartierprojekte ein umfangreicher, aber auch heterogener Alt- und Fremddatenbestand vor. Leider sind in der jüngeren Vergangenheit wertvolle und für die Fragestellung interessante Datenbestände in einem erheblichen Ausmaß entweder verschollen oder gar vernichtet worden, wie z. B. Teile der Standortkundlichen Ergänzung der Bodenschätzung oder Meliorationsstandortsuntersuchungen. Der daraus resultierende volkswirtschaftliche Schaden ist als immens zu bewerten. Die Kosten der Wiederbeschaffbarkeit wären auf mehrere Millionen ¤ zu veranschlagen. Selbst wenn für einen Berechnungsansatz die Analysenparameter auf Standardgrößen reduziert werden, liegen die Kosten für ein analysiertes Profil bei ca. 1 000 ¤. Allein die brandenburgischen PRODAT-Profile hätten demnach einen Wiederbeschaffungswert von weit über 1 Mio ¤. Nach Expertenschätzung liegt die Anzahl verschollener Profildatensätze weit über der PRODAT-Größenordnung von 1 244 Profilen[1]. Sie können aber die Notwendigkeit einer rezenten Datenerhebung bzw. -erfassung nicht ersetzen, da

- ein Großteil der Altdatenbestände den heutigen Anforderungen nur in Teilen gerecht wird (Aufnahmespektrum, Analysenhintergrund),
- aufgrund jüngerer pedogener oder anthropogener Einflüsse (Moordegradation, Erosion, Nutzungswechsel) die Gültigkeit der Altdaten nicht mehr voll gegeben ist,
- ein Großteil der anthropogenen oder anthropogen bestimmten Bodengesellschaften bisher wenig erfasst oder berücksichtigt wurde und
- eine justiziable Umwelt- und Standortbewertung aktuelle Daten unverzichtbar macht (Bodendauerbeobachtung/ Monitoring, Zeitreihenanalysen, Statuserhebungen, heutige Standardverfahren).

Unabhängig von ihrer inhaltlichen Qualität und ihres erhobenen Parameterspektrums besteht ein relativ hoher quantitativer Umfang an digital verfügbaren Profil- und Horizontdaten (Tab. 1). Es handelt sich um insgesamt weit über 17 000 Punktdaten. Nutzungseinschränkungen ergeben sich durch:

- eine fehlende Gleichverteilung der Punktinformationen (Abb. 3),
- eine begrenzte inhaltliche Vergleichbarkeit durch abweichende systematische und analytische Regelwerke
- unterschiedliche Parameterausstattung.

Wenngleich die Notwendigkeit besteht, einen möglichst großen Anteil der bereits vorliegenden Daten in die Betrachtung einzubinden, so müssen sie dennoch qualitativen Mindestanforderungen genügen. Das notwendige Parameterspektrum ist mit einer ausreichenden Stichprobenanzahl zu hinterlegen. Die Auswertungsziele reichen von der Ableitung von Hintergrundwerten (LABO 2003), über die Bewertung von Bodenpotenzialen und Bodenfunktionen (MÜLLER 1997) bis hin zur Beurteilung als Baugrund (DIN 1054 2003) oder Rohstofflagerstätte (AUSSENDORF et al. 2003). Der verfügbare Umfang an Analysedaten kann als limitierender Faktor für die Ableitung von mittleren Parameterwerten gelten.
Aus diesen Kriterien ergibt sich ein hoher Harmonisierungsaufwand.

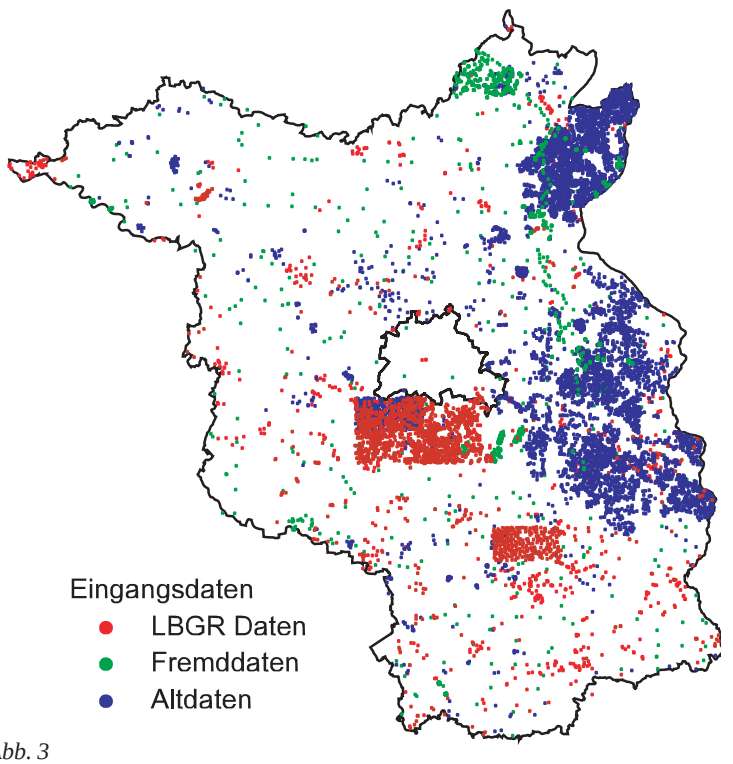


Abb. 3
Räumliche Verteilung der verfügbaren Punktdaten (Eingangsdaten)

Fig. 3
Spatial distribution of point datas (input datas)

4. Methodischer Parametrisierungsansatz

Im Ergebnis der Analysen zu den verfügbaren Punktdaten und zu den zu charakterisierenden Flächendaten erwies sich der methodische Ansatz, über die mittleren Eigenschaften von Horizont-Substrat-Kombinationen der Eingangsdaten zu flächenbeschreibenden Daten zu gelangen, als Vorzugsvariante (BAURIEGEL 2004).
Prinzip dieses Ansatzes ist es, die Kategorien Punkt- und Flächenbodenform nicht in der Profilebene, sondern in der Horizontebene zu verknüpfen. Ziel dieses Ebenenwechsels ist es, die Zugriffsrate auf relevante Datensätze zu erhöhen, da bei den Datenabfragen nicht auf die spezifischen, niveauabhängigen profilbezogenen systematischen Einstufungen Rücksicht genommen werden muss. Dadurch wird die Einbeziehung einer größeren Zahl von Profildatensätzen inklusive ihrer Schicht- und Analysendaten möglich.

[1] Auszug für das Brandenburger Landesgebiet

Die fachliche Berechtigung für dieses methodische Vorgehen ergibt sich aus der Annahme, dass Horizont-Substrat-Kombinationen aus gleichem Substrat, gleichem Ausgangsgestein und mit gleicher Pedogenese wiederum vergleichbare Eigenschaften besitzen und damit miteinander auswertbar sein müssen.
Das Prinzip von Horizont- bzw. Substratgruppen wurde bereits von VETTERLEIN (1986), ZEITZ (1992), RIECK et al. (1995), BAURIEGEL (2000) und DEHNER et al. (2001) mit unterschiedlicher Zielstellung genutzt.
In einem ersten Schritt erfolgt die Zerlegung der Profildaten in ihre einzelnen Horizont-Substrat-Kombinationen (Abb. 4).

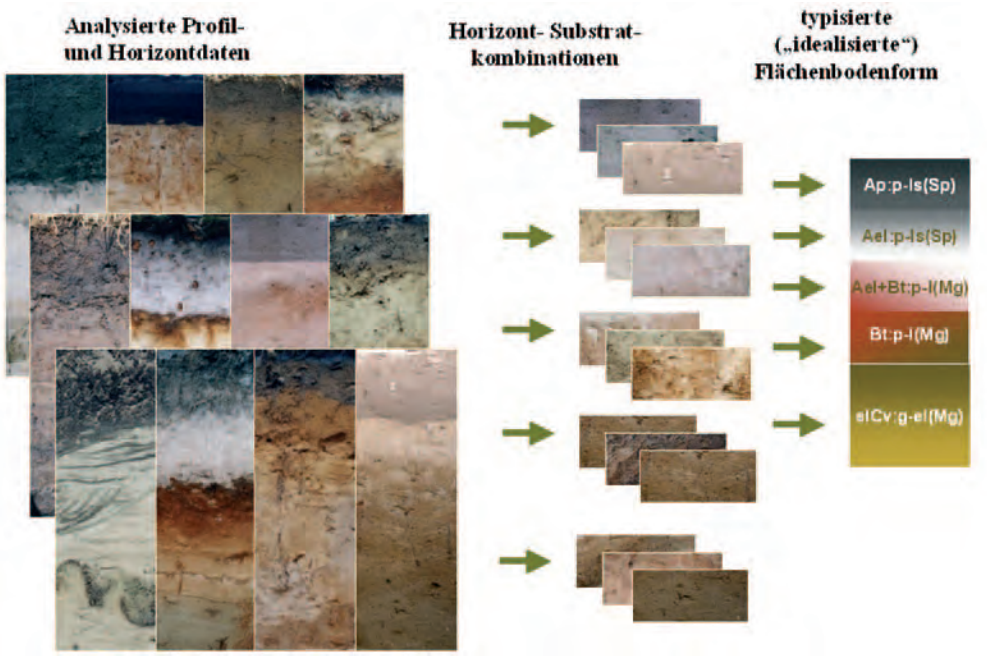


Abb. 4
Methodischer Ansatz der Bildung von Flächenbodenformen aus mittleren Horizont-Substrat-Kombination (HSK)

Fig. 4
Methodical approach for derivation of area related soil forms based on horizon-substrat-combinations (HSK)

Ziel dieser Segmentierung ist es, Gruppen von HSK zu bilden, die eine statistische Betrachtung und die Ableitung mittlerer Eigenschaften zulassen. Mit dem entstandenen Pool an HSK-Varianten kann auch die Charakterisierung von Flächenbodenformen erfolgen, die noch nicht über ein konkret beschriebenes Punktprofil belegt sind, aber dennoch mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auftreten.
Diese erwarteten Bodenformen entstehen durch die Auswertung und Synthese verschiedener Punkt- und Flächendaten. Die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ergibt sich durch das Ergebnis der Verschneidung der verschiedenen Datengrundlagen. Bis zur Bestätigung durch ein reales Profil behalten diese Bodenformen ihren hypothetischen Charakter.
Die Konstruktion eines idealisierten Profils erfolgt dann aus den Segmenten der HSK. Da die HSK sich aus gemittelten Angaben mehrerer Ausgangsdaten ableiten, ist ein konkreter Profilbezug nicht mehr unmittelbar gegeben.

Dies erfordert auf dem Weg von den Eingangsdaten zu den Zieldaten eine Reihe von methodischen Zwischenschritten von der Harmonisierung und Plausibilitätsprüfung bis hin zur Generalisierung und Aggregierung der Eingangsdaten (BAURIEGEL 2001).
In welchem Ausmaß und Umfang diese Prozesse der Datenvorbereitung angewendet werden müssen, hängt von der Qualität der Eingangsdaten und vom inhaltlichen (systematischen) Niveau der zu beschreibenden Horizont-Substrat-Kombinationen der Flächenbodenformen der jeweiligen Zielkategorie ab (HANNEMANN et al. 1999).
Die Eingangsdaten werden über verknüpfte Schlüssellisten auf ein definiertes Zielniveau angeglichen. Alle HSK_E (Eingangsdaten) mit gleicher sytematischer Kennzeichnung umfassen dann den Bewertungshintergrund für eine abgeleitete HSK_Z (Zieldaten). Die HSK_Z insgesamt bilden ihrerseits die konstruktiven Bausteine für die Synthese zu einer Flächenbodenform und folgen damit einem modularen Prinzip (Abb. 4).
Der Rohdatenbestand lässt sich auf Grund der kennzeichnungsbedingten Heterogenität der Daten direkt nicht in die Methodenabläufe einbinden. Die Daten müssen zunächst harmonisiert und transformiert sowie auf ihre horizontbezogene, analytische und profilbezogene Plausibilität überprüft werden. Weitere Methodenschritte dienen der Generalisierung und Aggregierung der Eingangsdaten in abstraktere Gruppen. Erst im Ergebnis dieser Datenvorbereitung ist eine statistische Auswertung der HSK_E sinnvoll. Die Notwendigkeit dieser Vorbehandlung ergibt sich aus der Vielzahl von horizontbezogenen Kennzeichnungsvarianten innerhalb der Eingangsdatenbestände (x_{HSKE} =7957).
Anschließend erfolgt die Synthese zu einer Flächenbodenform sowie die Prüfung der HSK_Z-Abfolgen auf ihre profilbezogene Plausibilität.
Das Ergebnis bilden die parametrisierten Flächenbodenformen (Abb. 5). Sie umfassen nicht nur die mittleren Parameterwerte, sondern auch Angaben zum zugrundeliegenden Stichprobenumfang, sowie zu statistischen Streuungsmaßen wie Perzentile, Variationskoeffizenten und eine Einschätzung der Ableitungssicherheit. Letztere sollen mit dazu dienen, den Anwendern eine Beurteilung der thematischen Auswertungsergebnisse zu ermöglichen.

Flächenbodenformenarchiv BÜK 300

parameterisierte Bodenform (landwirtschaftlicher Nutzungsbezug):
LF-BB:p-ls(Sp)/g-el(Mg)

Deckungsgrad (ha)	Frequenz	rel. Deckungsgrad (%)	rel. Frequenz (%)	rel. Flächengewicht (%)	Verbreitungsgrad
34840	157	1,14	1,09	1,12	4

Bezug zur Blattlegendeneinheit (BÜK 300)

Leg_nr	Deckungsgrad (ha)	Frequenz	rel. Deckungsgrad	rel. Frequenz (%)	rel. Flächengewicht (%)
53	7629	33	0,25	0,23	0,24
54	27211	123	0,89	0,86	0,88

		Tiefen + Mächtigkeiten (cm)												pH-Werte / Kalk (M.-%)								
Hor	HSK	Tiefe	P25	P75	n	V	verbal	Mächt	P25	P75	n	V	verbal	CaCl2	Klasse	P25	P75	n	V	verbal	Kalk
1	Ap:p-ls[Sp]	30	25	30	968	0,25	h	30	25	30	969	0,25	h	6,1	s1	5,4	6,7	562	0,15	h	c0
2	Ael-Bv:p-ls[Sp]	50	42	60	80	0,30	m	20	15	25	80	0,37	m	6,3	s1	5,0	6,6	43	0,19	h	c0
3	Ael:p-ls[Sp]	65	48	70	362	0,25	h	15	15	25	362	0,37	m	6	s2	5,1	6,2	173	0,15	h	c0
4	Bt:p-l[Mg]	105	75	120	542	0,30	m	40	25	45	542	0,42	m	6,3	s1	5,8	6,8	271	0,12	h	c0
5	elCv:g-el[Mg]	200	100	200	457	0,42	m	95	28	60	457	0,56	n	7,5	a1	6,9	7,8	238	0,08	h	c3,4

		Körnung (M.-%)																		
Hor	HSK	BA	S	P25	P75	n	V	verbal	U	P25	P75	n	V	verbal	T	P25	P75	n	V	verbal	GB
1	Ap:p-ls[Sp]	Su2	73	66	78	575	0,12	h	21	16	26	576	0,35	m	6	5	8	726	0,49	m	1
2	Ael-Bv:p-ls[Sp]	Su2	75	69	79	37	0,10	h	20	17	26	37	0,37	m	5	4	7	40	0,59	n	1
3	Ael:p-ls[Sp]	Su2	75	68	81	168	0,12	h	20	15	26	168	0,37	m	5	3	6	168	0,74	n	1
4	Bt:p-l[Mg]	Ls4	55	50	65	267	0,21	h	25	20	30	267	0,31	m	20	15	22	326	0,23	h	
5	elCv:g-el[Mg]	Sl4	54	48	59	219	0,17	h	29	26	33	219	0,20	h	16	14	19	265	0,28	m	4

Abb. 5 *Beispiel für eine parametrisierte Flächenbodenform (Auszug aus dem Flächenbodenformenarchiv)*
Fig. 5 *Example of a parameterised area related soil form (abstract from the soilform archive)*

5. Ableitungsumfang

Für den Zieldatensatz und letztlich für die Verlässlichkeit der Ableitungsergebnisse ist von besonderer Bedeutung, in welchem Maße die Flächenbodenformen über statistisch abgesicherte Parameterwerte beschrieben werden können. Im Unterschied zu einer Reihe von anderen Flächendatensätzen (HARTWICH et al. 1995, LAGB 2004) wird zur inhaltlichen Arealkennzeichnung der BÜK 300 nicht eine einzelne Bodenform (monotypisch), sondern ein Bodenformeninventar herangezogen. Dies erfolgt mit dem Ziel, den in den Inventarbeschrieben der Legendeneinheiten formulierten Gesellschaftsansatz auch für die Merkmalsbildung der Auswertethemen zu akzeptieren. Aus diesem Anspruch heraus folgt aber auch die Notwendigkeit, ein breiteres Spektrum an Flächenbodenformen zu parametrisieren.

5.1 Arealbezogener Ableitungsumfang

Die Merkmalsbildung eines flächenbezogenen Auswertethemas erfolgt in Abhängigkeit von den relativen Flächenanteilen der legendenbezogenen Bodenformen. Den Merkmalsschwerpunkt bestimmt die flächenhaft dominierende Bodenform, während die subdominierenden Bodenformen die Merkmalsspannen kennzeichnen. Ein vollständiger Arealbezug ist erst dann gegeben, wenn alle legendenbeschreibenden Bodenformen in ihren Horizont-Substrat-Abfolgen auch vollständig (FBF 100%) mit abgeleiteten Parametern bestückt sind.

Diese Voraussetzung ist für einen Großteil der Legendeneinheiten, wenn auch in unterschiedlicher Güte, grundsätzlich gegeben. Flächenbodenformen, deren Horizont-Substrat-Abfolgen auf mindestens einem erhobenen Schichtdatensatz beruhen, erzielen ein Arealbezug von über 90%.

Mit steigendem Mindeststichprobenumfang je HSK-Abfolge verringert sich der realisierbare Arealbezug mehr oder minder deutlich (Abb. 6).

Diese Betrachtungsweise setzt voraus, dass für alle legendenbeschreibenden Bodenformen die geforderte Datendichte bis in die Horizontebene hineinreicht. Die Darstellungen zum Horizont- bzw. Profilbezug haben gezeigt, dass dieses methodische Optimum gegenwärtig nur für einen Teil der Zieldaten zur Verfügung steht.

Der Zielgröße von >20 Einzeldatensätzen je HSK kommen die Flächenbodenformen recht nahe, die für die Kennzeichnung der Bodengesellschaften der glazialen Hochflächen des Jungmoränengebiets notwendig sind. Mit einer mittleren Datendichte können die pleistozänen und holozänen Niederungen abgesichert werden. Als gering sind die Datendichten für die Auen sowie für die älteren Flussterrassen des Elbe-Elster-Gebiets zu kennzeichnen. Diese Verknüpfungsergebnisse lassen sich nur bedingt mit den Datenspektren in den

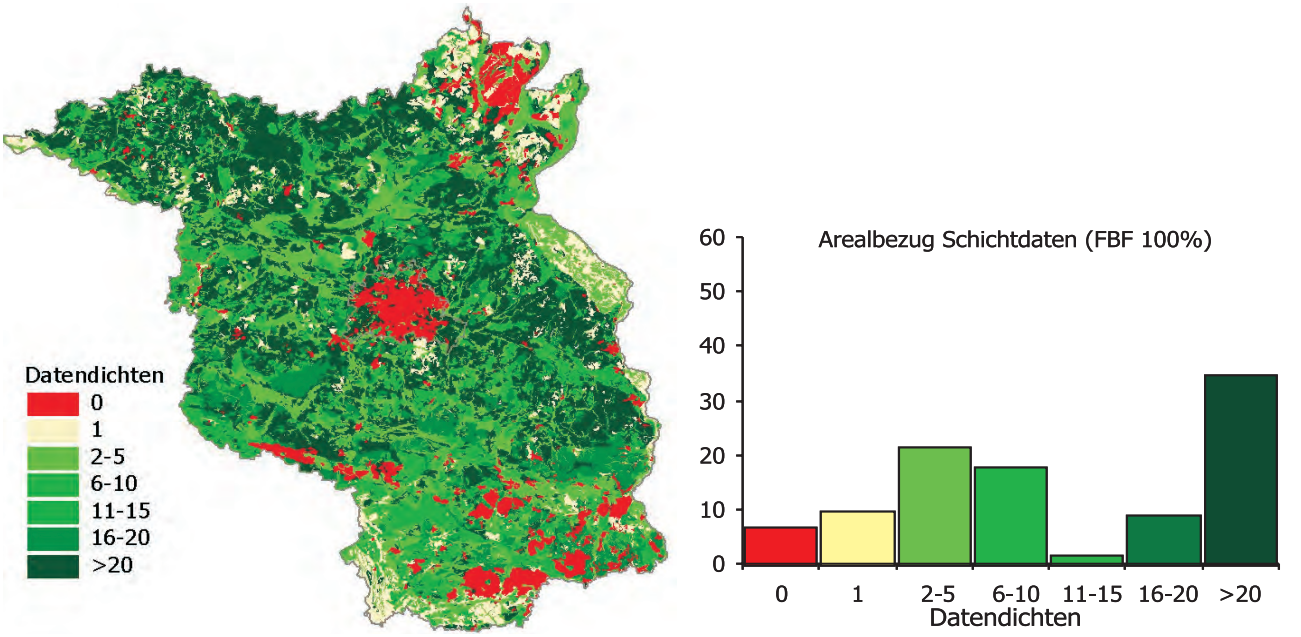


Abb. 6
Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für vollständig mit Schichtdaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 100%)

Fig. 6
Concentration of datas and relation to area (%) of soil forms with an complete semantic data set (100%)

Punktdatenquellen (Eingangsdaten) begründen. Für die Areale Südbrandenburgs (Altmoränengebiet, Elbe-Elster-Niederung) liegt die Ursache zweifellos in der geringen Eingangsdatendichte. Die Auengebiete sind hingegen, wie auch die Uckermark, Areale mit einer relativ hohen Punktdatendichte (Abb. 3). Die Ursachen sind hier in dem Altdatencharakter der Punktdaten und den sich daraus ableitenden, geringeren Datenqualitäten zu suchen. Durch bestehende Unschärfen in der boden- bzw. substratsystematischen Übersetzung und die begrenzte Vergleichbarkeit der Analysenmethoden, respektive der Analysenergebnisse (Utermann et al. 2000), können diese Datenbestände nur in Teilen methodisch eingebunden werden.
Das Informationsdefizit zu den Siedlungsbereichen und den Bergbaufolgelandschaften besteht weniger in fehlenden Flächeninformationen (Grenzius & Blume 1985, Senat-Berlin 2004) oder grundsätzlichen Kenntnislücken (Wessolek & Facklam 1997, Katzur et al. 1999, Knoche 1999, Hüttl et al. 1999), als vielmehr im Mangel an belastbaren Punktdaten, die eine Grundlage für die Parametrisierung bilden können.
Eine andere Möglichkeit, den Arealbezug zu erhöhen, würde in einer weiteren Ausdünnung der legendenbeschreibenden Bodenformen bestehen. Die flächenbezogene Merkmalsbildung würde sich dann aber nur aus den dominierenden Flächenbodenformen ableiten. Diese Verfahrensweise steht einem monotypischen Ansatz nahe und entspricht kaum noch den definierten Flächenbildungsprinzipien (Kühn 1996, Bauriegel et al. 2000) sowie den zu erwartenden Merkmalsspektren der Areale.
Der erzielbare Arealbezug für die beschreibenden Schichtdaten ist insgesamt als gut bis sehr gut einzuschätzen (Abb. 6).

Für die Analysendaten kann mit der gegenwärtigen Datenbasis der Arealbezug nicht im gleichen Umfang und in gleicher Güte wie für die Schichtdaten realisiert werden. Für ein Großteil des Zieldatensatzes steht zwar ebenfalls mindestens ein kompletter Analysendatensatz zur Verfügung ($D_{\%}$=>86,5%), mit zunehmender Mindestdatenanzahl verschlechtert sich jedoch der erzielbare Arealbezug rapide (Abb. 7).
Folglich muss für die Analysendaten in einem stärkeren Maße auch auf Flächenbodenformen zurückgegriffen werden, deren Horizontabfolgen mit geringeren Datendichten abgesichert sind. Dieser Umstand führt zu einer geringeren Trefferwahrscheinlichkeit für die abgeleiteten flächenbezogenen Eigenschaften und Merkmale.

In den flächenhaften Darstellungen zu den Datendichten (Abb. 6 u. 7) treten die Bodengesellschaften bzw. Legendeneinheiten mit einem geringen oder fehlenden Datenhintergrund deutlich heraus. Für die Analysendaten besteht für ca. 13% der Landesfläche ein erhebliches Datendefizit (rote Areale in den Abbildungen). Allerdings sind diese Areale nicht gänzlich ohne Datenhintergrund. Die verfügbaren Datenumfänge ermöglichen jedoch nur die Charakterisierung von Teilen der legendenbezogenen Bodenformeninventare und folgen daher weit weniger dem eigentlichen methodischen Anspruch. Im Sinne von belastbaren Ableitungsergebnissen sind diese Areale als Vorranggebiete für die zukünftige Datenerhebung zu definieren. In einer Reihe von Fällen bezieht sich das Datendefizit nicht auf komplette Horizont-Substrat-Abfolgen, sondern nur auf einzelne (diagnostische) Horizont-Substrat-Kombinationen.

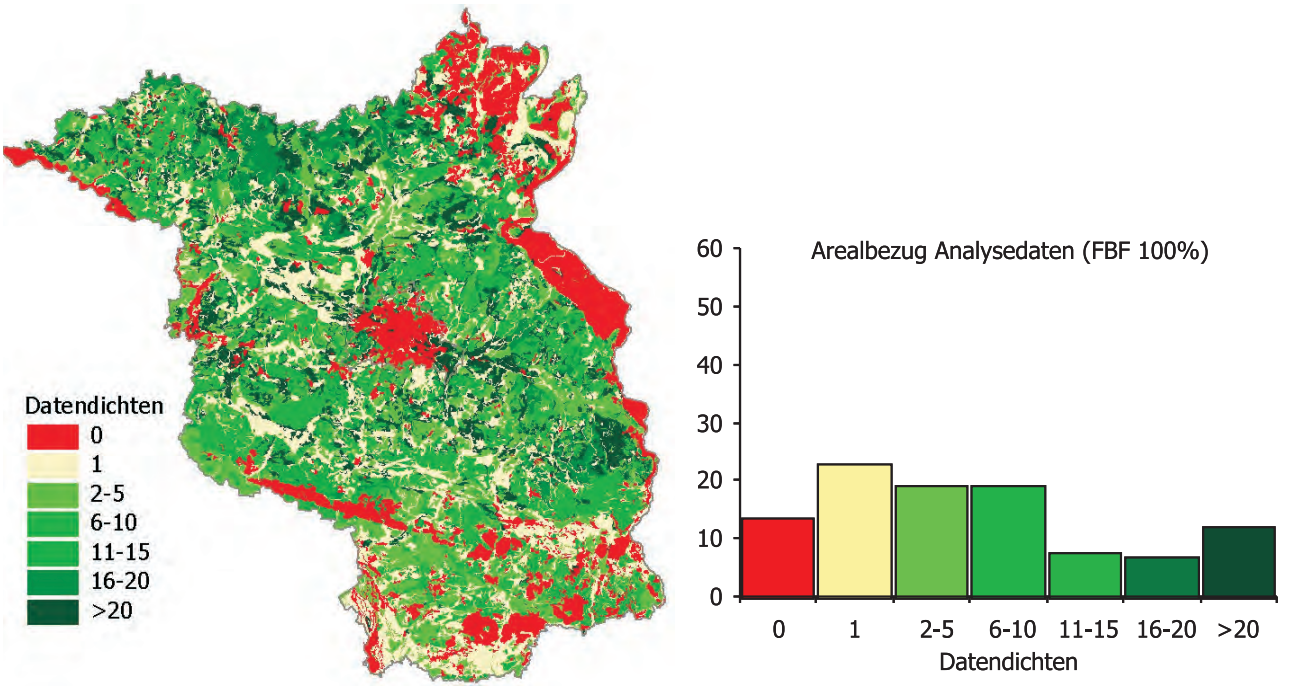


Abb. 7 *Datendichten und Arealbezug (Landesfläche in %) für vollständig mit Analysedaten beschreibbare Flächenbodenformen (FBF 100%)*

Fig. 7 *Concentration of datas and relation to area (%) of soil forms with an complete analytic data set (100%)*

5.2 Arealbezogene Ableitungssicherheit

Die für die Horizont- und Profilebene auf der Basis von Variationskoeffizienten berechneten Ableitungssicherheiten können auch für den Arealbezug interpretiert werden. Insbesondere für die Horizontmächtigkeit besteht eine relative Ableitungsunsicherheit dieses Parameters. Lediglich für die Moränenstandorte lässt sich eine mittlere Ableitungssicherheit feststellen (Abb. 8).

Für die bodenchemischen Parameter pH-Wert und potenzielle Kationenaustauschkapazität zeigen sich deutlich positivere Ableitungsergebnisse. Insbesondere der pH-Wert erscheint als ein sehr ableitungssicherer Parameter (Abb. 9, rechts). Unter Berücksichtigung der definierten methodischen Regeln (BAURIEGEL 2004) lassen sich klassen- bzw. nutzungsbezogene pH-Werte sicher ableiten.

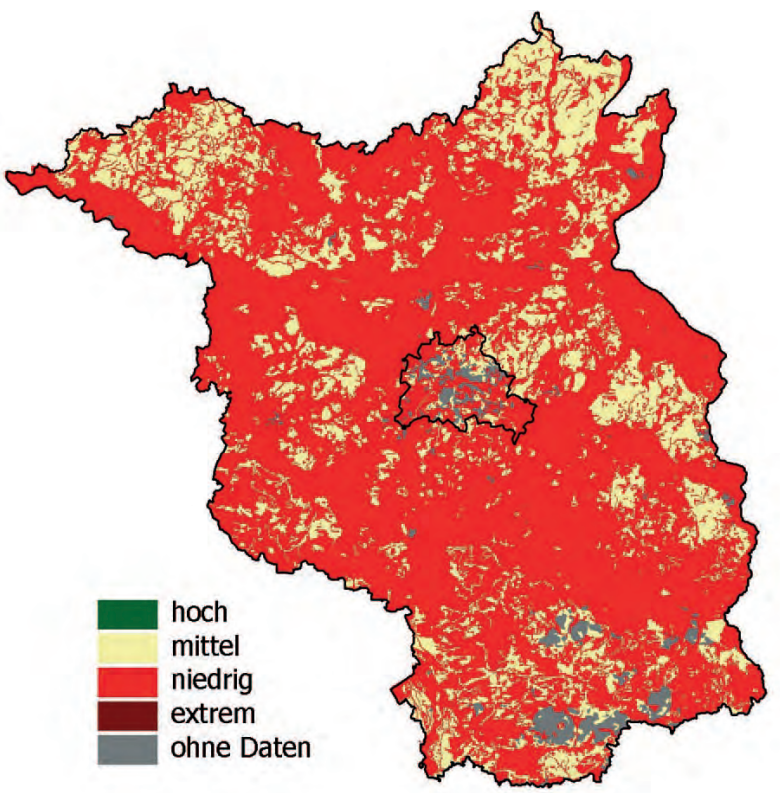


Abb. 8
Arealbezogene Ableitungssicherheit für den Parameter Horizontmächtigkeit

Fig. 8
Area related derivative reliability for the parameter horizon thickness

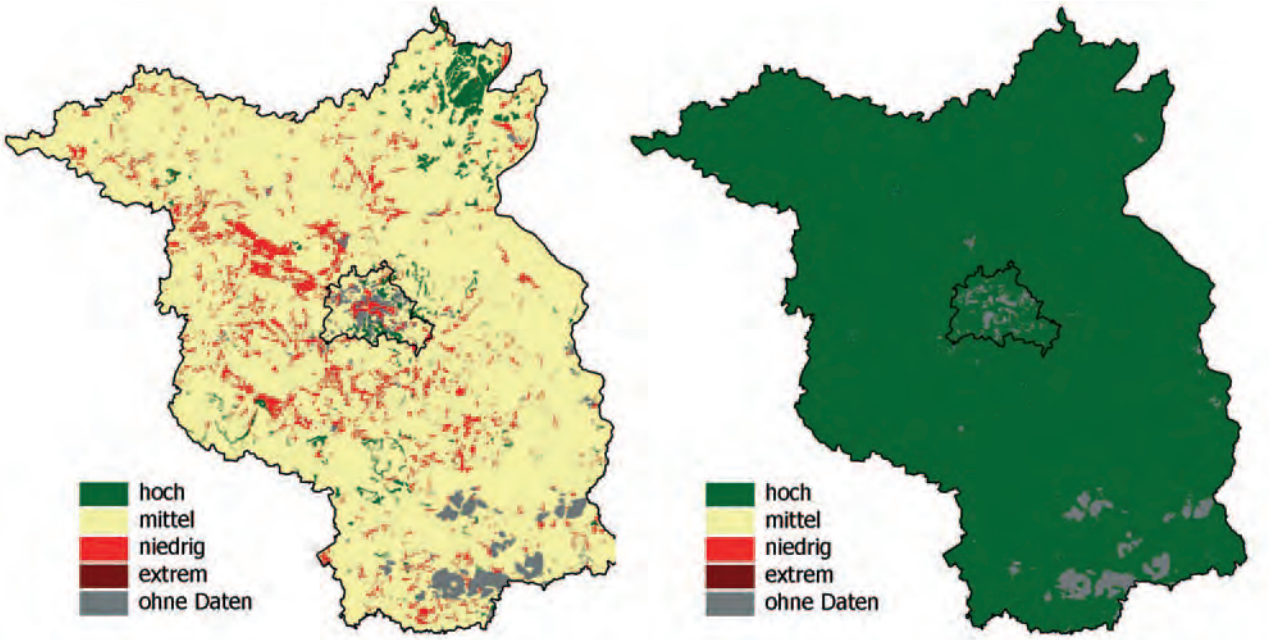


Abb. 9
Arealbezogene Ableitungssicherheiten für die Parameter potenzielle Kationenaustauschkapazität (links) und pH-Wert (rechts)

Fig. 9
Area related derivative reliability for the parameter cation exchange capacity (left) and pH-value (right)

Die mittlere Güte in den zu erwartenden Ableitungssicherheiten zeigt sich für die potenzielle Austauschkapazität auch für den Arealbezug (Abb. 9, links, HENNINGS (1991). Eine tendenziell höhere Ableitungssicherheit besitzen die Bodenformengesellschaften der Moränenstandorte. Als ableitungsunsicher müssen die stärker humosen grundwasserbeeinflussten Bodengesellschaften mit Anmoor- und Humusgleyen aus Flusssanden angesehen werden. Eine höhere Variabilität in den Parameterwerten zeigen auch die Gesellschaften, in denen Kalkgleye aus Substraten wie Wiesenmergel oder Mudde einen größeren Anteil besitzen.

Der Parameter Trockenrohdichte bestätigt sich im Arealbezug als ein Parameter mit einer sehr hohen Ableitungssicherheit. Die bereits diskutierten Unsicherheiten für die organogenen und limnischen Substrate dokumentieren sich auch für den Arealbezug, wenngleich die ermittelten Parameterwerte über eine mittlere Ableitungsgüte verfügen. Diese Einschätzung kann auf die anderen bodenphysikalischen Parameter wie die nutzbare Feldkapazität übertragen werden. Hier beruhen die zu erwartenden Unsicherheiten weniger in der Variabilität der Eingangsdaten als vielmehr in der unzureichend verfügbaren Datenmenge.

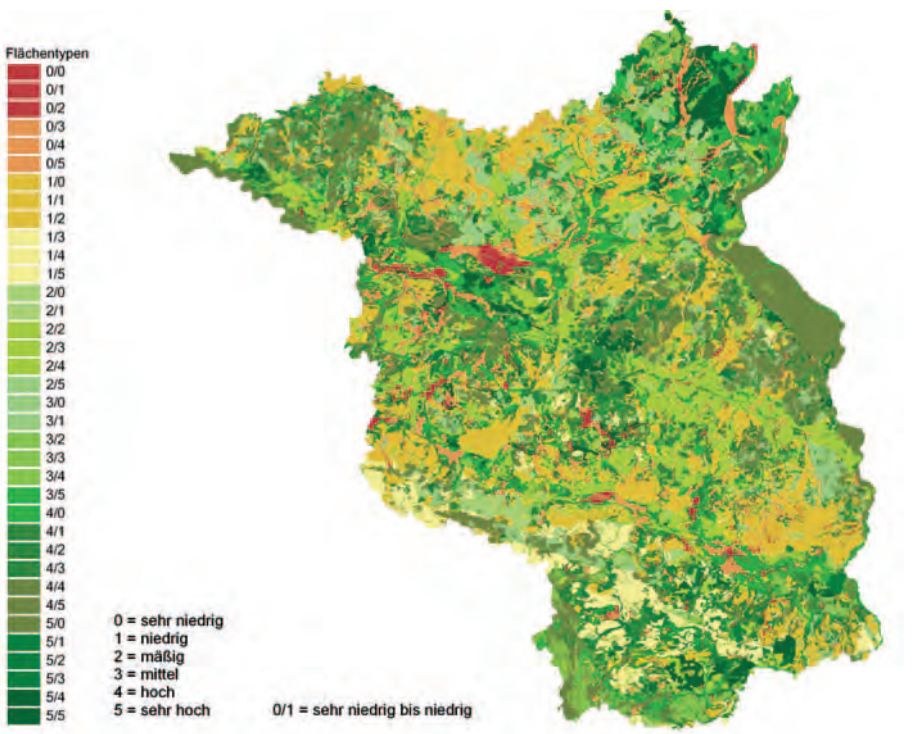


Abb. 10
Filtervermögen für Schwermetalle (Cadmium)

Fig. 10
Retention capacity against heavy metals (Cadmium)

6. Zusammenfassung und Ausblick

Im Ergebnis liegt erstmals die Anwendung einer Methode zur Parametrisierung von flächenbeschreibenden Profil- und Horizontdaten vor, die eine Bewertung der Ableitungssicherheit mit einschließt. Die Methodenergebnisse sind in einem Katalog von parametrisierten Flächenbodenformen (Bodenformenarchiv) dokumentiert. Dieser kennzeichnet die flächenhaft verbreiteten Bodenformen in ihren horizontbeschreibenden Merkmalen sowie in ihren mittleren bodenchemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften. Die angegebenen Streuungskennwerte ermöglichen zudem eine Sicht auf den Datenhintergrund, wie auch auf die zu erwartende Aussagesicherheit. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Anwendung einer Vielzahl von bodenkundlichen Auswertemethoden geschaffen, die für die Beantwortung von insbesondere bodenschutzbezogenen Fragestellungen oder für Bodenlandschaftsmodelle benötigt werden.

Das Bodenformeninventar von Flächeneinheiten dient der Darstellung einer vergesellschaftungsbedingten Merkmalsbreite von Bodeneigenschaften. Dieser Ansatz erfordert zwar die Parametrisierung einer größeren Anzahl von Flächenbodenformen, kommt aber den Eigenschaften der Bodendecke näher als monotypische Ansätze (SCHMIDT & JAHN 2004).

Als Indikatoren der Güte von Ableitungsergebnissen werden die Kriterien Ableitungsumfang und Ableitungssicherheit angegeben. Sie sind ein verbindlicher Teil des Parameterdatensatzes und informieren die Datennutzer über die parameterbezogene Wertevariabilität sowie die ihr zugrunde liegenden Stichprobenumfänge. Die parametrisierten Flächenbodenformen können unabhängig vom eigentlichen methodischen Ziel zu Plausibilitätsprüfungen in der Pflege von Punktdatenbeständen eingesetzt werden.

Summary

As a result, for the first time a catalogue of parameterized area related soil forms (soilform archive) is available for a digital soil spatial dataset of the state of Brandenburg. This catalogue characterizes the horizon-descriptive features as well as the average pedochemical and pedophysical features of the extended area related soilforms. In addition, the denoted scattering parameters provide a sight onto the background of the data as well as onto the expected reliability of the conclusions. Thus, a substantial precondition is provided for the use of a variety of pedological evaluation methods, which are needed to resolve especially soil conservation related problems or which are needed for soil cover models.

The soilform inventories of the mapping-units allows the description of associated soil properties. This approach it self requires the parameterisation a greater number of area related soil forms but can characterize the properties better than mono-typical approaches (SCHMIDT & JAHN 2004).

The scale of derivation and the derivative reliability can be used as a measure of quality of the derived results. They are binding part oft the database to inform the data-users about variability of the parameters and there sample size. The parameterised area related soil forms are also usable to check the plausibility of point data. sets.

Literatur

ADLER, G. H., AKKERMANN, M., ALBRECHT, M., BUSCH, J., DAHLMANN, I., PENNDORF, O. & S. SCHÜRER (2001): Bodenschutz in der Bauleitplanung. - Vorsorgeorientierte Bewertung, Bodenschutz **6**, 1, S. 10-18, Weinheim

AUSSENDORF, M., FELDHAUS, D., HENNINGS, V., MÜLLER, U., SCHREY, H.-P., SIEMER, B., VORDERBRÜGGE, TH. & A. WOUTSAKIS (2003): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderung sowie der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG. - Ad-hoc-AG, Arbeitshefte Boden, Hannover

BAURIEGEL, A. (2000): Das Flächenbodenformenarchiv für das Land Brandenburg: Horizonte. - Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde, Bd. 3, S. 107-118, Bad Iburg

BAURIEGEL, A. (2001): Methode zur regelhaften Ableitung von Flächenbodenformen (Idealprofilen) zur Nutzung von Flächendatenbanken. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. **96**, 2, S. 471-472, Oldenburg

BAURIEGEL, A. (2004): Methoden zur Ableitung und Parametrisierung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten - Am Beispiel der Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1 : 300 000. - Diss., Humboldt-Universität zu Berlin, 147 S., Berlin

BAURIEGEL, A., KÜHN, D. & J. HANNEMANN (2000): Zur Aussagekraft von Bodenflächendaten. - Bodenschutz **2**, S. 43-47, Berlin (Schmidt)

BBODSCHG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und Sanierung von Altlasten vom 17.03.1998 (BGBI I. S. 502-510)

DEHNER, U., HARTMANN, K.-J., KRUG, D. & GEHRT, E. (2001): Zur Hinterlegung der Bodenübersichtskarte 1 : 200 000 (BÜK 200) mit bodenkundlichen Flächendatensätzen. Z. angew. Geol. **47**, 2, S. 121-125, Hannover

DIN1054 (2003): Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau.

EG (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen des Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. - Wasserrahmenrichtlinie, ABl.L 327, Luxemburg

FRIEDRICH, K. (1999): Die Bodenflächendaten 1 : 50 000 Hessen – Ziele, Aufbau und Erfahrungen. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. **91**(II), S. 977-980, Oldenburg

GRENZIUS, R. & H.-P. BLUME (1985): Karte der Bodengesellschaften von Berlin (West) 1 : 50 000. - Umweltatlas Berlin, Berlin

HAASE, G. & R. SCHMIDT (1970): Die Struktur der Bodendecke und ihre Kennzeichnung. - Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenkd. **14**, 5, S. 399-412, Berlin

HANNEMANN, J., BAURIEGEL, A. & D. KÜHN (1999): Bildung von Flächenbodenformen für die Verwendung in Karten und Geo-

graphischen Informationssystemen. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. **91**, 2, S. 1005-1009, Oldenburg

HARTWICH, R., BEHRENS, J., ECKELMANN, W., HAASE, G., RICHTER, A., ROESCHMANN, G. & R. SCHMIDT (1995): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 1 000 000 - Karte mit Erläuterungen, Textlegende und Leitprofilen. - Bundesanstalt f. Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

HENNINGS, V. (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Basisdaten für aktuelle und zukünftige Kartiertechniken, dargestellt an einem Beispielsgebiet im nördlichen Harzvorland. - Geol. Jb., **F28**, 143 S., Stuttgart (Schweitzerbart)

HENNINGS, V. et al. (2000): Methodendokumentation Bodenkunde - Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. - Geol. Jb., R. G, SG 1, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Staatlichen Geologischen Dienste in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover

HERING, J, BAURIEGEL, A. & M. KAYSER (2004): Zur Genese ziegelroter Böden in den quartären Landschaften Brandenburgs. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. **103**, S. 133-134, Oldenburg

HIEROLD, W. & D. NAGEL (2001): Die Wölbäcker von Natteheide (Brandenburg) - Zeugnisse historischer Landschaftsnutzung. - In: HARTEISEN, U.: Kulturlandschaftsforschung und Umweltplanung. - S. 101-111, Göttingen (GCA-Verlag)

HÜTTL, R., KLEM, D. & E. WEBER (1999): Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften - Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlenreviers. - Berlin (de Gruyter)

KATZUR, J., BÖCKER, L. & F. STÄHR (1999): Humus- und Bodenentwicklung in Kippen-Forstökosystemen. - Der Wald **25**, S. 1339-1341, München

KNOCHE, D. (1999): Entwicklung der bodenchemischen Eigenschaften forstlich rekultivierter Kipp-Sande des Lausitzer Braunkohlenreviers - Erste Ergebnisse einer Chronosequenzstudie. - Arch. Acker-, Pflanzenbau u. Bodenkd. **44**, S. 175-195, Berlin

KOPP, D. (1965): Die periglaziäre Deckzone (Geschiebedecksand) im norddeutschen Tiefland und ihre bodenkundliche Bedeutung. - Ber. Geol. Ges. DDR, Bd. 10, S. 739-771, Berlin

KÜHN, D. (1996): Anleitung zur Erarbeitung einer Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 50 000 (BÜK 50) für das Land Brandenburg. - Landesamt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow

LABO (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. - Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, Berlin

LAGB (2004): http://www1.mw.sachsen-anhalt.de/gla/daten/boden/

LUA (2003): Anforderungen des Bodenschutzes bei Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg - Handlungsanleitung (Band 1), Bodenschutz. - Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam

MCBRATNEY, A. B., ODEH, I. O. A., BISHOP, T. F. A., DUNBAR, M. S. & T. M. SHATAR (2000): An overview of pedometric techniques for use in soil survey. - Geoderma **97**, S. 293-327, Amsterdam

MLUR (2001): Landschaftsprogramm Brandenburg (LAPRO). - Ministerium f. Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Potsdam

MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz, Dokumentation zur Methodendatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS). - Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung, S. 220, Hannover

RIEK, R., WESSOLEK, G., RENGER, M. & VETTERLEIN, E. (1995): Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Substrathorizontgruppen - eine statistische Auswertung von Labordatenbanken. - Z. Pflanzenern. Bodenk., 158, S. 485-491, Weinheim

SCHMIDT, R. & R. JAHN (2004): Statuspapier zum Bearbeitungsstand der Bodengesellschaftssystematik. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. **104**, S. 1-14, Oldenburg

SENAT-BERLIN (2004): http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/

SOLGER, F. (1960): Rote Sande im Dahme-Spree-Gebiet und von Vergleichspunkten. - Märkische Heimat **4**, Nr. 1, S. 20-27, Potsdam

UTERMANN, J., (KOORDINATOR), GORNY, A., HAUENSTEIN, M., MALESSA, V., MÜLLER, U. & B. SCHEFFER (2000): Labormethoden - Dokumentation, Deutschland. - Geol. Jb., R. G, H. 8, Bundesanstalt f. Geowiss. u. Rohst. u. d. Staatl. Geol. Dienste d. Bundesrepublik, Hannover

VETTERLEIN, E. (1986): Bodenphysikalische Parameter auf der Grundlage von Substrat-Horizont-Gruppen. - Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, 245, S. 241-247, Berlin

WESSOLEK, G. & M. FACKLAM (1997): Standorteigenschaften und Wasserhaushalt von versiegelten Flächen. - Z. Pflanzenern. Bodenk. **160**, S. 41-46, Weinheim

ZEITZ, J. (1992): Bodenphysikalische Eigenschaften von Substrat-Horizont-Gruppen in landwirtschaftlich genutzten Niedermooren. - Z. Kulturtechn. Landesentwickl., 32, S. 301-307, Berlin

Anschrift des Autors:
Dr. Albrecht Bauriegel
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 194

Karte der Findlinge des Landes Brandenburg

Dieter Göllnitz & Rainer Schulz

Im Ergebnis der Erfassung und Bewertung der geologischen Naturdenkmale/Geotope durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) wurde die Karte der Findlinge des Landes Brandenburg im Maßstab 1 : 300 000 erarbeitet.
Als Grundlage wurde die Karte der Landschaftsgenese aus dem Atlas zur Geologie von Brandenburg (Stackebrandt & Manhenke 2002, Karte 1) gewählt.

In der Karte sind die Fundpunkte von 460 Findlingen dargestellt, die nach den bundesweiten Kriterien als Geotop erfasst wurden. In der überwiegend von der pleistozänen Vereisung geprägten Glaziallandschaft Brandenburgs stellen die Findlinge die größte Gruppe der Geotope dar. Nach der Arbeitsanleitung der Geologischen Dienste der Bundesrepublik Deutschland sind im Land Brandenburg alle Findlinge ≥ 1 m³ Volumen registriert, die nach Abtauen des Inlandeises an der Erdoberfläche bzw. oberflächennah abgelagert wurden. Dazu gehören auch Großgeschiebe, die beim Ausheben von Baugruben, Medientrassen oder vom Acker geborgen und auf öffentlichem und privatem Grund aufgestellt wurden bzw. werden. Nicht erfasst werden solche Findlinge, die in den Kiesgruben und Braunkohlentagebauen des Landes anfallen und kommerziell vermarktet werden.
In der Karte werden die Geschiebe in Abhängigkeit vom Volumen in fünf Größen unterteilt:

< 3 m³, 3-10 m³, 10-20 m³, 20-40 m³, > 40 m³

Das Volumen der Findlinge wurde nach der Formel von Schulz (1972) 2003 mit (L x B x H X 0,523 ± 10 %, je nach Form) berechnet.

Unter den dargestellten Fundpunkten befinden sich auch ausgewählte monolithische Gedenksteine. In der Legende sind alle Findlinge mit Geotopnummer, Kreis, Gemeinde, Bezeichnung (soweit vorhanden) und Volumen aufgeführt. Auf die fünf größten Findlinge im Land Brandenburg wird in einer separaten Tabelle hingewiesen.
Die Karte zeigt, dass die Findlinge in Abhängigkeit vom geologischen Bau des Landes Brandenburg unregelmäßig verteilt sind. Die größte Findlingskonzentration existiert naturgemäß in den Stauch- und Endmoränengebieten. Deshalb treten besonders viele Findlinge im Fläming und in den Jungmoränengebieten im Nordosten Brandenburgs auf.

Der größte Findling Brandenburgs und zugleich der größte landliegende Findling Deutschlands ist der „Kleine Markgrafenstein“ in den Rauenschen Bergen südlich Fürstenwalde (Spree). Nach Anlegen eines Schurfes an der Nordwestseite wurden die tiefste Stelle bei 2,92 m unter Geländeoberkante und die Gesamthöhe mit 7,02 m ermittelt. Mit einer Länge von 7,83 m und einer Breite von 6,27 m wurde sein Volumen mit 180 m³ bestimmt. Damit nimmt das brandenburgische Großgeschiebe einen Spitzenplatz vor dem mit 133 m³ zweitgrößten Geschiebe von Altentreptow (Mecklenburg-Vorpommern) in der Deutschlandweiten Wertung ein.

Literatur

Göllnitz, D., Hannibal, F., Lippstreu, L., Schulz, R. & H. Sitschick (2003): Karte der Findlinge des Landes Brandenburg 1 : 300 000. - LGRB Kleinmachnow

Stackebrandt, W. & V. Manhenke (Hrsg.) (2002): Atlas zur Geologie des Landes Brandenburg. - 2. Aufl., 142 S., LGRB, Kleinmachnow

Schulz, W. (1972): Zur Inventur der Findlinge als Naturdenkmale in den Bezirken Potsdam, Frankfurt (Oder) und Cottbus. - Naturschutzarbeit in Berlin und Brandenburg **8**, 2, S. 44-48, Kleinmachnow

Schulz, W. (2003): Geologischer Führer für den norddeutschen Geschiebesammler, 507 S., Schwerin (CW Verlagsgruppe)

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Ing. (FH) Dieter Göllnitz
Haeckelstr. 40
14471 Potsdam
Dipl.-Geol. Rainer Schulz
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Außenstelle Frankfurt (Oder)
Müllroser Chaussee 51
15235 Frankfurt (Oder)

Mitteilung aus dem Landesamt No. 195

Karte der Findlinge des Landes Brandenburg

Dieter Göllnitz & Rainer Schulz

Im Ergebnis der Erfassung und Bewertung der geologischen Naturdenkmale/Geotope durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) wurde die Karte der Findlinge des Landes Brandenburg im Maßstab 1 : 300 000 erarbeitet.
Als Grundlage wurde die Karte der Landschaftsgenese aus dem Atlas zur Geologie von Brandenburg (Stackebrandt & Manhenke 2002, Karte 1) gewählt.

In der Karte sind die Fundpunkte von 460 Findlingen dargestellt, die nach den bundesweiten Kriterien als Geotop erfasst wurden. In der überwiegend von der pleistozänen Vereisung geprägten Glaziallandschaft Brandenburgs stellen die Findlinge die größte Gruppe der Geotope dar. Nach der Arbeitsanleitung der Geologischen Dienste der Bundesrepublik Deutschland sind im Land Brandenburg alle Findlinge ≥ 1 m³ Volumen registriert, die nach Abtauen des Inlandeises an der Erdoberfläche bzw. oberflächennah abgelagert wurden. Dazu gehören auch Großgeschiebe, die beim Ausheben von Baugruben, Medientrassen oder vom Acker geborgen und auf öffentlichem und privatem Grund aufgestellt wurden bzw. werden. Nicht erfasst werden solche Findlinge, die in den Kiesgruben und Braunkohlentagebauen des Landes anfallen und kommerziell vermarktet werden.
In der Karte werden die Geschiebe in Abhängigkeit vom Volumen in fünf Größen unterteilt:

< 3 m³, 3-10 m³, 10-20 m³, 20-40 m³, > 40 m³

Das Volumen der Findlinge wurde nach der Formel von Schulz (1972) 2003 mit (L x B x H X 0,523 ± 10 %, je nach Form) berechnet.

Unter den dargestellten Fundpunkten befinden sich auch ausgewählte monolithische Gedenksteine. In der Legende sind alle Findlinge mit Geotopnummer, Kreis, Gemeinde, Bezeichnung (soweit vorhanden) und Volumen aufgeführt. Auf die fünf größten Findlinge im Land Brandenburg wird in einer separaten Tabelle hingewiesen.
Die Karte zeigt, dass die Findlinge in Abhängigkeit vom geologischen Bau des Landes Brandenburg unregelmäßig verteilt sind. Die größte Findlingskonzentration existiert naturgemäß in den Stauch- und Endmoränengebieten. Deshalb treten besonders viele Findlinge im Fläming und in den Jungmoränengebieten im Nordosten Brandenburgs auf.

Der größte Findling Brandenburgs und zugleich der größte landliegende Findling Deutschlands ist der „Kleine Markgrafenstein“ in den Rauenschen Bergen südlich Fürstenwalde (Spree). Nach Anlegen eines Schurfes an der Nordwestseite wurden die tiefste Stelle bei 2,92 m unter Geländeoberkante und die Gesamthöhe mit 7,02 m ermittelt. Mit einer Länge von 7,83 m und einer Breite von 6,27 m wurde sein Volumen mit 180 m³ bestimmt. Damit nimmt das brandenburgische Großgeschiebe einen Spitzenplatz vor dem mit 133 m³ zweitgrößten Geschiebe von Altentreptow (Mecklenburg-Vorpommern) in der Deutschlandweiten Wertung ein.

Literatur

Göllnitz, D., Hannibal, F., Lippstreu, L., Schulz, R. & H. Sitschick (2003): Karte der Findlinge des Landes Brandenburg 1 : 300 000. - LGRB Kleinmachnow

Stackebrandt, W. & V. Manhenke (Hrsg.) (2002): Atlas zur Geologie des Landes Brandenburg. - 2. Aufl., 142 S., LGRB, Kleinmachnow

Schulz, W. (1972): Zur Inventur der Findlinge als Naturdenkmale in den Bezirken Potsdam, Frankfurt (Oder) und Cottbus. - Naturschutzarbeit in Berlin und Brandenburg **8**, 2, S. 44-48, Kleinmachnow

Schulz, W. (2003): Geologischer Führer für den norddeutschen Geschiebesammler, 507 S., Schwerin (CW Verlagsgruppe)

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Ing. (FH) Dieter Göllnitz
Haeckelstr. 40
14471 Potsdam
Dipl.-Geol. Rainer Schulz
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Außenstelle Frankfurt (Oder)
Müllroser Chaussee 51
15235 Frankfurt (Oder)

Mitteilung aus dem Landesamt No. 195

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 37-44	7 Abb., 23 Lit.

Die Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ im Tagebau Cottbus-Nord und ihre Beziehung zur Ausdehnung des Weichsel-Eises in Südostbrandenburg

The erosion structure „Merzdorfer Ausbauten“ in the open-cast lignite mine of Cottbus-Nord and its relation to the Weichselian ice extension in Southeast Brandenburg

Marcel Horn, Ralf Kühner & Rainer Thiele

Einleitung

Der Braunkohlentagebau Cottbus-Nord der Vattenfall Europe Mining AG befindet sich regionalgeologisch im östlichen Teil des Baruther Urstromtals. Unmittelbar südlich erfolgt der Übergang auf die saalezeitlichen Hochflächen des Niederlausitzer Grenzwalls, ca. 10 km nördlich schließen sich mit dem Taubendorfer und Reicherskreuzer Sander die ausgedehnten Schmelzwasserabflussbahnen der Brandenburger Eisrandlage an (Abb. 1). Ihr Verlauf wird zwischen Byhleguhre und Lieberose sowie südlich Grabko und Schlagsdorf

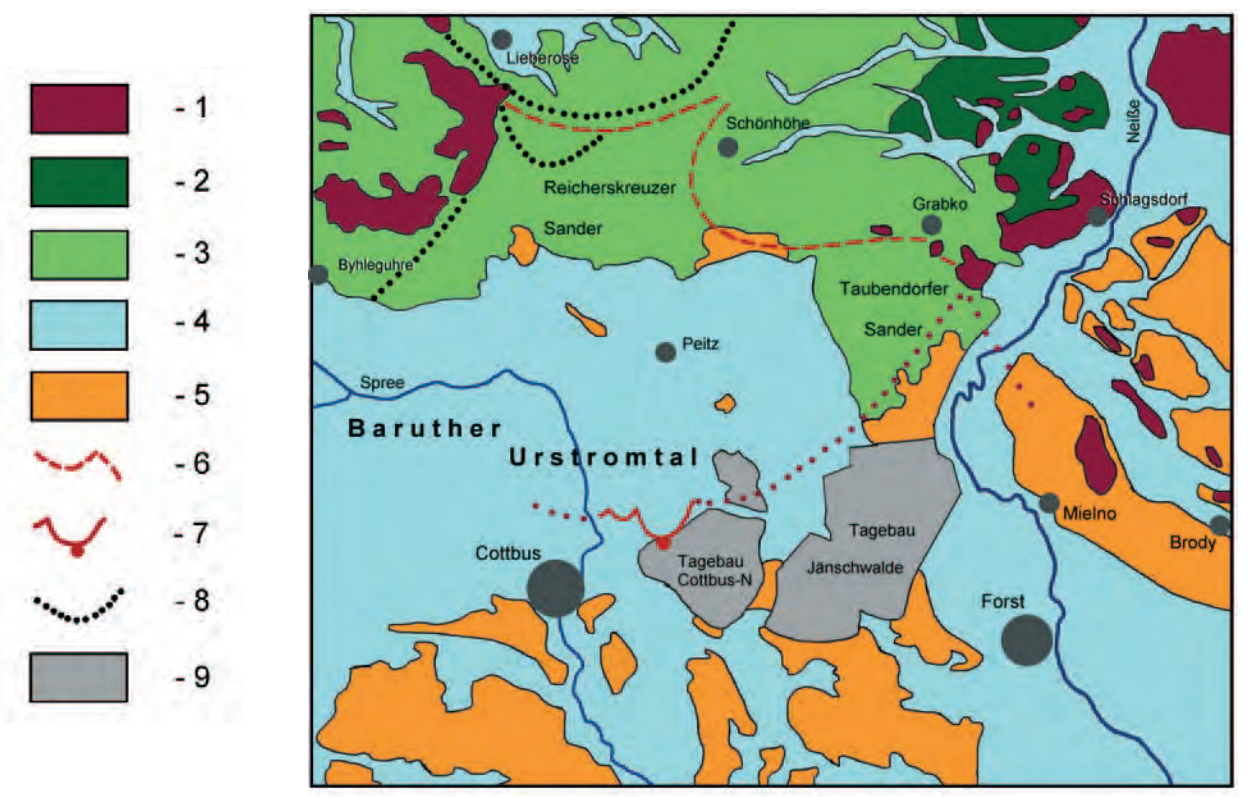


Abb. 1
Regionalgeologische Übersicht (vereinfacht aus GÜK 200, Blatt CC 4750-Cottbus)
1 - Endmoränen des Brandenburger Stadiums der Weichselvereisung; 2 - Glazifluviatile Ablagerungen des Brandenburger Stadiums; 3 - Sanderflächen; 4 - Weichselzeitliche bis holozäne, limnisch-fluviatile Ablagerungen im Urstromtal und seinen Nebentälern einschließlich periglaziärer Sedimente; 5 - Saalezeitliche Geschiebemergel, Schmelzwasserbildungen und Beckensedimente; 6 - Brandenburger Eisrandlage (n. Marcinek 1961); 7 - Willmersdorf – Neuendorfer Faltenbogen mit Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“; 8 - Unterschneidungen (nach Marcinek 1961); 9 - Tagebaubereich

Fig. 1
Overview of regional geology (simplified after GÜK 200, sheet CC 4750-Cottbus)
1 - end moraines of the Brandenburgian stade during the Weichselian glaciation; 2 - glaciofluvial deposits of the Brandenburgian stade; 3 - sandur plains; 4 - Late Weichselian-Holocene, lacustrine-fluvial deposits in the ice marginal valley and periglacial sediments; 5 - Saalian till, meltwater deposits and glaciolacustrine sediments; 6 - ice margin of the Brandenburgian Stade (after Marcinek 1961); 7 - Willmersdorf – Neuendorfer fold belt with the erosion structure „Merzdorfer Ausbauten“; 8 - erosion terraces (after Marcinek 1961); 9 - mining area

durch ausgeprägte Endmoränenbildungen markiert. Im Raum Schönhöhe, hier fehlen die Endmoränen infolge jüngerer Schmelzwassererosion, kennzeichnen typische morphologische Strukturen in den Sanderflächen die Grenze des ehemaligen Eisrands. Zahlreiche toteisbedingte Hohlformen und geschlossene Kessel auf den vorgelagerten Sanderflächen veranlassten MARCINEK (1961) jedoch, die bereits von früheren Bearbeitern (u. a. TIETZE 1917) geäußerte Annahme über einen noch weiter nach Süden reichenden Vorstoß wieder aufzugreifen. Diese Auffassung wird mit der Arbeit von JUSCHUS (2003) bestätigt, der im Gebiet zwischen Lübben und Luckenwalde Hinweise auf eine Überschreitung der Brandenburger Randlage bis zu 12 km durch einen Weichselmaximalvorstoß beschreibt.

Markante glazigene Deformationen des 2. Lausitzer Flözes mit lobenförmig angeordneten Sattel-Mulden-Strukturen, insbesondere aber die kesselförmige Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten", ließen auch im Tagebau Cottbus-Nord Hinweise auf eine südlichere Randlage vermuten. Umfassende sedimentpetrographische Untersuchungen sowie detaillierte Böschungskartierungen im Rahmen einer an die Technische Universität Bergakademie Freiberg vergebenen Diplomarbeit (HORN 2004) konnten das weichselzeitliche Alter der Ausräumung bestätigen und lieferten damit erste Belege für die Reichweite des Weichselvorstoßes in Südbrandenburg.

Die quartäre Schichtenfolge im Tagebau Cottbus-Nord wird nahezu ausschließlich durch eine mächtige Serie hochweichselzeitlicher bis holozäner Sedimente dominiert. Sie liegen in der Regel mit schwach welliger Basis im Niveau zwischen +45 bis +50 m NN unmittelbar den tertiären Sanden und Schluffen der Oberen Briesker Folge auf und beginnen mit den sandig-kiesigen Schüttungen des Älteren Baruther Urstroms, der von MARCINEK (1961) mit den Schmelzwässern der Brandenburger Haupteisrandlage korreliert wird. Im Hangenden folgen mit schwach erosiver Auflage die auffallend feineren Schüttungen des Jüngeren Baruther Urstroms (1. Rückzugsstaffel des Brandenburger Eisrandlage nach MARCINEK 1961). Die Schmelzwasserschotter des zerfallenden Weichseleises werden großflächig durch Ablagerungen der Spree überdeckt, die aus Richtung Süden kommend, einen ausgedehnten Schwemmfächer ins Urstromtal schüttete. Nach sedimentologischen und pollenanalytischen Untersuchungen werden ein Unterer (Weichselhochglazial) und ein Oberer (Weichselspätglazial bis rezent) Schwemmfächer ausgegliedert. Beide standen mehrfach im Mittelpunkt detaillierter Bearbeitungen (KÜHNER 1995, BITTMANN & PASDA 1999, KÜHNER et al. 1999, GAUTIER 1999, POPPSCHÖTZ & STRAHL 2004).

Ältere quartäre Sedimente sind nur noch vereinzelt an der Basis des Urstromtales erhalten. In der Regel handelt es sich um die Füllungen saale- und elsterzeitlicher Erosionsstrukturen, die sich im Wesentlichen aus Geschiebemergeln, verstürzten Tertiärschollen, Beckenschluffen, Schmelzwassersanden sowie vereinzelt auch Eem-Sedimenten zusammensetzen und von den Schmelzwässern des Brandenburger Stadiums erosiv überlagert werden (Lieskower Rinne, Ausräumung Weiße Berge, Tranitzer Ausräumung, KÜHNER 1991).

Füllung und Lagerungsverhältnisse der Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten"

Die Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten" repräsentiert eine kesselförmige Erosionstruktur, die im Pleistozän bis unter das Niveau des 2. Lausitzer Flözhorizonts eingeschnitten wurde. Ihr Durchmesser liegt im Flözniveau bei 300 bis 350 m, der tiefste bekannte Punkt wurde bei -11,3 m NN erbohrt (Abb. 2a). Die Flanken der Ausräumung sind im ca. 9 m mächtigen Flöz nahezu senkrecht ausgebildet, wobei im sandig-schluffigen Zwischenmittel und im Liegenden sehr häufig mehrere Meter tiefe Aus- und Unterspülungen zu beobachten waren. Unterhalb des Flözes, dieser Bereich wird vorwiegend aus schluffig-tonigen Sedimenten gebildet, sind an der NE-Flanke Einfallbeträge von >45 ° nachgewiesen, die SW-Flanke fällt dagegen mit <30 ° deutlich flacher ein. Ein analoger Trend ist auch in den vorwiegend sandigen Sedimenten im Hangenden des Flözes zu erkennen: Während im Nordosten Einfallbeträge um 20 ° auftreten, verläuft im SW die Quartärbasis vereinzelt noch mehr als 200 m unmittelbar im Flözhangenden, bevor sie allmählich auf das in diesem Raum verbreitete Durchschnittsniveau um +47 m NN ansteigt.

Die Schichtenfolge unterhalb der Grubenarbeitsebene (ca. +24 m NN) ist nur aus Bohrungen bekannt. Im Wesentlichen sind bis zur Quartärbasis gut sortierte Mittel- und Feinsande mit einzelnen Schwemmkohlelagen ausgebildet, gröbere Bereiche treten nur untergeordnet in Erscheinung. Bänderschluffe, -tone oder Geschiebemergel konnten nicht nachgewiesen werden, ebenso fehlen Hinweise auf das Vorhandensein einer durchgängigen Stein- oder Geröllsohle im Basisbereich.

An der Nordostflanke beginnt die Kesselfüllung mit einem hellgrauen, stark mittel- bis grobsandigen Feinkies mit lokaler Geschiebeführung (Fazies A), (Abb. 2b). Er schneidet sich steil in den tertiären Schichtenverband ein und wird im Hangenden von schwach bis nicht geschichteten Mittel- und Grobsanden überlagert (Fazies B). Sie enthalten ganz vereinzelt umgelagerte Braunkohlestücke, olivgrüne Muddegerölle sowie regellos verteilte Steine, Schluff- und Flaschentongerölle bis zu 20 cm Durchmesser. Die schwache Horizontalschichtung deutet sich nur durch geringste Korngrößenunterschiede an und verleiht dem maximal 10 m mächtigen Schichtkomplex ein kompaktes Erscheinungsbild (Abb. 3).

Einen Großteil der Kesselfüllung nehmen hellgraue, schwach feinsandige Mittelsande mit feiner Parallelschichtung im mm- bis cm-Bereich (Fazies C) ein. Dabei wird die Sedimentation der bis 7 m mächtigen Schichtpakete mehrfach durch die Sande der Fazies B unterbrochen. Sie greifen erosiv in das Liegende ein und erzeugen lokale, kolkartige Übertiefungen bis ca. 2 m (Abb. 4), an deren Basis es mitunter auch zur Ablagerung einzelner Geschiebe kam. In den Mittelsand können massiv mm- bis dm-starke Schwemmkohlelagen eingeschaltet sein, die unregelmäßig über den gesamten Komplex verbreitet sind. Die Korngröße der einzelnen Braunkohlenstückchen reicht von grusigen Partikeln bis zu kopfgroßen, kantengerundeten Exemplaren. Hier finden sich, wie auch in den Mittelsanden, immer wieder olivgrüne, meist plattige und schichtparallel eingeregelte Muddegerölle.

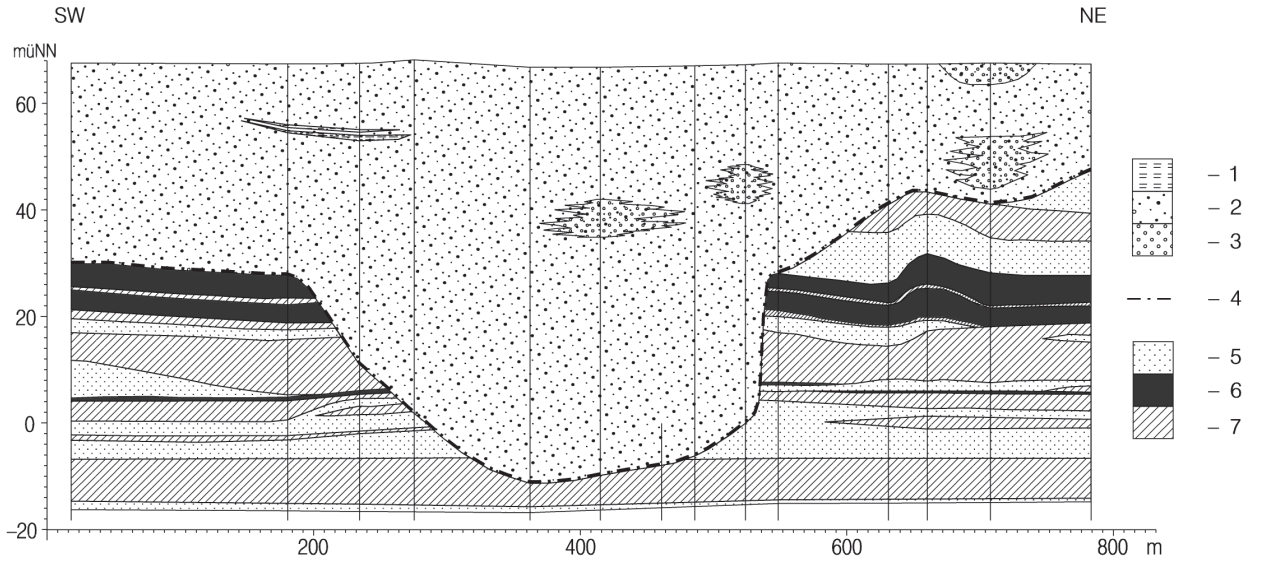


Abb. 2a
Geologischer Übersichtsschnitt (Ergebnisse Bohrerkundung) zur Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ (nach Thiele & Mädler 2004)
Quartär: 1 - Mudde; 2 - Sand, ungegliedert; 3 - Fein- bis Mittelkies; 4 - Quartärbasis;
Tertiär: 5 - Fein- bis Mittelsande; 6 - 2. Lausitzer Flöz; 7 - Schluffe, z. T. stark kohlig;
Fig. 2a
Geological section (drilling results) of the erosion structure „Merzdorfer Ausbauten“ (after Thiele & Mädler 2004)
Quaternary: 1 - gyttja; 2 - sand, undivided; 3 - fine- to medium-grained gravel; 4 - Quaternary basis
Tertiary: 5 - fine- to medium-grained sand; 6 - 2nd Lusatian lignite seam; 7 - silt, partly very coaly

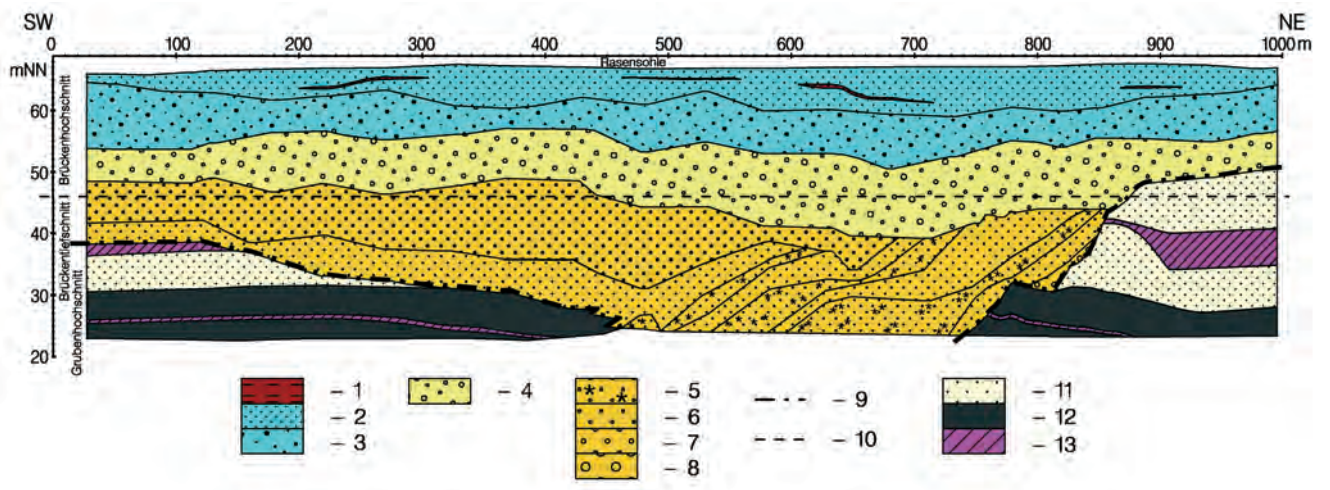


Abb. 2b
Kartierungsschnitt vom März 2004
Quartär: 1 - Mudde; 2 - Oberer Spreeschwemmfächer; 3 - Unterer Spreeschwemmfächer; 4 - Schmelzwassersedimente des Älteren und Jüngeren Baruther Urstroms;
Füllung „Merzdorfer Ausbauten“: 5 - Mittelsand, geschichtet; Fazies C; 6 - Mittel- bis Grobsand, ungeschichtet; Fazies B; 7 - Grobsand; Fazies D; 8 - Feinkies; Fazies A;
9 - Quartärbasis; 10 - Brückenarbeitsebene;
Tertiär: 11 - Fein- bis Mittelsande; 12 - Braunkohle des 2. Lausitzer Flözes; 13 - Schluff;
Fig. 2b
Mapping section of March 2004
Quaternary: 1 - gyttja; 2 - Upper alluvial fan of the river Spree; 3 - Lower alluvial fan of the river Spree; 4 - melt water sediments of the Older and Younger Baruthian melt water runoff;
Filling of „Merzdorfer Ausbauten“: 5 - medium-grained sand, layered; facies C; 6 - medium- to coarse-grained sand, unlayered; facies B; 7 - coarse-grained sand; facies D; 8 - fine-grained gravel; facies A;
9 - Quaternary basis; 10 - operating bench of the conveyer bridge;
Tertiary: 11 - fine-to medium-grained sand; 12 - 2nd Lusatian lignite seam; 13 - silt;

Abb. 3
Erosionsstruktur in schwach geschichteten Mittelsanden der Fazies B
Foto: Horn 2004

Fig. 3
Sconir structive in weak layered medium-grained sand of facies B
Photo: Horn 2004

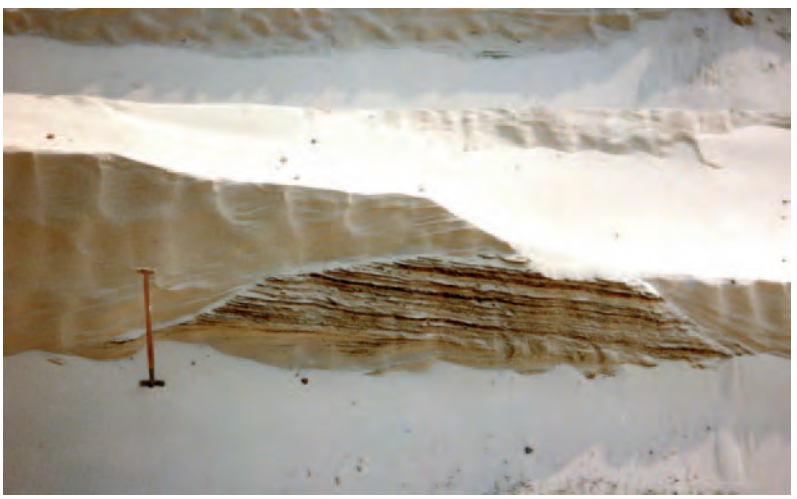


Abb. 4
Ungeschichtete Sande (Fazies B) über Mittelsanden mit Schwemmkohlenlagen der Fazies C *Foto: Horn 2004*

Fig. 4
Unlayered sand (facies B) overlaid medium-grained sand with layers of reassorted lignite pebbles (facies C) *Photo: Horn 2004*

Die Schichtung des Sedimentkomplexes zeichnet an der Nordostflanke der Ausräumung deren steilen Verlauf nach, in Richtung Zentrum nimmt sie rasch ab und tendiert gegen Null. Erst mit Erreichen der Südwestflanke steigt die Schichtung in etwa parallel zur Quartärbasis wieder an, so dass generell ein asymmetrischer, hohlformkonformer Verlauf sichtbar wird. Lagerungsstörungen in Form markanter Sackungsstrukturen, Abschiebungen oder Fließerscheinungen konnten nur untergeordnet und maximal im dm-Bereich beobachtet werden.

Im zentralen Teil der Ausräumung setzt ein hellgrauer, stark mittelsandiger, lokal schwach feinkiesiger Grobsand ein (Fazies D), der bis zu 13 m mächtig wird. Mit kontinuierlichem Ansteigen seines Basisniveaus von +31 m NN auf +41 m NN nimmt die Korngröße in Richtung Südwestflanke allmählich zu grobsandigen Mittelsanden ab. Dieser ungeschichtete, mit rostfarbenen Flecken und Schlieren durchsetzte Horizont weist nur lokal an der Basis einzelne Schwemmkohlenlagen auf. Lokal gehäuft treten bis 30 cm große Gerölle (Abb. 5a) aus graublauen bis gelbgrünen Flaschentonen bzw. hellbraunen bis dunkelbraunen, tertiären Schluffen mit kugelförmiger, untergeordnet auch spindelförmiger Gestalt (armored mud balls nach BELL 1940). Auf den Oberflächen haften mehr oder weniger gerundete Geschiebe und Quarze der Sand- bis Kiesfraktion. Innerhalb der Ausräumung wurden auch größere, kugelförmige Gebilde beobachtet, die aus braunen, tertiären Sanden bestanden und Durchmesser von mehr als 3 m aufwiesen (Abb. 5b).

Im nördlichen Flankenbereich wird die Kesselfüllung monotoner. Sie besteht hier nahezu ausschließlich aus den Mittelsanden der Fazies C, die durch Horizontalschichtung im mm- bis cm-Bereich charakterisiert werden (Abb. 6). Neben vereinzelt vorkommenden Muddegeröllen tritt unregelmäßig in die Mittelsande eingeschaltete Schwemmkohle auf. Ungeschichtete bis undeutlich geschichtete, grobsandige Mittelsande sind nur noch vereinzelt ausgebildet und lassen sich lateral oft nicht mehr als 50 m verfolgen. Kiesige, geröllführende Ablagerungen sind lokal verbreitet, konzentrieren sich aber meist in kolkartigen Nestern.

Im Niveau zwischen +45 bis +50 m NN setzen deutlich schräggeschichtete, grobkörnige Schüttungen ein, die aus der Normalablagerung über die Ausräumung ziehen und nicht mehr zu ihrer Sedimentfüllung gerechnet werden können. Sie liegen außerhalb der Struktur unmittelbar der tertiären Schichtenfolge auf und werden dem Älteren Baruther Urstrom zugeordnet. Seine Basis ist im Wesentlichen flachwellig ausgebildet und wird durch eine hohe Geschiebeführung mit teilweise kopfgroßen Muddegeröllen charakterisiert. Im Zentralteil der Ausräumung taucht sie ca. 10 m tief ab, wobei die flankenkonform liegenden Füllsedimente diskordant abgeschnitten werden. Die sandig-kiesigen Sedimente des Älteren Baruther Urstroms weisen bis zu 1,5 m mächtige Schrägschichtungskörper auf, die mit eben geschichteten, meist mittelsandigen Horizonten wechsellagern.

Im Hangenden setzt sich die Folge zwischen +49 m NN und +55 m NN mit den feinkörnigeren Schüttungen des Jüngeren Baruther Urstromes fort. Er ist im Wesentlichen fein- bis grobsandig ausgebildet und zeigt dm- bis m-mächtige Schrägschichtungskörper, die aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen geschüttet wurden. Sie führen noch vereinzelt Muddegerölle und feinkörnige Schwemmkohlenlagen. Die Schmelzwassersande lagern größtenteils horizontal über dem Älteren Baruther Urstrom und schneiden sich nur lokal in das Liegende ein, wobei kein direkter Zusammenhang zur Ausräumung mehr erkennbar ist.

Der Einfluss der Spree beginnt um +55 m NN mit dem weichselhochglazialen Unteren Spreeschwemmfächer. Er wird aus schwach feinkiesigen Mittel- bis Grobsanden gebildet, die sich durch nördliche Schüttungsrichtungen und einer fluviatil geprägten Kornzusammensetzung (bis 75,6 % Quarz bei 3,4 % Feldspat, 3,5 % Feuerstein, 4,0 % Quarzit/Sandstein, 13,0 % Kristallin und 0,5 % Sonstiges) deutlich von den unterlagernden Schmelzwasserschottern unterscheiden. Charakteristisch sind Eiskeilpseudomorphosen, die in verschiedenen Niveaus einsetzen und eine Länge bis ca. 2 m aufweisen. Die Schichtenfolge schließt mit den feinkörnigen Überflutungssedimenten des Oberen Spreeschwemmfächer ab, der von zahlreichen, lateral meist über mehrere 100 m zu verfolgenden Muddehorizonten aus dem Zeitraum Weichselspätglazial bis Holozän durchzogen ist. Sie sind vereinzelt in kleinen Senken abgelagert, die im Wesentlichen auf die Verlandung abgeschnittener Flussrinnen, flacher Kolke oder auch kleinerer toteisbedingter Depressionen zurückzuführen sind. In Hinblick auf die häufige und unregelmäßige Verbreitung dieser mit Torfen und Mudden gefüllten Mulden im gesamten Spreeschwemmfächer kann jedoch eine besondere Konzentration im Bereich der Ausräumung nicht nachvollzogen werden.

Abb. 5a *Ton- und Schluff-Gerölle (armoured mud balls), Foto: Horn 2004*
Fig. 5a *Clay and silt boulders (armoured mud balls), Photo: Horn 2004*

Abb. 5b *Großgeröll aus tertiären Sanden* *Foto: Seibel 2003*
Fig. 5b *Big boulder of tertiary sands* *Photo: Seibel 2003*

Abb. 6 *Horizontal geschichtete Mittelsande (Fazies C) im Zentrum der Ausräumung Foto: Horn 2004*

Fig. 6 *Horizontal layered medium-grained sand (facies C) in the centre of the erosion structure* *Photo: Horn*

Der Willmersdorf-Neuendorfer – Faltenbogen

Die im Verlauf der Lagerstättenerkundung festgestellten komplizierten Lagerungsverhältnisse im Kohlenfeld Cottbus-Nord führten zur Abgrenzung mehrerer lokal begrenzter Störungszonen. Im Ergebnis flächendeckender geophysikalischer Messungen und Bohrerkundungen konnte an der Basis des Baruther Urstromtals ein zusammenhängendes, glazitektonisches Störungsgebiet mit unterschiedlich intensiver Beanspruchung interpretiert werden, das Störungsgebiet „Am Hammerstrom“. Es wird in südliche Richtungen durch lobenförmig angeordnete Randstrukturen begrenzt, die von Semt & Schilling (1986) zum Willmersdorf–Neuendorfer Faltenbogen zusammengefasst wurden.

Das glazigene Störungsinventar beinhaltet vielfältige Faltenstrukturen, Überschiebungen und Zerrungsstrukturen, die den 2. Lausitzer Flözhorizont einschließlich seiner Begleitschichten umfassen (Abb.7). Sie werden im Hangenden durch die Schüttungen des Älteren Baruther Urstroms diskordant zwischen +45 und +50 m NN abgeschnitten und sind ins Liegende bis in das Niveau eines regional weit verbreiteten Grundwasserleiters (GWL 500) bei ca. +5 m NN zu verfolgen. Er wird bei unbeeinflusster Basis durch erhebliche Mächtigkeitsschwankungen charakterisiert, vereinzelt sind injektive Materialabwanderungen in die überlagernde Schichtenfolge erkennbar. Als Hauptursachen für die Anlage des Faltenbogens wird einerseits die keilförmige Einspannung der tertiären Grundwasserleiter zwischen die elsterzeitlich angelegten Erosionsrinnen Burg-Peitzer Hauptrinne im Nordwesten und Bärenbrücker Rinne im Nordosten, andererseits eine von West nach Nordost das Kohlenfeld durchziehende Verschluffungszone (Älterer und Jüngerer Hornoer Mäander) gesehen. Sie führt im unteren Flözbereich und in den Liegendgrundwasserleitern durch einen markanten Wechsel in der petrographischen Zusammensetzung zu einer Blockierung der Grundwasserströmungen.

Die allein durch die Eisauflast eingebrachten Druck- und Schubkräfte (Aber, Croot & Fenton 1989) initiierten Fließbewegungen in den wassergesättigten und zwischen undurchlässigen Schluffschichten eingespannten Feinsanden im Flözliegenden und bewirkten dadurch eine Verschiebung von Schichtpaketen in den tonig ausgebildeten Liegendschluffen der 2. und 3. Flözbank des 2. Lausitzer Flözhorizonts. Das Auskeilen der gleitbahnführenden Liegendschluffe und die Blockierung der Liegendgrundwasserleiter an den Mäanderschluffen führten zu intensiven Auffaltungen der in südliche und östliche Richtungen verdrängten tertiären Schichten. In diesen Deformationsprozess wurden auch die Mäandersedimente einbezogen und bilden insbesondere im östlichen Flügel des Willmersdorf-Neuendorfer Faltenbogens die überwiegende Substanz der Faltenkerne. Die Beibehaltung der „normalen“ Schichtenfolge, zum Teil bis in den detaillierten Aufbau der Einzelschicht und die Akkumulation von Liegendmaterial aus den Nachbarbereichen der Flözfalten lässt diese Strukturen als Injektivfalten im Sinne von Eissmann (1987) erscheinen. Deutliche Vergenzen innerhalb der Einengungsstrukturen belegen auch eine glazitektonische Horizontalkomponente.

Die Lage des westlichen Flügels des Willmersdorf–Neuendorfer Faltenbogens korrespondiert nicht mit dem Verlauf der Mäander. Hier hat der Gletscher in breiter Front die an den Mäandern aufgeworfenen Strukturen überfahren und ist weiter nach Süden vorgedrungen. In diesem Teil des Kohlenfeldes steht eine vergleichbare geologische Schichtenfolge an wie nördlich der Mäander. Erneut sind in den tonigen Liegendschluffen der Flözbänke intensive Gleitbahnausbildungen festzustellen. Verschiebungen der Schichtkomplexe (Flöz und Flözhangendes) auf diesen Gleitbahnen in Verbindung mit Materialmobilisierungen im nur 1 bis 3 m mächtigen sandig-schluffigen Teil des Zwischenmittels zwischen den Flözbänken 2 und 3 in südliche und südwestliche Richtun-

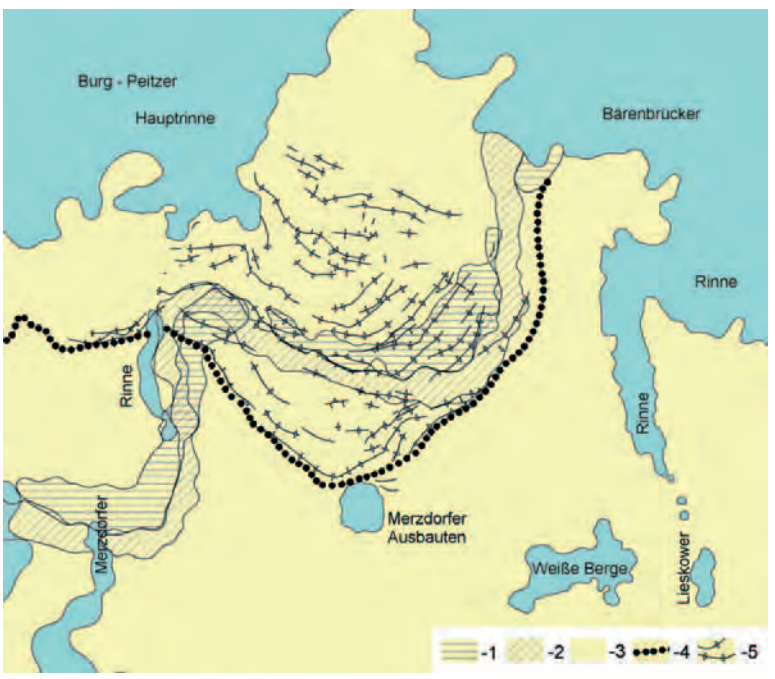


Abb. 7
Strukturkarte zum nördlichen Teil des Kohlenfeldes Cottbus-Nord (vereinfacht n. Thiele 2004)
1 - Verbreitung Mittlerer Hornoer Mäander; 2 - Verbreitung Jüngerer Hornoer Mäander; 3 - Verbreitung 1. Flözbank; 4 - Vermuteter Rand des Willmersdorf – Neuendorfer Faltenbogens; 5 - Hauptachsen glazitektonischer Flözstrukturen.

Fig. 7
Structure map of the northern part of the lignite area Cottbus-Nord (simplified after Thiele 2004)
1 - Distribution of Middle Meander of Horno; 2 - Distribution of Younger Meander of Horno; 3 - Distribution of 1st bank of 2nd Lusatian lignite seam; 4 - Probable outer border of Willmersdorf – Neuendorf fold belt; 5 - Main axes of glacial tectonic seam structures

gen bewirkten im Übergangsbereich zur ungestörten Lagerung massive Zerscherungen des Schichtenverbands über den Liegendschluffen und bilden Mehrfachüberschiebungen. Die aus dem nördlichen Vorland heraus gepressten Zwischenmittelpartien, die in die überschobenen Schichtpartien eingearbeitet sind, vermitteln ebenfalls den Eindruck injektiver Faltenschuppen.

Stratigraphisch-genetische Interpretation

Die zeitliche Einstufung ist durch Nachweis der Pollenzonen 4 und 9 des Eem-Interglazials (Strahl 2004) an Muddegeröllen aus dem Basisbereich der Ausräumung bei +23 m NN sicher zu belegen. Demnach kann die Anlage frühestens weichselzeitlich erfolgt sein; die Verfüllung war jedoch bereits am Ende der Brandenburger Eisrandlage wieder abgeschlossen, da mit den Schüttungen des Älteren Baruther Urstroms eine gleichmäßige und ungestörte Sedimentüberdeckung einsetzt. Toteis bzw. große Mengen an Segregationseis, welches sich mindestens bis ins Alleröd erhalten und beim Austauen erhebliche Sackungserscheinungen bis in den Unteren Spreeschwemmfächer verursacht hätte, hat sowohl bei der Entstehung als auch bei der Verfüllung keine bedeutende Rolle gespielt. Die Anlage der Struktur ist offenbar auf die erosive Wirkung von Schmelzwässern zurückzuführen, die sich, geht man von einer weichselzeitlichen Oberfläche um +50 m NN (in Bezug auf die Position des Eem-Vorkommens in der Ausräumung „Weiße Berge“, s. Kühner 1991) aus, mindestens 60 m eingeschnitten haben. Neben tertiären Fein- und Mittelsanden mit geringer Kohäsion (c’ ≈10 kN/m^2) wurde auch ein 9 m mächtiges Braunkohlenflöz (c’≈50 kN/m^2) sowie kohlig-tonige Schluffe mit sehr hoher Kohäsion (c’ = 63 - 80 kN/m^2) erodiert und nahezu vollständig abtransportiert. Da aus der Depression heraus kein freies Abflussniveau existierte, musste das gelöste Sedimentmaterial, vor allem die grobstückig anfallende Braunkohle, zusätzlich in Schwebe gebracht und vertikal über einen Niveauunterschied von ca. 40 m verfrachtet werden.

Tiefenerosion und Sedimenttransport in diesen Dimensionen lassen sehr hohe Fließgeschwindigkeiten erwarten, die bei oberirdischen Flusssystemen vorwiegend an Biegungen, Hindernissen bzw. am Zusammenfluss von Flussarmen auftreten. Dabei ist die Tiefe der durch vertikale Strömungsspiralen ausgestrudelten Kolke von Wassermenge und -tiefe sowie dem Winkel des Zusammentreffens der Flusskanäle abhängig (Ashmore 1993). Die größten rezenten Kolke im Lockergestein, die in der Region der Bengali-Flüsse bekannt wurden, erreichen Teufen bis 44 m (Best & Ashworth 1997). Allerdings steht die maximal mögliche Kolktiefe in direkter Abhängigkeit zur Tiefe des überströmenden Gewässers und kann höchstens den 4 bis 6fachen Wert annehmen (u. a. Mosley 1973, 1982, Best 1986; Bridge 1993). Für die Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ wäre somit eine Flusstiefe von 10 bis 15 m erforderlich, was sowohl für die in Frage kommenden Flusssysteme von Spree und Neiße als auch für die im Baruther Urstromtal abfließenden Schmelzwässer kaum vorstellbar ist.

Folglich ist eine Ausstrudelung durch gespannte, subglaziale Schmelzwässer das einzig mögliche Genesemodell, wobei die auffallende Position der Ausräumung am Scheitelpunkt des Willmersdorf – Neuendorfer Faltenbogens offenbar den Austrittspunkt eines unter dem Gletscher angelegten Tunneltals andeutet. Aus der Asymmetrie der Flankengestaltung, der Kornverfeinerung in Fazies D nach Südwesten und einer sich mäandrierend nach Norden fortsetzenden schmalen Quartärtieflage resultiert eine nahezu radial zum Rand des Faltenbogens vorhandene subglaziale Schmelzwasserabflussbahn. Die ungestörten Lagerungsverhältnisse der in die stark deformierte tertiäre Schichtenfolge eingeschnittenen Kesselfüllung belegen jedoch die Aktivierung des Schmelzwasserkanals erst nach Anlage des Faltenbogens. Die Verfüllung erfolgte unmittelbar nach der Tiefenerosion, dabei kamen anfangs vor allem die als Suspensionsfracht in Schwebe gehaltenen sandigen Sedimente zum Absatz. Sie finden sich in den Fazies B und C wieder, deren strukturelle Ausbildung zudem auf eine relativ gleichmäßige, nur durch einzelne Unterbrechungen bei Änderung der Strömungsgeschwindigkeit gekennzeichnete Sedimentation deutet.

In Konsequenz der subglazialen Entstehung ergibt sich die Ausdehnung des weichselzeitlichen Inlandeises bis in den Raum unmittelbar nördlich von Cottbus. Bedingt durch die in Richtung Süden abfallende Geländeoberfläche überschritt das Weichsel-Eis die Brandenburger Randlage um rund 14 km und blieb erst unmittelbar vor Cottbus liegen. Dabei markiert der Willmersdorf – Neuendorfer Faltenbogen offenbar den südlichsten Scheitelpunkt des vorstoßenden Gletschers (Cottbuser Lobus). Sein weiterer Verlauf nach Westen ist gegenwärtig nicht nachvollziehbar, nach Nordosten kann die Fortsetzung des Cottbuser Lobus in den Raum südöstlich Grabko vermutet werden. Hier schließt sich, die Hornoer Hochfläche wurde vom Weichsel-Eis nicht überschritten und wirkte als Strompfeiler, ein weiterer Lobus bis in das Gebiet nördlich von Mielno – Brody an (Abb. 1).

Zusammenfassung

Die Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ repräsentiert eine weichselzeitliche Erosionsstruktur an der Basis des Baruther Urstromtals. Sie ist vorwiegend mit ungestört abgelagerten, fein- bis grobsandigen Schmelzwassersedimenten gefüllt. Der zeitliche Rahmen ihrer Entstehung wird einerseits durch zahlreiche, eemzeitliche Muddegerölle innerhalb der Füllung, andererseits durch die unbeeinflusste Überdeckung mit den Schüttungen des Älteren Baruther Urstroms fixiert. Die Entstehung erfolgte durch subglaziale Schmelzwassererosion im Randbereich des Weichsel-Eises, dessen Maximalausdehnung dadurch bis in den Raum nördlich Cottbus belegt werden kann. Es überschritt mit dem Cottbuser Lobus die Brandenburger Eisrandlage um rund 14 km. Die südliche Markierung der Maximalausdehnung erfolgt offenbar durch den Willmersdorf – Neuendorfer Faltenbogen, dessen ausgeprägte glazigene Strukturen bis in das Liegende des 2. Lausitzer Flözes reichen.

Summary

The erosion structure „Merzdorfer Ausbauten“ represents a Weichselian erosion zone at the base of the Baruthian ice-marginal valley. It is mainly filled with undisturbed accumulated fine to coarse grained melt water sediments. The chronological origin is fixed on the one hand by numerous Eemian organic silt boulders in the filling and on the other hand by the uninfluenced overlay of the Older Baruth Valley. The formation occurred by subglacial melt water erosion at the margin of the Weichselian ice and therefore the maximal extension to the area in the north of Cottbus is proved. The Weichselian ice transgressed the Brandenburg ice margin over approximately 14 km by creating the lobe of Cottbus. The southern maximal extension is obviously shown by the Willmersdorf – Neuendorfer fold belt, which glacial-genetic structures reached to the foot wall of the 2nd lignite seam of Lusatia.

Literatur

ABER, J. S., CROOT, D. G. & M. M. FENTON (1989): Glaciotectonic Landforms and Structures. - Kluwer Academic Publishers, 200 S., Dordrecht

ASHMORE, P. E. (1993): Anabranch confluence kinetics and sedimentation processes in gravel-braided streams. - In: BEST, J. L. & C. S. BRISTOW (eds.) (1993), S. 129-146 (s. u.)

BELL, H. S. (1940): Armored mud balls - their origin, properties and role in sedimentation. - J. Geol. **XLVIII**, 1, S. 1-31, Chicago

BEST, J. L. (1986): The morphology of river channel confluences. - Progress in Physical Geography, **10**, S. 157-174, London

BEST, J. L. (1988): Sediment transport and bed morphology at river channel confluences. - Sedimentology **35**, S. 481-498, London

BEST, J. L. & P. J. ASHWORTH (1997): Scour in large braided rivers and the recognition of sequence stratigraphic boundaries. - Nature, vol. 387, no. 6630, pp. 275-277, London

BEST, J. L. & C. S. BRISTOW (eds) (1993): Braided Rivers. - 419 pp., Geological Society of London Special Publication **75**, London

BITTMANN, F. & C. PASDA (1999): Die Entwicklung einer Düne während der letzten 12 000 Jahre – Untersuchungsergebnisse von Groß Lieskow (Stadt Cottbus) in der Niederlausitz. - Quartär, **49/50**, S. 39-54, Saarbrücken

BRIDGE, J. S. (1993): The interaction between channel geometry, water flow, sediment transport and deposition in braided rivers. - In: BEST, J. L. & C. S. BRISTOW (eds.) (1993), S. 13-71 (s. o.)

EISSMANN, L. (1987): Lagerungsstörungen im Lockergebirge. Exogene und endogene Tektonik im Lockergebirge des nördlichen Mitteleuropa. - Geophys. u. Geol., Geophys. Veröff. d. KMU Leipzig **III**, 4, S. 7-77, Berlin

GAUTIER, Y. (1999): Feuerstellen, Dünen, Wald: Bausteine einer spätglazialen Landschaft im Tagebau Cottbus-Nord. - Quartär **49/50**, S. 29-33, Saarbrücken

HORN, M. (2004): Lithologische und genetische Charakterisierung der Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ im Tagebau Cottbus-Nord und ihre Beziehung zum umliegenden glazitektonischen Störungsgebiet. - Diplomarbeit an der TU BA Freiberg, 112 S. (unveröff.)

JUSCHUS, O. (2003): Das Jungmoränenland südlich von Berlin – Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung zwischen Unterspreewald und Nuthe. - Berliner Geogr. Arb., 95, 153 S., Berlin

KÜHNER, R. (1991): Einige Aspekte zu bemerkenswerten Pleistozänaufschlüssen im Tagebau Cottbus-Nord. - Z. geol. Wiss. **19**, 3, S. 317-330, Berlin

KÜHNER, R. (1995): Die weichselzeitliche Schichtenfolge im Tagebau Cottbus-Nord. – Natur u. Landschaft in der Niederlausitz, 16, S. 35-45, Cottbus

KÜHNER, R., HILLER, A. & F. W. JUNGE (1999): Die spätweichselzeitlichen Ablagerungen der Spree im Tagebau Cottbus-Nord und ihre zeitliche Einordnung unter besonderer Berücksichtigung von ersten ^{14}C-Daten an Hölzern. - Geologie, **49/50**, S. 8-20, Berlin

MARCINEK, J. (1961): Über die Entwicklung des Baruther Urstromtals zwischen Neiße und Fiener Bruch. - Wiss. Z. Univ. Berlin, math.-nat. R. **10**, 1, S. 13-46, Berlin

MOSLEY, M.P. (1976): An experimental study of channel confluences. – Journal of Geology, **84**, S. 535-562, Chicago

MOSLEY, M.P. (1982): Scour depths in branch channel confluences, Ohao River, Otago, New Zealand. – Transactions, The Institution of Professional Engineers, New Zealand, **9**, S. 17-24, Wellington

POPPSCHÖTZ, R. & J. STRAHL (2004): Fazies- und Pollenanalyse an einem weichselspätglazialen Flusslauf im ‚Oberen Spreeschwemmfächer’ bei Cottbus. - Berliner Geogr. Arb., Bd. 96, S. 69-88, Berlin

SEMT, R. & M. SCHILLING (1988): Tagebau Cottbus-Nord SAST 1991-98 mit Ausblick bis Auslauf. - In: AUTORENKOLLEKTIV (1988): Bericht BUS Welzow (unveröff.)

STRAHL, J. (2004): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung von fünf Proben aus dem Tagebau Cottbus-Nord, Ausräumung Merzdorfer Ausbauten, Land Brandenburg. - 3 S., Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow, (unveröff.)

TIETZE, O. (1917): Die äußersten Endmoränen der jüngsten Vereisung Norddeutschlands. - Geologische Rundschau **7**, S. 110-122, Berlin

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Geol. Marcel Horn
marcel.horn@vattenfall.de
Dipl.-Geol. (FH) Ralf Kühner
ralf.kuehner@vattenfall.de
Dipl.-Geol. Rainer Thiele
rainer.thiele@vattenfall.de
Vattenfall Europe Mining AG
Vom-Stein-Straße 39
03050 Cottbus

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 45-53	2 Abb., 5 Tab., 21 Lit.

Diskriminanzanalyse der Kleingeschiebestatistik an Geschiebemergeln der Prignitz

Discriminant analysis of clasts from tills of the Prignitz region

CARSTEN MENZER

Einleitung

Die stratigraphische Zuordnung von nicht fossilführenden glazialen Sedimenten kann u. a. mittels der Lithologie von Geschiebemergel (nach u. a. CEPEK 1962, PIOTROWSKI 1992), speziell seines Geschiebebestands, durchgeführt werden. Geht man davon aus, dass das vorstoßende Inlandeis Material aus dem Untergrund aufgenommen hat und die Vereisungen aus abweichenden Richtungen erfolgten, in denen unterschiedliche Gesteine anstehen, muss sich aus dem Geschiebeinventar die Eisbewegungsrichtung rekonstruieren lassen. Somit kann man aus dem charakteristischen Geschiebebestand lithostratigraphische Schlussfolgerungen zur Identifikation und Korrelation von Grundmoränen ableiten. Hierfür haben sich zwei mehr oder weniger unabhängige Arbeitsweisen entwickelt, die Leitgeschiebemethode sowie die Kleingeschiebe- oder Feinkieszählmethode. Letztere, vor allem ihre Auswertungen in Form von Summen, Quotienten und Dreiecksdiagrammen soll in einigen ihrer unterschiedlichen Anwendungsformen (MENZER 2004) näher betrachtet werden.

Des Weiteren sollte geklärt werden, ob es bisher unerkannte, stratifizierungsrelevante Gruppierungen von Gesteinskomponenten gibt und wie man sie am besten aufzeigen kann. Dafür wurden schrittweise Diskriminanzanalysen durchgeführt, um herauszufinden, wie gut sich einerseits die festgestellten Regelhaftigkeiten zur Stratigraphie von Geschiebemergelhorizonten eignen und andererseits diese Methode überhaupt zur Gruppierung des Geschiebebestands nutzbar ist. Es galt allerdings nicht nur unterschiedliche Tillhorizonte verschiedener Vereisungen zu trennen, sondern auch sich wiederholende Charakteristika innerhalb eines Geschiebemergels zu finden. Aus diesem Grund erfolgte eine möglichst dichte Beprobung der aus der Baugrunduntersuchung der ehemals geplanten Transrapidstrecke bzw. Magnet-Schwebebahn Berlin-Hamburg (MSB) angefallenen Bohrkerne aus den Jahren 1997/98. Ebenso wurde die Eignung weiterer Kriterien wie die Farbe des Tills, der Kleingeschiebebestand pro Kilogramm (G/kg), der Kalkgehalt sowie farblich unterschiedenes Nordisches Kristallin zur Gruppenbildung für die Diskriminanzanalyse und somit auch für die Stratifizierung untersucht.

Die stratigraphische Einstufung der statistischen Erkenntnisse sowie die Lagerungsverhältnisse des Arbeitsgebiets werden in Grundzügen dargestellt und mit den Angaben in der Lithofazieskarte Quartär (LKQ) verglichen und bewertet.

Untersuchungsgebiet

Das Herkunftsgebiet der verwendeten Bohrkerne und somit das Untersuchungsgebiet im Nordwesten Brandenburgs kann kleinmaßstäbig als ein einheitliches morphogenetisches Gebiet betrachtet werden. Bei Fokussierung auf eine spezielle Thematik ist es jedoch in ein nordwestliches und ein südöstliches zu trennen. Die ersten sechs Bohrungen sind als SSE–NNW-Trasse ca. 13 km west-nordwestlich von Kyritz zwischen den Orten Gumtow und Schönhagen angeordnet. Die zweite Bohrreihe besteht aus acht Bohrungen, ebenfalls von SSE nach NNW verlaufend und liegt südöstlich von Neustadt/Dosse, unmittelbar außerhalb der Stadt. Beide Einzelgebiete (max. Entfernung 25,5 km) liegen im Norddeutschen Tiefland auf der Prignitzer Platte. Sie gehören somit zum westlichen Teil der südlichen Vorlandzone des Nördlichen Landrückens, einer Plattenreihe, deren Alter von Westen nach Osten abnimmt.

Geländemäßig unterscheiden sich beide Gebiete mit ihrem flachwelligen Charakter nicht wesentlich, wenngleich schon aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung Rückschlüsse auf Unterschiede im oberflächlich Anstehenden gezogen werden können.

So wird die nordwestliche, trocknere Fläche (verwendeter Teil der Bohrtrasse C 61) mit einer durchschnittlichen Höhe von ca. 55,5 m ü. NN nur als Ackerfläche, die südöstliche, feuchtere (verwendeter Teil der Bohrtrasse C 62) mit einer durchschnittlichen Höhe von ca. 40 m ü. NN dagegen vorrangig als Grünland genutzt. Diese hydrologischen Unterschiede konnten bei Geländebegehungen im Sommer und Winter 2002 verifiziert werden und decken sich mit den Unterschieden im Flurabstand des Grundwassers in älteren Schichtenverzeichnissen.

Vorgehensweise und Methodik

Die Kernaufnahme, die Sedimentansprache, die Probenahme und ihre Aufbereitung sowie die Auszählung der Fraktion 4-10 mm erfolgten grundsätzlich nach den Richtlinien der TGL 25232 (1971-1980) und dem Symbolschlüssel Geologie (BGR 1991). Der Karbonatgehalt wurde nach VDLUFA (Verband

deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) A 5.3.1 mit Hilfe der SCHEIBLER-Apparatur bestimmt.
Um Kleingeschiebezählungen der angrenzenden Gebiete und Regionen mit ihren Besonderheiten und Ausprägungen zu erfassen und diese mit dem Arbeitsgebiet zu vergleichen, wurden Ergebnisse aus der Prignitz (CEPEK et al. 1975), SW-Mecklenburg (u. a. BÜLOW 2000), Hamburg (EHLERS 1995), Schleswig-Holstein (KABEL 1982), dem Landkreis Lüchow-Danneberg (KABEL & SCHRÖDER 1984), dem Gebiet westlich von Potsdam (WEISSE 1987) und andere berücksichtigt (vgl. Tab. 1).

sich lokale Einflüsse im Gesamtbild nahezu ausschalten. Es kann jede Gruppe einzeln, unabhängig und unbeeinflusst von anderen betrachtet werden, Geschiebemergel und -lehme werden miteinander vergleichbar und der Einfluss der selektiven Verwitterung, speziell der Mesozoischen Kalke (MK), wird ausgeschlossen.
Für solch eine feste Größe, auf die sich alle anderen Gesteinskomponenten skalieren lassen, bietet sich das Nordische Kristallin (NK) als das geeignetste Medium an. Es kann, trotz veränderter Flächenanteile je Eiszeit, mit den geringsten Einwänden als regional unbeeinflusst angesehen werden, da es unabhängig von den verschiedenen Eisvorstoß-

Tab. 1 Zusammenstellung der Unterscheidungsmerkmale nach qW und qS 2 von verschiedenen Autoren
Tab. 1 Features used in other studies to distinguish between tills of qW and qS 2 (compiled by the author)

Autor (alphabetisch)	Gründe für qW	Gründe für qS 2
CEPEK et al. 1975: 1054		F-fr. / PK = 0,04-0,18; NK / PK = 0,7-1,4 NK / D = 4,1-23,6; (PK + D) / S = 3,5-17,7
EHLERS 1995	viel schwarz-weißes Kristallin	
KABEL 1982: 24, 34 (nach CEPEK et al. 1975)	der hohe Anteil an Tonstein bzw. PS als bestes Unterscheidungskriterium	qS haben viel PK (38,0-56,0 % n. EHLERS), qS 2 hat jedoch mehr D und weniger F (2,0-10,0 % n. EHLERS) als qS 1 und qS 3
KABEL 1982: 96 ff., 199	In sich nur schwer zu unterteilen.	F = 1,0-19,0 %; PK u. D = 10,0-69,0 %; Q / NK = 0,0-0,128 %; F / NK = 0,05-0,3 % (alle nach EHLERS)
KABEL 1982: 99 ff. (nach GLAPA 1970)		kalk- u. dolomitreiche, aber flintarme Warthe (qS 2)-Fazies
LIPPSTREU (In BENDA 1995: 136)		30-40 m mächtig, weitflächig in der Prignitz an der Oberfläche anstehend
TGL 25232 1971-1980	am meisten PS → NK/ PS < 6,0 D- u. F-arm, S-reich	viel D und PK, NK / D ≤ 11,0; NK / PK ≤ 0,7; PK-grau / (PK-rot + PK-sz.) > 10,0
WEISSE 1972: 38 f., 40 ff.	> G / kg , qW älter NK 38,0 43,3 % PK 37,5 36,3 % PS 3,3 0,4 % F 4,1 6,2 % Q 4,3 3,4 % S 9,9 7,6 %	qS (?): PK = 80,0-90,0 % PS < als CEPEK et al. 1975 F < qE (20,0-30,0 %); > qW Unterscheidung qS 1 bis qS 3 nicht möglich, da Magneson I nicht verwendbar. qS 2: F / PK < 0,1; NK / PK< 1,0 → liegt oft an der Oberfläche

Die Unterteilung der Gesteine folgte nahezu vollständig den Vorgaben der TGL 25232/4, lediglich die Sandsteine wurden nicht farblich differenziert. Zuordnungsprobleme traten speziell bei der Differenzierung von frischen (F-fr) und verwitterten Feuersteinen (F-v) auf. Diese nicht unbekannte Problematik der Auszählung (persönliche Mitteilung von Herrn Lippstreu 2003) wurde deutlich zu Gunsten der frischen Feuersteine (F-fr) gelöst (persönliche Mitteilung von Herrn Hermsdorf u. Frau Sonntag 2003). Zusätzlich wurde das Nordische Kristallin (NK) nochmals unterteilt in NK-rot (mind. 30 % rote Minerale), NK-sz. (weniger als 10 % schwarze Minerale) und NK-grau (alle Kristallingesteine, die nicht den Gruppen NK-rot und NK-sz. zuzuordnen sind).
Nach Auszählung der einzelnen Gesteinskomponenten wurden ihre prozentualen Anteile bestimmt und angestrebt, eine Autokorrelation auszuschließen und sich auf einen möglichst konstanten Faktor in der Probe zu beziehen. Damit lassen

richtungen überall ansteht. Des Weiteren zeigt es sich relativ beständig gegenüber Verwitterungseinflüssen und auftretende Zergrusung wird bei der Analyse auf Interpretierbarkeit des Geschiebebestands (durchgeführt nach TGL 25232) erkannt. Deshalb werden die hier verglichenen Analysen auf 100 Stück Nordisches Kristallin (NK) standardisiert. Die Autoren der TGL 25232 (1971-1980) bezogen schon vier ihrer zwölf Quotienten auf NK. Auch KABEL (1982: 24 f.) setzt schon bei den meisten Zählungen den NK-Anteil gleich 100 %, bezieht die anderen Gruppen darauf und gibt sie in % NK an. Weitere Bearbeiter wie Herr Strahl (persönliche Mitteilung von Herrn Strahl 2003) wiesen bereits auf diese Möglichkeit hin und PANZIG (1989) zählte auf NK + PS + S = 100 %. Eine dritte Auswertungsvariante, welche die gleichen Ziele verfolgt, geht auf EHLERS (seit 1978) zurück. Dabei werden alle Nichtkalke (Q, NK, F, PS und S) = 100 % gesetzt und die Kalke und Dolomite prozentual darauf bezogen. In der vor-

liegenden Arbeit wird auch diese dritte Art und Weise verwendet und als „nach EHLERS“ bezeichnet.
Welche dieser Auswertungsmethoden im Untersuchungsgebiet die Geeignetste ist, gilt es zu klären.
Nach vollständiger Auszählung und Kontrolldurchsicht aller Gruppen wurden die Prozente, die Anteile auf NK = 100 Stück und nach EHLERS berechnet. Die Gruppen NK-rot, NK-sz. und NK-grau wurden nur auf 100 % NK bezogen.
Für jegliche weitere Untersuchungen standen nun zwar nur noch 65 Proben zur Verfügung, doch trotz dieses für eine aussagekräftige Statistik relativ geringen Stichprobenumfang, wurden diese Untersuchungen zur Stratifizierung von Tillproben durchgeführt.

Tab. 2 Berechnete Quotienten und Summen

Tab. 2 Calculated ratios and sums (compiled by the author)

Berechnet nach:	Quotienten und Summen
TGL 25232 (1971-1980)	$\frac{NK}{PS}; \frac{NK}{D}; \frac{NK}{PK}; \frac{F\text{ - }fr}{PK}; \frac{F}{NK}; \frac{PK\text{ - }grau}{PK\text{ - }rot + PK\text{ - }sz.}; \frac{PK + D}{PS + S}; \frac{PK + D}{S};$ $F\text{ - }fr + PS + PK = 100\ \%; F\text{ - }fr \cdot 10; PS \cdot 10$
RUSKE (1961)	Q + NK + MK + PK = 100%
CEPEK et al. (1975)	F + NK + PK + D = 100%
MENZER	G/ kg

Anschließend erfolgte die Bildung von Quotienten und Summen aus zwei oder mehreren Gesteinsklassen, welche dem Eintrag in die Dreiecksdiagramme dienten. Darüber hinaus kann damit ein Vergleich der Proben untereinander, mit dem beschriebenen Kenntnisstand sowie zur Gruppenzuordnung für die Diskriminanzanalyse erreicht werden. Als Variablen in der schrittweisen Diskriminanzanalyse konnten sie aufgrund stochastischer Zusammenhänge nicht genutzt werden.
Bei der Berechnung der Quotienten zeigte es sich als unwesentlich, nach welcher Variante sie berechnet wurden, die Ergebnisse waren die gleichen. Die Summen wurden nach prozentualen Anteilen für das TGL - und RUSKE- Dreieck und nach EHLERS für das CEPEK et al.-Dreieck berechnet.

Die nachfolgende Darstellung der Daten in dreiseitigen Diagrammen erfolgte nach RUSKE (1961) basierend auf NK, Q und MK + PK, der TGL 25232 (1971-1980) bezogen auf F-fr * 10, PS * 10 und PK und CEPEK et al. (1975) mit PK + D, F und NK (nach EHLERS) als Grundlage.
Die Auswertungsdreiecke nach RUSKE (1961) und KABEL & SCHRÖDER (1984) konnten nicht weiter verwendet werden, da sie nur nach vorheriger Aussonderung der qW (nach anderen Kriterien) sinnvolle Ergebnisse erzielten.

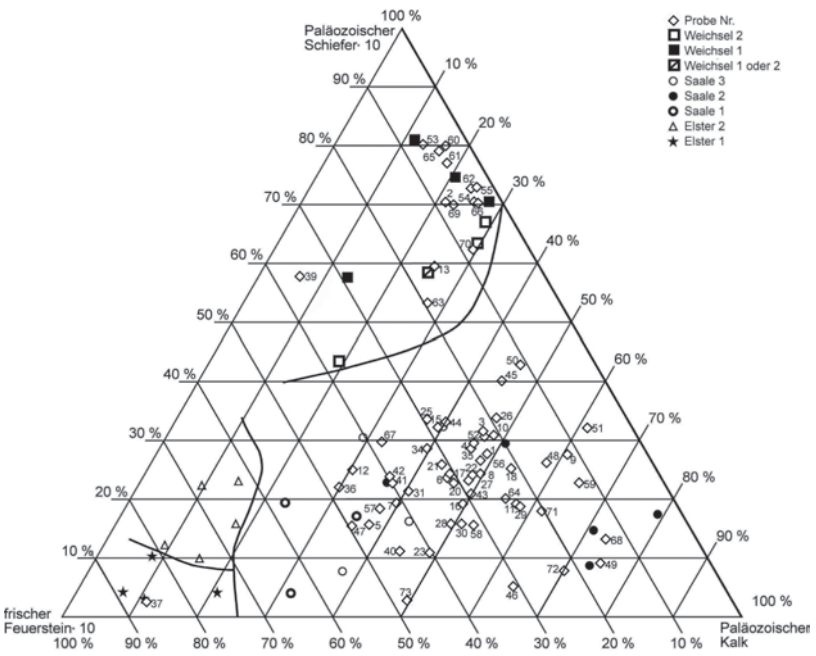


Abb. 1
Auswertungsdreieck nach TGL 25232 mit Proben (verändert nach: TGL 25232/ 1 1971: 5).

Fig. 1
Ternary diagram following TGL 25232 with plotted samples (modified after TGL 25232/1 1971: 5)

Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse ist ein statistisches, Strukturen prüfendes bzw. überwachendes Klassifikationsverfahren, welches u. a. zur Beantwortung folgender Fragen dient: „Unterscheiden sich Gruppen von Elementen (hier: stratigraphische Einheiten) signifikant voneinander hinsichtlich ihrer Variablen (hier: Gesteinskomponenten)?“ und „Welche Variablen sind zur Unterscheidung (Diskrimination) zwischen den Gruppen geeignet bzw. ungeeignet?“ (BACKHAUS et al. 1994: 91 ff.). Gleichzeitig ermöglicht sie die Zuordnung einzelner Elemente in eine bestehende Gruppe entsprechend seiner Merkmalsausprägungen.
Die Bedingung, mehr Merkmalsvariablen als Gruppen aufzuweisen (vgl. BACKHAUS et al. 1994: 113 ff.), wurde in allen durchgeführten linearen Diskriminanzanalyse erfüllt, unwichtige und kollineare (stochastisch abhängige) Variablen wurden entfernt (BAHRENBERG et al. 1992: 337).
Das gebräuchlichste Kriterium zur anschließenden Prüfung einer Diskriminanzanalyse bildet das inverse Gütemaß Wilks´ Lambda (U-Statistik). Weiterhin wurden die Unter-

schiede der Mittelwerte zwischen den verwendeten Variablen und die Größe der Korrelationen betrachtet, letzteres mittels des kanonischen Korrelationskoeffizienten.
Aufgrund der Durchführung einer schrittweisen Analyse werden automatisch alle Variablen nacheinander inkrementell in die Diskriminanzanalyse einbezogen. In die Diskriminanzfunktion aufgenommen werden dabei nur jene, die signifikant zu einer Verbesserung der Diskrimination der Gruppen bzw. zur Verringerung des multivariaten Wilks´ Lambda beitragen (BACKHAUS et al. 1994: 124). Dies erübrigt den von ANDERS et al. (1991: 71) vorgeschlagenen t-Test für jedes Merkmal in jeder Gruppe. Allerdings gilt es anschließend die diskriminatorische Bedeutung, also die Trennkraft der aufgenommenen Variablen, zu überprüfen. Hierfür werden ihre standardisierten Diskriminanzkoeffizienten mit dem Eigenwert der Diskriminanzfunktion multipliziert. In den vorliegenden Analysen reicht es aus, nur die standardisierten Diskriminanzkoeffizienten zu vergleichen, da im Zwei-Gruppenfall nur eine Funktion gebildet wird und sich somit die Verhältnisse nur um einen konstanten Faktor verschieben.
Die Güte (Trennkraft) einer Diskriminanzanalyse lässt sich anhand ihrer Trefferquote erkennen, d. h. wie viele der vorher zugruppierten Fälle auch nach Durchführung der Analyse in der entsprechenden Gruppe bleiben. Ist sie größer als bei einer zufälligen Zuordnung, wird von einer guten Klassifikationsfähigkeit der Diskriminanzfunktion gesprochen.

Gruppenbildungen

Die systematische Gewinnung der Proben aufgrund der „geschichteten“ Entnahme und des Abstands der Bohrungen zueinander kann nicht als unbeeinflusste, kontinuierliche Probengewinnung angesehen werden. Somit musste die Anwendung einer Clusteranalyse für die Bildung der Lerngruppen ausgeschlossen werden.
Daher erfolgte die Bildung der Gruppen für die Diskriminanzanalyse, mittels derer dann die stratigraphische Zuordnung vorgenommen wurde, mittels zweier anderer Varianten. Einerseits auf Grundlage der Auswertung aller Einzelkomponenten in den drei Zählvarianten sowie einer Vielzahl von Quotienten. Dafür wurden für die Einzelanteile und die Quotienten je eine Tabelle in Profilform erstellt, die Werte entsprechend ihrer Lage und Höhe eingetragen und diese nach hypothetischen und sachlogischen Überlegungen ausgewertet. Dadurch konnten anhand der reinen Werte, ihrer Lage zu den anderen Proben bzw. ihrer Teufe die sicheren Lerngruppen (Gruppen 1 und 2) gebildet werden. Abweichende und/ oder durch ihre räumliche Lage fraglichen Werte bleiben ungruppiert und werden im Nachhinein mit Hilfe der schrittweisen Diskriminanzanalyse zugeordnet. Andererseits wurden die Proben aus dem Strukturdreieck so in die entsprechenden Gruppen aufgeteilt, wie es ihre Lage ausweist. Das führte zu insgesamt 20 für aussagekräftig gehaltene subjektive Zuordnungsmöglichkeiten zu den Gruppen, bezüglich ihrer Abtrennbarkeit und Lage untereinander. Im nächsten Schritt wurden diese mit Hilfe einer ersten diskriminatorischen Analyse auf ihre statistisch belegbare Abtrennbarkeit untereinander, logischen Lagerungsverhältnissen sowie innerer Konsistenz überprüft. Dies führte zum Ausschluss von 17 dieser subjektiven Gruppierungsmöglichkeiten.

Einige Gruppenzuordnungen, vorwiegend bezogen auf Einzelanteile von Gesteinsklassen, führten ebenfalls zu guten Ergebnissen, sie wurden jedoch zugunsten der Variante PS (nach EHLERS) vernachlässigt (vgl. Tab. 4).

Ebenfalls gute Ergebnisse für die Gruppenbildung bezüglich ihrer sachlogischen Abtrennbarkeit und Lage konnten durch den multivariablen Vergleich der Ergebnisse aus dem Auswertungsdreieck nach TGL 25232 (Abb. 1) und seinen erweiterten Definitionen sowie mit Hilfe der beiden von CEPEK eingeführten Formeln (PK + D)/(PS + S)

Tab. 3 Herausgearbeitete Kriterien für sachlogische Gruppenzugehörigkeiten.
Tab. 3 Criteria used for grouping (compiled by the author)

Gruppe:	1	2	ungruppiert
Zuordnung nach:	(qW)	(qS)	(?)
PS n. EHLERS	> 12	< 6	Wert & Lage
TGL 25232	Tab. 1 & Abb. 2	Tab. 1 & Abb. 2	Tab. 1 & Abb. 2
(PK+ D)/ S	< 3,0	≥ 3,0	Wert & Lage

Tab. 4 Nicht verwendete Gruppenzuordnungsmöglichkeiten und ihre Ausschlussgründe
Tab. 4 Possible criteria not used for grouping and reasons for their exclusion (compiled by the author)

Ausschluss aufgrund:	Keine Ausweisung von qW	Chaotische Verhältnisse und viele Ausreißer	Nicht aussagekräftiger als verwendete Zuordnungen
Zuordnung nach:	Dreieck & Quotienten nach CEPEK et al.	Poel-Quotient (auf alle drei Zählvarianten)	(PK + D)/(PS + S)
	Dreieck nach RUSKE	F (NK = 100 Stk.)	NK/PS
		D (NK = 100 Stk.)	S (NK = 100 Stk.)
		PS (NK = 100 Stk.)	NK (n. EHLERS)
		F (n. EHLERS)	S (n. EHLERS)
		PK (n. EHLERS)	D (n. EHLERS)

und (PK + D)/S gewonnen werden. Es wurde jedoch nur Letztere verwendet, da beide annähernd gleiche Ergebnisse lieferten, sie sich nur durch einen konstanten Faktor unterschieden und um die Analysen nicht unnötig auszudehnen. Des Weiteren wird diese Berechnung häufiger in der Literatur zitiert (u. a. CEPEK et al. 1975: 1054, ANDERS et al. 1991: 71), womit ein größerer Vergleichsumfang gegeben ist. Zudem schließt sie die oben beschriebene Korrelation von PS mit S auch automatisch aus.

Interpretation der statistischen Untersuchungsergebnisse

Mit Hilfe der drei besten Gruppenzuordnungsmethoden (vgl. Tab. 3) wurden umfangreichere Diskriminanzanalyse mit den Variablen (Gesteinskomponenten) nach prozentualen Anteilen, Anteilen nach EHLERS und skaliert auf NK = 100 Stück durchgeführt. Einige der anfänglich noch in der Analyse befindlichen Variablen (G/kg, Farbe nach MUNSELL, Kalkgehalt, F, MK und NK-rot), wurden in den folgenden Betrachtungen nicht mehr berücksichtigt, da bei ihnen keine explizite Trennschärfe beobachtet werden konnte.

lich der jeweils wichtigsten Trennvariablen gelten. PS hat in allen Analysen (außer (PK + D)/S auf %-Anteile) die größte diskriminatorische Bedeutung mit nahezu mehr als doppelt so großer Trennkraft als die nachfolgend verwendeten Variablen (vgl. Tab. 5). Der hohe Trennkraft-Stellenwert von NK-sz. bestätigt die in der Aufgabenstellung erörterte zusätzliche Auszählung der farblichen Anteile des Nordischen Kristallins.

Innerhalb der Gruppe 2 konnten, bezüglich der Zielstellung, keine weiteren konkreten Gruppen gebildet werden. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass im Arbeitsgebiet nur ein qS-Till anzutreffen ist.

Die Trefferquote lag bei allen durchgeführten Analysen bei 100 %, so dass von einer optimalen Trennkraft der Analysen in Bezug auf ihre Gruppierungen und der verwendeten Variablen gesprochen werden kann.

Stratigraphische Zuordnung

Für die stratigtraphische Zuordnung der mittels der Diskriminanzanalysen getrennten Gruppen erfolgt ein Vergleich

Tab. 5 Trennkraft der einzelnen Variablen.
Tab. 5 Effectiveness of discrimination of the several variables (compiled by the author)

	Zugeordnet nach:	DA mit:	verwendete Variablen und ihre Trennkraft, bezogen auf 100 % der trennfähigsten Variable
1.	(PK + D)/S	%-Anteilen	PK (100 %), NK (95,0 %), Q (40,0 %), NK-sz. (30,0 %), PS (30,0 %), Ko (21,0 %)
2.	PS n. EHLERS	%-Anteilen	PS (100 %), NK-sz. (44,0 %), PK (37,0 %), Q (27,0 %)
3.	PS n. EHLERS	EHLERS - Anteilen	PS (100 %), NK-sz. (47,0 %)
4.	CEPEK	EHLERS - Anteilen	PS (100 %), PK (55,0 %), NK-sz. (44,0 %), Q (35,0 %)
5.	CEPEK PS n. EHLERS	%-Anteilen NK = 100 Stück	PS (100 %), NK-sz. (51,0 %), PK (36,0 %) PS (100 %), NK-sz. (47,0 %), PK (35,0 %)
7.	(PK + D)/S	EHLERS - Anteilen	PS (100 %), PK (55,0 %), NK-sz. (49,0 %)
8.	CEPEK	NK = 100 Stück	PS (100 %), PK (51,0 %), NK-sz. (44,0 %)
9.	(PK + D)/S	NK = 100 Stück	PS (100 %), PK (47,0 %), NK-sz. (47,0 %)

Anhand der beiden verwendeten Kriterien Wilks´ Lambda und des kanonischen Korrelationskoeffizienten kommt man zu Wertigkeiten der Diskriminanzanalyse, welche wiederum die geeignetsten Trennvariablen (vgl. Tab. 5) ausgeben. Aus ihnen wird ersichtlich, dass die vertretene Ansicht, eine Autokorrelation der einzelnen Klassen müsse ausgeschlossen werden und die Ergebnisse seien auf eine feste Größe (nach EHLERS oder auf NK = 100 Stück) zu skalieren, unbestätigt blieb. Im Gegenteil dazu sind die beiden besten Analysenergebnisse auf prozentuale Anteile bezogen. Ebenso unbeeinflusst davon blieben die Quotientenbildungen, welche sich nach allen Zählvarianten konstant verhielten.

Die hier eindeutig beste Gruppenbildung ist die Zuordnungsvariante mittels PS (nach EHLERS). Alle drei mit ihr durchgeführten Diskriminanzanalysen befinden sich in der Rangfolge der Wertigkeiten, unabhängig auf welche Anteile bezogen, unter den ersten fünf. Inwieweit dieses Ergebnis sich jedoch nur aufgrund der in der vorliegenden Arbeit abzutrennenden Weichsel- zur Saale-Moräne niederschlägt, ist noch fraglich. Ebenso kann dieser Erklärungsansatz bezüglich der jeweils wichtigsten Trennvariablen gelten. PS hat in allen Analysen (außer (PK + D)/S auf %-Anteile) die größte diskriminatorische Bedeutung mit nahezu mehr als doppelt so großer Trennkraft als die nachfolgend verwendeten Variablen (vgl. Tab. 5). Der hohe Trennkraft-Stellenwert von NK-sz. bestätigt die in der Aufgabenstellung erörterte zusätzliche Auszählung der farblichen Anteile des Nordischen Kristallins.

Innerhalb der Gruppe 2 konnten, bezüglich der Zielstellung, keine weiteren konkreten Gruppen gebildet werden. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass im Arbeitsgebiet nur ein qS-Till anzutreffen ist.

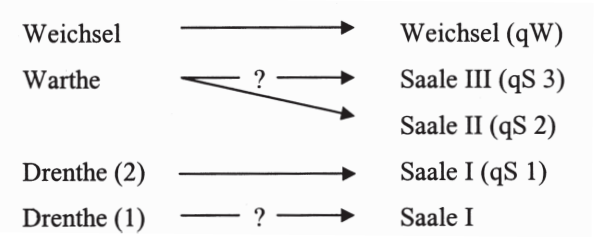
Die Trefferquote lag bei allen durchgeführten Analysen bei 100 %, so dass von einer optimalen Trennkraft der Analysen in Bezug auf ihre Gruppierungen und der verwendeten Variablen gesprochen werden kann.

Stratigraphische Zuordnung

Für die stratigtraphische Zuordnung der mittels der Diskriminanzanalysen getrennten Gruppen erfolgt ein Vergleich entsprechend des Geschiebebestands, des Kalkgehalte, der Farbe und der Lagerungsbedingungen der beprobten Bereiche.

Organogene, pollenführende Schichten konnten bei der Kernaufnahme nicht angetroffen werden, lediglich Schalen von *Viviparus diluvianus* sichern einige Proben jünger als holsteinzeitlich.

Für den Vergleich mit angrenzenden Gebieten, anderen Bearbeitern und unterschiedlichen lithostratigraphischen Bezeichnungen, wird die in KABEL (1982: 28 ff. u. 100) verwendete wahrscheinlichste Parallelisierung verwandt.



In der vorliegenden Arbeit lassen sich eindeutig zwei verschiedene Tills, sowohl statistisch als auch in Bezug auf ihre Lagerung voneinander abtrennen, dabei wird qS 2 für den unteren und qW für den oberen vermutet.
Neben den letztendlich verwendeten Merkmalen für die Gruppenbildungen sollen hier weitere Indizien gefunden werden, welche die stratigraphische Zuordnung sichern. Dafür erfolgt ein Vergleich der vom Verfasser gezählten Proben mit den Folgerungen aus Tabelle 1.
Für die Beurteilung der Trennkraft der einzelnen Variablen zwischen den Gruppen wurden die arithmetischen Mittel und die Zuverlässigkeit der Zahlenbereiche verglichen. Unterscheiden sich nicht nur der Mittelwert beider Gruppen, sondern auch die Wertebereiche, wird dieses Indiz als sehr gut trennend ausgewiesen. Überschneiden sich allerdings die Zahlenbereiche der Proben, bei gleichzeitiger guter Trennkraft des arithmetischen Mittels, wird das Einstufungskriterium nur als gut trennend bezeichnet. Beides kann jedoch als stratigraphisch gesichert angesehen werden.
Ein weiteres Zuordnungsmerkmal, die Lagerungsverhältnisse machen die hangende Gruppe 1 jünger als die liegende Gruppe 2, vorausgesetzt die Verhältnisse sind ungestört.
Mittels der Erkenntnisse über die Proben der Gruppe 2 lassen sich diese als qS 2-Till stratifizieren. Speziell der Quotient (PK + D)/S ist sehr gut trennend, bzw. kann bei Senkung auf e•3,0, wie auch in der Gruppenbildung getan, seine Trennkraft (Gruppe 1 enthält nur kleinere Werte) noch erheblich steigern.

Ergebnisvergleich mit der Lithofazieskarte Quartär

Für den Vergleich der durch MENZER (2004) gewonnenen lithostratigraphischen Zuordnungen mit denen der Lithofazieskarte Quartär (LKQ 50, Blatt 1865 Kyritz) wurde ein Profil durch die Karte entsprechend dem Arbeitsgebiet angelegt. Das Ergebnis sowie der Vergleich sind in der Abbildung 2 zu finden. Aus der graphischen Gegenüberstellung ergibt sich einerseits für das nordwestliche Gebiet ein starker Gegensatz, während sich andererseits für den südöstlichen Bereich eine doch eher gute Übereinstimmung feststellen lässt. So konnte im erst genannten Areal kein qW-Mergel über dem qS 2-Till angetroffen werden, im zweiten Teilgebiet dagegen stimmen die Kartierungsdaten mit den hier gewonnenen Ergebnissen teilweise überein: Sand über Weichseltill (max. Gesamtmächtigkeit von 8 m), über Saaletill (nachweisbare angetroffene Mächtigkeit von 14,7 m).
Derartige Diskrepanzen sind keine Seltenheit und verstärkt zwischen Kartierungsbefunden und beschreibender Literatur für den betreffenden Raum (u. a. WOLDSTEDT 1935 und Geomorphologische Übersichtskarte 1970) festzustellen. Die Gründe und Ursachen können nach einer persönlichen Mitteilung von Herrn Lippstreu, Herrn Hermsdorf und Frau Sonntag 2002 durchaus in den Erstellungsbedingungen der LKQ und ihrer großflächigen Interpolation, gesucht werden. Detaillierte Untersuchungen wie die vorliegenden tragen auf jeden Fall zu einer Präzisierung und Aktualisierung des Kenntnisstands eines jeden Kartenwerkes bei, das flächendeckend nur nach einer definierten Stratigraphie-Vorgabe und mit wesentlich geringerem Untersuchungsaufwand erstellt werden konnte.
Ein Erklärungsansatz für den zu weit nach Süden kartierten Weichseltill, kann in der Fehlinterpretation der aufliegenden bis zu 3 m tief reichenden Entkalkungszone liegen. Die lange Lagerung des Geschiebemergels an der Erdoberfläche und die daraus resultierende starke Verwitterung verursachen Veränderungen im Kleingeschiebespektrum. Bei Betrachtung des Gesamtbestands der entsprechenden Proben sind sie jedoch durch ihre geringen Gehalte an PS und S sowie ihre hohen Anteile an D und F definitiv als saalezeitlich anzusprechen.

Kurzer genetischer Abriss

Mittels der aus den erzielten Ergebnissen erstellten Profilen sowie durch den Ergebnisvergleich mit anderen Bearbeitern, lässt sich für die beiden Teilarbeitsgebiete eine genetische Entwicklung ableiten. Im nordwestlichen Teilareal hat der vorrückende saalezeitliche (qS 2) Eisstrom älteres Material, wie elsterzeitlichen Till, tertiäre Braunkohle sowie Sande und Tone aus dem Untergrund aufgenommen, weiter transportiert, erneut abgelagert oder teilweise aufgestaucht. Beim Abschmelzen des Eises wurde das in ihm befindliche Material als Grundmoräne (mindestens 17 m mächtig) abgelagert. Während der Rückschmelzphase lagerten sich darüber durch Schmelzwässer transportierte bis zu 1,7 m mächtige Nachschüttsande ab. In der darauffolgenden Zeit unterlagen die Sande und Mergel verschiedensten Entkalkungs- und Verwitterungsprozessen bis zu 4 m Tiefe sowie auch der Abtragung. Im südöstlichen Gebiet wurde eine mächtigere qS 2-Moräne durch das abtauende Inlandeis hinterlassen (knapp 39 m mächtig, ohne die Unterkante zu erreichen), jedoch ist diese aufgrund von Kernverlustbereichen nicht durchgängig nachweisbar. Älteres Material konnte im Zuge der Untersuchungen nicht festgestellt werden. Der qS 2-Till wurde mit bis zu 6,5 m mächtigen Nach- und/oder Vorschüttsand bzw. Ton überlagert, jedoch sind diese aufgrund der Hochlage der alten qS 2-Oberfläche und den damit verbundenen Denudationsvorgängen nicht mehr flächendeckend vorhanden. Anschließend erfolgte der Eisvorstoß des weichselzeitlichen Inlandeises und auch dessen Eis schnitt sich in die liegenden Schichten ein bzw. schmiegte sich an das vorgefundene Relief an. Durch das Abtauen des Eisschildes kam es ebenfalls zur Ablagerung einer teilweise bis zu 8 m mächtigen Grundmoräne. Auf ihr wurden im Folgenden bis zu 5 m mächtige Nachschütt- und/oder Urstromtalsande abgelagert, welche noch heute relativ weitflächig anzutreffen sind. Die Sande können teilweise auch der äolischen Fazies zugeordnet werden und auch an ihnen setzten sich Entkalkungs-, Verwitterungs- und Abtragungsprozesse bis in die heutige Zeit fort.

Ausblick

Es wäre interessant zu untersuchen, inwieweit sich das gute Ergebnis bezüglich der Trennkraft des Paläozoischen Schiefers (PS) an weiteren unterschiedlichen Eisvorstößen bestätigen lässt.
Ähnlich dem hier erfolgten Vergleich der Auszählvarianten verschiedener Bearbeiter, der längst nicht als abgeschlossen zu sehen ist, könnte ein Anwendungsvergleich der Zählungen in den unterschiedlichen Korngrößenfraktionen der an-

deren Bundesländer, der Niederlande und Dänemarks erfolgversprechend sein.
Trotz der sehr hohen Trefferquote sollten die Methoden an absolut datierbaren Proben aus möglichst mehreren Stadialen getestet werden. Der Einwand, die Diskriminanzanalyse sei für derartige Untersuchungen zu umständlich, da z. B. eine lineare Regression ausgereicht hätte, ist nicht von der Hand zu weisen. Allerdings sollten derartige Grundlagen auf jeden Fall auf die Geschiebemergel weiterer Glaziale/Stadiale ausgedehnt werden. Bezüglich einer multiplen Analyse mit mehr als zwei Tills ist die Verwendung einer Diskriminanzanalyse notwendig, ihr Nutzen wird mit der vorliegenden Arbeit belegt.

Zusammenfassung

Mittels quantitativer petrographischer Geschiebeanalysen der Fraktion 4–10 mm von Geschiebemergeln der Prignitz konnten lithostratigraphische Aussagen überprüft und qualitative Anwendungsvergleiche unterschiedlicher methodischer Ansätze zur Till-Stratifizierung mittels statistischer Spezifikationen durchgeführt werden.
Die besten Gruppierungsvarianten der getesteten Auswertungsformen waren das Strukturdreieck nach der TGL 25232 (1971), die Paläozoischen Schiefer (PS gezählt nach EHLERS) und der Quotient (PK + D)/S.
Die Trefferquote lag bei allen durchgeführten Analysen bei 100 %. Somit kann von einer optimalen Trennkraft der Analysen bezüglich ihrer Gruppierungen und der verwendeten Variablen sowie der Eignung der Diskriminanzanalyse gesprochen werden.
Von allen Gesteinskomponenten zeichneten sich vor allem PS und untergeordnet Paläozo-

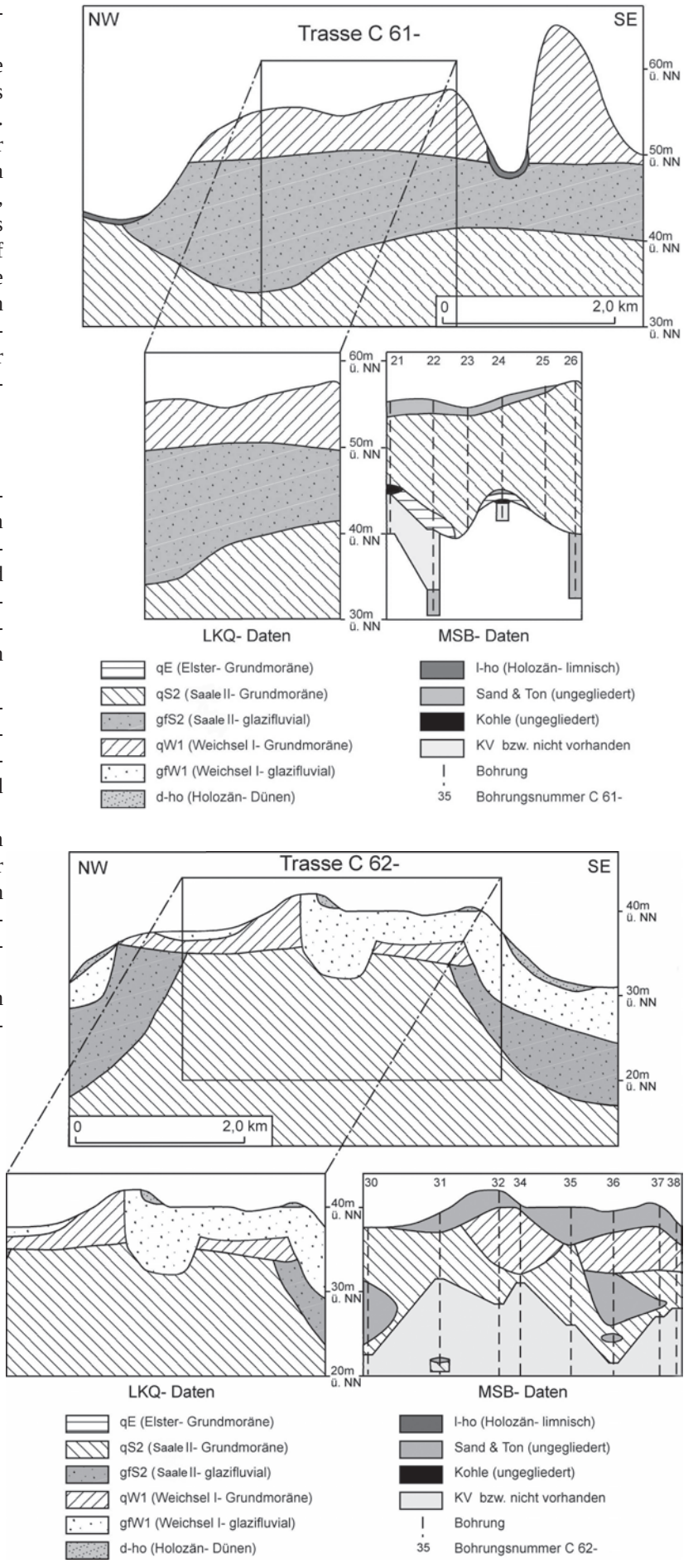


Abb. 2
Vergleich der geologischen Profile aus den Daten der LKQ 50 und den MSB-Bohrungen für das nordwestliche und südöstliche Gebiet, 100fache Überhöhung (vereinfacht nach: LKQ 50 Blatt 1865 Kyritz).

Fig. 2
Comparison of the geological profiles of the LKQ 50 and the MSB-drillings for the northwestern and southeastern region; 100times height exaggeration (simplified from LKQ 1865 Kyritz)

ischer Kalkstein und schwarzes Nordisches Kristallin als außerordentlich trennfähig zwischen den beiden ausgewiesenen Gruppen/Glazialen ab. Die vertretene Ansicht, eine Autokorrelation der einzelnen Klassen müsse ausgeschlossen werden und die Ergebnisse seien auf eine feste Größe zu skalieren, blieb unbestätigt.
Die grundsätzliche Eignung von Kleingeschiebezählungen für eine stratigraphische Einstufung zu den verschiedenen Vereisungen konnte unter Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse und der regionalen Besonderheiten nachgewiesen werden. Eine Stratifizierungs-Vorschrift wie die TGL 25232 (1971-1980) sollte nur als methodische Anleitung dienen, auch wenn sie sich hier sehr gut bewährt hat. Die stratigraphische Einstufung ergab einen hangenden Weichsel- und einen liegenden Saale 2-Till. Im nordwestlichen Teilgebiet wurde in einer Tiefe von 12,6 m und 13,6 m Elster-Geschiebemergel angetroffen. Die Daten der LKQ 50 stimmen speziell im SE-Teilgebiet gut mit den hier gewonnenen Ergebnissen überein.

Summary

Till lithostratigraphy was tested using quantitative, petrographic analyses of clasts in the size range of 4-10 mm. Furthermore, different methods of till stratigraphy could be compared by statistical analyses.
Best results were gained using the methods of TGL 25232 (1971), especially ternary diagrams, palaeozoic shale counts (following EHLERS) and the ratio of paleozoic limestone and dolomite to sandstone. The hit rate of the accomplished analyses achieved always 100 %. Thus, the resulting groupings and the methods and analyses used for discrimination gave very good results.
It was possible to distinguish between the two mentioned groups/glacials extremely well using palaeozoic shale, whereas palaeozoic limestone and black nordic crystalline rocks were found to work well. Earlier assumptions that an autocorrelation between the classes have to be excluded by scaling the fractions to a predetermined level could not be supported.
The principal usefulness of quantitative and petrographic analysis in till stratigraphy could be demonstrated through comparison with bedding conditions and regional characteristics. Even though a generalized standard like the TGL 25232 (1971-1980) has shown good results in this case study, it is strongly recommended to use it only as guidance.
On a local scale, the Saalian II till is overlain by the Weichselian till. An Elsterian till was observed in the northwestern part at a depth between 12.6 and 13.6 m. Especially in the southeastern part the presented results are similar to the mapped units of the Lithofacies Map of the Quaternary (LKQ 50).

Literatur und Karten

ANDERS, T., KRATZERT, P. & A. KÜHL (1991): Statistische Analysemethoden zur Beschreibung und Klassifizierung von Datenkollektiven angewandt auf die Geschiebezählung. - Z. f. angew. Geol. **37**, 2, S. 70-75, Berlin

BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & R. WEIBER (1994): Multivariate Analysemethoden. - S. 91-128 u. 209-216, Berlin

BAHRENBERG, G., GIESE, E. & J. NIPPER (1992): Statistische Methoden in der Geographie. - Bd. 2: Multivariate Statistik. - S. 316-359, Stuttgart

BENDA, L. (Hrsg.) (1995): Das Quartär Deutschlands. - 408 S., Berlin

BÜLOW, v., W., HARFF, J.& U. MÜLLER (1977): Gedanken zur Auswertung von Geschiebeanalysen an Hand numerisch klassifizierter Zählergebnisse der Stoltera (Kreis Rostock). - Z. geol. Wiss. **5**, S. 39-49, Berlin

BÜLOW, W. VON (2000): Geologische Entwicklung Süd- West Mecklenburgs seit dem Ober-Oligozän. Schriftenreihe für Geowissenschaften, 11, Berlin

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER IN DER BRD (Hrsg.) (1991): Symbolschlüssel Geologie. - 26 S., Hannover

CEPEK, A. (1962): Zur Grundmoränenstratigraphie in Brandenburg. - Ber. geol. Ges., **6**, 2, S. 275-278, Berlin

CEPEK, A., HELLWIG, D., LIPPSTREU, L., LOHDE, H., ZIERMANN, H. & R. ZWIRNER (1975): Zum Stand der Gliederung des Saale-Komplexes im mittleren Teil der DDR. - Z. geol. Wiss. **3**, 8, S. 1049-1075, Berlin

EHLERS, J. (Hrsg.) (1995): Glacial deposits in north- east Europe. - S., Rotterdam

EHLERS, J. (1996): Quarternary and glacial Geology. - S., Brisbane

HESSMANN, E. & H. ZIERMANN (1990): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Blatt 1865 Kyritz. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.)

KABEL, C. (1982): Geschiebestratigraphische Untersuchungen im Pleistozäns Schleswig- Holsteins und angrenzender Gebiete. - Diss. Univ. Kiel, Kiel

KABEL, C. & P. SCHRÖDER (1984): Geschiebe- und geröllstratigraphische Untersuchungen im Landkreis Lüchow- Danneberg. - Verh. naturwiss. Ver. Hamburg, (NF) 27, S. 43-74, Hamburg

KRIENKE, H.- D. & J. HARFF (1979): Zur Anwendung eines numerischen Klassifizierungsverfahrens bei der Auswertung von Geschiebezählungen. - Z. angew. Geologie **25**, 10, S. 466-474, Berlin

LANDESVERMESSUNGSAMT BRANDENBURG & SENATSVERWALTUNG FÜR BAUEN, WOHNEN & VERKEHR ABT. V. Berlin (Hrsg.) (1998): Topographische Karten 1 : 50 000 und Topographische

Übersichtskarten 1 : 200 000 Brandenburg/Berlin. - digital., Berlin, Potsdam

LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N. & A. SONNTAG (1997): Geol. Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit Landesvermessungsamt Brandenburg, Potsdam

PIOTROWSKI, J. A. (1992): Was ist ein Till? - Geowissenschaften **10**, 4, S. 100-108, Weinheim

RÜHBERG, N. (1969): Die Geologie der pleistozänen Schichtenfolge am Westkliff von Poel. - Geologie **18**, 5, S. 626-637, Berlin

RUSKE, R. (1961): Gliederung des Pleistozäns im Geiseltal und in seiner Umgebung. - Geologie **10**, S. 152-168, Berlin

SCHALLREUTER, R. (1998): Klastenforschung unter besonderer Berücksichtigung der Geschiebeforschung. - Arch. Geschiebekunde **2**, 5, S. 267-322, Hamburg

TECHNISCHE NORMEN, GÜTEVORSCHRIFTEN UND LIEFERBEDINGUNGEN DER DDR. TGL 25232/1-5 (1971-1980): Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen, Berlin

Anschrift des Autors:
Dipl.-Geogr. Carsten Menzer
Hatzenporter Weg 46
12681 Berlin
Carsten.Menzer@gmx.de

Kurzmitteilung

10 Jahre Arbeitskreis „Zeugen der Eiszeit in der Lausitz“

WOLFRAM KÖBBEL

Am 15.03.1995 gründete sich auf Anregung des Landschaftsarchitekten und „Anwalts der Findlinge“, Dr. h. c. Otto Rindt, der Arbeitskreis.
Am 15.03.2005 blickten die Mitglieder aus den Trägerorganisationen

- Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e.V.
- Naturwissenschaftlicher Verein der Niederlausitz e.V.
- Förderverein Naturpark Niederlausitzer Landrücken e.V.
- Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
- Vattenfall Europe Mining AG
- Amt für Forstwirtschaft Lübben
- Bergsicherung Cottbus

auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit zurück.

Der Vorsitzende des Fördervereins Kulturlandschaft Niederlausitz e. V., Herr Prof. Dr. habil. W. Pietsch und die Ehrengäste der Veranstaltung, die Herren Prof. J. H. Schroeder (TU Berlin) und Dr. W. Stackebrandt (LBGR Kleinmachnow) würdigten die Aktivitäten und Ergebnisse der 10-jährigen ehrenamtlichen Tätigkeit des Arbeitskreises und wünschten den Mitgliedern weiterhin eine erfolgreiche Arbeit.

In seinem Vortrag blickte der Leiter des Arbeitskreises, Herr W. Köbbel, auf die wichtigsten Stationen und die erzielten Ergebnisse in Wort und Bild zurück. Resümierend wurde zum Ausdruck gebracht, dass sich im Laufe von 10 Jahren auch eine stetige Entwicklung vom Arbeits- zum Freundeskreis vollzogen hat.

Die regelmäßigen Treffen mit regen Fachgesprächen und Diskussionen über Fundstücke, die Tagebauexkursionen, die Fachtagungen und Kolloquien, die Einrichtung und Betreuung von Findlingsanlagen, die Bildungsarbeit an Schulen (z. B. Projekttage), die Ausrichtung von Ausstellungen sowie Publikationen z. B. als Festschrift zum 10-jährigen Jubiläum sind Ausdruck des erfolgreichen Wirkens des Arbeitskreises. Seine Mitglieder kommen aus den unterschiedlichsten Berufen, neben Geologen widmen sich Bergbauingenieure, Markscheider, Forstingenieure, Biologen, Pädagogen und Zahnmediziner um einen bodenständigen Erkenntniszuwachs in eiszeitlichen, speziell geschiebekundlichen Fragestellungen und deren Popularisierung in der Region.

Als eine wertvolle Hilfe werden sich die „Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg“ erweisen, die dankenswerter Weise dem Arbeitskreis vom Vorsitzenden der „Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.“, Herrn Prof. J. H. Schroeder, zur praxisnahen Nutzung an Cottbuser Schulen zur Verfügung gestellt wurden. Die Mitglieder des Arbeitskreises fühlen sich diesem Anliegen verpflichtet und werden zukünftig den Erdkunde/Geographie-Unterricht an ausgewählten Schulen unterstützen.

Am 15.03.2005 endete für Verf. die Tätigkeit als Leiter des Arbeitskreises, die künftig durch Herrn Dipl.-Geol. Frank Mädler aus Forst übernommen wird.

Die Jubiläums-Festschrift „Geschiebekundliche Beiträge aus der Lausitz“ enthält folgende Beiträge:

R. KÜHNER: Die Entwicklung der Niederlausitz im Eiszeitalter und die Verbreitung von Findlingen innerhalb quartärer Ablagerungen

H. TESCHNER: Zum Bestand an Großgeschieben im Landkreis Oberspreewald-Lausitz am natürlichen Standort

D. SPERLING: Volkskundliches über Großgeschiebe im Landkreis Oberspreewald-Lausitz

F. MÄDLER: Großgeschiebe aus den Tagebauen Jänschwalde und Cottbus-Nord der Vattenfall Europe Mining AG

A. GRÖSCHKE & D. SCHWARZ: Die Klettwitzer Tertiärhochfläche – Ein Beitrag zur Geologie und zu Fundmöglichkeiten von Fossilien, Mineralien und Gesteinen

H. SITSCHIK & P. NESTLER: Mineralische Rohstoffe – Baumaterialien vom Mittelalter bis in die Gegenwart in Südbrandenburg

D. SPERLING: Kalkgewinnung in der Niederlausitz

W. KÖBBEL & H. TSCHUCK: Die Verwendung von Feldsteinen in Profanbauten Südbrandenburgs – Erfassung, Dokumentation, Bewertung

D. MUDRA & W. KÖBBEL: Der Naturlehrpfad „Luttchensberg“ bei Zinnitz

J. QUEITSCH: Ein Findling am Fuße der Ostsudeten

A. P. MEYER: Entstehung und Verbreitung der Rapakivi-Gesteine des Fennoskandischen Schildes

sowie einen Bildteil zur Chronik 1995-2005

Die Festschrift ist im Direktbezug beim Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e. V. zu beziehen
e-mail: kultlandschnl@compuserve.de
ISBN 3-9808035-7-0
Preis 10,00 ¤

Anschrift des Autors:
Dipl.-Geol., Dipl.-Berging.(FH) Wolfram Köbbel,
Wehrpromenade 8
03042 Cottbus

Anschrift des Leiters des Arbeitskreises:
Dipl.-Geol. Frank Mädler
Fichtestr. 13
03149 Forst

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 55-60	1 Taf., 1 Tab., 22 Lit.

Erster Nachweis eines Desmans, *Desmana moschata* (LINNAEUS, 1758) (Mammalia: Insectivora), im Pleistozän von Brandenburg

First evidence of a desman, *Desmana moschata* (LINNAEUS, 1758) (Mammalia: Insectivora), in the Pleistocene of Brandenburg

WOLF-DIETER HEINRICH & NORBERT HERMSDORF

Einleitung

Bei der Erforschung pleistozäner Säugetiere des Landes Brandenburg sind in den letzten Jahren bemerkenswerte Ergebnisse erzielt worden. Maßgeblichen Anteil daran hat die Entdeckung von kaltzeitlichen Kleinsäugetieren (HEINRICH & HERMSDORF 2002, 2003), die in Brandenburg trotz zahlreicher Aufschlüsse in Ton-, Kies- und Sandgruben bisher kaum gefunden wurden. Um so mehr Interesse beansprucht die Sandgrube am Kahlen Berg bei Zachow, wo kürzlich eine diverse frühweichselzeitliche Kleinsäugerfauna geborgen werden konnte (HEINRICH & HERMSDORF 2002). Die besondere Bedeutung dieser Kleinsäugerfauna liegt u. a. darin, dass sie Arten enthält, die aus dem brandenburgischen Pleistozän bislang nicht bekannt waren, wie z. B. *Ochotona pusilla* (Pfeifhase) und *Lagurus lagurus* (Steppenlemming). Dennoch sind unsere Kenntnisse über die einstige Verbreitung der Säugetiere im Pleistozän von Brandenburg noch immer unzureichend. Entdeckungen, wie sie in Zachow gelangen, engen zwar eine Kenntnislücke ein, sie verdeutlichen aber auch, dass sich während der letzten Jahrtausende in den Säugetierfaunen des brandenburgischen Raumes erhebliche Veränderungen vollzogen haben, über die wir bisher nichts oder nur sehr wenig wissen. Dies zeigt auch der Nachweis eines Desmans (Bisamspitzmaus) in den jungpleistozänen Ablagerungen von Zachow bei Ketzin, über den hier berichtet werden soll.

Herkunft und Altersstellung der Funde

Die im Folgenden beschriebenen Skelettreste stammen aus der Sandgrube am Kahlen Berg, der sich ca. 1,5 km nördlich von Zachow bei Ketzin nordwestlich von Potsdam befindet. Sie wurden beim Schlämmen von Proben gewonnen, die einer ca. 1,0 m-1,5 m mächtigen fossilführenden Bank entnommen worden waren. Diese als Zachow 1 bezeichnete Fundschicht (HEINRICH & HERMSDORF 2002) besteht im Wesentlichen aus schluffig verbackenen Fein- und Mittelsanden, lagenweise auch aus tonigen und stark schluffigen eisenschüssigen Sanden. Die Fundschicht Zachow 1 ist Teil einer ca. 10 m mächtigen, limnischen bis fluviatilen Schichtenfolge, die hauptsächlich von Fein- und Mittelsanden sowie von Schluffen aufgebaut wird. Die Sedimente sind glazigen gestaucht; sie werden von einem saalezeitlichen Geschiebemergel unter- und von einer weichselzeitlichen Grundmoräne überlagert. Die Fundschicht Zachow 1 ist sehr fossilreich. Vor allem Konchylien treten außerordentlich häufig auf. Über die bisher nachgewiesenen Taxa informiert zusammenfassend die Tabelle 1.

Das genaue Alter der Fundschicht Zachow 1 ist noch nicht völlig geklärt, die Zuweisung zum Frühglazial der Weichsel-Kaltzeit jedoch gesichert. Pollenanalytische Untersuchungen legen eine Zuordnung zu einem Interstadial der frühen Weichsel-Kaltzeit nahe (STRAHL 2002). Nach der noch nicht abgeschlossenen Bearbeitung der Molluskenfauna ist die Fundschicht Zachow 1 in das Brörup- oder Odderade-Interstadial der letzten Kaltzeit einzustufen (HEINRICH & HERMSDORF 2002).

Kennzeichnung der Funde

Bisher liegen nur Gliedmaßenknochen vor. Von den drei Fundstücken ist ein rechter Humerus (MB.Ma.50800) am besten erhalten. Selbst die empfindlichen und leicht zerbrechlichen Fortsätze am Epicondylus lateralis und E. medialis sowie das Caput humeri und das Capitulum humeri sind nahezu unversehrt überliefert worden (Taf. 1). Markante Abrollungsspuren fehlen. Außerdem sind das obere Ende einer rechten Tibia (MB.Ma.50801) und ein kleines Bruchstück einer linken Ulna (MB.Ma.50802) gefunden worden. Die frischen Bruchstellen zeigen, dass beide Fundstücke von Knochen stammen, die erst bei der Probenahme oder beim Schlämmen der Sedimente zerbrochen sind.

Der Humerus stimmt in allen wesentlichen Merkmalen mit dem Oberarmknochen von *Desmana moschata* überein, so dass hier mit Hinweis auf Tafel 1 von einer Beschreibung des Fundstückes abgesehen werden darf. Tafel 1 zeigt, dass der Oberarmknochen aus der Fundschicht Zachow 1 etwas größer und robuster gebaut ist als der Humerus eines rezenten Desmans aus Russland, der zum Vergleich herangezogen wurde. Die beiden anderen Knochenbruchstücke lassen kei-

ne weitergehenden Aussagen zu, da sie zu unvollständig erhalten sind. Der direkte Vergleich mit den entsprechenden Gliedmaßenknochen einer rezenten Bisamspitzmaus ergab aber so weitgehende Übereinstimmungen, dass auch sie *Desmana moschata* zugeordnet werden dürfen.
Für den Bisamspitzmaus-Humerus aus Zachow 1 wurden folgende Abmessungen ermittelt (Angaben in mm, in Klammern Daten eines rezenten Oberarmknochens von *Desmana moschata* aus Russland): Größte Länge des Humerus: 24,0 (23,0), größte Breite der proximalen Epiphyse: 9,0 (7,9), größte Breite der distalen Epiphyse: 12,9 (12,1). SCHREUDER (1940, S. 268) gibt für einen rezenten Desman eine Humerus-Länge von 23,6 mm an.

Taxonomie

Bei der Ermittlung der taxonomischen Stellung der *Desmana*-Reste aus Zachow ist es zweckmäßig, von den bisherigen Fossilfunden aus dem nördlichen Mitteleuropa auszugehen. Sie stammen alle aus der Weichsel-Kaltzeit. Hervorzuheben sind zunächst eine Scapula und ein Humerus von *Desmana moschata lebenstedtensis* aus der mittelpaläolithischen Freilandfundstätte Salzgitter-Lebenstedt in Niedersachsen (KLEINSCHMIDT 1953), für die ein 14C-Alter von ca. 50 000 Jahren v. h. (GUENTHER 1981, GAUDZINSKI & ROEBROEKS 2000) bzw. ca. 55 600 Jahren v. h. (HENKE & ROTHE 1999) angegeben wird. Danach ist dieser Fundplatz in einen älteren Abschnitt der Weichsel-Kaltzeit, möglicherweise in das Oerel-Interstadial einzustufen (BEHRE 1989, zitiert nach GAUDZINSKI & ROEBROEKS 2000). Hinzu kommen drei Fundstätten aus dem Weichsel-Spätglazial. Von diesen Vorkommen gehört der jungpaläolithische Freilandfundplatz Meiendorf 2 (Schleswig-Holstein), der eine Tibia von *Desmana moschata* aff. *hungarica* geliefert hat (KRAUSE 1937, KRAUSE & KOLLAU 1943, SCHREUDER 1940, RUST 1976), in das Meiendorf-Interstadial und damit in den Zeitraum der Hamburger Kulturstufe. Eine Fundschicht der Ahrensburger Kulturstufe von Stellmoor (Schleswig-Holstein), aus der ein fragmentarisches Sacrum eines juvenilen Individuums von *Desmana moschata* aff. *hungarica* geborgen wurde, ist in die Jüngste Dryas-Zeit einzustufen (KRAUSE & KOLLAU 1943, SCHREUDER 1940, RUST 1976). Außerdem sind aus Ablagerungen des Alleröd-Interstadials von Nörre Lyngby in Jütland (Dänemark) mehrere Skelettreste von *Desmana moschata* beschrieben worden, darunter ein Schädel mit den beiden Unterkieferhälften (BONDESEN & LYKKE-ANDERSEN 1978, ENGHOFF 1984, AARIS-SÖRENSEN 1988, 1995, NORD ANDREASEN 1997). Einige Skelettreste der Bisamspitzmaus von Salzgitter-Lebenstedt (KLEINSCHMIDT 1953), Meiendorf 2 (KRAUSE & KOLLAU 1943) und Nörre Lyngby (NORD ANDREASEN 1997) sind etwas größer als die entsprechenden Skelettelemente der rezenten Art *Desmana moschata*. Dies scheint auch für den Bisamspitzmaus-Oberarmknochen von Zachow zuzutreffen, denn dieser ist, nach einer Abbildung bei KLEINSCHMIDT (1953: S. 185, Abb. 18) zu urteilen, offenbar genauso lang wie der *Desmana*-Humerus von Salzgitter-Lebenstedt. Derartige Größenunterschiede sind in der Vergangenheit wiederholt herangezogen worden, um fossile Unterarten von *Desmana moschata* zu beschreiben (z. B. *Desmana moschata lebenstedtensis*: KLEINSCHMIDT 1953). Dieses Vorgehen ist jedoch nicht unproblematisch, da die Zahl der fossilen Fundstücke von *Desmana moschata* im nordmitteleuropäischen Tiefland noch immer viel zu gering ist, um die Größenvariation einzelner Skelettelemente hinreichend beurteilen zu können. Daher werden die Bisamspitzmaus-Funde von Zachow vorerst nur zur Art *Desmana moschata* gestellt.

Auswertung

Die bisher aus dem nordmitteleuropäischen Tiefland bekannt gewordenen fossilen *Desmana*-Formen unterscheiden sich nur wenig von der heutigen Bisamspitzmaus. Daher ist für den Desman von Zachow nicht nur der gleiche Artstatus, sondern auch eine Lebensweise anzunehmen, die der rezenten Art *Desmana moschata* sehr ähnlich war.
Das rezente Areal des Desmans (*Desmana moschata*) liegt in den Steppen- und Waldsteppengebieten von Osteuropa, wo vor allem die weiten Niederungen der Flüsse Wolga, Don, Kama und Ural besiedelt werden (HEPTNER et al. 1956). *Desmana moschata* lebt vorwiegend im Wasser. Bevorzugte Aufenthaltsorte sind kleine Seen, Teiche und alte Flussarme mit hohen Ufern, die mit Bäumen und Sträuchern bewachsen sind (BARABASCH-NIKIFOROV 1975, RÜMKE 1985). Die bevorzugte Wassertiefe liegt bei 3,0-5,0 m. Die besiedelten Gewässer müssen einen relativ konstanten Wasserspiegel aufweisen und dürfen im Winter nicht bis auf den Boden zufrieren.

Tafel 1
Rechter Humerus eines fossilen und rezenten Individuums von *Desmana moschata* (LINNAEUS, 1758).
1a - 1b: Frühglazial der Weichsel-Kaltzeit (Brörup oder Odderade-Interstadial) von Zachow bei Ketzin (Land Brandenburg), MB.Ma.50800
2a - 2b: Rezent, Russland; ZMB 60576
a: Ansicht von vorn, b: Ansicht von hinten
Maßstableiste: 1 cm

Plate 1
Right humerus of fossil and extant individuals of *Desmana moschata* (LINNAEUS, 1758).
1a - 1b: Early Weichselian (Brörup- or Odderade interstadial) of Zachow near Ketzin (Brandenburg), MB.Ma.50800
2a - 2b: Russia, extant, ZMB 60576
a: anterior view, b: posterior view
Scale bar: 1 cm

1a
2a
1 cm
1b
2b

Tab. 1 Übersicht über die in der frühweichselzeitlichen Fundschicht Zachow 1 bisher nachgewiesenen Taxa.
Tab. 1 Overview of the taxa known so far from the early Weichselian fossil horizon Zachow 1

Fossilgruppe	Taxa
Pflanzen (STRAHL 2002)	Charophyten *Sphagnum* *Lycopodium annotinum* *Equisetum* sp. *Pteridium aquilinum* Poaceae *Nymphaea* sp. *Helianthemum* *Armeria* *Filipendula* *Artemisia* Ericaceae (vor allem *Calluna*) *Pinus* *Picea* *Alnus* *Betula* *Corylus*
Mollusken (D. MANIA, in HEINRICH & HERMSDORF 2002)	*Valvata piscinalis* *Bithynia tentaculata* *Gyraulis laevis* *Planorbis planorbis* *Planorbarius corneus* *Hydrobia stagnorum* *Lymnaea peregra* *Bathyomphalus sp.* *Succinta oblonga* *Vertigo antivertigo* *Viviparus sp.* *Pisidium amnicum* *Pisidien* indet. *Unio sp.*
Ostracoden (E. PIETRZENIUK, in HEINRICH & HERMSDORF 2002)	*Candona candida* *Candona neglecta* *Candona leranderi* *Cypria ophthalmica* *Cyclocypris laevis* *Metacypris cordata* *Cypridea torosa* *Cytherina lacustris* *Limnocythere inopinata* *Limnocythere sanctipatricii*
Fische (G. Böhme, in HEINRICH & HERMSDORF 2002)	*Esox lucius* *Perca fluviatilis* Cyprinidae indet Pisces indet.
Kleinsäuger (HEINRICH & HERMSDORF 2002)	*Sorex* sp. *Desmana moschata* *Ochotona pusilla* *Arvicola terrestris* *Microtus oeconomus* *Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis* *Lemmus lemmus* *Lagurus lagurus*
Großsäuger (HEINRICH & HERMSDORF 2002)	*Mammuthus primigenius* *Bison*/*Bos* sp.

Die Uferregion muss aus Lockersedimenten bestehen, die das Aufgraben von Wohnbauten zulassen. Schnell fließende Gewässer werden gemieden. Die Nahrung besteht in der Hauptsache aus Mollusken, Insekten, Insektenlarven, Egeln, Wasserpflanzen, hin und wieder auch aus Krebsen, kleinen Fischen, Kaulquappen und Fröschen (SCHREUDER 1940, HEPTNER et al. 1956, BARABASCH-NIKIFOROV 1975).

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass an Hand von Charophyten, Pollen, Sporen, Mollusken, Ostracoden, Fischen und Säugetieren aus der Fundschicht Zachow 1 (Tab. 1) Habitate ermittelt werden konnten, in denen *Desmana moschata* zusagende Lebensbedingungen vorgefunden haben dürfte. So belegen die bisher nachgewiesenen Mollusken und Ostracoden stehende bis langsam fließende, klare und pflanzenreiche Gewässer, die von Tieren und Pflanzen bewohnt wurden, die zum Nahrungsspektrum von *Desmana moschata* gehören, wie z. B. *Planorbis*, *Lymnaea* und *Nymphaea*. Da nicht nur der Untergrund der Gewässer, sondern auch die Uferregion von Lockersedimenten aufgebaut wurde, bestanden für *Desmana moschata* überdies günstige Voraussetzungen für das Aufgraben von Wohnbauten mit Unterwasserzugang. Funde von *Microtus oeconomus* (Nordische Wühlmaus), *Arvicola terrestris* (Schermaus) und *Lemmus lemmus* (Lemming) sowie Belege von *Sphagnum* (Torfmoos), *Filipendula* (Mädesüß), *Alnus* (Erle) und *Betula* (Birke) in der Fundschicht Zachow 1 zeigen zudem, dass in der Umgebung der Gewässer Sümpfe und Moore existierten, die für den Zachower Desman ebenfalls lebensnotwendig waren. Darüber hinaus gab es im Umland der Gewässer, die von der Bisamspitzmaus besiedelt wurden, boreale Nadelwaldbestände mit *Pinus*, *Picea*, und *Betula* usw., die während des Brörup- und Odderade-Interstadials in Norddeutschland weithin verbreitet waren (ERD 1978, BEHRE 1989, CASPERS & FREUND 1997). Außerdem war ein kaltsteppenartiges Offenland vorhanden, worauf Funde von *Lagurus lagurus* (Steppenlemming) und *Mammuthus primigenius* (Mammut) sowie der hohe Anteil von Nichtbaumpollen im Pollenspektrum hinweisen, das für die Fundschicht Zachow 1 erstellt wurde (STRAHL 2002).

Die hier beschriebenen Bisamspitzmaus-Reste aus der Fundschicht Zachow 1 stellen den Erstnachweis von *Desmana moschata* im Pleistozän von Brandenburg dar. Die Funde belegen, dass *Desmana moschata* während des Brörup- oder Odderade-Interstadials Teile von Norddeutschland besiedelt hat. Unklar ist dabei vorerst, wann die Bisamspitzmaus in den Brandenburger Raum eingewandert ist und wie lange sie sich dort aufgehalten hat. Für die als *Desmana moschata* aff. *hungarica* beschriebene Bisamspitzmaus von Meiendorf 2 (KRAUSE 1937, KRAUSE & KOLLAU 1943, RUST 1976) wird angenommen, dass sie sich in Nähe des Inlandeisrands aufhielt (SCHREUDER 1940). Daher ist nicht auszuschließen, dass *Desmana moschata* erst durch den Maximalvorstoß des weichselzeitlichen Inlandeises vor ca. 20 000 aus den nördlichen und mittleren Teilen Brandenburgs verdrängt wurde. Allerdings gibt es bisher keine Funde, die dies belegen könnten. Nachweise, die eine Wiederbesiedlung der vereisten Gebiete Brandenburgs durch *Desmana moschata* nach dem Brandenburger Stadium der Weichsel-Kaltzeit bezeugen könnten, fehlen bisher ebenso.

Immerhin zeigt aber die überraschende Entdeckung einer Bisamspitzmaus in der Fundschicht Zachow 1 bereits jetzt, dass die jungpleistozäne Säugetierfauna Brandenburgs wesentlich mannigfaltiger war, als bisher allgemein angenommen wurde. Von der Fortführung der Untersuchungen in der Fundstätte Zachow bei Ketzin dürfen daher auch in Zukunft weitere, bisher unbekannte Einzelheiten zur Verbreitungsgeschichte der jungpleistozänen Säugetiere in Brandenburg erwartet werden.

Zusammenfassung

Aus einer jungpleistozänen limnischen bis fluviatilen Schichtenfolge der Sandgrube am Kahlen Berg bei Zachow unweit Ketzin (Land Brandenburg) werden Skelettreste von *Desmana moschata* beschrieben. Die Funde stellen den ersten Nachweis eines Desmans im Pleistozän Brandenburgs dar. In der kontemporären Säugetierfauna treten *Sorex* sp., *Ochotona pusilla*, *Arvicola terrestris*, *Microtus oeconomus*, *Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis*, *Lemmus lemmus* und *Lagurus lagurus*, *Mammuthus primigenius* und *Bison*/*Bos* sp. auf. Die Kleinsäugerfauna mit *Desmana moschata* stammt nach Aussage der Molluskenfauna aus dem Brörup- oder Odderade-Interstadial des Frühglazials der Weichsel-Kaltzeit.

Summary

Skeletal remains of a desman which were recovered from Late Pleistocene limnic-fluviatil deposits exposed in the sand pit at Zachow near Ketzin (Brandenburg) are briefly described and assigned to *Desmana moschata*. The finds provide the first evidence for the presence of *Desmana moschata* in the Late Pleistocene of Brandenburg. In the associated mammalian fauna the following species are represented: *Sorex* sp., *Ochotona pusilla*, *Arvicola terrestris*, *Microtus oeconomus*, *Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis*, *Lemmus lemmus* und *Lagurus lagurus*, *Mammuthus primigenius* and *Bison*/*Bos* sp. The associated mollusc fauna allows the *Desmana*-bearing deposit designated as Zachow 1 to be referred to the Brörup- or Odderade-Interstadial of the Early Weichselian.

Literatur

AARIS-SÖRENSEN, K. (1988): Danmarks forhistoriske dyreverden. Fra Istid til Vikingetid. - 251 S., Kobenhavn (Gyldendal)

AARIS-SÖRENSEN, K. (1995): Palaeoecology of Late Weichselian vertebrate fauna from Nörre Lyngby, Denmark. - Boreas **24**, 4, S. 335-365, Oslo

BARABASCH-NIKIFOROV, I. I. (1975): Die Desmane. - Die Neue Brehm-Bücherei, 474, S. 1-100, Wittenberg

BEHRE, K.-E. (1989): Biostratigraphy of the last glacial period in Europe. - Quaternary Science Reviews, 8, S. 25-44, London

BONDESEN, P. & H. LYKKE-ANDERSEN (1978): The desman, *Desmana moschata* (L.) - a new mammal in Denmark after the Ice Age. - Natura Jutlandica, 20, S. 25-32, Aarhus

CASPERS, G. & H. FREUND (1997): Die Vegetations- und Klimaentwicklung des Weichsel-Früh- und Hochglazials im nördlichen Mitteleuropa. - In: FREUND, H. & G. CASPERS, (Hrsg.): Vegetation und Paläoklima der Weichsel-Kaltzeit im nördlichen Mitteleuropa – Ergebnisse paläobotanischer, -faunistischer und geologischer Untersuchungen. - Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 4, S. 201-249, Hannover

ENGHOFF, I. B. (1984): Nyt gammelt fund af desmanen i Danmark. - Dyr i natur og museum, 2, S. 14-16, København

ERD, K., (1978): Pollenstratigraphie im Gebiet der skandinavischen Vereisungen. - Schriftenreihe für geologische Wissenschaften, 9, S. 99-119, Berlin

GAUDZINSKI, S. & W. ROEBROEKS (2000): Adults only. Reindeer hunting at the Middle Palaeolithic site Salzgitter Lebenstedt, Northern Germany. - Journal of Human Evolution, 38, S. 497-521, Amsterdam

GUENTHER, E. W. (1981): Die Backenzähne der Mammute von Salzgitter-Lebenstedt. - Quartärpaläontologie, 4, S. 27–41, Berlin

HEINRICH, W.-D. & N. HERMSDORF, (2002): Jungpleistozäne Kleinsäugerreste von Zachow bei Ketzin in Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **9**, 1/2, S. 117-122, Kleinmachnow

HEINRICH, W.-D. & N. HERMSDORF (2003): *Lemmus lemmus* (LINNAEUS, 1758) und *Dicrostonyx gulielmi* (SANDFORD, 1870) (Mammalia, Rodentia) aus dem weichselzeitlichen Rixdorfer Horizont von Niederlehme bei Königs Wusterhausen in Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **10**, 1/2, S. 153-158, Kleinmachnow

HENKE, W. & H. ROTHE, (1999): Stammesgeschichte des Menschen. - 347 S., Berlin (Springer)

HEPTNER, W. G., MOROSOWA, L. G. & W. I. ZALKIN (1956): Die Säugetiere in der Schutzwaldzone. - 344 S., Berlin (Deutscher Verlag der Wissenschaften)

KLEINSCHMIDT, A. (1953): Die zoologischen Funde der Grabung Salzgitter-Lebenstedt 1952. - Eiszeitalter und Gegenwart, 3, S. 166-188, Öhringen/Württ.

KRAUSE, W. (1937): Die eiszeitlichen Knochenfunde von Meiendorf. - In: RUST, A.: Das altsteinzeitliche Rentierlager Meiendorf. - S. 48-61, Neumünster

KRAUSE, W. & KOLLAU W. (1943): Die steinzeitlichen Wirbeltierfaunen von Stellmoor in Holstein. - In: RUST, A.: Die alt- und mittelsteinzeitlichen Funde von Stellmoor. - Archäologisches Institut des Deutschen Reiches, S. 49-59, Neumünster

NORD ANDREASEN, T. (1997): Taxonomic status of *Desmana* (Insectivora) and *Spermophilus* (Rodentia) specimens from Danish Late Weichselian deposits. - Acta zoologica cracoviensa **40**, 2, S. 229-236, Kraków

RÜMKE, C. G. (1985): A review of fossil and recent Desmaninae (Talpidae, Insectivora). - Utrecht Micropalaeontological Bulletins, Special Publications, 4, S. 1-241, Utrecht

RUST, A. (1976): Die sakrale Ausdeutung der eiszeitlichen Kulturreste aus dem Ahrensburger Tunneltal. - Stormarner Hefte, 3, S. 1-59, Neumünster

SCHREUDER, A. (1940): A revision of the fossil water-moles (Desmaninae). - Arch. Néerl. Zool., 4, S. 201-333, Leiden

STRAHL, J. (2002): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung von drei Proben aus der Sandgrube Kahler Berg bei Zachow, Land Brandenburg. - LGRB, unveröff. Bericht, Kleinmachnow

Anschrift der Autoren:
Dr. habil. Wolf-Dieter Heinrich
Museum für Naturkunde
der Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Paläontologie
Invalidenstr. 43
10115 Berlin

Dipl.-Geol. Norbert Hermsdorf
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 196

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 61-72	9 Abb., 16 Lit.

Didaktischer Ansatz und grafische Umsetzung der Schautafeln an den brandenburgischen Geopark-Touren im Muskauer Faltenbogen

Didactic idea and graphic realisation of information boards in the Brandenburgian geopark trails in the Muskau Arch push moraine

NORBERT ANSPACH, ALMUT KUPETZ, MANFRED KUPETZ & DIETER NEMITZ

1. Einleitung

Im Rahmen eines Geotopschutzgutachtens (HÜBNER, MEIER & RASCHER 1999, Kurzfassung publiziert in RASCHER et al. 2000) wurde das Potenzial der naturräumlichen Einheit Muskauer Faltenbogen für die Entwicklung eines Geoparks untersucht. Aus dem Vergleich der Stauchendmoräne des Faltenbogens mit 25 ähnlichen Strukturen aus West-, Ost- und Mitteleuropa sowie Nordamerika wurde herausgearbeitet, dass die am besten erhaltenen Stauchendmoränen die Ice Thrust Ridges in den Dirt Hills und Cactus Hills in Westkanada sind, die großartigsten Aufschlüsse eines Stauchungsgebietes die Schreibkreidefelsen auf der Insel Rügen in Mecklenburg-Vorpommern darstellen und der Muskauer Faltenbogen die am besten untersuchte und erforschte Stauchendmoräne ist.

Im Einzelnen wurden im Muskauer Faltenbogen zehn Geotoptypen (Gruppen) und 31 Geotope (Einzelgeotope) ausgegliedert. Eine derartige Vielzahl von Geotoparten in der „Streusandbüchse“ Brandenburg hat ihre Ursache vor allem darin, dass die knapp 300 m tief reichende glazialtektonische Deformationen („Stauchung“) im Faltenbogen unterschiedliche Formationen des Tertiärs bis an die Erdoberfläche aufgestaucht hat. Dies hatte unmittelbar zur Folge, dass der Mensch die tertiären und quartären Lockergesteine für unterschiedliche wirtschaftliche Zwecke nutzte. Zu nennen sind die Braunkohle zur Brikettierung, Tone zur Herstellung von Ziegeln, Steinzeug und Buntgeschirr sowie Spezialkeramik für die chemische und Elektroindustrie, Sande für die Glasindustrie, kohlige Schluffe und Tone („Alaunschiefer“) für die Alaungewinnung und Kiese für das Baugewerbe. Hinzu kommen der Raseneisenerzabbau und die Nutzung von Mineralquellen für Kurzwecke. Insbesondere der Braunkohlenbergbau hat eine faltenbogentypische Bergbaufolgelandschaft hinterlassen.

Als Alleinstellungsmerkmal wurde für den Geopark Muskauer Faltenbogen dementsprechend herausgearbeitet:

- Die Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen als besonders schön ausgebildeter Endmoränenbogen mit naturräumlicher Abgrenzung als geologische Struktur vermittelt einen geologisch/geomorphologisch repräsentativen Querschnitt durch die nordische Glaziallandschaft.
- Der Faltenbogen weist eine charakteristische, durch die geogenen Besonderheiten bedingte Bergbaufolge- und Kulturlandschaft auf, die ihre Ursache in einer etwa 130 Jahre währenden standort- und rohstoffgebunden Industrieentwicklung zwischen 1840 und 1970 hat.
- Der Geopark verfügt über eine Häufung verschiedener Geotoptypen auf engem Raum.

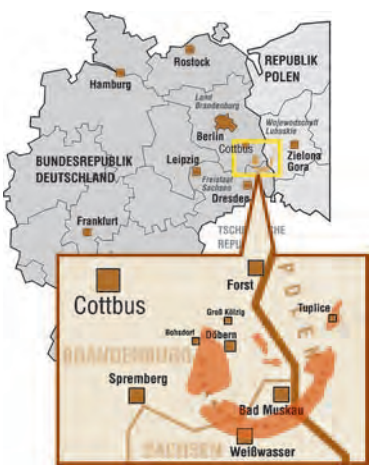


Abb.1
Lageplan des Muskauer Faltenbogens
Fig.1
Overview map of Muskau Arch push moraine

In der „Machbarkeitsstudie zum Geopark Muskauer Faltenbogen“, beauftragt durch die Gemeinsame Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg (REIN u. a. 2001, Kurzfassung publiziert in REIN u. a. 2002) wurde das Konzept zum Aufbau des Drei-Länder-Geoparks Muskauer Faltenbogen im Einzelnen untersetzt. Teil dessen war unter anderem die Ausweisung von thematischen Tagesarealen. Diese wurden für den Brandenburger Teil des Geoparks durch das Projekt „Muskauer Faltenbogen, Tagesareale - Brandenburger Teil, Gestaltung, Ausstattung, Vernetzung“ des Landkreises Spree-Neiße realisiert (LALK 2005). Hierzu gehört u. a. die Beschreibung von Geotopen, Biotopen sowie Kultur- und Landschaftselementen (integrativer Ansatz) im Gelände. Deren Ziel besteht darin, den Anwohnern der Region und den Touristen ins Bewusstsein zu rücken, dass unbelebte Natur

erhaltens- und schützenswert ist und ebenso wie Fauna und Flora zur Gesamtheit der Umwelt gehört. Es soll vermittelt werden, dass die geologischen Verhältnisse einer Region nicht nur mitbestimmen, welche Pflanzen und Tiere hier ihren Lebensraum haben, sondern auch dass daran die Entwicklung von Wirtschaft und Kultur durch den Menschen geknüpft ist.

Die Darstellung geologischer Inhalte auf Schautafeln erwies sich als ein didaktisch und gestalterisch schwieriges Thema. Die Aufgabe der Autoren dieses Beitrages lag in der Auswahl und Umsetzung der Themen aus der fachwissenschaftlichen in die populärwissenschaftliche Ebene sowie in der grafischen Gestaltung der Schautafeln.

2. Didaktischer Ansatz und grafische Gestaltung

Der Geoparkpräsentation der oben genannten Konzepte liegt methodisch die in erfolgreichen Nationalparks angewendete Art der Besucherlenkung und -betreuung zugrunde. Teil dessen ist die Besucherführung im Gelände. Zur Umsetzung der Tagesareale (vergleiche Rein 2001, 2002) wurden vier in sich geschlossene Rad- und Wanderwegerouten geschaffen. Sie erhielten thematische Namen:

- Geologietour,
- Altbergbautour,
- Glastour und
- Jerischker Endmoräne-/Neißetal-Tour.

Der Gestaltung von Informationstafeln im Gelände ging zeitlich die Herausgabe einer populärwissenschaftlichen Broschüre (A4-Format, Umfang 36 S.) voraus (Kupetz, Kupetz & Rascher 2004). Hierin wurden die geologischen Fragen des Muskauer Faltenbogens nicht als Information „eines Geologen an einen Geologen“ sondern in Form fiktiver Antworten auf Fragen, die interessierte Geologie-Laien stellen würden, gegeben. Grundlage hierfür bildeten die Erfahrungen, die A. Kupetz und M. Kupetz auf zahlreichen Exkursionen in das Gebiet gesammelt hatten. Derartige Fragen sind beispielsweise:

- „Das ist doch alles Sand. Was soll daran interessant sein?“,
- „Wie mächtig war der Muskauer Gletscher?“,
- „Dann hat wohl der Gletscher seinen Untergrund zusammengeschoben wir eine Tischdecke?“
- „Woran kann man erkennen, wo das Herkunftsgebiet eines Findlings liegt?“ oder
- „Warum haben die Bergbaurestgewässer verschiedene Farben?“

Entsprechend solcher Fragestellungen wurde die zitierte Broschüre als „Antwortkaleidoskop“ und nicht als kausal gegliederte Fachinformation konzipiert und durch D. Nemitz grafisch umgesetzt. Die Schautafeln im Gelände wurden durch N. Anspach gestaltet. Dabei wurden die Grafiken aus der Broschüre mit verwendet, zum großen Teil jedoch neue entworfen.

Abb. 2 *Die vier Touren im brandenburgischen Teil des Geoparks Muskauer Faltenbogen*
Fig. 2 *The four geotouristic paths in the Brandenburgian part of Geopark Muskau Arch*

Die Herstellung von geologischen Schnitten, Strukturkarten, Blockbildern, stratigraphischen Tabellen etc. sind von der grafisch-handwerklichen Ausführung her in einem iterativen Abstimmungsprozess zwischen Fachautor und Grafiker entstanden. Ziel dessen war es, mit möglichst einfachen, optisch ansprechenden Mitteln die fachlichen Inhalte korrekt, d. h. ohne Verfälschung wiederzugeben. Dies ist das Einfache, das schwer zu machen ist.

2.1 Die Gesamtgestaltung

Im Sinne eines Corporate Design sind den thematischen Rad- und Wanderwegen das Faltenbogenlogo, ein tourtypisches Piktogramm und eine Farbe zugeordnet, welche so gewählt wurde, dass sie optisch und assoziativ dem Thema, das vorwiegend betrachtet wird, entspricht:

- Altbergbau → Kohle → braun,
- Geologie → Sand → beige,
- Neißetal/Endmoräne → Wiesen, Wälder → grün
- Glas → blau.

Diese Farbgebung wurde und wird in Druckerzeugnissen zu den Touren konsequent verwendet und dient damit der Wiedererkennung, ein wichtigen Aspekt der Wissensvermittlung, ebenso wie die Verwendung von gleichen Grafiken sowohl in den Printmedien als auch im Gelände. Die Informationstafeln des Geoparks fügen sich mit ihrer Gestaltungsart in die Reihe der bereits entlang des Spreeradwanderwegs vorhandenen ein, beispielsweise bezüglich der verwendeten Schriftart. An den im Gelände zu beschreibenden Punkten wurden die Informationstafeln mit einer Größe von 70 cm x 100 cm an einer Holzrahmenkonstruktion immer gleicher Bauart befestigt. Sie verfügen über eine Kopfleiste (15 cm x 100 cm), die jeweils

- den Namen der thematischen Tour,
- das Faltenbogenlogo,
- der obligatorische EU Förderhinweis und
- die Darstellung des Routenverlaufs mit der Angabe des aktuellen Standortes

aufweist.

Galt es weitere Detailinformationen zu vermitteln, wurden etwas kleinere Tafeln als Ergänzung aufgestellt. Die Präsentationen umfassen über den unmittelbar geoparkspezifischen Inhalt hinaus auch die Darstellungen besonderer Gebäude wie Kirchen, Schulen oder Industriebauten, Hinweise auf Parkanlagen, Heimatstuben oder regionaltypische Bauweisen sowie zu Fauna und Flora im Geopark. Im Folgenden wird besonders auf die Gestaltung der Tafeln eingegangen, die über die geologischen Sachverhalte informieren. Hierbei besteht die Schwierigkeit darin, Fakten und komplexe Zusammenhänge der geologischen Fachinhalte allgemein ver-

Abb. 3
Tafel "Windkanter" mit drei großen Windkantern (aus dem Tagebau Nochten, gesponsort durch Vattenfall Mining Europe AG) an der Geologie-Tour, Mai 2005

Fig. 3
Information bord „Wind blown pebbles" with three big wind blown boulders (derived from the Open Cast Mine Nochten, provided by Vattenfall Mining Europe AG) put up on the Geology Tour, May 2005

ständlich, d. h. populärwissenschaftlich im besten Sinne des Wortes, darzustellen.

Ein allgemeiner Grundsatz der Theorie zur Erlangung von Wissen besagt, dass etwa 70% aller Menschen dem so genannten „optischen Typ" zuzuordnen sind, d. h. die Vermittlung fachlicher Inhalte muss, wenn sie angenommen werden sollen, in überwiegend bildhafter Form erfolgen. Es wurde deshalb bei der Tafelgestaltung festgelegt, mindestens 50% der Fläche mit Abbildungen zu belegen und den verbleibenden Platz für den Text vorzusehen.
Fotos und Zeichnungen müssen so untergebracht werden, dass sie ihrer Bedeutung entsprechend optisch wirksam sind und trotzdem ein geordnetes Ganzes bilden. Das Auge des Betrachters entscheidet in etwa zwei Sekunden, ob ihn die angebotene Information interessiert. Der farblichen Darstellung ist hierbei eine besondere Bedeutung beizumessen, da das menschliche Auge wesentlich mehr Farb- als Grautöne unterscheidet. In einem RGB-Farbraum können 16,7 Mill. Farben beschrieben werden, Graustufen jedoch nur 256.
Für die grafische Gestaltung hinsichtlich Schrift- und Abbildungsgröße ist zu beachten, dass der Betrachter üblicherweise in einem Abstand von 0,5 bis 1 m vor der Informationstafel steht. Der Tafelinhalt muss auf diese Entfernung deutlich erkennbar sein ohne gleichzeitig „erschlagend" zu wirken. Im Sinne einer guten Lesbarkeit wurde für den Fließtext die Schriftart Goudy Regular/Bold (schmal/halbfett, 30 pt) und für Augenfälligkeit der Überschriften Goudy haevyface (fett, 110 pt) gewählt. Für die Anordnung von Text und Abbildungen gab es einerseits die Zwänge, den geplanten Inhalt unterzubringen und die Bildunterschriften eindeutig zuzuordnen, andererseits sollte die Gestaltung nicht uniform sein sondern immer wieder neugierig machen, um Neues hinzuzulernen.

2.2 Die Abbildungen

Außer der Tatsache, dass der Betrachter mental ehr ein „Bild ansieht" als einen „Text liest", ist nach wissenschaftlichen Untersuchungen die Informationsvermittlung pro Fläche bei einer grafischen Darstellung sehr viel größer als in einem gedruckten Text. Der Freiberger Quartärgeologe Gottfried Schubert gelangte in einer methodischen Untersuchung zu der Feststellung, dass, bezogen auf geologische Karten, der Aussageinhalt bei gleicher Druckfläche von Karte und Text etwa wie 1 : 22 bewertet werden kann (SCHUBERT 1979). Im Zusammenhang mit der geologischen Lagerstättenerkundung haben der Geologe Dr. Christoph Adam und der Kartograf Karl Dögel zur zeichnerischen Auswertung von geologischen Bohrungen geäußert:

„Der kartographische Zeichner muß bei seiner Arbeit viel Einfühlungsvermögen besitzen. Er muß sich an Hand von Schichtenverzeichnissen und Erläuterungen in eine, ihm zunächst unbekannte, Lagerstätte hineindenken können und eine Vorstellung darüber verschaffen, was der Geologe während eines längeren Zeitraums gesehen und nach und nach aufgezeichnet hat. Er muß bestrebt sein, die geologischen Beobachtungen möglichst naturgetreu und dabei doch übersichtlich und einfach darzustellen." (ADAM & DÖGEL 1961).

Ausgehend davon wurden zur Orientierung im Gelände auf zahlreichen Tafeln wiederholt Ausschnitte aus topographischen Karten dargestellt, die verwendeten Fotos dienen der Illustration und Auflockerung. Für die Vermittlung geologischer Inhalte wurde auf die grafischen Darstellungsmethoden von geologischen Kartenskizzen, geologischen Schnitten, Blockbildern und Prinzipskizzen zurückgegriffen. Als ausgesprochen schwierig erwies sich dabei, dass es für die im Muskauer Faltenbogen wiederzugebenden Sachverhalte in der Fachliteratur so gut wie keine bildhaften Darstellungen gibt. Die glazialtektonischen Erscheinungen d. h. die Stauchungsprozesse werden in der Regel mit einem eigenständigen, nur dem Spezialisten geläufigen, häufig englischsprachigen Fachvokabular und/oder in neuerer Zeit auch mit mathematischen Modellierungen beschrieben. Die Herausforderung besteht nun darin, dieses „Fachchinesisch" in eine sachlich richtige, bildliche Darstellung umzusetzen und diese wiederum gestalterisch und farblich ansprechend anzubieten. Den Autoren dieses Beitrags war es dabei sehr hilfreich, viele Jahre lang mit dem oben genannten Kollegen Schubert und dem Nachfolger des zitierten Kartografen Dögel, Herrn Helmut Fritzsche, zusammenarbeiten zu können.

3. Beispiele für die Vermittlung geologischer Inhalte im Muskauer Faltenbogen

3.1 Die Darstellung des Begriffs „Muskauer Faltenbogen" (Abb. 4)

Im Rahmen von geologischen Untersuchungen hat KUPETZ (1997, Abb. 1) eine Strukturkarte publiziert, in der der Muskauer Faltenbogen in drei territorial gegliederten Teilflächen dargestellt wird. Das ist im Nordwesten der Brandenburgische Teil. Dieser wird durch die so genannte Dübener Depression, ein ehemaliges Gletschertor, von der zweiten Teilfläche, dem Sächsisch-Polnischen Hauptbogen, abgetrennt. Im äußersten Nordosten gehört schließlich bei Tuplice (Teuplitz) noch ein weiteres Braunkohlenfeld zur Faltenbogenstruktur. Dieses hat in der Kartendarstellung die Form eines Apostrophs und wird deshalb auch als das „Apostroph von Teuplitz" bezeichnet. Die beschriebene Darstellung ist nur eine von vielen, wurde aber an verschiedener Stelle von Nichtgeologen zur Erklärung und räumlichen Abgrenzung des Faltenbogens verwendet und hat damit eine unerwartete Resonanz erfahren. Dies geschah z. B. in einer Broschüre „Der Braunkohlenbergbau um Döbern und Weißwasser" (SCHMIDTCHEN 2001, S. 3), im Faltblatt des „Park Krajobrazowy Luk Muzakowa" (Landschaftspark Muskauer Faltenbogen in Polen, HEYDUK & SOBERA 2002), dem Heft „Fürst-Pückler-Region um Bad Muskau – Historische Spurensuche" (HARASZIN 2004), im Faltblatt „Fürst-Pückler-Park- und Kulturlandschaft (PANNING & MIELCHEN, 2002), in einer Publikation zu einem deutsch-polnischen Jugendprojekt (MADER & KRÖNERT 2004) sowie im Freizeitmagazin des Tourismusverbands Niederlausitz e. V., Ausgabe 2005/2006. In der allgemeinen Informationsbroschüre „Der Muskauer Faltenbogen" hat der Cottbuser Grafiker Dieter Nemitz für das Titelbild ebenfalls eine Adaption dieses Motivs verarbeitet (KUPETZ u. a. 2004). Schließlich benutzte auch die Aring Bauplanungsgesellschaft mbH Spremberg diese Darstellung als Vorlage für die Fußbo-

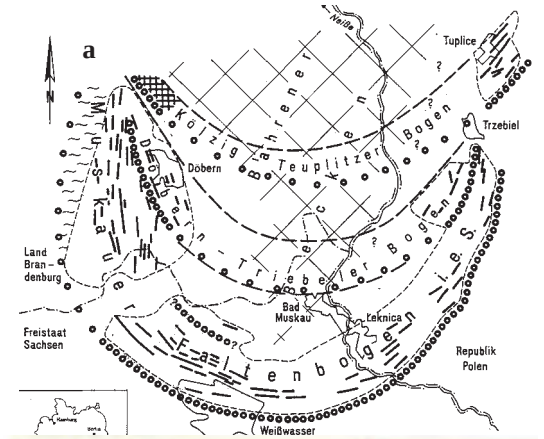


Abb. 4
Die Darstellung des Begriffs "Muskauer Faltenbogen"
a – glazialtektonische Strukturkarte (KUPETZ 1997)
b – farbige Umsetzung durch P. Radke in SCHMIDTCHEN (2001, S. 3)
c – Hintergrundbild in einem Faltblatt des polnischen Landschfatsparkes Muskauer Faltenbogen = Park Krajobrazowy „Luk Muzakowa" in HEYDUK & SOBERA (2002)
d – Gestaltungselement in einem Faltblatt des LEADER-Projektes „Strittmatter-Land"
e – Übersichtskarte der Fürst-Pückler-Park- und Kulturlandschaft, aus MADER & KRÖNERT (2004, S. 29)
f – Titelblatt der Broschüre „Der Muskauer Faltenbogen" mit graphischer Schattierung der Faltenogensiluette, Graphik: D. NEMITZ, aus KUPETZ et al. (2004)
g – Fußbodengestaltung im Informationszentrum des Schullandheims Jerischke unter Verwendung der unter f genannten Vorlage

Fig. 4
Graphic interpretation of the term "Muskau Arch"
a – glaciotectonic sketch map (KUPETZ 1997)
b – colored map from P. Radke in SCHMIDTCHEN (2001, S. 3)
c – Back ground image in a folder of the Polish Landscape Park Muskau Arch = Park Krajobrazowy „Luk Muzakowa" in HEYDUK & SOBERA (2002)
d – Graphic shape in a folder of the LEADER project „Strittmatter-Land"
e – General map of the Fürst-Pückler-Park and Cultural Landscape, from MADER & KRÖNERT (2004, S. 29)
f – Title of the issue „Der Muskauer Faltenbogen" with shadded contours of the Muskau Arch silhouette, graphic arts: D. NEMITZ, aus KUPETZ et al. (2004)
g – Floor inlaid work in the information center in the schools field center Jerischke using icon of Fig. 4f

dengestaltung im Kuppelraum des Informationszentrums Jerischke. Der „Faltenbogenumriss mit dem Apostroph von Teuplitz“ hat damit für die Wiedergabe des Begriffes Muskauer Faltenbogen allgemeine Verbreitung gefunden und wurde folgerichtig auch als Gestaltungselement in zahlreichen Informationstafeln verwendet.

3.2 Die Umsetzung geologischer Inhalte im Einzelnen

Ausgehend von den unter Gliederungspunkt 2. genannten Grundsätzen sollen im Folgenden einige Beispiele für die inhaltliche Umsetzung komplizierter geologischer Inhalte auf den Informationstafeln entlang der thematischen Touren vorgestellt werden.

Gieser

Das beherrschende geomorphologische Charakteristikum im Faltenbogen sind die Gieser, abflusslose Täler über den Ausstrichen der aufgeschuppten und aufgefalteten Braunkohle. Auf Grund ihrer Größe (30 bis 100 m Breite und mehrer Hundert bis einige km Länge) sind sie in den ausgedehnten, oftmals dichten Kiefernforsten nur ausschnittsweise oder unvollständig sichtbar. Eine optimale Möglichkeit für eine anschauliche Visualisierung besteht in der Nutzung eines hochauflösenden digitalen Geländemodells. Ein solches wurde vom Lan-

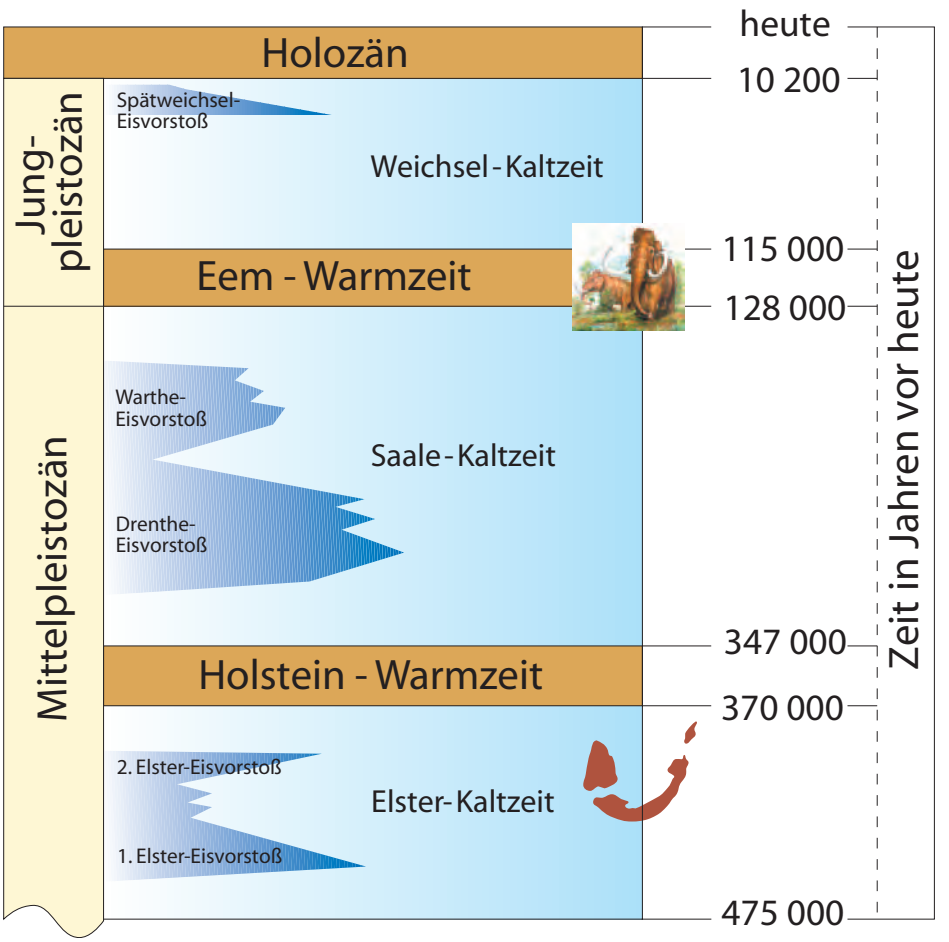


Abb. 5 *“Entstehungszeit des Muskauer Faltenbogens”, aus Kupetz et al. (2004, S. 4)*
Fig. 5 *„Genesis time table of the Muskau Arch“, from Kupetz et al. (2004, S. 4)*

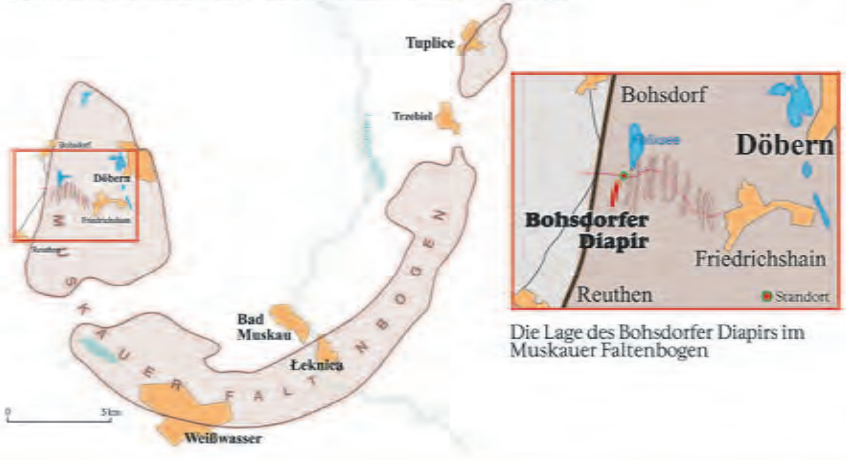
Eiszeit und Kaltzeit

In den letzen 2,5 Mio Jahren hat es etwa 50 Kaltzeiten geben, von denen in Mitteleuropa nur wenige mit Inlandvereisungen verbunden waren. Allgemein kann der Unterschied zwischen Kaltzeit und Eiszeit nicht als bekannt vorausgesetzt werden. In einer stratigraphischen Tabelle verschiedener Quartärprofile in Polen und Deutschland hat Stankowski (2000) die Eisbedeckungszeiten durch „Sägezahnsymbole“ dargestellt (etwa in der Art, wie üblicherweise Schichtlücken veranschaulicht werden). Ausgehend von dieser einfachen Idee wurde die in Abbildung 5 wiedergegebene grafische Veranschaulichung entwickelt.

desamt für Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg in Verbindung mit der Lausitzer und Mitteldeutschen Braunkohlen-Verwaltungsgesellschaft mbH zur Verfügung gestellt. Es erlaubt rechentechnisch die Darstellung eines Oberflächenmodells (DSM – digital surface model) und eines Bodenmodells (DTM – digital terrain model). Das Oberflächenmodell bildet im vorliegenden Fall die Baumspitzen (= Oberfläche) des Waldes und das Bodenmodell bildlich gesprochen „die Erdoberfläche ohne Wald“ ab. Letzteres ist in einer

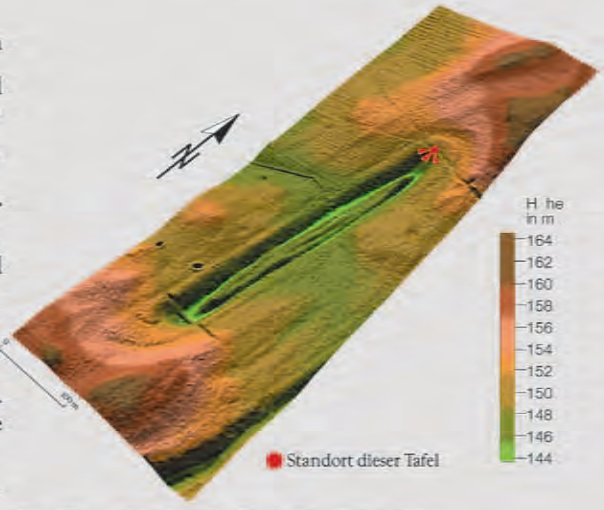
Der Bohsdorfer Diapir:
eine aufrecht stehende Falte im Braunkohlenflöz

Auf dem weiteren Weg nach Westen in Richtung Friedrichshain überquert die Geologietour etwa 12 deutlich und einige undeutlich ausgebildete abflusslose, feuchte Täler, die als **Gieser** bezeichnet werden. Innerhalb des gesamten Faltenbogens ist das der Weg, auf dem man die meisten Gieser sehen und den besten Eindruck vom Faltenbogen als „Gieserlandschaft" erhalten kann. Wie Gieser entstehen, ist auf der nächsten Tafel in Richtung Friedrichshain (d. h., wenn Sie auf diese Tafel schauen nach links) erläutert.



Die Lage des Bohsdorfer Diapirs im Muskauer Faltenbogen

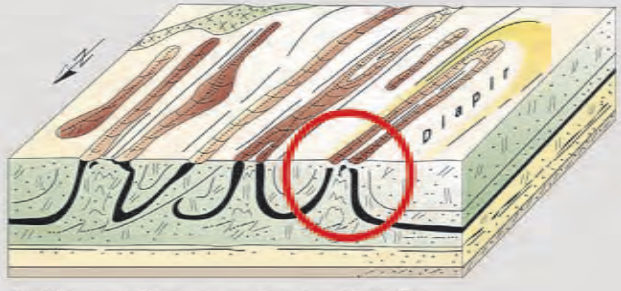
In einem hochauflösenden digitalen Geländemodell (auch digital terrain model – DTM oder digital earth model – DEM genannt) erscheint der Bohsdorfer Diapir als knapp 400 m lange sehr schmale Ellipse. Das heißt, hier liegt eine lange, schmale aufrechte Falte, die „nach vorn" und „nach hinten" abtaucht. Das Geländemodell zeigt außerdem, dass die Diapirstruktur nicht nur aus dem Kohlenflöz besteht. Auch die Begleitschichten (Sande, Schluffe und Tone) wurden mit aufgefaltet, so dass der gesamte Diapir ungefähr 1400 m lang und 300 m breit ist.



Der ellipsenförmig verlaufende Gieser über dem Bohsdorfer Diapir im digitalen Geländemodell

Unter dem Gletscher sind die Ton-, Sand- und Braunkohlenschichten des Tertiärs (Miozän) durch Gesteinsfließprozesse gefaltet worden. Die Druckeinwirkung des Gletschers reichte dabei bis zu einer Tiefe von knapp 300 m. Eine besondere Faltenform sind die sog. **Diapire**. Das sind aufrecht stehende Falten, bei denen die Schichten im Faltenkern das „Dach", den Umbiegungsbereich der Falte, durchbrochen haben (griech: diapeiros = durchstoßen). Allein im brandenburgischen Teil des Faltenbogens im Gebiet von Bohsdorf, Döbern, Friedrichshain und Reuthen sind zurzeit etwa 20 Diapire bekannt. Der Bohsdorfer ist der am besten und vollständigsten ausgebildete.

Unter den Giesern befindet sich in der Regel ein 10-12 m mächtiges Braunkohlenflöz, das in der Elstereiszeit vor etwa 450 000 Jahren durch den „Muskauer Gletscher" deformiert (gefaltet und verschuppt) wurde. Die Ausbildung und Verteilung der Gieser wird durch die Form des Falten- und Schuppenbaus des Braunkohlenflözes bestimmt. Das heißt, aus den Giesern kann man umgekehrt den geologischen Tiefenbau des Braunkohlengebirges ableiten.



Der Bohsdorfer Diapir im geologischen Blockbild

Grafiken: Dieter Nemitz

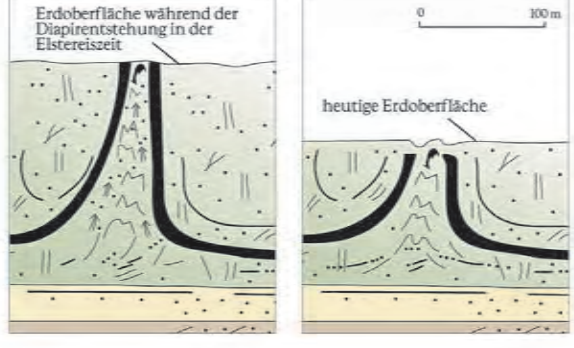


Abb. 6 Gesamtansicht der Tafel „Diapir von Bohsdorf" an der Geologie-Tour südwestlich des Felixsees
Fig. 6 Information board „Diapir of Bohsdorf" put up on the Geology Tour in the south west of lake Felix

Visualisierung als Schattenreliefbild für mehrere Schautafeln genutzt worden. Auf diese Weise erschließt sich dem Betrachter sofort das Wesen der Gieser-Tal-Bildungen. Abbildung 7 zeigt, wie unter Verwendung einer Falschfarbendarstellung des DGM, zweier geologischer Schnitte und eines Blockbildes die Entstehung eines eislastinduzierten Diapirs erläutert wird.

Am Rande des Rad- und Wanderwegs der Geologietour wurde an einem Standort das Braunkohlenflöz unter einem Gie-

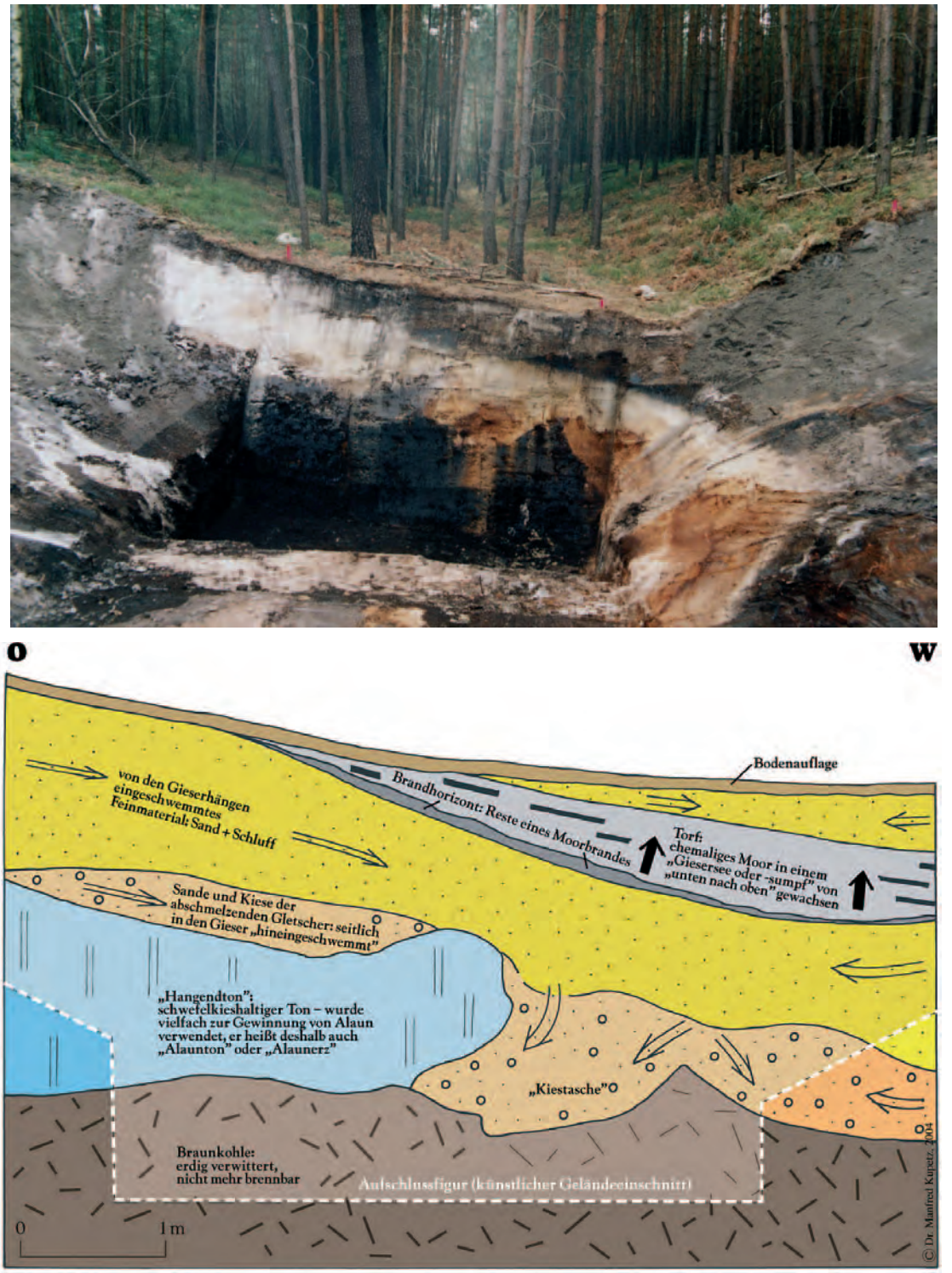


Abb. 7
Kohleschurf (a) in einem Gieser an der Geologie-Tour südlich des Felixsees mit einer kleinen Informationstafel (b) zur Erläuterung des aufgeschlossenen Profils
Fig. 7
Brown coal outcrop (a) in a so called Gieser (flat valley structure above a weathered coal seam) in the south of lake Felix with a small information board (b) containing a geological cross section

ser erschürft und die Gieserentstehung erläutert (Abb. 7a). Für den stärker interessierten oder den geologisch vorgebildeten Besucher zeigt eine kleine Erläuterungstafel das exakte Schichtenprofil im Aufschluss (Abb. 7b).

Vom Gieser über den Braunkohlentagebau zum Badesee

Am Beispiel des Tagebaus der Braunkohlengrube „Felix“ bei Bohsdorf wird das Auffinden eines Braunkohlenflözes in einem Gieser, dem ehemaligen Drogiske-Luch, durch die Erfahrung der „Alten Bergleute“, das Anlegen eines Braunkohlentagebaus und schließlich seine Renaturierung und Umgestaltung zu einem Badesee demonstriert. Hierzu wird diese Abfolge in drei Blockbildern

- die ursprüngliche natürliche Situation,
- die Anlage des Tagebaus und
- die Umgestaltung zum Badesee

dargestellt (Abb. 8). Den einfach anmutenden Blockbildern liegt die Auswertung von 20 geologischen Schnitten zur Braunkohlenerkundung im Tagebaubereich, die Aufarbeitung zahlreicher Altbergbaurisse aus dem sich nach Osten an den Tagbau anschließenden Tiefbaubereich der Grube „Felix“ und die geologische Bearbeitung des Bohsdorfer Diapirs südwestlich des Tagebaus zugrunde. Die geologischen Lagerungsverhältnisse wurden immer weiter vereinfacht, wobei streng darauf geachtet wurde, dass mit zunehmender Verständlichkeit der Bilder keine inhaltliche Verfälschung eintrat. Ein ganz wesentliches Element dabei ist, dass die geologischen Schnitte kompromisslos ohne Überhöhung wiedergegeben werden. Bei den geologischen Blockbildern setzt dies notwendigerweise voraus, dass bei der Breite des jeweils dargestellten Geländeausschnittes von einigen Hundert Metern das Profil bis zur Tertiärbasis, das bedeutet bis in eine Tiefe von etwa 250 m, durchkonstruiert werden muss. Eine optisch ansprechende Darstellung ist nur dann möglich, wenn das Blockbild im Verhältnis zu seiner Breite auch eine gewisse Tiefe hat. Das Höhen-Längen-Verhältnis sollte nicht kleiner als 1 : 8 sein. Den Sehgewohnheiten entspricht am besten ein Verhältnis zwischen 1 : 5 und 1 : 3.

Insgesamt existieren zur Zeit von etwa 20 Lokalitäten geologische Blockbilder, die aber noch nicht alle grafisch fertig gestellt und öffentlich präsentiert sind. Für die Blockbilder wurden sowohl eine einheitliche Legende und als auch Farbgestaltung entwickelt. Auf Grund ihrer Einfachheit sind sie weitestgehend ohne verbale Erläuterungen verständlich. Gleichzeitig wird der mit der Braunkohlenerkundung in der Lausitz vertraute Fachmann zahlreiche, in der professionellen Erkundungs- und Kartierungspraxis übliche Darstellungsweisen wieder erkennen.

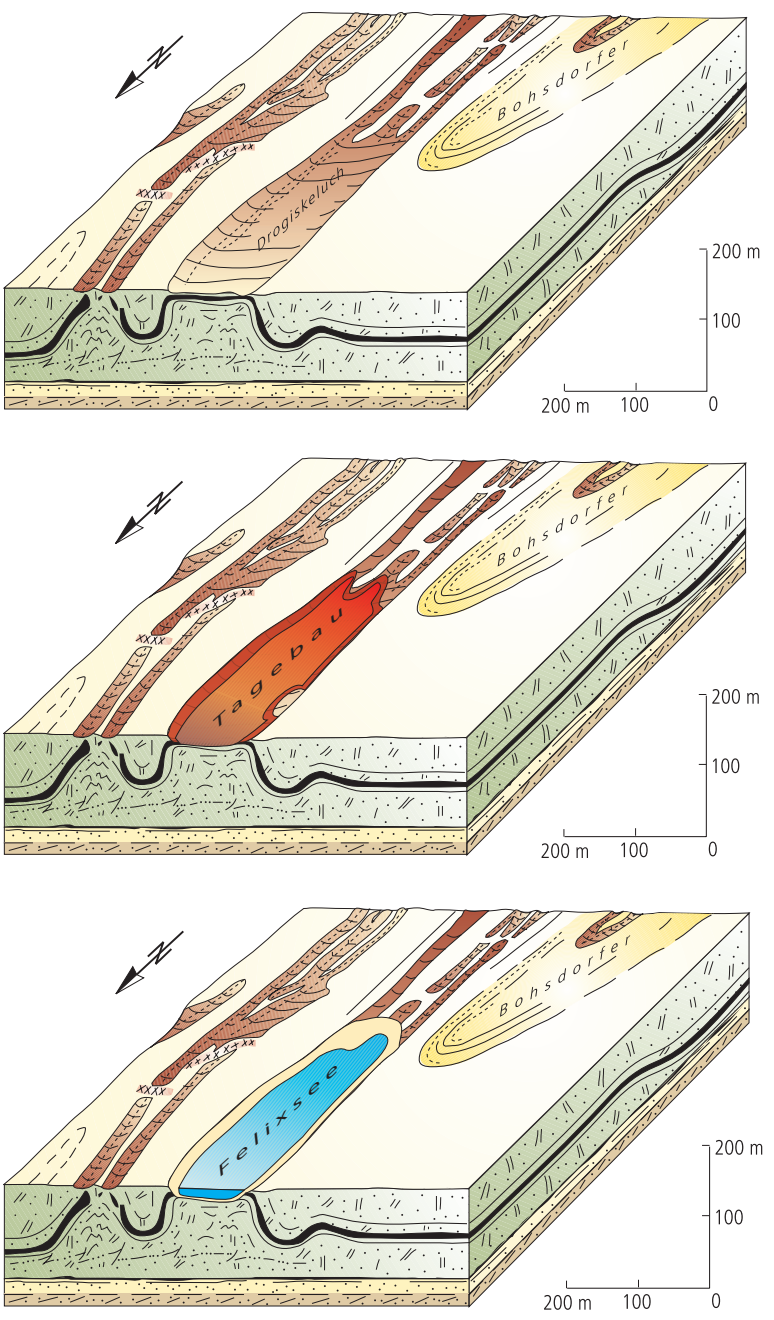


Abb. 8
Der Felixsee: Vom Gieser (Drogiske-Luch), über den Tagebau “Felix” (1914-1919) zum heutigen Badesee

Fig. 8
Lake Felix: Landscape development in three stages from Gieser (former Drugiske bog) followed by the open-cast mine “Felix” (1914-1919) up to the recent swimming lake

Die Tongrube

Tongruben treten heute im Faltenbogen nur noch in Form von Restseen in Erscheinung. Am Beispiel der Tongruben an der Bruchmühle bei Kölzig wird die Frage nach Erkundung einer Tonlagerstätte aufgegriffen (Abb. 9). Dargestellt ist die traditionelle Lagerstättenerkundung durch Bohrungen, die Ergebnisdokumentation durch die Konstruktion geologischer Schnitte in einem orthogonalen Muster und schließlich die daraus abgeleitete Vorratsberechnung für einen dreidimensionalen Lagerstättenkörper. Als Grundlage hierfür wurde der im Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen, Bereich Boden und Geologie archivierte Erkundungsbericht eines (später nicht abgebauten) Lagerstättenfeldes bei Klein Kölzig aus dem Jahre 1955 herangezogen. Es wurden geologisch plausible und leichtverständliche Schnitte ausgewählt, vereinfacht, farbig umgezeichnet und ein ursprünglich sehr schlichter Schnittspurplan der farbigen Gestaltung der Schnitte angepasst. Auf diese Weise ist die sich fast selbsterklärende Darstellung einer Tonlagerstättenerkundung entstanden. Darüber hinaus wird hiermit auch ein Beitrag zur Erläuterung der beruflichen Aufgaben eines Geologen gegeben.

Weitere Themen

Folgende Themen werden in der vorgestellten Art und Weise auf Informationstafeln präsentiert:

- die Entstehung eines Gletschertors
- Fauna und Flora des Reuthener Moores,
- zahlreiche Tafeln zum historischen über- und untertägigen Braunkohlenbergbau,
- die Entstehung von Bergbaurestgewässern über Tiefbaubruchfeldern,
- die Verschiedenartigkeit bei den Farben von Bergbaurestgewässern,
- der Neißedurchbruch durch den Faltenbogen,
- Quellen am Neißehang (Überlaufquellen),
- die Verlegung der Malxe (Melioration, Quellverlegung, Vergleich von historischen und aktuellen topografischen Karten),
- Mineralquellen („Eisensäuerlinge“, Ausfällung von Eisenoxiden und -hydroxiden, Entstehung von Raseneisenerz),
- Ziegelherstellung (Prozessablauf, der typische gelbe Ziegel der miozänen Tone in der Lausitz),
- die Entstehung von Söllen,
- die Entstehung einer Aufschüttungsendmoräne (Jerischker Endmoräne im Hinterland des Faltenbogens),
- Findlinge (Gesteins- und Mineralbestimmung, Ermittlung der Herkunft, historische Nutzung als Baumaterial für „Feldsteinbauten“),
- Windkanter (Definition, Erkennungsmerkmale, Entstehung, Indikator für nivales Klima: Klimazeugen) und
- eislastinduzierte Diapire (Entstehung, Abbildung in besonderen Gieserformen).

Zusammenfassung

Die Darstellung geologischer Inhalte auf Schautafeln ist ein didaktisch und gestalterisch schwieriges Thema. Zum einen kann bei den touristischen Besuchern, die die Zielgruppe des Geoparks sind, keine spezielle geologische Vorbildung vorausgesetzt werden. Zum anderen existieren in der Fachliteratur kaum allgemeinverständlichen Erklärungen, Abbildungen oder sonstigen Visualisierungen geowissenschaftlicher Fakten, Prozesse oder Zusammenhänge. Es ist deshalb notwendig, bezogen auf die konkret darzustellenden Situationen, selbst die fachgeologischen Inhalte populärwissenschaftlich umzusetzen. Dabei leisten moderne Methoden wie z. B. digitale Geländemodelle oder moderne geophysikalische Methoden wichtige Dienste. Hierfür werden Beispiele aus dem im Aufbau befindlichen Geopark Muskauer Faltenbogen vorgestellt.

Außer entlang der genannten Touren befinden sich weitere umfangreiche grafische Präsentationen am Aussichtsturm Felixsee (03130 Gemeinde Felixsee, OT Bohsdorf, Landkreis Spree-Neiße) und im Informationszentrum Schullandheim Jerischke (03159 Neiße/Malxetal, OT Jerischke, Landkreis Spree-Neiße).

Die Erarbeitung von Informationstafeln und anderer Printmedien ist zeitlich und gestalterisch sehr aufwendig und kann nur im ständigen Dialog zwischen dem Autor der fachlichen Inhalte und einem professionellen Grafiker zur notwendigen Qualität führen.

Summary

The presentation of geological contents on information boards for visitor of the Geopark “Muskauer Faltenbogen” (“Muskau Arch”) is a difficult subject/theme in respect to didactic and graphic arts. On the one hand tourist visitors mostly do not have any special geological knowledge. On the other hand professional Quaternary and glaciotectonic literature usually do not contains any popular explanations, figures or images of facts, processes, and connections concerning special aspects of earth sciences. That’s why the authors have to edit special geological contents themselves. Modern methods like digital terrain models or modern geophysical methods give useful support. Some examples are given in the paper.

Visitor boards are presented not only along the trails but also on the visitor tower Felixsse (address: 03130 Gemeinde Felixsee, OT Bohsdorf, Brandenburg, Germany) and in the visitor center in the schools field center Jerischke (address: 03159 Neiße/Malxetal, OT Jerischke Nr. 9, Brandenburg, Germany).

The development of information boards and other publications takes a lot of time and is very expensive. A good quality only can be got by continues context between the author of the geolocical contend and a professional graphic designer.

Abb. 9
Gesamtansicht der Tafel „Tonabbau“ an der Altbergbautour an der Bruchmühle zwischen Klein Kölzig und Groß Kölzig

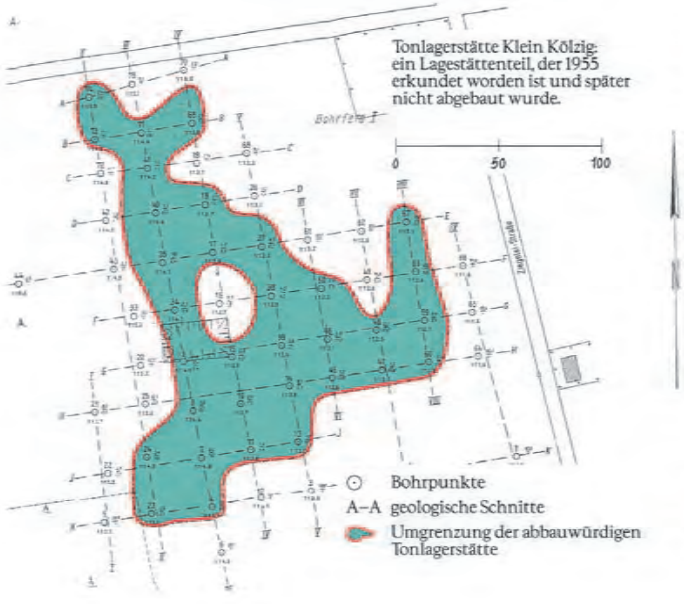
Fig. 9
Information board “Clay production” put up on the Historical Mining Tour on the point Bruchmühle between the villages Klein Kölzig and Groß Kölzig

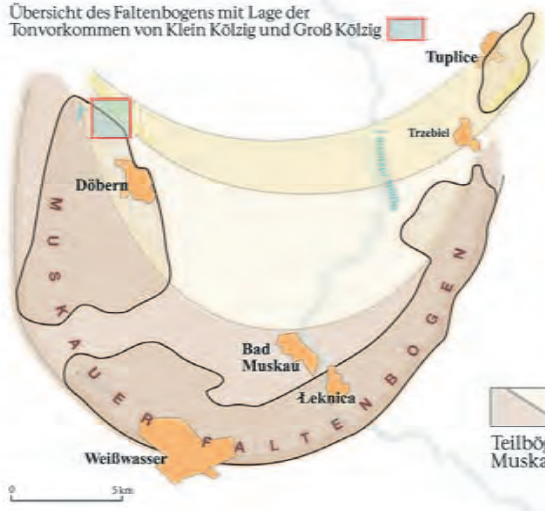
Tonabbau

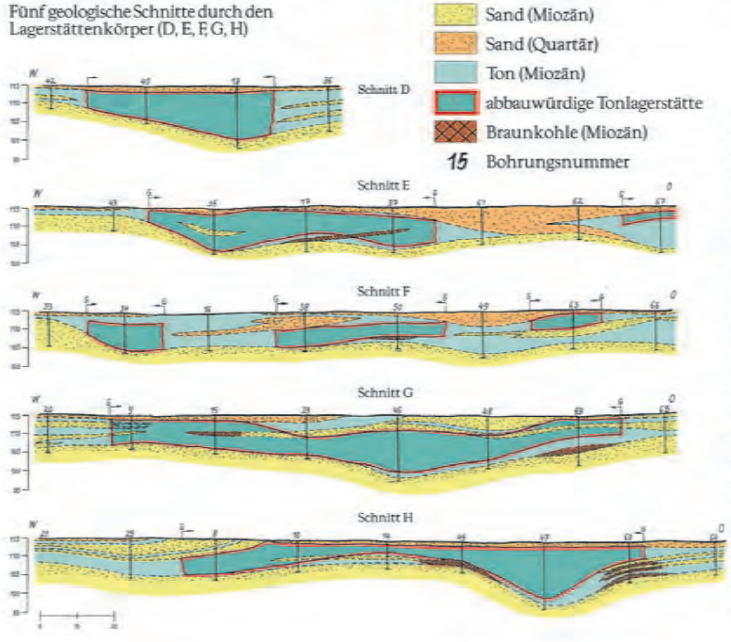
Ein wichtiger Rohstoff war neben der Braunkohle der ebenfalls durch den Muskauer Gletscher an die Erdoberfläche aufgepresste Ton. Im Raum um Klein Kölzig und Groß Kölzig wurde vom 19. Jahrhundert bis in die fünfziger Jahre des 20. Jahrhunderts in mehreren Tongruben Ziegelton gewonnen und in Klein Kölzig zu gelben Ziegeln gebrannt.

Während die Braunkohle in der Erde ein Flöz mit einer Mächtigkeit bildet, die sich über einige Hundert Meter oder Kilometer hinweg nur wenig ändert, ist das beim Ton anders. Die Tonschichten gehen seitlich oftmals in Sande und Kiese über. Sie bilden linsen- und klumpenförmige Körper, die die Geologen sehr genau erkunden müssen, bevor eine Tongrube aufgeschlossen werden kann.

Dazu werden Bohrungen niedergebracht und aus den angetroffenen Schichten geologische Schnitte gezeichnet. Es werden mehrere Schnitte parallel und senkrecht zueinander angefertigt. Daraus lässt sich ein räumliches Modell der Tonlagerstätte berechnen und die künftige Grube planen.







Tongrubenrestgewässer mit typisch grüner Wasserfarbe

Döberner Apotheke – mit den gelben Kölziger Tonziegeln gebaut

Im Raum von Klein Kölzig und Groß Kölzig hatten die abbauwürdigen Tonlager eine sehr unregelmäßige Gestalt. Deshalb haben die Grundrisse der Tongruben einen ebensolchen Umriß. Nach Erschöpfung der Tonvorräte füllten sich die Gruben mit Wasser und es setzte selbständig ein Renaturierungsprozeß ein. Das Ergebnis ist eine natürliche Sukzession, eine Tongruben-Wald-Landschaft mit einem völlig neuen Landschaftscharakter.

Literatur

ADAM, CH. & K. DÖGEL (1961): Zeichnerische Auswertung geologischer Bohrungen. - Z. angew. Geol. **10**, 7, S. 362-366, Berlin

HARASZIN, B. (2004): Der Muskauer Faltenbogen. - In: BARUFKE, R., HARASZIN, B., KOLLEWE, E., KOSCHKE, W. & H. KRAUSE: Beiträge zur Stadt- und Parkgeschichte Nr. 20. - Fürst-Pückler-Region um Bad Muskau – Historische Spurensuche. - Freundeskreis Stadt- und Parkmuseum Bad Muskau e.V., S. 13-15, Bad Muskau (Quindt)

HEYDUK, T. & R. SOBERA (Hrsg.) (2002): Park Krajobrazowy „Luk Muzakowa". - Faltblatt, Leknica

HÜBNER, F., MEIER, J. & J. RASCHER (1999): Geotopschutzgutachten für den Muskauer Faltenbogen, Abschlußbericht. - Gemeinsame Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg, GEOmontan Gesellschaft für angewandte Geologie mbH Freiberg, 95 S., Freiberg

KUPETZ, A., KUPETZ, M. & M. RASCHER (2004): Der Muskauer Faltenbogen – ein geologisches Phänomen, Grundlage einer 130jährigen standortgebundenen Wirtschaftsentwicklung und Geopark in Brandenburg, Sachsen und der Wojewodschaft Lebuser Land. - Gesellschaft für Geowissenschaften e. V., 36 S., Berlin

KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **4**, 2, S. 1-20, Kleinmachnow

LALK, O. (2005): Ergebnisse des Vorhabens Muskauer Faltenbogen, Brandenburger Teil - Gestaltung, Ausstattung und Vernetzung der Tagesareale. - In: Büttner, S. & M. Kupetz: Tagungsband zum 3. u. 4. Geopark-Treffen „Muskauer Faltenbogen". - S. 29-30, Cottbus

MADER, R. & K. KRÖNERT (2004): Brückenschlag, Teil 4 – 2004 (Deutsch-polnische Jugendprojekte „Arbeiten und Lernen über Grenzen". - Stiftung „Fürst-Pückler-Park, Bad Muskau", 32 S., Bad Muskau

LEADER-Projekt „Strittmatterland (2005): Wetterstation in Mattendorf (Niederlausitz). - Faltblatt

PANNING, C. & V. MIELCHEN (2002): Fürst-Pückler-Park- und Kulturlandschaft - Ein Projekt der Internationalen Bauausstellung Fürst-Pückler-Land. - WESDA GmbH, Stiftung „Fürst-Pückler-Park Bad Muskau", IBA Fürst-Pückler-Land, 2. Aufl.

RASCHER, J., MEIER, J. & M. KUPETZ (2000): Der Geopark Muskauer Faltenbogen – Grundlagen, Stand, Perspektiven. - Geowiss. Mitt. Thüringen, Beih. 10, S. 75-85, Weimar

REIN, H., KRUKENBERG, E., KASTNER, H., SCHWIERZY, A., RASCHER, J., BRUST, M. K., KOZMA, J., GAWLIKOWSKA, E., BADURA, J. & J. KASINSKI (2001): Machbarkeitsstudie zum „Geopark Muskauer Faltenbogen" – Meilenstein zur Entwicklung eines UNESCO-Geoparks - Endbericht im Auftrag der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg. - Projektgemeinschaft plan 4 21 European Consulting, Planning, Coordination (EWIV) Berlin, *GEOmontan* mbH Freiberg, proGEOprojects Steinthaleben, Panstwowy Instytut Geologiczny Wroclaw, Warszawa

REIN, H., BRUST, M. K., KASINSKI, J., KASTNER, H., KOZMA, J., KRUKENBERG, E., KUPETZ, M., RASCHER, J. & A. SCHWIERZY (2002): Der „Geopark Muskauer Faltenbogen" – Machbarkeitsstudie als Meilenstein zur Entwicklung eines UNESCO-Geoparks. - Brandenburg. gowiss. Beitr. **9**, 1/2, S. 139-152, Kleinmachnow

SCHMIDTCHEN, J. (2001): Der Braunkohlenbergbau um Döbern und Weißwasser. - Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Hoyerswerda, 16 S., Espenhain

SCHUBERT, G. (1972): Das Zitieren geologischer Karten als Beitrag zur wissenschaftlichen Information. - Z. f. angew. Geol. **18**, 4, S. 185, Berlin

STANKOWSKI, W. (2000): The Quaternary stratigraphy correlation of Great Poland Lowland and Central Germany. - Exkursionsf. u. Veröff. GGW, 209, S. 4-5, Berlin

Anschrift der Autoren:

Grafikdesigner
Norbert Anspach
Stadtrandsiedlung 87
03031 Spremberg

Dipl.-Geophys. Almut Kupetz,
Dipl.-Geol. Dr. Manfred Kupetz
Schulweg 1a
03055 Cottbus

Dipl.-Grafikdesigner AGD
Dieter Nemitz
Ottilienstraße 30
03050 Cottbus

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 73-86	11 Abb., 35 Lit.

Die Oder greift ins Elbegebiet – Spannungsverhältnisse und Sollbruchstellen zwischen zwei Flussgebieten

River Odra grabs into the Elbe catchment – Tensions and potential sites of breakage between two catchments

Claus Dalchow & Joachim Kiesel

1. Einführung

Eisrandbegleitende Entwässerungsbahnen, besonders die Urstromtäler der jüngsten, weichselzeitlichen Vereisung, haben der nordmitteleuropäischen Landschaft ein nachhaltiges Gepräge gegeben. Bereits Berghaus skizziert 1854, über 20 Jahre vor einer genetisch schlüssigen Deutung im Zuge der Inlandeistheorie, diesen Umstand treffend: „Und diese Thal-Niederungen sind es, welche nach ihrer Richtung und Ausdehnung bei uns das ersetzen, was in anderen Ländern die Bergketten thun; sie sind das Hauptmerkmal zur Erkennung der großen Züge in der geologischen Physiognomie der Boden-Plastik“ (Berghaus 1854, Bd. 1, S. 298).

Die glaziale Prägung des Fluss- und Talsystems Nordmitteleuropas durch die Urstromtäler wurde bisher nur unvollständig zu Gunsten einer nordgerichteten, fluvial dendritischen Entwässerung überwunden. Im Folgenden wird untersucht, welche Prozesse für diese Umbildung des Gewässernetzes in Frage kommen und welche Probleme dabei noch offen sind. Für die erwartbare Fortsetzung der Gewässernetzumbildung werden im Wasserscheidenbereich zwischen Oder/Odra und Elbe beispielhaft Sollbruchstellen nachgewiesen und zugehörige Szenarien vorgestellt.

Gravierende Umbildungen des Flussnetzes verlangen morphodynamisch aktive Landschaftszustände, wie sie das morphodynamisch stabile Holozän von Natur aus nicht bietet. Eingriffe wie Rodung, Ackerbau, Entwässerung und besonders Kanalbauten schaffen aber zumindest lokal eine anthropogen induzierte geomorphodynamische Teilaktivität, welche bereits nennenswerte Vorarbeiten künftig möglicher Umbauschritte geleistet hat.

2. Entwicklung des Flussnetzes Nordmitteleuropas im ausgehenden Pleistozän – erste Umbildungsphase

Das kontinuierliche Durchfließen einzelner Urstromtäler von Schmelzwässern folgte dem nach Norden zum Ostseebecken unter Oszillationen rückschmelzenden weichselzeitlichen Inlandeis verzögert und räumlich versetzt. Diese vollaktiven Phasen waren nur relativ kurz und galten immer nur für jeweils ein Urstromtal (Marcinek 1961, Liedtke 1996, S. 347). Nördlicher gelegene Urstromtäler etablierten sich immer erst, sobald in tiefer gelegener und eisrandnäherer Position ein neuer kontinuierlicher Abflussweg möglich wurde. Dies führte wiederholt zu einer jeweils länger anwachsenden Dehnung der Distanz zwischen Eisrand und zugehörigem Urstromtal und zu einem südwärtigen Durchfließen älterer Endmoränengürtel unter Ausbildung von Schmelzwasserpforten (Liedtke 1956/57, Liedtke 2003, S. 50).

Die älteren, außer Funktion geratenen Urstromtäler dienten aber weiterhin dem periglaziärfluvialen Abfluss (Liedtke 2001, S. 123) bzw. den das eisferne Gletschervorland entwässernden Flüssen (Vorlandflüsse) als Sammellinien. Da das Schmelzwasser den Urstromtälern unter Aufschüttung – wenn auch sehr gering – südlich geneigter Sanderflächen zufloss, erhielten sie regelhaft eine sedimentäre Nordbegrenzung: „Damit enden die Sander der drei großen Stillstandsphasen mit Stufenrändern und bilden an diesen Stellen die Nordbegrenzung des jeweils jüngeren Urstroms. Aus nördlicher Richtung zum Tal geneigte Entwässerungsbahnen belegen, dass es sich um Schmelzwässer des Eises gehandelt haben muss“ (Marcinek 1961, S. 438). Nach Ablösung eines Urstromtals ist daher dessen zeitgleicher fluvialer Anschluss (über notwendig durchgehend nordwärtiges Gefälle) an das jüngere, gerade aktive, nicht zu erwarten.

Die Urstromtäler bekamen bzw. behielten folglich bei ihrer sukzessiven Entstehung und Inaktivierung nicht zwangsläufig über nordwärtige Fließwege Kontakt untereinander. Daher ist auch das unmittelbare Nachfolgen der Vorlandflüsse in jeweils jüngere, nördlicher gelegene Urstromtäler nicht zwingend erwartbar. Das Thema nordwärtiger Verbindungsfließwege betrifft, flächenhafte Sandersäume nördlich der Urstromtäler vorausgesetzt, die Umkehr der Fließrichtung gegenüber jener bei der Sanderschüttung.

Der heutige Zustand (s. Pkt. 3) zeigt dagegen, dass eine Eisrand-Nachfolge der Vorlandflüsse eingetreten ist, aber keineswegs umgehend und längst nicht überall: Lange Urstromtalsegmente blieben bis heute genutzt, sie bieten dem holozänen Abfluss ein zwar geringes, aber hinreichend durchgehendes Gefälle. Den Wandel des zunächst eisrandparallel ausgebildeten Talsystems zum skizzierten heutigen Zustand partiell nordwärtiger, dem übergeordneten Gefälle zum Ostseebecken folgender Entwässerung bezeichnen wir im Folgenden als *erste Umbildungsphase*.

Diese erste Umbildungsphase muss nach Lage aller Befunde in das Spätpleistozän bis Frühholozän gestellt werden. Deren geomorphodynamische Aktivität wurde bestimmt vom Periglazialklima sowie vom bis ins Boreal austauenden Toteis (LIEDTKE 1996, S. 341; LIEDTKE 2003, S. 49). Ergänzend zu dieser zeitlichen Einstufung ist die Umbildungsphase als räumlich dem Eisrückschmelzen folgender Prozess aufzufassen. Zur ersten Umbildungsphase ergeben sich im Licht der skizzierten Rahmenbedingungen folgende Fragen:

a) Durch welche Prozesse gelangte der periglaziärfluviale Abfluss in jeweils jüngere Urstromtäler und erhielt damit überleitende nordwärtige Fließabschnitte?
b) Mit welchem Zeitversatz folgte diese Nordverlagerung des periglaziärfluvialen Abflusses dem – sich seinerseits sprunghaft nach Norden verlagernden – Schmelzwasserabfluss, d. h. zu welchem Umfang sind Vorlandflüsse und Schmelzwässer jeweils in einem Urstromtal gemeinsam abgeflossen?

zu a)
In der regional bezogenen Literatur bleibt zumeist eine prozessbezogene Deutung der ersten Umbildungsphase im Sinne der oben genannten Fragen recht vage. Nach MARCINEK (1969) „erzwang" der neue Urstrom „einen Durchbruch durch die Pommersche Eisrandlage", „brach" die periglaziäre Oder zum Oderbruch durch (S. 93), oder die Hauptentwässerung „pendelte" in die heutige Süd-Nord-Richtung ein" (S. 96). MARCINEK et al. (1996, S. 14) schreiben von einem „Einschwenken" der Oder nach Norden. Auch LIEDTKE (1975, S. 55) erwähnt „'Durchbrüche' von Flüssen, die ihren ursprünglich zur Ostsee gerichteten Lauf wieder eingenommen haben".
Das „Erzwingen" von „Durchbrüchen" oder das „Einpendeln" auf die Nordrichtung sind plastische Beschreibungen aus Sicht des heutigen Zustands, sie vermeiden aber eine klare Prozessbeschreibung.

zu b)
Zur Frage des zeitlichen und räumlichen Versatzes der Eisrandnachfolge der Vorlandflüsse finden sich Hinweise in Karten LIEDTKES, wobei in frühen Darstellungen (1961, S. 25, Fig. 4) die Schmelzwässer sowohl der Angermünder als auch der Velgaster Staffel im weiteren Umfeld des Oderbruches getrennt vom weiter südlich nach Westen abfließenden periglaziärfluvialen Abfluss dargestellt sind. LIEDTKE (1975) skizziert in einer Phasenzeichnung der Eisrandentwässerungsverläufe (S. 30, Abb. 9) zwar eine relativ enge Nachfolge der Vorlandflüsse, betont aber dennoch einen erheblichen Zeitversatz in der Flussnachfolge: „die Umlenkung insbesondere der Vorlandflüsse in neue Abflusswege erfolgte oft erst mit erheblicher Verzögerung, nachdem es zum Zerfall eines verlassenen und zur Herausbildung eines neuen Urstromtales gekommen war" (LIEDTKE 1975, S. 52). Etwas später im Text (ebenfalls S. 52) wird verstärkend betont, dass die Ströme „irgendwann wieder ihre ursprüngliche Nordrichtung einschlugen. So hat sich das heutige Flußsystem erst allmählich herausgebildet". Jüngste Karten (LIEDTKE 2001, 2003) zeigen Rekonstruktionen von Abflussbahnen, in denen die Vorlandentwässerung, obgleich auf parallele Urstromtalsegmente ausgebreitet, Kontakt zum Schmelzwasserfluss behält. Auch MARCINEK et al. (1996, S. 14) thematisieren den Zeitversatz der Flussnachfolge: „ Auf jeden Fall änderte sie [die Oder, d. Verfasser] ihren Lauf nordwärts mit deutlicher Verzögerung zur Entwicklung des Eberswalder Urstromtals".

Schließlich beschreibt auch CARLS (1995, S. 273) das Nachfolgen des Vorlandflusses Spree nachdem „mit dem Rückzug des Inlandeises tiefer gelegene Bereiche [...] eisfrei geworden waren" knapp folgendermaßen: „In diese nach Westen gerichteten Schmelzwasserströme mündete jeweils die Spree". Der Oder wird dagegen auch von CARLS aktiveres Agieren (offensichtlich unter Bezug auf MARCINEK und LIEDTKE) zugeschrieben; mit Austauen des Beckentoteises im Oderbruch „brach die Oder nach Norden durch" (CARLS 1995, S. 275).

Damit liefert die regional bezogene Literatur zur Frage der Prozesse und dem räumlich-zeitlichen Voranschreiten der ersten Umbauphase keine scharfen Festlegungen, ein Umstand, der die morphologisch und sedimentologisch schwierige Datenlage widerspiegelt. In der vorliegenden Arbeit wollen wir das Thema dennoch um eine weitergehende, stärker systematisch auffächernde, morphogenetisch basierte Betrachtung ergänzen.

Die erste Umbildungsphase des Gewässernetzes mit Anschluss nur noch periglazifluvial genutzter Urstromtalsegmente an nordgerichtete Entwässerung ist grundsätzlich durch folgende Prozesse erklärbar, welche nachfolgend diskutiert werden:

- Rückschmelzen einer Gletscherstirn, die unmittelbar den Nordrand des Urstromtalsegmentes bildete
- Eröffnung von Fließwegen durch austauendes Toteis
- Rückschreitende Erosion mit Flussanzapfung
- Überborden eines Urstromtals infolge starken Abflusses oder einer Blockade
- Seitenerosion

Rückschmelzen einer Gletscherstirn, die unmittelbar den Nordrand des Urstromtalsegmentes bildete
Wenngleich die regelhafte durch Sandersäume gebildete Nordbegrenzung von Urstromtälern diesen Prozess höchstens in Ausnahmesituationen möglich erscheinen lässt, wird er in Übersichtsbetrachtungen wiederholt unterstellt. So folgert LIEDTKE (1975, S. 30) in der Legende zu Abbildung 9, das „Rückschmelzen bis zur Velgaster Staffel gab die Randowrinne und das ganz untere Odertal frei".
Die „Freigabe" des nordwärtigen Abflusses infolge des Forttauens der blockierenden Eismasse ist großskalig sicher zutreffend, bedarf aber auf der Betrachtungsebene der individuellen Stellen des Nordumschwenkens ergänzender Deutungen.

Eröffnung von Fließwegen durch austauendes Toteis
Zweifellos hat die Toteisdynamik zur Eröffnung zahlreicher neuer Fließwege verschiedener Länge und Richtung geführt.

Zudem ist möglich, dass große alte Stromtäler (wie die der Oder oder Weichsel/Wisla) nach Abbau einer Plombierung durch Toteis wiedererwachten. LIEDTKE (1961, S. 274) pointiert dies verallgemeinernd: „Es ist also nur dem Toteis zu verdanken, dass die alten zur Ostsee gerichteten Entwässerungsbahnen der Oder, der Weichsel und der Memel immer wieder benutzt wurden“, während MARCINEK et al. (1996, S. 9) warnen: „Bis heute ist hier selbst der Verlauf von Elbe und Oder vor der weichselkaltzeitlichen Inlandvergletscherung unbekannt“. In jedem Fall konnte Toteis für die Flusslaufentwicklung nur bedeutsam werden, „wenn zusammenhängende Austauhohlformen bis unter das Eintiefungsniveau der periglaziären Zertalung absanken und gleichzeitig noch Anschluß an die Vorflut besaßen“ (MARCINEK & NITZ 1973, S. 228).

Zur bedeutendsten spätpleistozänen Einzugsgebiets-Umstellung im nordmitteleuropäischen Raum, der Abtrennung des heutigen Odersystems vom Elbeeinzugsgebiet durch die Ausbildung des Randow-Welse-Urstromtals und schließlich durch den heutigen Lauf der unteren Oder mutmaßen MARCINEK et al. (1996, S. 13): „Noch vor Ende der Kaltzeit wurde die Oder nach Norden umgelenkt und trennte sich nach dem Durchfluss durch das Randow-Recknitz-Urstromtal vom Elbesystem. Erst danach führten sie austauendes Toteis und rückschreitende Erosion in ihren Unterlauf“. Hiermit, wie auch in der Äußerung LIEDTKES (1975, S. 55) zum „ [...] ‚Durchbruch’ des Frankfurter Odertales infolge Tieftauens von Toteis“ wird die hohe Einstufung der Erklärungsvariante Toteis unterstrichen.

Rückschreitende Erosion mit Flussanzapfung

Das Konzept Flußanzapfung (stream piracy) wurde 1890 von W. M. DAVIS (s. BISHOP 1995) aufgebracht. Voraussetzung sind erhebliche Unterschiede in der Höhenlage benachbarter Flusssysteme bei einer niedrigen Wasserscheide. Durch rückschreitende Erosion, getrieben allein aus Oberflächenabfluss im Sinne von HORTON (1945) kann sich ein Tal lediglich bis dicht an die Wasserscheide heran eintiefen. Um die Wasserscheide zu überwinden und anzapfend zum benachbarten Fluss vorzudringen, bedarf es weiterer Prozesse wie Hangrutschungen, Quellenerosion oder Regentropfenerosion (rain splash). BISHOP (1995), der diese Bedingungen für Flussanzapfungen systematisch herausgearbeitet hat, nennt als morphographische Erkennungsmerkmale vollzogener Anzapfungen:

- einen ellenbogenförmigen Verlauf am Anzapfungspunkt,
- ein stacheliges Flussnetz; d. h. abrupte Richtungswechsel,
- ein verlassenes, „totes“, trockenes Tal mit Talwasserscheide (in stärker reliefierten Gebieten als wind gap) und eine
- Eintiefungsstufe im Längsprofil des angezapften Flusses (rejuvenation head), die von der neuen, tiefer liegenden Vorflut kündet.

Jüngere Arbeiten (CALVACHE & VISERAS 1997, CLARK et al. 2004) betonen, ausgehend von Felduntersuchungen, die markante Bootshaken-Form der Anzapfungsstelle, die Unterproportionierung heutiger Flüsse (underfit streams) in alten, vom angezapften Fluss verlassenen Talfortsetzungen und die Aussagekraft flusssedimentologischer Befunde. Die deutsche Literatur hebt beispielhaft zumeist das Anzapfen des oberen Donaueinzugsgebietes durch den Rheinnebenfluss Wutach hervor (MACHATSCHEK 1973, S. 68, WILHELMY 2002, S. 84). Im nordostdeutschen Jungmoränengebiet gilt die Anzapfung des heutigen Roten Landes durch das von Süden nach Bad Freienwalde hinab ziehende Brunnental, ausgelöst durch austauendes Toteis, als Paradebeispiel (u. a. MARCINEK 1994, S. 142). Dieses Anzapfungsgeschehen in einem Stauchmoränenkomplex bietet aber keine Analogien zum hier diskutierten größerskaligen Flussnetzumbau.

Die Ausbildung des holozänen Verlaufs der unteren Oder lässt sich plausibel als Ergebnis einer Anzapfung (vom Ostseebecken rückschreitend mit Anzapfungspunkt des Eberswalder Urstromtals im Raum Neuenhagen) deuten. Die Prinzipskizze in Abbildung 1 illustriert die anzapfungsrelevanten Rahmenbedingungen, die sich auch auf den Unterlauf der Weichsel übertragen lassen. Als begleitende typische Merkmale einer Flussanzapfung sind zudem gegeben:

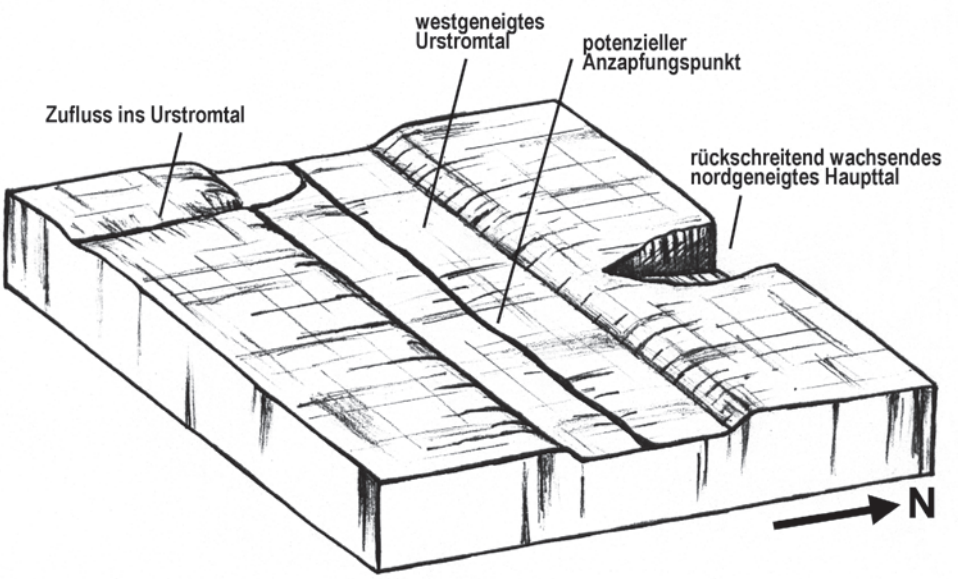


Abb. 1
Erste Umbildungsphase des Entwässerungssystems Nordmitteleuropas: Anzapfung eines Urstromtals infolge rückschreitender Erosion eines nordwärts fließenden Gewässers; Prinzipskizze

Fig. 1
First rearrangement phase of the central European drainage network: River piracy of an outwash channel due to headward erosion of northward flowing river; principle sketch

- Anzapfungsknie (bei Neuenhagen),
- rechtwinklig angeordnetes (wenn auch nicht unbedingt stacheliges) Flussnetz (u. a. Finow, Ragöse, Miezel/Mysla),
- verlassenes Talstück mit Talwasserscheide (Urstromtalsegment bei Eberswalde) und
- Eintiefung um rezent ca. 35 m gegenüber dem Urstromtalniveau, welche sich weit in das Warthebruch fortsetzt und als Randzertalung in benachbarte Moränenplatten auftritt sowie in Gestalt der Finow in das verlassene Talstück hingreift.

MARCINEK et al. (1996, S. 13) nennen in diesem Sinne im oben bereits ausgeführten Zitat das Schlüsselwort: "... führten sie [die Oder] austauendes Toteis und *rückschreitende Erosion* [Hervorhebung v. Verfasser] in ihren Unterlauf".
Die rückschreitende Eintiefung hat im Spätpleistozän durch den tiefen Meeresspiegel im eisfrei werdenden Ostseebecken vorübergehend eine starke vorflutinduzierte Intensivierung erfahren. Während des Böllings reichte nach BROSE (1994, S. 153; 1995, S. 1302) das Erosionsniveau des Odertals bei Neuenhagen bis -40 m NN hinab und im zentralen Bereich des Oderbruchs bis -30 m NN.
LIEDTKE (2001, S. 129) nennt weiter die Oder aufwärts bei Frankfurt (Oder) unter Berufung auf BROSE noch -21m NN als Tiefenmaximum der böllingzeitlichen Oder und am westlichen Rand des Odertals bei Wüste Kunersdorf [6 km nördlich Frankfurt (Oder)] wies BROSE (1995, S. 1307) noch -4 m als tiefstes Erosionsniveau nach.
Solch tiefes und weit in das Inland greifendes Einschneiden macht auch ein Anzapfen der periglaziärfluvialen Abflüsse des Berliner Urstromtals wahrscheinlich. Gegenüber einer Flussanzapfung in rein fluvialem Milieu tritt hier allerdings Folgendes modifizierend hinzu: Das sukzessive Abschmelzen des zunächst die Nordentwässerung völlig unterbindenden Inlandeises, der Wechsel der Hauptwasserquelle (Schmelz- zu Niederschlagswasser) und austauendes Toteis. Je später (und damit eisrandferner) eine Anzapfung stattgefunden hat, etwa kleine Flüsse wie die heutige Spree und das Baruther Urstromtal betreffend, desto mehr dürfte der Gewässernetzumbau auf fluviale Prozesse beschränkt geblieben sein.

Überborden eines Urstromtales infolge starken Abflusses oder einer Blockade

Wenn die Sediment-Barriere zwischen einem auf hohem Niveau verlaufenden und einem tiefer liegenden Nachbarfluss geringe Höhe aufweist, kann ein Überborden des höher gelegenen Flusses bei Hochwasser durch Einschneiden der Barriere den Flussnetzumbau herbeiführen. Eine solche Hochwassersituation kann durch hohe Abflüsse (verstärkt infolge von Permafrost und Vegetationsarmut) aber auch durch eine mechanische Blockade im Flusstal hervorgerufen werden. Blockierend oder behindernd können erneute Eisvorstöße, ihnen vorausgehende Sandschüttungen, Schwemmfächer stark Sediment führender Nebenflüsse des Urstromtals oder auch Dünen wirken. CARLS (1995, S. 275) betont in diesem Sinne z. B. „Dünenfelder bedrängten die Spree in ihrem Lauf nach NW".

Seitenerosion

Schließlich ist eine starke Seitenerosion (bei mäandrierenden Flüssen bevorzugt am Prallhang) als weitere Ursache der Durchbrechung einer schmalen natürlichen Barriere zwischen Flussläufen verschiedenen Höhenniveaus denkbar. Die in Nordmitteleuropa vorliegenden Talbreiten und Prallhangradien machen diese Ursache aber als allein auslösenden Faktor der skizzierten Flussnetzumbildung unwahrscheinlich.

Für die Erklärung des Flussnetzumbaus Nordmitteleuropas sollte weniger nach der Wahrscheinlichkeit der skizzierten Prozesse als nach der Art ihres Zusammenwirkens gefragt

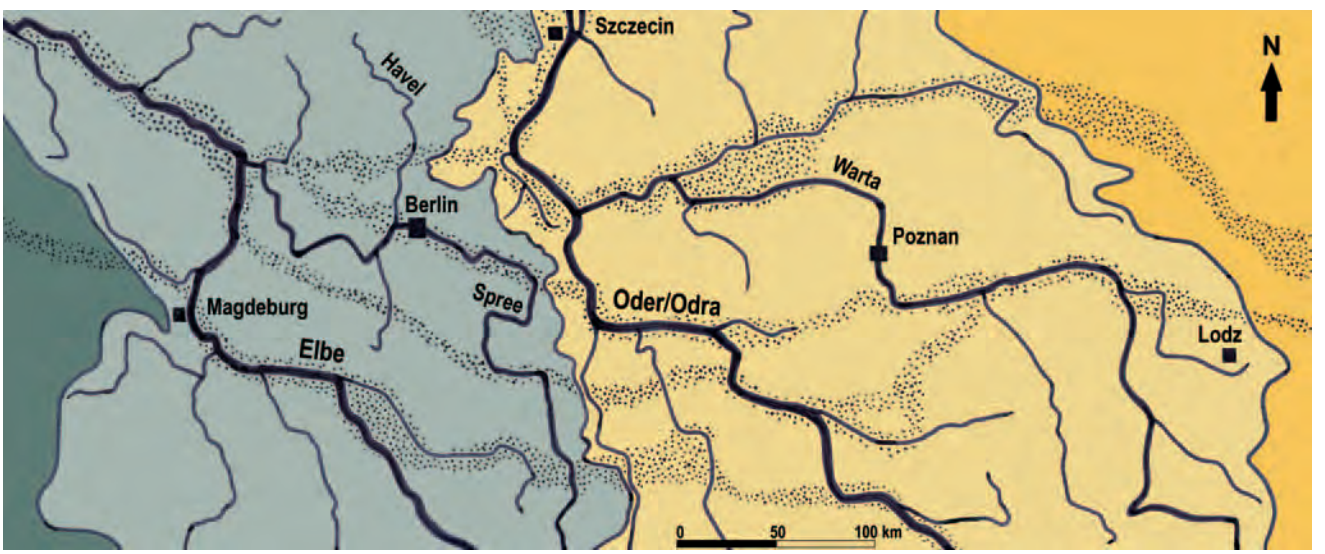


Abb. 2
Flussnetze und Einzugsgebiete von Elbe und Oder/Odra nördlich der Mittelgebirgsschwelle mit Urstromtälern (gepunktet)

Fig. 2
River networks and catchments of the rivers Elbe and Odra north of the low mountain barrier with outwash channels (dotted)

werden. Das eisfrei werden potenzieller Fliessbereiche ist unstrittig eine primäre Randbedingung. Toteis bedingte Senkung regionaler Vorflutniveaus oder das Einsinken toteisunterlagerter Sediment-Barrieren ist immer in Erwägung zu ziehen. Die rückschreitende Erosion beschreibt die je nach Rahmenbedingungen verschieden effektiv wirkende rein fluviale Prozesskomponente des Flussnetzumbaus.

Das Überborden kann seinerseits oft der letzte Auslöser sein, bedarf aber einer Schwächung der sedimentären Barriere und eines Höhenunterschieds. Beides dürfte meistens erst durch rückschreitende Erosion des tieferliegenden Flusses und/ oder Toteiswirkungen hervorgerufen worden sein. Auch die Seitenerosion kann nur bei vorbereitend geschwächter Barriere zur auslösenden Prozesskomponente werden. Neben Erwägungen zum Zusammenwirken der geschilderten Prozesse bzw. Prozesskomponenten ist auch deren Einteilung nach aufwärts und abwärts gerichteter Wirkungsweise (Bishop 1995) erhellend: Aufwärts wirken rückschreitende Erosion (die klassische Flussanzapfung) sowie das eisfrei Werden tieferliegender Regionen. Abwärts gerichtet wirken das Überborden und die Seitenerosion. Toteiswirkungen können je nach Situation zu beidem beitragen.

In der regionalen glazialmorphologischen Forschung ist der Flussnetzumbau hinsichtlich des Wandels des Gerinnemusters und dessen zeitlich-logischer Abfolge sehr plastisch beschrieben. Die generell durchklingende Deutung: „Das Eis gibt Raum, folglich kann der Gebietsabfluss wieder nach Norden verlaufen“ ist dabei im übergeordneten zeitlichen und räumlichen Betrachtungsmaßstab zweifellos zutreffend, es fehlt aber oft eine Festlegung auf Prozesse bzw. die Prozesskombination einzelner Umbauschritte. Überwiegend finden sich vom Resultat her aufgezäumte, gewissermaßen teleologisch strukturierte Deutungen, die bestimmte Prozesse lediglich implizieren (s. o.). Verf. hoffen, mit den obigen Ausführungen künftigen Erörterungen der Prozesse, welche den Flussnetzumbau vorbereitet und ausgelöst haben, eine Strukturierungshilfe zu geben.

3. Konservierung und anthropogene Nutzung des Flussnetzes im Holozän

Mit der Ablösung glazialer und periglazialer Formungsaktivität durch die geomorphodynamische Stabilitätsphase des Holozäns (im Sinne von Rohdenburg 1989, S. 121) mit zunehmend geschlossener Vegetationsdecke ergab sich die Fixierung des hergeleiteten Übergangszustands: Einerseits werden die Urstromtäler von den warmzeitlichen Wasserläufen nur noch abschnittsweise durchflossen, andererseits ist trotz zahlreicher nordwärts gerichteter Flusssegmente noch kein dendritisch strukturiertes, dem generellen Nordgefälle eingeordnetes Flussnetz ausgebildet (Abb. 2).

Dieser Übergangszustand äußert sich neben dem Hervortreten der beiden Vorzugsrichtungen in auffälligen Diskontinuitäten und Asymmetrien: Die Flüsse ändern nicht nur oft sprunghaft ihre Laufrichtung, sondern das System der Talungen zeigt auch ausgeprägte Stufen an den Positionen, wo heute undurchflossene Urstromtalabschnitte an stark eingetiefte, noch Norden führende Talsegmente grenzen. Daneben fällt eine ausgeprägte Dominanz östlicher Zuflüsse und damit eine Ostlastigkeit der Haupteinzugsgebiete auf, was Marcinek (1991, S. 241) von der Elbe ausgehend treffend verallgemeinert: „Trotzdem behielt das Elbe-System infolge der zu ihm westwärts geneigten Urstromtalböden – wie das Weser-System im Westen und das Oder-System im Osten – in diesem Bereich ein weit ostwärts, bis in die Nähe des nächsten östlichen Stromes ausgeweitetes Einzugsgebiet“. So liegen beispielsweise nur 4,7% des Odereinzugsgebiets [entspr. 5 550 km^2] westlich von Oder und Neiße (Marcinek 1991, S. 221).

Im Jungmoränengebiet Nordmitteleuropas bestehen damit in ihrer Fließrichtung vorzugsweise rechtwinklig springende asymmetrische Flussbäume mit Hauptflüssen, die jeweils am Westrand ihrer Einzugsgebiete positioniert sind. Zudem existiert ein Talungsgitter, welches die Moränenplatten als flächendominante morphologische Einheiten ausgliedert und damit das wesentliche morphologische Gliederungsgerüst der Landschaft bildet. Berghaus (1854, Bd. 1, S. 298) war von dieser „eigenthümliche[n] Verkettung und Verschlingung der Niederungen unter sich und zwischen den beiden Haupt-Stromgebieten“ so fasziniert, dass er vor der Verfügbarkeit glazialmorphologischer Erklärungen sogar zu einer tektonischen Deutung („Bewegungen im Erdinneren“) neigte.

Das Holozän kann bis zum Beginn menschlichen Einflusses „infolge der warmzeitlichen Walddecke als Phase gehemmter und schwacher Erosion“ (Marcinek et al. 1996, S. 16), d. h. als geomorphodynamisch stabil angesehen werden. Diese Stabilität wurde noch begünstigt durch die frühholozäne Transgression mit Abschwächung der Haupterosionsbasis, wodurch sich u. a. „das Gefälle im unteren Odertal stark verringerte und es zu einer erheblichen Aufschüttung im Oderlauf kam“ (Liedtke 1996, S. 341).
Sobald aber der Mensch durch wasserbauliche Maßnahmen sowie durch Rodungen mit nachfolgend erosionsförderndem Ackerbau als ein die Landschaft verändernder Faktor auftrat, ging Nordmiteleuropa zumindest lokal in einen Zustand anthropogen erzeugter bzw. initiierter geomorphodynamischer Teilaktivität (Rohdenburg 1989, S. 121) über. Die Wasser- und Winderosion infolge von Ackerbau und ggf. auch Überweidung steigerte flächenhaft die Morphodynamik. In Agrargebieten nahmen Oberflächenabfluss und fluviale Materialverlagerung zu bzw. traten überhaupt erst wieder auf. Damit wurden bis heute die Hangformen sukzessive verändert (Bork et al. 1998) und die Vorfluter je nach Standort und Charakteristik eines Abflussereignisses akkumulativ oder erosiv beeinflusst.

Abflusslose Hohlformen, ein Charakteristikum der Jungmoränenlandschaft, wurden seit Jahrhunderten zu meliorativen Zwecken, aber auch zur Gewinnung von Aufschlagswasser für Mühlen, an die zum Meer gerichtete (exorheische) Entwässerung angeschlossen: „Hier hat der Mensch dem natürlichen Reifungsprozess, der Angliederung von Binnenentwässerungsgebieten an benachbarte Flussgebiete, nach-

geholfen“ (DRIESCHER 1969, S. 115). Die Einordnung der anthropogenen Anzapfung von Binneneinzugsgebieten als Beschleunigung eines natürlichen Reifungsprozesses ist reizvoll, da sie impliziert, dass der Mensch an ohnehin bestehenden Sollbruchstellen beschleunigend, und weniger naturfern verändernd, gewirkt hat.

Vergleichbares gilt für den über Jahrhunderte vollzogenen Kanalbau. Hier wurde von Beginn an die Eignung der Talungs-Vergitterung für den Wasserstraßenbau erkannt und genutzt. Die Prosperität Berlins und seines Umlands wird in zahlreichen Landesbeschreibungen mit dieser Gunstsituation in Verbindung gebracht: BERGHAUS (1854, S. 299) betont: „Keine Provinz des großen, weiten deutschen Vaterlandes ist in Beziehung auf natürliche Wasserstraßen so begünstigt, als die Mark Brandenburg“, und für FECHNER (1900, S. 41) gilt diese Gunst sogar über den Kanalverkehr hinaus: „Die Vorzüge der geographischen Lage, die dem Ausbau weitausgreifender Wasserwege so günstig waren, haben auch die Anlage künstlicher Verkehrsstraßen auf dem Lande gefördert. Von Berlin gehen vierzehn Chausseen und 13 Eisenbahnen aus; ein großer Teil derselben verläuft in den großen Thälern und den gleichzeitig mit ihnen entstandenen Querverbindungen“.

MARCINEK (1969, S. 96) schließlich hebt den morphogenetischen Aspekt der Situation explizit hervor: „Die Kreuzung der beiden nacheinander entstandenen Hauptentwässerungsrichtungen erlaubte tiefgreifende, anthropogene Umgestaltungen. Die Gunst der glaziären, zum Elbeverlauf geneigten Entwässerungssysteme konnte für den wirtschaftlich überaus wichtigen Wasserstraßenbau genutzt werden. Ein ausgedehntes, weitverzweigtes Kanalnetz verbindet die heutigen, südnordgerichteten Hauptentwässerungsadern über alte Schmelzwasserwege des Inlandeises“.

4. Potenzielle Entwicklung des Flussnetzes – zweite Umbildungsphase

Mit der im Holozän fixierten Verschränkung der beiden Hauptfließrichtungen bei östlich ausgreifenden Haupteinzugsgebieten ist Nordmitteleuropa noch weit von einem warmzeitlichen Gleichgewichtszustand entfernt. Das Potenzial für die Weiterentwicklung zeigt sich am deutlichsten im engräumigen Anstieg zum Zehnermeter höher liegenden Rand des jeweils westlich anschließenden Einzugsgebietes. Die zugehörige generelle Asymmetrie des Wasserscheidenprofils zeigt sich am augenfälligsten an den Talwasserscheiden im Bereich der heute undurchflossenen Urstromtalabschnitte (Abb. 5, 7 u. 9).

MARCINEK (1969, S. 93) beschreibt die Weiterentwicklung im Wasserscheidenbereich nach der ersten Umbildungsphase unter Nennung der auslösenden Rahmenbedingung (tiefere Erosionsbasis) sowie des Schlüsselprozesses zunächst am Beispiel der Finoweintiefung: „Dadurch vermochte die rückschreitende Erosion über das Finowgebiet einen größeren Einzugsraum, der heute zum Odersystem gehört, nach Westen vorzuschieben“, und erweitert diese Aussage wenig später auf den gesamten Wasserscheidenbereich einschließlich der in dieser Arbeit behandelten Talwasserscheiden (S. 93f): „Das periglaziäre Odersystem [...] schob über das Berliner und Eberswalder Urstromtal sowie die kräftige, periglaziäre Randzertalung westlich von Neiße und Oder, bedingt durch die günstigere Erosionsbasis, seine Wasserscheide langsam westwärts“.

Sobald unter veränderten Rahmenbedingungen seitens Landnutzung bzw. Vegetationsbedeckung, Klima oder auch Vorflut Nordmitteleuropa wieder in einen Landschaftszustand morphogenetischer Aktivität wechselt, muss sich die rückschreitende Talausweitung nach Westen als *zweite Umbil-*

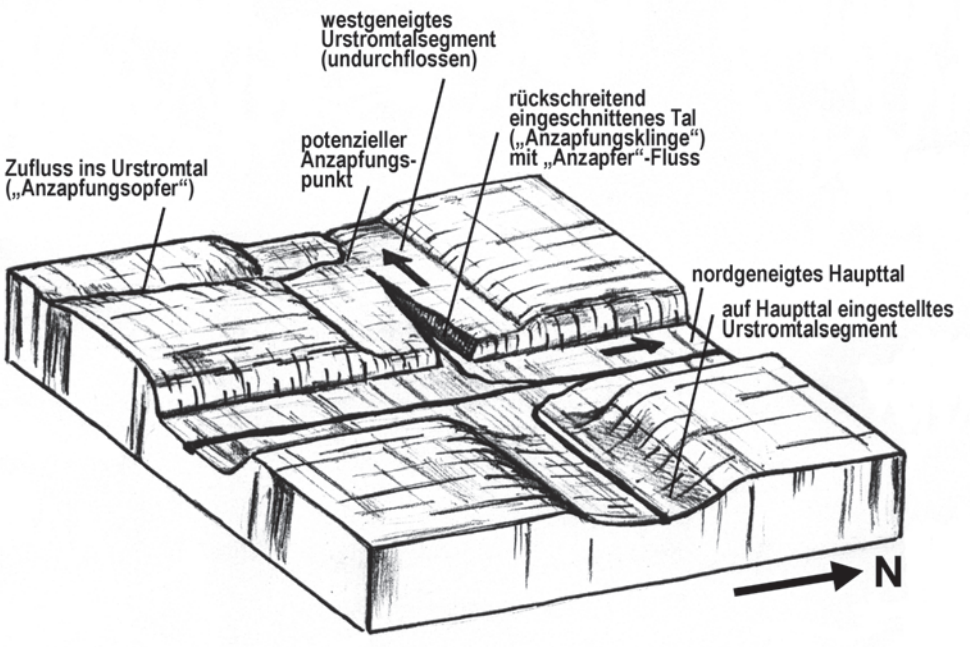


Abb. 3
Zweite Umbildungsphase des Entwässerungssystems Nordmitteleuropas: Rückschreitende Erosion in undurchflossenes Urstromtalsegment mit potenzieller Anzapfung abwärtiger Zuflüsse; Prinzipskizze

Fig. 3
Second rearrangement phase of the central European drainage network: Headward erosion into abandoned outwash channel segments with potential river piracy of downslope tributaries; principle sketch

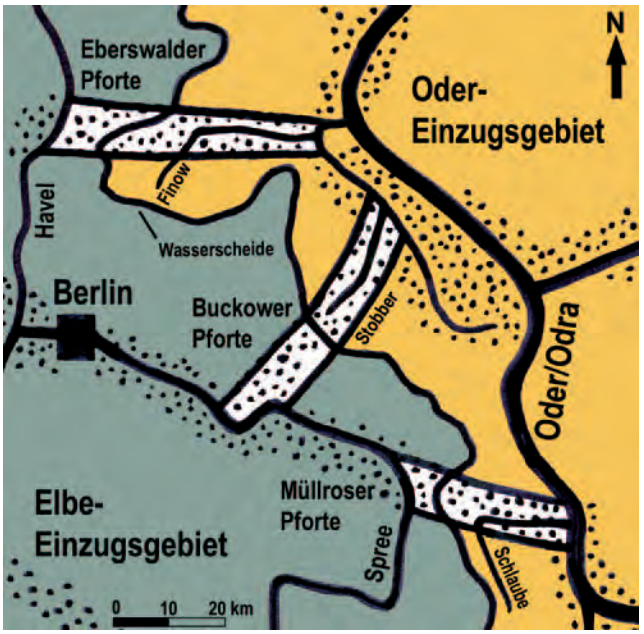


Abb. 4
Pforten potenzieller Flussanzapfungen von Elbzuflüssen durch Nebenflüsse der Oder

Fig. 4
Gates of potential river piracy of River Elbe tributaries by tributaries of River Odra

dungsphase des Gewässernetzes fortsetzen. Neben der durchgehend auflebenden Randzertalung wird dieser Prozess besondere Wirkung in den westwärtigen undurchflossenen Fortsetzungen der Urstromtäler, den quasi geköpften Hängetälern entfalten, weil diese formbedingt Sammelbahnen für den Oberflächenabfluss sowie bevorzugte Bereiche von Quellaustritten sind.

Unter wiedererwachender geomorphodynamischer Aktivität ist dort eine rückschreitende Verlängerung und Vertiefung der periglazial gebildeten Kerbtäler (wie man sie in Relation zu den anderen Talform-Ausprägungen Nordmitteleuropas wohl nennen darf) zu erwarten. Die unter gegenläufigem Gefälle bereits erheblich in die trockengefallenen Urstromtalsegmente hineinreichenden Täler wachsen weiter in diese hinein, bis sie eine Anzapfung erster Zuläufe des betreffenden Urstromtalsegments vollziehen (Abb. 3).

In diesem Sinne wollen wir den Taleinschnitt der Finow im Eberswalder Urstromtal, den der Schlaube im Berliner Urstromtal sowie (trotz einiger Abweichungen) den Einschnitt der Stobber in der Buckower Rinne als (potenzielle) „Anzapfungsklingen“ bezeichnen, die sich durch die Eberswalder, Müllroser sowie Buckower „Anzapfungspforten“ zu ihren „Anzapfungsopfern“, im beschriebenen Gebiet zunächst Havel bzw. Spree, hin ausdehnen (Abb. 4).

Die Analyse der drei Pforten ergibt, gestützt auf generalisierte Längsprofile, folgende Ergebnisse:

Bei der *Eberswalder Pforte* (Abb. 5 u. 6) bestehen ca. 39 km Distanz von Anzapfungsvorflut (Niveau Alte Oder bei Nie-

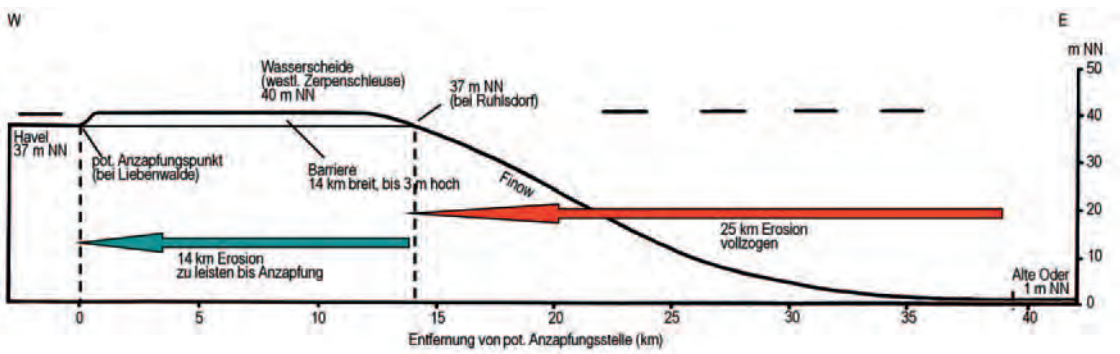


Abb. 5
Die Eberswalder Pforte im Eberswalder Urstromtal; generalisiertes Längsprofil
Fig. 5
The Eberswalde gate within the Eberswalde outwash channel; generalized section

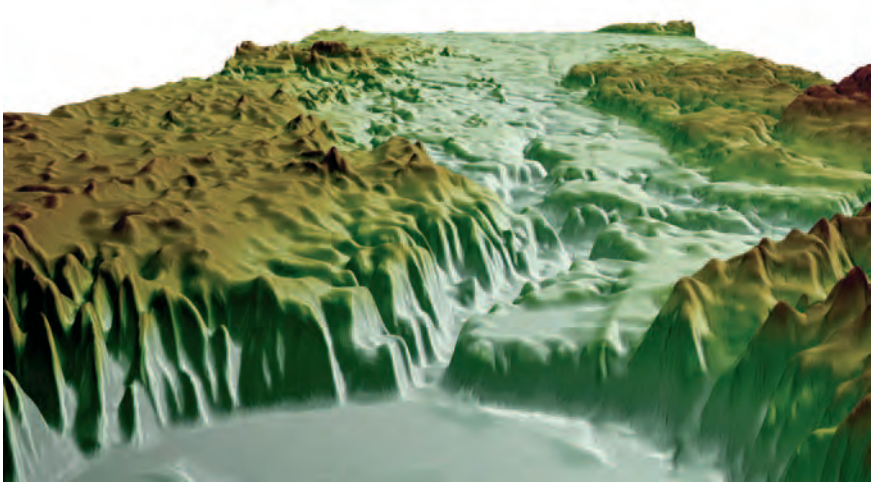


Abb. 6
Die Eberswalder Pforte; 3d-Darstellung mit Kerbtal des potenziellen Anzapfers Finow; Blick vom nördlichen Oderbruch nach Westen zum Haveltal (im Bildhintergrund von rechts nach links verlaufend); Darstellung 25fach überhöht, basierend auf Daten des DGM 25, freigegeben durch die LGB Brandenburg
Fig. 6
The Eberswalde gate; 3d-display with gully of the potential piracy river Finow; View from northern Oderbruch to the west towards Havel valley (in the background from right to left); display exaggerated 25fold, based on data of DGM 25; courtesy of LGB Brandenburg

derfinow, 1 m NN) bis zum potenziellen Anzapfungspunkt (Havel westlich Liebenwalde, 37 m NN). Die Rahmenbedingung für das Anzapfungspotenzial besteht damit in 36 m Höhenunterschied über 39 km Distanz.
Die potenzielle Anzapfungsklinge (Finow) hat davon ca. 25 km weit (bis Ruhlsdorf) bereits das Havelniveau unterschnitten. Als sedimentäre Barriere verbleiben 14 km von maximal 3 m Barrierehöhe (an der Wasserscheide bei Zerpenschleuse mit 40 m NN).

Bei der *Müllroser Pforte* (Abb. 7 u. 8) bestehen 21 km Distanz von Anzapfungsvorflut (Niveau Ziltendorfer Niederung, 22 m NN) bis zum potenziellen Anzapfungspunkt (Spree bei Neuhaus, 39 m NN). Die Rahmenbedingung für das Anzapfungspotenzial besteht damit in 17 m Höhenunterschied über 21 km Distanz.
Der potenzielle Anzapfer (Schlaube) hat davon ca. 8 km weit (bis Schlaubehammer) bereits das Spreeniveau unterschnitten. Als sedimentäre Barriere verbleiben 13 km von maximal

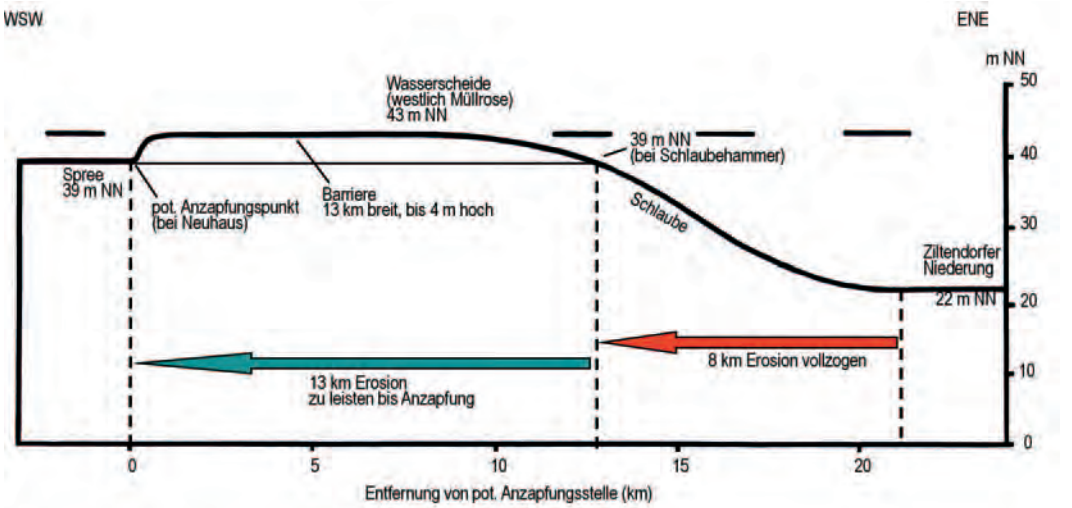


Abb. 7
Die Müllroser Pforte im Berliner Urstromtal; generalisiertes Querprofil
Fig. 7
The Müllrose gate within the Berlin outwash channel; generalized section

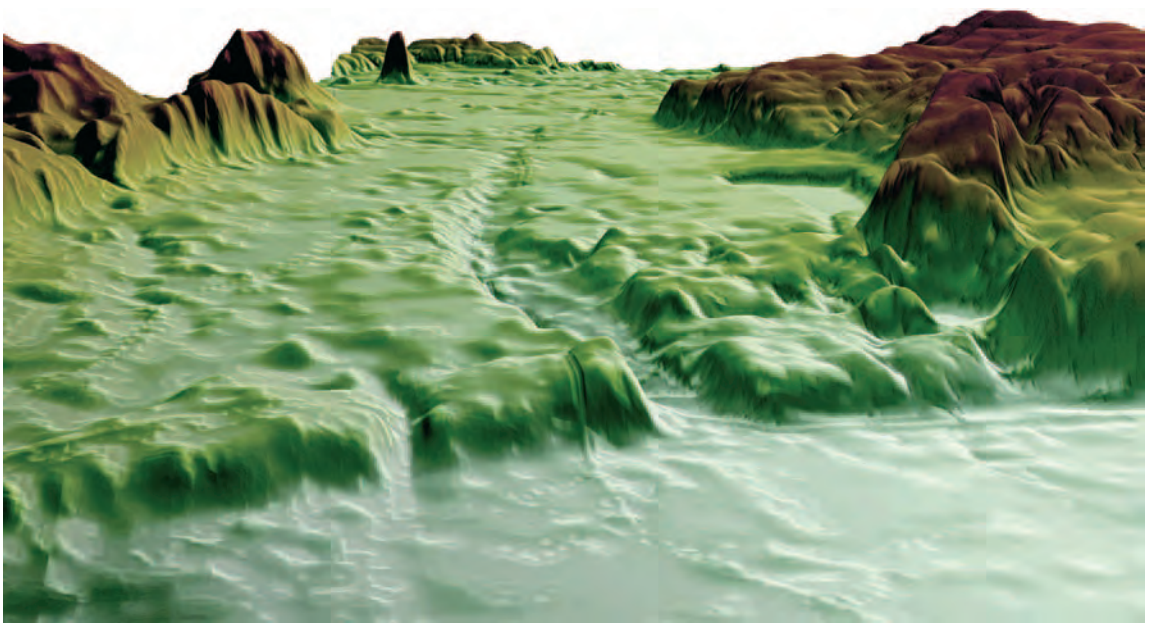


Abb. 8
Die Müllroser Pforte, 3d-Darstellung mit Kerbtal des potenziellen Anzapfers Schlaube;
Blick von der Ziltendorfer Niederung nach Westen bis zum Spreetal (im Bildhintergrund von links einbiegend) Darstellung 25fach überhöht, basierend auf Daten des DGM 25, freigegeben durch die LGB Brandenburg
Fig. 8
The Müllrose gate; 3d-display with gully of the potential piracy river Schlaube;
View from the Ziltendorfer Niederung to the west until Spree valley (in the background incoming from the left); display exaggerated 25fold, based on data of DGM 25; courtesy of LGB Brandenburg

4 m Barrierehöhe (an der Wasserscheide westlich Müllrose mit 43 m NN).

Die *Buckower Pforte* ist Teil der Buckower Rinne, einer vom Mohriner Sander der Pommerschen Eisrandlage nach Südwesten über das von Toteis erfüllte Oderbruch zum Berliner Urstromtal angelegten Abflussrinne (Liedtke 1996, S. 338; Liedtke 2003, S. 50). Als zum Urstromtal entwässerndes Kastental entwickelte sie sich weit stärker geneigt (Ansatz bei Siekierki/Zäckerick und Gozdowice/Güstebiese am östlichen Oderbruchrand bei 58 m NN) und mit ca. 2 km Breite weit schmaler als die bisher erörterten Urstromtalsegmente. Durch die vom Oderbruch gegenläufig einschneidende Anzapfungsklinge der Stobber sowie durch umfangreiche Toteishohlformen (Hameister 1955, Marcinek & Zaumseil 2003, Dalchow 2004) ist die ursprüngliche Kastentalgestalt nur noch vom Wasserscheidenbereich (der eigentlichen Pforte) an nach Südwesten erhalten.

Bei der *Buckower Pforte* (Abb. 9) bestehen 31 km Distanz von Anzapfungsvorflut (Friedländer Strom im Oderbruch, 5 m NN) bis zum potenziellen Anzapfungspunkt (Spree bei Hangelsberg, 35 m NN), wobei zuvor bereits die auf dem Wege befindliche kleine Löcknitz angezapft würde. Die Rahmenbedingung für das Anzapfungspotenzial besteht damit in 30 m Höhenunterschied über 31 km Distanz. Der potenzielle Anzapfer (Stobber) hat davon ca. 12 km weit (bis Waldsieversdorf) bereits das Spreeniveau unterschnitten. Als Gelände-Barriere verbleiben 16 km von maximal 12 m Barrierehöhe (an der Wasserscheide im Roten Luch mit 47 m NN).

Steidl & Kalettka (1993, S. 13) beobachten rezent eine „enorme Eintiefung des Baches [Stobber] seit 1972 oberhalb des Mühlenfließes“ mit rückschreitenden „Sohleneintiefungen um bis zu 1 m“ infolge regelmäßiger Beräumung der Sohle besonders im Staubereich der Eichendorfer Mühle. Carls (1995, S. 281) stellt darüber hinaus fest: „Im Holozän schnitt sich die Stobber etwa 3 km durch rückschreitende Erosion in südwestliche Richtung ein“.

Dieser Eintiefungskraft der Stobber steht allerdings eine mächtigere sedimentäre Barriere (47 m NN Wasserscheidenhöhe) als bei den zuvor genannten Pforten entgegen. Aber gerade infolge der großen Höhendifferenzen hat die Stobber ein besonders ausgeprägtes, rückschreitend erodierendes Kerbtal hervorgebracht, welches seinen aktuellen oberen Endpunkt morphographisch und landschaftsökologisch gut erkennen lässt (Abb. 10).

Setzt man die künftig mögliche weitere Ausdehnung der Anzapfungsklingen mit der bisher vollzogenen rückschreitenden Erosion in Beziehung, muss die Begünstigung der bisherigen Eintiefung durch die um Zehnermeter tiefere Haupterosionsbasis im Spätpleistozän (s. Pkt. 2) berücksichtigt werden.

Damit eignet sich das bisherige Wachstum der Anzapfungsklingen nicht als Grundlage linearer Hochrechnungen künftiger Entwicklung. Eine lineare Fortschreibung verbietet sich darüber hinaus, weil die rückwandernde Stufe einerseits sukzessive an Höhe verliert, andererseits die Anzapfungsklinge durch erste Anzapfungen kleinster Wasserläufe bereits überproportional an Abfluss und damit Kraft gewinnt.

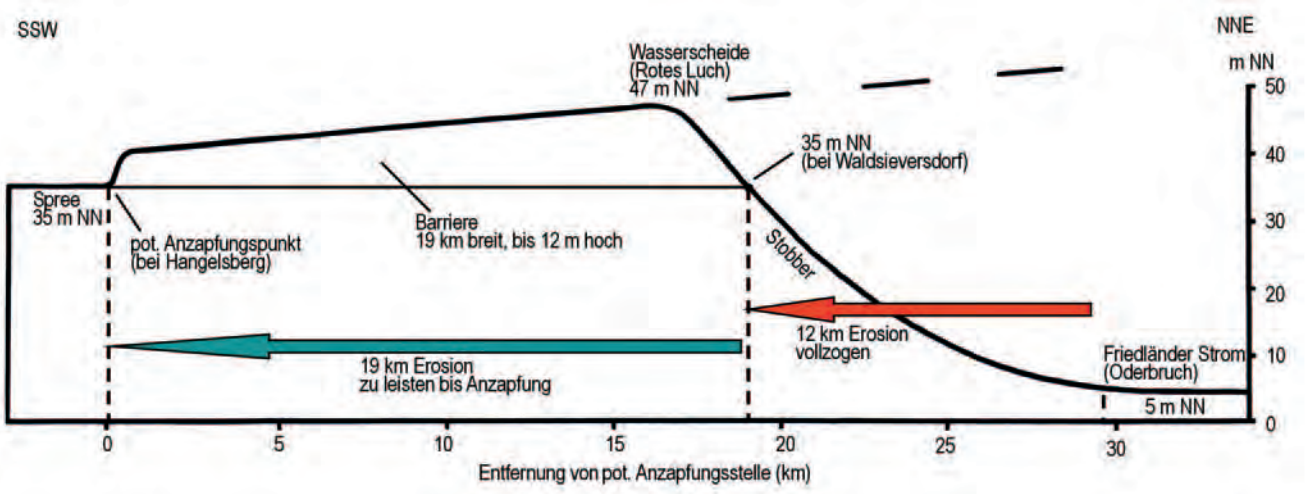


Abb. 9 *Die Buckower Pforte in der Buckower Rinne, generalisiertes Querprofil*
Fig. 9 *The Buckow gate within the Buckow trench; generalized section*

Mit Anzapfung von oberer Havel (ca. 2 500 km²) und oberer Spree (ca. 6 800 km²) an den skizzierten Punkten würden dem Odereinzugsgebiet von aktuell 119 000 km² (IKSE 1995) ca. 9 300 km² zuwachsen. Damit nähme das Odereinzugsgebiet westlich von Oder und Neiße (5 550 km²; Marcinek 1991) von bisherigen 4,7% auf über 11% des (dann auf 128 300 km² angewachsenen) Einzugsgebiets zu.

Ein nennenswertes Wachstum der Anzapfungsklingen ist unter dem aktuellen geomorphodynamisch weitgehend sta-

Abb. 10
Luftbild der Buckower Pforte; nordöstlicher Teil des Roten Luchs, Blickrichtung NE; oberer Ansatzpunkt der Einschneidung der Stobber. Der über die Talwasserscheide (unterhalb des Fotostandorts) verlaufende Graben geht am oberen Bildrand in ein natürlich eingetieftes und gewunden verlaufendes Gerinne über. Höhere Ufervegetation zeigt an, dass dort infolge stärkerer Strömung kein regelmäßiges Ausbaggern mehr nötig ist. Parallel zur Änderung der Flussmorphologie wechselt (infolge der natürlichen Drainung durch das sich einschneidende Stobbertal) die Landnutzung auf gleich bleibendem Höhenniveau von Grünland über kleinteiliges Ackerland zu Kiefernforst.

Fig. 10
Aerial view of the Buckow gate; northeastern section of the Rotes Luch; view to NE; upward starting point of incision of the Stobber. The trench which crosses the divide right below the viewpoint transforms to a naturally incised and winding rivulet at the upper edge of the picture. Elevated bank vegetation indicates that no maintenance excavation is necessary due to stronger current. Parallel to the transition of the river morphology the land use changes from grass land to arable land and finally to pine forest. This change materializes on constant elevation due to natural drainage by the incised valley of the Stobber.

bilen Landschaftszustand nicht denkbar. Die administrativ festgeschriebene anthropogene Kontrolle der betreffenden Gewässer von der Pflege der Mühlenstaue und Schleusen über Uferbefestigungen bis zu Sohlstabilisierungen wirkt zudem möglichen Eintiefungen aktiv entgegen.

Die geomorphodynamische Stabilität würde aber durch jede Veränderung weiter eingeschränkt bzw. beendet, welche bestehende Vegetationsbedeckung weiter unterbricht, ausdünnt oder beseitigt. Sowohl erneut sich einstellendes Periglazialklima im Zuge einer weiteren Kaltzeit als auch eine starke Erwärmung oder Niederschlagsarmut bzw. ungünstige Niederschlagsverteilung im Ergebnis anthropogen initiierter oder sonstiger Klimaänderungen (global change) könnte eine geomorphodynamische Aktivitäts- oder zumindest Teilaktivitätsphase hervorrufen. Die agrarische Landnutzung schafft durch ständige Unterbrechung der Vegetationsbedeckung lokal Bedingungen geomorphodynamischer Teilaktivität (BORK et al. 1998, S. 18). Da Landnutzung in Mitteleuropa derzeit mit einer Kontrolle der Gewässer- und Taldynamik einhergeht, ist ungebremst rückschreitend erosives Talwachstum dennoch nicht geläufig. Weniger organisierte Landnutzungsformen unter stärkerem Nutzungsdruck haben dagegen in Nordmitteleuropa erhebliches Tal- und Kerbenwachstum hervorgebracht und tun dies in weiten Regionen auch heute noch.

Umweltkatastrophen mit zerstörender Wirkung auf das Pflanzenkleid haben ebenfalls das Potenzial, die für den Vollzug der skizzierten Anzapfungen erforderlichen Aktivitätsbedingungen hervor zu bringen. Schließlich schaffen Kanalbauten mit Durchschneidung oder Erniedrigung der flachen Barrieren innerhalb der Anzapfungspforten das aktuell wirksamste Anzapfungspotenzial.

5. Kanalbauten als Schwächung potenzieller Anzapfungsstellen

Die skizzierten Pforten potenzieller Flussanzapfung bilden gemäß ihrer genetisch-strukturellen Eigenart die Bereiche regional geringster Wasserscheidenhöhen zwischen den Hauptflussgebieten. Entsprechend ihrer Lage in Urstromta-

lungen ist auch die Strecke von einem Hauptfluss bis zur Wasserscheide und anschließend weiter zum jenseitigen Hauptfluss frei von wiederholtem Auf und Ab (Abb. 11).

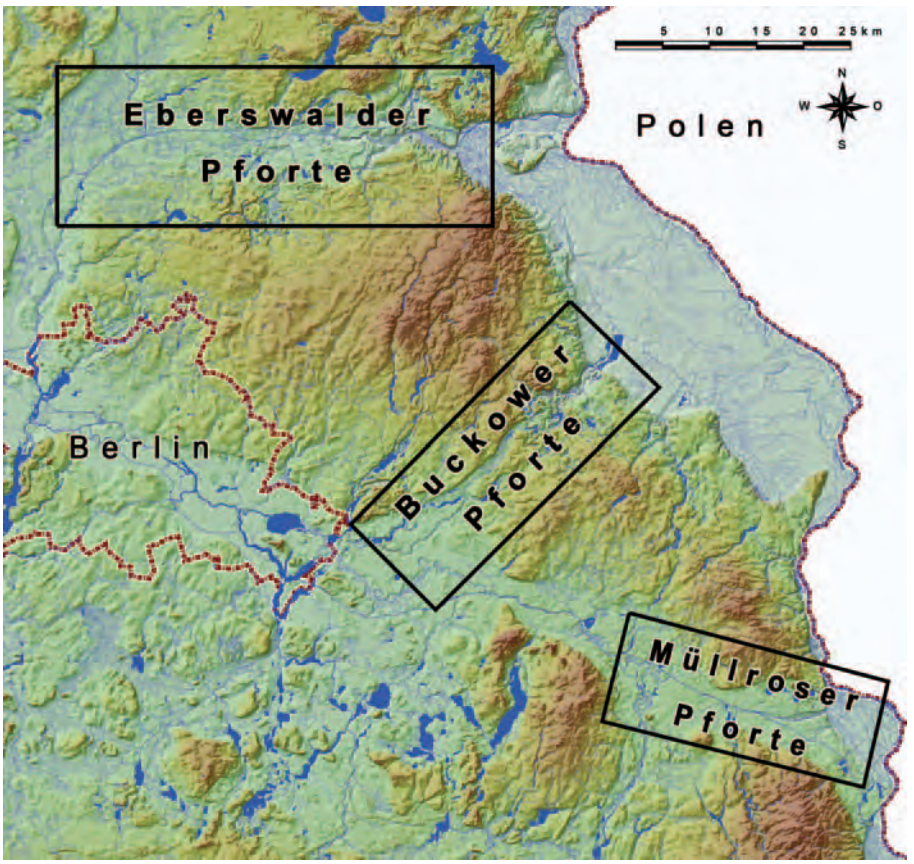


Abb. 11
Lage der Pforten potenzieller Flussanzapfungen von Elbzuflüssen durch Nebenflüsse der Oder im Reliefkontext; basierend auf Daten des DGM 25, freigegeben durch die Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)

Fig. 11
Position of the gates of potential river piracy of River Elbe tributaries by tributaries of River Odra in context of the relief; based on data of DGM 25; courtesy of Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)

Der an den Eberswalder und Müllroser sowie den meisten strukturgleichen Pforten aufgrund der natürlichen Prädestinierung realisierte Kanalbau schafft einen Einschnitt im Wasserscheidenbereich und schwächt bzw. beseitigt damit die ohnehin schon geringmächtige geländeseitige Anzapfungsbarriere meist auf ganzer Länge.

Eberswalder Pforte

Pläne für einen künstlichen Wasserweg durch die Eberswalder Pforte reichen zurück bis ins Jahr 1540, der erste Finowkanal entstand unter Nutzung des Finowbetts von 1605-1620. Bei einer Speisung über die Faule Havel besaß er 11 Schleusen (Driescher 1969, S. 120f). Ein zweiter Finowkanal, der über zunächst 16 Schleusen (heute 12) den Abstieg vom Havel- zum Oderniveau vermittelte, folgte 1743-1746. Seine Speisung verlief über den Alten Vossgraben (z. T. der versandeten oberen Faulen Havel folgend) und ab 1780 über den Neuen Vossgraben. Der dritte, auf 37 m NN Höhe (Pegelhöhen nach Uhlemann 1995 sowie topographischen Karten) durch die Eberswalder Pforte gelegte Wasserweg, der 1906-1914 erbaute Oder-Havel-Kanal (bis 1918 Hohenzollern-Kanal, dann Großschifffahrtsweg Berlin-Stettin) erleichterte die Ostseeanbindung der Metropole Berlin erheblich. Neben größerer Breite und Tiefe bündelte er den Abstieg um 36 m zum Oderniveau in einer Schleusentreppe, die 1934 durch das Schiffshebewerk Niederfinow abgelöst wurde.

Überschlägig schneidet der Oder-Havel-Kanal um bis zu 6,5 m in die sedimentäre Barriere ein (Wasserscheide bei 40 m NN nahe Ruhlsdorf; Kanalpegel 37 m NN abzüglich Ausbautiefe von 3,5 m). Mit 33,5 m NN Sohlenniveau ist die Barriere damit für den Durchfluss von Havel, Vosskanal, Langem Trödel etc. nördlich Liebenwaldes (Pegelhöhen von 37 m NN und höher) hinreichend geöffnet und wird nur durch Ingenieurbauwerke verschlossen gehalten.

Müllroser Pforte

An der Müllroser Pforte ließ Kaiser Ferdinand I. 1558-1563 einen Kanal-Abschnitt vom Werchensee bis zur Schlaube ausführen, welcher wieder verfiel, weil die bauliche Fortsetzung unterblieb (Driescher 1969, S. 122). 1662-1668 entstand unter Kurfürst Friedrich Wilhelm bei Nutzung des unteren Schlaubetals der Friedrich-Wilhelm-Kanal mit zunächst 11, ab 1858 neun Schleusen. Ein dritter, großzügig bemessener Oder-Spree-Kanal entstand 1886-1890 mit 40,7 m NN Höhe und einer Wegführung südlich des Schlaubetals. Seine Scheitelhöhe wird über ein Pumpwerk und den Speisekanal Neuhaus gewährleistet. Zum Oderniveau hinab vermittelt die Schleuse Eisenhüttenstadt mit einer Hubhöhe von 12,5 m.

Überschlägig schneidet der Oder-Spree-Kanal um reichlich 5 m in die Gelände-Barriere ein. (Wasserscheide bei 43 m NN westlich Müllrose; Kanalpegel 40,7 m NN abzüglich Ausbautiefe von 3 m). Mit 37,7 m NN Sohlenniveau hat die Barriere damit für den Durchfluss der Spree (Pegelhöhe Kersdorfer Schleuse bei 38 m NN) gerade die Schwelltiefe unterschrit-

ten. Spätestens bei Hochwasser der Spree würde ohne Ingenieurbauwerke der Abfluss zur Oder umgehend möglich sein.

Buckower Pforte

Auch die Buckower Pforte war, trotz ihrer genetisch bedingt höheren Lage der Wasserscheide, Gegenstand von Kanalplanungen. Als Alternative zum später realisierten Oder-Havel-Kanal wurde eine Kanalvariante über Kagel-Buckow-Alt Friedland (Ostlinie) zu Ende des 19. Jh. anhaltend diskutiert (DRIESCHER 1969, S. 122; 1996, S. 20). Zur Überwindung des 31,5 m tiefen Abstiegs zum Odertal waren zwei hintereinander angeordnete Hebewerke geplant.
Nach überschlägiger Rechnung hätte dieses Kanalprojekt die 12 m mächtige Gelände-Barriere um 10 m (plus Kanaltiefe) geschwächt, also ebenfalls durchörtert.

Dass die Schwächung bzw. Durchörterung der sedimentären Barriere im Wasserscheidenbereich der Pforten kein abstraktes Zahlenspiel ist, wird unterstrichen durch ein bereits im 17. Jh. unwillentlich ermöglichtes einmaliges Übertreten der oberen Havel ins Odergebiet: Während des Dreißigjährigen Krieges verfiel der 1. Finowkanal völlig. „Das Havelwasser floss über die Finow zur Oder ab, Überschwemmungen traten ein, die Finow versandete und der Wasserstand der Havel nahm ab, so dass es den Mühlen bei Bötzow (Oranienburg) und Spandau an Betriebswasser fehlte. Man musste den Kanal bei Zerpenschleuse mit einem starken Damm verschließen und die Schleuse bei Eberswalde zuschütten“ (DRIESCHER 1969, S. 120). In gleichem Sinne äußern sich MARCINEK & SCHULZ (1995, S. 210), S. „... floss die obere Havel einige Zeit über die Finow zur Oder und war somit Nebenfluss der Oder“, sowie MARCINEK et al. (1996, S. 17) und GRÄNITZ & GRUNDMANN (2002, S. 195). Allem Anschein nach liegt sämtlichen zitierten Erwähnungen dieses Havelwasserübertritts die ausführliche Beschreibung von BERGHAUS (1855, Bd. 2, S. 190f) zugrunde.

6. Ausblick

Das Gewässernetz Nordostmitteleuropas hat einen wesentlichen Teil seiner glazialen Prägung bereits abgebaut, die Hauptflüsse folgen nach einer ersten Umbildungsphase des Gewässernetzes nur noch eingeschränkt den Urstromtalverläufen. Aber die Landschaft ist noch keineswegs in geomorphodynamischem Gleichgewicht von Form und Prozess. Das Potenzial zu weiterer Umgestaltung drückt sich in extremer Asymmetrie der Haupteinzugsgebiete sowie in Geländestufen aus, die im Falle des Schiffshebewerks Niederfinow und anderer Abstiegswerke auch baulich unterstrichen werden.

Die Sollbruchstellen künftiger Flussnetzumgestaltung (Anzapfungspforten) werden beispielhaft identifiziert. Die Flussanzapfung wird als ein wesentlicher Prozess thematisiert und gezeigt, wie das Kanalbauwesen die Sollbruchstellen von Beginn an als Pässe zwischen Flussgebieten genutzt und dabei notwendigerweise geschwächt hat.

Die überwiegend historisch-analytische Glazialmorphologie wird durch eine prognostische Sichtweise ergänzt. Detaillierte Erwägungen bezüglich klimatischer oder gesellschaftlicher Rahmenbedingungen, unter denen eine geologisch schnelle Weiterentwicklung des Gewässernetzes stattfinden dürfte, bleiben weiterer Forschung vorbehalten.

Zusammenfassung

Die Fluss- und Talsysteme des nördlichen Mitteleuropas befinden sich, besonders im Jungmoränengebiet, in einem Zwischenstadium von periglaziärfluvialer zu rein fluvialer Prägung. In einer ersten Umbildungsphase verließ der periglaziärfluviale Abfluss nach dem Rückschmelzen des weichselzeitlichen Inlandeises Teile der eisrandparallel gebildeten, westgerichteten Urstromtäler zugunsten nordgerichteter Abflusswege.

Die resultierende Verschränkung der beiden Hauptfließrichtungen West (periglaziärfluvial) und Nord (Gefälle zum Ostseebecken) wurde im geomorphodynamisch weitgehend stabilen Holozän in Gestalt östlich ausgreifender Einzugsgebiete von Elbe, Oder und Weichsel zunächst fixiert. Die Hauptflusstäler mit ihren geringen Meereshöhen reichen dabei regelhaft dicht an die um Zehnermeter höherliegende Grenze zum westlich anschließenden Haupteinzugsgebiet. Das daraus resultierende westgerichtete Anzapfungspotenzial der Hauptflusstäler kann bei zunehmender geomorphodynamischer Aktivität in einer zweiten Umbildungsphase des Flussnetzes zu Ausweitungen der Einzugsgebiete der Hauptflüsse nach Westen infolge von Anzapfung durch rückschreitende Erosion führen.

Morphographische Untersuchungen identifizieren potenzielle Anzapfungspforten im Bereich heute undurchflossener Urstromtalsegmente im Wasserscheidenbereich von Oder und Elbe. Kanalbauten haben dort die ohnehin schwachen sedimentären Barrieren erheblich geschwächt.

Summary

The river and valley systems of northern central Europe are, especially within the young moraine area, in a transition stage between periglacial-fluvial and pure fluvial character. During a first reorganisation phase the periglacial-fluvial runoff left sections of the westward oriented, ice margin parallel outwash channels in favour of northward oriented runoff channels.

The resulting interfingering of both main runoff the west (periglacial-fluvial) and north orientation (decline to the baltic basin) became fixed during the geomorphodynamic stable Holocene by ways of eastward extending catchments of the rivers Elbe, Odra and Vistula. Subsequently, the valleys of the major rivers regularly reach close to the divide of the westward neighbouring catchment, which is situated at an altitude of tens of meters above.

The thereby created potential of the major rivers for westward oriented river piracy may, in case of increasing geomorphodynamic activity, cause a second reorganisation phase of the river network. Its result will be a westward extension of the major catchments due to river piracy by headward erosion.

Morphographical analysis identifies potential river piracy gates at actual abandoned outwash channel segments at divide positions between the catchments of Odra and Elbe. At these gates, artificial waterways did considerably weaken the already fragile sedimentary barrier.

Literatur

BERGHAUS, H. (1854-1856): Landbuch der Mark Brandenburg und des Markgrafthums Nieder-Lausitz in der Mitte des 19. Jahrhunderts; oder geographisch-historisch-statistische Beschreibung der Provinz Brandenburg, auf Veranlassung des Staatsministers und Ober-Präsidenten Flottwell. - 3 Bände, Brandenburg a. d. H. (Verl. Adolph Müller)

BISHOP, P. (1995): Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. - Progress in Physical Geography **19**, 4, S. 449-473, London

BORK, H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P. & TH. SCHATZ (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. - 328 S., Gotha (Klett-Perthes)

BROSE, F. (1994): Das untere Odertal – Talentwicklung, Nutzung und Wasserbau. - In: J. H. SCHROEDER (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See. - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., S. 152-157, Berlin (Selbstverlag)

BROSE, F. (1995): Genese und anthropogene Überformung des Oderbruchs. - In: W. Schirmer (ed.): Quaternary field trips in Central Europe (INQUA 1995). 4. Exkursionen in Berlin und Umland. - S. 1302-1308, München (Pfeil)

CARLS, R. (1995): Zur weichselglazialen und holozänen Landschaftsentwicklung zwischen der Frankfurter Eisrandlage bei Buckow und dem rezenten Spreetal bei Hangelsberg. - Berliner Geographische Studien 40 (Exkursionsführer zum 50. Deutschen Geographentag Potsdam), S. 273-285, Berlin (TU Berlin)

CALVACHE, M. L. & C. VISERAS (1997): Long-term control mechanisms of stream piracy processes in southeast Spain. - Earth Surface Processes and Landforms **22**, 2, S. 93-105, New York

CLARK, M. K., SCHOENBOHM, L. M., ROYDEN, L. H., WHIPPLE, K. X., BURCHFIEL, B. C., ZHANG, X., TANG, W., WANG, E. & L. CHEN (2004): Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. - Tectonics **23**, 1, S. TC1006, Washington

DALCHOW, C. (2004): Die Buckower Rinne – Verbindung zweier Urstromtäler. - In: STACKEBRANDT, W., SEIDEMANN, A. & F. LUDWIG (Hrsg.): 71. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen. Tagungsbeiträge und Exkursionsführer. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, S. 125-129, Kleinmachnow

DRIESCHER, E. (1969): Anthropogene Gewässerveränderungen im Havel-System in historischer Zeit. - Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR **10**, S. 113-132, Gotha (Haack)

DRIESCHER, E. (1996): Siedlungsgeschichte und anthropogene Veränderungen an den Gewässern im Einzugsgebiet der Löcknitz. - Gewässerökologie Norddeutschlands **3**, S. 15-22, Potsdam

FECHNER, K. (1900): Die Lage der Reichshauptstadt Berlin. - In: PESTALOZZI-VEREIN DER PROVINZ BRANDENBURG (Hrsg.): Die Provinz Brandenburg in Wort und Bild. - S. 36-42, Berlin (Klinkhardt)

GRÄNITZ, F. & L. GRUNDMANN (Hrsg.) (2002): Um Eberswalde, Chorin und den Werbellinsee – eine landeskundliche Bestandsaufnahme im Raum Eberswalde, Hohenfinow und Joachimsthal. - Landschaften in Deutschland. Werte der Deutschen Heimat 64, 390 S., Köln (Böhlau)

HAMEISTER, E. (1955): Die geologische Entwicklung der Buckower Pforte – Ein Beitrag zur jüngeren Talgeschichte Norddeutschlands. - 46 S., Berlin (Akademie-Verl.)

HORTON, R. E. (1945): Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. - Bulletin of the Geological Society of America **56**, S. 275-370, New York

IKSE, INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DER ELBE (1995): Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. - 47 S., Magdeburg

LIEDTKE, H. (1956/57): Beiträge zur geomorphologischen Entwicklung des Thorn-Eberswalder Urstromtales zwischen Oder und Havel. - Berliner Geographische Arbeiten (Wiss. Zeitschr. der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Nat. Reihe), **VI**, 1, S. 3-49, Berlin

LIEDTKE, H. (1961): Die Talentwicklung im Oderbruch und im unteren Odertal. - Die Erde **92**, 4, S. 259-280, Berlin (de Gruyter)

LIEDTKE, H. (1975): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. Erläuterungen zu einer farbigen Übersichtskarte im Maßstab 1 : 1 000 000. Forschungen zur deutschen Landeskunde 204. - Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, 160 S., Bonn (Selbstverl.)

LIEDTKE, H. (1996): Die eiszeitliche Gestaltung des Oderbruchs. - In: MÄUSBACHER, R. & A. SCHULTE (Hrsg.): Fest-

schrift für Dietrich Barsch. - Heidelberger Geographische Arbeiten 104, S. 327-351, Heidelberg

LIEDTKE, H. (2001): Das nordöstliche Brandenburg während der Weichseleiszeit. - In: S. BUSSEMER (Hrsg.): Das Erbe der Eiszeit (Marcinek-Festschrift). - S. 119-133, Langenweißbach (Beier & Beron)

LIEDTKE, H. (2003): Geomorphologische Entwicklung: Das Abschmelzen des letzten Inlandeises im östlichen Brandenburg. - In: J. H. SCHROEDER & F. BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 9: Oderbruch – Märkische Schweiz – Östlicher Barnim. - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., S. 47-56, Berlin (Selbstverlag)

MACHATSCHEK, F. (1973): Geomorphologie. - 10. Aufl., 256 S., Stuttgart (Teubner)

MARCINEK, J. (1961): Die großen Urstromtäler im Jungmoränengebiet westlich Neiße und Oder. - Geologie **4/5,** S. 435-441, Berlin

MARCINEK, J. (1969): Das Havel-Spree-Einzugsgebiet zwischen dem Nördlichen und dem Südlichen Landrücken. - Wissenschaftliche Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft der DDR **10**, S. 85-112, Gotha (Haack)

MARCINEK, J. (1994): Rotes Land und Brunnental – periglaziale Trockentäler mit der Besonderheuit einer Tal- anzapfung. - In: J. H. SCHROEDER (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See. - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., S. 142-144, Berlin (Selbstverlag)

MARCINEK, J. (1991): Gewässer und Wasserhaushalt. - In: BRAMER, H., HENDL, M., MARCINEK, J., NITZ, B., RUCHHOLZ, K. & S. SLOBODDA: Physische Geographie Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. - S. 221-273, Gotha (Haack Verlagsgesellschaft mbH)

MARCINEK, J. & B. NITZ (1973): Das Tiefland der Deutschen Demokratischen Republik – Leitlinien seiner Oberflächengestaltung. - 288 S., Gotha (Haack)

MARCINEK, J. & I. SCHULZ (1995): Im klassischen Gebiet der norddeutschen Eiszeitforschung – im Raum der Pommerschen Eisrandlage um Chorin und der Finow. - Berliner Geographische Studien **40** (Exkursionsführer zum 50. Deutschen Geographentag Potsdam 1995), S. 197-213, Berlin (TU Berlin)

MARCINEK, J., SEIFERT, S. & L. ZAUMSEIL (1996): Zur Bildung und Entwicklung des Gewässernetzes in Brandenburg. - Gewässerökologie Norddeutschlands 2, S. 7-21, Potsdam

MARCINEK, J. & L. ZAUMSEIL (2003): Vom Urstöbber zum heutigen Stöbberlauf. - In: J. H. SCHROEDER & F. BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 9: Oderbruch – Märkische Schweiz – Östlicher Barnim. - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., S. 256-262, Berlin (Selbstverlag)

ROHDENBURG, H. (1989): Landschaftsökologie – Geomorphologie (CATENA paperback). - 220 S., CATENA, Gießen

STEIDL, J. & TH. KALETTKA (1993): Der Stöbber – Studie zur Bestandsaufnahme, Bewertung sowie Empfehlungen zur Unterhaltung und Renaturierung. - ZALF-Bericht Nr. 2, 62 S., Müncheberg (Selbstverlag ZALF)

UHLEMANN, H.-J. (1995): Wasserstraßenübersicht der Reviere zwischen Havel – Spree – Oder, Streckenkarte für die Törnplanung, 1 : 175 000. - Hamburg (DSV-Verl.)

WILHELMY, H. (2002): Geomorphologie in Stichworten. II Exogene Morphodynamik. - 6. Aufl., 203 S., Berlin, Stuttgart (Bornträger)

Anschrift der Autoren

Dr. Claus Dalchow
Dipl.-Ing. Joachim Kiesel
Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

cdalchow@zalf.de
jkiesel@zalf.de

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 87-112	11 Abb., 3 Tab., 95 Lit.

Zur Pollenstratigraphie des Weichselspätglazials von Berlin-Brandenburg

On the palynostratigraphy of the Late Weichselian in Berlin-Brandenburg

JAQUELINE STRAHL

1. Einleitung

Die in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen an laminierten Seesedimenten der Eifelmaare (u. a. LITT & STEBICH 1999, BRAUER et al. 1999, LEROY et al. 2000, LITT et al. 2001, 2003), der nordwestdeutschen Seen (MÜLLER & KLEINMANN 1998, MERKT & MÜLLER 1999) sowie des polnischen Lake Gosciaz (zuletzt YOUNG et al. 2000) haben wesentlich zur Hochauflösung des klimatischen und vegetationsgeschichtlichen Ablaufs des Weichselspätglazials und der Ermittlung der absoluten Dauer seiner einzelnen Thermo- und Kryomere beigetragen.

Die im Einzelnen zunächst palynostratigraphisch definierten Biozonen besitzen heute aufgrund ihrer Eichung durch Jahresschichtenzählungen, ^{14}C- und dendrochronologische Daten Chronozonencharakter für NW-Deutschland. Sie bieten daher eine ausgezeichnete Möglichkeit der Orientierung und Einhängung der entsprechenden, in NE-Deutschland ausgewiesenen, oft aber nur lückenhaft überlieferten Bio- bzw. Pollenzonen (PZ) unter Berücksichtigung der zeitlich verschobenen Einwanderung relevanter Gehölze. Während das Holozän seitens der Pollenanalyse in Berlin-Brandenburg inzwischen in sehr gut untersuchter Form, d. h. verhältnismäßig hoch auflösend, vorliegt (u. a. LANGE 1971, 1976, zusf. BRANDE 1980a, b, 1988, 1990, BRANDE et al. 1990, KLOSS 1980, 1994, BÖCKER et al. 1986, JAHNS 1999, 2000, 2001, WOLTERS 1999, 2002), ist die Nachweislage für bis in das Weichselspätglazial hinein reichende laminierte Sequenzen in nordostdeutschen Seen bisher noch sehr begrenzt (KLEINMANN et al. 2002, HOMANN et al. 2002). So konnten lediglich für den Siethener See bei Ludwigsfelde (KLEINMANN et al. 2002) neben holozänen, ebenfalls nur teilweise annuell geschichtete Sedimente des Alleröds und auch der Jüngeren Dryas nachgewiesen werden. Derzeit laufende Untersuchungen an tiefen Seen des Haveleinzugsgebiets belegen neben der palynologisch meist erst im Übergang zum Alleröd einsetzenden limnischen Sedimentation (STRAHL 2004) ein Fehlen oder eine diskontinuierliche Ausbildung laminierter weichselspätglazialer Sedimente.

Damit stehen nach wie vor als Archive nur die im Bereich der mecklenburg-vorpommerschen und brandenburgischen Jungmoränenlandschaft und südlich letzterer verbreiteten, hauptsächlich durch Toteis entstandenen Hohlformen der Sölle, Seen und Moore sowie subglazialer Rinnen und Flussaltläufe mit ihren in der Regel nicht oder nur abschnittsweise jahreszeitlich geschichteten Sedimentfüllungen zur Verfügung.

Der bisherige Stand zeigt aufgrund der genetisch bedingt sehr ungünstigen Ablagerungsbedingungen in diesen Hohlformen eine häufig durch Hiaten, überwiegend sehr geringe Sedimentationsraten, des öfteren hohe Umlagerungsanteile oder zu geringe Auflösung der Pollendiagramme, eine nur in Teilen erfasste weichselspätglaziale Vegetationsentwicklung (vgl. Legende Abb. 1 für Brandenburg sowie für Mecklenburg-Vorpommern u. a. MÜLLER 1962, LANGE et al. 1986, JANKE 1996, STRAHL 1999, DE KLERK in KAISER et al. 1999, DE KLERK et al. 2001, ROWINSKY & STRAHL 2004). Gut entwickelte Spätglazialprofile, wie aus Rheinland-Pfalz (u. a. LITT et al. 2001, 2003), Niedersachsen (MERKT & MÜLLER 1999), Schleswig-Holstein (MENKE 1968 und die darin zitierten, BOCK et al. 1985, MÜLLER & KLEINMANN 1998), Thüringen (MÄUSBACHER et al. 2001), Sachsen-Anhalt (MATHEWS 1997) und Mecklenburg-Vorpommern (KRIENKE & STRAHL 1999) publiziert, sind bisher sehr selten und aufgrund der oben genannten Ablagerungsbedingungen nur bedingt vollständig.

Das Auftreten von Hiaten bzw. zu geringer Sedimentationsraten und das häufig daraus resultierende Nichterfassen bestimmter Abschnitte aufgrund zu großer Probenabstände zieht insbesondere für die Thermomere Bölling und Alleröd gravierende Probleme nach sich. So führt das Fehlen bzw. Nichterfassen der zwischen beiden Thermoren liegenden, nach Jahresschichtenzählungen nur 180 bis 185 Jahre (Tab. 1) andauernden Kälteschwankung der Älteren Dryas zwangsläufig zum Aushalten des so genannten Bölling-Alleröd-Komplexes. Die böllingzeitliche (Baum-) Birkenausbreitung wird entweder in das ältere, meist Birken-dominierte Alleröd (u. a. MÜLLER 1971, USINGER 1975 u. ff., DE KLERK zuerst in KAISER et al. 1999 und zuletzt in TERBERGER et al. 2004) miteinbezogen oder wie schließlich bei WOLTERS (2002), das ältere Alleröd in das Bölling gestellt. Nun sind insbesondere die von WOLTERS (2002) und DE KLERK (zuletzt in TERBERGER et al. 2004) präsentierten Lösungen auf den ersten Blick sicher sehr praktikabel. Beide Gliederungsvorschläge basieren jedoch auf Untersuchungen an präallerödzeitlichen Profilen, die stark kondensiert oder unvollständig und damit schlecht auflösbar (Kienfenn, Jungfernfenn, WOLTERS 2002, Abb. 1) oder durch permanente Resedimentation geprägt sind (Endinger Bruch, TERBERGER et al. 2004). Der aus welchem der oben genannten Gründe auch immer fehlende Nachweis von weichselspätglazialen Schichtgliedern vor dem Alleröd kann jedoch nicht zur Folge haben, diese aus dem generellen Ablauf des Weichselspätglazials, so durch Zusammenfassung zu eliminieren. Es bliebe damit keine Möglichkeit der Interpretation

● Profile mit quasi vollständigem Weichselspätglazial ab dem Weichselpleniglazial/Meiendorf:

1 Stolpsee (Strahl 2004), WP – ÄD, AL 2/3 - JD
2 Kersdorf-Briesen (Schulz & Strahl 2001), MEI - JD
3 Paddenluch (Kossler et al. 2004, Strahl 2005), WP - JD
4 Neue Wiesen, TLP 10, WP - JD
5 Pechsee (Brande 1980a, 1988, 1990), (MEI - ÄD), AL 1 - JD
6 Langes Fenn bei Wilhelmshorst (Müller 1971), WP - JD
7 Großes Fercher Moor (Brande in Böse et al. 1993), WP - MEI, (ÄÄD - ÄD), AL 1 - JD
8 Schollene (Mathews 1997), WP - JD

● Profile mit fragmentarischem Prä-Alleröd bzw. mit Entwicklung ab der Ältesten Dryas/Bölling, Bölling, Bölling/Ältere Dryas oder Älterer Dryas:

9 Schulzensee bei Zechow (Schoknecht in Gärtner 1998), ÄD? - JD
10 Diebelsee (Schlaak & Schoknecht 2002), (BÖ) ÄD, AL2/3 - JD
11 Serwest (Müller 1967), ÄÄD - JD
12 Leckerpfuhl (Müller 1966b, Endtmann 1998), BÖ/ÄD - JD
13 Großer Krebssee (Jahns 2000), ÄD - JD
15 Wukenfurche (Schoknecht in Schlaak 1993), ÄD - JD
16 Summt (Müller 1970), ÄÄD - JD
17 „Germanenbad“ Berlin-Buch (Schoknecht in Gärtner 1993), BÖ/ÄD? - JD
18 Bogensee (Schoknecht in Gärtner 1993), ÄD - AL
19 Jungfernfenn (Wolters 2002), ÄÄD-BÖ, AL2-4 - JD
20 Kienfenn (Wolters 2002), (MEI) ÄÄD, BÖ/AL1 - JD
21 Kleiner Rohrpfuhl (Brande 1980b), ÄD? - JD
22 Postfenn (Brande in Böcker et al. 1986), ÄD? - JD
23 Siepegrabenmoor (Brande et al. 1990), BÖ/ÄD - JD
24 Breitlingsee (Strahl 2004), BÖ/ÄD?, AL 2/3 - JD
25 Lehnin-Nord (Müller 1970), ÄÄD - JD
26 Kleines Fercher Moor (Brande in Böse et al. 1993), BÖ/ÄD? - JD
27 Langes Fenn bei Potsdam (Wolters 1999), (ÄÄD/BÖ), AL - JD
28 Mittelbusch (Wolff 2002), ÄD - JD
30 Drahendorf (Schulz & Strahl 1997), ÄD - JD
31 Seddiner See (Strahl 1996), BÖ - JD
32 Blankensee (Müller in Kleinmann et al. 2002), (ÄÄD), MEI/BÖ?, AL 4 - JD
33 Töpchin (Lange in Juschus 2000), BÖ - JD
34 Stülper See (Giesecke in Juschus 2000), BÖ - JD
35 Dürrenhofer See (Hinz & Brande in Juschus 2000), ÄD - JD
36 Spreemäander nordöstlich Köthener See (Hinz & Brande in Juschus 2000), BÖ/ÄD
37 Kleiner Mochowsee (Jahns 1999), ÄÄD/ÄD?
38 Leipe, ÄÄD - JD
39 Byhleguhrer Bagen (Strahl in Poppschötz 1999), ÄÄD - JD
40 Groß Lieskow (Bittmann & Pasda 1999), ÄÄD - JD
41 Merzdorf, Profil 5 (Poppschötz & Strahl 2004), ÄÄD-BÖ?

● Profile mit Entwicklung ab dem Alleröd bzw. lediglich Jüngerer Dryas:

42 Unteruckersee (Jahns 2001), AL 2/3 - JD
44 Wittwesee (Strahl 2004), AL 2/3 - JD
45 Großer Stechlinsee (Brande 2002), AL 4 - JD
47 Kleiner Barschsee (Krey & Kloss 1990), AL 4 - JD
48 Buchholz (Kloss 1980), AL 1 - JD
49 Felchowsee (Jahns 2000), JD
50 Runder Köllnsee (Schoknecht in Schlaak 1997), AL 2/3 - JD
51 Postdüne (Schoknecht in Schlaak 1993), AL 2-4 - JD
52 Großes Postluch (Schoknecht in Schlaak 1993), AL 3/4 – JD
54 Schlangenpfuhl (Kloss 1994), AL 4 - JD
58 Schwanengrabenrinne (Wolters 2002), AL 1-4
59 Weidenkuhle (Wolters 2002) – BÖ/AL 1? - JD
60 Tegeler See (Brande 1980a, 1988, 1990), AL 2/3 - JD
65 Siethener See (Müller in Kleinmann et al. 2002), AL 1? - JD
71 Merzdorf, Profil 1 und 2 (Poppschötz & Strahl 2004), AL - JD
72 Cottbus-Nord, Dryaswald (Spurk et al. 1999), JD

Erläuterung der Fundpunkte in Abbildung 1

Explanation of discovery points figure 1

der in der Nachbarschaft (vgl. Abb. 1) vorhandenen hochauflösenden Sequenzen.

Die weiterhin auch von der Lage eines Bohr- bzw. Aufschlusspunkts in einem Sedimentationsraum abhängige vollständige Erfassung weichselspätglazialer Sedimente lässt sich insbesondere anhand des Aufschlusses Paddenluch (KOSSLER et al. 2004, STRAHL 2005) deutlich machen (siehe Kap. 2.2.4).

Die vorliegende Arbeit fasst die Untersuchungsergebnisse von MÜLLER (1965, 1966a, 1969, 1970), BRANDE (1980a, 1988, 1990), SCHULZ & STRAHL (2001) und schließlich WOLTERS (2002) hinsichtlich der Erarbeitung einer anwendbaren Gliederung der weichselspätglazialen Ablagerungen Berlin-Brandenburgs zusammen und ergänzt bzw. erweitert diese anhand der Vorstellung von sieben bisher nicht veröffentlichten Pollendiagrammen.

Der Auswertung lagen insgesamt 73 Profile aus Berlin-Brandenburg zugrunde, von denen in diese Arbeit aus Platzgründen jedoch nur 55 (Abb. 1) aufgenommen werden konnten. Dies erklärt auch die numerischen Fehlstellen in Abbildung 1. Die vollständige Liste der Literaturzitate, die um die fehlenden Fundpunkte ergänzte Abbildung 1 sowie die Pollendiagramme der holozänen Profilabschnitte der Bohrungen Kersdorf-Briesen, Byhleguhrer Bagen und das Pollendiagramm der Bohrung Seddiner See können als gesonderte PDF-Datei unter Strahl@lbgr.org angefordert werden. Daneben flossen zahlreiche Referenzprofile mit einem mehr oder weniger vollständig ausgebildeten Weichselspätglazial aus dem übrigen Bundesgebiet (s. o. sowie MÜLLER 1953, MÜLLER & KOHL 1966, FRIEDRICH et al. 2001) mit in die Auswertung ein. Zitierte Diagramme mit abweichenden Bezugssummen wurden zu diesem Zweck auf die Gesamtpollensumme [Baumpollen (BP) + Nichtbaumpollen (NBP) = 100%] umgerechnet. Die palynostratigraphische Einstufung der Profile folgt in modifizierter Form der 1999 durch KRIENKE & STRAHL bzw. 2001 durch SCHULZ & STRAHL publizierten Gliederung des Weichselspätglazials (vgl. Tab. 1-3, Abb. 2). Gegenüber dem für die Geologischen Dienste verbindlichen Symbolschlüssel Geologie (PREUSS et al. 1991) weichen die hier verwendeten Zonensymbole lediglich durch das Weglassen des Kürzels qw und den Ersatz des Kürzels T für Tundrenzeit durch D für den inzwischen gebräuchlicheren Begriff Dryas ab. Noch nicht berücksichtigt im Symbolschlüssel Geologie sind derzeit die Abschnitte des Meiendorf und der Gerzenseeos-

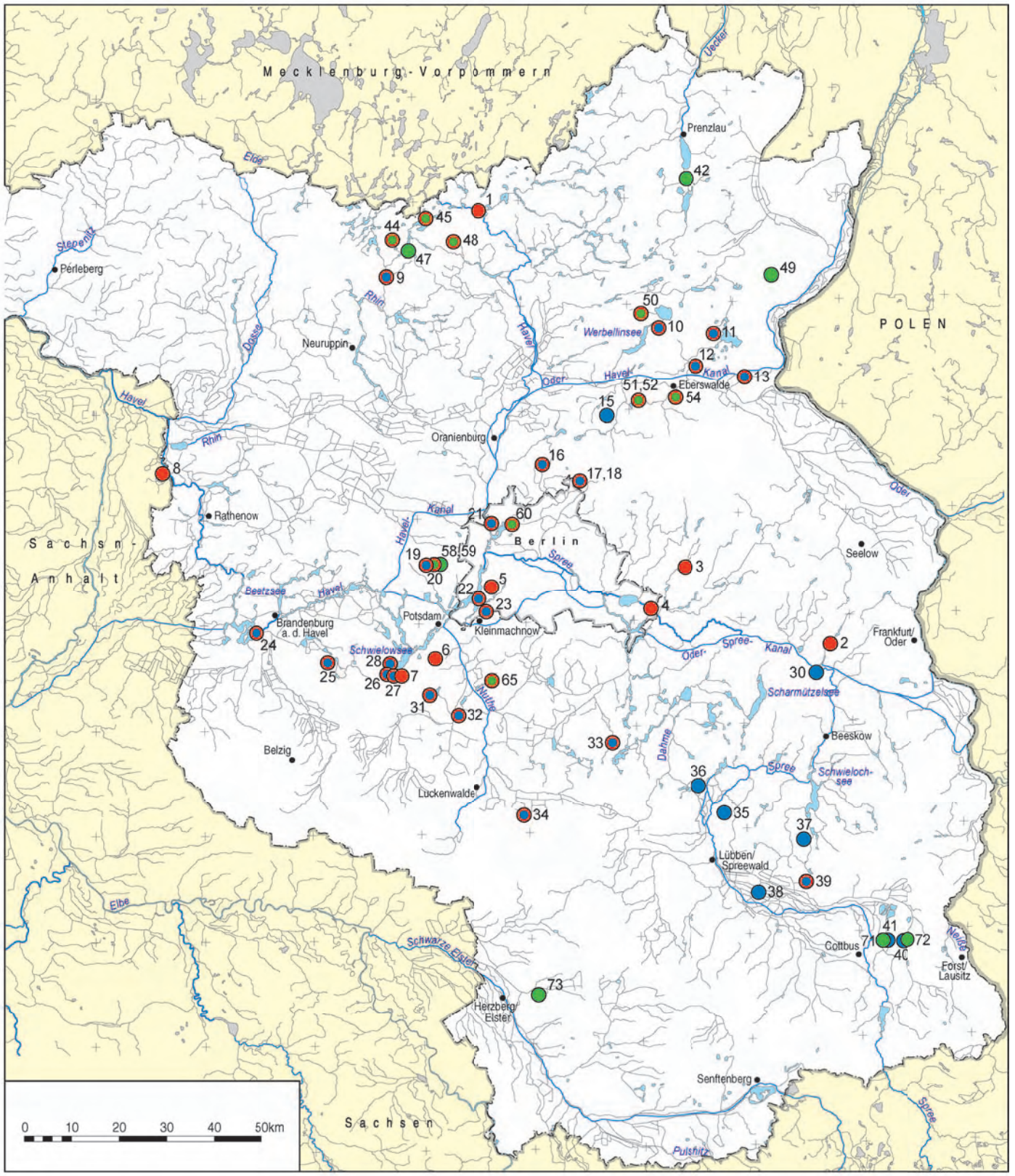


Abb. 1
Lage der in Berlin-Brandenburg ausgewerteten Pollenprofile weichselspätglazialer Ablagerungen inklusive ihrer stratigraphischen Reichweite, o *Roter Außenkreis bzw. rote Markierung = Fundpunkt Laacher See Tephra (LST)*

Fig. 1
Position of the evaluated pollen profiles with late-glacial sediments from the Berlin-Brandenburg area including stratigraphical ranging, o *Red ring and marking respectively = position of Laacher See Tephra (LST)*

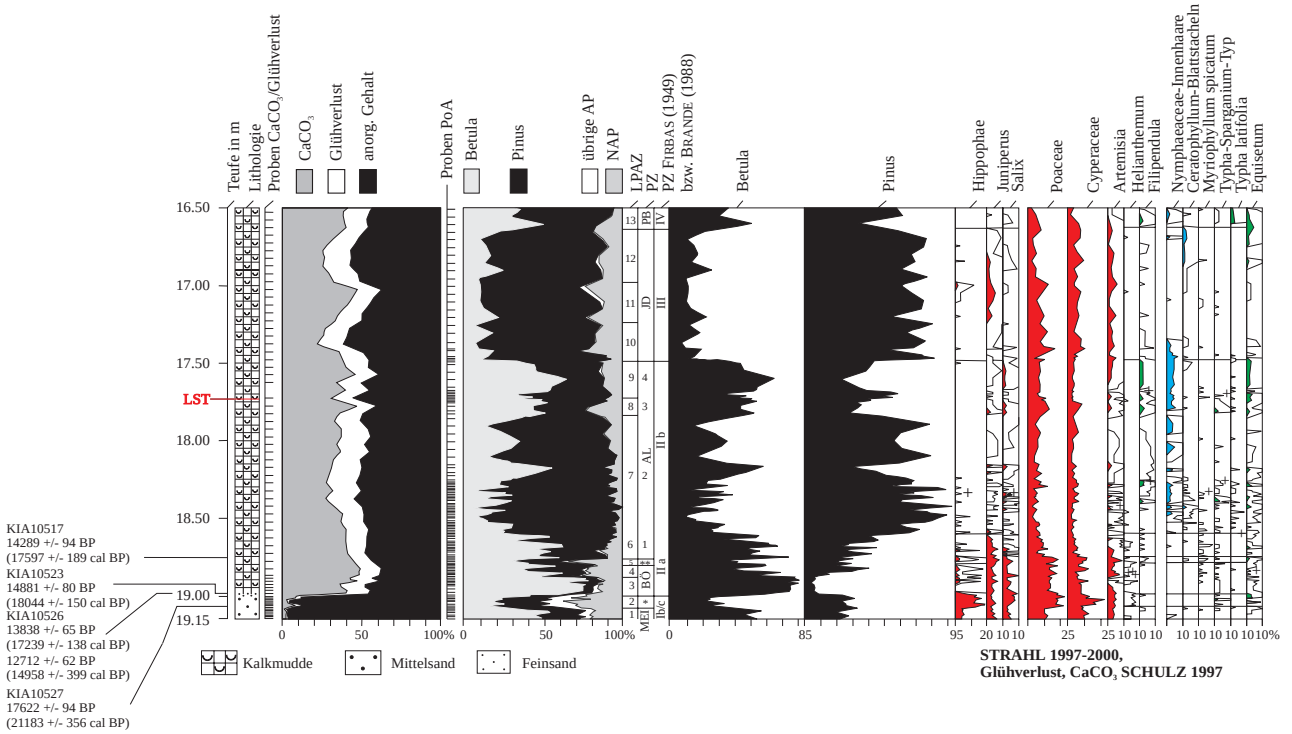


Abb. 2
Pollendiagramm der Bohrung Kersdorf-Briesen, weichselspätglazialer Teil
** = ÄÄD, ** = ÄD, Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht,*
+ = außerhalb der Grundsumme

Fig. 2
Pollen diagram of borehole Kersdorf-Briesen, Late Weichselian part
** = ÄÄD, ** = ÄD, basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration,*
+ = out of basis sum

zillation (LOTTER et al. 1992). Das Meiendorf ist seit 1999 in die am LBGR gebräuchliche Gliederung des Pleistozäns in Brandenburg (LIPPSTREU 1999) aufgenommen und landesintern in den Symbolschlüssel integriert.
Der derzeit einzige absolute Zeitmarker für die vorliegende Bearbeitung ist neben einigen ^{14}C-Daten (vgl. Kap. 3) die in 41 der hier verglichenen Profile nachgewiesene Laacher See Tephra (LST, Abb. 1). Zum besseren Zeitverständnis sind in Tabelle 1 und 2 daher zu den einzelnen Pollenzonen die von MERKT & MÜLLER (1999) und LITT & STEBICH (1999) ermittelten kalibrierten Warvenjahre BP für den Beginn bzw. die absolute Dauer einer Pollenzone angegeben.

2. Gliederung der weichselspätglazialen Ablagerungen

Es werden die Grundlagen der in den hier vorgestellten Beispielpollendiagrammen (Abb. 2-6, 8-9) angewendeten Gliederung im Vergleich mit anderen Gliederungen des Weichselspätglazials im Bundesgebiet erläutert (Tab. 3).
Der Bio- bzw. Pollenzonierung (Tab. 1-3) für die Region Berlin-Brandenburg sind als Richtprofile das Paddenluch und die Bohrung TLP 10 für den Übergangsbereich Weichselpleni-/Weichselspätglazial (Abb. 3a, 4, 8-9) und ab dem Meiendorf die Bohrung Kersdorf-Briesen (Abb. 2) in Ostbrandenburg als Pendant zum Profil Schollene (Sachsen-Anhalt, MATTHEWS 1997) unmittelbar an der westbrandenburgischen Grenze (Abb. 1) zugrunde gelegt.
Die in Tabelle 2 im Vergleich mit NW-Deutschland (LITT & STEBICH 1999) zusammengefassten Charakteristika der einzelnen Biozonen wurden auf Grundlage der Auswertung der am vollständigsten ausgebildet erscheinenden Profile in Berlin-Brandenburg (vgl. Abb. 1, Nr. 1-8) abgeleitet. Dies erfolgte unter Berücksichtigung besonders auffälliger und übereinstimmender Merkmale, wie das Einwanderungsverhalten bestimmter Gehölze: Birke (*Betula*), Kiefer (*Pinus*), Sanddorn (*Hippophaë*), Weide (*Salix*) und Wacholder (*Juniperus*) sowie charakteristischer Nichtbaumpollenlieferanten (NBP): Süß- (Poaceae) und Sauergräser (Cyperaceae), Beifuß (*Artemisia*), Sonnenröschen (*Helianthemum*), Krähenbeere (*Empetrum*), Wegerich (*Plantago*), Steinbrech (*Saxifraga*), Grasnelke (*Armeria*), Wiesenraute (*Thalictrum*), Labkraut (*Galium*) und Mädesüß (*Filipendula*).
Insbesondere die tiefen Profile Schollene und Kersdorf-Briesen bieten aufgrund ihrer ungestörten Kalkmuddesedimenta-

Tab. 1
Gliederung des Weichselspätglazials und Holozäns in Berlin-Brandenburg (B-B) durch die geologische Landesaufnahme des LBGR (Stand LIPPSTREU 1999, verändert und erweitert)

Tab. 1
Division of the Late Weichselian and Holocene in Berlin-Brandenburg (B-B) by the Geological Survey of Brandenburg (state LIPPSTREU 1999, changed and advanced)

	PZ B-B	Pollen- / Biozonen/ Klimaperioden nach FIRBAS (1949/52)			absolute Dauer*/**	Warvenjahre BP nach MERKT & MÜLLER (1999)* bzw. LITT & STEBICH (1999)**
HOLOZÄN	JSA	X	c	(Neuzeit, *Fagopyrum esculentum*)		468* (1400 n. Chr.)
			b	**Jüngeres Subatlantikum** (Hochmittelalter, Beginn des Wintergetreideanbaus)		(1250 n. Chr.)
			a	(Frühes Mittelalter/ Hochmittelalter, verstärkter Roggenanbau)		818* (?1050 n. Chr.)
	ÄSA	IX		**Älteres Subatlantikum**	910*	2378*
	SB	VIII		**Subboreal**	3282*	5660*
	JA	VII		**Jüngeres Atlantikum**	3558*	
	ÄA	VI		**Älteres Atlantikum**		~9218*
	B	V		**Boreal**	1442*	10 640*
	PB	IV		**Präboreal**	920*	11 560*/11 590**
SPÄTGLAZIAL	JD	III		**Jüngere Dryas**	1140*/1090*	~12 700*/12 680**
	AL	II		**Alleröd**	625*/670**	~13 325*/13 350**
	ÄD	Ic		**Ältere Dryas**	185*/180**	13 540**
	BÖ	Ib		**Bölling**	135*/140**	13 670**
	ÄÄD	Ia		**Älteste Dryas**	140*/130**	13 800**
	MEI			**Meiendorf**	635*/650**	14 420*/~14 450**
	WP			**Weichsel-Pleniglazial**		

*/** bei den zum Vergleich herangezogenen absoluten Altersangaben von MERKT & MÜLLER (1999) aus nordwestdeutschen Seen bzw. von LITT & STEBICH (1999) aus dem Meerfelder Maar handelt es sich um Warvenjahre BP. Das jeweilig aufgeführte Alter markiert immer den Beginn einer Pollenzone. Die in Klammern angegebenen Daten sind auf Sonnenjahre umgerechnete (kalibrierte) ^{14}C-Alter (Angabe n. Chr. bei archäologisch wichtigen Ereignissen).

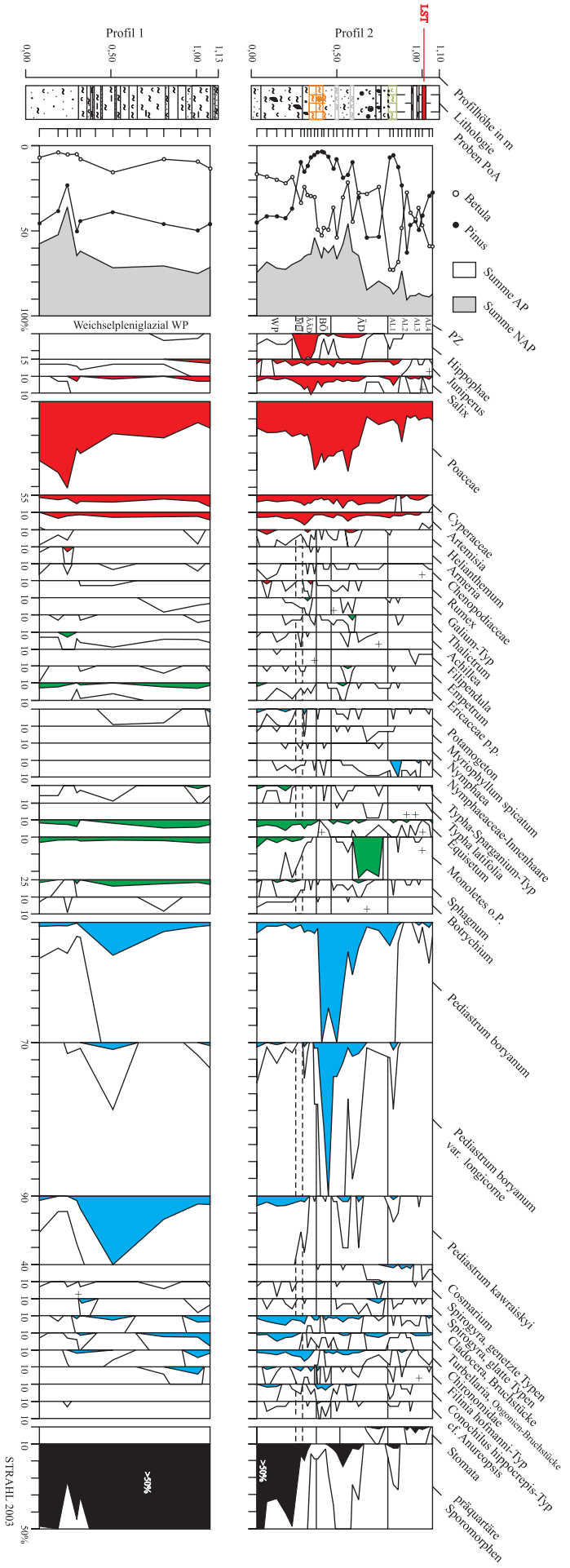
tion ab dem Weichselpleniglazial bzw. dem Meiendorf die Möglichkeit, auch solche Profile einzuhängen, die aufgrund zu geringer oder fehlender Sedimentation oder zu niedriger Auflösung der Pollendiagramme nur Ausschnitte der weichselspätglazialen Vegetationsentwicklung, also „Zeitscheiben" reflektieren.

Nur acht der hier 55 zugrunde gelegten Profile zeigen eine mit dem Weichselpleniglazial bzw. dem Meiendorf-Thermomer als erstem Schichtglied des Weichselspätglazials einsetzende Entwicklung (vgl. Abb. 1 stratigraphische Reichweiten, teilweise umgedeutet). An zumindest 16 weiteren Standorten liegt der pollenanalytisch erfasste Beginn der limnischen Sedimentation im Zeitraum Älteste Dryas bis Bölling. Die derzeitige Verteilung der Untersuchungspunkte mit einem relativ vollständigen Weichselspätglazial vermittelt in erster Linie den Untersuchungsstand und nicht ihre tatsäch-

Tab. 2 *Vegetationsgeschichtliches Schema für das Weichselspätglazial Berlin-Brandenburgs*
↑/↑↑ = Anstieg bzw. Steilanstieg, ↓↓/↓ = Rückgang bzw. sehr starker Rückgang

Tab. 2 *Scheme of Late Weichselian vegetation history of Berlin-Brandenburg*
↑/↑↑ = normal respectively strong increase, ↓↓/↓ = normal respectively strong decline

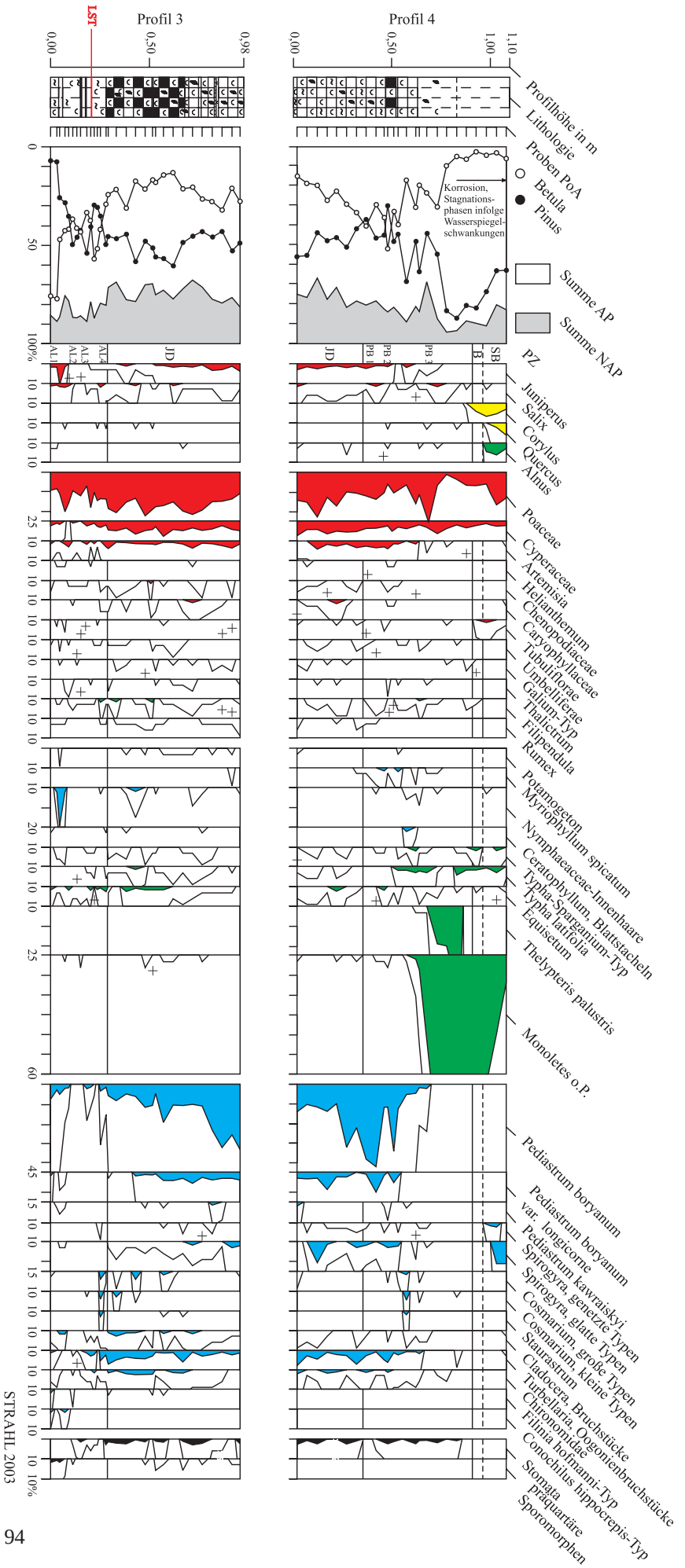
Warvenjahre BP LITT & STEBICH 1999	Vegetationsgeschichtliche Abschnitte Berlin-Brandenburg	Regionale Bio- oder Pollenzone	Biozonen NE-Deutschland
		PB	**Holozän Präboreal**
11 590	↑ Kiefer, Birke, ↓Wacholder, NBP		
	offene Vegetationsgemeinschaften: Beifuß-Grasheiden und andere Heliophyten; Strauchformationen mit Wacholder, Weide und Zwergbirke insbesondere im mittleren Teil, lichte Bewaldung mit Kiefer, Baumbirke und seltener Espe	JD	**Jüngere Dryas**
12 680	↓Birke, Kiefer, ↑NBP, Beifuß, Wacholder		
	Kiefern-Birken-Wälder	AL 4	
12 880	LST	AL 3	
	--- ↑Birke, nachfolgend ↑NBP	(Gerzensee-Oszillation)	
	Kiefern-(Birken)-Wälder	AL 2	**Alleröd**
	--- ↑Kiefer, Mädesüß, ↓NBP, Weide, Wacholder		
	Birken-(Kiefern)-Wälder	AL 1	
13 350	↑↑Birke, Wacholder-Max., teils synchron ↑Kiefer, ↓NBP, Beifuß		
	offene Vegetationsgemeinschaften mit Beifuß, Gräsern und anderen Heliophyten, Strauchformationen mit Weide, Sanddorn ausklingend, teils Baumbirken-Bestände	ÄD	**Ältere Dryas**
13 540	↓Betula, ↑Weide, (Sanddorn), NBP, Beifuß, sekundär ↑Kiefer		
	offene Baumbirken-(Kiefern?)-Bewaldung	BÖ	**Bölling**
13 670	↑↑Birke, Wacholder-Maximum, ↓↓Sanddorn, NBP, ↑Weide, Kiefer		
	Sanddorn-Weiden-Strauchformationen und Heliophyten: vor allem Süß- und Sauergräser, Beifuß, Sonnenröschen	ÄÄD	**Älteste Dryas**
13 800	↑↑Sanddorn (teils 2. Maximum), ↑NBP, teils Weide, sekundär ↑Kiefer		
	Strauchformationen mit Sanddorn, Weide und Zwergbirke sowie Heliophyten	MEI	**Meiendorf**
14 600	↑Kiefer, präquartäre Sporomorphen, ↑Sanddorn (teils 1. Maximum), nachfolgend ↑Birke, ↑Weide, Wacholder, Beifuß		
	arktische Vegetationsgemeinschaften mit überwiegend Heliophyten, vor allem Süß- und Sauergräser, Grasnelke	WP	**Weichselpleniglazial**



liche Verbreitung im Gebiet von Berlin und Brandenburg. Trotzdem lässt sich aus der Lage der Profile erkennen, dass vor allem die quasi kompletten Abfolgen, ähnlich dem Holstein- oder Eem-Interglazial, eine Bindung an subglaziäre Rinnen, tiefere, durchflossene Rinnenseen und Flussaltläufe zeigen. Es wird vermutet, dass in diesen Sedimentationsräumen durch das permanente Überfließen der Toteiskörper das Austauen wesentlich früher als in den abgeschlossenen und meist wesentlich flacheren Hohlformen der Sölle und Seen einsetzen konnte und dadurch eine Sedimentation bereits im Übergang Weichselpleniglazial/Meiendorf möglich wurde. KLEINMANN et al. (2002) setzen für nicht durchflossene Seen, die tiefer als 2 m sind, eine ganzjährige „Tauphase“ voraus. D. h., die Seen sind zu tief, um durchfrieren zu können. Das dadurch unterbundene Vordringen von Permafrost an den Seeboden ermöglichte somit ein fortlaufendes Austauen, maßgeblich ab dem Alleröd. In Berlin-Brandenburg zeigen immerhin 39 der ausgewerteten Profile (Abb. 1) eine Entwicklung vor dem Alleröd. Neben dem bereits oben genannten Übergangsbereich Älteste Dryas/Bölling liegt aber der Hauptschwerpunkt des Austauens erst im Zeitraum ausgehendes Bölling/Ältere Dryas/beginnendes Alleröd (15) bzw. im Alleröd selbst (14) und fand größtenteils seinen Abschluss im Übergang zur Jüngeren Dryas. Infolge des austaubedingten Absinkens des Untergrunds der Sedimentationsräume kam es vielerorts zu einem wenigstens kurzfristigen Grundwasserspiegelanstieg („Ertrinken“ allerödzeitlich gebildeter Torfe, z. B. Paddenluch, Abb. 3a-b). Neben dem begleitenden lithologischen Wechsel lässt sich dies durch die Ausbreitung von Wasserpflanzen sowie Algen und anderer Mikroorganismen belegen, so u. a. von Wasserflöhen der Gattung *Bosmina*, die einen Übergang von Flach- zu Tiefwasserbedingungen anzeigen (MERKT & MÜLLER 1998).

Abb. 3a
Pollendiagramme der Profile 1 und 2 des Hauptaufschlusses Paddenluch
Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme; Legende vgl. Abb. 10

Fig. 3a
Pollen diagrams of profile 1 and 2 of the main outcrop of Paddenluch
basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum; legend see fig. 10



STRAHL 2003

2.1 Weichselpleniglazial (WP)

Zu den Ablagerungen des Weichselpleniglazials können nur in eingeschränktem Maße Aussagen getroffen werden, da in den betreffenden Profilen (Abb. 1), abhängig von der Endteufe der Bohrungen und der Pollenführung der Sedimente sehr unterschiedliche Mächtigkeiten untersucht wurden. Ein direkter Vergleich beispielsweise der Sedimentationsraten ist daher nicht möglich. Die untersuchten Mächtigkeiten liegen zwischen maximal 4,48 m (Schollene) und minimal 0,04 m (Kersdorf-Briesen).

Gewöhnlich wurden in diesem Zeitraum gröber- und feinklastische Sedimente (vor allem Sande), aber auch Schluffe und im Falle des Profils Schollene bereits Kalkmudde akkumuliert.

Insgesamt präsentiert sich das Weichselpleniglazial als ein noch waldfreier Vegetationsabschnitt, es waren heliophile, an trockenkalte Bedingungen angepasste Kräutersippen, vor allem Süßgräser, Beifuß, Sonnenröschen, seltener Grasnelke, Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae), Schafgarbe (*Achillea*), Ampfer (*Rumex*), Enziangewächse, der alpin-arktische Silberwurz (*Dryas octopetala*) sowie an feuchteren Standorten

Abb. 3b
Pollendiagramme der Profile 3 und 4 des Hauptaufschlusses Paddenluch
Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme;
Legende vgl. Abb. 10

Fig. 3b
Pollen diagrams of profile 3 and 4 of the main outcrop of Paddenluch
basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum;
legend see fig. 10

Tab. 3
Pollenstratigraphische Gliederungsschemen für das Weichselspätglazial in Berlin-Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, der Eifelregion und Schleswig-Holstein
/ ergänzt nach KRIENKE & STRAHL (1999) bzw. SCHULZ & STRAHL (2001)*

Tab. 3
Palynostratigraphical Schemes of division of the Late Weichselian of Berlin-Brandenburg, Saxony-Anhalt, Lower Saxony, the Eifel region and Schleswig-Holstein
/ supplemented after KRIENKE & STRAHL (1999) respectively SCHULZ & STRAHL (2001)*

Biozonen	FIRBAS (1949, 1952)	Brandenburg MÜLLER (1965 - 1971)	Berlin-Brandenburg BRANDE (1980, 1988)	Berlin-Brandenburg WOLTERS (2002)	Berlin-Brandenburg*, Mecklenburg-Vorpommern**	Sachsen-Anhalt MATHEWS (1997)	Niedersachsen MERKT & MÜLLER (1999)	Eifelregion STEBICH (1999)	Schleswig-Holstein MENKE in BOCK et al. (1985)
Jüngere Dryas	III	III	III	III	JD	III	IIIa-b	4	JDR
	IIb	IIb	IIb	IIc	AL 4	IIc	IIc	3c3	ALc
Gerzensee-Oszillation				IIb	AL 3			3c2	ALb
Alleröd				IIa	AL 2	IIb	IIb	3c1	ALa
	IIa	IIa			AL 1	IIa	IIa		
Ältere Dryas	Ic	Ic	IIa	Ib-c	ÄD	Ig	Ic	3b	MDR
Bölling	Ib	Ib			BÖ	Id-If	Ib	3a	BÖ
Älteste Dryas	Ia	Ia	Ibc	Ia-MEI	ÄÄD	Ic	Ia	2	ÄDR
Meiendorf					MEI	Ia-b	MEI	1	M
Weichselpleniglazial				--	WP	WH	Pleniglazial	Pleniglazial	WH

Sauergräser, Labkraut und Wiesenraute verbreitet. Bereits vorhandene, vermutlich Zwerg- oder Kriechstrauchformationen wurden durch Zwergbirke (*Betula nana*), Weide, Sanddorn und Wacholder gebildet. Ferner sind hohe bis sehr hohe Pollenfrequenzen der Kiefer (wohl überwiegend umgelagert) und von Sporomorophen aus dem Präquartär (Paddenluch: Tertiär, Mesozoikum) und älteren Interglazialen [Blankensee: Eem (KLEINMANN et al. 2002), Paddenluch: Holstein] kennzeichnend.

Im Profil Schollene erscheint das Weichselpleniglazial zweigeteilt: der obere Teil (PZ Ia, Tab. 3) wird durch MATHEWS (1997), wie auch bei DE KLERK (zuletzt in TERBERGER et al. 2004) als Beginn des Weichselspätglazials aufgefasst und nicht wie hier gehandhabt (Tab. 1-3), das Meiendorf als Spätglazial-einleitendes Interstadial gesehen. Seine pollenanalytische Entsprechung findet dieser Abschnitt wahrscheinlich im unteren bzw. frühen Meiendorf des Hämelsees (MERKT & MÜLLER 1999) und des Meerfelder Maares (STEBICH 1999) mit noch sehr niedrigen Anteilen von Birke, Weide, Wacholder und Beifuß, aber sehr hohen NBP-Anteilen.

In den Profilen Großes Fercher Moor (BRANDE in BÖSE et al. 1993) und TLP 10 (Abb. 4) liegen für diesen Abschnitt bereits erhebliche Sanddorn-Werte vor, die eher für eine Einstufung in das untere Meiendorf sprächen. Da diese Werte jedoch an beiden Fundpunkten mit hohen Kiefern- und präquartären Umlagerungsanteilen zusammenfallen, wird von einem weichselpleniglazialen Bildungszeitraum bzw. einer Durchmischung älterer und jüngerer Sedimente ausgegangen. Im nahezu umlagerungsfreien Richtprofil Kersdorf-Briesen (Abb. 2) sind die Pollenspektren aufgrund ihrer Pollenarmut nicht aussagekräftig. Die ersten statistisch abgesicherten Ergebnisse legen eine Zugehörigkeit bereits zum jüngeren Meiendorf nahe, der erste nachvollziehbare Steilanstieg der Sanddornkurve fällt hier in den Zeitraum der Ältesten Dryas (s. ff.).

Der von MÜLLER (1971) im Langen Fenn bei Wilhelmshorst als PZ Ia ausgewiesene Abschnitt entspricht nicht der PZ I a sensu FIRBAS (1949, 1952) und damit der Ältesten Dryas (= PZ ÄÄD, Tab. 1, 3) i. e. S. Die PZ wird in Tabelle 3 in ihrer Reichweite nach unten erweitert, da sie aufgrund der vorliegenden Befunde offensichtlich den Zeitraum des ausgehenden Weichselpleniglazials, das Meiendorf und die Älteste Dryas umfasst. Der weiterhin als PZ Ib ausgehaltene und mit dem Bölling sensu FIRBAS (1949, 1952) parallelisierte Abschnitt gelangt damit in das stratigraphische Niveau des Meiendorf. An den übrigen Fundpunkten von MÜLLER (1967, 1970) scheint die gewählte Gliederung hinsichtlich der palynostratigraphischen Merkmale zumindest ab dem Bölling zutreffend. Die bezüglich der Reichweite der PZ Ia vorgenommene Änderung in Tabelle 3 müsste aber auch für die PZ Ia sensu FIRBAS (1949, 1952) gelten, da zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung bereits die von SCHÜTTRUMPF (1936, 1943) publizierten Vorkommen von Meiendorf und Stellmoor bekannt waren.

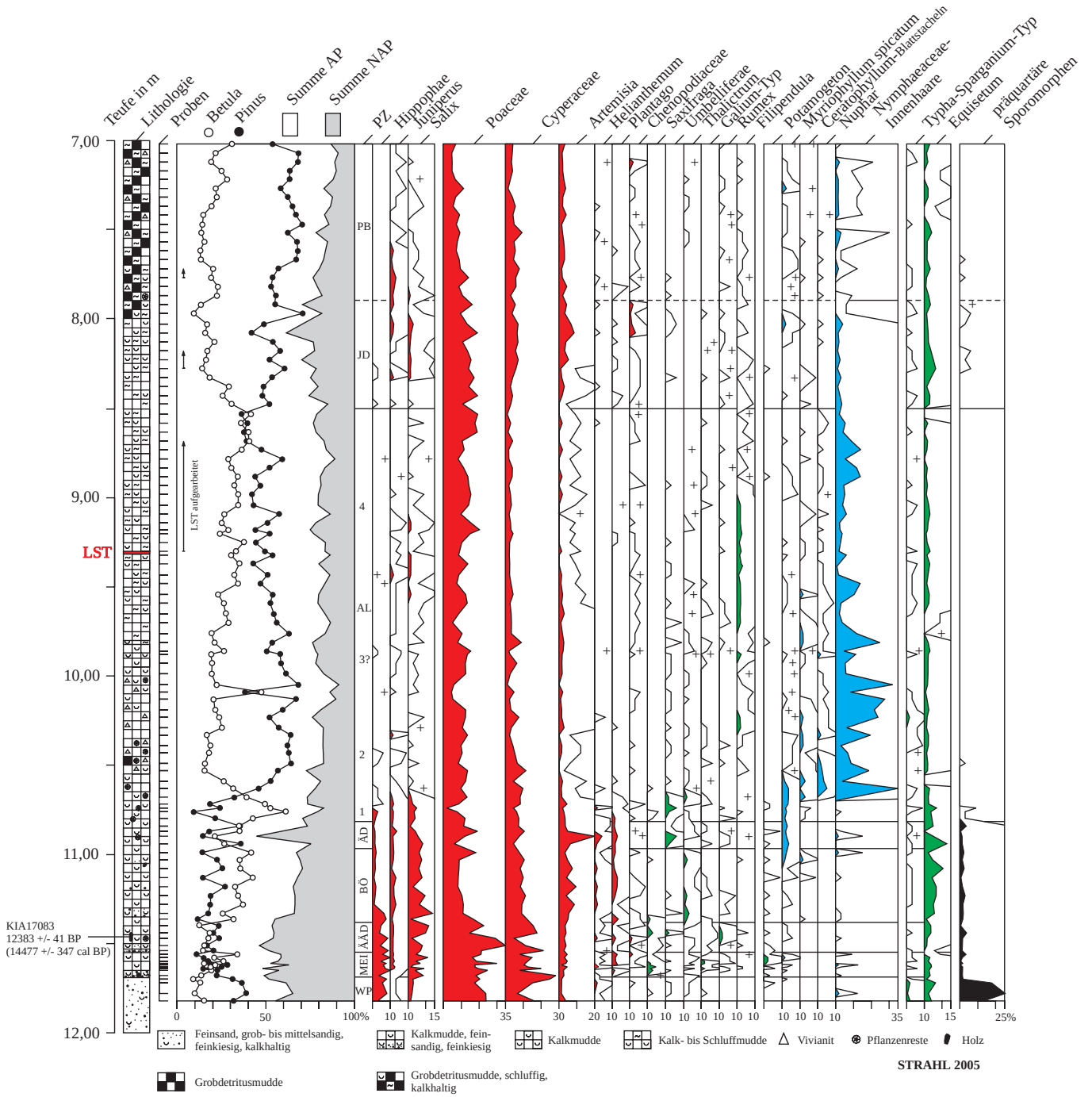


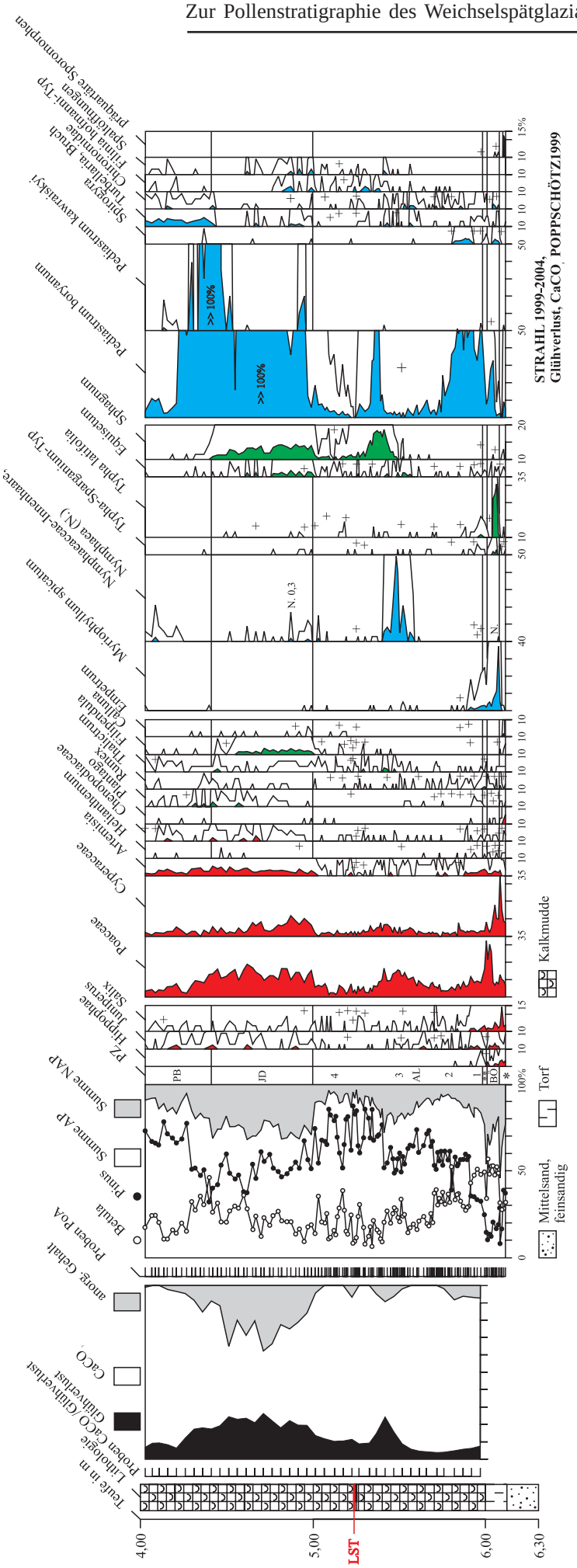
Abb. 4
Pollendiagramm der Bohrung TLP 10
Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme

Fig. 4
Pollen diagram of borehole TLP 10
basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum

2.2 Weichselspätglazial

2.2.1 Meiendorf-Interstadial (MEI)

In den bisher bekannten Ablagerungsräumen mit meiendorfzeitlichen Sedimenten (Abb. 1) fand durch die beginnende Akkumulation von Mudde und Schluff eine grundlegende lithologische Umstellung statt. Ausgenommen davon bleibt das Profil Stolpsee (Abb. 6), das neben dem Pechsee (0,31 m; BRANDE 1980a, 1988, 1990) das insgesamt geringmächtigste Weichselspätglazial (0,69 m) überhaupt aufweist, hier liegt das Meiendorf in einem Feinsand. Steigende Karbonatge-



halte und rückläufige klastische Anteile belegen zudem die Glühverlust- und $CaCO_3$-Analysen am Profil TLP 10 (Grünert 2002). Wegen des im Untergrund kontinuierlich weiter austauenden Toteises und der sich damit sukzessive vertiefenden Sedimentationsräume zeigen die Schollene und Kersdorf-Briesen im Unterschied zur Mehrzahl der verglichenen Profile eine permanente Kalkmuddesedimentation. Hier bestand offensichtlich aufgrund der günstigen Bindung an eine subglaziale Rinne in Kersdorf-Briesen sowie der Lage beider Standorte über sandigem Untergrund im Hinterland der Endmoräne des Brandenburger Stadiums bzw. im Berliner Urstromtal ein ständiger Anschluss an den Grundwasserspiegel, der eventuelle Stagnationsphasen des Austauens kompensieren konnte. Dies war bei den meisten der übrigen Hohlformen nicht der Fall. Sie lagen zu diesem Zeitpunkt noch außerhalb geschlossener Grundwasserleiter und konnten lediglich anfallende Oberflächenwässer bei entsprechendem rückstauenden Untergrund zurückhalten. Im Falle diskontinuierlichen Austauens reagierten sie dadurch empfindlicher mit Sedimentationshiaten oder nur sehr geringen Sedimentationsraten. Die Mächtigkeitsunterschiede sind entsprechend hoch, von nur wenigen Zentimetern in den Profilen Paddenluch (0,01 m), Stolpsee (0,02 m) und Kersdorf-Briesen (0,04 m) bis zu mehr als 0,5 m in den Profilen Schollene und Großes Fercher Moor. Ein extremes Beispiel ist wiederum der Pechsee mit insgesamt 0,05 m präallerödzeitlichen Sedimenten.

Die untere Grenze des Meiendorf i. e. S. wird palynologisch mit dem (Steil-)Anstieg der Kurven von Sanddorn, Weide, Wacholder, Birke und Bei-

Abb. 5
Pollendiagramm der Bohrung Byhleguhrer Bagen II, weichselspätglazialer Teil
** = ÄÄD, ** = ÄD, Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht,*
+ = außerhalb der Grundsumme

Fig. 5
Pollen diagram of borehole Byhleguhrer Bagen II, Late Weichselian part
** = ÄÄD, ** = ÄD, basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration,*
+ = out of basis sum

fuß festgelegt (vgl. Abb. 3a, 4, Tab. 2). Der ersten Birkenausbreitung geht in den meisten der verglichenen Profile der vereinzelt kräftige Anstieg des Sanddorns (partiell 1. Maximum, z. B. Langes Fenn bei Wilhelmshorst) und zum Teil auch der Weide voraus. Nach Makrorestuntersuchungen von KOSSLER (schriftl. Mitt.) liegen für die vorböllingzeitlichen Profilabschnitte des Paddenluchs (Abb. 3a) und von Groß Lieskow (BITTMANN & PASDA 1999) lediglich Reste der Zwergbirke vor. Baumbirken sind mit der Moorbirke (*Betula pubescens*) und der Hängebirke (*B. pendula*) im Paddenluch erst ab dem Bölling nachweisbar, hier geht die Zwergbirke deutlich zurück. Möglicherweise gehört in dieser Hinsicht auch der durch MÜLLER (in KLEINMANN et al. 2002) böllingzeitlich eingestufte Abschnitt des Profils aus dem Blankensee (Abb. 1) mit überwiegend Zwergbirke, jedoch auffallend wenig Sanddorn in das Meiendorf.
Des Weiteren zeigt sich in den meisten Profilen ein deutlicher Rückgang der präquartären und älterinterglazialen Sporomorphen sowie der Kiefer. Die Kräuterflora besaß mit vor allem Süß- und Sauergräsern, Beifuß und Sonnenröschen sowie auch Wegerich, Steinbrech, Meerträubel (*Ephedra*), Krähenbeere und Moosfarn (*Selaginella selagionoides*) einen weiterhin bedeutenden Anteil am Vegetationsaufbau.
Als Vegetationstyp kämen offene Vegetationsgemeinschaften, durchsetzt mit strauch- bis möglicherweise sogar baumförmigen Zwergbirken, Sanddorn, Weide und Wacholder in Frage.

2.2.2 Älteste Dryas (ÄÄD)

Die mit 0,03 m (Stolpsee, Abb. 6) bis maximal 0,25 m (Kienfenn, WOLTERS 2002) sehr geringmächtige und in den zumindest 12 weiteren Profilen, die erst hier ihren Sedimentationsbeginn haben (vgl. Abb. 1), ganz sicher nur unvollständig überlieferte Älteste Dryas ist durch folgende Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung gekennzeichnet: Es zeigt sich ein Birken-Rückgang bei gleichzeitiger Wiederausbreitung von Kräutern, besonders Süß- und Sauergräsern, Beifuß und Sonnenröschen, aber auch der Krähenbeere (diese wegen des beschränkenden Kontinentalitätsgrads im westlichen Brandenburg konzentriert), Steinbrech, Ampfer und Wegerich sowie punktuell auch des Wacholders. Die Weide gelangte teilweise zur Maximalverbreitung [Häufung von Makroresten im Paddenluch, z. B. Netz- (*Salix reticulata*) und Krautweide (*S. herbacea*), Schneebodengesellschaften?]. Weiterhin wird in den meisten Profilen ein Wiederanstieg der Kiefern-Werte, des Öfteren durch erhöhte Werte präquartärer und älterinterglazialer Umlagerungen begleitet, deutlich.
Im Gegensatz zu den verglichenen Pollendiagrammen aus Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen verlagert sich der Sanddorn-Verbreitungsschwerpunkt bzw. sein partiell sogar 2. Maximum in Berlin-Brandenburg bei gleichzeitigem Birken-Rückgang und steigenden NBP-Werten aus dem späten Meiendorf in die Älteste Dryas. Diese Verlagerung ist in neun der insgesamt 19 Profile mit Ältester Dryas, so in den Profilen Kersdorf-Briesen (Abb. 2), Paddenluch (Abb. 3a, 8-9), TLP 10 (Abb. 4), Langes Fenn bei Wilhelmshorst (hier als PZ Ic ausgewiesen!), Schollene, Stolpsee (Abb. 6) und mit Einschränkung wegen des hohen Umlagerungsanteils auch im Großen Fercher Moor erkennbar. Für die restlichen Profile kann wegen der zum Vergleich fehlenden meiendorfzeitlichen Ablagerungen keine Aussage getroffen werden.
Ein wichtiges Regulativ für die Herausbildung größerer Sanddornpopulationen scheint dabei neben dem Klimagradienten und dem Grad der erreichten Bodenreife vor allem der Kalkgehalt der Böden zu sein. Nach DAHL (1998, in BJUNE et al. 2004) zeigt der Sanddorn in Skandinavien weniger eine klimatische als viel mehr eine Bindung an die herrschenden Bodenverhältnisse und wird dort in seiner Verbreitung hauptsächlich durch das Kalkangebot gesteuert. Dies trifft offenbar auch für die Profile Kersdorf-Briesen, Paddenluch, TLP 10 und Schollene zu, wo die Akkumulation von Kalkmudden (im Profil Wilhelmshorst Mudden nicht differenziert) auf einen gewissen Kalkreichtum der Liefersubstrate schließen lässt.
Bezüglich des Bodenfestigungsgrads weisen vor allem Profile mit vorrangig sandigen Ablagerungen sehr hohe Sanddorn-Werte auf. Dazu gehört neben Nienhagen (JANKE 1996) und Tessin (KRIENKE & STRAHL 1999) in Mecklenburg-Vorpommern auch der im Norden Brandenburgs liegende Stolpsee (Sanddorn-Maximum ~45%, Abb. 6). Auch THELAUS (1989) stellte besonders ausgedehnte rezente Sanddorn-Populationen auf den sandigen, unverfestigten und exponierten Uferstandorten südwestschwedischer Seen fest.
Des Weiteren belegen die Untersuchungen von EICHHOLZ (1958), unter anderem in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg, eine Beschränkung heutiger natürlicher Sanddorn-Vorkommen auf exponierte (und meist basische) Küstenstandorte, namentlich die Steilküsten in Mecklenburg-Vorpommern. Angepflanzte, sehr gut entwickelte Populationen wurden auf einem Endmoränenstandort bei Feldberg und im Kalkbruch Rüdersdorf, in dem auch das Paddenluch liegt, festgestellt. Wiederum durch das sandige Substrat gefördert, finden sich aber auch gut ausgebildete Vorkommen des Sanddorns auf den Kippenböden stillgelegter Tagebaue im Süden Brandenburgs sowie in Sachsen.
In den Profilen Leipe, Merzdorf (POPPSCHÖTZ & STRAHL 2004) und Groß Lieskow in Südostbrandenburg liegen die Sanddorn-Werte dagegen extrem niedrig oder fehlen ganz. Ursächlich wird hier ein Zusammenhang zu den durch die Spree geschütteten Sanden gesehen, die zwar ein vermeintlich gutes, aber extrem kalkarmes und vermutlich auch zu feuchtes Rohbodensubstrat darstellten (ständige Verlagerung des Verlaufs der Urspree).
Vergleichsweise geringe Anteile, wie insgesamt südlich der Brandenburger Randlage in Brandenburg weist der Sanddorn auch in den nordwestdeutschen, bereits entkalkten Altmoränengebieten, wie auch im mitteldeutschen Trockengebiet (MÜLLER 1953) und im sächsischen Reichwalde (MÄUSBACHER et al. 2001) auf.
So ist möglicherweise zunächst die empfindliche Reaktion auf den Konkurrenzdruck durch die Zwergbirke und die einsetzende Bodenfestigung während des jüngeren Meiendorf Hauptursache für die erst im Übergang zur Ältesten Dryas endgültige bzw. sogar nochmalige Ausbreitung des Sanddorns in Brandenburg. Während sich die zwar weniger tem-

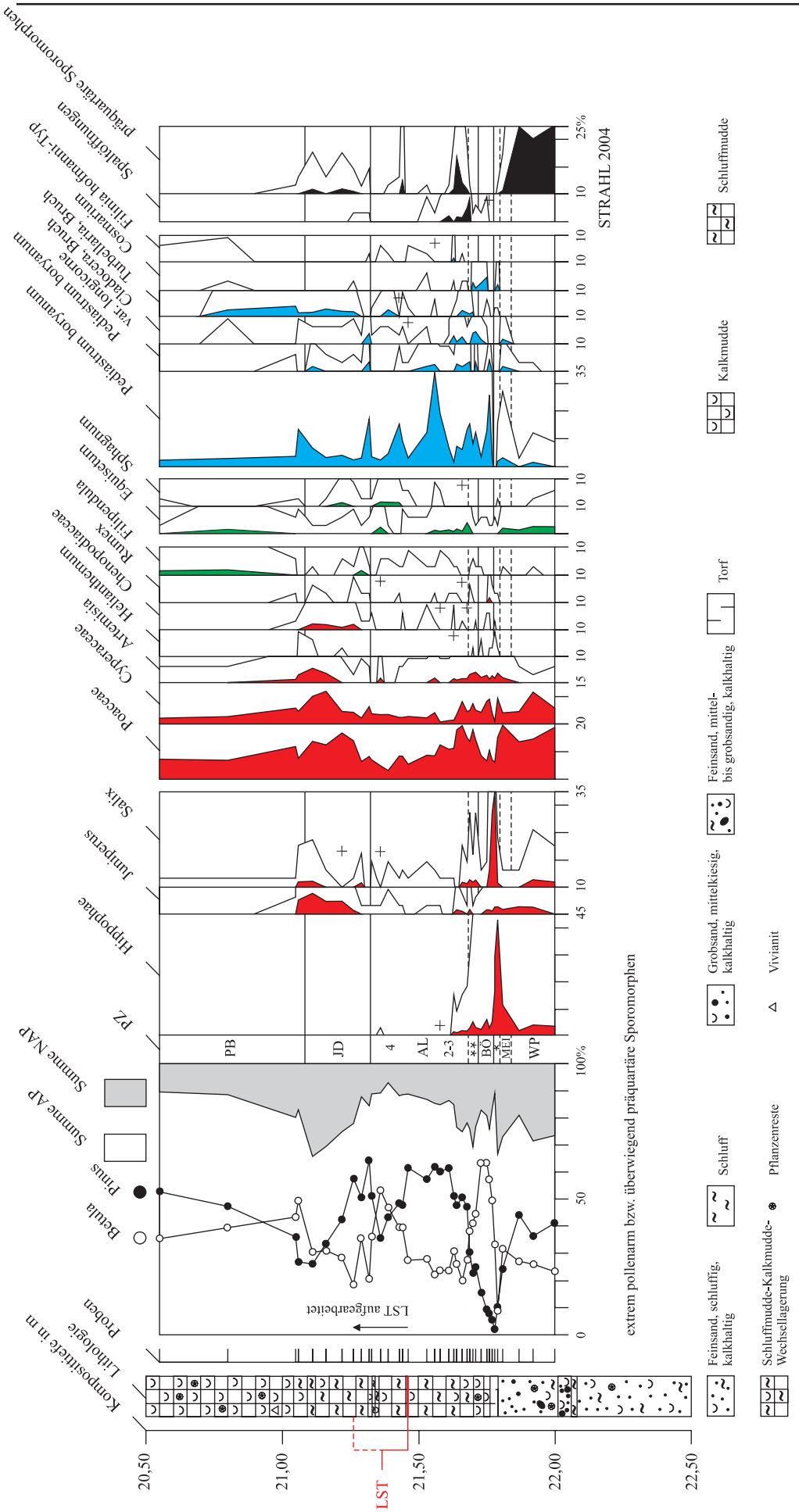


Abb. 6
Pollendiagramm der Bohrung Stolpsee
** = ÄÄD, ** = ÄD, Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme*

Fig. 6
Pollen diagram of borehole Stolpsee
** = ÄÄD, ** = ÄD, basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration,*
+ = out of basis sum

peraturanspruchsvolle, aber Trockenheit schlechter ertragende Birke aufgrund der einsetzenden Klimaverschlechterung in der Ältesten Dryas zurückzog, konnte der ebenfalls subkontinental angepasste Sanddorn diese unter Umständen wegen der hohen Kalkgehalte der Böden länger kompensieren. Neben der weitflächigen Ausbreitung über die Ausbildung von Ausläufern müssen aufgrund der beobachteten hohen Pollenfrequenzen auch gut fruchtende Bestände des zweihäusigen Sanddorns existiert haben, die zusätzlich eine Verbreitung durch Vögel ermöglichten.
Gemäß der Konzentration von stark bis mäßig Sanddorn-führenden Diagrammen in Mecklenburg-Vorpommern und Berlin-Brandenburg sowie der räumlichen und zeitlichen Verlagerung seines Maximums von Nord nach Süd bzw. von West nach Ost zeigt sich die regionale Beschränkung und damit eher Nichteignung des Sanddorns als primäres Taxon zur Gliederung präallerödzeitlicher Ablagerungen.
So muss auch der Festlegung des Meiendorf durch WOLTERS (2002), primär auf Grundlage des Bestehens eines Sanddorn-Maximums, in zweierlei Hinsicht widersprochen werden. Zum einen wegen der in verschiedenen Profilen sowohl im Meiendorf als auch in der Ältesten Dryas belegten hohen Sanddorn-Werte und der oben diskutierten zeitlichen Verschiebung des Maximums in Brandenburg. Zum anderen aber auch, weil der im Profil Jungfernfenn als Maximum ausgewiesene Sanddorn-Wert an der Profilbasis liegt. Da Unkenntnis über die älteren, am Standort nicht überlieferten Ablagerungen besteht, kann somit nicht automatisch auf das Vorliegen des tatsächlichen Maximums und damit ein meiendorfzeitliches Alter geschlossen werden.

2.2.3 Bölling-Interstadial (BÖ)

Ein zweiter, deutlicher Birken-Vorstoß, zum Teil mit Pollenfrequenzen von mehr als 50% [Kersdorf-Briesen, Abb. 2; Paddenluch, Abb. 3a; Stolpsee, Abb. 6, Lehnin-Nord (MÜLLER 1970), Langes Fenn bei Wilhelmshorst], charakterisiert den Übergang in das zweite und in Berlin-Brandenburg markantere Thermomer des Weichselspätglazials, das Bölling.
Die sich einstellende, noch lichte Bewaldung wird begleitet durch einen drastischen Sanddorn-Rückgang infolge der fortschreitenden Bodenreife und des nun aufkommenden Konkurrenzdrucks von Baumbirken sowie durch eine gegenüber dem Alleröd immer noch individuenreiche, aber im Vergleich zum Meiendorf und der Ältesten Dryas bereits artenärmere Kräuterflora (vor allem Süßgräser, unter Umständen auch von Lokalstandorten, z. B. Kleinröhrichten stammend und Beifuß).
Makrorestbelege von Moor- (Abb. 7) und Hängebirke aus dem Paddenluch und dem Leckerpfuhl (ENDTMANN 1998) unterstreichen im Kontrast zu SE-Mecklenburg (MÜLLER 1962), Schleswig-Holstein (MENKE in BOCK et al. 1985, USINGER 1975 u. ff.) und Niedersachsen (MERKT & MÜLLER 1999) die tatsächliche Anwesenheit von Baumbirken.
In etwas mehr als der Hälfte der ausgewerteten Profile geht der ersten Baumbirken-Ausbreitung ein mehr oder weniger deutliches Wacholder-Maximum, ähnlich wie zu Beginn des Alleröds, voraus. Einige der Profile zeigen anstelle der Birken- eine ausgeprägte Weiden-Dominanz bzw. -beteiligung. Dies tritt insbesondere in fluviatil beeinflussten Bereichen auf [Merzdorf, Groß Lieskow: hier flußbegleitende Weichholzaue?, in Merzdorf sehr häufig pollenanalytisch *Salix pentandra*-Typ (Lorbeerweide) belegt], aber auch an verlandenden Rinnenseen (Töpchin, LANGE in JUSCHUS 2000: hier Weidensümpfe?).
Im Gegensatz zum frühen Alleröd unterbleibt in 13 der böllingzeitliche Sedimente führenden Profile in der Regel eine Kiefernausbreitung. Die Werte erreichen nicht oder nur knapp die 10%-Marke (unter anderem in den Profilen Stolpsee, Kersdorf-Briesen, Paddenluch, Langes Fenn bei Wilhelmshorst, Lehnin-Nord). Ausnahmen stellen die Profile Schollene, TLP 10, Byhleguhrer Bagen, Groß Lieskow und mit Einschränkung wegen der unklaren Bezugssumme Töpchin dar, in denen die Kiefer bereits Werte um 20 bis 30% erreichte. Für die Profile Leckerpfuhl und Töpchin liegen ein Kiefernholz- bzw. ein absolut datierter Wurzelfund (vgl. Kap. 3) vor. Für das Paddenluch gibt KOSSLER (schriftl. Mitt.) Kiefernadelreste jedoch erst ab dem Alleröd und bis in die Jüngere Dryas reichend an. Ein ebenfalls erst an die Basis des Alleröds gestellter Fund eines Kiefernzapfens stammt aus dem Diebelsee (SCHLAAK & SCHOKNECHT 2002). Für den böllingzeitlichen Torf des Byhleguhrer Bagens blieben die Makrorestuntersuchungen hinsichtlich der Kiefer, aber auch der Birke ergebnislos. BITTMANN & PASDA (1999) vermuten allein aufgrund der erhöhten Pollenfrequenzen der Kiefer in Groß Lieskow die Anwesenheit selbiger im Bölling, können jedoch erst ab dem Alleröd auf nennenswerte Häufungen von Spaltöffnungen, wie auch für die Profile Paddenluch (Abb. 3a), Byhleguhrer Bagen (Abb. 5) und Stolpsee (Abb. 6) ablesbar, verweisen. Ob demnach die Funde von Töpchin und aus dem Leckerpfuhl als ausreichender Beleg für eine, wie bereits durch MÜLLER (1966b, 1967) für Brandenburg und ebenfalls anhand von

Abb. 7
Blatt der Moorbirke (*Betula pubescens*; Foto: SCHLAAK 2004) aus den böllingzeitlichen Ablagerungen des Paddenluchs

Fig. 7
Leaf of moorbirch (*Betula pubescens*; photo: SCHLAAK 2004) from the late-glacial (Boelling) sediments of the Paddenluch

Holzresten durch MÜLLER (1953) für das mitteldeutsche Trokkengebiet angenommene, schon spätböllingzeitlich erfolgende Kiefernausbreitung im Gebiet ausreichend sind, sei hier dahingestellt.
Insbesondere in den Profilen Paddenluch (Abb. 3a), Byhleguhrer Bagen (Abb. 5), Seddiner See (ohne Abb., STRAHL 1996), Stolpsee (Abb. 6) und TLP 10 (nicht abgebildet) erfolgt mit dem Übergang in das Bölling ein wesentlicher Kurvenanstieg der Algen *Pediastrum boryanum* und zum Teil *P. boryanum* var. *longicorne*, der im Profil TLP 10 (GRÜNERT 2002, nicht abgebildet) und Kersdorf-Briesen (Abb. 2) mit einem Anstieg der Glühverlust- und $CaCO_3$-Werte zusammenfällt. Ursache könnte eine Erhöhung der organischen Produktion infolge der Klimabesserung gegenüber den Verhältnissen der Ältesten Dryas sein. Das erstmalige Aufwachsen von Torfen [Stülper See (GIESECKE in JUSCHUS 2000), Byhleguhrer Bagen, Stolpsee, Groß Lieskow, mit Einschränkung Jungfernfenn sowie Diebelsee] spräche ebenfalls dafür. Das flächenhaft weiterhin sehr unregelmäßige bzw. das sogar erst allmählich einsetzende Austauen von Toteis und das damit verbundene Entstehen noch sehr flacher Hohlformen wird neben den stark schwankenden Mächtigkeiten von 0,02 m [Stülper See, Summt (MÜLLER 1970)] - 0,80 m (Schollene) auch durch die unterschiedlich gute Auflösung der Pollendiagramme unterstrichen. So zeigen die Profile Kersdorf-Briesen und Schollene einen deutlich mehrphasigen Ablauf der böllingzeitlichen Klimaentwicklung mit mindestens einer zwischengeschalteten Kühlphase, wobei in diese jeweils die oben besprochenen erhöhten Kiefernwerte fallen.

2.2.4 Ältere Dryas (ÄD)

Infolge der erneuten Klimaverschlechterung im Übergang zur Älteren Dryas kam es zu einer Dezimierung der böllingzeitlichen Birkenbestände bei offensichtlich typischem gleichzeitigem, aber sekundärem Anstieg der Kiefern-Kurve. Dieser geht hier vermutlich überwiegend auf Fernflugeintrag zurück, da zweifellos wiedereinsetzende Erosionsvorgänge (z. B. Akkumulation von humosem Feinsand im Rinnenzentralbereich und Aufarbeitung älterer Schluffmuddepakete im Paddenluch, s. ff.) einen im Vergleich zum Weichselpleniglazial und zur Ältesten Dryas nur zu Beginn des Kryomers ansteigenden präquartären Sporomorpheneintrag zur Folge hatten. Dieser blieb ansonsten über den Gesamtzeitraum hinweg niedrig bzw. fehlte sogar (Ausnahme Großes Fercher Moor). Eine vergleichbare Diagrammlage liegt auch für die Profile Kersdorf-Briesen, Byhleguhrer Bagen, TLP 10 (Abb. 2, 4, 5) und Schollene vor. Die Vielzahl der Diagramme zeigt eine rasche Etablierung der Kiefer erst im Übergang zum Alleröd an, für diese Standorte scheint eine unmittelbare Nähe von pollenliefernden Kiefernbeständen, wenn nicht schon im Bölling so doch zumindest ab der Älteren Dryas möglich.
Des Weiteren waren Wacholder, Weide und jetzt auch wieder Kräuter, wie Süß- und Sauergräser, Beifuß, Sonnenröschen, seltener Gänsefußgewächse, Ampfer, Labkraut, Wiesenraute, Schafgarbe, Krähenbeere, Steinbrech, Korbblütengewächse, Weidenröschen, Doldengewächse (Umbelliferae) und Storchschnabel (*Geranium*) von Bedeutung. Insbesondere der Beifuß verfügte in diesem Zeitraum, vergleichbar mit dem mitteldeutschen Trockengebiet (MÜLLER 1953), über ein charakteristisches Maximum. VORREN & ALM (1999) gehen für die Verbreitung des Beifußes in Norwegen während des Alleröds und der Jüngeren Dryas von dem ostgrönländischen Steppenklima ähnlichen Verhältnissen mit einer mittleren Juli-Temperatur von 10 °C aus.
Der Sanddorn erschien nicht mehr in so ausgeprägten Populationen wie noch während des Meiendorfs und der Ältesten Dryas. Seine Prozentwerte überschreiten nur in wenigen Fällen das für die meisten Diagramme darstellende Maximum von 2%. Bis auf das wegen seiner hohen Umlagerungsanteile unklar bleibende Profil Großes Fercher Moor deckt sich dies mit den bisher genannten Referenzprofilen. Generell ist ein endgültiges Ausklingen des Sanddorns spätestens zu Beginn des Alleröds festzustellen. In vielen Diagrammen, hier sicherlich wiederum von der vollständigen Überlieferung der Älteren Dryas abhängend, fehlt der Sanddorn bereits in ihrem oberen Teil [z. B. Schulzensee (SCHOKNECHT in GÄRTNER 1998), Wukenfurche (SCHOKNECHT in SCHLAAK 1993), Drahendorf (SCHULZ & STRAHL 1997)].
Zum Teil erhöhte bis stark erhöhte Weidenwerte wurden überwiegend in den von BRANDE (1980a, b, in BÖCKER et al. 1986, BRANDE et al. 1990, HINZ & BRANDE in JUSCHUS 2000) publizierten Vorkommen, wie dem Pechsee, dem Kleinen Rohrpfuhl, dem Postfenn, dem Siepegrabenmoor und dem Dürrenhöfer See sowie den Profilen Leckerpfuhl, Germanenbad (SCHOKNECHT in GÄRTNER 1998) und Töpchin, allerdings immer in Verbindung mit geringen oder fehlenden Sanddorn-Anteilen, festgestellt. In den übrigen Profilen ist die Weide rückläufig bzw. überschreitet die 10%-Marke nicht mehr.

Bei der Aufnahme der Aufschlüsse des östlichen und westlichen Rinnenrandbereichs des Paddenluchs wurde ein Auskeilen der im Rinnenzentralbereich beobachteten altdryaszeitlichen Feinsande festgestellt (vgl. Abb. 8-9). Die beiden, im Profil 2 beobachteten kalkhaltigen Schluffbänder (grau, Abb. 3a) innerhalb der Feinsande erbrachten dem Bölling entsprechende birkenreiche, umlagerungsfreie Pollenspektren und sind demnach aus dieser Mudde resedimentiert. Mit dem Auskeilen des Feinsands nach Osten bzw. Westen vereinigen sich diese Schluffbänder und liegen dort als kompakte Schicht unmittelbar zwischen böllingzeitlicher (orange) und der an der Basis eines Torfs anstehenden allerödzeitlichen Schluffmudde (grün, Abb. 8-9). Die jeweils am Ost- und insbesondere die am Westhang entnommenen Testproben erbrachten Pollenspektren, die denen der resedimentierten Schluffbänder des Profils 2 aus dem Rinnenzentralbereich entsprechen. Im Fall des Erbohrens derartiger Sedimente würden eben diese Spektren als autochthon interpretiert und eine einwandfreie Trennung bölling- und allerödzeitlicher Ablagerungen nicht möglich sein, zumal die Aufarbeitung der Schluffbänder aufgrund fehlender präquartärer Sporomorphen als solche kaum erkannt werden würde.
Damit ergäbe sich für den Ost- und Westrand der Rinne eine Diagrammlage, die in etwa der für das Lange Fenn bei Wilhelmshorst durch MÜLLER (1971), das Kienfenn nordwestlich Berlin bei Dallgow-Döberitz durch WOLTERS (2002) bzw. der für den Pechsee durch BRANDE (1980a, 1988) ermittelten ent-

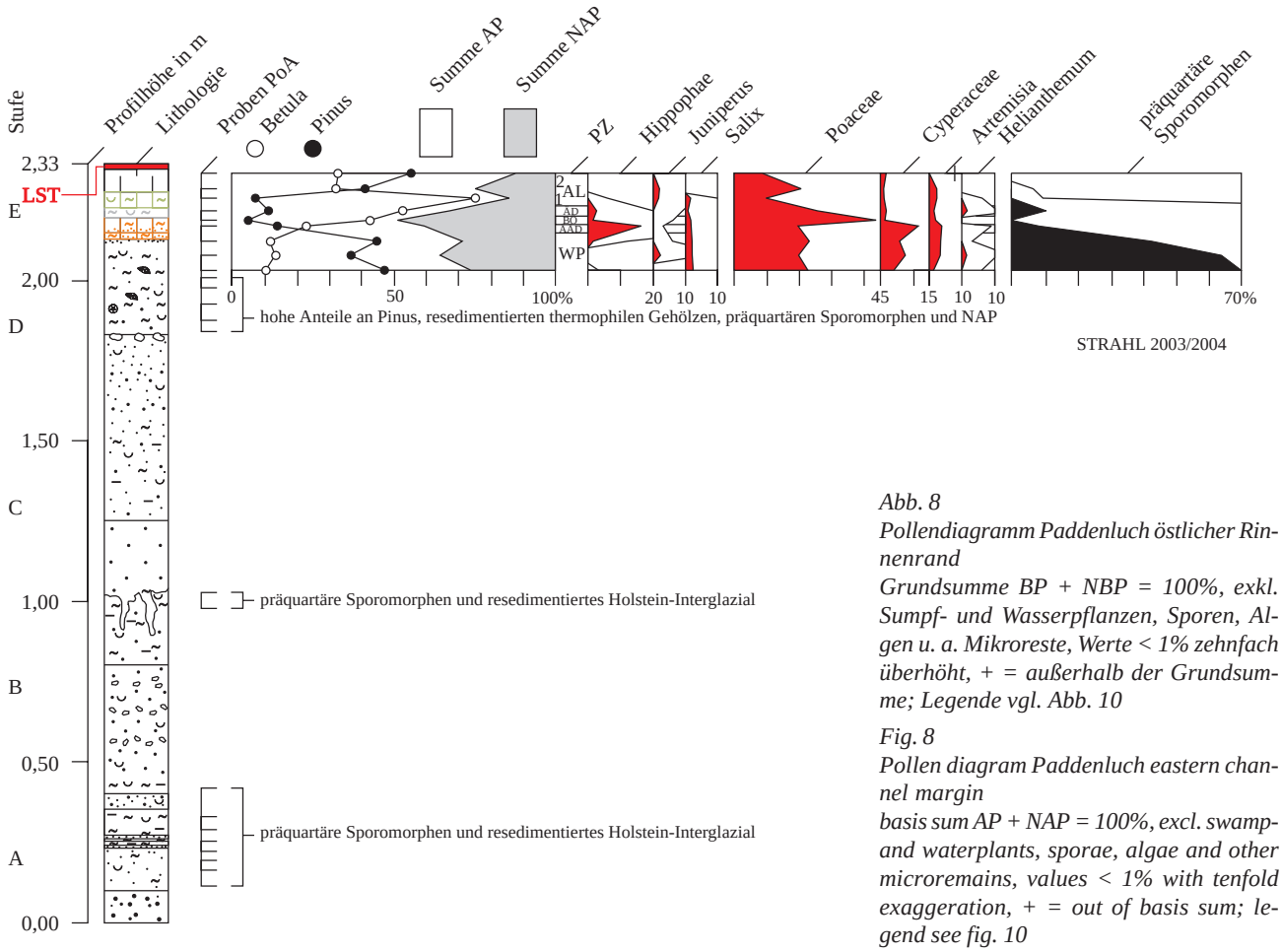


Abb. 8
Pollendiagramm Paddenluch östlicher Rinnenrand
Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme; Legende vgl. Abb. 10

Fig. 8
Pollen diagram Paddenluch eastern channel margin
basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum; legend see fig. 10

spräche: Bölling und Alleröd gehen scheinbar „nahtlos“ ineinander über und bilden einen Bölling-Alleröd-Komplex. Dies insbesondere, wenn die bölling- und allerödzeitlichen Birken-Werte kaum variieren bzw. sich in scheinbar kontinuierlichem Anstieg befinden. Offensichtlich liegt in vielen brandenburgischen Diagrammen mit einem scheinbar mächtigen birkenreichen Alleröd (sensu II a BRANDE 1988 bzw. FIRBAS 1949) eine Verzahnung von Bölling und Alleröd vor, die durch den fehlenden Nachweis [Überprobung oder tatsächlicher Hiatus, dieser z. T. bis in das frühe Alleröd hineinreichend, z. B. Stolpsee, Großer Krebssee (JAHNS 2000), Kienfenn, Jungfernfenn, Kleines Fercher Moor (WOLTERS 1999)] der insbesondere bei Stillwasserbedingungen nur sehr geringmächtig ausgebildeten bzw. sogar fehlenden Älteren Dryas zustande kommt. Die extrem geringe Mächtigkeit der Sedimente der Älteren Dryas wird beispielsweise in den Diagrammen der Profile Byhleguhrer Bagen (0,02 m), Kersdorf-Briesen (0,04 m) und Langes Fenn bei Wilhelmshorst (0,05 m) besonders deutlich, die ohne Erfassen der Älteren Dryas einen den oben genannten Diagrammen analogen Verlauf hätten. Selbst in der Schollene wurden während der Älteren Dryas nur 0,15 m Sediment akkumuliert.
Die schwierige Fixierung der Älteren Dryas als markantes Kryomer wird auch im Vergleich mit den grönländischen GRIP-Eiskernen (JOHNSEN et al. 1997, BJÖRCK et al. 1998 in LITT et al. 2003) deutlich. Bisher ist es nicht gelungen, eine klare Korrelation zwischen den in laminierten Seesedimenten vor dem Alleröd (Ältere Dryas) und im Alleröd (Gerzensee-Oszillation, LOTTER et al. 1992) und den in den GRIP-Eiskernen erfassten Klimaschwankungen Gl-1c3 bis Gl-1a vorzunehmen. Sicher parallelisiert werden können derzeit lediglich das Weichselpleniglazial sowie die Älteste und die Jüngere Dryas. Konfusion besteht neuerdings durch die letztlich von TERBERGER et al. (2004) vorgestellte Korrelation ihrer Befunde mit den GRIP-Eiskernen, die das durch LITT et al. (2003) als ältestdryaszeitlich korrelierte Stadium Gl-1d nach Aushaltung eines „Bölling/Meiendorf“ mit der Älteren Dryas gleichsetzen. In Anbetracht der inzwischen auch für Berlin-Brandenburg vorliegenden Ergebnisse scheint diese Korrelation eher unwahrscheinlich.

2.2.5 Alleröd-Interstadial (AL)

Mit dem beginnenden bzw. verstärkten Austauen von Toteisresten spielte die Aufarbeitung älterer Sedimente bis in das Alleröd hinein eine nicht unerhebliche Rolle. Davon zeugt die Vielzahl der Profile mit einer Einstufung ihrer Basis allgemein in den Bereich Bölling/Ältere Dryas. Diese Pollendiagramme reflektieren größtenteils sowohl für das Bölling als auch die Ältere Dryas charakteristische Abläufe, deren eindeutige Trennung jedoch wegen der z. T. geringen Auflösung oder der Ausbildung von „Mischspektren“ spekulativ

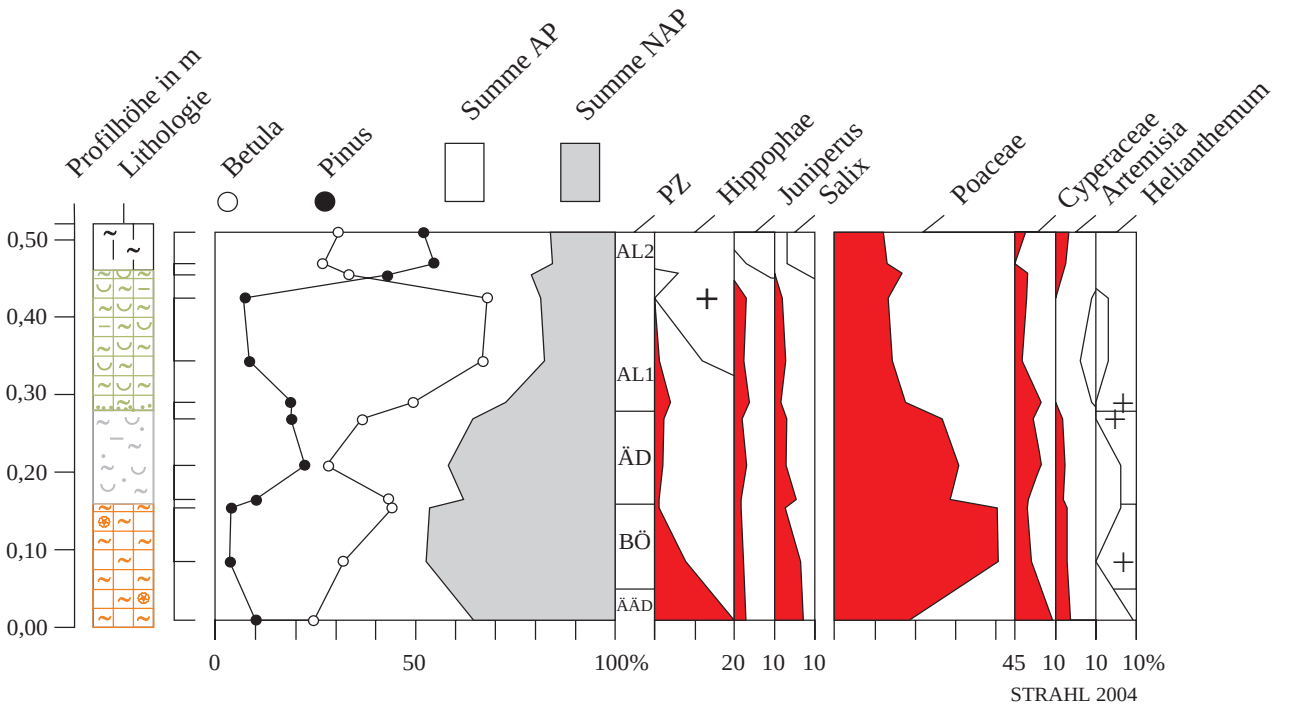


Abb. 9
Pollendiagramm Paddenluch westlicher Rinnenrand
Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme; Legende vgl. Abb. 10

Fig. 9
Pollen diagram Paddenluch western channel margin
basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum; legend see fig. 10

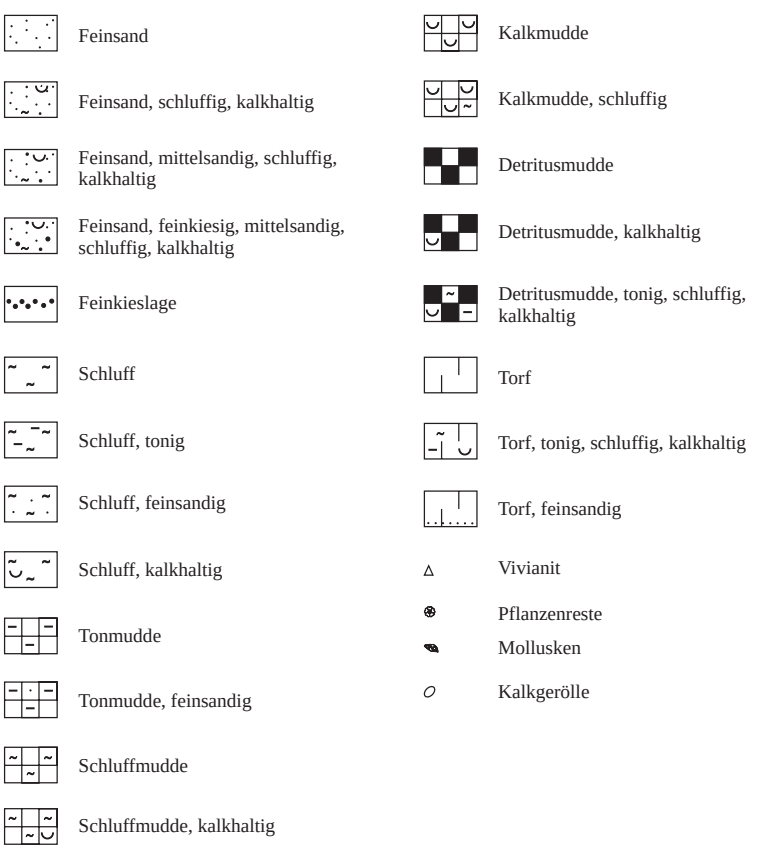


Abb. 10
Legende zu den Abb. 3a-b, 8 und 9 der Profile aus dem Paddenluch

Fig. 10
Legend to fig. 3a-b, 8 and 9 of the profiles from Paddenluch

bleibt (z. B. Leckerpfuhl, Germanenbad, Siepegrabenmoor, Kleines Fercher Moor, Breitling). In einigen Profilen liegt für den Übergang Ältere Dryas/Alleröd ein Hiatus vor, der manchmal auch das gesamte ältere Alleröd (AL 1, Tab. 1-3) umfassen kann (Stolpsee, Breitling, Jungfernfenn).
Das Alleröd bildet sich insgesamt mit einer im Gegensatz zum Bölling (ca. 130 a) deutlich höheren Gesamtdauer von maximal 670 a (vgl. Tab. 1) in den meisten der verglichenen Pollendiagramme am deutlichsten und auch detailliertesten ab. Im Idealfall sind bis zu vier Abschnitte der allerödzeitlichen Vegetationsentwicklung ablesbar (AL 1-4, Tab. 1-3). Die Mächtigkeiten schwanken jedoch auch hier je nach Sedimentationsbeginn oder wie im Falle des älteren Alleröds als Ausdruck seiner offensichtlich sehr kurzen Dauer zwischen minimal 0,05 m und maximal 0,50 m. Prinzipiell werden jetzt durchgehend organogene Sedimente, beginnend mit Torf über verschiedene Typen von Detritusmudde, Schluffmudde, zum Teil mit erheblichem Anteil von Vivianit und Kalkmudde sedimentiert. Durch die zunehmende Festlegung der Bodensubstrate werden kaum noch minerogene Einträge registriert. Ausnahmen bilden hier das Paddenluch mit äolischen Einträgen und fluviatil beeinflusste Sedimentationsräume, wo es beispielsweise durch Verlagerung des Flussbetts bis in das Holozän zu Feinsandeinschwemmungen in Altwasserbereiche kommen kann (Merzdorf). Die Umstellung des Sedimentationsgeschehens sei hier am Beispiel des Paddenluchs deutlich gemacht. Während in der Älteren Dryas an den Rändern der subglazialen Rinne hauptsächlich böllingzeitliche Ablagerungen aufgearbeitet und nur in Phasen mit ausreichend hohem Wasserspiegelstand auch in das Rinnenzentrum verfrachtet wurden, kamen offensichtlich durch das im Wesentlichen auf das Rinnenzentrum beschränkte, stärkere Toteisaustauen dort auch äolische und fluviatile Feinsande zur Ablagerung (Abb. 3a-b). Mit dem Übergang in das Alleröd wurde erneut der gesamte Rinnenbereich als Sedimentationsraum aktiv. Die anfängliche Akkumulation kalkfreier bis kalkhaltiger, olivgrüner Schluffmudde wurde infolge stagnierenden bzw. sinkenden Wasserspiegels durch das Aufwachsen von Flachmoortorf abgelöst.

Seitens der Vegetationsentwicklung bildet sich eine dritte, und zwar die für den älteren Teil des Alleröds typische, aber bedingt durch das rasche Nachrücken der Kiefer offensichtlich sehr kurze Birken-Ausbreitung in zumindest 32 der verglichenen Pollendiagramme mit vollständig ausgebildetem Alleröd ab (unter anderen Kersdorf-Briesen, TLP 10, Pechsee, Langes Fenn bei Wilhelmshorst, Byhleguhrer Bagen, Schollene). Flankiert wird dieser Vorstoß, wie in den meisten der oben genannten Profile, durch eine letztmalige Ausbreitung von Weide und Wacholder, wobei das Maximum des Letzteren in 27 Profilen mehr oder weniger deutlich ausgebildet ist. Da auch zu Beginn des Böllings Maxima in vielen Pollendiagrammen zu verzeichnen sind (vgl. Kap. 2.2.3), ist der Wacholder nur ein eingeschränkt anwendbarer Marker für die Abgrenzung bölling- und allerödzeitlicher Profilabschnitte. Beide Gehölze werden durch die sich etablierenden lichten Birken- und anschließend vornehmlich Kiefern-dominierten Wälder wie auch die Licht liebenden Kräuter (insbesondere Beifuß und Süßgräser) zurückgedrängt. Während exemplarisch in den Profilen Kersdorf-Briesen, TLP 10, Langes Fenn bei Wilhelmshorst, Lehnin-Nord und Byhleguhrer Bagen bereits höhere Werte der Kiefer vorliegen bzw. ihre Ausbreitung synchron zur Birke erfolgt, besteht für mehr als 20 der ausgewerteten Profile, unter ihnen das Paddenluch und die Schollene, eine ausgesprochene Birkendominanz. Für diese Profile ist wiederum eine unmittelbare Nähe von Kie-fernbeständen zum Standort schon während der Älteren Dryas eher unwahrscheinlich. Der Rückgang der Kiefer zu Beginn des Alleröds unterstreicht hier die vornehmliche Herkunft des während der Älteren Dryas eingewehten Kiefernpollens aus dem Fernflugeintrag.

Noch vor der Ablagerung der Laacher See Tephra (LST) erfolgte berlin-brandenburgtypisch (BRANDE 1980a, 1988) die Expansion der Kiefer (PZ AL 2). Die Überschneidung der Birken- und Kiefern-Kurve in den Pollendiagrammen wird in den Profilen Kersdorf-Briesen, Paddenluch, TLP 10, Byhlegurer Bagen (Abb. 2, 3a, 4, 5) und Langes Fenn bei Wilhelmshorst sowie undeutlich auch in der Schollene durch eine infolge des Waldumbaus hin zu kieferndominierten Kiefern-Birken-Wäldern nur kurzfristige Etablierung von Süßgräsern, Beifuß und gelegentlich auch von Wacholder und Weide begleitet. Als markantes thermophiles Element erscheint in diesem Zeitraum vermehrt das Mädesüß, das im jüngeren Alleröd (PZ AL 2-4) seinen weichselspätglazialen Verbreitungsschwerpunkt besitzt.
Neben Funden von Kiefernnadeln und -zapfen im Paddenluch und im Unteruckersee (JAHNS 2001) spricht auch die ansteigende Kurve von Spaltöffnungen der Kiefer (Byhleguhrer Bagen, Merzdorf, Schollene) für die lokale Anwesenheit des Gehölzes. Vollkommen geschlossene, dichte Waldbestände scheinen jedoch nicht existiert zu haben, da die Torfakkumulation im Paddenluch über einen längeren Zeitraum, vermutlich saisonal durch äolischen Eintrag (Abb. 10) feinsten Kalkstaubs unterbrochen wurde (mdl. Mitt. THIEKE).
Die Ausbreitung der Kiefer reflektiert die Mehrzahl der Diagramme mit einer absoluten Kiefern-Dominanz. Nur sehr wenige zeigen ein kontinuierliches Ansteigen der Birken-Kurve oder eine Formierung von Beständen, in denen Birke und Kiefer in etwa zu gleichen Anteilen vertreten waren.

Eine leichte bis deutliche, nur vorübergehende Ausbreitung der Birke (teils in Form mehrfacher Vorstöße) und nachfolgend heliophiler Kräuter (vor allem Süßgräser, Beifuß) ist beispielsweise in den Profilen Kersdorf-Briesen, Paddenluch, TLP 10 und Byhleguhrer Bagen (Abb. 2, 3a, 4, 5) sowie in 19 weiteren Pollendiagrammen zu registrieren. Bei unmittelbarer Lage unterhalb der LST dürfte diese Ausbreitung der Gerzensee-Oszillation (LOTTER et al. 1992, PZ AL 3) entsprechen. Jedoch scheinen sich die im Alleröd etablierenden Kiefern-Birken-Wälder in ihrer anteilsmäßigen Zusammensetzung beider Gehölze, abgeleitet aus ihren häufig stark schwankenden Kurven, noch relativ instabil gewesen zu sein. Dies zeigt sich besonders deutlich im Zeitraum nach dem LST-Niedergang (PZ AL 4). Neben der standörtlichen Förderung der Kiefer auf den gut wasserdurchlässigen Böden der Urstromtäler (z. B. Drahendorf, Stülper See) und Sander (z. B. Leckerpfuhl, Fercher Moore) sowie der Birke auf grundwassernahen Mo-

Abb. 10
Fließgefaltete Laacher See Tephra (LST) in allerödzeitlichem Torf des Paddenluchs (Foto: SCHLAAK 2002)

Fig. 10
Plastic deformation of Laacher See Tephra (LST) inside a lateglacial (Alleroed) peat of the Paddenluch (photo: SCHLAAK 2002)

ränen- und fluviatil beeinflussten Standorten kann aber auch eine rein lokal wirksam werdende Komponente nicht zweifelsfrei ausgeschlossen werden. Dies bezieht sich beispielsweise auf die Förderung der Birke innerhalb von Moor- oder Bruchwäldern sowie von Süß- und Sauergräsern innerhalb von Kleinröhrichten und Rieden durch die an vielen Standorten während des Alleröds ablaufende Vermoorung. So muss ein unterhalb der LST vorliegender Birken-Vorstoß (siehe auch MÜLLER 1965b) nicht in allen Fällen zwingend auf die genannte Klimaschwankung zurückzuführen sein.
Bei der von WOLTERS (2002) vorgestellten Verteilung der allerödzeitlichen Birken-Maxima in Berlin und Brandenburg ist zu bemerken, dass die frühallerödzeitliche Birken-Ausbreitung durch ihre Einstufung in das Bölling sensu LITT (zuletzt 2003) herausfällt, da hier der Beginn des Alleröds mit der Massenausbreitung der Kiefer (PZ AL 2) gleichgesetzt wurde. Allein das Argument der Massenausbreitung der Kiefer aufgrund der gewissermaßen erst jetzt erfolgenden Wiedererwärmung und die daraus resultierende Festlegung des Beginns des Alleröds ist so nicht stichhaltig. Neben der bereits beschriebenen, unter Umständen stärkeren edaphischen als klimatischen Förderung von Gehölzen ist auch ihre trägere Reaktion auf klimatische Veränderungen zu beachten. Sie werden zumeist durch die sensibler reagierenden Organismen der offenen Wasserbereiche, wie Algen (z. B. verschiedene *Pediastrum*- und *Cosmarium*-Arten) und Rotatorien quasi „überholt“. Dies zeigt sich besonders in den Grenzbereichen von Älterer Dryas und Alleröd sowie Jüngerer Dryas und Präboreal (z. B. Paddenluch, Byhleguhrer Bagen, Seddiner See, Stolpsee, Abb. 3b, 5, 6).
Weitere, nicht zu vernachlässigende Kriterien sind die unterschiedliche Einwanderungsgeschwindigkeit der Birke (ca. 100 km/a) und der Kiefer (nur ca. 20 km/a) in ein Gebiet sowie ihre ebenfalls sehr unterschiedliche Mannbarkeit (nur 5-6 a bzw. 20-25 a).

Nach dem zeitlich zwischen 12 900 a cal BP (SCHMINCKE et al. 1999) und 12 880 Warvenjahre BP (STEBICH 1999) fixierten Aschefall setzte sich lediglich an einigen Standorten und dies teilweise auch nur kurzzeitig, so im Paddenluch, Kersdorf-Briesen, Stolpsee und Schollene, die Birke wieder stärker durch. Die Profile TLP 10, Byhleguhrer Bagen, Langes Fenn bei Wilhelmshorst und Pechsee zeigen dagegen mehr oder weniger kieferndominierte Waldbestände in ihrer Umgebung, womit eine klimatische Ursache für die Birkenausbreitung ausscheiden dürfte. Die Aschelage selbst wird neben dem makroskopischen Beleg auch durch einen Anstieg des minerogenen Anteils in den Profilen Kersdorf-Briesen (Abb. 2), Byhleguhrer Bagen (Abb. 5) und TLP 10 (GRÜNERT 2002, nicht abgebildet) deutlich.
Innerhalb von allerödzeitlich vermoorten Hohlformen fanden erst im Übergang in die Jüngere Dryas Wasserpflanzen,

Algen, Wasserflohpopulationen (Cladocera) und Zuckmükkenlarven (Chironomidae) wieder ausreichende bzw. geeignete Lebensbedingungen vor, als sich die Sedimentationsräume wegen des nun offensichtlich raschen Austauens verbliebener Toteisreste stark vertieften. Im Paddenluch zeigt sich dieser Vorgang besonders evident durch die Entstehung von Fließfalten im Torf und der darin enthaltenen LST (Abb. 11). Insgesamt ließen die anscheinend sehr ausgeprägten Wasserspiegelschwankungen eine Fortsetzung der Akkumulation nur in ausreichend tiefen Hohlformen mit Grundwasseranschluss zu. Vielerorts kam es zu Sedimentationsunterbrechungen bis in das frühe Holozän (Präboreal) oder sogar bis in das jüngere Holozän (Subboreal, Älteres Subatlantikum).
Verstärkte klastische Einträge resultieren wie die Wiederaufarbeitung bzw. Zusammenschwemmung vulkanischer Aschepartikel (so in den Profilen TLP 10 und Stolpsee, Abb. 4, 6) wahrscheinlich ebenfalls aus der Absenkung der Sedimentationsräume bzw. aufgrund wieder fallenden Wasserspiegels aus der Aufarbeitung von in flacheren Ablagerungsbereichen gebildeten Sedimenten.

2.2.6 Jüngere Dryas (JD)

Infolge der in Berlin-Brandenburg wie in den grönländischen GRIP-Eiskernen besonders prägnant in Erscheinung tretenden letztmaligen Klimaverschlechterung innerhalb des Weichselspätglazials, kam es in der Umgebung der meisten Standorte zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Vegetationsöffnung. Gefördert wurde die Wiederausbreitung von lichtliebenden Kräutergemeinschaften mit vorzugsweise Süß- und Sauergräsern, Beifuß, Gänsefuß- und Nelkengewächsen, Korbblütengewächsen, Weidenröschen (*Epilobium*), Wegerich, Ampfer, Schafgarbe, Fingerkraut (*Potentilla*-Typ), Enziangewächsen, Krähenbeere und auf bodensauren Standorten auch des Heidekrauts (*Calluna*, Byhleguhrer Bagen, Abb. 5).
Auch hier sind wieder die sehr hohen Kiefernwerte typisch für Berlin-Brandenburg, die offenbar nicht in allen Fällen auf Fernflugeintrag zurückgehen (Kersdorf-Briesen, TLP 10, Byhleguhrer Bagen, Pechsee, Langes Fenn bei Wilhelmshorst, Schollene). Makrorestbelege aus dem Berliner Raum (BRANDE 1980a, 1988), aus dem Paddenluch und Stammfunde aus dem Tagebau Cottbus-Nord (KÜHNER et al. 1999, SPURK et al. 1999) sprechen eindeutig für ein Überdauern der Kiefer in Teilen Berlin-Brandenburgs. Nach wie vor vorhandene Spaltöffnungen (Byhleguhrer Bagen, Paddenluch) lassen auch hier eine lokale Anwesenheit vermuten, zumal sich die auf Umlagerung zurückgehenden präquartären Sporomorphen nur sporadisch beobachten ließen.
Etwa zwei Drittel der insgesamt ausgewerteten Pollendiagramme mit jungdryaszeitlichen Ablagerungen zeigen diese Kiefern-Dominanz durchgehend. Nur sehr wenige weisen eine Birken-Dominanz bzw. eine zeitlich auf den unteren und/oder oberen Teil der Jüngeren Dryas begrenzte Ausbreitung auf. Nach den Makrorestbelegen für das Paddenluch gehen diese überwiegend auf die Moor- und Hängebirke, seltener aber auch wieder auf die Zwergbirke zurück. Ebenfalls verbreitet war die Espe (*Populus*), für die es aus Cottbus-Nord, dem Tegeler See (BRANDE 1980a) und dem Schulzensee (SCHOKNECHT in GÄRTNER 1998) ebenfalls, allerdings nur pollenanalytische Nachweise gibt.
Auf ein noch ausreichend hohes, wie zuvor beschriebenes Feuchtigkeitsangebot zu Beginn der Jüngeren Dryas verweisen Mädesüß, Doldengewächse, Labkraut und Wiesenraute. Durch die Niedertau bedingte Vertiefung der Ablagerungsräume stellte sich nicht nur das Sedimentationsregime auf die Akkumulation limnischer, deutlich pollenärmerer, aber an minerogenen Beimengungen wieder reicherer Detritus-, Kalk- und Schluffmudden um, sondern auch eine entsprechende Wasserflora und -fauna breitete sich aus. Neben verschiedenen Mollusken und den Algen *Pediastrum boryanum*, *P. boryanum* var. *longicorne* und *P. kawraiskyi* sind dies Wasserflohpopulationen, zunehmend Strudelwürmer (Turbellaria), Zuckmückenlarven und Wasserpflanzen, wie verschiedene Laichkräuter (*Potamogeton*), Seerosengewächse (Nymphaeaceae), Ährentausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und auch Hornblatt (*Ceratophyllum*). Das immer wieder beobachtete wärmeliebende eutrophe Hornblatt geht im Paddenluch bezüglich der Makrorestbelege auf das Zarte Hornblatt (*C. submersum*) zurück. Weitere Makroreste stammen vom für kalkhaltige Gewässer charakteristischen Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*), dem schon genannten Ährentausendblatt, der Weißen Seerose (*Nymphaea alba*) sowie von verschiedenen Laichkraut- und Wasserhahnenfußarten (schriftl. Mitt. KOSSLER). Die Uferregionen wurden zumindest noch während dieses Zeitraums durch Breitblättrigen Rohrkolben (*Typha latifolia*) und Schachtelhalm (*Equisetum*) besiedelt.
Der *Pediastrum*-Anstieg zu Beginn des Kryomers steht neben der Einstellung limnischer Verhältnisse auch für ein erhöhtes Nährstoffangebot durch Einschwemmung aus den Randbereichen der Sedimentationsräume sowie für eine sekundäre Anreicherung durch den insgesamt klimabedingt nachlassenden Polleneintrag. Eine Reduktion der Populationen ist für den offensichtlich trockneren mittleren Teil der Jüngeren Dryas, insbesondere im Byhleguhrer Bagen und im Stolpsee (Abb. 5, 6), festzustellen. Hier gelangten besonders Wacholder-Beifuß-Gemeinschaften in etwa der Hälfte der ausgewerteten Pollendiagramme zur Ausbreitung, die sich teilweise, so vor allem der Beifuß, bis in das frühe Holozän (Präboreal) hinein erhalten konnten (Paddenluch, TLP 10, Byhleguhrer Bagen). Der Beifuß, hinsichtlich seines subkontinentale bis kontinentale Bedingungen bevorzugenden Artenspektrums wohl mehr eine Steppen- als eine Tundrenpflanze, belegt zumindest trocknere Verhältnisse. Sein Maximum liegt teilweise nach dem des ebenfalls kontinentale Verhältnisse vorziehenden Wacholders. Zu der sich weiter ausbreitenden Kräuterflora kamen Sonnenröschen, Grasnelke, Meerträubel, Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*), Baldrian (*Valeriana*), Moosfarn und Mondraute (*Botrychium*) hinzu.

Gegen Ende der Jüngeren Dryas vermehrten sich wieder verschiedene *Pediastrum*-Arten besonders stark, aber auch die Populationen von Strudelwürmern und vor allem glatten Jochalgen (*Spirogyra*-Typen). Neben dieser als Reaktion auf die beginnende Klimaveränderung aufgefasste Ausbreitung sprechen dafür auch die gegenläufigen Kurven der Glühverlust-

/$CaCO_3$-Gehalte und der minerogenen Anteile in den Profilen Kersdorf-Briesen, Byhleguhrer Bagen (Abb. 2, 5) und TLP 10 (GRÜNERT 2002, nicht abgebildet).

3. Zur Problematik der ^{14}C-Daten aus präallerödzeitlichen Profilabschnitten

An allen hier vorgestellten neuen Profilen wurden insbesondere an den präallerödzeitlichen Ablagerungen ^{14}C-Datierungen durch die jeweiligen Bearbeiter veranlasst. Die Datierungen erfolgten teils an der Leibniz-Universität in Kiel und teils bei der GGA in Hannover. Die ermittelten Daten (Kürzel KI bzw. KIA für Kiel und Hv für GGA) sind in den Pollendiagrammen Kersdorf-Briesen und TLP 10 (Abb. 2a-b, 4) eingetragen. Nicht aufgenommen in die Pollendiagramme sind die absoluten Alter für das Paddenluch und den Byhleguhrer Bagen, da sie aus einem pollenanalytisch nicht bearbeiteten Nebenaufschluss bzw. einer Parallelbohrung stammen.
Alle Alter, ausgenommen das des Byhleguhrer Bagens (s. u.) wurden einheitlich mittels der durch die Universität Köln online vorgehaltenen aktuellen Software „quickcal 2004 ver.1.2“ zur Kalibrierung von ^{14}C-Altern nach STUIVER et al. (1998) für diese Arbeit auf „Jahre cal BP“ neuberechnet (Angabe in Klammern hinter dem Originaldatum).

Das an der Torfbasis des Paddenluchs ermittelte ^{14}C-Alter beträgt 13 090 ± 65 BP (Hv 24493, 16 092 ± 501 cal BP) und das des Byhleguher Bagens (ebenfalls Torfbasis) 17 615-16 580 BC (eine Umrechnung auf cal BP war wegen Nichtvorlage des Originaldatums nicht möglich).
Allen Altern ist gemein, dass sie für das bereits in der Eifel auf 14 450-13 350 cal Warvenjahre BP eingegrenzte Präalleröd insgesamt zu hoch ausfallen. Dies trifft im Wesentlichen auch für die an den Profilen Diebelsee (SCHLAAK & SCHOKNECHT 2002), Großes Fercher Moor (BÖSE et al. 1993) und Töpchin (JUSCHUS 2000) ermittelten Daten zu. Zumindest für die Profile Paddenluch, Byhleguhrer Bagen und Großes Fercher Moor stellen die bei der Pollenanalyse festgestellten präquartären Sporomorphen die eindeutige Ursache für die hohen Alter dar.
Schwieriger ist die Deutung im Falle der Profile TLP 10, Töpchin und Diebelsee, da hier Holz bzw. Pflanzenreste aus Torf datiert wurden. Für den aus ältestdryaszeitlichen Sedimenten geborgenen Holzfund aus der Bohrung TLP 10 käme Materialverlagerung in Frage (Abb. 4). Das auf 68% Wahr-scheinlichkeit berechnete Alter von 14 129-14 824 a cal BP fällt in den Bereich Weichselpleniglazial bis Unteres Meiendorf, somit könnte das Holz aus Letzterem umgelagert sein. Das für einen Braunmoostorf aus dem Diebelsee ermittelte Alter von 12 960 ± 515 BP (Hv 22135, 15 596 ± 1046 cal BP) hält SCHLAAK (mdl. Mitt.) wegen der Lagerungsverhältnisse bzw. des Charakters der liegenden und hangenden Sedimente für zutreffend. Das mit 68%iger Wahrscheinlichkeit im Bereich von 14 550-16 642 a cal BP liegende Datum lässt auf eine autochthone Sedimentation unter besonders günstigen Geländebedingungen an der Nordseite der Diebelseerinne (verstärkte Sonneneinstrahlung?) am Ende des Weichselpleniglazials schließen.
Bezüglich der in Kersdorf datierten Kalkmudden wird nach wie vor ein Reservoireffekt trotz gegenteiliger Versicherung des Kieler Labors angenommen.
Betrachtet man die Bildungsbedingungen der Mehrzahl der hier betrachteten Profile, so zeigt sich für die meisten, heute sehr tiefen Hohlformen, dass erst nach dem Ende des Toteistauens bzw. mit dem Übergang in das Holozän eine Sedimentationsberuhigung eintrat und damit ein Nachlassen der Wiederaufarbeitung älterer Sedimente bzw. des externen Eintrags in die Sedimentationsräume erfolgte. Insofern wird es weiterhin schwierig sein, zumindest für den Zeitraum des Präalleröds von Umlagerung unbeeinflusste Daten zu ermitteln.

Zusammenfassung

Auf Grundlage der vergleichenden Auswertung von 55 Pollenprofilen aus Berlin und Brandenburg wurden die bisher bekannten Gliederungen für das Weichselspätglazial zusammengefasst und erweitert.
Insgesamt liegen für die Region lediglich acht im Weichselspätglazial mehr oder weniger vollständig ausgebildete Profile vor. Dies erklärt sich aus der überwiegend erst im Übergang Älteste Dryas/Bölling bzw. besonders im Übergang Ältere Dryas/Alleröd einsetzenden limnisch-telmatischen Sedimentation in den vornehmlich durch Toteis entstandenen Hohlformen. Tiefe subglaziale Rinnen, durchflossene Rinnenseen oder Flussaltläufe stellen dabei die günstigsten Archive für die bisher in Berlin-Brandenburg sehr selten nachgewiesenen Ablagerungen des Meiendorfs dar.

Summary

The up to now established classifications of the Late Weichselian of the Berlin-Brandenburg area summarised and reaming supplemented based on the appraisal 55 pollen profiles.
Totalling only eight profiles show a more or less fully developed late Weichselian. This avows oneself by the beginning of sedimentation first during the Oldest Dryas/Boelling and exceedingly during the Older Dryas/Alleroed within depressions primarily originated from dead ice. Mainly deep subglacial channels, channel lakes or old stream courses represent favourable archives of the hitherto very seldom proved sediments of the Meiendorf-interstadial.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der Fertigstellung dieses Übersichtsarktikels danke ich herzlich meinen Kollegen Dr. Norbert Schlaak und Dipl.-Geol. Norbert Hermsdorf für die umfangreiche Hilfe im Gelände, die Foto- und Datenbearbeitung und ihren steten fachlichen Rat. Des Weiteren schulde ich großen Dank Frau Dr. Annette Kossler (Universität Hamburg) für die Makrorestbearbeitungen der Profile aus dem Paddenluch sowie den Kolleginnen und Kollegen Dr. Ines Schulz, Dipl.-Geogrn. Judith Grünert und Dipl.-Geogr. Ronny Poppschötz (ehemals Humboldt Universität zu Berlin) für die Überlassung der Bohrkerne Kersdorf-Briesen, TLP 10 und Byhleguhrer Bagen.
Nicht zuletzt sei hier den Herren Dr. Hans Ulrich Thieke (Kleinmachnow) und Dr. Helmut Müller (Hannover) für die kritische Durchsicht des Manuskripts gedankt.

Literatur

BITTMANN, F. & C. PASDA (1999): Die Entwicklung einer Düne während der letzten 12000 a – Untersuchungsergebnisse von Groß Lieskow (Stadt Cottbus) in der Niederlausitz. - Quartär **49/50**, S. 39-54, Saarbrücken

BJUNE, A. E., BIRKS, H. J. B. & H. SEPPÄ (2004): Holocene vegetation and climate history on a continental-oceanic transect in northern Fennoscandia based on pollen and plant macrofossils. - Boreas **33**, 3, S. 211-223, Oslo

BOCK, W., MENKE, B., STREHL, E. & H. ZIEMUS (1985): Neuere Funde des Weichselspätglazials in Schleswig-Holstein. - Eiszeitalter und Gegenwart **35**, S. 161-180, Hannover

BÖCKER, R., BRANDE, A. & H. SUKOPP (1986): Das Postfenn im Berliner Grunewald. - Abh. Westfäl. Mus. Naturk.-Münster **48**, S. 417-432, Münster

BÖSE, M., BRANDE, A. & V. ROWINSKY (1993): Zur Beckenentwicklung und Paläoökologie eines Kesselmoores am Rande des Beelitzer Sanders. - Berliner Geographische Arbeiten **78**, S. 35-53, Berlin

BRANDE, A. (1980a): Pollenanalytische Untersuchungen im Spätglazial und Postglazial Berlins. - Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg **115**, S. 21-72, Berlin

BRANDE, A. (1980b): Landbiozönosen p. p. (Pollendiagramm Kleiner Rohrpfuhl). - In: SUKOPP, H., BLUME, H.-P., ELVERS, H. & M. HORBERT: Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin, Nr. **3**: Beiträge zur Stadtökologie von Berlin (West). - Exkursionsführer für das zweite Europäische Ökologische Symposium, S. 20-25, Berlin

BRANDE, A. (1988): Zum Stand der palynologischen Forschung im Berliner Quartär. - Documenta naturae **44,** S. 1-7, München

BRANDE, A., HOELZMANN, P., & J. KLAWITTER (1990): Genese und Palökologie eines brandenburgischen Kesselmoores. - Telma **20**, S. 27-54, Hannover

BRANDE, A. (1990): Eine Synthese zur säkularen Landschaftsentwicklung in Berlin (West). - Ver. Berl. Bot. Ver. **8**, S. 21-31, Berlin

BRANDE, A. (2002): Zur Palynologie des Großen Stechlinsees (Brandenburg). - Greifswalder Geographische Arbeiten **26**, S. 135-138, Greifswald

BRAUER, A., ENDRES, C. & J. F. W. NEGENDANK (1999): Lateglacial calendar year chronology based on annually laminated sediments from Lake Meerfelder Maar, Germany. - Quaternary International **61**, S. 17-25, London

DE KLERK, P., HELBIG, H., HELMS, S., JANKE, W., KRÜGEL, K., KÜHN, P., MICHAELIS, D. & S. STOLZE (2001): The Reinberg researches: Palaeoecological and geomorphological studies of a kettle hole in Vorpommern (NE Germany), with special emphasis on a local vegetation during Weichselian Pleniglacial/Lateglacial transition. - Greifswalder Geographische Arbeiten **23**, S. 43-131, Greifswald

DE KLERK, P. (2002): Changing vegetation patterns in the Endinger Bruch area (Vorpommern, NE-Germany) during the Weichselian Lateglacial and Early Holocene. - Review of Palaeobotany **119** S. 275-309, Amsterdam

EICHHOLZ, W. (1958): Vorkommen des Sanddorns unter besonderer Berücksichtigung des nord- und mitteldeutschen Raumes. - Archiv für Gartenbau **6**, S. 387-403, Berlin

ENDTMANN, E. (1998): Untersuchungen zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung des Leckerpfuhls (Mönchsheider Sander, NE-Brandenburg). - Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg **131**, S. 137-166, Berlin

FRIEDRICH, M., KNIPPING, M., V. D. KROFT, P., RENNO, A., SCHMIDT, S., ULLRICH, O. & J. VOLLBRECHT (2001): Ein Wald am Ende der letzten Eiszeit – Untersuchungen zur Besiedlungs-, Landschafts- und Vegetationsentwicklung an einem verlandeten See im Tagebau Reichwalde, Niederschlesischer Oberlausitzkreis. - Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalspflege **43**, S. 21-94, Zwickau

FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Band: Allgemeine Waldgeschichte. - 480 S., Jena (Fischer)

FIRBAS, F. (1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 2. Band: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. - 256 S., Jena (Fischer)

GÄRTNER, P. (1993): Beiträge zur Landschaftsgeschichte des Westlichen Barnim. - Berliner Geographische Arbeiten **77**, 109 S., Berlin

GÄRTNER, P. (1998): Neue Erkenntnisse zur jungquartären Landschaftsentwicklung in Nordwestbrandenburg – Eine landschaftsgenetische Studie am Ausgang des Rheinsberger Beckens mit pollenanalytischen Untersuchungen von T. SCHOKNECHT. - MGA, **A 49**, S. 95-116, Berlin

GRÜNERT, J. (2002): Zur spätpleistozän-holozänen Genese der Niederungsgebiete Krumme Lake und Neue Wiesen im Südosten Berlins – Ein Beitrag zur Gewässernetzentwicklung im nordostdeutschen Jungmoränenland. - Diplomarbeit Geographisches Institut der Humboldt Universität zu Berlin, 100 S., Berlin

HOMANN, M., MERKT, J. & H. MÜLLER (2002): Sedimentologische und pollenanalytische Untersuchungen einiger meck-

lenburgischer Seen – ein West-Ost-Transect. - Greifswalder Geographische Arbeiten **26**, S. 35-38, Greifswald

JAHNS, S. (1999): Ein holozänes Pollendiagramm vom Kleinen Mochowsee, nördliche Niederlausitz. - Gleditschia **27**, S. 45-56, Berlin

JAHNS, S. (2000): Late-glacial and Holocene woodland dynamics and land-use history of the Lower Oder valley, northeastern Germany, based on two, AMS ^{14}C-dated, pollen profiles. - Veget. Hist. Archaeobot. **9**, S. 111-123, Berlin

JAHNS, S. (2001): On the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and human impact in the Ücker valley, north-eastern Germany. - Veget. Hist. Archaobot. **10**, S. 97-104, Berlin

JANKE, W. (1996): Biostratigraphische Untersuchungen am spätneolithischen Fundplatz Nienhagen, Lkr. Nordvorpommern. - Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, S. 49-56, Lübstorf

JUSCHUS, O. (2000): Das Jungmoränenland südlich von Berlin - Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung zwischen Unterspreewald und Nuthe. - Diss., Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, 126 S., (unveröff.)

KAISER, K., DE KLERK, P. & T. TERBERGER (1999): Die „Riesenhirschfundstelle“ von Endingen: geowissenschaftliche und archäologische Untersuchungen an einem spätglazialen Fundplatz in Vorpommern. - Eiszeitalter u. Gegenwart **49**, S. 102-123, Hannover

KLEINMANN, A., MERKT, J. & H. MÜLLER (2002): Sedimentologische und palynologische Untersuchungen an Ablagerungen des Siethener Sees und Blankensees (Brandenburg) – erste Ergebnisse. - Greifswalder Geologische Arbeiten **26**, S. 59-62, Greifswald

KLOSS, K. (1980): Pollenanalysen zur Vegetations-, Siedlungs- und Moorgeschichte am Südrand der ostmecklenburgisch-brandenburgischen Seenplatte (Kr. Gransee). - Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. **20**, 4, S. 203-212, Berlin

KLOSS, K. (1994): Das Pollendiagramm vom Schlangenpfuhl in Eberswalde, Krs. Barnim. - Veröff. d. Brdbrg. Mus. f. Ur- und Frühgeschichte **28**, S. 99-104, Potsdam

KOSSLER, A., LUCKERT, J., MÜLLER, H., SCHLAAK, N., STRAHL, J., THIEKE, H. U. & M. WEISS (2004): Palynologische, malakologische und sedimentologisch-geochemische Untersuchungen an limnischen weichselspätglazial-holozänen Sedimenten des Paddenluchs, Tgb. Rüdersdorf (Brandenburg). - Tagungsband und Exkursionsführer 71. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen 01. - 04. Juni 2004 in Frankfurt (Oder), S. 71-72, Kleinmachnow

KREY, L. & K. KLOSS (1990): Geographische und pollenanalytische Untersuchungen des Kleinen Barsch-Sees (Bez. Potsdam, DDR). - Limnologica **21**, 1, S. 117-123, Berlin

KRIENKE, H.-D. & J. STRAHL (1999): Weichselzeitliche und holozäne Ablagerungen im Bereich der Deponie Tessin bei Rostock (Mecklenburg-Vorpommern) unter besonderer Berücksichtigung des Präalleröd-Komplexes. - Meyniana **51**, S. 125-151, Kiel

KÜHNER, R., HILLER, A. & F. W. JUNGE (1999): Naturwissenschaftliche Untersuchungen zum Weichselspätglazial in der Niederlausitz bei Cottbus (Land Brandenburg). - Quartär **49/59**, S. 7-20, Saarbrücken

LANGE, E. (1971): Botanische Beiträge zur mitteleuropäischen Siedlungsgeschichte. Ergebnisse zur Wirtschaft und Kulturlandschaft in frühgeschichtlicher Zeit. - Schriften zur Ur- und Frühgeschichte **27**, 142 S., Berlin

LANGE, E. (1976): Zur Entwicklung der natürlichen und anthropogenen Vegetation in frühgeschichtlicher Zeit, Teil 2: Naturnahe Vegetation. - Feddes Repertorium **87,** 6, S. 367-442, Berlin

LANGE, E., JESCHKE, L. & H. D. KNAPP (1986): Ralswiek und Rügen. Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte der Ostseeinsel. Teil 1. Die Landschaftsgeschichte der Insel Rügen seit dem Spätglazial. Text und Beilagen. - Schriften zur Ur- und Frühgeschichte **38**, 175 S., Berlin (Akademie Verlag)

LEROY, S. A. G., ZOLITSCHKA, B., NEGENDANK J. F. W. & G. SERET (2000): Palynological analyses in the laminated sediment of Lake Holzmaar (Eifel, Germany): duration of Lateglacial and Preboreal biozones. - Boreas **29**, S. 52-71, Oslo

LIPPSTREU, L. (1999): Die Gliederung des Pleistozäns in Brandenburg (Stand 1999). - Brandenburg. Geowiss. Beitr. **6**, 2, Beil., Kleinmachnow

LITT, T. & M. STEBICH (1999): Bio- and chronostratigraphy of the lateglacial in the Eifel region, Germany. - Quaternary International **61**, S. 5-16, London

LITT ,T., BRAUER, A., GOSLAR, T., MERKT, J., BALAGA, K., MÜLLER, H., RALSKA-JASIEWICZOWA, M., STEBICH, M. & J. F. W. NEGENDANK (2001): Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. - Quaternary Science Reviews **20**, S. 1233-1249, Amsterdam

LITT, T., SCHMINCKE, H.-U. & B. KROMER (2003): Environmental response to climatic and volcanic events in central Europe during the Weichselian Lateglacial. - Quaternary Science Reviews, **22**, S. 7-32, Amsterdam

LOTTER, A. F., EICHER, U., SIEGENTHALER, U. & H. J. B. BIRKS (1992): Late-glacial climatic oscillations as recorded in Swiss lake sediments. - Journal of Quaternary Science **7,** 3, S. 187-204, London

MÄUSBACHER, R., SCHNEIDER, H., IGL, M. (2001): Influence of late glacial climate changes on sediment transport in the River Werra (Thuringia, Germany). - Quaternary International **79**, S. 101-109, London

MATHEWS, A. (1997): Pollenanalytische und pflanzensoziologische Untersuchungen in der Flußauenlandschaft der mittleren Elbe. - Diss. am Fachbereich Biologie der Universität Hannover, 214 S., Hannover

MENKE, B. (1968): Das Spätglazial von Glüsing. - Eiszeitalter u. Gegenwart **19**, S. 73-84, Öhringen

MERKT, J. & H. MÜLLER (1998): Was zeigen Seesedimente vom Klimasprung an der Wende vom Spätglazial zum Holozän? - Terra Nostra **98**, 3, S. 227-228, Berlin

MERKT, J. & H. MÜLLER (1999): Varve chronology and palynology of the Lateglacial in Northwest Germany from lacustrine sediments of Hämelsee in Lower Saxony. - Quaternary International **61**, S. 41-59, London

MÜLLER, H. (1953): Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des mitteldeutschen Trockengebietes. - Nova Acta Leopoldina **16**, 110, 67 S., Leipzig

MÜLLER, H. & A. KLEINMANN (1998): Palynologische Untersuchung eines Sedimentprofiles aus dem Wollingster See. - Mitt. AG Geobot. Schleswig-Holstein u. Hamburg **57**, S. 44-52, Kiel

MÜLLER, H. M. (1962): Pollenanalytische Untersuchungen im Bereich des Messtischblattes Thurow (Südostmecklenburg). - Unveröff. Diss., Univ. Halle

MÜLLER, H. M. (1965): Übersicht über die spätglaziale Vegetationsentwicklung im küstenfernen nordostdeutschen Diluvialgebiet. - Naturwiss. **52**, S. 16-17, Berlin

MÜLLER, H. M. (1966a): Beiträge zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung Südostmecklenburgs. - Kurzrefer. u. Exk. f. 6. Treffen d. Sekt. Quartärgeologie., S. 26-28, Berlin

MÜLLER, H. M. (1966b): Beiträge zur Vegetationsentwicklung auf dem Mönchsheider Sander bei Chorin. - Archiv f. Forstwesen. **15**, 8, S. 857-867, Berlin

MÜLLER, H. M. (1967): Das Pollendiagramm „Serwest“, ein Beitrag zur Wechselwirkung natürlicher und anthropogener Faktoren in der Vegetationsentwicklung. - Feddes Repert. Bot. Geobot. **74**, S. 123-137, Berlin

MÜLLER, H. M. (1969): Die spätpleistozäne und holozäne Vegetationsentwicklung im östlichen Tieflandsbereich der DDR zwischen Nördlichem und Südlichem Landrükken. - Wiss. Abh. Geogr. Ges. DDR **10**, S. 155-165, Berlin

MÜLLER, H. M. (1970): Die spätglaziale Vegetationsentwicklung in der DDR. - In: Quartärkomitee der DDR (ed.): Probleme der weichselspätglazialen Entwicklung in Mittel- und Nordeuropa. - S. 81-109, Frankfurt (Oder)

MÜLLER, H. M. (1971): Untersuchungen zur holozänen Vegetationsentwicklung südlich von Berlin. - Peterm. geogr. Mitt. **115**, S. 37-35, Gotha

MÜLLER, H. M. & G. Kohl (1966): Radiocarbondatierungen zur jüngeren Vegetationsentwicklung Südostmecklenburgs. - Flora **156**, S. 408-418, Jena

POPPSCHÖTZ, R. (1999): Untersuchungen zur jungquartären Landschaftsentwicklung im Bereich der Brandenburger Eisrandlage zwischen Oberspreewald und Schwielochsee. – Diplomarbeit, Geographisches Institut der Humboldt Universität zu Berlin, 86 S. (unveröff.)

POPPSCHÖTZ, R. & J. STRAHL (2004): Fazies- und Pollenanalyse an einem weichselspätglazialen Flusslauf im „Oberen Spreeschwemmfächer“ bei Cottbus. - Berliner Geographische Arbeiten **96**, S. 69-88, Berlin

PREUSS, H., VINKEN, R. & H.-H. VOSS (1991): Symbolschlüssel Geologie. - 328 S., Hannover

ROWINSKY, V. & J. STRAHL (2004): Entwicklung von extrem tiefgründigen Kesselmooren im Plauer Stadtwald (Mecklenburg-Vorpommern). - Telma **34**, S. 39-64, Hannover

SCHLAAK, N. (1993): Studie zur Landschaftsgenese im Raum Nordbarnim und Eberswalder Urstromtal. - Berliner Geographische Arbeiten **76**, 145 S., Berlin

SCHLAAK, N. (1997): Äolische Dynamik im brandenburgischen Tiefland seit dem Weichselspätglazial. - Arbeitsberichte Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, **24**, 58 S., Berlin

SCHLAAK, N. & T. SCHOKNECHT (2002): Geomorphologische und palynologische Untersuchungen im Vorland der Pommerschen Eisrandlage am Beispiel der Bugsinseerinne (Nordbrandenburg). - Greifswalder Geographische Arbeiten **26**, S. 101-105, Greifswald

SCHMINCKE, H.-U., PARK, C. & E. HARMS (1999): Evolution and environmental impacts of the eruption of Laacher See Volcano (Germany) 12,900 a BP. - Quaternary International **61**, S. 61-72, London

SCHÜTTRUMPF, R. (1936): Paläobotanisch-pollenanalytische Untersuchungen der paläolithischen Rentierjägerfundstät-

te von Meiendorf bei Hamburg. - Ver. Archäol. Reichsinst. **1**, S. 1-54, Neumünster

SCHÜTTRUMPF, R. (1943): Die pollenanalytische Untersuchung der Rentierjägerfundstätte Stellmoor in Holstein und ihre Stellung in Holstein. - In: RUST, A.: Die Funde vom Pinnberg. - Offa **14**, S. 17-25, Neumünster

SCHULZ, I. & J. STRAHL (1997): Geomorphologische und pollenanalytische Untersuchungen im Raum Drahendorf südöstlich Fürstenwalde – Ein Beitrag zur Klärung der spät- und postglazialen Entwicklung des Gerinnebettmusters der Spree. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **4**, 2, S. 53-63, Kleinmachnow

SCHULZ, I. & J. STRAHL (2001): Die Kersdorfer Rinne als Beispiel subglazialer Rinnenbildung im Bereich der Frankfurter Eisrandlage – Ergebnisse geomorphologischer und pollenanalytischer Untersuchungen in Ostbrandenburg. - Z. geol. Wiss., Berlin **29**, 1/2, S. 99-107, Berlin

SPURK, M., KROMER, B. & P. PESCHKE (1999): Dendrochronologische, palynologische und Radiocarbon-Untersuchungen eines Waldes aus der Jüngeren Tundrenzeit. - Quartär **49/50**, S. 34-37, Saarbrücken

STEBICH, M. (1999): Palynologische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Weichsel-Spätglazials und Frühholozäns an jährlich geschichteten Sedimenten des Meerfelder Maares (Eifel). - Dissertationes Botanicae **320**, 127 S., Stuttgart

STRAHL, J. (1996): Bericht zur pollenanalytischen Untersuchung der Bohrung Seddiner See 1/96 (Land Brandenburg). - Bericht BGR, 21 S., Hannover (unveröff.)

STRAHL, J. (1999): Die Vegetationsgeschichte des Herthamoores in der Stubnitz (Halbinsel Jasmund, Insel Rügen). - Greifswalder Geowissenschaftliche Beiträge **6**, S. 437-477, Greifswald

STRAHL, J. (2004): Zwischenbericht zur pollenanalytischen Untersuchung der weichselspätglazialen Ablagerungen der Bohrungen STO C Stolpsee, WIT E Wittwesee und BRE D Breitlingsee, Land Brandenburg. - Bericht LBGR, 5 S., Kleinmachnow (unveröff.)

STRAHL, J. (2005): Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen am Geotop Paddenluch, Tagebau Rüdersdorf (Land Brandenburg). - Abschlußbericht LBGR, 49 S., Kleinmachnow (unveröff.)

STUIVER, M., REIMER, P. J., BARD, E., BECK, J. W., BURR, G. S., HUGHEN, K. A., KROMER, B., MC CORMAC, G., VAN DER PLICHT, J. & M. SPURK (1998): INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24,000 – 0 cal BP. - Radiocarbon **40**, S. 1041-1084, Tucson

TERBERGER, T., DE KLERK, P., HELBIG, H., KAISER, K. & P. KÜHN (2004): Late Weichselian landscape development and human settlement in Mecklenburg-Vorpommern (NE Germany). - Eiszeitalter und Gegenwart **54**, S. 138-175, Stuttgart

THEUERKAUF, M. (2002): Die Laacher See Tephra in Nordostdeutschland: Paläoökologische Untersuchungen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. - Greifswalder Geographische Arbeiten, **26**, S.171-174, Greifswald

THEUERKAUF, M. (2003): Die Vegetation NO-Deutschlands vor und nach dem Ausbruch des Laacher See-Vulkans (12 880 cal. BP). - Greifswalder Geographische Arbeiten **29**, S. 143-189, Greifswald

USINGER, H. (1975): Pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen an zwei Spätglazial-Vorkommen in Schleswig-Holstein. - Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg **25**, S.1-183, Kiel

USINGER, H. (1977): Bölling-Interstadial und Laacher Bimstuff in einem neuen Spätglazial-Profil aus dem Vallensgård Mose/Bornholm mit pollengrößenstatistischer Trennung der Birken. - DGU, Årbog 1977, S. 5-29, Kobenhavn

USINGER, H. (1978): Pollen- und großrestanalytische Untersuchungen zur Frage des Bölling-Interstadials und der spätglazialen Baumbirken-Einwanderung in Schleswig-Holstein. - Schr. Naturw. Ver. Schlesw. - Holstein **48**, S. 41-61, Kiel

USINGER, H. (1981): Ein weit verbreiteter Hiatus in spätglazialen Sedimenten: Mögliche Ursache für Fehlinterpretationen von Pollendiagrammen und Hinweis auf klimatisch verursachte Seespiegelbewegungen. - Eiszeitalter u. Gegenwart **3**1, S. 91-107, Hannover

USINGER, H. (1985): Pollenstratigraphische, vegetations- und klimageschichtliche Gliederung des „Bölling-Alleröd-Komplexes“ in Schleswig-Holstein und ihre Bedeutung für die Spätglazial-Stratigraphie in benachbarten Gebieten. - Flora **177**, S. 1-43, Jena

WOLFF, H. (2002): Im Sand verweht, vom Moor bewahrt – Landschaftsgenese im Kaniner Tal südwestlich von Potsdam. - Diplomarbeit, Institut f. Geoökologie, Universität Potsdam, 86 S., (unveröff.)

WOLTERS, S. (1999): Spät- und postglaziale Vegetationsentwicklung im Bereich der Fercher Berge südwestlich von Potsdam. - Gleditschia, **27**, 1/2, S. 25-44, Berlin

WOLTERS, S. (2002): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Landschaftsentwicklung in der Döberitzer Heide (Brandenburg). - Dissertationes Botanicae **366**, 157 S., Berlin (J. Cramer)

VORREN, K.-D., & T. ALM (1999): Late Weichselian and Holocene environments of lake Endletvatn, Andøya, northern Norway: as evidenced primarily by chemostratigraphical data. - Boreas **28**, S. 505-520, Oslo

YOUNG, R., WALANUS, A. & T. GOSLAR (2000): Auto-correlation analysis in search of short-term patterns in varve data from sediments of Lake Gosciaz. - Boreas **29**, S. 251-260, Oslo

Anschrift der Autorin:
Dr. J. Strahl
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Anhang
zur Publikation

STRAHL, J.: **Zur Pollenstratigraphie des Weichselspätglazials von Berlin-Brandenburg**. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **12**, 1/2, S. 87-112, Kleinmachnow

Wie in der Einleitung der oben genannten Publikation angeführt, sind diesem Anhang

1. die Vollversion der Abbildung 1 als Abbildung 1a mit sämtlichen, bei der Auswertung zugrunde gelegten Pollenprofilen aus dem Gebiet Berlin-Brandenburgs,

2. die Pollendiagramme der unkommentierten holozänen Profilteile der unter den Abbildung 2, 3 und 5 dargestellten Bohrungen als Abbildung 2a, 3c und 5b sowie die separate Abbildung 12 und

3. die entsprechend der erweiterten Abbildung 1a fehlenden Zitate im Literaturverzeichnis zu entnehmen.

Literatur

GIESECKE, T. (2000): Pollenanalytische und sedimentchemische Untersuchungen zur Landschaftsgeschichte am Großen Treppelsee (Ost-Brandenburg, Deutschland). - Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin N.F., **39**, S. 89-112, Berlin

ILLIG, H. & E. LANGE (1992): Vegetationsgeschichtliche und vegetationskundliche Untersuchungen im Rinnental bei Schuhlen-Wiese (Lausitz). - Verhandlungen des Botanischen Vereins von Berlin und Brandenburg **125**, S. 5-18, Berlin

JAHNS, S., HERKING, C. & K. KLOSS (2002): Landschaftsrekonstruktion entlang des westlichen unteren Oderlaufs anhand ausgewählter Pollenkurven aus acht Seeprofilen. - Greifswalder Geographische Arbeiten **26**, S. 153-156, Greifswald

KLOSS, K. (1987a): Der pollenanalytische Befund an der Fundstelle des Ur-Skeletts am Schlaatz bei Potsdam. - Veröff. Mus. f. Ur- und Frühgeschichte Potsdam **21**, S. 65-67, Potsdam

KLOSS, K. (1987b): Pollenanalysen zur Vegetationsgeschichte, Moorentwicklung und mesolithisch-neolithischen Besiedlung im Unteren Rhinluch bei Friesack, Bezirk Potsdam. - Veröff. Mus. f. Ur- und Frühgeschichte Potsdam **21**, S. 101-120, Potsdam

KLOSS, K. (1991b): Zur Vegetationsgeschichte der Ravensberge bei Potsdam nach dem Pollendiagramm vom Teufelssee. - Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege, unveröff. Manuskript, 4 S., Potsdam

KREY, L. & K. KLOSS (1990): Geographische und pollenanalytische Untersuchungen des Kleinen Barsch-Sees (Bez. Potsdam, DDR). - Limnologica **21**, 1, S. 117-123, Berlin

LANGE, E., ILLIG, H., ILLIG, J. & G. WETZEL (1978): Beiträge zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte der nordwestlichen Niederlausitz. - Abhandl. u. Berichte Naturkundemuseum Görlitz **52**, 3, S., Görlitz

MÜLLER, H. M. (1961): Ein Pollendiagramm aus dem Äppelbruch bei Eberswalde. - Archiv f. Forstwesen **10**, 7, S. 809-816, Berlin

MÜLLER, H. M. (1965a): Das Naturschutzgebiet Teufelsbruch in Berlin-Spandau. VI. Pollenanalytische Untersuchungen. - Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin N. F. **5**, 3, S. 113-123, Berlin

NITZ, B., SCHIRRMEISTER, L. & R. KLESSEN (1995): Spätglazial-altholozäne Landschaftsgeschichte auf dem nördlichen Barnim – zur Beckenentwicklung im nordostdeutschen Tiefland. - Petermanns Geographische Mitteilungen **139**, 5, S. 143-158, Gotha

SCHLAAK, N., KAHL, J. & J. STRAHL (2003): Sedimentologische und stratigraphische Befunde aus Uferwall und Aue: Beispiele zwischen Manschnow und Alt Tucheband. - SCHROEDER, J. H. & F. BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, 9, Oderbruch – Märkische Schweiz – Östlicher Barnim, S. 71-78, Berlin

STRAHL, J. (1993): Pollenanalytische Untersuchung der Bohrung Pfauenwiesen (Pfauenwiesen-Becken) südlich Biesenthal, Land Brandenburg. - Festschr. Prof. W. Krutzsch, Mus. f. Naturk. Berlin, S. 145-154, Berlin

STRAHL, J. (1998): Weichselzeitliche und holozäne Ablagerungen der Bohrung Rambower See (Salzstock Rambow, Land Brandenburg). - unveröff. Ber. BGR, 33 S., Hannover

STRAHL, J. (2004b): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung von 12 Proben aus der Bohrung Wandlitz I, Land Brandenburg. - unveröff. Ber. LBGR, 5 S., Kleinmachnow

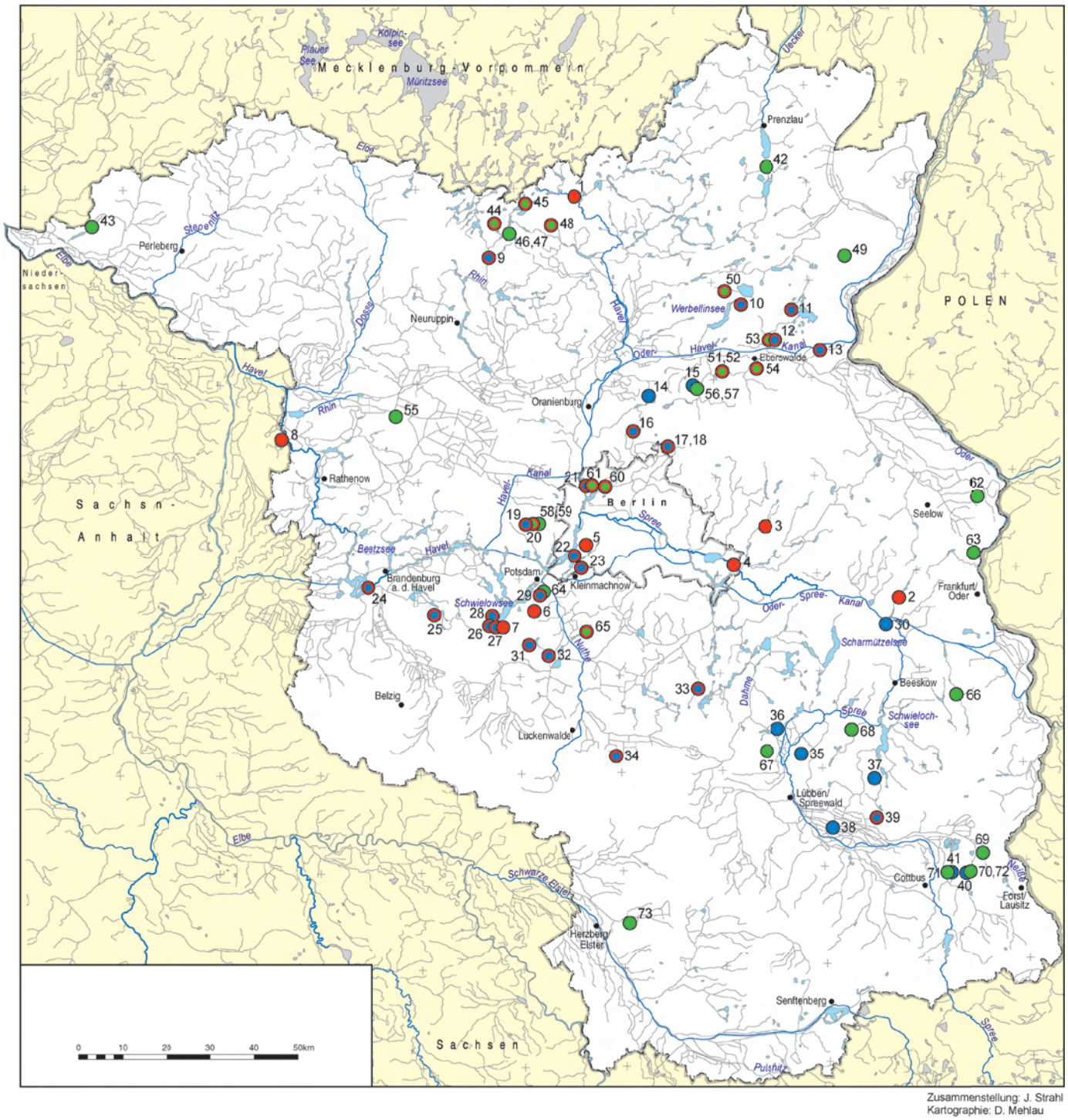


Abb. 1a
Lage der in Berlin-Brandenburg ausgewerteten Pollenprofile weichselspätglazialer Ablagerungen inklusive ihrer stratigraphischen Reichweite,
● *Roter Außenkreis bzw. rote Markierung = Fundpunkte Laacher See Tephra (LST)*

Fig. 1a
Position of the evaluated pollen profiles with late-glacial sediments from the Berlin-Brandenburg area including stratigraphical ranging,
● *Red edge and marking respectively = position of Laacher See Tephra (LST)*

● Profile mit quasi vollständigem Weichselspätglazial ab dem Weichselpleniglazial/Meiendorf:

1 Stolpsee (Strahl 2004a), WP – ÄD, AL 2/3 - JD
2 Kersdorf-Briesen (Schulz & Strahl 2001), MEI - JD
3 Paddenluch (Kossler et al. 2004, Strahl 2005), WP - JD
4 Neue Wiesen, TLP 10, WP - JD
5 Pechsee (Brande 1980a, 1988, 1990), (MEI - ÄD), AL 1 - JD
6 Langes Fenn bei Wilhelmshorst (Müller 1971), WP - JD
7 Großes Fercher Moor (Brande in Böse et al. 1993), WP - MEI, (ÄÄD - ÄD), AL 1 - JD
8 Schollene (Mathews 1997, 2000), WP - JD

● Profile mit fragmentarischem Prä-Alleröd bzw. mit Entwicklung ab der Ältesten Dryas/Bölling, Bölling, Bölling/Ältere Dryas oder Älterer Dryas:

9 Schulzensee bei Zechow (Schoknecht in Gärtner 1998), ÄD? - JD
10 Diebelsee (Schlaak & Schoknecht 2002), (BÖ) ÄD, AL2/3 - JD
11 Serwest (Müller 1967), ÄÄD - JD
12 Leckerpfuhl (Müller 1966b, Endtmann 1998), BÖ/ÄD - JD
13 Großer Krebssee (Jahns 2000), ÄD - JD
14 Wandlitz See (Strahl 2004b), ÄÄD
15 Wukenfurche (Schoknecht in Schlaak 1993), ÄD - JD
16 Summt (Müller 1970), ÄÄD - JD
17 „Germanenbad“ Berlin-Buch (Schoknecht in Gärtner 1993), BÖ/ÄD? - JD
18 Bogensee (Schoknecht in Gärtner 1993), ÄD - AL
19 Jungfernfenn (Wolters 2002), ÄÄD-BÖ, AL2-4 - JD
20 Kienfenn (Wolters 2002), (MEI) ÄÄD, BÖ/AL1 - JD
21 Kleiner Rohrpfuhl (Brande 1980b), ÄD? - JD
22 Postfenn (Brande in Böcker et al. 1986), ÄD? - JD
23 Siepegrabenmoor (Brande et al. 1990), BÖ/ÄD - JD
24 Breitlingsee (Strahl 2004a), BÖ/ÄD?, AL 2/3 - JD
25 Lehnin-Nord (Müller 1970), ÄÄD - JD
26 Kleines Fercher Moor (Brande in Böse et al. 1993), BÖ/ÄD? - JD
27 Langes Fenn bei Potsdam (Wolters 1999), (ÄÄD/BÖ), AL - JD
28 Mittelbusch (Wolff 2002), ÄD - JD
29 Teufelssee Ravensberge (Kloss 1991b, unveröff.), ÄD - JD
30 Drahendorf (Schulz & Strahl 1997), ÄD - JD
31 Seddiner See (Strahl 1996), BÖ - JD
32 Blankensee (Müller in Kleinmann et al. 2002), (ÄÄD), MEI/BÖ?, AL 4 - JD
33 Töpchin (Lange in Juschus 2000), BÖ - JD
34 Stülper See (Giesecke in Juschus 2000), BÖ - JD
35 Dürrenhofer See (Hinz & Brande in Juschus 2000), ÄD - JD
36 Spreemäander nordöstlich Köthener See (Hinz & Brande: In: Juschus 2000), BÖ/ÄD
37 Kleiner Mochowsee (Jahns 1999), ÄÄD/ÄD?
38 Leipe, ÄÄD - JD?
39 Byhleguhrer Bagen (Strahl in Poppschötz 1999), ÄÄD - JD
40 Groß Lieskow (Bittmann & Pasda 1999), ÄÄD - JD
41 Merzdorf, Profil 5 (Poppschötz & Strahl 2004), ÄÄD-BÖ?

● Profile mit Entwicklung ab dem Alleröd bzw. lediglich Jüngerer Dryas:

42 Unterückersee (Jahns 2001), AL 2/3 - JD
43 Rambower See (Strahl 1998), AL 4 - JD
44 Wittwesee (Strahl 2004a), AL 2/3 - JD
45 Großer Stechlinsee (Brande 2002), AL 4 - JD
46 Großer Barschsee (Schoknecht in Krey & Kloss 1990), JD
47 Kleiner Barschsee (Krey & Kloss 1990), AL 4 - JD
48 Buchholz (Kloss 1980), AL 1 - JD
49 Felchowsee (Jahns 2000), JD
50 Runder Köllnsee (Schoknecht in Schlaak 1997), AL 2/3 - JD
51 Postdüne (Schoknecht in Schlaak 1993), AL 2-4 - JD
52 Großes Postluch (Schoknecht in Schlaak 1993), AL 3/4 - JD
53 Äppelbruch (Müller 1961)
54 Schlangenpfuhl (Kloss 1994), AL 4 - JD
55 Friesack (Kloss 1987b), JD
56 Hegesee (Lange in Nitz et al. 1995), AL 4 - JD
57 Pfauenwiesen (Strahl 1993), AL 2-4 - JD
58 Schwanengrabenrinne (Wolters 2002), AL 1-4
59 Weidenkuhle (Wolters 2002) – BÖ/AL 1? - JD
60 Tegeler See (Brande 1980a, 1988, 1990), AL 2/3 - JD
61 Teufelsbruch Berlin-Spandau (Müller 1965a), AL 2/3 - AL4/JD
62 Manschnow 02/01 (Strahl in Schlaak et al. 2003), JD
63 Gabelsee (Jahns et al. 2002), JD
64 Schlaatz bei Potsdam (Kloss 1987a), AL 4? - JD
65 Siethener See (Müller in Kleinmann et al. 2002), AL 1? - JD
66 Großer Treppelsee (Giesecke 2000), JD
67 Krausnick – Lichtesee (Lange et al. 1978), JD
68 Schuhlen-Wiese (Illig & Lange 1992), JD
69 Malxeniederung, AL (Strahl, unveröff.)
70 Vorschnitt Tgb. Cottbus-N, Station 25,5 m, AL - JD (Strahl, unveröff.)
71 Merzdorf, Profil 1 und 2 (Poppschötz & Strahl 2004), AL - JD
72 Cottbus-Nord, Dryaswald (Spurk et al. 1999), JD
73 Öelsig (Lange et al. 1978), JD?

Erläuterung der Fundpunkte in Abbildung 1a

Explanation of discovery points figure 1a

Abb. 2b

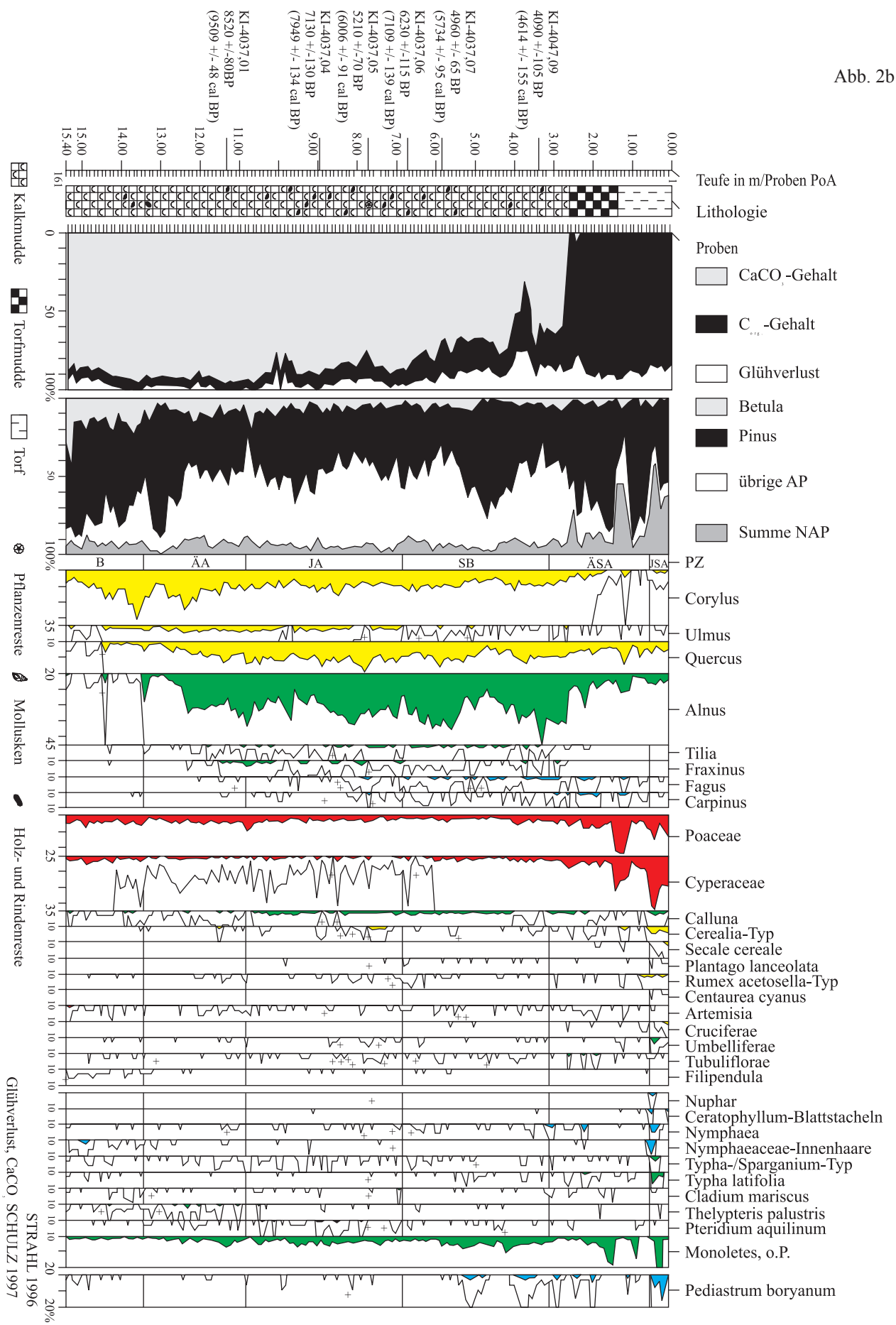

KI-4047,09
4090 +/-105 BP
(4614 +/- 155 cal BP)
KI-4037,07
4960 +/- 65 BP
(5734 +/- 95 cal BP)
KI-4037,06
6230 +/-115 BP
(7109 +/- 139 cal BP)
KI-4037,05
5210 +/-70 BP
(6006 +/- 91 cal BP)
KI-4037,04
7130 +/-130 BP
(7949 +/- 134 cal BP)
KI-4037,01
8520 +/-80BP
(9509 +/- 48 cal BP)
Teufe in m/Proben PoA
Lithologie
Proben
CaCO3-Gehalt
Corg-Gehalt
Glühverlust
Betula
Pinus
übrige AP
Summe NAP
B
ÄA
JA
SB
ÄSA
JSA
PZ
Corylus
Ulmus
Quercus
Alnus
Tilia
Fraxinus
Fagus
Carpinus
Poaceae
Cyperaceae
Calluna
Cerealia-Typ
Secale cereale
Plantago lanceolata
Rumex acetosella-Typ
Centaurea cyanus
Artemisia
Cruciferae
Umbelliferae
Tubuliflorae
Filipendula
Nuphar
Ceratophyllum-Blattstacheln
Nymphaea
Nymphaeaceae-Innenhaare
Typha-/Sparganium-Typ
Typha latifolia
Cladium mariscus
Thelypteris palustris
Pteridium aquilinum
Monoletes, o.P.
Pediastrum boryanum
Kalkmudde
Torfmudde
Torf
Pflanzenreste
Mollusken
Holz- und Rindenreste
Glühverlust, CaCO3 SCHULZ 1997
STRAHL 1996

Abb. 2b
Pollendiagramm der Bohrung Kersdorf-Briesen, holozäner Teil Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme

Fig. 2b
Pollen diagram of borehole Kersdorf-Briesen, holocene part basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum

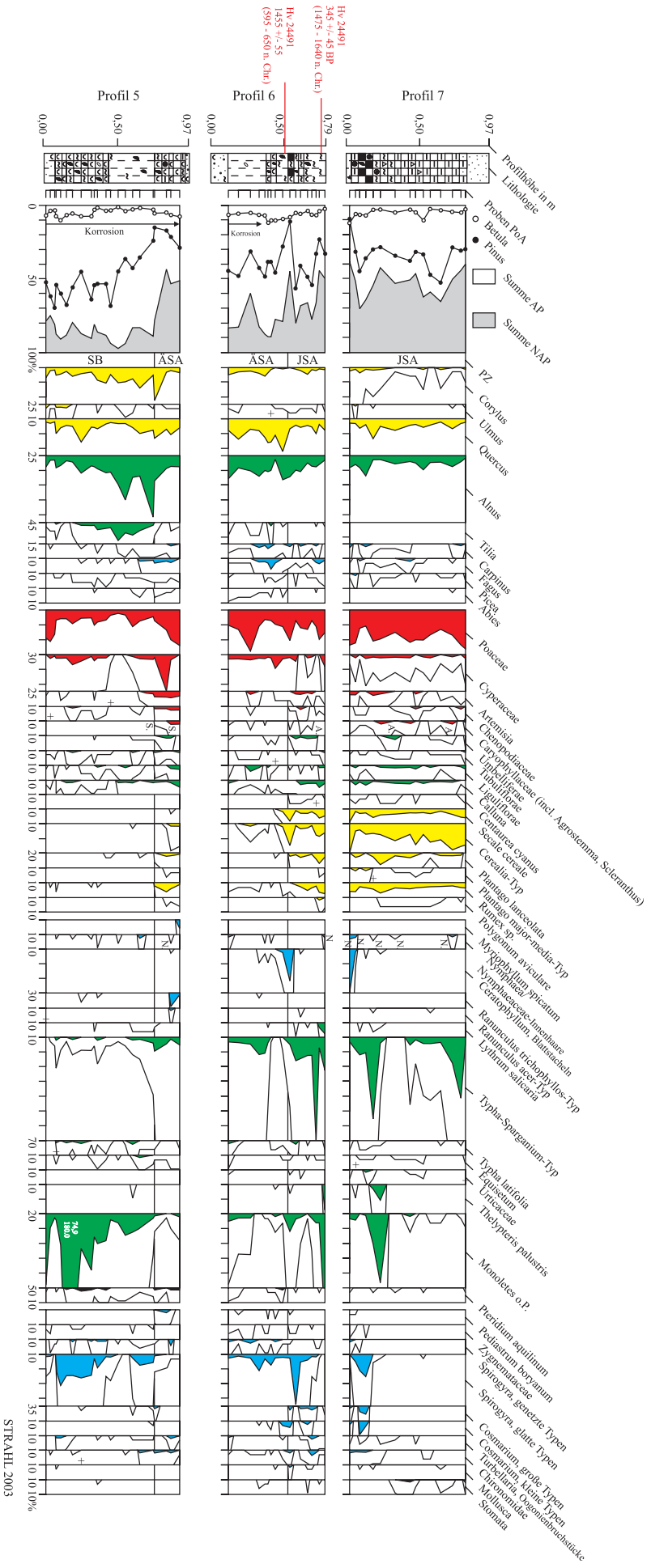


Abb. 3c
Pollendiagramme der Profile 5, 6 und 7 des Hauptaufschlusses Paddenluch Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme; Legende vgl. Abb. 10

Fig. 3c
Pollen diagrams of profile 5, 6 and 7 of the main outcrop of Paddenluch basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum; legend see fig. 10

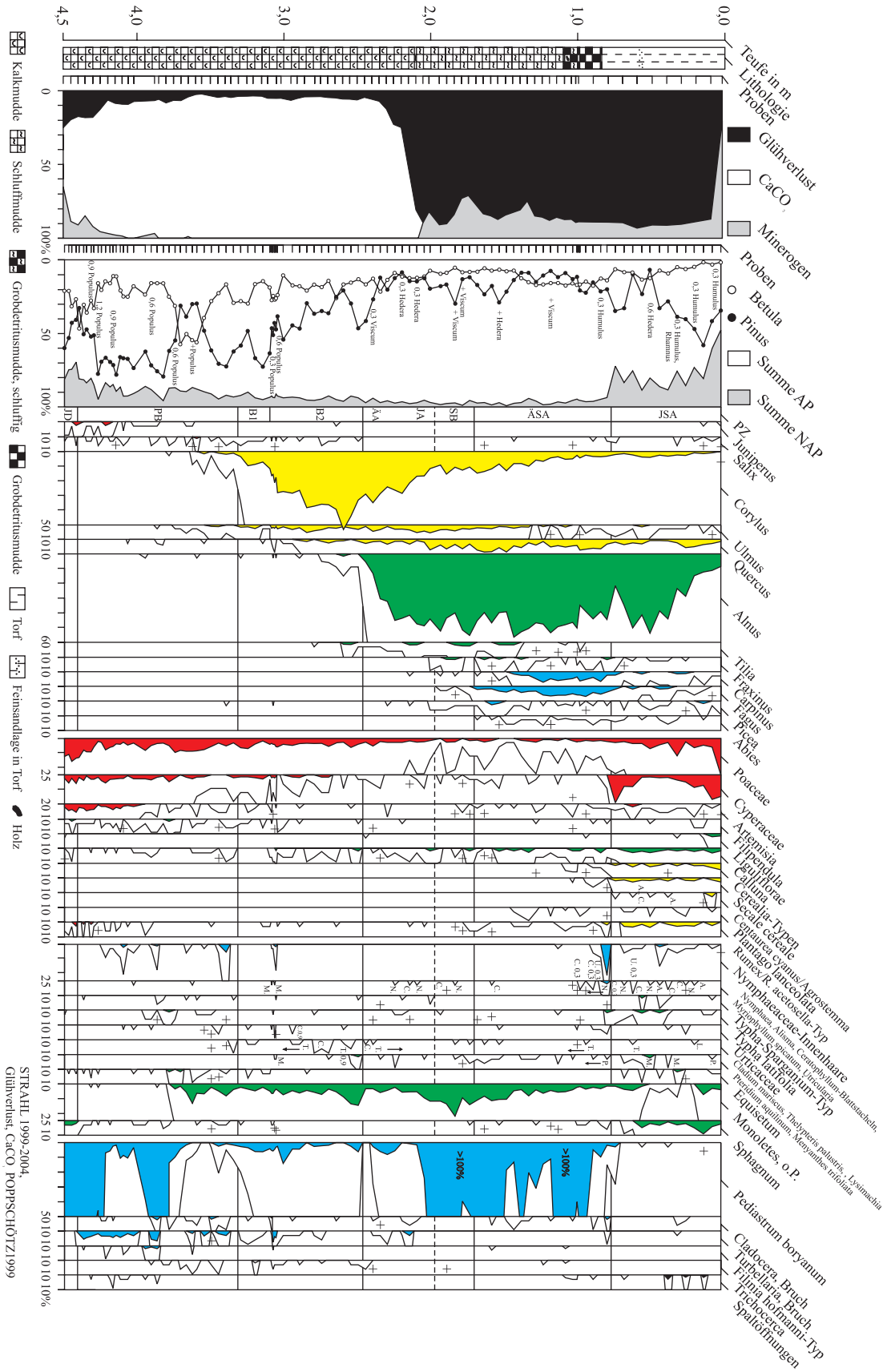


Abb. 5b
Pollendiagramm der Bohrung Byhleguhrer Bagen II, holozäner Teil Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme

Fig. 5b
Pollen diagram of borehole Byhleguhrer Bagen II, holocene part basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum

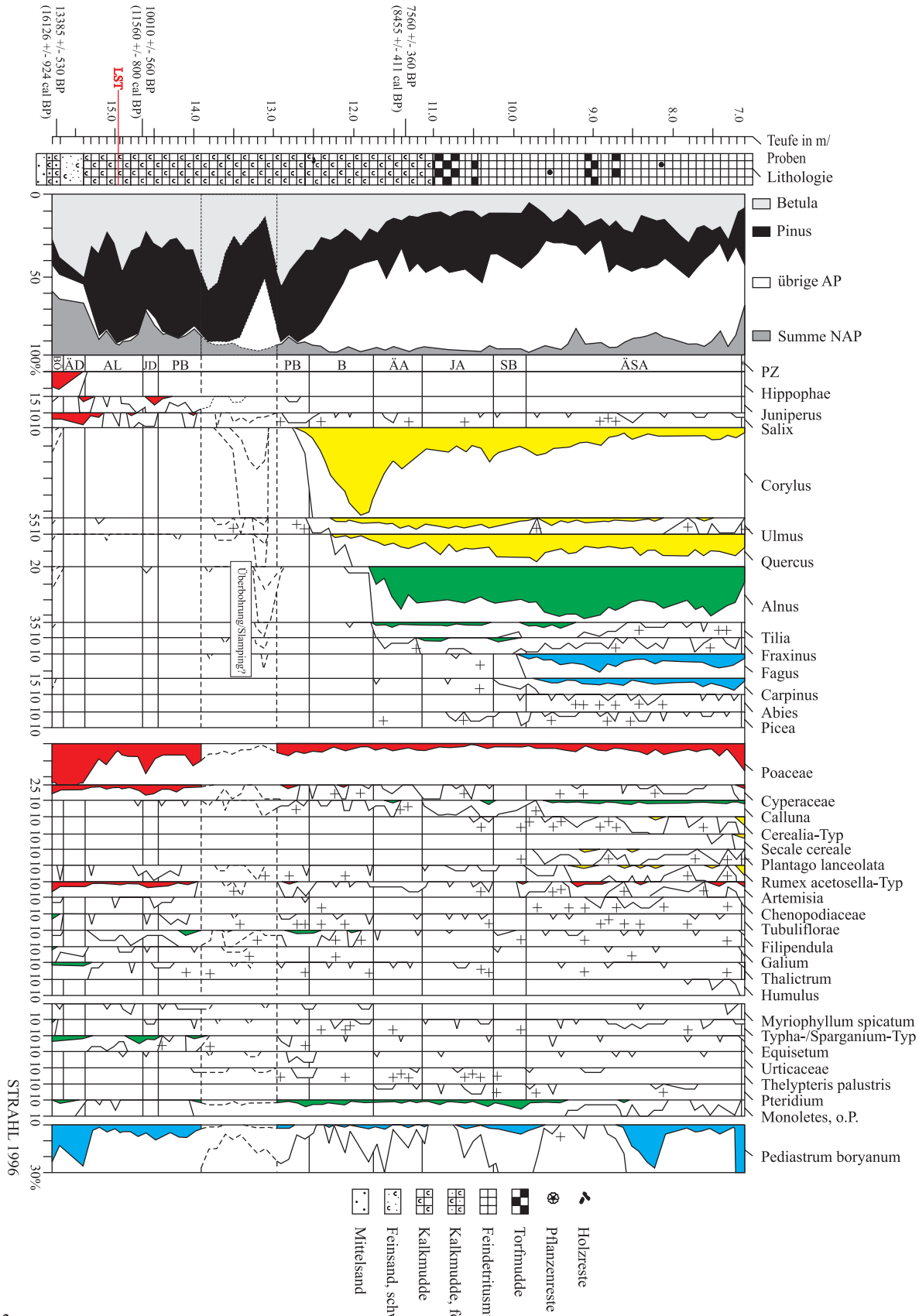


Abb. 12
Pollendiagramm der Bohrung Seddiner See
** = JSA, Grundsumme BP + NBP = 100%, exkl. Sumpf- und Wasserpflanzen, Sporen, Algen u. a. Mikroreste, Werte < 1% zehnfach überhöht, + = außerhalb der Grundsumme*

Fig. 12
Pollen diagram of borehole Seddiner See
** = JSA, basis sum AP + NAP = 100%, excl. swamp- and waterplants, sporae, algae and other microremains, values < 1% with tenfold exaggeration, + = out of basis sum*

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 113-118	4 Abb.

Geowissenschaftliche Bibliothek des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg im Internet

Siegrun Voigt & Wolfgang Bartmann

1. Geschichte und Status

Die Bibliothek des Landesamts für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) ist gleichzeitig Behörden- und geologische Fachbibliothek. Als geowissenschaftliche Bibliothek nimmt sie eine besondere Stellung ein, weil sie zur Geologie des Landes Brandenburg, von Deutschland und einigen europäischen Ländern Auskunft geben kann. Sie enthält einen historisch gewachsenen Bestand an geowissenschaftlicher Literatur von der Gründung der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt und Bergakademie 1873 bis zur Gegenwart.

Dieser einzigartige Fundus an geologischer Information wurde der Bibliothek des LBGR aus den Beständen des Zentralen Geologischen Instituts (ZGI) der DDR übergeben. In der Vereinbarung vom 26.06.1992 zwischen der Gesellschaft für Umwelt- und Wirtschaftsgeologie mbH Berlin (Nachfolger des ZGI), der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover, der Staatsbibliothek zu Berlin und dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg wurde in Abstimmung mit allen Geologischen Landesämtern und der Treuhand festgelegt, dass dieser Fundus als geschlossene Einheit erhalten bleibt und Nutzern im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Kleinmachnow zur Verfügung steht. Daraus ergab und ergibt sich die Verpflichtung, dass die Bestände gut gelagert, verwaltet und bestmöglich nutzbar gemacht werden müssen. Mit der Sanierung der Gebäude des LGRB im Jahre 2002 konnten die bis dahin provisorisch gelagerten Bestände ordnungsgemäß untergebracht werden. Der frühzeitige Einsatz von IT-gestützten Bibliotheksystemen ermöglichte schnelle Recherchen und die Zumeldung zur Zeitschriftendatenbank (ZDB).

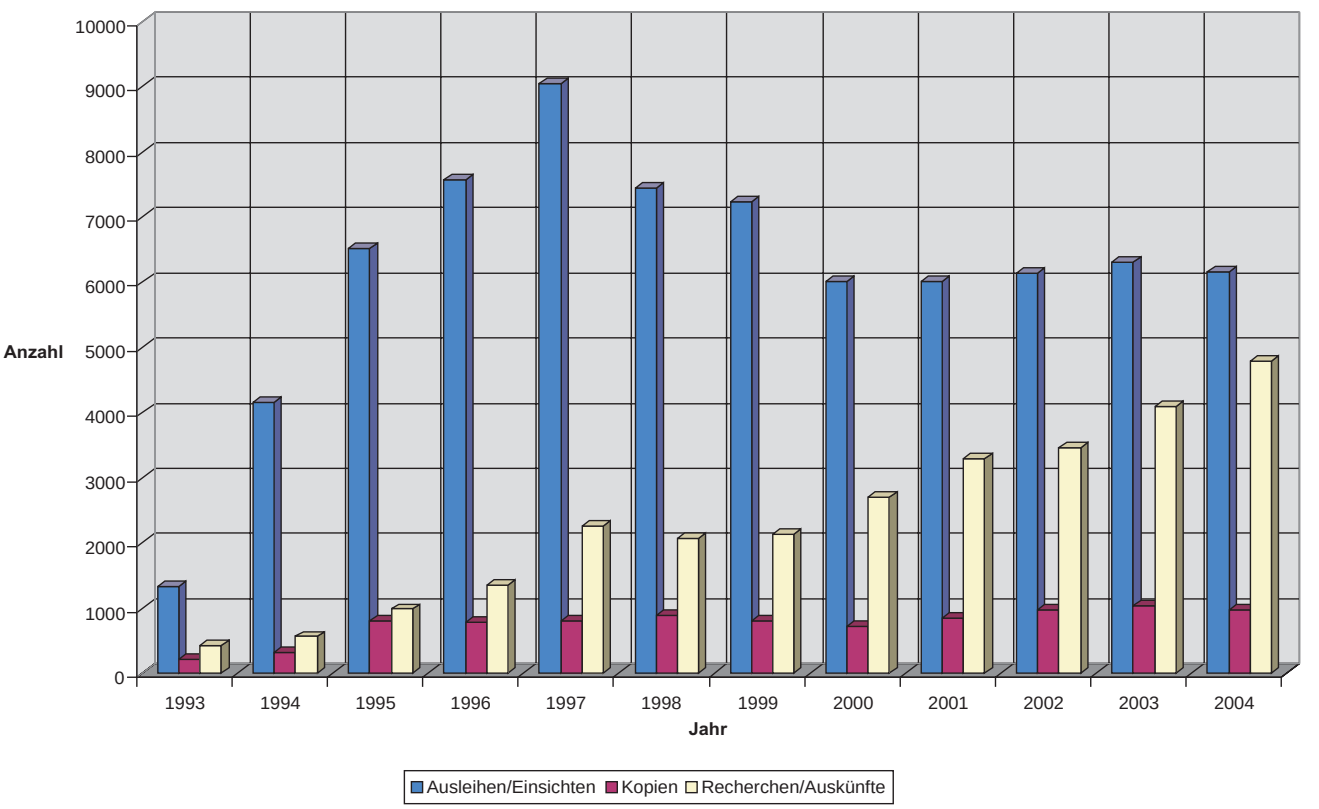


Abb. 1 Nutzungsstatistik der Bibliothek des LGRB von 1993 bis 2004

Die Integration der Bibliothek in die Bibliothekslandschaft der geowissenschaftlichen Spezialbibliotheken wurde u. a. durch die Internetpräsenz der Bibliothek, durch die Mitgliedschaft im Kooperativen Bibliotheksverbund (KOBV) Berlin-Brandenburg, durch Teilnahme am Mail-Verteiler der geowissenschaftlichen und Umweltbibliotheken (organisiert vom GeoForschungsZentrum Potsdam) sowie durch Mitgliedschaft in der Arbeitsgemeinschaft der Spezialbibliotheken (AspB) im Deutschen Bibliotheksverbund (DBV) erreicht. Schließlich wurde im Januar 2004 in einer „Vereinbarung über die Zusammenarbeit zwischen den Ländern Berlin und Brandenburg auf geologischem Sektor“ zwischen dem Ministerium für Wirtschaft des Landes Brandenburg und dem Senat von Berlin festgelegt, dass die Bibliothek des LBGR als geologische Regionalbibliothek für den Naturraum Berlin und Brandenburg mit Schwerpunkt Quartärgeologie zentral im LBGR Kleinmachnow geführt und von beiden Einrichtungen genutzt wird. Damit ist ein beispielhafter Synergieeffekt zwischen den Geologischen Diensten beider Bundesländer erzielt worden.
In den über 13 Jahren ihres Bestehens wurde die Bibliothek vor allem von den Mitarbeitern des Amtes, von Landes- und Kommunalbehörden, Ingenieurbüros, Universitäten und Fachhochschulen, von Geoforschungseinrichtungen und der geologisch interessierten Öffentlichkeit genutzt (Abb. 1).

Seit Februar 2003 ist die Bibliothek des LBGR im Internet präsent. Auf der Homepage des LBGR (s. auch Abb. 4) bietet die Bibliothek Informationsmöglichkeiten zu:

- Recherchen in einer Literaturauswahl zur Geologie des Landes Brandenburg,
- Links zur Benutzerordnung und zur Zeitschriftendatenbank (ZDB), der die Zeitschriftenbestände der LBGR-Bibliothek zugemeldet sind,
- Sammelschwerpunkten,
- Öffnungszeiten und Ansprechpartner.

Die Nutzung der Recherchetools der Bibliothekssysteme „BIS-LOK“ (betrieben von 1994 bis Oktober 2003) und „Alephino“ (ab November 2003), beide von der Firma Ex-Libris Deutschland, war bisher nur den Mitarbeitern des Amts im Intranet vorbehalten. Von ihrem PC-Arbeitsplatz aus konnten sie im Bibliotheksbestand recherchieren, für amtsfremde Bibliotheksnutzer war auf einem PC im Lesesaal der Zugang ebenfalls realisiert.

Am 18. Mai 2005 konnte nun auch der Internetzugriff auf die Online-Datenbank (Alephino-WWW-OPAC) der Bibliothek des Landesamts freigeschaltet werden.
Damit hat jeder Internetnutzer die Möglichkeit, veröffentlichte Literatur zur Geologie des Landes Brandenburg, Deutschlands und der ganzen Welt abzurufen sowie im Zeitschriftenbestand zu suchen.

Der Online-Katalog ist unter folgenden URLs zu erreichen:

- http://lib.lbgr.org oder
- http://www.lbgr.brandenburg.de - Homepage des LBGR unter „Service“ nach Auswahl von „Bibliotheks-OPAC des Amtes“ oder
- http://digibib.kobv.de - Suchmaschine des Kooperativen Bibliotheksverbunds Berlin-Brandenburg (KOBV) unter „Link-Bibliotheken“ nach Auswahl von „Kleinmachnow LA Geowiss“.

2. Inhalt des Online-Katalogs

Mit Hilfe des Online-Katalogs können Sie sich jetzt über folgende Produkte informieren:

- Bücher, Schriftenreihen, Loseblattausgaben
- Zeitschriften mit Angabe des vorhandenen Bestands
- Zeitschriftenaufsätze und Sonderdrucke
- Regelwerke, Richtlinien und
- CD-ROMs.

Sie erhalten damit Zugang

- zu Informationen zur Geologie des Landes Brandenburg seit dem 19. Jahrhundert
- zu zahlreichen Fachzeitschriften seit dem Ende des 19. Jahrhunderts und
- zu allen Neuerwerbungen ab 1991.

Die Bibliothek verfügt über einen umfangreichen Fundus von 118 000 Bänden geologischer Fachliteratur zum Land Brandenburg und angrenzender Gebiete sowie verwaltungstechnische und rechtliche Literatur für die Amtstätigkeit.
Sie enthält historisch gewachsene Bestände wie die veröffentlichte geologische Literatur der Preußischen Geologischen Landesanstalt (PGLA), die vollständig seit der Gründung vorliegt. Ebenso sind die Veröffentlichungen der Nachfolgeeinrichtung der PGLA nach dem 2. Weltkrieg, der Staatlichen Geologischen Kommission der DDR und des Zentralen Geologischen Instituts lückenlos vorhanden. Die Bibliothek des ZGI Berlin sammelte die geologischen Veröffentlichungen der Universitäten, der Akademie der Wissenschaften und anderer Geo-Forschungseinrichtungen der DDR.
Zum Bestand gehören auch die Veröffentlichungen der geologischen Gesellschaften der DDR und der Bundesrepublik sowie die Materialien zu Tagungen und Exkursionen. Eine Reihe von Diplomarbeiten und Dissertationen einiger deutscher Universitäten (z. B. Berlin, Potsdam, Cottbus) befindet sich ebenfalls in den Beständen der Bibliothek. Auch Exkursionsführer, Tagungsberichte und Sammlungsübersichten von geologischen Vereinen und Museen aus ganz Deutschland, besonders aber aus den Bundesländern Berlin und Brandenburg, können hier ausgeliehen werden. Nicht zuletzt bezieht die Bibliothek 260 geowissenschaftliche Zeitschriften im Tauschverkehr mit anderen Bibliotheken Deutschlands und des benachbarten Auslands. Aus diesem Grunde ist die Bibliothek in der Lage, spezielle Informationen zur Landesgeologie, methodische Literatur für die angewandten Fachbereiche Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Bodengeologie und Lagerstättengeologie sowie IT- und Rechtsliteratur anzubieten.

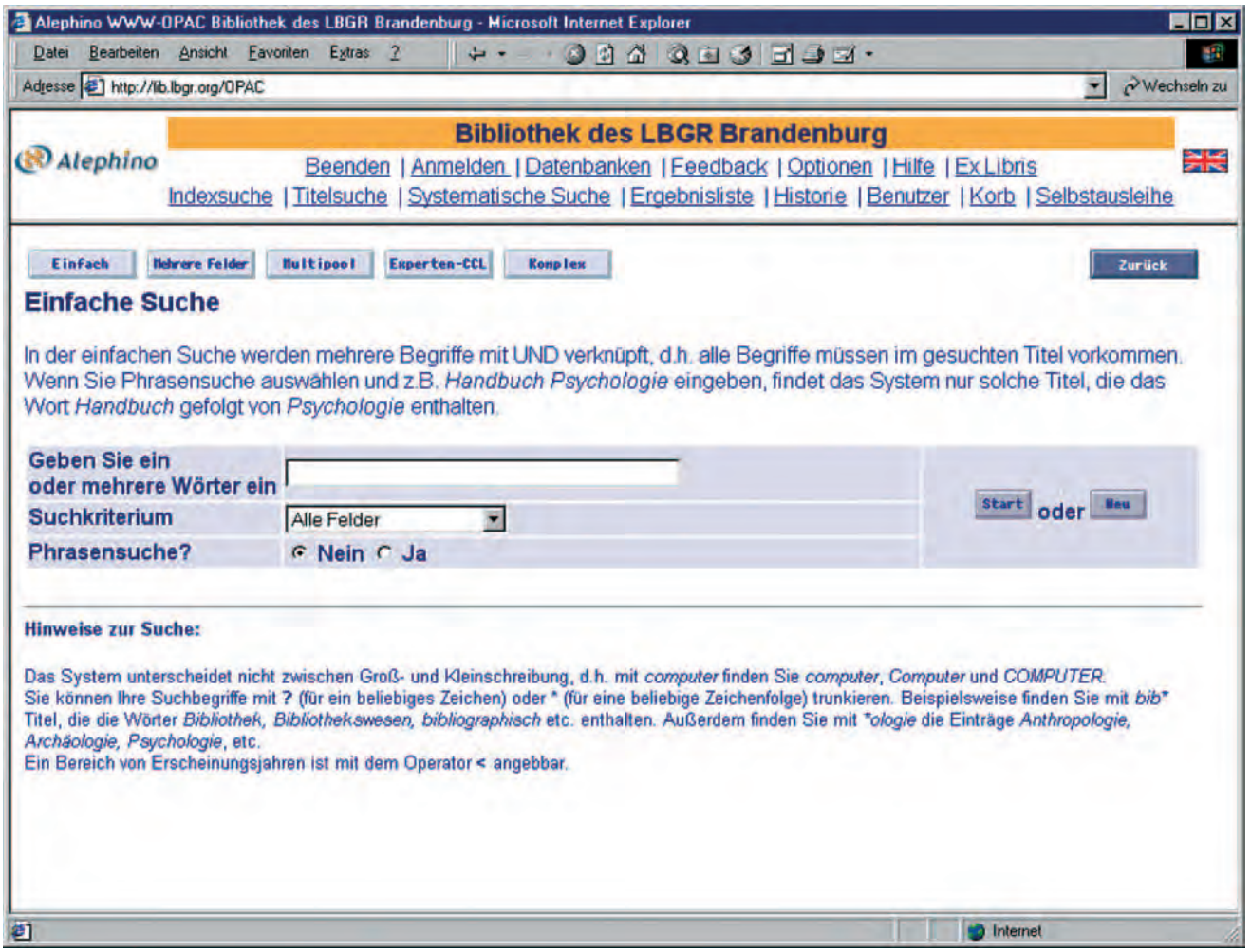


Abb. 2 *Menübild des Bibliotheksprogramms Alephino zur einfachen Suche nach Literaturnachweisen*

Als besonderen Schwerpunkt verfügt das LBGR über alle Veröffentlichungen der anderen Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands, die über den gegenseitigen Schriftentausch bezogen werden. Damit liegt ein großer Fundus an historischem und aktuellem geologischem Wissen aus ganz Deutschland in der Bibliothek des LBGR vor, der zum großen Teil über das Internet recherchierbar ist. Schritt für Schritt werden weitere Titel in die Bibliotheksdatenbank aufgenommen und somit das Recherchespektrum ständig erweitert.

3. Suche im Internet

Ausführliche Informationen zu den Suchmöglichkeiten bieten die Hilfefunktion und die Hinweise zur Suche in jedem Menü des Alephino-WWW-OPAC's.
Die folgenden Tipps sollen die Entscheidung erleichtern, welche der verschiedenen Suchmasken wann ausgewählt werden können.
Bei Anwahl des Online-Katalogs erscheint zugleich die „Einfache Suche", die als Teilmenü der Titelsuche aus der oberen Zeile des Menübildes (Abb. 2) eingestellt ist.

Einfach

bietet den schnellsten Einstieg ohne Vorkenntnisse an.

Voreingestellt ist das Suchkriterium „Alle Felder" (durchsucht den gesamten Nachweis).
Es können aber auch einzelne Suchkriterien wie Autor, Titel, Verlag u. a. über das Auswahlfeld ausgewählt werden.
Die Suchbegriffe können links, rechts oder mehrfach trunkiert (von *truncate* = beschneiden, kürzen) werden. Das Zeichen „*" ersetzt eine bestimmte Zeichenfolge wie nachfolgendes Beispiel zeigt.

Beispiel:

moor*	Sie finden Moorkartierung, Moortiefe u. a.
*moor	Sie finden Kesselmoor, Niedermoor u. a.
moor	Sie finden alle Nachweise, die den Begriff „moor" enthalten
Moor	Sie finden nur Nachweise mit dem Begriff „Moor"

Nach Auswahl des Suchkriteriums „Titelstichwort" kann der genaue Wortlaut einer Zeitschrift eingetragen werden, worauf der Bestand angezeigt wird, der sich in der LBGR-Bibliothek befindet.
Außerdem kann festgelegt werden, ob die Begriffe als Phrase (d. h. aufeinanderfolgend) gesucht werden sollen.

Mehrere Felder

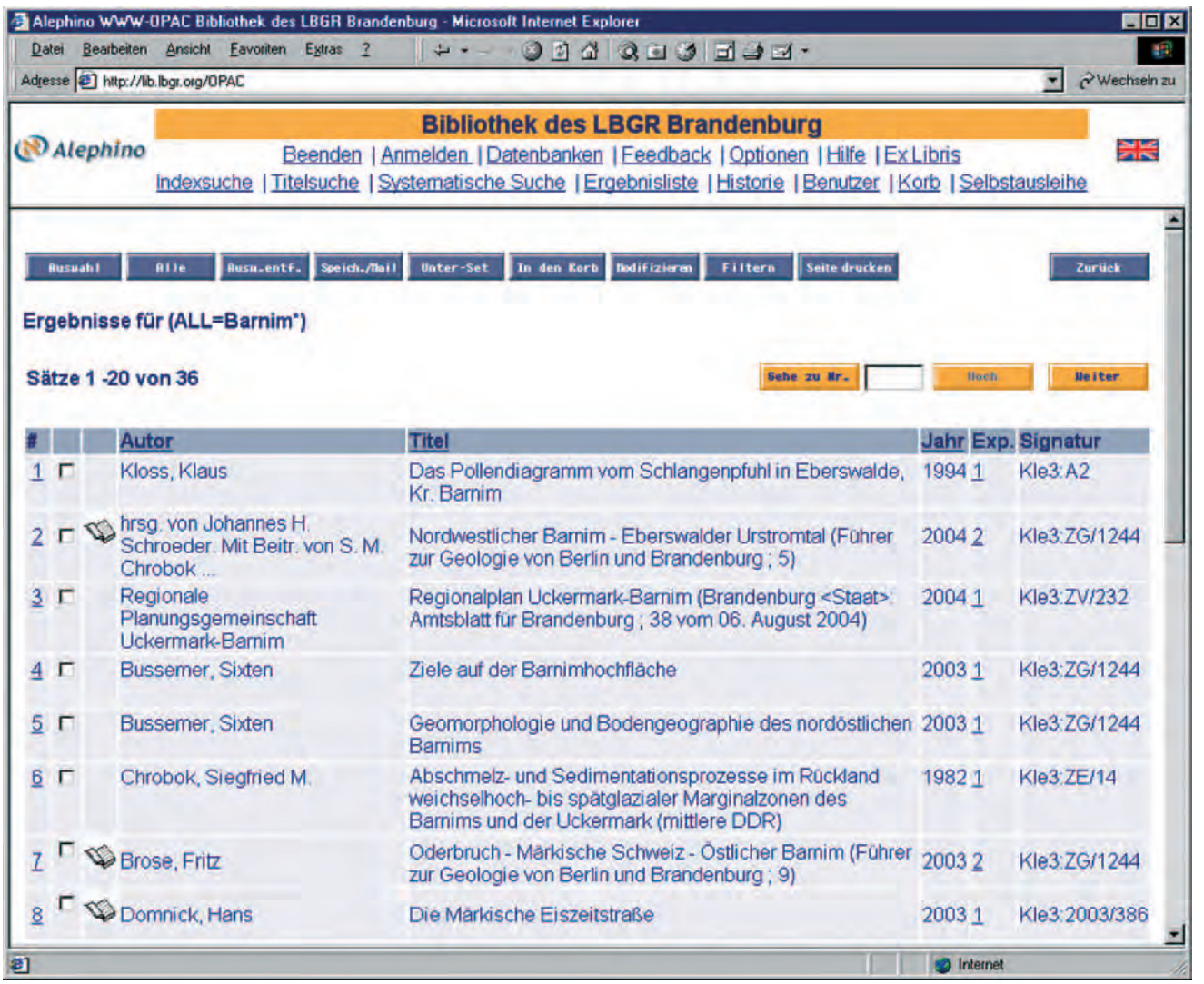
Diese Suche wählt man, wenn die Suche weiter eingeschränkt und speziell nach Literatur zum Land Brandenburg recherchiert werden soll.
Beispiel: Gesucht werden Veröffentlichungen zum Quartär in Brandenburg im Zeitraum 1990 bis 2005.
Dazu werden unter dem **Suchkriterium** für Titel „Quartär*“, unter dem Themenkreis „Brandenburg“ und unter dem Erscheinungsjahr „1990 < 2005“ eingegeben. Alle Begriffe werden automatisch mit UND verknüpft. Auf diese Weise kann jedes Suchkriterium mit dem Themenkreis Brandenburg verknüpft werden. Je mehr Suchkriterien ausgewählt werden, um so präziser wird das Rechercheergebnis sein. Es können auch die Indexlisten rechts neben jedem Feld genutzt werden. Man gibt einen Teil eines Begriffs ein und drückt auf den Button „Index“. Eine Indexliste öffnet sich und bietet Suchbegriffe an. Mit einem Klick auf das im Menü erscheinende Handsymbol kann der ausgewählte Begriff in die Recherchemaske übernommen werden. Drückt man direkt auf einen Indexbegriff, erscheinen alle dazugehörenden Titelsätze.

Komplex

ist anzuklicken, wenn mit den Boolschen Operatoren AND (und), OR (oder) und NOT (nicht) gearbeitet werden soll, um komplexe Rechercheanfragen zu stellen (nähere Erläuterungen sind in der „Hilfe“ zu finden).

Experten-CCL

sollte genutzt werden, wenn komplexe Rechercheanfragen anstehen. Die Nutzung dieser Recherchemaske setzt voraus, dass die Kommandosprache beherrscht wird bzw. die entsprechenden Begriffe in der „Hilfe“ unter „Kommandosprache“ ausgewählt werden.
Hinweis: Es können wesentlich mehr Suchkriterien ausgewählt werden (sofern sie besetzt sind).
Allein etwa 120 Suchbegriffe zur Kennzeichnung von Art und Inhalt einer Publikation stehen für eine Suche zur Verfügung und erweitern die Suchmöglichkeiten um ein Vielfaches.



#	Autor	Titel	Jahr	Exp.	Signatur
1	Kloss, Klaus	Das Pollendiagramm vom Schlangenpfuhl in Eberswalde, Kr. Barnim	1994	1	Kle3:A2
2	hrsg. von Johannes H. Schroeder. Mit Beitr. von S. M. Chrobok ...	Nordwestlicher Barnim - Eberswalder Urstromtal (Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg ; 5)	2004	2	Kle3:ZG/1244
3	Regionale Planungsgemeinschaft Uckermark-Barnim	Regionalplan Uckermark-Barnim (Brandenburg <Staat>: Amtsblatt für Brandenburg ; 38 vom 06. August 2004)	2004	1	Kle3:ZV/232
4	Bussemer, Sixten	Ziele auf der Barnimhochfläche	2003	1	Kle3:ZG/1244
5	Bussemer, Sixten	Geomorphologie und Bodengeographie des nordöstlichen Barnims	2003	1	Kle3:ZG/1244
6	Chrobok, Siegfried M.	Abschmelz- und Sedimentationsprozesse im Rückland weichselhoch- bis spätglazialer Marginalzonen des Barnims und der Uckermark (mittlere DDR)	1982	1	Kle3:ZE/14
7	Brose, Fritz	Oderbruch - Märkische Schweiz - Östlicher Barnim (Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg ; 9)	2003	2	Kle3:ZG/1244
8	Domnick, Hans	Die Märkische Eiszeitstraße	2003	1	Kle3:2003/386

Abb. 3 Menübild des Bibliotheksprogramms Alephino mit der Auflistung der Nachweise als Tabelle

Beispiel: Es soll mit dem Suchkriterium ARI (Art und Inhalt) recherchiert werden.
Mit der Eingabe von
ARI=Diss* werden alle Nachweise zu Dissertationen
ARI=Habil* zu Habilitationsschriften
ARI=Exkurs* zu Exkursionen
ARI=Nachr* zu Nachrufen
ARI=Richtl* zu Normen und Richtlinien
ARI=Konf* zu Konferenzen etc. angezeigt.
Weitere rechtstrunkierte Begriffe sollten ausprobiert werden.

Neben den bisher beschriebenen Suchmasken aus der „Titelsuche“ (obere Zeile des Menüs in Abb. 2) können auch die „Indexsuche“ und die „Systematische Suche“ angewählt werden.

Indexsuche: hier werden alphabetische Listen angeboten, in denen nach Autoren, Körperschaften, Schlagwörtern und Notationen gesucht werden kann.
Gibt man einen oder mehrere Anfangsbuchstaben oder ein Wort ein, dann wird eine alphabetisch sortierte Liste angeboten, in der der gewünschte Begriff angeklickt werden kann. Man erhält sofort eine Liste aller Publikationen zu diesem Begriff.
Systematische Suche: hier kann man ebenfalls in alphabetischen Listen blättern und nach Schlagwörtern, Notationen und deren Benennungen suchen.

Schlagwörter wurden nur dann vergeben, wenn der Titel einer Publikation nicht aussagefähig war, d. h. die angezeigten Listen zeigen nicht alle zu einem gewählten Suchkriterium enthaltenen Informationen an.

4. Druck, Speicherung und Bearbeitung der Rechercheergebnisse

Als Rechercheergebnis erhält man eine Ergebnisliste in Kurztitelform (Abb. 3).

Diese Liste kann mit dem Button
Modifizieren
oder
Filtern (Verfahrensweise wird nach Anklicken der Button angeboten) in der Ausgabeform geändert werden.

Es können Auswahllisten erstellt werden, indem die ausgewählten Titel in der Checkbox vor dem Autorennamen markiert werden. Über den Button
Auswahl
werden die markierten Nachweise angezeigt. Die Ergebnisliste oder einzelne Suchergebnisse können
in den Korb
gegeben werden, um dort die Ergebnisse mehrerer Anfragen zu sammeln.

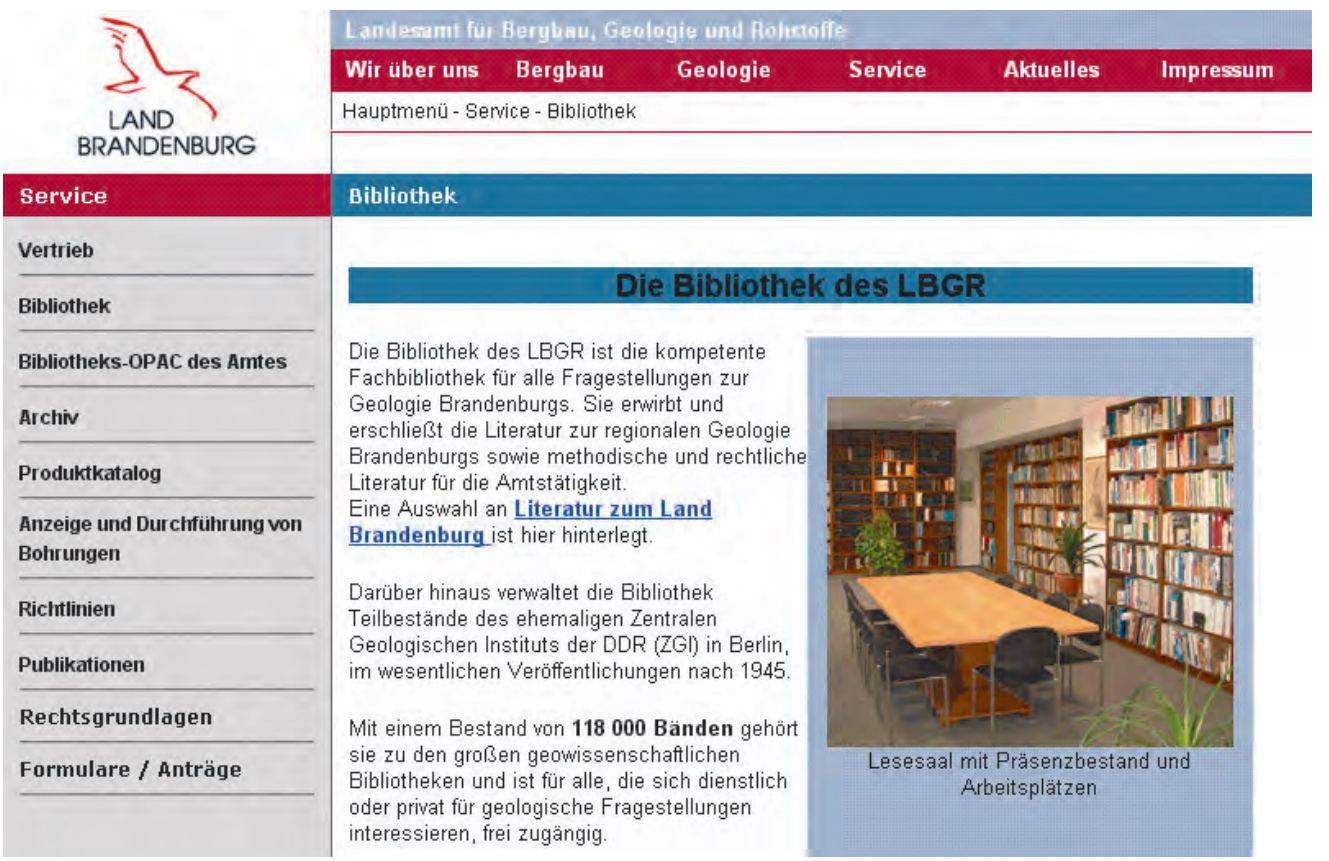


Abb. 4 Homepage der Bibliothek des LBGR

Klickt man auf den Korb im oberen Menüteil (siehe auch Abb. 2) der Alephinomaske, so erhält man die Möglichkeit, mit dem Button

Speich./Mail

die Ergebnisse zu speichern oder zu mailen.

Hinweis:

- Vor dem Speichern oder Mailen immer das Kartenformat einstellen.
- Speichern der Datei unter einem selbst gewählten Dateinamen.
- Die Ergebnisliste wird als log-Datei angeboten. Zur weiteren Listenbearbeitung mit dem Programm Word sollte der Dateityp in „doc“ geändert werden.
- Das Ergebnis kann an die eigene Mail-Adresse oder für eine Ausleihe an die LBGR-Bibliothek (hanke@lbgr.org) gemailt werden. Im letzten Fall muss unter „Überschrift/Anschreiben“ die postalische Adresse und Mail-Adresse des Nutzers eingefügt sein.

5. Ausleihe bzw. Kopie der gefundenen Veröffentlichungen (Nachweise)

Eine Ausleihe bzw. das Erwerben einer Kopie ist im Rahmen der Fernleihe an Bibliotheken zu den üblichen Bedingungen möglich. Ausgenommen sind Präsenzbestände, Altbestände vor 1945, Loseblattausgaben und Normen, die nur im Lesesaal eingesehen werden können.
Direktanforderungen an Kopien sind kostenpflichtig entsprechend der Gebührenordnung des Amts.
Die Nutzung der Bibliothek einschließlich der Öffnungszeiten und Ausleihbedingungen ist in der Bibliotheksordnung geregelt. Diese finden sie auf der LBGR-Homepage http://www.lbgr.brandenburg.de unter dem Button **Service** und dort unter **Bibliothek** (Abb. 4).

6. Fazit

Über wechselnde gesellschaftliche Systeme und Kriegswirren hinweg wurde der geowissenschaftliche Bibliotheksbestand als unverzichtbarer Wissensspeicher und als wertvolles kulturelles Erbe gehütet, gepflegt und erweitert. Die Fachbibliothek des LBGR war und ist geistiger Kondensationspunkt und praktischer Impulsgeber für innovative geowissenschaftliche Arbeiten, nunmehr seit über einem Jahrzehnt erfolgreich im Dienst des Landes Brandenburg.
Die neuen, hier vorgestellten medialen Möglichkeiten werden das akkumulierte Geowissen in einem bisher nicht gekannten Maße für die Fachleute aus Wirtschaft, Forschung und Behörden sowie für die interessierte Öffentlichkeit erschließen und zur Verfügung stellen. Der daraus erwachsenden Verpflichtung für die Pflege und Erweiterung der Fachbibliothek des LBGR, insbesondere in unserer Dienstleistungsgesellschaft, sind sich alle Verantwortlichen und Mitarbeiter bewusst.

Danksagung
Für die kritische Durchsicht des Beitrags und zielführende Hinweise danken die Verfasser Herrn Dr. Thieke herzlich.

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Met. Siegrun Voigt
Dr. Wolfgang Bartmann
Landesamt für Bergbau,
Geologie und Rohstoffe
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 198

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 119-128	8 Abb., 2 Tab., 30 Lit.

Raseneisenerz – auch in Brandenburg ein mineralischer Rohstoff mit bedeutender wirtschaftlicher Vergangenheit

Bog iron ore – also in Brandenburg a raw material with important economical history

Sitschick, H., Ludwig, F., Wetzel, E., Luckert, J. & Th. Höding

1. Einleitung

Die Gewinnung und Verarbeitung von Raseneisenerz lässt sich im brandenburgischen Raum bis in die Zeit der Germanen zurückverfolgen. Der Abbau erfolgte in erster Linie mit dem Ziel, schmiedbares Eisen zu erzeugen, das im Vergleich zu der bis dahin genutzten Bronze günstigere Materialeigenschaften für die Herstellung von Waffen und Arbeitsgeräten aufwies und zudem nicht über so weite Entfernungen heran transportiert werden musste. Der Raseneisenerzabbau zum Zwecke der Eisengewinnung durch Verhüttung erfolgte in Brandenburg bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts. Neben seiner Verwendung als Ausgangsstoff für die Eisenproduktion wurde Raseneisenerz besonders wegen seiner guten Verarbeitbarkeit, z. T. aber auch in Ermangelung alternativer Materialien (z. B. im Oderbruch, in den Landkreisen Teltow-Fläming, Potsdam-Mittelmark, Prignitz, Ostprignitz-Ruppin und Elbe-Elster) als Baustoff für die Errichtung von Bauwerken verwandt.

Für die relativ seltene Verwendung von Raseneisenstein als gelber oder brauner Farbstoff, d. h. als Zusatzstoff für Kalkanstriche, Edelputze oder Zementfeste sowie für Eisenmenge oder Ziegelglasur sind den Verfassern bisher keine Belegbeispiele bekannt. Zur Verwendung als Düngemittel bzw. als Filterstoff bei der Gasreinigung sind in der Literatur Hinweise vorhanden.

2. Genese und stoffliche Charakteristik

„Optimale Bedingungen für die Bildung von Raseneisenerz gab es in unserer Region in der Spätphase des Boreals und zu Beginn des Atlantikums, also zwischen 7000 und 2500 Jahren vor unserer Zeitrechnung. Aber auch heute noch sind gute Bedingungen für die Entstehung von Raseneisenerz gegeben“ (Salesch 1996).

Beim Raseneisenerz handelt es sich um ein sedimentäres Eisenerz, dessen Ausgangspunkt komplexe chemisch-biologische Verwitterungsvorgänge, insbesondere die Kohlensäu-

Abb. 1
Raseneisenerz Nudow (Kreis Potsdam-Mittelmark), Lesesteine
Foto: F. Ludwig, 2005

Fig. 1
Bog iron ore Nudow (district Potsdam-Mittelmark), fragments of bedrocks
photo: F. Ludwig, 2005

reverwitterung, sind. Seine Bildung ist an grundwasserbeeinflusste Böden gebunden, von denen ein Teil annähernd ganzjährig wassergesättigt ist. Kohlendioxid gelangt aus der Luft über Niederschlagswasser und Bodenluft bzw. durch Zersetzungsprozesse organischer Substanzen in das Grundwasser, in dem es überwiegend in gasförmiger Form vorliegt, zu einem gewissen Teil aber auch Kohlensäure bildet. Die dissoziierte Kohlensäure führt, häufig in Verbindung mit Huminsäuren, im wassergesättigten Bereich des Bodens zu einem Reduktionshorizont, in dem u. a. dreiwertige Eisenverbindungen des Bodensubstrats in Lösung gehen, reduziert

Abb. 2
Bruchstücke von Ortstein, Kiesgrube Babben (Kreis Elbe-Elster)
Foto: F. Ludwig, 2005

Fig. 2
Fragments of iron pan, gravel pit Babben (district Elbe-Elster)
photo: F. Ludwig, 2005

und mit dem Grundwasserstrom abgeführt werden bzw. mit dem durch die Kapillarwirkung aufsteigenden Wasser in höhere Bodenhorizonte gelangen. Gerät das mit Fe^{2+}-Ionen angereicherte Grundwasser in Kontakt mit Luft oder sauerstoffgesättigtem Wasser, z. B. als Kapillarwasser in luftgefüllte Porenräume, so kommt es zur Oxidation und Ausfällung von Eisen (III)-hydroxiden, den so genannten Ferri-Gelen. Diese Prozesse laufen im Oxidationshorizont des Bodens ab. Die zunächst in Gelform vorliegenden elektrisch positiv geladenen Eisenhydroxide lagern sich an der Oberfläche der negativ geladenen Bodenaggregate ab und bilden im Grenzbereich zum Grundwasserspiegel Eisenanreicherungen (vgl. LYCHATZ & JANKE 1999), die sich bei entsprechend langer Alterung unter Wasserabgabe verfestigen und zur Bildung des eigentlichen Raseneisenerzes führen. Als Eisenminerale treten im Raseneisenerz in Abhängigkeit von den vorherrschenden Bildungsbedingungen Goethit (α-FeOOH) und Lepidokrokit (γ-FeOOH) auf.

Untersuchungen von ZWAHR et al. (2000) haben ergeben, dass in erdigen Varianten amorphe bis schlecht kristallisierte Fe-Hydroxide überwiegen, während sich verfestigtes Raseneisenerz, wie es als Baustoff eingesetzt wurde, aus stark fehlgeordnetem Goethit und einem deutlichen Anteil an Quarz zusammensetzt. Ferner wurden Einschlüsse von Vivianit und Siderit nachgewiesen.

Hinsichtlich seiner Ausbildungsform lässt sich Raseneisenerz nach BANDL (1937) und ERNST (1966) in vier Gruppen unterteilen:

- erdiges Erz (Brinker, Rotfien)
- eigentlicher Raseneisenstein oder Klump
- sandiges Erz, Eisensand
- erbsengroße Klümpchen, loser Graupenstein.

Das gewinnbare Raseneisenerz ist letztendlich ein Gemenge aus verschiedenen Eisenoxiden und Eisenhydroxiden mit wechselndem Anteil von absorbiertem Wasser sowie pflanzlichen und klastischen Verunreinigungen. Die Farbnuancen dieser limonitischen Eisenanreicherungen reichen von schwarz über braun/braungelb bis rötlichgelb. Da die Bildung von Raseneisenerz an Böden mit einem ständig hohen Grundwasserstand gebunden ist, findet man es in Brandenburg in größeren Vorkommen z. B. in den Niederungen der Elster, der Oder, der Finow, der Spree, der Elbe und Havel, aber auch in den holozänen Niederungen der Schmelzwasserbecken, wie z. B. im Altdöberner Becken in der Nähe des gleichnamigen Ortes. Das Raseneisenerz lagert meist unter einer geringen Vegetationsdecke und erreicht im Allgemeinen Mächtigkeiten von weniger als einem Meter.

Die Eisengehalte schwanken nach HANSPACH (2001) in der Regel zwischen 35 und 50 Masse-%. Eine chemische Analyse von Raseneisenstein aus Wolkenberg (ehemalige Ortslage im Vorfeld des Braunkohlentagebaus Welzow-Süd) zeigt, dass lokal auch Eisengehalte bis 82,9 Masse-% auftreten können (SPAZIER 1999).

Die Durchschnittswerte in Südbrandenburg liegen nach JAHN (1953) zwischen 30 und 45 Masse-%, wobei auch geringere Werte auftreten können. Im Norden Brandenburgs z. B. im Finowtal sind nach HUCKE (1922) Anteile von 23,2 Masse-% Eisenoxid nachgewiesen worden.

3. Geschichtliches zur Gewinnung von Raseneisenerz

3.1 Allgemeines

In Brandenburg wurde der mineralische Rohstoff Raseneisenerz seit germanischer Zeit gegraben und verhüttet. Hier war der Rohstoff z. B. für den Ort Reuden [Krs. Oberspreewald-Lausitz (OSL)] oder auch das „Dorf Rudow" im Süden Berlins namensgebend [slawisch: ruda=Erz (Raseneisenerz)], so dass Rückschlüsse auf einen frühzeitigen Abbau des Rohstoffs gezogen werden können. Derartige Spuren finden sich u. a. auch im Landkreis Ostprignitz-Ruppin im Ort Hohenofen, dessen Entstehung auf die Gründung des „Seigerhüttenwerkes Hohenofen" zurückgeht, in dem das in der Gegend reichlich vorhandene Raseneisenerz bis ins 18. Jahrhundert verhüttet wurde (BAXMANN 2004).

Wie aus den Darlegungen von HUCKE (1922) hervorgeht, waren zu früheren Zeiten die Vorkommen von Raseneisenerz in der Provinz Brandenburg so groß, dass man durchaus in der Lage war, den Bedarf an Roheisen durch Eigenaufkommen selbst zu decken. In einer entsprechenden geognostischen Karte von Deutschland (v. BUCH 1826), Blatt Berlin, wurden umfangreiche Vorkommen von Raseneisenerz dargestellt. Die Gewinnung und Nutzung erfolgte bis ins späte 20. Jahrhundert. So wurde z. B. nach SPERLING (2002) im Raum Kemmen und Kalkwitz (Kreis OSL) bis 1972 Raseneisenerz abgebaut. Als Rohstoff für Eisenhütten spielte Raseneisenerz im 20. Jahrhundert keine Rolle mehr, lediglich für den Kunstguss war Raseneisenerz noch wegen seiner unerreichbaren Konturenschärfe von Bedeutung.

Abnehmer für Raseneisenerz waren in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts Gaswerke und die chemische Industrie, die es zur Entschwefelung von Gasen einsetzten.
In den Archivbeständen des LBGR befinden sich auch Erfassungsunterlagen mit Beschreibungen rohstoffgeologischer und wirtschaftlicher Merkmale von Raseneisenerzvorkommen aus den Jahren 1938/39, die offensichtlich dazu gedacht waren, alle Reserven aufzuspüren, die eine Verwendung in der Rüstungsindustrie zuließen.
Zu Beginn der 50er Jahre des 20. Jahrhunderts erfolgte insbesondere durch JAHN (1953) und andere Geologen des Geologischen Dienstes Berlin eine erneute geologische Erfassung der Raseneisenerzvorkommen der DDR.

3.2 Raseneisenerz als Rohstoff für die Eisenverhüttung

Raseneisenerz wurde in Brandenburg seit etwa 500 Jahren v. u. Z. abgebaut. Das gewonnene Raseneisenerz wurde in so genannten Rennöfen verhüttet, die mit Holzkohlefeuerung betrieben wurden. In ihnen erfolgte die Trennung des Erzes in Roheisen (Luppe) und Schlacke (Ofensau).
Verarbeitungsstellen der germanischen Siedler sind nach BERG-HOBOHM et al. (1998) in den Gebieten um Groß Jauer (Kreis OSL) und Wolkenberg [Kreis Spree-Neiße (SPN)] im Vorfeld des ehemaligen Braunkohlentagebaus Greifenhain und des bauenden Braunkohlentagebaus Welzow-Süd (Kreise SPN und OSL) freigelegt worden. Dies ist nach SPAZIER (2001) mit über 100 Herdstellen der bisher größte spätgermanische Verhüttungsplatz Deutschlands. Hier wurde Raseneisenerz aus den Niederungen des Altdöberner Beckens verhüttet. In Groß Jauer fand man 7 Rennofenbatterien mit insgesamt 70 Öfen. Die alten Gewinnungsstätten sind heute in der Landschaft nicht mehr erkennbar, weil sie durch natürliche Prozesse eingeebnet bzw. verfüllt wurden. Untersuchungen von KEHRER & HEIMANN (1998) haben ergeben, dass das in Wolkenberg und Groß Jauer verhüttete Erz einen relativ

Abb. 3
Molkenhaus in Bärwinkel (Kreis Märkisch-Oderland)
Foto: F. Ludwig, 2005

Fig. 3
Molkenhaus in Bärwinkel (district Märkisch-Oderland)
photo: F. Ludwig, 2005

hohen Calcium- und Phosphorgehalt im Vergleich zu anderen Verhüttungsplätzen aufweist. Da Phosphor das Roheisen brüchig und spröde macht, wurde dem Erz Kalk, der aus den umliegenden Wiesenkalklagerstätten stammte, zugesetzt und somit Phosphor in der Schlacke gebunden.
Raseneisenerz wurde in der Lausitz bis ins 20. Jahrhundert gegraben. Bekannte Abbaustellen befanden sich hier z. B. bei Werben (Kreis SPN), bei Altdöbern, bei Reuden und im Raum Eichow–Tornitz–Wüstenhain (Kreis OSL).
Aber auch im nördlichen Brandenburg gab es eine umfangreiche Gewinnung und Verarbeitung von Raseneisenerz. Wie aus der Literatur (u. a. KRAMM 1989) hervorgeht, war der Eberswalder Raum bereits im 16. Jahrhundert Zentrum des metallverarbeitenden Gewerbes. Grundlage dafür waren günstige Standortvoraussetzungen, die durch die umfangreichen Raseneisenerzvorkommen in der Finowniederung, das Holz der umliegenden Wälder als damals wichtigste Energiequelle sowie die Finow und die Schwärze sowohl als Energielieferanten aus Wasserkraft als auch als Transportweg (Finow) gegeben waren.

3.3 Raseneisenerz als Baumaterial

Raseneisenerz wurde in Brandenburg seit dem Mittelalter auch als Baustoff gewonnen. Dabei fand stark verfestigter Raseneisenstein, so genanntes Nadeleisenerz, mit einem deutlichen Anteil an Quarz Verwendung. Aufgrund der ähnlich guten Bearbeitungseigenschaften wie sie Sandstein aufweist, wurden Raseneisensteine oft beim Bau von Gebäudeecken, für Tür- und Fensterlaibungen oder in Mauern als verbindendes Element zwischen einzelnen Feldsteinen eingesetzt (z. B. Kirche in Frankendorf, Landkreis Dahme-Spreewald). Heute zeugen Kirchen, Wohnhäuser und Begrenzungsmauern aus dem 13. bis 15. Jahrhundert sowie aus dem 19. Jahr-

Abb. 4
Wohnhaus in Bärwinkel (Kreis Märkisch-Oderland)
Foto: F. Ludwig, 2005

Fig. 4
Farmstead in Bärwinkel (district Märkisch-Oderland)
photo: F. Ludwig, 2005

Abb. 5
Mauer aus Raseneisenerz am Pfarramt Neuhardenberg (Kreis Märkisch-Oderland)
Foto: F. Ludwig, 2005

Fig. 5
Wall of bog iron ore at vicarage Neuhardenberg (district Märkisch-Oderland)
photo: F. Ludwig, 2005

hundert von der Verwendung dieses Materials**.** Beispiele für besonders gut erhaltene Bauwerke aus Raseneisenstein sind z. B. die im gotischen Baustil errichtete Dorfkirche in Schmerkendorf bei Falkenberg [Kreis Elbe-Elster (EE)], das von Schinkel entworfene Molkenhaus und auch ein Wohnhaus in Bärwinkel bei Neuhardenberg [Kreis Märkisch-Oderland (MOL)] (Abb. 3 und 4).

Häufig wurden auch massive Begrenzungsmauern aus Raseneisenstein errichtet, wie z. B. die Mauer am Pfarramt in Neuhardenberg (Abb. 5).

Heute ist Raseneisenstein als Baumaterial in der Denkmalpflege wieder ein gefragter Baustoff. So wird derzeit z. B. von der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg die Muschelgrotte im Neuen Garten in Potsdam, die zwischen 1792 und 1794 im Auftrag von König Wilhelm II. erbaut wurde und die eine Natursteinhülle aus Raseneisenerz besaß (Abb. 6), wieder naturgetreu mit Raseneisenstein restauriert (Abb. 7).

In diesem Zusammenhang werden die Materialeigenschaften des Raseneisensteines charakterisiert sowie Material- und Schadenskartierungen an Bauwerken durchgeführt. Als Hauptschäden sind Bröckeln, Schollen- und Schuppenbildungen sowie flächenhafte Rückwitterung erkannt worden (Arnold 2005). Die Ursachen hierfür liegen in der Mikrorissbildung, deren Ursache bereits in der Entstehung von Raseneisenerz bzw. Raseneisenstein begründet liegt. Ökonomisch vertretbare Techniken zur Erhöhung der Festigkeit des

Abb. 6
historische Aufnahme der Muschelgrotte im Neuen Garten in Potsdam
Archivfoto

Fig. 6
Historical picture of the Muschelgrotte in the Neuen Garten in Potsdam
archive photo

Abb. 7
Restaurierungsarbeiten an der Muschelgrotte im Neuen Garten in Potsdam
Foto: F. Ludwig, 2005

Fig. 7
Restoration at the Muschelgrotte in the Neuen Garten in Potsdam
photo: F. Ludwig, 2005

Raseneisensteins sind bisher nicht verfügbar. Lediglich ein Austausch stark verwitterter Raseneisensteine durch frischen Raseneisenstein, Ortsteinvarietäten oder eine Steinergänzungsmasse, deren physikalische Kennwerte und optischen Eigenschaften mit dem natürlichen Baustoff Raseneisenstein annähernd übereinstimmen, sind heute möglich (z. B. teilweise Fenster- und Türlaibungen der Kirche in Bukkow, Kreis OSL).

4. Rohstoffgeologische Untersuchungen an Raseneisenerzen und eisenhaltigen Ortsteinbildungen des Landes Brandenburg

Im Zuge der Suche nach geeigneten Raseneisenerzvorkommen zur Restaurierung der Potsdamer Muschelgrotte erfolgten aufgrund der Hinweise aus den Archivunterlagen des LBGR auch geologische Feldarbeiten in ausgewählten Gebieten.

Dabei wurden Raseneisenerzproben und Proben von stark eisenhaltigen Ortsteinen gewonnen und für die geochemische Untersuchung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) im Landeslabor sowie für die mineralogische Untersuchung mittels Röntgenbeugungsanalyse (RBA) im LBGR-Labor aufbereitet.

Im Ergebnis dieser Analysen lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die wirklichen Raseneisenerze durchschnittliche Fe_2O_3-Gehalte von 40 Masse-% aufweisen. Die ermittelten Werte reichen von 38 Masse-% in Gottow bis über 61 Masse-% in Schönhagen [beide Landkreis Teltow Fläming (TF)]. Besonders erwähnenswert sind ebenfalls die enorm hohen Phosphorgehalte der Raseneisenerzproben (2,8 bis

Tab. 1 Auswahl einiger Ergebnisse der RFA-Untersuchungen

Tab. 1 Selection of some results of fluorescent x-ray analysis

Probenbezeichnung	**Fe_2O_3**	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**MnO**	**MgO**	**CaO**	**Na_2O**	**K_2O**	**P_2O_5**	**Cu**
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	mg/kg
Raseneisenerz Schönhagen (Kreis Teltow-Fläming)	61,5	10,35	1,27	0,410	0,057	1,447	<0,005	0,098	2,880	30
Raseneisenerz Nudow (Kreis Potsdam-Mittelmark)	57,8	10,98	0,78	1,448	0,106	2,068	<0,005	0,160	4,090	27
Raseneisenerz Bärwinkel (Kreis Märkisch-Oderland)	48,0	15,91	0,76	0,760	0,152	3,331	<0,005	0,156	7,451	17
Raseneisenerz Gottow (Kreis Teltow-Fläming)	38,6	45,84	2,53	0,332	0,080	0,782	0,122	0,537	0,407	29
Ortstein Kraupa (Kreis Elbe-Elster)	15,1	78,34	1,66	0,20	0,011	0,076	0,114	0,629	0,285	<10
Ortstein Babben (Kreis Elbe-Elster)	14,4	78,87	1,81	0,026	0,016	0,080	0,142	0,713	0,415	<10
Ortstein Stechau (Kreis Elbe-Elster)	11,9	82,25	1,59	0,003	<0,005	0,043	0,033	0,340	0,155	<10
Ortstein Roter Berg (Kreis Oberspreewald-Lausitz)	5,5	90,77	0,97	0,005	<0,005	0,020	0,030	0,172	0,086	<10
Ortstein Finkenberg (Kreis Elbe-Elster)	5,7	90,38	1,07	0,003	<0,005	0,021	0,035	0,223	0,054	<10

Tab. 2 Ergebnisse der quantitativen Röntgenphasenanalyse (Angaben in Masse-%)

Tab. 2 Results of the x-ray diffractometry (value in mass-%)

Probenbezeichnung	**Quarz**	**K-Fsp.**	**Goethit**	**Illit**	**Amorphe Phase**	**Weitere Phasen**
Raseneisenerz Schönhagen (Kreis Teltow-Fläming)	7	-	3	-	90 *	-
Raseneisenerz Nudow (Kreis Potsdam-Mittelmark)	10	-	-	-	90 *	-
Raseneisenerz Bärwinkel (Kreis Märkisch-Oderland)	11	-	-	-	89 *	-
Raseneisenerz Gottow (Kreis Teltow-Fläming)	42	2	6	2	44	Plagioklas 1, Calcit 0,5, Lepidokrokit 0,5, Magnetit 2
Ortstein Kraupa (Kreis Elbe-Elster)	74	2	4	3	16	Plagioklas 1
Ortstein Babben (Kreis Elbe-Elster)	76	2	4	2	16	-
Ortstein Stechau (Kreis Elbe-Elster)	71	4	4	3	18	-
Ortstein Roter Berg (Kreis Oberspreewald-Lausitz)	87	2	1	2	8	-
Ortstein Finkenberg (Kreis Elbe-Elster)	88	2	1	3	6	-

* - mit geringen Anteilen von sehr schlecht kristallisiertem Ferrihydrit

7,4 Masse-% P_2O_5), die stets an die amorphe Phase gebunden sind.
Die Proben von Ortsteinbildungen aus Südbrandenburg (u. a. Babben, Kraupa und Stechau) sind auch anhand der Analysen eindeutig als solche zu identifizieren. Die Werte der Fe_2O_3-Gehalte bewegen sich bei diesen Proben zwischen 5 und 15 Masse-% (Tab. 1).

Die Ergebnisse der Röntgenphasenanalyse (Tab. 2) zeigen ebenfalls eindeutige Unterschiede zwischen den Ortsteinbildungen und den Raseneisenerzen. Die Raseneisenerze sind durch niedrigere Quarzgehalte (um 10 Masse-%) und höhere Gehalte an amorpher Phase, die überwiegend aus Fe-Hydroxiden (um 90 Masse-%) besteht, gekennzeichnet.

5. Beispiele ehemals wirtschaftlich bedeutender Verhüttungszentren

5.1 Eisenhammer in Peitz

Von 1320 bis etwa 1596 entstanden durch Wasserkraft angetriebene Hütten, wie der Eisenhammer in Peitz (Kreis OSL). In ihm wurde von 1554 bis 1858 Raseneisenerz zur Gewinnung von Guss- und Schmiedeeisen verhüttet. 1660 entstand hier der erste brandenburgische Hochofen. Er diente vorwiegend zur Herstellung von Munition und Kanonenrohren aus Gusseisen. Das Rohmaterial wurde u. a. in den Wiesenniederungen südlich der Stadt Peitz abgegraben. Später wurden aus diesem Abbaugebiet die Peitzer Teiche, die heute FFH-Gebiet (Fauna-Flora-Habitat-Gebiet nach geltendem EU-Recht) sind und seit ca. 400 Jahren vor allem für die Karpfenzucht genutzt werden.
Weitere Abbaue befanden sich z. B. bei Lakoma, Heinersbrück und Werben. 1810 wurde hier ein Hochofen errichtet, der noch heute erhalten ist. In der Hütte wurden auch Haushaltsgeräte und Zierteile für Bauwerke hergestellt. Heute ist der Peitzer Eisenhammer ein technisches Denkmal und Museum. Mehrmals im Jahr finden hier Schauschmelzen statt. Dann werden zwei Kupolöfen aus der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts angeheizt, Roheisen geschmolzen und dieses zu kleinen Andenken verarbeitet.

5.2 Eisenhammer in Lauchhammer

Als erste neuzeitliche Hütte in der Lausitz gilt die Hütte in Lauchhammer-West (Kreis SPN), ehemals Mückenberg, die zu ihrer Gründungszeit noch auf sächsischem Territorium lag. Hier erteilte der sächsische König 1725 der Freifrau von Löwendhal die „Genehmigung zum Erschmelzen von Roheisen und zur Weiterverarbeitung zu schmiedbarem Stabeisen“. Raseneisenerz wurde für das Lauchhammerwerk im Bereich der Elsterniederung von Annaburg im Norden über Eilenburg im Westen bis hin nach Großenhain im Süden sowie im Raum Bad Liebenwerda, Bönitz, Kröbeln, Elsterwerda sowie Schilda und Schmerkendorf abgebaut. Das Erz aus den ausgebeuteten Lagerstätten war durch einen hohen Phosphoranteil gekennzeichnet. Am 25. August 1725 wurde in Lauchhammer der erste Hochofen angeblasen. Die erste „Ofenreise“ dauerte nach FROTSCHER (1997) 20 Wochen und erbrachte aus ca. 300 t Raseneisenerz etwa 1 t Roheisen täglich. In Lauchhammer wurden neben Stabeisen auch Werkzeuge, Töpfe, Kessel, Röhren, Kaminplatten und vieles mehr produziert. 1776 übernahm durch Erbschaft Graf von Einsiedel die Hütte und setzte Veränderungen und Neuerungen durch. So entstand 1782 ein Labor, welches regelmäßige Untersuchungen von Erz, Roheisen und Emaille durchführte. 1784 gelang Graf von Einsiedel der erste neuzeitliche Kunstguss großer hohler Eisenfiguren in Europa. Die Kunstgussabteilung in Lauchhammer erlangte Weltruhm und hat alle Veränderungen in Politik und Industrie überstanden. Noch heute werden hier, jedoch nicht mehr aus Raseneisenerz, in traditioneller Weise Kunstguss in Eisen (z. B. Pumpen, Brunneneinfassungen, Stadtmöbel und Poller) und Bronze (z. B. Denkmäler, Lebenslauf-Wandteller) sowie Glockenguss und -restaurierung durchgeführt.

5.3 Unterhammer Gottow

Der Unterhammer des Orts Gottow liegt östlich von Luckenwalde im heutigen Kreis Teltow-Fläming und war im 12. Jahrhundert im Besitz der Bischöfe von Brandenburg. Dass um den Ort später des Öfteren gekämpft wurde, hing mit der ehemaligen Eisenhütte zusammen, die Zinnaer Mönche im 15. Jahrhundert gegründet hatten. Hier wurden die in den Wiesen der Niederung des Hammerfließes lagernden Raseneisenerze abgebaut, zerkleinert und verhüttet, um daraus Kanonenkugeln für den „Alten Fritz“ zu gießen. Heute findet man in der Umgebung des Unterhammers noch kleine Raseneisenerzbrocken und Hüttenschlacke auf einigen Wegen, die zu deren Befestigung verwendet wurde.

5.4 Vorkommen bei Grube

Nach einer Zusammenstellung der Raseneisenerzvorkommen im Kreis Westprignitz aus dem Jahr 1938 (RÜHLEMANN 1950) werden die Raseneisenerzvorkommen von Grube, Ortsteil Sigrön (Kreis Prignitz) als besonders mächtig beschrieben. Mächtigkeiten bis zu 1 m wurden in der Karthaneniederung unmittelbar unter der Grasnarbe festgestellt. Nach den Ausführungen soll ein Teil des Raseneisenerzes schon zu „früheren Zeiten“ verhüttet worden sein. Ebenso ist die Verwendung als Baumaterial genannt. Der Eisengehalt wird mit 46 Masse-% angegeben.
Im Zuge der Suche nach geeignetem Rekonstruktionsmaterial für die Muschelgrotte im Neuen Garten in Potsdam wurde die Baudenkmalpflege GmbH Roland Schulze aufgrund der Recherchen des Dezernats Rohstoffgeologie im LBGR-Archiv in diesem Ort fündig und konnte Raseneisensteinreste eines ehemaligen Gebäudes des Gutes Sigrön nach Potsdam transportieren und dort zusammen mit Ortsteinbrocken aus der ehemaligen Kiesgrube bei Babben in die Außenmauern der Grotte einbauen (Abb. 7).

6. Potenzielle Nutzungsmöglichkeiten

Eine industrielle Nutzung von Raseneisenerz zur Metallgewinnung findet in Brandenburg wie auch in ganz Deutschland nicht mehr statt. Die letzte Nutzung größeren Ausmaßes für diesen Zweck erfolgte gegen Ende des Zweiten Weltkriegs im Ruhrgebiet durch die Verwendung regionaler Ra-

seneisenerz-Vorkommen als Ersatz für stockenden Nachschub an Importerz.
In den letzten Jahren sind an vielen Orten in Deutschland jedoch archäologische Experimente zu beobachten, bei denen mit Rennöfen Versuche zur Eisenerzeugung aus Raseneisenerz durchgeführt werden. Neben dem nicht zu verachtenden Lern- und Show-Effekt werden dabei ernsthafte Untersuchungen durchgeführt, die Historie und Mechanismen der geschichtlichen Eisengewinnung weiter aufhellen sollen, wie z. B. Mengenanalyse von Brennmaterial und Raseneisenerzeinsatz, Bau der Rennöfen, Dauer des Prozesses, aber auch chemische Zusammensetzung der Halb- und Endprodukte.

Auch als Baumaterial spielen Raseneisensteine im modernen Baugeschehen keine Rolle mehr. Gesucht werden sie dennoch – und zwar für Zwecke der Denkmalpflege, wie bereits oben ausgeführt.
Die besondere Schwierigkeit besteht jedoch darin, Material zu finden, das einerseits optisch den historisch verwendeten Materialien ähnelt, dabei aber mechanisch möglichst verwitterungsbeständig ist. Da die früheren Vorkommen oft erschöpft oder nicht mehr zugänglich sind, werden auch Materialien getestet, die in aufgeschlossenen Kiessandtagebauen gefunden werden (z. B. Kiesgrube Babben, siehe Abb. 8)

Die theoretisch aufgrund der Materialparameter möglichen „höherwertigeren“ Applikationen von Raseneisenstein haben sich bisher nicht durchgesetzt. Eine Ausnahme bildet die von ZWAHR et al. (2000) beschriebene Verwendung von Raseneisenstein aus einer Lagerstätte bei Hagenow (Mecklenburg-Vorpommern) als Hilfsmaterial zur Trockenentschwefelung von Kesselanlagen und Gasleitungen in den Energiekombinaten der DDR. Die 1990 beendete Nutzung von Raseneisenstein für diesen Einsatzzweck ist der einfachen Tatsache geschuldet, dass unter den Bedingungen des offenen Markts nun nicht mehr mit einheimischem Material improvisiert werden musste, das kostengünstig zur Verfügung stand.
Die oft beschriebene große spezifische Oberfläche von Raseneisenstein von > 100 m^2/g sichert ihm aber nach wie vor ein Interesse bei Herstellern als Komponente für die Produktion von Absorbern für Schwermetalle und Phosphor. Die heute auf dem Territorium Brandenburgs bekannten Vorkommen von Raseneisenstein sind jedoch zu klein und materialseitig zu inhomogen, als dass ihr Einsatz bei der Absorberproduktion künftig eine Rolle spielen könnte. Dazu kommt die naturschutzrechtliche Unterschutzstellung von Vorkommen, die eine Nutzung verhindert.
Bewährte Industrieprodukte zur Absorption von Schwermetallen aus wässrigen Lösungen setzen bereits seit Jahren statt auf Raseneisenstein vorwiegend auf Eisenstaub als wirksame Teilkomponente, der Schwermetalle zuverlässig in „Rost“ einschließt und damit immobilisiert (DIEKMANN 1990). Dieser Eisenstaub kann kostengünstig von der metallurgischen Industrie bezogen werden.
Anwendungsuntersuchungen für den Einsatz von Raseneisenstein zur Abwasserreinigung bzw. Gewässersanierung werden aufgrund der günstigen lagerstättengeologischen

Abb. 8 *Ortsteinbank, Kiesgrube Babben (Kreis Elbe-Elster) (Foto: F. Ludwig, 2005)*
Fig. 8 *Layer of iron pan, gravel pit Babben (district Elbe-Elster) (photo: F. Ludwig, 2005)*

Situation im Raum Hagenow-Ludwigslust im benachbarten Bundesland Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt (MEISTER 1997).
Für Brandenburg kam bereits eine 1994 durchgeführte Studie (SCHOMBURG et al. 1994) zu der Auffassung, dass auf dem Landesterritorium keine für umweltrelevante Einsatzzwecke wirtschaftlich interessanten Vorkommen an Raseneisenstein vorhanden sind. Eine Abschätzung der Rohstoffperspektiven (HÖDING 1999) betont zwar das den brandenburgischen Raseneisensteinen innewohnende Nutzungspotenzial, zeigt aber keine in nächster Zukunft relevante Perspektive für die Absorberherstellung o. ä. auf.
Hauptsächlich aufgrund der in den letzten fünf Jahren häufiger an die Landesgeologie Brandenburgs herangetragenen Anfragen nach Raseneisensteinvorkommen für Zwecke der Gebäuderestaurierung werden Vorkommen von Raseneisenstein bei der Aktualisierung der rohstoffgeologischen Kartierung im Maßstab 1 : 50 000 (KOR 50) neu ausgehalten (z. B. WETZEL 2005) bzw. in den die kartographische Darstellung begleitenden Datensätzen beschrieben.

Zusammenfassung

Raseneisenerz hatte in Brandenburg in der Vergangenheit als einheimischer Rohstoff einen großen Anteil an der Entwicklung von Wirtschaft und Industrie. Gegenstände aus Eisen, wie z. B. Arbeitsgeräte, Geschirr, Möbel und Pumpen sowie Ziergitter u. a. m. waren aber auch im alltäglichen Leben bestimmend für die Lebensweise und somit einflussnehmend auf die Kultur in unserer Region.
Als Rohstoff ist Raseneisenerz bzw. Raseneisenstein heute nur noch als Baumaterial für Restaurierungen in der Denkmalpflege gefragt. Vor allem für Geowissenschaftler und Archäologen ist es von wissenschaftlichem Interesse, z. B. in der Bodenkunde bei der Bewertung von Böden bzw. in Bezug auf die Erforschung der Entwicklungsgeschichte einzelner Regionen.
Die Suche nach Raseneisenerzvorkommen kann nur durch gezielte Recherche- und Feldarbeiten auf Grundlage der Kartierungsergebnisse erfolgen, die in den Archivbeständen des LBGR lagern bzw. die durch die Neukartierung des Landes bekannt werden. Daher ist die enge Zusammenarbeit der Fachgebiete Rohstoffgeologie, geologische Kartierung und Bodengeologie Grundlage für eine erfolgreiche Suche dieser interessanten Rohstoffart.

Summary

In the past bog iron ore as a native raw material played an important role in the development of economy
and industry of Brandenburg.
Products made of iron like tools, kitchenware, furnitures and pumps as well as ornamental bars were common used in the daily life and influential on the culture in our region.
Today bog iron ore as well as bog iron stone as a resource is only needed as material for restorations of architectural memorials. Basically for geology and archaeology it is of scientific interest for example in pedology and for rating of soils or explore the history of the development of particular areas.
The protection of bog iron ore deposits needs specific research and field work on the base of geological mapping results stored in the archive of the LBGR or gained by new mapping of the Brandenburg area.
That's why a good cooperation of raw material geology, geological mapping and soil geology is nessesary for a successful search of this interesting raw material.

Literatur

ARNOLD, B. (2005): Verwitterung und Konservierung von Objekten aus Raseneisenstein - Z. dt. Ges. Geowiss. **156**, S. 151-158, Stuttgart

BANDL, W. (1937): Die alluvialen Eisenerze in SW Mecklenburg und ihre Entstehung. - Beilage zu Heft 46, N. F. 11, Mitteilungen der Mecklenburgischen Geologischen Landesanstalt, S. 1-13, Rostock

BAXMANN, M. (2004): Die Patentpapierfabrik Hohenofen. - Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, 2 S., Wünsdorf

BERG-HOBOHM, S., BODE, M.-J & I. SPAZIER (1998): Ausgrabungen zur römischen Kaiserzeit im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. - In: Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier, S. 53 ff., Pritzen

BUCH v., L. (1826): Geognostische Karte von Deutschland, Blatt Berlin. - Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin

CRAMER, H. (1872): Beiträge zur Geschichte des Bergbaus in der Provinz Brandenburg. Zweites Heft: Kreis Lebus. - 64 S., Halle

DIEKMANN, H. (1990): Sorption von Schwermetallen aus wässrigen Lösungen und Abwässern. - Studie, H. Diekmann GmbH, 14 S., Lehrte, (unveröff.)

ERNST, F. J. (1966): Die vorgeschichtliche Eisenerzerzeugung. - Mitt. des Bezirksfachausschusses Ur- und Frühgeschichte, 14, S. 1-93, Neubrandenburg

FROTSCHER, M. (1997): Mark Brandenburg – Früher Eisenguß in Lauchhammer. - S. 20-21, Berlin (Lucie und Marika Großer Edition)

HANSPACH, D. (2001): Der Schraden. - 12 S., Köln (Böhlau)

HEINRICH, J. (2000): Filigranes aus schwerem Eisen. - In: Der Märkische Bote. - S. 9, Beilage zur Lausitzer Rundschau vom 23.08.00, Cottbus

HÖDING, Th. (1999): Steine- und Erdenlagerstätten in Brandenburg – Grundlagen, Kartierung, Förderentwicklung und Perspektiven. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **6,** 1, S. 29-37, Kleinmachnow

JAHN, H. (1953): Erläuterungen zum Gutachten über Raseneisenerzvorkommen in den einzelnen Gemeinden in der DDR. - 6 S., Staatliche Geologische Kommission der DDR, Berlin

HUCKE, K. (1922): Geologie von Brandenburg. - 325 S., Stuttgart (Enke)

KRAMM, H. J. (1989): Der Bezirk Frankfurt – Geographische Exkursionen. - 148 S., 2. Aufl., Gotha, (Haack)

KREHRER, U. & R.-B. HEIMANN (1999): Alles nur Routine? Chemisch-mineralogische Zusammensetzung germanischer Eisenschlacken von Groß Jauer und Wolkenberg. - In: Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. - S. 105-115, Pritzen

LUDWIG, F. (2003): Mineralische Rohstoffe. - In: SCHROEDER, J. H. & F. BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 9: Oderbruch–Märkische Schweiz, S. 108-110, Berlin

LUDWIG, F. (2004): Steine und Erden. - In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 5: Nordwestlicher Barnim – Eberswalder Urstromtal – Naturpark Barnim, S. 94-102, Berlin

LYCHATZ, B. & D. JANKE (1999): Technologie der Eisenerzeugung im Rennofen. - Surface Mining – Braunkohle & Other Minerals **51**, 3, S. 377-381, GDMB Medienverlag, Clausthal-Zellerfeld

MEISTER, F. (1997): Industrieminerale in Mecklenburg-Vorpommern – ihre Bedeutung für Wirtschaft und Umweltschutz. - Schriftenr. angew. Geowiss. **1**, S. 81-84, Berlin

REICHMUTH, G. (1997): Mark Brandenburg – Raseneisenerz aus der Spreeniederung bei Peitz. - S. 22-24, Berlin (Lucie und Marika Großer Edition)

RÜHLEMANN, O. (1950): Zusammenstellung über Vorkommen von Raseneisenerz im hiesigen Kreise Westprignitz. - Staatliche Geologische Kommission, Außenstelle Halle, 4 S. (Halle)

SALESCH, M. (1996): Raseneisenstein im Elbe-Elster-Kreis. - Natur und Landschaft in der Niederlausitz, 17, S. 43-53, Cottbus

SCHOMBURG, J., CHUDZICKI, P., LÖFFLER, M., ZWAHR, H. & R. FÖRSTER (1994): Ressourcenpotentialbewertung von Steine- und Erdenlagerstätten des Landes Brandenburg. - Studie DURTEC Neubrandenburg 1994, 91 S., Neubrandenburg (unveröff.)

SPAZIER, I. (1999): Neue Ergebnisse aus dem germanischen Eisenverhüttungszentrum Wolkenberg. - In: Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier, S. 97-104, Pritzen

SPAZIER, I. (2001): Wolkenberg - das größte germanische Verhüttungszentrum in Deutschland. - In: Niederlausitzer Studien **30**, S. 7-14, Pritzen

SPERLING, D. (2002): Rohstoffgewinnung und Altbergbau im Förderraum Calau. - Schriftenreihe Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e. V., S. 17-21, Cottbus

SPERLING, D. (2004): Historisches Wörterbuch zum Braunkohlenbergbau und zum Bergrecht. - Schriftenreihe Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e. V., 156 S., Cottbus

WETZEL, E. (2005): Dokumentation zur Karte der oberflächennahen Rohstoffe des Landes Brandenburg (KOR 50), Blatt L 3342 Nauen. - Bericht LBGR, 11 S., Kleinmachnow (unveröff.)

ZWAHR, H., GRANITZKI, K., SCHOMBURG, J. & H.-J. ZANDER (2000): Quartäres Raseneisenerz in Mecklenburg-Vorpommern – Genese, Stoffbestand, Vorkommen und Nutzung. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **7**, 1/2, S. 83-91, Kleinmachnow

Anschrift der Autoren:
alle Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg

Dipl.-Geoln. (FH) Heidemarie Sitschick
Hauptsitz
Vom-Stein-Str. 30
03050 Cottbus

Dipl.-Geol. Frank Ludwig
Außenstelle Frankfurt (Oder)
Müllroser Chaussee 51, Haus 5
15236 Frankfurt (Oder)

Dipl.-Geoln. Elke Wetzel
Dipl.-Geol. Joachim Luckert
Dr. Thomas Höding
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 199

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 129-136	7 Abb., 10 Lit.

Braunkohlentiefbau der ehemaligen Gruben „Pauline“ und „Carlsgruben“ zwischen Petershagen und Treplin – Untersuchungsergebnisse und Gefährdungsabschätzung

Brown coal deep mining in the former mine “Pauline” and “Carlsgruben” between Petershagen and Treplin – results and risk assessment

Klaus Mrotzek & Volker Morgenroth

Veranlassung

Braunkohlentiefbau im Raum Petershagen–Treplin nordwestlich von Frankfurt (Oder) war aus vielen Notizen und Berichten bekannt. Die letzte Braunkohlengrube bei Treplin ist erst 1960 geschlossen worden. Von den früher betriebenen Braunkohlentiefbauen „Pauline“ und „Carlsgruben“ fehlten Rissunterlagen, die völlig überraschend vor einiger Zeit aufgetaucht und beim Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) archiviert sind. Aus dem Risswerk ist das doch recht beträchtliche Grubengebäude der ehemaligen Braunkohlentiefbaue ersichtlich. Eine fast ununterbrochene Abbautätigkeit hat ein Areal von ca. 40 ha bergmännisch verritzt. Gegenwärtig ist in diesem Gebiet ein intensives Kleinrelief mit zahlreichen Einsenkungen zu verzeichnen, die neben Kriegseinwirkungen auf den Verbruch von bergbaulichen Auffahrungen zurückzuführen sind.

Das damalige Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg beauftragte im Jahre 1999 das Ingenieurbüro TERRA MONTAN® Gesellschaft für angewandte Geologie mbH Suhl mit der Erstellung einer Gefährdungsanalyse zum Braunkohlentiefbau „Consolidierte Carlsgruben“.

Lage des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet liegt in Ostbrandenburg, nordwestlich von Frankfurt (Oder). Es erstreckt sich zwischen den Ortschaften Petershagen, Treplin und Sieversdorf, im Wesentlichen westlich des Kleinen Trepliner sowie nordwestlich und südöstlich des Großen Trepliner Sees (Abb. 1). Zwischen dem Kleinen und dem Großen Trepliner See verläuft die Bundesstraße 5 (B 5) von Petershagen nach Treplin. Sie überquert teilweise bergmännische Auffahrungen des Braunkohlentiefbaus. Das Untersuchungsgebiet wird überwiegend forstwirtschaftlich genutzt.

Geologie

Oberflächengeologisch besteht das Gebiet aus quartären Ablagerungen in Form von Geschiebemergel, Sanden und Kiesen im Bereich der Lebuser Platte. Ein markantes Element ist die NE–SW verlaufende Alt Zeschdorfer Rinne (subglaziale Schmelzwasserrinne). Morphologisch wenig treten dagegen die Reste der Endmoräne der Frankfurter Staffel der Weichselvereisung hervor.

Entscheidend geprägt wurde das Gebiet um Petershagen–Treplin jedoch saalezeitlich oder noch früher durch eine Stauchendmoräne. Die Stauchung hat auch Teile des Tertiärs erfasst und Ablagerungen des Oligozäns in Form des Rupel- bzw. „Septarientons“ sowie von miozänen Kohlenflözen und Zwischenmitteln an die damalige Oberfläche gebracht. Es entstanden meist NW–SE streichende Mulden und Sättel mit überwiegend unsymmetrischem Bau, Überkippungen und Unregelmäßigkeiten in Form von Ausdünnungen und Ausquetschungen einiger Schichtglieder.

Während der Weichselkaltzeit wurden diese Gebiete vom Eis ohne wesentliche glazitektonische Verformungen überfahren. Die aufgestauchten Tertiärsättel sind dabei teilweise gekappt worden. Die Stauchendmoräne hatte eine deutliche Strompfeilerwirkung. Der Braunkohlentiefbau ging auf den miozänen Kohlenflözen um. Im Raum Frankfurt (Oder) sind 7 Kohlenflöze bekannt, die durch Zwischenmittel unterschiedlicher Mächtigkeit getrennt werden. Man unterscheidet die hangende „Formsandgruppe“ mit den Flözen I bis III und die liegende „Kohlensandgruppe“ mit den Flözen IV bis VII. Die Flözmächtigkeiten werden mit 0,5 bis 6m angegeben. Im Raum Petershagen sind die Flöze I bis IV in Verhieb gewesen.

Bergbauhistorie

Für die Erarbeitung der Gefährdungsanalyse wurden Recherchen zum Braunkohlentiefbau in den Staatsarchiven Wernigerode und Potsdam, in der Heimatstube Treplin, das Originalrisswerk beim Oberbergamt des Landes Brandenburg sowie die Befragung eines ehemaligen Trepliner Bergmannes genutzt. Außer dem genannten Risswerk vom Oberbergamt sind keine weiteren Risse gefunden worden. Im Schriftverkehr (Betriebspläne u. ä.) waren gelegentlich Skizzen vorhanden.

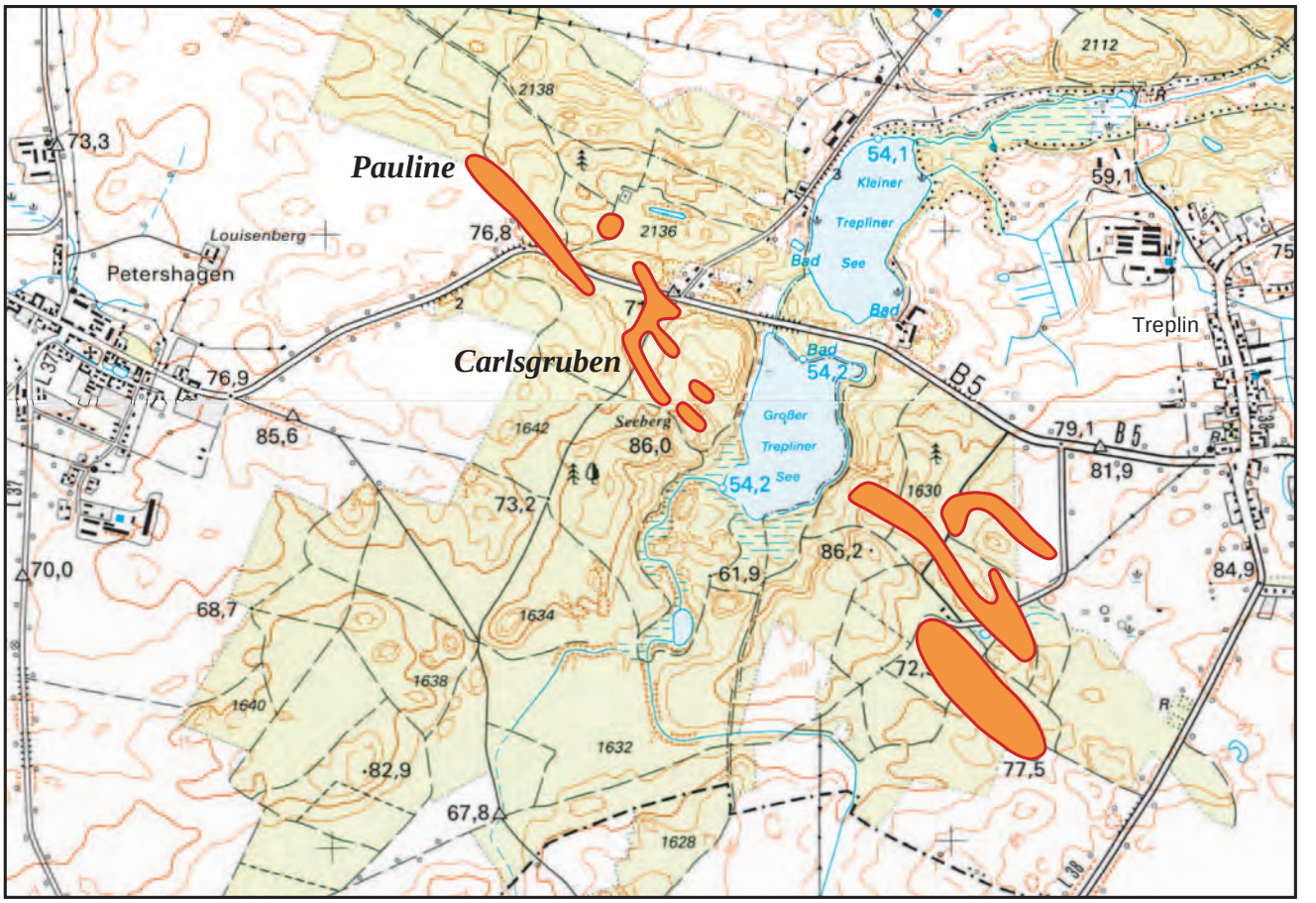


Abb. 1
Lageskizze der ehemaligen Braunkohlengruben „Pauline“ und „Carlsgruben“ bei Petershagen, Landkreis Märkisch-Oderland, i. M. 1 : 25 000

Fig. 1
Position outline of the former brown coal mines „Pauline“ and „Carlsgruben“ near Petershagen, county Märkisch-Oderland, on the scale of 1 : 25 000

Mit Schreiben vom 29. April 1756 zeigte Georg Rudolph von Strantz zu Sieversdorf der Kgl. Majestät (Friedrich II.) den Fund von Steinkohle (den Begriff Braunkohle kannte man damals noch nicht, gemeint war Kohle schlechthin) an. Bereits im Juli 1756 erhielt v. Strantz das Privileg zur zoll- und steuerfreien Abfuhr der Kohle. Durch den Siebenjährigen Krieg (1756-1763) gerieten die Arbeiten ins Stocken und wurden danach auch nicht wieder belebt.

Ganz untätig waren die Bergleute im Siebenjährigen Krieg aber nicht, denn während der Kriegswirren wurden nach einem „Bericht des Land Rathes Rohr vom 20. August 1763“ 40 Wispel (1 preuß. Wispel = 1319 Liter) Kohle aus dem Bestand des von Stranz durch die Feinde angezündet und verbrannt. Es muß also Kohle gefördert worden sein.

Im Jahre 1845 wurde das Grubenfeld „Pauline“ nordwestlich vom Großen Trepliner See verliehen. Nach dessen zwischenzeitlicher Erweiterung kam es 1864 zum Zusammenschluss der Gruben „Pauline“, „Mariens Hoffnung“, „Gotthilf“, „Alte Fritz“, „Keil“, „Ende“, „Arthur“, „Baldauf“ und „Baath“ zu den „Consolidierten Carlsgruben“. Später kamen noch die Einzelgruben „Schlußstein“, „Julius“, „Chlothilde“, „Piefke“, „Eichenberg“, „Caplick“, „Neu-Carthaus“, „Halbe Stadt“, „Jägersglück“ und „Richards Glück“ hinzu, so dass sich die Gesamtfläche der verliehenen Felder auf 40 207 972 m^2 erweiterte. Die gemuteten Felder waren ca. 100mal größer als die schon genannten tatsächlich bergbaulich verritzten.

Im Grubenfeld „Pauline“ wurde auch noch nordwestlich der heutigen B 5 abgebaut. Später erfolgte der Abbau in dem Bereich östlich und südöstlich des Großen Trepliner Sees. Südlich der B 5 ist im Grubenfeld „Schlußstein“ mit dem Kunst- und Treibeschacht „Carl“ und anschließend im Bereich des „Valeska-Stollens“ und des Kunst- und Treibeschachts „Valeska“ gearbeitet worden. Die letzten größeren Tiefbauarbeiten sind, aufgeschlossen durch den „Valeska-Magdalena-Stollen“ (den verbrochenen Eingangsbereich des Stollens zeigt die Abb. 2) und den Förderschacht 08 (die vermutlich zum Förderschacht 08 gehörende Halde ist auf der Abb. 3 zu sehen), Anfang des 20. Jahrhunderts südöstlich der Försterei Treplin erfolgt. Die letzten markscheiderischen Arbeiten zu dieser Grube stammen von 1937. Danach ist die Grube durch einen Wassereinbruch abgesoffen.

Abb. 2
Verbrochener Eingangsbereich des „Valeska-Magdalena-Stollens“ am Großen Trepliner See (hinten),
Blick von SE

Fig. 2
Collapsed entrance of the „Valeska-Magdalena-Stollen“ near Großer Trepliner See (background),
view from SE

Abb. 3
Ehemalige Halde, vermutlich vom Förderschacht 08

Fig. 3
Former waste heap assumedly of the drawing shaft 08

Abb. 4
Fundamentreste des Maschinenhauses zwischen dem Fahrschacht „Helene“ und dem Förderschacht „Manfred“ im „Gotthilf-Streichen“. In der mit Flatterband abgesperrten Fläche hinten liegt ein relativ frischer Tagesbruch (Abb. 5)

Fig. 4
Remains of foundations of the engine room between the shaft „Helene“ and the drawing shaft “Manfred” in the “Gotthilf-Streichen”. The cordoned off reach marks a relatively young collapse sink hole

Abb. 5
Relativ frischer Tagesbruch über Strecken zwischen dem Fahrschacht „Helene“ und dem Förderschacht „Manfred“ im „Gotthilf-Streichen“

Fig. 5
A relatively young collapse sink hole above the galleries between the shaft “Helene” and the drawing shaft “Manfred” in the “Gotthilf-Streichen”

1939 erfolgten nördlich der B 5 nochmals Tiefbauarbeiten aus den Schächten „Manfred“ und „Helene“, ehe der Zweite Weltkrieg dem Braunkohlentiefbau in den „Consolidierten Carlsgruben“ ein Ende setzte.
Fundamentreste des Maschinenhauses zwischen dem Fahrschacht „Helene“ und dem Förderschacht „Manfred“ zeigt die Abbildung 4. Einen relativ frischen Tagesbruch in der Nähe dokumentiert die Abbildung 5.

Von besonderem geologischem Interesse sind die in der Stauchendmoräne geschaffenen Strukturen. Diese sind bergmännisch aufgeschlossen worden und können mehr oder weniger über das markscheiderische Risswerk nachvollzogen werden. Das bereits erwähnte Original-Risswerk, das jetzt beim LBGR archiviert ist, besteht aus Grundrissen der abgebauten Flöze I bis IV und Profilen, die eine geologische Interpretation überhaupt erst ermöglichen. Die Grundrisse liegen nicht in einer Ebene, sondern bilden die Lagerungsverhältnisse des jeweiligen Flözes in unterschiedlicher Teufenlage ab. In den erwähnten Archiven konnten nur Betriebspläne und Beschreibungen über in Jahresfrist geplante und durchgeführte Arbeiten gefunden werden. Teilweise sind diese Beschreibungen nicht konsequent dem Risswerk zuzuordnen, oder die Bearbeiter hätten weit über den vorgegebenen Rahmen der Recherche hinausgehen müssen.

Erschwerend für die Betrachter des Risswerks ist die vor 1870 übliche Maßangabe in Lachter, Fuß und Zoll. Das Risswerk ist z. T. über 150 Jahre alt und erfordert vom Bearbeiter eine intensive Einarbeitung.

Beschreibung der Grubenfelder

Im Grubenfeld „Pauline“, es erstreckte sich nordwestlich und südöstlich der B 5, sind z. T. vier Flöze in einem Grundriß verzeichnet. Das älteste bekannte Bergwerk dürfte der Schacht „Pauline“ sein.
Im Südosten sind überkippte Lagerungsverhältnisse vorhanden. Nordöstlich des Schachtes „Pauline“ ist anzunehmen, dass die Kohlenflöze die Tagesoberfläche erreicht haben und dort der Erstfund der Kohle sowie eventuell ein Tagebau zu lokalisieren sind. Das ist eine Annahme, denn ein Beleg hierfür wäre nur durch Schürfe zu erbringen.

Insgesamt wechseln die Lagerungsverhältnisse im Grubenfeld „Pauline“ stark, von Überkippungen, normaler Muldenlage und Sattelstellung bis zu abradierten Sätteln ist hier alles bekannt.

Das Grubenfeld „Gotthilf-Streichen“, es liegt nordöstlich des Grubenfeldes „Pauline“, ist eine NW–SE streichende Mulde. Die letzten Arbeiten sind hier 1939 erfolgt.

Das Grubenfeld „Am Schulte-Schacht“, ca. 2,5 km nordwestlich von Booßen, erschloss drei Flöze an der SW-Flanke einer Mulde.

Im Grubenfeld „Schlußstein“, östlich des Großen Trepliner Sees und südlich der B 5, sind äußerst komplizierte geologische Lagerungsverhältnisse exzellent bergmännisch bewältigt worden.

Im Westteil herrscht ein NE–SW-Streichen, die Flöze fallen nach NW ein. Nach SE folgt ein herzynisches Streichen mit einer Störung im SW. Drei gebaute Flöze keilen nach SW aus.

Das Grubenfeld „Am Valeska-Stollen“ liegt südwestlich des Grubenfeldes „Schlußstein“. Der „Valeska-Stollen“ diente vermutlich der Wasserlösung in Richtung Großer Trepliner See. Die Endteufe des Kunst- und Treibeschachts „Valeska“ lag unterhalb des Seespiegels.
Generell liegt eine flach nach NE einfallende Mulde mit einem teilweise überkippten NE-Flügel vor. In großen Teilen der NE-Flanke liegen die Kohlenflöze offenbar nur noch in ausgedünnter Form vor. Die Bergleute haben diese „Flözverdrückungen“ mit Auffahrungen nicht weiter verfolgt.

Das Grubenfeld „Südöstliches Streichen der Carlsgruben“ wurde durch den „Valeska-Magdalena-Stollen“ erschlossen. Es ist das Grubenfeld südöstlich der Försterei Treplin, in dem bis zum Wassereinbruch (vermutlich 1937) gearbeitet worden ist. Geologisch handelt es sich um eine Mulde mit flachem SW- und steilerem NE-Flügel. Weiterhin gibt es Erkenntnisse aus Versuchsschächten nordöstlich und südwestlich der beschriebenen Grubenfelder.

Die Braunkohle wurde zuerst über dem Grundwasser abgebaut, aber bereits ab 1859 sind Wasserhaltungen bekannt. Der Abbau erfolgte vermutlich überwiegend im offenen Kammerbau. Die Flöze wurden vom Hangenden zum Liegenden abgebaut. Die überwiegenden Muldenlagen der Grubenfelder erforderten zu Gewährleistung der Bergbausicherheit einen gleichmäßigen Abbau zur Teufe im gesamten Grubengebäude. Versatz ist nur im Bereich der Sicherheitspfeiler eingebracht worden. Die Förderung war teilweise beträchtlich. Sie lag z. B. von 1856 bis 1869 zwischen 18 000 und 35 000 t, von 1923 bis 1933 zwischen 8 000 und 32 000 t.

Durchgeführte Arbeiten

Für die Gefährdungsabschätzung kamen Bohrungen und Rammsondierungen zur Ausführung, die vorrangig der Einpassung des Risswerks, der Präzisierung des geologischen Schichtenaufbaues und der Entnahme von Bodenproben dienten.

Erschwerend war, dass die Bohrungen und Sondierungen in einem kampfmittelbelasteten Gebiet niedergebracht wurden, was einen erheblichen Aufwand an so genannten „Freimessungen“ nach sich zog. Die für Ansatzpunkte von Bohrungen und Sondierungen freigegebenen Flächen erstreckten sich nach den Messungen auf ein Areal von ca. 1 x 1 m.

Mit drei schweren Rammsondierungen sollten ehemalige Schächte geortet werden, um die Einpassung des alten Risswerks zu ermöglichen. Für die Schächte „Manfred“ und den „Kunstschacht II“ gelang das. Die Ortung des ehemaligen

Abb. 6 *Bohrgerät Typ G 200 am Bohrpunkt B 8/99*
Fig. 6 *A rambler rig type G 200 at the drill site B 8/99*

Schachts „Pauline“ ist unsicher, da der Ansatzpunkt im Bereich einer späteren Geschützstellung liegt und stark verändert wurde.

Die markscheiderische Einpassung des ehemaligen Grubenfelds „Pauline“ ist ebenfalls unsicher. Die Bohrungen 1, 3, 4 und 5/99, die jeweils auf Streckenkreuzen angesetzt waren, haben diese nicht nachweisen können.

Die Bohrung 6/99 hat den offenen und teilweise vertikal bereits verbrochenen „Valeska-Magdalena-Stollen“ getroffen.

Mit der Bohrung 7/99 konnte ein offener Abbauhohlraum nachgewiesen werden. Das Bohrloch wurde für spätere Vermessungs- und Versatzarbeiten verrohrt. Mit den Bohrungen 8 (Abb. 6), 9 und 10/99 sind Abbaubereiche getroffen worden. Im Bohrgut war mehrfach Ausbauholz vorhanden (Abb. 7).

Geotechnische Parameter, Gefahrenbewertung

Im Ergebnis zeigte sich, dass die vorliegenden geologischen Verhältnisse im Terrain die Ableitung allgemeingültiger geologischer und Abbaumodelle zur Ermittlung des Gefährdungspotenzials nicht gestatten. Zum Bearbeitungszeitpunkt existierten noch keine einfachen Berechnungsverfahren zur Beurteilung der Tagesbruchgefahr über Hohlräumen bei steilen Lagerungsverhältnissen (Schichtneigungen > 30 °). Eine Anwendung der allgemein üblichen FENK’schen Formeln, welche nur für flache Lagerungsverhältnisse nutzbar sind, war gerade aufgrund des eingeschränkten Geltungsbereichs deshalb nicht geboten. Einschränkungen zur Anwendbarkeit ergeben sich auch bei äußeren Lasteinwirkungen und bei relativ dicht nebeneinanderliegenden Strecken- und Stollenauffahrungen, weil hierbei die damit verbundenen komplizierten Wechselwirkungen von benachbarten Hohlräumen keine Berücksichtigung finden.

Eine realitätsnahe Ermittlung der damit verbundenen Auswirkung von Spannungs-/Verformungs-Änderungen in Bezug zur Tagesoberfläche ist für Mehrschichtsysteme bei steilen Lagerungsverhältnissen aber mittels numerischer Modellierung möglich. Anzumerken ist allerdings, dass die Anwendung von numerischen Methoden bei der Tagesbruchanalyse im Lockergesteinsgebirge bisher nur selten erfolgt. Es ist davon auszugehen, dass die Formulierung der geotechnischen Bemessungsgrößen, der Ansatz bzw. die Wahl der richtigen Stoffgesetze für einzelne Gesteinsschichten und die Vorgabe der geometrischen Randbedingungen für die Modellbildung oftmals einen zu hohen zeitlichen Aufwand bedingen.
Außerdem ist eine Plausibilitätsprüfung der Berechnungsergebnisse unumgänglich. Bisher liegen leider nur wenige Erkenntnisse vor, die auch eine praktische Erfolgskontrolle zulassen und so die vorhandenen Vorbehalte zur Nutzung der Numerik ausräumen könnten.

Entsprechend der Aufgabenstellung und dem erkundeten Schichtenaufbau waren mehrere unterschiedliche Berechnungsmodelle zu entwickeln. Neben Hohlraumteufen von 15 bis 50 m fanden Schichtneigungen von 30 bis 70 °, Sattel- und Muldenstrukturen sowie Verkehrslasten Beachtung. Für Strecken und Stollen wurden im Allgemeinen trapezförmige Hohlräume von ca. 2 bis 4 m² Querschnittsfläche jeweils ohne Ausbau simuliert. Zur Problembearbeitung ist das numerische Verfahren der Distinkte-Elemente-Methode (DEM) herangezogen worden. Es gehört zur Gruppe der Diskreten-Elemente-Verfahren und ist Basis des Programmpaketes FLAC 3.30.

Abb. 7
Zerbohrtes Ausbauholz aus 26,5-26,7 m Teufe der Bohrung 8/99
Fig. 7
Drilled up supporting timber from a depth of 26,5-26,7 m of the bore hole 8/99

Die bodenphysikalischen Eingangsparameter zur Beschreibung der Gebirgsmodelle sind im hauseigenen bodenmechanischen Labor ermittelt worden. Neben Klassifizierungsversuchen zur Ableitung der betreffenden Bodengruppe, wie z. B. Kornverteilungs- und Konsistenzuntersuchungen, kamen Scherversuche und Kompressionsversuche an den einzelnen Bodenschichten zur Ausführung. Bei der numerischen Analyse ist für die anstehenden Schichten im unverritzten Zustand ein elastisch-isotropes Materialverhalten angenommen worden (Ermittlung des Primärspannungszustands). Auswirkungen der jeweiligen Hohlraumauffahrungen, wie Strecken, Stollen und Abbaue wurden bei Annahme eines elastoplastischen Materialverhaltens unter Berücksichtigung des MOHR-COULOMBschen Bruchkriteriums bewertet.

Durch Variation ausgewählter Eingangsparameter innerhalb der Vertrauensgrenzen konnten für alle betrachteten Hohlraumteufen Auswirkungen bis nach übertage ermittelt werden. Es ergaben sich Geländedeformationen zwischen wenigen cm bis 2,40 m Tiefe. Sie sind als Folge von Hohlraumverbruch bzw. Hohlraumkonvergenz zu interpretieren. In Abhängigkeit von den Lagerungsverhältnissen und den Materialparametern für die Kohlenflöze konnte mitunter eine deutliche Verschiebung der Senkungsmaxima in Bezug zur Hohlraumlage ermittelt werden, d. h., an der Geländeoberkante bildeten sich asymmetrische Senkungskurven aus. Festgestellt wurde außerdem, dass sich geometrische Spannungs-/Verformungsänderungen im Deckgebirge je nach Hohlraum bis etwa 12 m über der Hohlraumfirste einstellen. Die weiteren anteiligen Deformationen bis zur Geländeoberkante treten als Folge von Verschiebungen auf, d. h., die Verformungen im Bereich der Strecken- und Stollenkonturen „pausen“ sich unter Auflockerungseffekten bis nach übertage durch.

Schlussfolgerungen

Unter Beachtung der einzelnen Arbeitsergebnisse aus der geologischen Erkundung, der markscheiderischen Einpassung von Altbergbaurissunterlagen und der numerischen Analysen zur Tagesbruchgefahr wurden dem Auftraggeber Unterlagen erstellt, welche einzelne Gefährdungsbereiche ausweisen. Es erfolgte eine Abgrenzung von potenziellen Versatzarealen mit einer Abschätzung von bereichsbezogenen Versatzkubaturen.

Zusammenfassung

Das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg beauftragte im Jahre1999 das Ingenieurbüro TERRA MONTAN Gesellschaft für angewandte Geologie mbH mit der Erstellung einer Gefährdungsanalyse zum Braunkohlentiefbau „Consolidierte Carlsgruben“.
Das Untersuchungsgebiet liegt in Ostbrandenburg nordwestlich von Frankfurt (Oder) zwischen den Ortschaften Petershagen, Treplin und Sieversdorf.
Im Bereich einer saalezeitlich oder früher entstandenen Stauchendmoräne sind auch Teile des Tertiärs mit miozänen Kohlenflözen erfasst und an die damalige Oberfläche gebracht worden. Es entstanden meist NW–SE streichende Mulden und Sättel mit überwiegend unsymmetrischem Bau, Überkippungen und Unregelmäßigkeiten in Form von Ausdünnungen und Ausquetschungen einiger Schichtglieder.
Im untersuchten Gebiet wurden insgesamt vier Braunkohlenflöze in den Jahren 1756 bis 1939 im Tiefbau auf unterschiedlichen geologischen Strukturen bebaut. Gegenwärtig ist über dem bergmännisch bearbeiteten Gebiet ein intensi-

ves Kleinrelief mit zahlreichen Einsenkungen zu verzeichnen, die neben Kriegseinwirkungen auf den Verbruch bergbaulicher Auffahrungen zurückzuführen sind.
Durch ausgiebiges Studium der vorliegenden Bergbaurisse, ihre Zuordnung zur heutigen Oberflächensituation, Bohrarbeiten, bodenphysikalische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen konnten Unterlagen mit zu erwartenden Gefährdungsbereichen erstellt werden.

Summary

The Geological Survey of Brandenburg had charged the consulting engineers TERRA MONTAN Company for Applied Geology in 1999 to draw up a risk assessment of the brown coal deep mine “Consolidierte Carlsgruben”.
The studied area extends in eastern Brandenburg northwest of Frankfurt (O) between Petershagen, Treplin and Sieversdorf.
Some Tertiary rocks with Miocene coal seams were pushed up to the former land surface by a Saalian (or older) glacier as a part of a push end moraine. Mostly NW–SE striking asymmetric troughs and saddles were formed with overthrusts and outsqueezings of some layers.
From 1756 untill 1939 four brown coal seams were here exploited by deep mining on different geological structures. In this exploitation area there are now an intensive small relief with numerous landfalls, mainly caused by collapsing of the mine buildings. The risk assessment was carried out by a complex analysis of maps of mines and the recent morphology, of the results of drilling works as well as of soil geophysical and geotechnical studies.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Dr. Nestler (LBGR Cottbus) für seine kritischen Hinweise und Herrn Dr. Thieke für die Übersetzung von Textteilen ins Englische.

Literatur

BORGSTEDE (1788): Statistisch-topographische Beschreibung der Kurmark Brandenburg. - 221 S., Berlin

CRAMER, H. (1872): Beiträge zur Geschichte des Bergbaues in der Provinz Brandenburg. - Zweites Heft, Kreis Lebus, 64 S., Halle (Verl. der Buchhandlung des Waisenhauses)

HUCKE, K. (1922): Geologie von Brandenburg. - 352 S., Stuttgart (Enke)

KRATZSCH, H. (1997): Bergschadenkunde. - Deutscher Markscheider-Verein e. V., 3. Aufl., Bochum

LINSTOW, O. v. (1923): Gutachten über die bei Petershagen und Treplin unweit Frankfurt a./O. auftretende Braunkohlenablagerung. - Preußische geologische Landesanstalt, 17.01.1923, (unveröff.)

MROTZEK, K., MORGENROTH, V. & T. GROß MANN (2000): Gefährdungsanalyse Braunkohlentiefbau der „Consolidierten Carlsgruben“. - 88 S., TERRA MONTAN, Gesellschaft für angewandte Geologie mbH, Suhl (unveröff.)

PIETZSCH, K. (1925): Die Braunkohlen Deutschlands. - 488 S., Berlin (Borntraeger)

Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg i. M. 1 : 300 000. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt Brandenburg, Potsdam 1997

Distinkte-Elemente-Programm „FLAC“- Version 3.30, Firma ITASCA, Minneapolis, 1996

Archivunterlagen des Landeshauptarchivs Magdeburg und des Staatsarchivs Potsdam

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Ing. Klaus Mrotzek
Dipl.-Geol. Volker Morgenroth
TERRA MONTAN, Gesellschaft für angewandte Geologie mbH Suhl
Dombergweg 1
98527 Suhl

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 137-142	8 Abb., 13 Lit.

Kleinräumige Bodenheterogenität im Jungmoränengebiet Brandenburgs – eine Herausforderung durch die Jahrhunderte

Small scale soil heterogeneity in the young moraine area of Brandenburg – a challenge through the centuries

Claus Dalchow

> „Bei eintretender Dürre wird jedes Feld scheckig in drei bis fünf Farben-Nuancen [...]. Diese schlechten Ackerstücken, die wegen ihrer geringen Ausdehnung gleichartig mit den sie umgebenden Äckern bestellt werden müssen, sind negative Größen, welche den Ertrag des Ganzen sehr beeinträchtigen."

So beschreibt von Lengerke (1846, S. 42f) in den „Beiträgen zur Kenntniß der Landwirthschaft in den Königl. Preuss. Staaten" eine Situation, die über die Jahrhunderte eine konstante Herausforderung geblieben ist (Abb. 1).
42 Jahre zuvor war der Begründer der Rationellen Landwirtschaft, Albrecht Daniel Thaer (1752-1828; Abb. 2) aus Celle ins preußische Möglin gekommen. Die kleinräumige Bodenvariabilität des dortigen Jungmoränengebiets hat den erfahrenen Agronom, wenn auch mit zeitlicher Verzögerung, überrascht. Während er zunächst geradezu frohlockt:

> „Die Erdart bleibt sich bis zu einer beträchtlichen Tiefe fast gleich und der Untergrund ist nirgend anhaltend, sondern allenthalben durchlassend. Ein Boden, wie ich mir ihn von jeher gewünscht habe" (Thaer 1805, S. 114),

gesteht er ein Jahrzehnt später in seiner „Geschichte meiner Wirthschaft zu Möglin" rückblickend ein:

> „Was ich aber nicht bemerkte, waren die im Acker liegenden Schrindstellen, die sich bei der feuchten Witterung nicht bemerklich machen, aber bei trockener um so mehr hervortreten. Ich bekenne, dass ich solche Stellen, solche schnelle Wechselung des Bodens, praktisch nicht kannte. Sie hätten mich wohl abschrecken können; nicht ihres Flächeninhalts wegen, der nicht sehr bedeutend ist, aber wegen der Ungleichartigkeit und der Unterbrechung der höheren Kultur ... „ (Thaer 1815, S. 11).

Thaers selten versagendes Geschick fand hier einen würdigen Gegner, da, wie Berghaus 1854 im „Landbuch der Mark Brandenburg etc." resümiert, „diese Schrindstellen auf dem Gute Möglin selbst nach einer vierzigjährigen Bewirthschaf-

Abb. 1
„Bei eintretender Dürre wird jedes Feld scheckig in drei bis fünf Farben-Nuancen" (von Lengerke 1846) - im Jungmoränengebiet unveränderte Situation bis heute; Foto: A. Jarfe

Fig. 1
„At entering drought each plot turns brindled by three to five colour nuances" (von Lengerke 1846) – unaltered situation within the young moraine area until today; Photo: A. Jarfe

Abb. 2
Albrecht Daniel Thaer (1752-1828), Begründer der rationellen Landwirtschaft, kam 1804 aus Celle nach Möglin in Ostbrandenburg

Fig. 2
Albrecht Daniel Thaer (1752-1828), founder of the rational agriculture, came from Celle to Möglin (Eastern Brandenburg) in 1804

tung unter den Händen eines Albrecht Thaer und seines Sohnes Albrecht Philipp Thaer nicht überwältigt“ werden konnten (BERGHAUS 1854, S. 297).

Der kleinräumigen Bodenvariabilität liegt zum einen die Substratheterogenität aus dem weichselzeitlichen glazialen und fluvioglazialen Ablagerungsgeschehen zugrunde. Daneben haben aber reliefabhängig unterschiedliche Bodenentwicklung und kleinräumige Bodenverlagerung durch Wasser-, Wind- und auch Bearbeitungserosion seit Beginn des Ackerbaus eine weitere Differenzierung bewirkt. Von den Kuppen der Grundmoränenlandschaft sind Ober- und Unterbodenschichten infolge der erosionsbedingten Bodenverlagerung wiederholt abgetragen worden, wogegen an den mittleren Hängen mit geringerer Erosion oft noch Reste des ursprünglichen Unterbodens zu finden sind (Abb. 3). In den

Abb. 3
Reliefabhängige Bodendifferenzierung: rotbraune Bodenfarbe in stärker geneigten Bereichen, grauschwarze Bodenfarbe in Senken, Saatbett bei Müncheberg, Lebuser Platte

Fig. 3
Relief related soil differentiation: reddish brown soil colour at stronger inclined areas, greyish black soil colour at depressions; seed bed near Müncheberg, Lebus plateau

Abb. 4
Ringförmige sowie lineare Bodendifferenzierung in Getreidefeld und in Schwarzbrache; Barnimer Platte, nordöstlich von Möglin

Fig. 4
Ring-shaped and linear soil differentiation at grain field and at complete fallow; Barnim plateau, northeast of Möglin

Senken liegt das verlagerte Bodensediment (Kolluvium) dagegen in von Kulturpflanzen kaum nutzbaren Mächtigkeiten (z. B. Profilschnitt Dahmsdorf in Ostbrandenburg; BORK et al. 1998, S. 102ff).

Thaer, dem der mäßig gute Boden bei Celle und erst recht der sehr ertragreiche Boden des Oderbruchs bei Wollup – wo er anlässlich seiner Übersiedlung zunächst Teile einer Domäne in Erbpacht erhielt – für seine ambitionierten Vorhaben zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Fruchtbarkeit zu wenig Herausforderung bot, hatte mit Möglin einen anspruchsvolleren Standort erwählt, als ihm lieb war (Abb. 4). Ausdrücklich betont er, nicht der geringe Durchschnitt in der Ertragsfähigkeit, sondern jene „Unterbrechungen der höheren Kultur“ bildeten das eigentliche, zunächst unterschätzte und ihm offenbar verschwiegene Problem:

„Auch erschweren sie die Ausmittelung des Resultats bei comparativen Versuchen im Großen. Es giebt in dieser ganzen Gegend wenige Fluren, die davon frei sind. Der Untergrund, wovon sie herrühren, wechselt hier gar zu mannigfaltig. Wenn man nicht allenthalben die Ackerkrume bis in den Untergrund durchstechen kann, so ist es zu gewissen Zeiten unmöglich, sie anders als aus den Aussagen der Ackerleute zu erkennen – und diese sind bei Gutsverkäufen nur zu oft im Voraus gestimmt worden." (THAER 1815, S. 11f)

In weniger „jungen" Landschaften mit weniger inhomogener Bodenbeschaffenheit können Schläge eingerichtet werden, deren Umriss relativ einheitliche Bereiche nachzeichnet und damit durchgehend standortgerechte Bewirtschaftung ermöglicht. In Möglin dagegen schied diese Problembewältigung selbst im Zeitalter geringer Mechanisierung und tierischer Zugkräfte aus. VON LENGERKE skizziert 1846 rückblickend Thaers diesbezügliche Situation und Gemütslage:

„Die sehr große Menge kleiner Flächen schlechten, zum Theil fast jeder besseren Kultur unfähigen Landes, welche sich zwischen allen besseren Ackerstücken befindet, ist es hauptsächlich, was der Kultur Möglins entgegensteht. (...) Thaer sagte mir, dass er gern für den Morgen 30 bis 40 Thaler zahlen könnte, wenn sie sich aus den guten Feldern ausmerzen und diese sich zusammenrücken ließen, dass er andererseits aber auch gern 30 Thlr. für den Morgen bezahlen würde, wenn er sie in eine zusammenhängende Fläche zu bringen vermöchte." (VON LENGERKE 1846, S. 42f)

Thaer blieben demnach nur Maßnahmen differenzierter Düngung und Beackerung, verbunden mit dem Anbau verschiedener Fruchtarten auf einem Schlag, ergänzt durch meliorative Eingriffe, wie er sie in seinen Schriften aufführt. Dass er selbst in Jahren günstiger Witterung ein einheitliches Erscheinungsbild der Kulturen hervorgebracht hat, darf angesichts des obigen Zitates bezweifelt werden. Jedenfalls misslang ihm, wie wir von BERGHAUS (s. o.) berichtet finden, die Heterogenität dauerhaft auszugleichen.

Nachdem die damaligen, aus heutiger Sicht traditionellen, Maßnahmen versagten, ergab sich mit der agrartechnischen Entwicklung im 20. Jh. zu kräftigeren, fossile Energie nutzenden Ackergeräten neue Hoffnung. In gewaltigen, zentralisiert gesteuerten Ansätzen der Bewässerung und Melioration, aber ebenso in unzähligen lokalen Vorhaben vergleichbarer Intensität erfuhren die Agrarflächen neben der Steigerung ihrer Ertragsfähigkeit auch manche Nivellierung ihrer Standortunterschiede. Wo aber infolge agrarstruktureller Maßnahmen verschieden beschaffene, jeweils in sich schon inhomogene Schläge zusammengelegt wurden, gewann das Problem sogar neue Dringlichkeit. Die drückte sich u. a. im Bedarf neu konzipierter Kartierungen als Grundlage der Anbauplanung aus. Durch Schlagvergrößerung, Ausräumung von Strukturelementen und intensivierte Nutzung beschleunigte sich zudem umgehend die Erosion (Abb. 5). Dadurch traten die markanten „Wasserzeichen" in den großen Schlägen, oft ergänzt um die bei Oberbodenverlust unmittelbar durchschlagende primäre Substratvariabilität des Unterbodens, verstärkt in Erscheinung (Abb. 6). Vor diesem Hinter-

Abb. 5
Unterboden und geologischer Untergrund geraten in Kuppenpositionen in den Pflughorizont; Herbstfurche bei Münchehofe, Lebuser Platte

Fig. 5
Subsoil and geological bedrock get into the ploughing horizon; fall furrow near Münchehofe, Lebus plateau

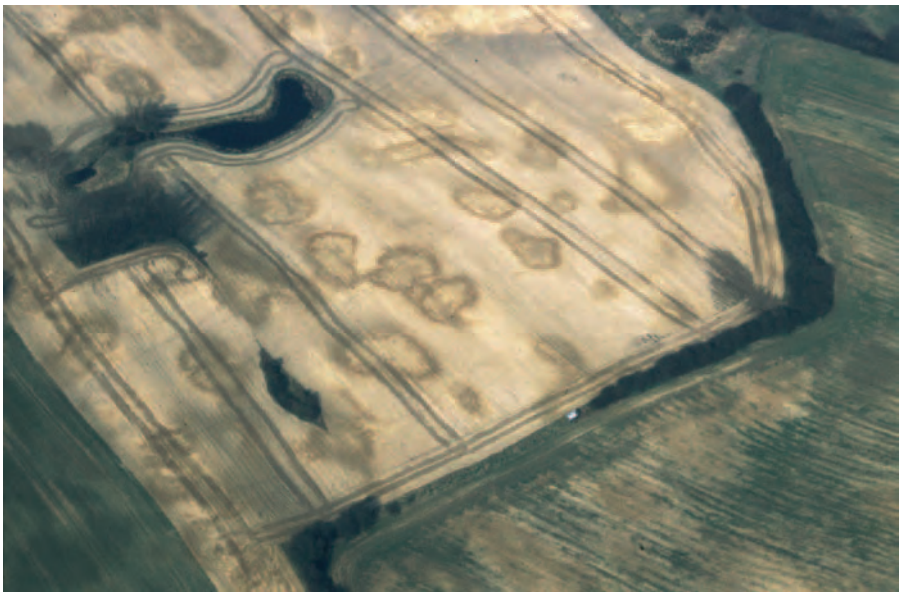


Abb. 6
Ringförmige Ausprägung der Bodendifferenzierung auf kuppiger Grundmoräne, Frühjahrsbearbeitung bei Wriezen, Barnimer Platte

Fig. 6
Ring-shaped characteristic of soil differentiation on hummocky ground moraine; spring cultivation, Barnim plateau

grund wurde z. B. am Agrarforschungsstandort Müncheberg eine „Arbeitsgruppe Reliefmelioration" eingerichtet die unter anderem die „Beseitigung von Söllen, die als Geländehindernisse die Bewirtschaftung des Ackerlandes erschweren", die „Planierung von Kuppen oder Mulden in großen, zusammenhängenden Feldstücken, die aufgrund ihrer Hängigkeit die volle Mechanisierung behindern" sowie die „Terrassierung von Hängen" vorbereiten sollte (INSTITUT FÜR ACKER- UND PFLANZENBAU MÜNCHEBERG 1968, S. 26).

Aktuell zeigt sich nun wieder ein gegenläufiger Ansatz: „Die Standort- oder Bestandesunterschiede innerhalb der Felder werden durch neue Sensoren sowie moderne Boden-, Bestandes- und Ertragskartierungen erfasst. Zusammen mit weiteren Daten und unterstützt durch Satellitenortung können solche Unterschiede mit geeigneter Technik bei den pflanzenbaulichen Maßnahmen berücksichtigt werden" (HUFNAGEL et al. 2004, S. 3). Dieser „precision agriculture" (Präzisionslandwirtschaft) genannte Ansatz akzeptiert kleinräumige Standortunterschiede, vermindert aber die bisher damit verbundenen Mehraufwendungen (etwa zu hohe Düngergaben an Stellen, die nur geringes Wachstum erwarten lassen), was für Landwirtschaft und Umweltschutz (weniger Stoffausträge) gemeinsam vorteilhaft ist. Ein weiterer Ansatz, der Heterogenität gerecht zu werden, besteht in geförderter Stilllegung von Minderertragsbereichen großer Schläge, die für den Naturschutz von besonderem Interesse sind. Diese ohne großen technischen Aufwand, stattdessen mit sicherem Urteil für das Zweckmäßige (Lage, Größe und Umriss der Teilstilllegung) erfolgreich umzusetzende „Schlaginterne Segregierung" (BERGER et al. 2002) liefert ebenso wie „precision agriculture" zugleich ökonomische und ökologische Vorteile. Sie bleibt aber hinsichtlich des jeweils ökonomisch zweckmäßigsten Umfangs unmittelbar von der aktuellen Förderpolitik abhängig.

Diese Erörterung sollte nicht nur zeigen, welche Herausforderung die Heterogenität über die Jahrhunderte bildete und welche Beharrlichkeit dem Phänomen eigen ist. Sie sollte auch den Bogen beschreiben, auf dem sich die Bewältigungsversuche bewegt haben. Zunächst wurde, mit notwendig bescheidenen Mitteln, örtlich nachgebessert, dann unter hohem Einsatz nunmehr verfügbarer fossiler Energie eine den Standort weitgehend neu gestaltende Lösung erwogen. Heutige Technik, unter verringertem Zwang zu Produktionsmaximierung, erlaubt Standortunterschiede bestehen zu lassen, mit differenziert standortangepasster Bewirtschaftung aber auf bestimmte zweckmäßige Einheitlichkeiten im Bestand hinzuwirken. Das aus der Nutzung Nehmen von kleinen unwirtschaftlichen Bereichen weist auf eine wachsende Akzeptanz von Heterogenitäten, ohne dies als landeskulturelle Niederlage zu bewerten. Vielfalt verleiht Systemen Puffervermögen („Variation gives security"; HEUVELINK & WEBSTER 2002) und gewährt damit Sicherheit. Der Anspruch, Agrarflächen in einheitliche Kultur zu zwingen, steht zur Disposition.

Epilog

Neben der Produktion sind die kleinräumigen Bodenheterogenitäten auch agrarwissenschaftlichen und pflanzenzüchterischen Versuchen eine Hürde. Für THAER (1815, S. 11) erschwerten sie die „Ausmittelung des Resultats bei comparativen Versuchen im Großen". Auch der aus Baden stammende Genetiker und Pflanzenzüchter Erwin Baur (1875-1933; Abb. 7), der 1928 den Forschungsstandort Münchberg begründete (Abb. 8), um hier Kulturpflanzen für das niederschlagsarme, winterkalte östliche Deutschland zu züchten, unterschätzte die Heterogenität der Jungmoränenlandschaft. Betont ein früher Institutsführer zunächst:

> „Da sich mit trockenen Sommern harte Winter vereinen, sind Klima und Bodenqualität somit für die Züchtung von anspruchslosen Sorten sehr geeignet." (KAISER-WILHELM-INSTITUT 1938, S. 7f)

und heißt es 1948 noch in gleichem Sinne:

> „Das letzte Jahrzehnt hat gezeigt, dass die Müncheberger Verhältnisse für die Auslese auf Dürre- und Winterfestigkeit hervorragend geeignet sind. Damit gewinnt Müncheberg besondere Bedeutung für die ostdeutsche Landwirtschaft." (KUCKUCK & SCHMIDT 1948, S. 131),

Abb. 7
Erwin Baur (1875-1933), Genetiker und Pflanzenzüchter, Begründer des Forschungsstandorts Müncheberg in Ostbrandenburg

Fig. 7
Erwin Baur (1875-1933), geneticist und plant breeder, founder of the research site Müncheberg in eastern Brandenburg

Abb. 8
Versuchsflächen des Forschungsstandorts Müncheberg; Bodenheterogenität bedingt Inhomogenitäten innerhalb der Parzellen, im Hintergrund Schwarzbrache mit regional typischem Erscheinungsbild

Fig. 8
Experimental plots of the research site Müncheberg; soil heterogeneity causes inhomogeneities within the parcels; in the background complete fallow with its regional typical appearance

so werden wiederum ein Jahrzehnt später Zweifel ausgesprochen:

> „Ob die Wahl des Ortes und des Geländes mit relativ armen und ungleichmäßigen Bodenverhältnissen [...] richtig war, ist viel diskutiert worden. Sicher ist, dass wir meist Mühe hatten, für Leistungsprüfungen genügend ausgeglichene Flächen zu finden." (Stubbe 1959, S. 5)

Der erste, langjährige Direktor der Müncheberger Forschungseinrichtung in der Nachkriegszeit resumierte schließlich:

„Auch in Müncheberg ergaben sich sehr bald Schwierigkeiten beim Auffinden geeigneter Flächen für die Vergleichsprüfungen und die Notwendigkeit, Zweigstellen auf anderen Standorten einzurichten." (RÜBENSAM 1998, S. 16)

Literatur

BERGER, G., PFEFFER, H., HOFFMANN, J., SCHOBERT, H. & ST. MALT (2002): Kleinflächige Ackerstilllegungen als Vorrangflächen für den Naturschutz. - 33 S., ZALF Müncheberg

BERGHAUS, H. (1854): Landbuch der Mark Brandenburg und des Markgrafthums Nieder-Lausitz in der Mitte des 19. Jahrhunderts; oder geographisch-historisch-statistische Beschreibung der Provinz Brandenburg, auf Veranlassung des Staatsministers und Ober-Präsidenten Flottwell. Erster Band. - 684 S., Brandenburg a. d. H. (Verlag Adolph Müller)

BORK, H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P. & TH. SCHATZ (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. - 328 S., Gotha (Klett-Perthes)

HEUVELINK, G. B. M. & R. WEBSTER (2002): Reply to comment on „Modelling soil variation: past, present, and future" by Philippe Baveye. - Geoderma 109, S. 295-297, Amsterdam

HUFNAGEL, J., HERBST, R., JARFE, A. & A. WERNER (2004): Precision Farming. Anleitung für den Praktiker. - KTBL-Schrift 419, 326 S., Darmstadt (KTBL Verlag)

INSTITUT FÜR ACKER- UND PFLANZENBAU MÜNCHEBERG (Hrsg.) (1968): Führer durch das Institut für Acker- und Pflanzenbau Müncheberg (Mark) der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. - 5. Aufl., 48 S., Müncheberg (Selbstverlag)

KAISER-WILHELM-INSTITUT (Hrsg.) (1938): Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung Müncheberg/Mark. Institutsführer. - 105 S., Berlin (Selbstverlag KWI Müncheberg)

KUCKUCK, H. & M. SCHMIDT (1948): Zwanzig Jahre Pflanzenzüchtung in Müncheberg. - Der Züchter **19**, 5/6, S. 129-135, Berlin

RÜBENSAM, E. (1998): 70 Jahre Forschung Müncheberg/Mark. Vom Kaiser-Wilhelm-Institut zum Institut für Acker- und Pflanzenbau 1928-1968. - 200 S., Eggersdorf / Berlin (Frankfurter Oder Editionen)

STUBBE, H. (1959): Gedächtnisrede auf Erwin Baur, gehalten am 25. Todestag (2. Dezember 1958) in Müncheberg/Mark. - Der Züchter **29**, 1, S. 1-6, Berlin

THAER, A. D. (Hrsg.) (1805): Annalen des Ackerbaues. Erster Band, erstes bis sechstes Stück. - Berlin, Wien (Realschulbuchhandlung / Camesianische Buchhandlung)

THAER, A. D. (1815): Geschichte meiner Wirtschaft zu Möglin. - Berlin (Realschulbuchhandlung)

VON LENGERKE, A. (1846): Beiträge zur Kenntniß der Landwirthschaft in den Königl. Preuss. Staaten. - Bd. 1, S. 42-43, Berlin [zitiert nach S. 297f in BERGHAUS (1854)]

Anschrift des Autors:
Dr. Claus Dalchow
Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg
cdalchow@zalf.de

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 143-152	2 Abb., 1 Tab., 28 Lit.

Der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug und die Entstehung der Oderbruchdepression

The Bad Freienwalde–Frankfurter push moraine ridge and the origin of the Odra flood plain depression

MARTIN HANNEMANN

1. Vorbemerkungen

Die Entstehung der Oderbruchdepression, in deren Bereich das Oderbruch liegt, wird bereits seit über 100 Jahren untersucht. In Grundzügen ist man in den letzten Jahrzehnten einer Klärung näher gekommen, in wesentlichen Details gibt es jedoch noch immer unterschiedliche Standpunkte und daher Klärungsbedarf.

Durch Einbeziehung von Kenntnissen über den Aufbau des Untergrunds auch in Randgebieten in die Untersuchungen sind weitere Erkenntnisfortschritte möglich. So soll nachfolgend geprüft werden, ob und gegebenenfalls wie die Entstehung der Oderbruchdepression (Abb. 1) mit der Entstehung angrenzender Höhen (Höhen im Verlauf des Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs) genetisch zusammenhängt. Hauptsächlich sind es Kartierungen der Schichtenfolgen und der Lagerungsverhältnisse oberflächennaher Schichten in den an das Oderbruch westlich, südwestlich und südlich angrenzenden Gebieten und Ergebnisse tiefer, bis in das Prätertiär reichender Bohrungen, die uns dafür Grundlagen geben. Einige Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus neuerer Zeit wurden bereits in Exkursionsführern (HANNEMANN & SEIDEMANN 2000, HANNEMANN 2002, 2003) und in einem unveröffentlichten Vortrag (2004) mitgeteilt.

2. Geologische und geomorphologische Situation

Der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug und das angrenzende Oderbruch liegen im Ostteil des Landes Brandenburg im Jungmoränengebiet der Norddeutschen Tiefebene. Quartäre und tertiäre Ablagerungen haben hier zusammen Mächtigkeiten zwischen ca. 140 und 300 m. Die Basisfläche der känozoischen Sedimente ist verhältnismäßig eben und befindet sich bei durchschnittlich etwa -160 m NN (zwischen -130 und -210 m NN).

Das Oderbruch umfasst eine Fläche von etwa 1 000 km², wovon rund 850 km² auf deutschem und ca. 150 km² auf polnischem Gebiet liegen. Genaue Flächenangaben setzen eine objektive Definition der Begrenzungen voraus, auf die hier verzichtet werden kann. Der rund 45 km lange und durchschnittlich ca. 15 km breite Hauptteil des Oderbruchs zwischen Neuenhagener Insel im Nordwesten und Reitweiner Sporn im Südosten stellt eine morphologisch sehr auffällige, fast ebene Fläche dar. Sie liegt durchschnittlich um +8 m NN (minimal +2,7 m NN) und hat nur eine schwache Neigung nach Nordwesten. Hier ist im Zeitraum von 1749 bis 1759 im Zusammenhang mit Dammbauten und Flusswegverkürzungen aus einer Flussauenlandschaft eine Kulturlandschaft entstanden.

Umliegende Höhen erreichen verbreitet über +80 m NN (maximal +157,5 m NN); damit gibt es sehr große Höhenunterschiede auf engstem Raum. Mit bedingt durch die starke periglaziäre Randzertalung – besonders ausgeprägt im Raum Bad Freienwalde – hat man gelegentlich den Eindruck, im Mittelgebirge zu sein. So stellt das Oderbruch im Verbund mit seinen Randgebieten für das Mitteleuropäische Tiefland wohl eine einmalige Landschaftsform dar.

Die Höhenschichtenkarte (Abb. 1) weist im westlich, südwestlich und südlich angrenzenden Gebiet drei herausragende Höhenkomplexe aus:

Bad Freienwalder Höhen	(max. 157,5 m NN)
Heinersdorfer Höhen	(max. 109,5 m NN)
Booßener Höhen	(max. 135,1 m NN).

Seit der geologischen Kartierung dieses Gebiets in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts (HANNEMANN 1966) ist bekannt, dass es sich bei diesen Höhen um weichselkaltzeitlich überfahrene und umgeformte saalekaltzeitliche Stauchendmoränenreste handelt. Die bemerkenswerte Längserstreckung dieser Höhen und Höhenkomplexe (N–S bis NE–SW), korrespondiert nicht mit dem strukturellen Aufbau des oberflächennahen Untergrunds.

3. Bestandsaufnahme des oberflächennahen Untergrunds

3.1 Überblick

Die oberflächennahen geologischen Verhältnisse sind durch die geologischen Spezialkartierungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt insbesondere in den Jahren um 1900 gut bekannt (u. a. BEHRENDT & GAGEL 1908). In den Hochflächengebieten westlich, südwestlich und südlich des Oder-

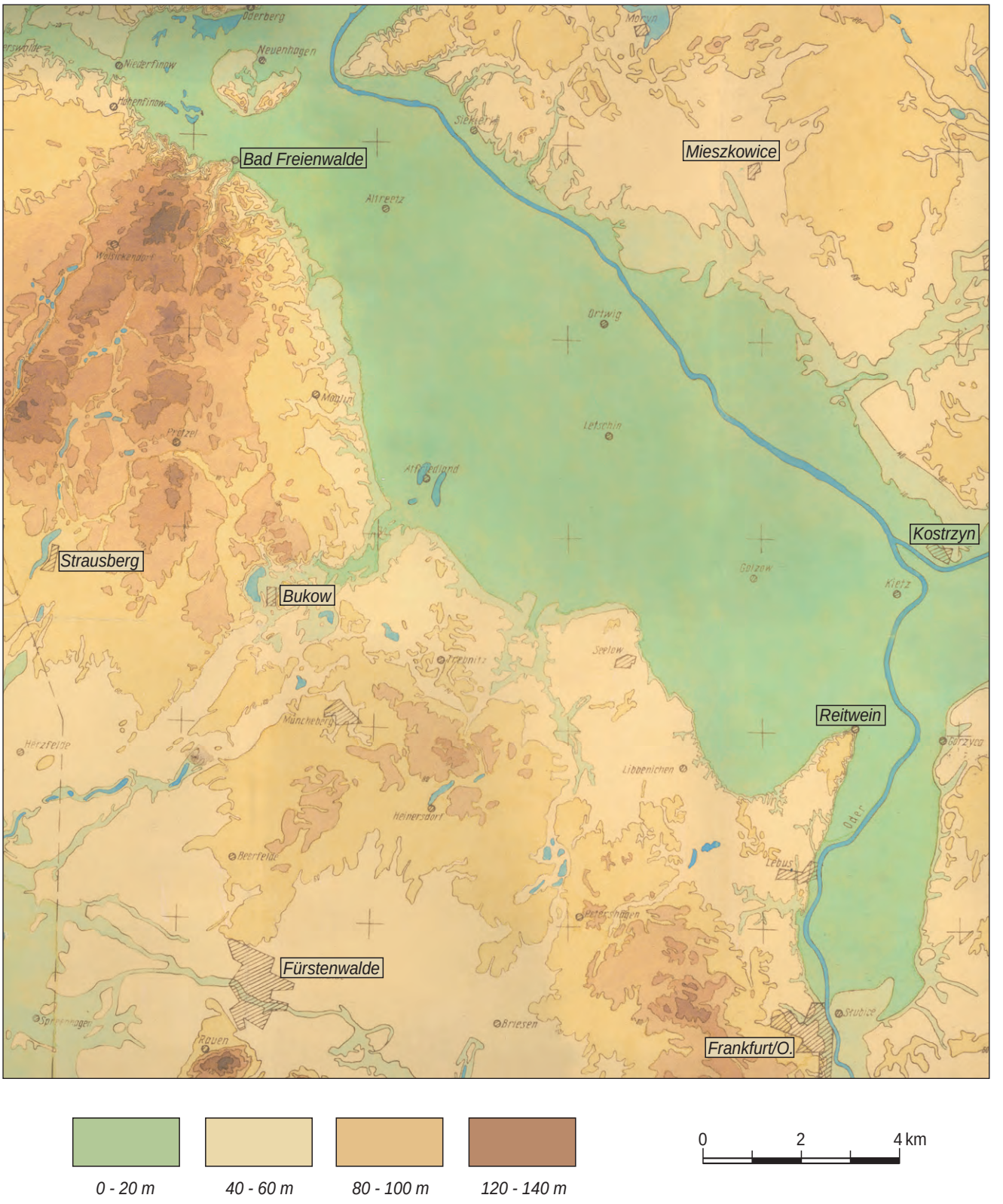


Abb. 1 *Höhenschichtenkarte (Ausschnitt vom handkolorierten Original, HANNEMANN 1966)*
Fig. 1 *Hypsometric map (detail from handcoloured original, HANNEMANN 1966)*

bruchs (Barnim und Lebus) dominieren Grundmoränenbildungen und glazifluviatile Ablagerungen häufig in engem Wechsel. Ein Ergebnis aus damaliger Zeit, das durch jüngere geologische Kartierungen und Erkundungen wiederholt bestätigt worden ist, verdient besonders hervorgehoben zu werden: Der Nachweis tertiärer – vornehmlich miozäner – Schichten in Aufschlüssen oder durch Peilstangenbohrungen. Diese Nachweise und deren Kartierung gelangen

vornehmlich in den Bereichen der genannten drei Höhenkomplexe auf der Grundlage der durch bergbauliche Tätigkeiten (meist Braunkohlentiefbau) geschaffenen Aufschlüsse. Ein großer Teil der auch für unsere Zwecke auswertbaren Originalunterlagen (z. B. das bergmännische Risswerk) liegen in Archiven vor.

Ganz anders ist der Aufbau des oberflächennahen Untergrunds im Oderbruch. Bereits die Karten der Preußischen Geologischen Landesanstalt zeigen holozäne Sedimente mit einer wechselhaften Zusammensetzung. Es dominieren humose, schluffig-tonige Auensedimente sowie Mudden und auch Torfe in söhliger Lage. Häufig wiederkehrende sandige Erhöhungen wurden früher als Durchragungen liegender Talsande interpretiert, sind aber mehrheitlich aufgesetzte Uferwälle oder Reste hiervon (JÄGER & GRIESA 1980). Am Rande des Oderbruchs befinden sich verbreitet Sandakkumulationen, die spätpleistozäne Schmelzwassersande (z. B. „Wriezener Terrasse"), überwiegend jedoch periglaziäre Schwemmkegel oder Deluvialdecken darstellen.

3.2 Strukturelle Analyse

Strukturelle Untersuchungen (Kartierung glazigener Dislokationen der Lagerungsverhältnisse und der Geschiebeorientierung) sind in allen an das Oderbruch angrenzenden Hochflächengebieten vorgenommen worden (HANNEMANN 1966). Durch Beobachtungen in jüngerer Zeit wurden diese Ergebnisse zum Teil ergänzt (s. LIPPSTREU & ZIERMANN 1977; BEHRENDT & HESSMANN 1983; KRUEGER & HESSMANN 1986; RUTHSATZ u. a. 1979, 1980, 1981, 1982; HÖNEMANN, KÜSTERMANN & MEYER 1995 und viele hydrogeologische Ergebnisberichte und Berichte über Steine-Erden Erkundungen). Für die strukturelle Analyse waren und sind die Aufschlussverhältnisse in den Höhenkomplexen am günstigsten.

3.2.1 Bad Freienwalder Höhen

In den Bad Freienwalder Höhen findet man sowohl in Tagesaufschlüssen als auch durch Bohrungen erkundet an zahlreichen Stellen Schichtenabschnitte aus der tertiären Abfolge unseres Raums. Diese primär unter 0 m NN sich befindenden Schichten lagern hier teilweise in Höhen über 100 m NN. Ein Teil davon ist bereits in geologischen Spezialkarten festgehalten. Die Kenntnisse über das Auftreten, die Lagerung und den strukturellen Aufbau der Schichten verdanken wir in erster Linie dem Braunkohlentiefbau, der bereits im 17. Jahrhundert begann und erst im Jahre 1960 vollständig eingestellt worden ist (Wilhelmsschacht/Friedensschacht am Stadtrand von Bad Freienwalde). Abgebaut wurden Braunkohlen des 3. miozänen Flözhorizonts (MF 3) und des 2. miozänen Flözhorizontes (MF 2) – ausnahmslos in glazigen gestörter Lagerung. Es treten Falten, Schuppen und Schollen auf, die wegen der Größe, Mächtigkeit und Lagerung in wirtschaftlicher Hinsicht stets nur eine lokale Bedeutung hatten. Das Streichen der Faltenachsen und der Auflagerungsflächen ist NNE-SSW bis N–S (QUITZOW 1953, LOTSCH et al. 1969). Weitere Braunkohlentiefbaue befanden sich in der näheren Umgebung bei Altranft, Sonnenburg, Wriezen, Falkenberg und Harnekop.

Unmittelbar westlich von Bad Freienwalde stehen in mehreren, meist offenlässigen Ziegeleigruben Schollen von Rupeltonabschnitten an. Sie stammen aus der hier und in der Umgebung weit verbreiteten und primär zwischen 60 und 100 m mächtigen Rupeltonfolge. Schon im 19. Jahrhundert wurden diese Vorkommen als Basis einer keramischen Industrie genutzt. Entsprechend weit reichen hier bergmännische Beobachtungen, auch die Struktur und Lagerungsverhältnisse betreffend, zurück. In einem derzeitig noch betriebenen Aufschluss, ca. 500 m südlich der Straße B 167 gelegen, ist der anstehende Rupelton (auch als „Septarienton" bezeichnet) glazigen verfrachtet und um mindestens 50 m gehoben. Der Schollencharakter der generell N–S streichenden Rupelvorkommen ist durch ein enges Bohrnetz bewiesen, er wird auch im jetzigen Aufschluss belegt: Unter Rupelton befinden sich söhlig lagernde pleistozäne Sande. Die Grenzfläche und die unmittelbar anschließenden Schichten zeigen im Aufschlussbereich (ca. 30 m Aufschlusswand) nur geringe Verbiegungen als Ausdruck der hier stattgefundenen Überschiebung. Alte und neue Strukturuntersuchungen im Komplex der Rupeltongruben von Bad Freienwalde und angrenzender Aufschlüsse ergaben ein einheitliches Streichen, das nur gelegentlich und unwesentlich von der N–S-Richtung abweicht. Das Einfallen der gestauchten und glazigen verlagerten Schichten ist nach Osten gerichtet; der Gletscherschub erfolgte aus östlicher Richtung.

In der weiteren Umgebung von Bad Freienwalde (Raum Falkenberg, Alt Ranft, Wriezen) gab und gibt es z. T. auch heute noch kleinere Aufschlüsse in miozänen und oligozänen Sedimenten, deren Lagerungsverhältnisse mit denen der Ziegeleigruben von Bad Freienwalde übereinstimmen (Streichen um die N–S-Richtung, Fallen fast immer nach E).

3.2.2 Heinersdorfer Höhen

Die Heinersdorfer Höhen, im Raum zwischen der Stadt Müncheberg und Heinersdorf gelegen, enthalten wie die Bad Freienwalder Höhen oberflächig bis oberflächennah verbreitet miozäne Sedimente. Besonders hoch gelegen sind sie in einem etwa 1 km breiten und 8 km langen Gebietsstreifen westlich und südlich von Jahnsfelde. Innerhalb dieses, sich NW–SE erstreckenden Gebietsstreifens ging lange Zeit, besonders im Zeitraum von 1850 bis 1915 Braunkohlentiefbau um (Gruben Waldeck, Emil, Gottvertrauen, Franke, Cunow u. a.). Gleichzeitig und auch später wurden ebenfalls zu den Briesker Schichten gehörende Quarzsande abgebaut und noch 1963 durch ein Bohrprogramm in Hinblick auf Abbau- und Verwertungsmöglichkeiten erkundet (ZIERMANN 1963).

Auch hier führten die Erkundungen und Abbaue von Braunkohle und Quarzsand zu fundierten Kenntnissen über die Lagerungsverhältnisse der pleistozänen und miozänen Schichten. In ungestörtem Zustand um 0 m NN lagernde Schichten sind in Folge glazigener Einwirkungen bis in Höhen von +80 bis +100 m NN befördert worden. Die in Falten, Aufpressungen und Überschiebungen der miozänen Sedimente gemessenen Streichrichtungen weichen kaum einmal von der NW–SE-Richtung ab. Die Folge fällt unterschied-

lich stark nach NE ein. Lediglich im äußersten Südosten des früher weitgehend aufgeschlossenen Gebietsstreifens geht das Streichen in die W–E-Richtung über. Die glazigene Beanspruchung lässt mithin auf einen in breiter Front einwirkenden Gletscherschub aus Nordosten schließen.

Weitere Braunkohlentiefbaue befanden sich in der weiteren Umgebung nordwestlich von Heinersdorf bei Schlagenthin und bei Buckow. Sie stellen die regionale Verbindung zu den untertägigen Kohlenabbauen in den Höhen von Bad Freienwalde her.

3.2.3 Booßener Höhen

Die Booßener Höhen haben wie die unmittelbar östlich gelegene Stadt Frankfurt einen besonders intensiv lagerungsgestörten Untergrund. Auch das Miozän und Oligozän sind davon betroffen. Die örtlich anzutreffende Schichtenfolge wechselt hier so oft und so stark wie kaum an einer anderen Stelle im Randgebiet des Oderbruchs. Dazu zählen neben dem Frankfurter Stadtgebiet der Frankfurter Stadtwald und die Räume Booßen und Treplin. Hier treten in unterschiedlichen Dimensionen sowohl plastische als auch rupturelle Deformationen auf, die zu Falten, Faltenüberschiebungen, Überkippungen, Schuppenstapeln, Aufpressungen sowie Schollen geführt haben. So stehen tertiäre Ablagerungen sowie Ablagerungen aus dem älteren Pleistozän verbreitet oberflächig oder oberflächennah an.

An mehreren Stellen waren in und bei Frankfurt die Voraussetzungen für Braunkohlentief- und -tagebau gegeben, z. B. im Gebiet der Gruben Muth, Körner und Auguste (Abbau zwischen 1860 und 1926). Weitere Gruben befanden sich weiter westlich bei Treplin. Abgebaut wurden hier drei Kohlenflöze, die ins Miozän gehören (MF 2 und MF 3). Die Streichrichtungen der Schichten sind mehr oder weniger einheitlich W–E; die Lagerungsverhältnisse lassen auf einen Gletscherschub aus N schließen. Dabei sind vermutlich im Frankfurter Stadtwald auch oligozäne Ablagerungen bis in Oberflächennähe gelangt. Wie im Gebiet der Höhen von Bad Freienwalde und Heinersdorf muss auch hier auf hohe Aufstauchungsbeträge von mindestens 80 m geschlossen werden. Im Zusammenhang mit den starken glazigenen Störungen in und bei Frankfurt stehen auch die oberflächig und oberflächennah anstehenden Quarzsande von Booßen. Sie gehören ebenfalls ins Miozän. Die Lagerungsverhältnisse (Sättel, Mulden, Schuppen) belegen ein Streichen um WNW–ESE. Der Eisdruck erfolgte aus NNE.

3.3 Schlussfolgerungen zum Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug

Strukturelle Analysen in den drei genannten Höhenkomplexen und deren Umgebung gaben bereits vor ca. 40 Jahren die Veranlassung, auf die Existenz eines großen, zusammenhängenden Stauchungszugs zu schließen: den Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug (Abb. 2). Die Bad Freienwalder, die Heinersdorfer und die Booßener Höhen sind Teile dieses Stauchungszugs. Damit zusammenhängend und nach Untersuchung der Lagerungsbeziehungen wurde deutlich, dass die tiefgreifenden glazigenen Störungen innerhalb dieses Zugs nicht weichselkaltzeitlich, sondern älter sein müssen. In den Höhenkomplexen wurden weichselkaltzeitlich überfahrene saalekaltzeitliche Stauchendmoränenreste erkannt (HANNEMANN 1966).

Vermutlich hat der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug Fortsetzungen nach Nordwesten in den Raum Eberswalde–Joachimsthal und nach Osten in den Raum Osno (Drossen). Ein entsprechender Nachweis ist in Folge der dort stärkeren Überdeckung durch jüngere (meist weichselkaltzeitliche) Sedimente erschwert.
Den größten Anteil an den Erkenntniszuwächsen in jüngster Zeit haben tiefere Bohrungen im Bereich des Stauchungszugs einerseits und im Bereich des Oderbruchs andererseits.

4. Ergebnisse tieferer Bohrungen

Tiefere Bohrungen wurden vor allem in den Jahren 1961/62 im Rahmen geologischer Kartierungen niedergebracht. Die für den Stauchungszug und das Oderbruch am meisten repräsentativen sind mit ihren wichtigsten Ergebnissen auch in geologischen Schnitten in HANNEMANN 1966 und 2003 dargestellt. Es handelt sich um geophysikalisch vermessene Spülkernbohrungen mit hohem Kerngewinn.

4.1 Bohrungen im Bereich des Stauchungszugs

Besonders eindrucksvoll ist, dass sich die Bohrprofile aus dem Bereich des Stauchungszugs deutlich von denen im Oderbruch unterscheiden. Keines der Profile aus dem Bereich des Stauchungszugs ist einem anderen ähnlich; Parallelisierungen sind so gut wie unmöglich. In unterschiedlichen Tiefen wurden Schollen aus oligozänem und miozänem Material nachgewiesen. Die Schichten in den Schollen wie auch in den begleitenden Sedimenten fallen vielfach stark ein oder stehen gar saiger (Nachweis in Bohrkernen aus Warventon oder anderen feingeschichteten Sedimenten).

Drei Beispiele mögen die extrem intensiven Lagerungsstörungen im Bereich des Stauchungszugs charakterisieren:

a) Die Tertiärschollen (Miozän und ? Oligozän) der Bohrung 1/61, Müncheberg, reichen bis
-204,5 m NN und liegen unmittelbar auf Kreide. An dieser Stelle (Ansatzpunkt der Bohrung 40,9 m NN) sind damit glaziale Störungen bis 245,4 m Tiefe wahrscheinlich. Die Möglichkeit, dass die „Schollen“ auch durch Verstürze am Rande glazialer Ausräumungszonen zustande gekommen sind, ist gegeben, jedoch in Anbetracht der geologischen Gesamtsituation und von konkreten Einzelbeobachtungen her eher unwahrscheinlich.

b) Nicht als Versturzmasse kann z. B. die mächtige Oligozänscholle, bestehend aus Schichten der Rupelfolge („Rupelton“) in der Bohrung VI/61, Buckow, erklärt werden. Hier lagert auf einer intakten Folge von Rupelschichten (-129,8 bis -200,1 m NN) zwischen -51,0 m NN und -129,8 m NN noch

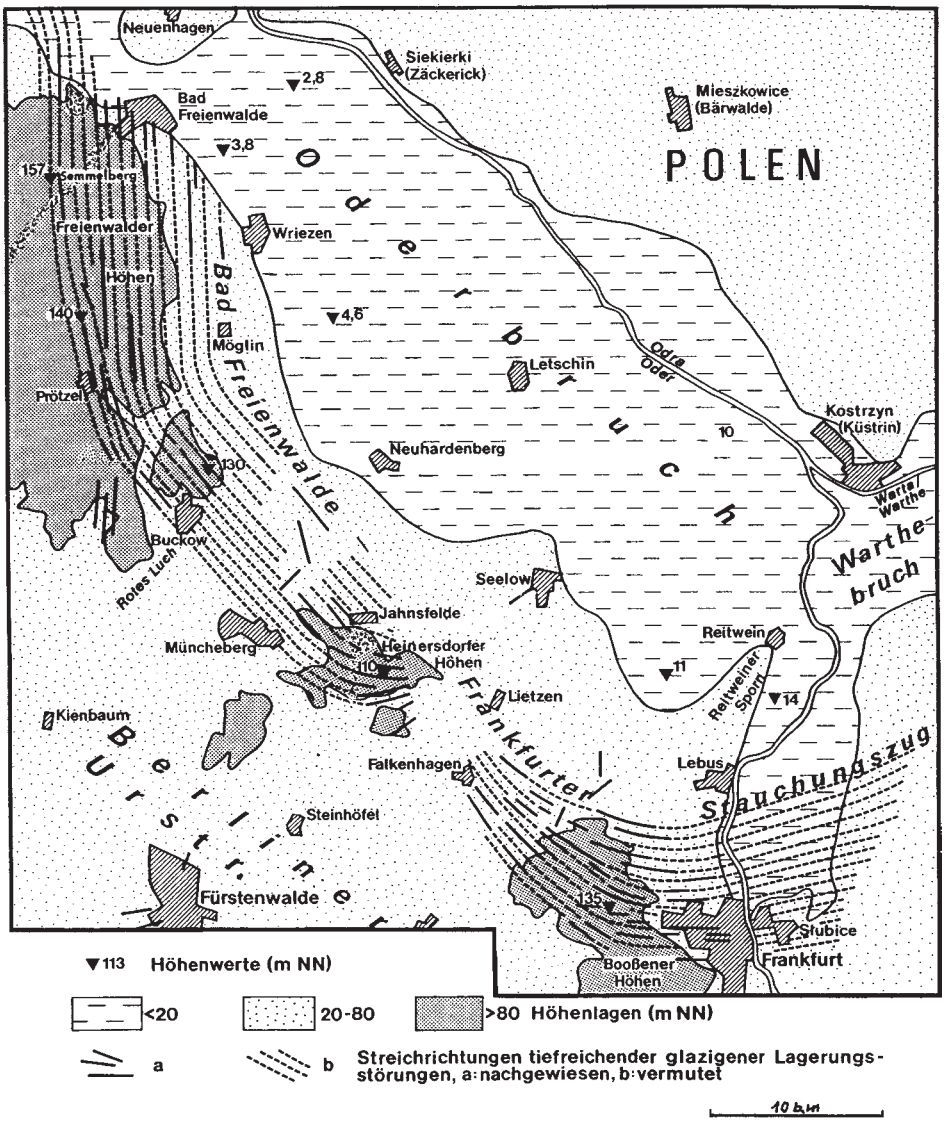


Abb. 2
Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug und Lagebeziehungen zum Oderbruch (Aus HANNEMANN *2003)*

Fig. 2
The Bad Freienwalde–Frankfurter push moraine ridge and its spatial relation to the Odra flood plain
(From HANNEMANN *2003)*

einmal die gleiche Folge von Rupelschichten – paläontologisch nachgewiesen – als Scholle. Darüber folgen, söhlig lagernd, pleistozäne Sande mit Schlufflagen.

c) In der Bohrung I/61, Podelzig, befinden sich zwischen -92,7 m und -102,3 m NN (entspr. zwischen 164,4 m und 174,0 m unter Gelände) oberoligozäne schluffige Feinsande der Cottbuser Schichten, die durchgehend ein Einfallen der Schichtung zwischen 60° und 90° aufweisen. Schollencharakter ist hier nicht nachgewiesen, aber auch nicht auszuschließen. Ursache der Schichtenverstellung können nur glazigene Einwirkungen sein. Bemerkenswert ist, dass im Gebiet dieser nördlich Frankfurt, ca. 4 km westlich der Oder gelegenen Bohrung die oberflächennah anstehenden Sedimente – hier Geschiebemergel – annähernd söhlig lagern. Es bestätigt sich auch hier die in gut aufgeschlossenen oder eng abgebohrten Gebieten (vor allem Braunkohlentagebaue der Niederlausitz) gemachte Beobachtung, dass Lagerungsstörungen auch in tieferen begrenzten Stockwerken auftreten, obwohl sie durch Beobachtungen in Oberflächennähe nicht nachgewiesen werden können.

Schon diese wenigen Beispiele aus tieferen Bohrungen im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Untersuchung des oberflächennahen Untergrunds in den Höhenkomplexen und deren Umgebung (Pkt. 3.2) führen zu der Schlussfolgerung, dass der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug eine Zone glazigener Großdeformationen darstellt. In der Form, Struktur und Größe kann man sie in die Reihe einiger weniger schon länger bekannter Gebiete mit Großdeformationen stellen; z. B. den Fürstenauer und Dammer Bergen in Niedersachsen.

2.2 Bohrungen im Oderbruch

Im Untergrund der Südhälfte des Oderbruchs (HANNEMANN 1966 und 2003) fehlen tertiäre Sedimente oder sind auf geringe Mächtigkeiten reduziert. Der an ihrer Stelle lagernde, bis 120 m mächtige Geschiebemergelhorizont stellt einen ziemlich homogenen, annähernd söhlig lagernden Körper dar. Mächtigkeit und Ausdehnung sprechen für einen Gletscher, der Zeit und infolge exponierter Lage Nachschub genug hatte, eine so mächtige Grundmoräne aufzubauen. Die vorher

hier anstehenden miozänen und oligozänen Sedimente wurden abgeschert, gestaucht oder auf andere Weise bewegt oder fortgeführt.

Die Kenntnisse über den Untergrund in nördlichen Teilen des Oderbruchs sind noch lückenhaft. Bis jetzt ist noch nicht nachgewiesen, ob und wie weit der mächtige Geschiebemergelhorizont auch den Untergrund im nördlichen Oderbruch beherrscht.

5. Grundzüge der stratigraphischen Abfolge

5.1 Voraussetzungen

In Anbetracht der im Bereich des Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs dominierenden Großdeformationen und der völlig andersgelagerten, offenbar sehr reduzierten Schichtenfolge in der Südhälfte des Oderbruchs sind Untersuchungen zur stratigraphischen Einstufung der känozoischen Schichten sehr erschwert. Stratigraphische Einstufungen der Sedimente sind jedoch schon allein für das Verständnis der hier abgelaufenen Prozesse bis zu einem gewissen Grade unabdingbar; es kann deshalb insbesondere im Quartär auf sie nicht verzichtet werden.

5.2 Prätertiär und Tertiär

Unmittelbar unter tertiären Ablagerungen stehen Sedimente der Oberkreide an: Tonmergel- und Kalkmergelsteine des Coniac und Santon. Die Basisfläche der tertiären Ablagerungen liegt sowohl im Oderbruch als auch im Bereich des angrenzenden Stauchungszugs durchschnittlich bei etwa -160 m NN.

Die tertiäre Schichtenfolge ist auf Grund der paläogeographischen Entwicklung sowie der strukturellen, erosiven und exarativen Prozesse im Quartär nur rudimentär und zum größten Teil in gestörter Lagerung erhalten. Bei glazial ungestörter Situation ist mit folgender Abfolge zu rechnen: Über ca. 5 m mächtigen unteroligozänen marinen Rupelbasissanden folgt ca. 80 m mächtiger Rupelton. Darauf lagern oberoligozäne und miozäne Sande und Schluffe der Cottbuser, Mittenwalder und Briesker Schichten. Die eingeschalteten Braunkohlenflöze (2., 3. und 4. miozänes Flöz) waren Gegenstand des Abbaus, fast ausschließlich durch Tiefbau.

5.3 Quartär

Auch von den zum Quartär gehörenden Schichtgliedern ist nur ein Teil ausgebildet und erhalten. Unter den Ursachen der vielfältigen Lagerungsstörungen sind die glazigenen und die glazihydrodynamischen mit Abstand am meisten wirksam.

5.3.1 Geschiebezählungen

Die besonderen Entstehungs- und Lagerungsbedingungen der pleistozänen Sedimente erfordern u. a. eine spezifische Untersuchungsmethodik: Geschiebezählungen an Geschiebemergeln. Die Untersuchungen erfolgten bereits in den Jahren 1960 bis 1964 in einem über das Oderbruch und das Gebiet des Stauchungsgebiets hinausreichenden, größeren Raum. Alle Ergebnisse, Auswertungen und Schlussfolgerungen sind dokumentiert (HANNEMANN 1966). Gezählt wurden aus insgesamt 387 Proben die Kleingeschiebe von 4 bis 10 mm Größe. Unterschieden wurden Flint (F), Kalkstein (Ka), Kristallin (Kr), Tonstein (T), Sandstein und Quarzit (S + Qt), Quarz (Q) sowie Sonstige und Unbestimmbare (So + U). Ziel war die Unterscheidung der Geschiebemergelvorkommen nach ihrer Zugehörigkeit zur Elster-, Saale- und Weichselkaltzeit.

Da Horizonte oder Schichten mit gesicherter stratigraphischer Zuordnung im Gebiet von Stauchungsgebieten sehr selten sind, wurde zunächst eine Auswahl von 73 Proben

Tab. 1 Beispiele von Kleingeschiebeanalysen

Tab. 1 Results of gravel counting analyses

Herkunft der Proben			Ergebnisse der Zählungen							
Analysen-Nr.	Aufschluss (A) bzw. Bohrung (B)	Entnahmetiefe (ca mNN)	F (%)	Ka (%)	Kr (%)	T (%)	S+Q (%)	Q (%)	So+U (%)	Stratigraphie
273	A Marxdorf	+ 106	2,4	32,4	37	3,3	18,9	2,7	3,3	W
361	A Harnekop	+ 100	1,1	37,8	30	5,7	19,8	2,8	2,8	W
170	A Hasenholz	+ 72	1,0	38,2	35,2	8,5	12,5	1,9	2,9	W
230	A Buckow	+ 58	0,8	37,5	23,5	7,2	16,6	2,1	12,3	W
50	B XIII/62	+ 46	2,4	40,5	36,4	1,0	15,8	2,7	1,2	S
308	B XIII/62	+ 44	1,2	36,5	36,3	3,5	15,3	3,7	3,2	S
51	B XIII/62	+ 42	2,5	38,0	29,8	3,6	19,9	3,0	3,3	S
95	B XIII/62 Z	+ 32	1,2	35,2	36,7	2,8	18,1	3,8	2,3	S
309	B XIII/62	- 45	10,2	24,4	42,2	1,0	14,3	5,9	2,0	E
311	B XIII/62	- 120	9,4	28,0	38,1	1,6	14,8	6,1	1,9	E
312	B XIII/62	- 122	8,1	19,2	42,2	2,2	17,2	7,0	4,2	E
96	B XIII/62 Z	- 129	8,5	28,9	43,0	0,8	13,6	3,9	1,1	E

untersucht (HANNEMANN & SCHLEGEL 1965), die z. T. auch aus benachbarten Gebieten stammen. Deren stratigraphische Stellung war auf Grund ihrer Lagerungsbeziehungen zu biostratigraphisch datierten warmzeitlichen Schichten oder auf Grund ihrer Lagerung und Lagerungstiefe teils zwangsläufig gegeben und teilweise eingeengt. Es zeigte sich, dass hohe Tonsteingehalte der weichselkaltzeitlichen und hohe Flintgehalte der elsterkaltzeitlichen Geschiebemergel als wesentliche Merkmale für die Unterscheidung der drei wichtigsten Geschiebemergelhorizonte anzusehen sind. Erst nach Feststellung der stratigraphisch wichtigen Kriterien wurden auch andere Geschiebemergelvorkommen, deren Lagerungsbeziehungen nicht oder nicht so sicher auf das Alter schließen lassen, eingestuft. Beispiele von Kleingeschiebeanalysen aus dem Bereich des Stauchungszugs sollen einen Einblick in die Untersuchungsergebnisse vermitteln (aus HANNEMANN 1966, W=Weichsel, S=Saale und E=Elster) (Tab. 1)

Von CARLS (2001) am westlichen Oderbruchrand im Raum Reitwein durchgeführte Geschiebezählungen weichen methodisch etwas ab, kommen aber zu gleichen bzw. vergleichbaren stratigraphischen Ergebnissen.

5.3.2 Schichtenfolge

Die komplexen Untersuchungen der quartären Schichtenfolge umfassen Literatur- und Archivarbeiten, Gelände- und Aufschlussuntersuchungen und Untersuchungen durch neue Bohrungen. Strukturuntersuchungen (glazigene Dislokationen, Lagerungsverhältnisse, Geschiebeorientierung) und Geschiebezählungen spielten eine besonders wichtige Rolle. Daraus resultierend kann auf folgende Grundzüge der stratigraphischen Abfolge geschlossen werden:
Elsterkaltzeitliche Ablagerungen fehlen im Oderbruch ganz oder sind nur geringmächtig. Im begleitenden Stauchungszug treten sie häufiger und mächtiger auf. Im Gegensatz zu anderen Teilen Brandenburgs konnte in diesem Raum bisher nur ein elsterkaltzeitlicher Geschiebemergelhorizont erkannt werden.
Holsteinwarmzeitliche Ablagerungen sind in größerer Verbreitung nicht nachgewiesen. Sie sind auch kaum zu erwarten, weil sehr tiefe quartäre Ausräumungszonen („Tiefrinnen“) und große Wannen (Becken) aus der Elsterkaltzeit fehlen. Selten gibt es kleinere Vorkommen. Sie repräsentieren anscheinend nur Teile der holsteinwarmzeitlichen Abfolge und sind glazigen disloziert.
Saalekaltzeitliche Ablagerungen sind im Oderbruch und im Bereich des Stauchungszugs die mächtigsten unter den Sedimenten des Quartärs. Man unterscheidet die des Drenthe-Stadiums und die des Warthe-Stadiums; beide haben örtlich sehr mächtige Abfolgen hinterlassen. Im Bereich des Stauchungszugs ist die Zuordnung wegen regionaler Aufspaltungen und vor allem wegen glazigener Lagerungsstörungen vielfach nicht oder nur mit aufwändigen Untersuchungen möglich. Oft werden die Geschiebemergelbänke von mächtigen glazifluviatilen Sanden begleitet. Anders sind die Verhältnisse im Oderbruch: Hier liegt weit verbreitet ein bis zu etwa 120 m mächtiger Geschiebemergelblock auf älteren pleistozänen Sanden oder auf Rupelschichten. Er nimmt mehr oder weniger Positionen zwischen -100 m NN und -20 m NN ein und muss dem Drenthe zugeordnet werden. Im Raum Reitwein–Seelow findet man in Höhen um +40 bis +50 m NN einen vergleichsweise geringmächtigen Geschiebemergelhorizont, der in die Warthe zu stellen ist.
Eemzeitliche Ablagerungen sind nur kleinflächig und geringmächtig südwestlich des Oderbruchs bekannt geworden; bei Vevais (KORN 1912), bei Schulzendorf (HANNEMANNN 1966) und bei Seelow (LIPPSTREU 1995).
Weichselkaltzeitliche Ablagerungen sind - wie auch in anderen Gebieten südlich der Pommerschen Randlage – viel geringmächtiger als die der älteren Kaltzeiten. Sie überziehen das Gebiet des Stauchungszugs wie ein löcheriger Schleier und erreichen in tief gelegenen Gebietsteilen (z. B. am Oderbruchrand) maximale Mächtigkeiten von bis zu etwa 6 m. Im Oderbruch selbst ist weichselkaltzeitlicher Geschiebemergel bisher nicht gefunden worden, wohl aber z. T. mächtige glazifluviatile Sande.
Holozäne Ablagerungen haben nur im Oderbruch eine große Verbreitung (Schlick, Feinsand, Mudde und Torf, häufig in Wechsellagerung) (vgl. BROSE 1998, BROSE & PIOTROWSKI 2001.

6. Lagerungsverhältnisse

Die Lagerungsverhältnisse sind durch repräsentative Bohrprofile und durch geologische Schnitte dargestellt (u. a. HANNEMANN 1966, 2003 sowie HANNEMANN & SEIDEMANN 2004). Danach gibt es sowohl im Bereich des Stauchungszugs als auch im Bereich des Oderbruchs quartäre Ausräumungszonen, in denen die tertiären Ablagerungen weitgehend oder auch vollständig der Exaration und Erosion während des älteren Pleistozäns zum Opfer gefallen sind.

Große Unterschiede treten dagegen zwischen den Schichtenfolgen und den Lagerungsverhältnissen in den beiden Teilgebieten auf: Nur im Oderbruch ist der Untergrund relativ unkompliziert und glazigen kaum gestört aufgebaut. Tertiäre Bildungen fehlen weitgehend. Im angrenzenden Höhengebiet, dem Stauchungszug dominieren äußerst wechselhafte Schichtenfolgen. Auch auf kurze Entfernungen sind die Schichtenfolgen so verschieden, dass sichere Konnektierungen kaum möglich sind. Selbst die Lage der Quartärbasis ist häufig nicht sicher festzustellen. Sie befindet sich auf kurzen Entfernungen hin manchmal in sehr unterschiedlicher Tiefe. Es sind zahlreiche Beispiele bekannt, in denen selbst mächtige Folgen von tertiären Sedimenten Schuppen oder Schollen darstellen, obwohl im Liegenden kein pleistozänes Material vorkommt. Auf Schollencharakter muss dann geschlossen werden, wenn die Abfolgen tertiären Materials nicht mit der bekannten Entwicklung im Tertiär des betreffenden Gebietes übereinstimmen. Es gibt auch Wiederholungen von definierten Schichtkomplexen und Ausfälle von Profilteilen. Bei der Festlegung der Quartärbasis und der Konnektierung von Schichten müssen deshalb hier immer die komplexen Beziehungen in die Untersuchungen einbezogen werden.

Trotz der in Einzelfällen auftretenden Schwierigkeiten beim Erkennen der Lagerungsverhältnisse kann und muss man davon ausgehen, dass im Zuge des Stauchungszugs sich

kaum glazigen ungestörte Schichtenfolgen befinden. Das betrifft auch den größten Teil der Abfolgen des Tertiärs, von denen sich lediglich in Teilgebieten die tiefsten Profilteile – Teile der Rupelschichten – noch in ungestörter autochthoner Position befinden dürften.
Im Oderbruch sind die Lagerungsverhältnisse der dort nur geringmächtig erhaltenen tertiären Sedimente vermutlich nicht anders als in dem Bereich des Stauchungszugs. Beweise fehlen jedoch. Von großer Bedeutung für Schlussfolgerungen zur Genese des Stauchungszugs und des Oderbruchs sind der bis zu 120 m mächtige tiefere saalezeitliche Geschiebemergelhorizont (vermutlich Drenthe) und der meist etwa zwischen 5 und 20 m mächtige obere saalezeitliche Horizont (vermutlich Warthe). Letzterer ist bisher nicht im Oderbruch selbst, sondern nur am Rand sowie im Süden auf der Lebuser Platte nachgewiesen. Ob er im Bereich des Oderbruchs völlig abgetragen worden ist oder ob er zur Oderbruchmitte hin abtauchend dort erhalten ist, kann derzeitig nicht entschieden werden. Hier fehlen auswertbare Bohrergebnisse. Wichtig sind die Lagerungsverhältnisse der quartären Ablagerungen, insbesondere der beiden saalezeitlichen Geschiebemergelhorizonte. Sie sind annähernd söhlig; es sind bisher keine Hinweise auf eine glazigene Beanspruchung bekannt geworden.

7. Entstehung der Oderbruchdepression

Die bis Mitte des 20. Jahrhunderts verbreitete These von einer tektonischen Entstehung der großen und geomorphologisch so auffälligen Landschaftsform war nach den Ergebnissen tieferer, das Prätertiär erreichenden Bohrungen nicht mehr zu halten. Die Beziehungslosigkeit der Oderbruchhohlform zur Lage der Tertiär- und Quartärbasisfläche lassen für die Annahme entsprechender tektonischer Bewegungen während des Quartärs keinen Raum.

Bei den bisherigen Erklärungsversuchen für die Entstehung der Oderbruchdepression ist die Existenz eines Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs nicht genügend gewürdigt worden. Das liegt vor allem daran, dass er in seiner Lage zum Oderbruch, seinem durchgehenden Verlauf sowie seinem durch Großdeformationen geprägten Aufbau und seiner Tiefenwirkung bisher nicht zusammenhängend erkannt worden ist. Lange Zeit war man geneigt, die vor allem durch den Braunkohlentiefbau schon frühzeitig erkannten Lagerungsstörungen mit einer „Endmoräne des Frankfurter Stadiums der Weichselkaltzeit“ in Verbindung zu bringen. Später (HANNEMANN 1966) konnte gezeigt werden, dass die tiefgreifenden glazigenen Störungen bereits in der Saale-Kaltzeit entstanden sind und dass u. a. die Bad Freienwalder Höhen, die Heinersdorfer Höhen und die Booßener Höhen vom Gletscher überfahrene und umgeformte saalekaltzeitliche Stauchendmoränenreste darstellen. Verbindungen zur Genese des Oderbruchs wurden damals noch nicht gezogen.

So wie die Wanne des Oderbruchs im Mitteleuropäischen Tiefland eine wohl einmalige geomorphologische Erscheinung im Landschaftsbild darstellt, so ungewöhnlich intensiv und tiefgreifend lagerungsgestört sind die tertiären und pleistozänen Sedimente im angrenzenden Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug. Seine Größe und sein nach NE offener, bogenförmiger Verlauf erinnert u. a. an die von KUPETZ (2002) zusammengestellten, genetisch vermutlich ähnlichen glazigenen Großformationen in Deutschland, Polen, Belorussland und Kanada. Unser Stauchungszug kann in die Reihe dieser Großdeformationen eingereiht werden; er übersteigt diese zum Teil noch an Größe.

Folgende Feststellungen zum Stauchungszug sind im Hinblick auf die Entstehung der Oderbruchdepression besonders herauszustellen:

- Geomorphologisch ist er nur in Form von Erosionsresten einer ursprünglich viel höheren Struktur erhalten (in Form der Bad Freienwalder, Heinersdorfer und Booßener Höhen).
- Die Zusammenhänge zwischen den Höhen sind durch Strukturuntersuchungen belegt (Abb. 2).
- In seinem Aufbau dominiert Schuppenbau; miozäne Sedimente bilden den Hauptanteil. Es treten Hebungsbeträge bis etwa 100 m auf. Wurzellose Schollen sind möglicherweise zum Teil auch Ergebnis von Fernüberschiebungen. Obwohl die Ausmaße des gesamten Stauchungszugs noch nicht ermittelt sind, kann bereits jetzt festgestellt werden, dass Länge und Breite sowie Tiefe und Intensität der Tiefenbeanspruchung eine Sonderstellung unter den Stauchendmoränen im norddeutschen Raum einnehmen.
- Der Gletscherschub erfolgt im Mittel aus NE, mit Abweichungen im Nordteil (Schub aus E) und im Südteil (Schub aus N). Entsprechend ist der Verlauf des Stauchungszugs: bogenförmig, nach NE offen.
- Er ist vom weichselkaltzeitlichen Gletscher überfahren worden. Die weichselkaltzeitlichen Sedimente lagern lückenhaft-diskordant und im Allgemeinen in geringer Mächtigkeit auf den älteren, meist saalekaltzeitlichen Bildungen. In der Eemwarmzeit und Weichselkaltzeit erfolgte eine starke Abtragung der hoch aufgestauchten Schichten.
- Es gibt im Untergrund weder Hinweise auf Hindernisstauchung, etwa durch „Strompfeiler“ irgendwelcher Art, noch durch eine andere Art geomorphologischer Vorzeichnung.

Für die Oderbruchdepression ist festzuhalten:

- Sie hat in ihrer Gestalt keine Vorzeichnungen in der Tertiär- oder Quartärbasisfläche. Es gibt auch keine Lagebeziehungen zu elsterkaltzeitlichen Talungen, die ungefähr senkrecht zur Längserstreckung des Oderbruchs verlaufen.
- Es sind keine Vorkommen von holsteinwarmzeitlichen Sedimenten bekannt. Diese müsste man erwarten, wenn die Depression bereits im Holstein existiert hätte (siehe vergleichsweise die ausgedehnten Holstein-Vorkommen in den Räumen von Eisenhüttenstadt und Berlin).
- Hier lagern weitflächig ungestört in Mächtigkeiten von zusammen bis zu rund 120 m zwei saalekaltzeitliche Geschiebemergelhorizonte.

Die Frage, ob die Entstehung der Oderbruchdepression mit dem durch herausragende Höhenkomplexe (s. Abb. 1) gekennzeichneten Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug zusammenhängt, ist zu bejahen. Bogenförmige saalezeitliche Gletscherfronten, die in ihrem Verlauf der Halbkreisform nahe kommen, sind von Nordosten vorgedrungen und haben lange Zeit im Raum der heutigen Oderbruchdepression gelegen. Die Entstehung der ausgedehnten, tiefen Depression ist die Folge von Oszillationen und von Deformations- und Abtragungsprozessen. Nachfolgend sind in den Zeiträumen Drenthe und Warthe jeweils mächtige Grundmoränen zurückgelassen worden, während mehr oder weniger gleichzeitig durch Oszillationen und Aufpressungen im Zuge eines längeren Prozesses der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug entstand.

Diese Interpretation wird den Ergebnissen der Bestandsaufnahme des oberflächennahen Untergrunds, der tieferen Bohrungen und der ermittelten stratigraphischen Abfolge am besten gerecht. Weitere Fragen zur Entstehung der Oderbruchdepresssion bleiben noch unbeantwortet, weil der Erforschungsgrad – trotz der Fortschritte – voreilige Schlussfolgerungen noch nicht angebracht erscheinen lassen. Bezug nehmend auf einen ungewöhnlich hohen geologischen Forschungsgrad im Muskauer Faltenbogen hat kürzlich KUPETZ (2002) wegweisende Ergebnisse und Gedanken vorgelegt, die auch für den Raum des Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs und die Oderbruchdepression analog zutreffen können.

Dass wir die alte, aus der Saale-Kaltzeit herrührende Oderbruchdepression heute in Form des Oderbruchs wieder finden, verdanken wir – wie durch LIEDTKE (1996) erneut überzeugend begründet worden ist – der konservierenden Erhaltung durch weichselkaltzeitliches Beckentoteis. In der Weichselkaltzeit und im weichselkaltzeitlichen Spätglazial ist es zu einer modifizierenden Ausweitung und teilweisen Umgestaltung der Ränder durch Schmelzwässer gekommen.

Zusammenfassung

Eine Bestandsaufnahme des oberflächennahen Untergrunds und Ergebnisse von bis ins Prätertiär geteuften Bohrungen führten zu Erkenntnissen über den Aufbau der westlich, südwestlich und südlich an das Oderbruch grenzenden Gebiete, den Bad Freienwalder–Frankfurter Stauchungszug. Wie das Oderbruch eine im mitteleuropäischen Tiefland einmalige geomorphologische Erscheinung darstellt, so ungewöhnlich groß, intensiv glazigen lagerungsgestört und einmalig ist der angrenzende Stauchungszug mit den Bad Freienwalder, Heinersdorfer und Booßener Höhen. Er stellt eine Zone glazigener Großdeformationen dar. Die Entstehung der Oderbruchdepression hängt mit der des Stauchungszugs zusammen, sie ist die Folge von Gletscheroszillationen und den resultierenden Deformations- und Abtragungsprozessen in der zweigeteilten Saalekaltzeit. Gleichzeitig wurden durch Gletscheroszillationen der Stauchungszug mit Aufpressungen, Schuppen und Schollen geschaffen.

Summary

A stocktaking of the surface near underground and results of Pretertiary bore holes has led to the understanding of the setting-up of the Bad Freienwalde–Frankfurter push moraine ridge bordering the Odra flood plain in the west, southwest und south.

Like the Odra flood plain is an unique geomorphological phenomenon in the middle European lowland, so unusual large, intensely glacigenic disturbed and outstanding is the adjacent push ridge with the heights of Bad Freienwalde, Heinersdorf and Booßen.

The formation of the Odra flood plain depresssion is connected to the origin of the push ridge being an effect of the glacial oscillations with their deformations and erosive processes during the bipartite Saalian glacial. At the same time the push ridge was built by glacial oscillations causing upthrusts, wedges and blocks.

Danksagung

Der Autor dankt Frau Dipl.-Geophysn. A. Andreae für die technische Unterstützung sowie Herrn Dr. H. U. Thieke für die kritischen Hinweise und die Abfassung der englischen Textteile.

Literatur

BEHRENDT, G. & C. GAGEL (1908): Geologische Karte von Preußen 1 : 25 000, Bl. 3250, Bad Freienwalde. - Kgl. Preuß. Geol. L. A., Berlin

BEHRENDT, L. & E. HESSMANN (1983): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Bl. 1969, Wriezen. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin

BROSE, F. (1998): Genese holozäner Flußauen, dargestellt am Beispiel des unteren Odertals. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 7-13, Kleinmachnow

BROSE, F. & A. PIOTROWSKI (2001): Paleographia basener Kostrzyn–Bad Freienwalde (Oderbruch). - VIII. Konferencia „Stratygraphia Pleistocener Polski", S. 33-34. - PIG Wroclaw

CARLS, R. (2001): Untersuchungen zur Reliefgenese des westlichen Oderbruchrandes. - Exkursionsf. u. Veröfftl. GGW, 209, 26, Berlin

HANNEMANN, M. (1966): Neue Ergebnisse zur Reliefgestaltung, Stratigraphie und glazigenen Dynamik des Pleistozäns in Ostbrandenburg. - Diss. Math-nat. Fak. d. HU Berlin, Berlin

HANNEMANN, M. (2002): Stauchungsgebiete im östlichen Brandenburg. - In: REISSMANN & BÖSE: Exkursionsführer DEUQUA 2002, S. 8-18, Selbstverlag, Berlin/Potsdam

HANNEMANN, M. (2003): Regionale Vorkommen und Lagerungsverhältnisse der quartären Einheiten. - In: SCHROEDER & BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 9: Oderbruch-Märkische Schweiz-östlicher Barnim - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., Selbstverlag, Berlin

HANNEMANN, M. (2004): Der tiefere Untergrund im Raum des Oderbruchs und Schlussfolgerungen auf die Entstehung der Oderbruchdepression. - Tg.-Bd. u. Exk.führer, 71. Tagung der AG Norddeutscher Geologen, Frankfurt (Oder)

HANNEMANN, M. & E. SCHLEGEL (1965): Untersuchungen zur stratigraphischen Einstufung von Geschiebemergeln aus Ostbrandenburg. - Ber. geol. Ges. DDR **10**, 6, S. 773-790, Berlin

HANNEMANN, M. & A. SEIDEMANN (2000): Lagerungsverhältnisse im Raum Frankfurt (Oder). - In: SCHROEDER & BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 7: Frankfurt (Oder)-Eisenhüttenstadt. - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., Selbstverlag, Berlin

HÖNEMANN, G., KÜSTERMANN, N. & W. MEYER (1995): Reflexionsseismische Kartierung von Tiefenlagen der Pleistozänbasis in Nordostdeutschland. - Z. Geol. Wiss. **23**, S. 261-275, Berlin

JÄGER, K.-D. & S. GRIESA, (1980): Siedlungsverhältnisse im Oderbruch vom Neolithikum bis zur Slawenzeit. - Wiss. Beitr. Univ. Halle-Wittenberg, 15, S. 85-94, Halle

KEILHACK, K. (1898): Die Stillstandslagen des letzten Inlandeises und die hydrographische Entwicklung des pommerschen Küstengebietes. - Jb. Kgl. Preuß. Geol. L.A. **19**, S. 90-152, Berlin

KORN, J. (1914): Über einen interglazialen Süßwasserkalk von Vevais bei Wriezen. - Jb. Preuß. Geol. L.A. **33**, S. 41-48, Berlin

KRUEGER, I. & E. HESSMANN (1986): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Bl. 1970/1070, Gorgast/Frankfurt (Oder). - Zentrales Geologisches Institut, Berlin

KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. - Brandenburg. geow. Beitr. **4**, 2, S. 1-20, Kleinmachnow

KUPETZ, M. (2002): Grundbruchmoränen – eine neue Form von glazialtektonischen Großdeformationen. - Uniwersytet zielonogórski, Zeszyty naukowe 129, Nr. 37, Zielona Gora

LEVKOV, E. A. (1980): Glacitektonika. - Nauka i technika, 279 S., Minsk

LIEDTKE, H. (1996): Die eiszeitliche Gestaltung des Oderbruches. - Heidelberger geogr. Arbeiten, 104, S. 327-351, Heidelberg

LIPPSTREU, L. & H. ZIERMANN (1977): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Bl. 1869, Bad Freienwalde. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin

LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. - In: L. Benda (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. - S. 116-147, Berlin (Borntraeger)

LOTSCH, D., MAI, D., KIESEL, Y. & E. LAZAR (1969): Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der DDR. - Abh. Zentr. Geol. Inst., H. 12, Berlin

QUITZOW, H. W. (1953): Altersbeziehungen und Flözzusammenhänge in der jüngeren Braunkohleformation nördlich der Mittelgebirge. - Geol. Jb. Bd. 68, 27-132, Berlin

ROTNICKI, K. (1976): The theoretical basis for a model of the origin of glaciotectonic deformations. - Questiones Geographicae **3**, S. 103-139, Warszawa

RUTHSATZ, H. & D. Bach (1979, 1980, 1981, 1982): 4 Teilberichte: Verbreitung, struktureller Bau und Tieflagen der Quartärbasis im Nordteil der DDR. - Archiv BGR, Berlin (unveröff.)

WOLDSTEDT, P. (1935): Über die Geschichte des Küstriner Beckens und der Eberswalder Pforte. - Jb. Preuß. Geol. L.A. **56**, 274-291, Berlin

ZIERMANN, H. (1963): Ergebnisbericht über Erkundungsbohrungen auf Quarzsand im Objekt Sucharbeiten Behlendorf. - VEB Geologische Erkundung Nord, AS Berlin (unveröff.)

Anschrift des Autors:
Dr. Martin Hannemann
Gernotstr. 4
10365 Berlin

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 153-163	16 Abb., 4 Lit.

Zur geomorphologischen Entwicklung Brandenburgs

About some aspects of the geomorphological development of Brandenburg

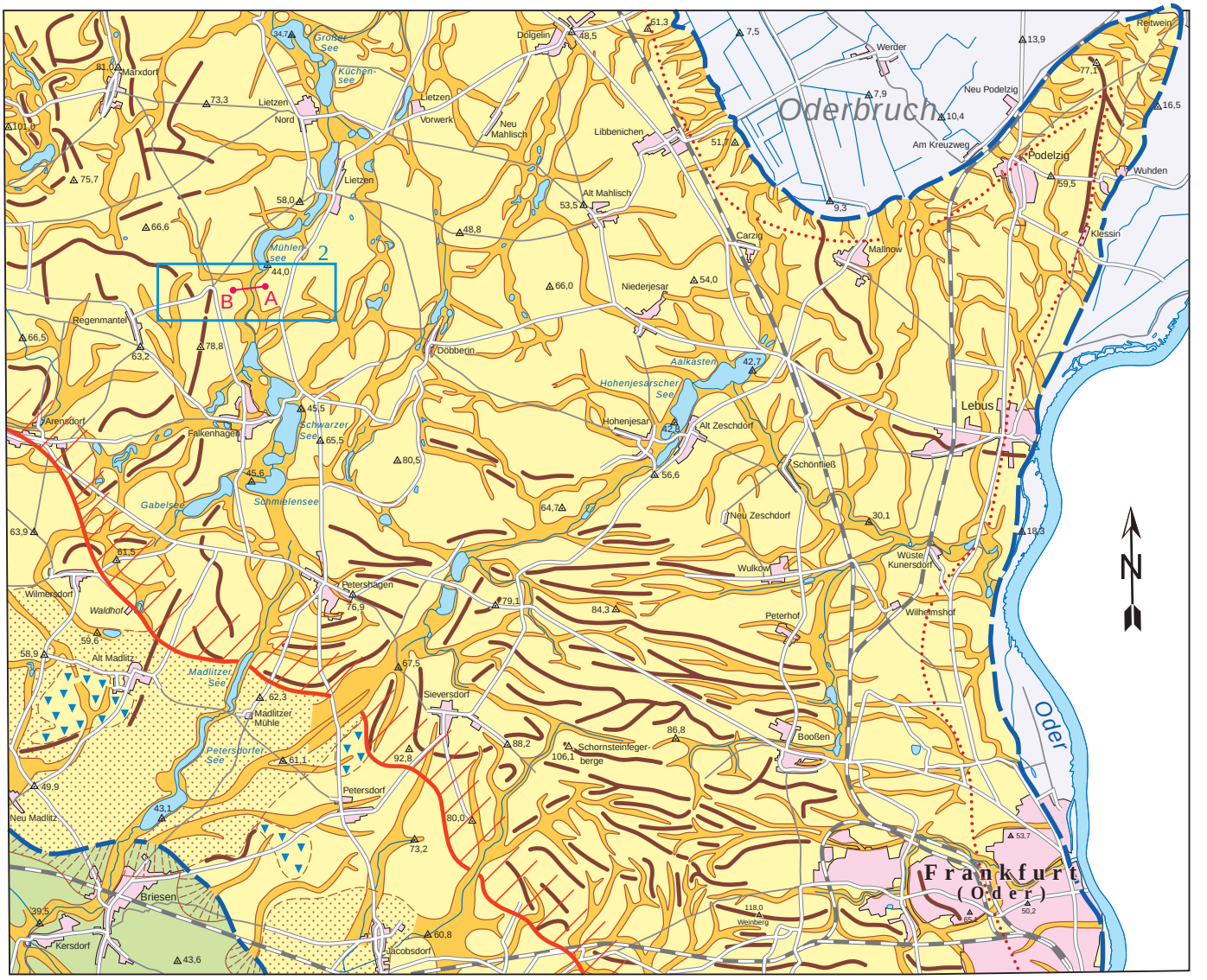
FRITZ BROSE

Die Oberflächengestalt Ostbrandenburgs wurde zum überwiegenden Teil vom Eis der letzten Inlandvereisung geprägt. Die glazitektonische Tiefenwirkung des Weichseleises in diesem Raum wurden jedoch bis in die jüngste Zeit oft überbewertet. Im Zusammenhang mit lagerstättengeologischen Untersuchungen und bei der geologischen Zuarbeit für archäologische Grabungen wurden für große Teile des Gebiets zwischen Mecklenburger und Brandenburger Randlage des Weichseleises morphogenetische Analysen erarbeitet. Der vorgelegte Ausschnitt dieser Arbeiten erfasst Teile des Berliner Urstromtals, die Lebuser Platte sowie Abschnitte des holozänen Odertals und des Oderbruchs (s. Abb. 1).
Die den südwestlichen Teil des Kartenausschnittes dominierende Frankfurter Eisrandlage der Weichselvereisung markiert hier in ihrem Typusgebiet einen Rückschmelzhalt des Brandenburger Maximalvorstoßes der letzten Inlandvereisung. Dieser Eisrandhalt lehnt sich in großen Abschnitten an die morphologischen Hochbereiche älterer, saalezeitlicher glazigener Stauchungsbereiche an. Das Eis der Weichselkaltzeit wirkte während seines Rückschmelzprozesses an diesem Halt mit ganz wenigen Ausnahmen nicht stauchend. Dadurch ist die Rekonstruktion der Randlage zum Teil schwierig. In der Vergangenheit wurden sehr unterschiedliche Ausgrenzungen vorgenommen.
Zur Präzisierung des Randlagenverlaufs wurden daher neben den geologischen Oberflächenkarten im Maßstab 1 : 25 000 und partiellen Neukartierungen im gleichen Maßstab vor allem geologische Aufnahmen von Bohrungen und temporären Aufschlüssen über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren sowie morphologische Analysen, basierend auf 10 000er topographischen Karten, herangezogen. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden zum großen Teil im Rahmen der geologischen Landesuntersuchung des LBGR gewonnen.

Die Schmelzwässer des abtauenden weichselkaltzeitlichen Inlandeises sammelten sich überwiegend subglazial in Rinnen, die häufig proglaziale Rinnensander bildeten. Für die während des Weichselglazials angelegten subglazialen Rinnen mit meist 200 bis 500 m Breite bei maximal 60 km Länge ist eine mehrphasige Entwicklung nachzuweisen (BROSE 2000). Ihre Ausformung dauerte bis in das Holozän, wie z. B. an der Madlitzer Rinne und ihren Seitenzweigen aufgezeigt werden konnte (SCHULZ, BROSE 2000). Hier verschachteln sich ältere, hochglaziale Formen und während der Austauphase im ausgehenden Periglazial reaktivierte Rinnenteile, wie östlich des Madlitzer Sees deutlich zu erkennen ist.
Weitere Fakten zur mehrphasigen Rinnenentwicklung wurden u. a. in der Falkenhagener Rinne zwischen Lietzen und Falkenhagen an tiefen temporären Aufschlüssen gewonnen. In Abbildung 2 ist in einem stark schematisierten Profilschnitt die Vielfalt unterschiedlich alter Sedimentfolgen und Störungen dargestellt. Die Störungen resultieren einerseits aus glazigenen Einflüssen, andererseits in der Mehrzahl aus gravitativen Prozessen, ausgelöst durch die phasenhaft vertieften Einschnitte im Hauptbereich der Schmelzwasserrinne.

Die wegen der günstigen Aufschlussverhältnisse gut dokumentierten Belege einzelner Bildungsphasen werden im Folgenden vorgestellt.
Generell können im Gegensatz zu früheren Untersuchungsergebnissen statt fünf insgesamt sechs Entwicklungsphasen ausgehalten werden:

1. Phase: Anlage eisstrukturorientierter Entwässerungsbahnen
Präglaziale Depressionen in der Landoberfläche und Spaltenstrukturen im Inlandeis waren die primären Entwicklungslinien subglazialer Entwässerung. Die Schmelzwässer sammelten sich auf, in und unter dem Inlandeis. Die subglaziale Abführung derselben erfolgte durch ± eisrandparallele Bahnen in Richtung eisrandgerichteter Sammler. Dabei waren sowohl Eisstrukturen als auch, wegen der geringen Tiefenwirkung des weichselkaltzeitlichen Inlandeises, die eemzeitliche Landoberfläche mitbestimmend für die Anlage der Entwässerungsbahnen.
Im Untersuchungsbereich steht beiderseits der Falkenhagener Rinne unter geringmächtiger Verwitterungsdecke Geschiebemergel der Saalekaltzeit an. Trotz intensiver saalekaltzeitlicher Stauchungen östlich und westlich des Untersuchungsgebiets war im Bereich der späteren Rinnenbildung nach geomorphologischen und stratigraphischen Analysen bereits vorweichselzeitlich eine Nord-Süd gerichtete Depression vorhanden. Dem entsprechen u. a. auch die intensiven Verwitterungserscheinungen an einem Frostspaltennetz im saaleglazialen Geschiebemergel, dessen in diesem Bereich noch ungestörte Oberfläche beiderseits in Richtung der Rinne geneigt ist. Abbildung 3 zeigt die Lagerungsverhältnisse des Geschiebemergels auf einem kurzen Trassenabschnitt westlich der Rinne. Auf den Abbildungen 4 und 5 sind so-



Legende:

sub -und postglaziale Entwässerungs-bahnen
morphologische Vollformen
Hochflächenrand
Oberflächengewässer
Frankfurter Eisrandlage
Urstromtal
Grundmoränen-flächen
Sander
Toteisaustauflächen
Schwemmkegel
Holozän
Siedlungs-flächen
Straßen und Wege
Eisenbahnen
primäre Reichweite periglazialer Randzertalung
B A Schnitt A - B

Abb. 1 *Geomorphogenetische Karte von Ostbrandenburg im Maßstab 1 : 100 000 (Ausschitt)*

Fig. 1 *Geomorphogenetical map of eastern Brandenburg scale 1 : 100 000 (Detail)*

wohl die oben angegebene breite Verwitterungszone als auch der vermutlich äolische Eintrag an der ehemaligen Spaltenöffnung zu erkennen. Abbildung 5 dokumentiert zusätzlich den Sickereintrag von Verwitterungsprodukten durch eine vom ehemaligen Eiskeil im Geschiebemergel geschaffene Unstetigkeitsfläche in die unterlagernden Sande.

2. Phase: Ausformung der Rinnen

Vorwiegend glazifluviale Erosion im Wechsel mit ersten Akkumulationsprozessen unter dem Inlandeis des Brandenburger Vorstoßes der Weichselvereisung gestalteten die subglazialen Hauptabflussbahnen. Mit wachsender erosiver Eintiefung wurden ältere Sedimente und zum Teil erst im Zuge der Rinnenbildung akkumulierte Sedimentkörper wieder angeschnitten. Es kam zu ersten Rutschungen in Richtung Rinnentiefstes. Mit Abbildung 6 ist ein Ausschnitt staffelförmiger Rutschungen saalekaltzeitlicher Schichtpakete skizziert. Der im Ausschnitt belegte vertikale Versatzbetrag ab alter Oberfläche beträgt insgesamt ca. 4 m. Einen Ausschnitt aus deren skizziertem Bereich dokumentiert die Abbildung 7. Der

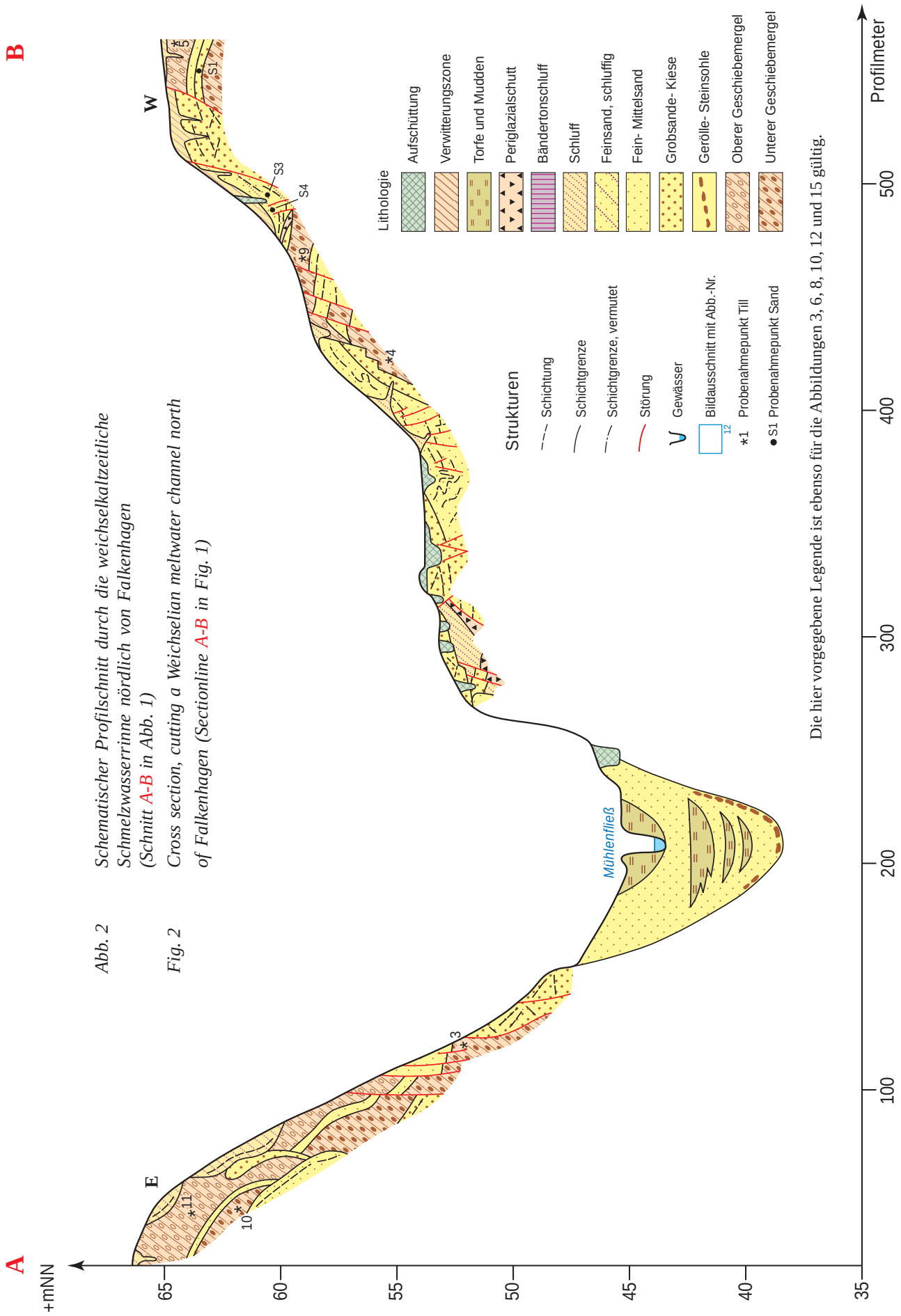


Abb. 2 Schematischer Profilschnitt durch die weichselkaltzeitliche Schmelzwasserrinne nördlich von Falkenhagen (Schnitt A-B in Abb. 1)

Fig. 2 Cross section, cutting a Weichselian meltwater channel north of Falkenhagen (Sectionline A-B in Fig. 1)

Bildausschnitt mit dem Blick auf eine der Rutschflächen beträgt ca. 1,8 x 2,8 m.
Die Skizze der Lagerungsverhältnisse in Abbildung 8 zeigt u. a. die in Phase 2 einzuordnende Rutschung einer saalekaltzeitlichen Geschiebemergelscholle am Osthang der Rinne. Auf der abgerutschten Scholle wurden verschiedenkörnige glazifluviatile Sedimente, den jeweiligen Strömungsverhältnissen entsprechend akkumuliert. Diese sind durch Setzungsstrukturen und weitere, durch Unterschneidungen verursachte Rutschungen gestört. Darüber lagern gröbere, ungestörte glazifluviatile Sedimente, die von einer vorgeschichtlich angelegten Grube angeschnitten sind.
Auf dem Foto der Abbildung 9 ist der stehengebliebene Teil des Geschiebemergels zu erkennen.

3. Phase: Plombierung der Rinnen

Mit dem weiteren Eisvorstoß bis zur ca. 60 km südlich des Untersuchungsgebiets gelegenen Maximalausdehnung des Weichseleisrands wurden die offenen Rinnenteile teilweise durch Toteis plombiert. Während der Plombierung kam es zu keinen relevanten Änderungen an den rinnenbegrenzenden Sedimentkörpern, so dass diese Phase ohne materielle Spuren blieb.

Bis zum relativ schnell einsetzenden Rückschmelzen des Eises stagnierte die Rinnenentwicklung. Erst die durch das spätere Austauen der plombierenden Rinnentoteiskörper entstehenden Hohlformen dokumentieren in Form von Rinnenseenketten diese Phase (Abb. 1).

4. Phase: Wiederbelebung der Rinnen mit einsetzendem Eisrückzug
Subphase 4.1: Akkumulation von Schmelzwassersedimenten und seitlicher Eintrag periglazialer Sedimente

Aus dem rückschmelzenden Inlandeis austretende Schmelzwässer nutzten die im Vorland als flache Depressionen erhaltenen, mit Eis und Sedimenten erfüllten Rinnen als Abflussbahnen. In den Randbereichen ist der Eintrag periglazialer Schuttmassen mit zunehmend äolischem Anteil zu verzeichnen. In Abbildung 10 ist der ältere Teil einer in dieser Zeit akkumulierten Schichtenfolge skizziert. Der aufgeschlossene Teil der Sedimentserie beginnt mit ungestört erhaltenen, horizontal abgelagerten glazilimnischen Schluffen, die kontinuierlich mit zunehmend feinsandigen Sedimenten überdeckt sind. Kryoturbate Überprägungen in den Sedimenten belegen periglazialen Einfluss während des Akkumulationszeitraums. Danach folgen, durch mehrere Erosionsdiskordanzen geschnitten, glazifluviatile sandig-kiesige Sedimentserien. Ein Teil der periglazial überprägten schluffigen Feinsandserie ist in Abbildung 11 dargestellt.

Subphase 4.2: Vertiefung der Rinnen im Wechsel von Erosion und Akkumulation, verbunden mit unterschneidungsbedingten Rutschungen

Der Durchfluss der Schmelzwässer bewirkte im Verein mit der zunehmenden Erwärmung ein beschleunigtes Austauen der Rinnentoteisreste und damit eine Eintiefung des Rinnenbodens. Eine Schichtenfolge aus dem Westhang der Rinne mit Schichtstörungen aus unterschiedlichen Bildungsphasen ist in Abbildung 12 skizziert. Saalekaltzeitlich akkumulierte Feinsande, im äußersten östlichen Teil der Skizze dargestellt, wurden in Phase 2 erosiv angeschnitten, periglazial überprägt und mit weichselkaltzeitlichen Rinnensedimenten überdeckt. In Subphase 4.1 erfolgte ein weiterer Anschnitt mit anschließender periglazialer Überlagerung mit zunehmend äolischem Anteil (westlicher Bildteil).
Bei weiterer Eintiefung des links vom Bildrand gelegenen Rinnentiefsten traten mehrfach staffelförmige Rutschungen von Sedimentpaketen in Richtung der Unterschneidungen auf. Jüngste kreuzgeschichtete Schmelzwassersande mit wenigen Setzungsstörungen der Phase 4.2 schließen hier die glazigene Sedimentfolge ab. Von oben sind die Ablagerungen noch durch anthropogene Grabungsspuren eines slawischen Burgwalls gestört.
Einen Teil der beschriebenen Schichtenfolge zeigt die Abbildung 13. Saalekaltzeitlich akkumulierte Feinsande sind in Phase 2 erosiv angeschnitten. In einer ca. 0,15 m breiten Zone sind diese Sande unter weitgehender Strukturerhaltung versetzt und abgerutscht. Ursprünglich darüber horizontal abgelagerte weichselkaltzeitliche Bändertonschluffe sind unter periglazialen Bedingungen verwürgt und Richtung des erosiven Einschnitts bewegt worden. Es folgt eine etwa 0,35 m mächtige Schicht periglazial gebildeten gröberen, unsortierten Hangsediments mit einer abdeckenden Geröllsohle. Darüber lagern eingewehte gleichkörnige, ungeschichtete Feinsande der Subphase 4.1 (Bildmitte links).
Im östlichen Teil der Skizze, ausschnittweise in der Abbildung 14 fotodokumentiert, ist ein Teil der vorstehend beschriebenen Schichtenfolge wiederzuerkennen. Im untersten Teil des freigelegten Komplexes sind westlich der Störungen die unter periglazialen Bedingungen entstandenen Hangsedimente mit breitem Kornspektrum vom Schluff bis zum Feinkies über älteren Feinsanden aufgeschlossen. Darüber lagern geschichtete glazifluviatile Sande, die wiederum von äolisch gebildeten Feinsanden mit eingeschalteten glazifluviatilen Fein- bis Grobsandschichten überlagert werden. Östlich der Verwerfung, das heißt in der linken Bildhälfte wiederholt sich diese Schichtenfolge mit einem Versatzbetrag von 1,6 m aus Subphase 4.2. Die nach oben auffächernde Störung wird erosiv abgeschnitten und von ungestörten groben Schmelzwassersedimenten überlagert.

5. Phase: Vollständiges Austauen der Eisplomben

Das mit dem Verschwinden des Permafrostes verbundene vollständige Austauen des Rinnentoteises führte zur rapiden Senkung des Wasserspiegels und zur Bildung meist grundwassergespeister Rinnenseen mit wechselnder Durchströmung. Höhergelegene wasserführende Mäander in den Rinnen wurden unterschnitten (BROSE 2000, S. 97) und fielen trocken. Die tiefergelegene Erosionsbasis führte zur kurzzeitigen Reaktivierung von Seitenarmen (z. B. Abb. 1, linker unterer Kartenteil südlich der Madlitzer Mühle) und zur Bildung bzw. Tieferlegung einer Geröllsohle an der Basis der Rinne. Die Abbildung 15 skizziert die maximale Eintiefung und die holozäne Sedimentfolge der letzten Rinnenfüllung der Phase 6.

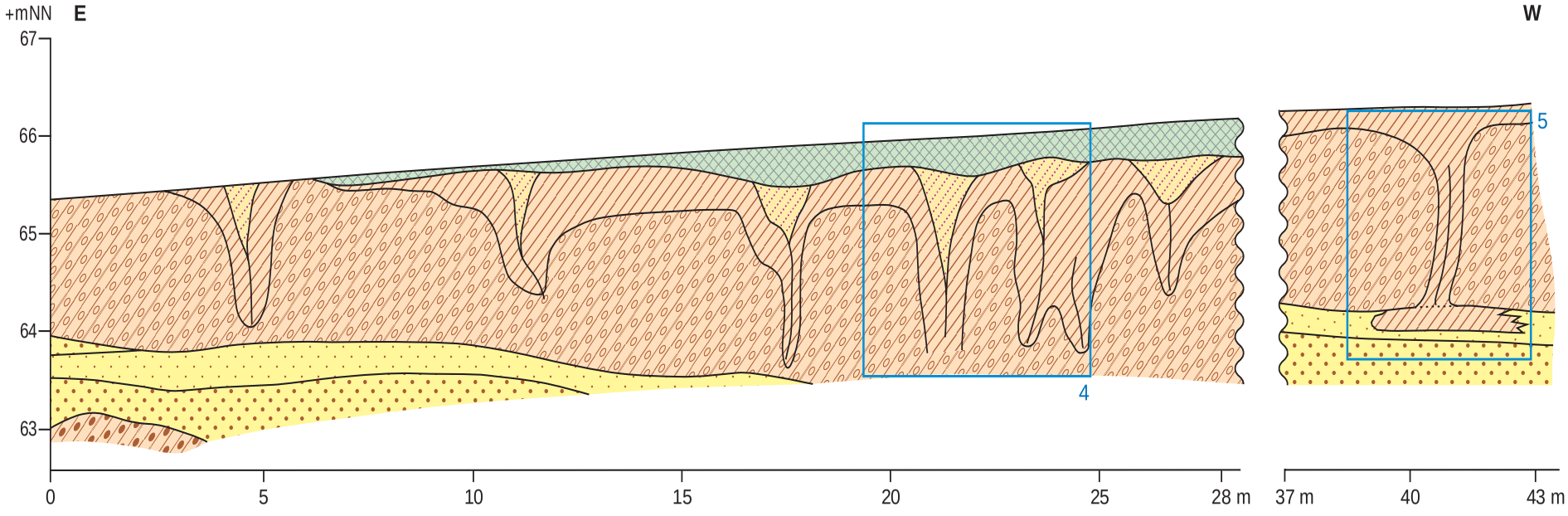


Abb. 3 *Skizze von Eiskeilpseudomorphosen im saaleglazialen Geschiebemergel am Westrand der Falkenhagener Rinne (Legende siehe Abb. 2)*
Fig. 3 *Sketch of ice wedge casts in Saalian till on the western slope of channel (legend see Fig. 2)*

Abb. 4 *Im unterschiedlichen Winkel geschnittene Eiskeilpseudomorphosen (Bildhöhe ca. 2,5 m)*
Fig. 4 *Frost wedge cast, crossed in different angles (Height about 2,5 m)*

Abb. 5 *Vom Eiskeil durchdrungener geringmächtiger Geschiebemergel*
Fig. 5 *Ice wedge cast cutting Saalian till*

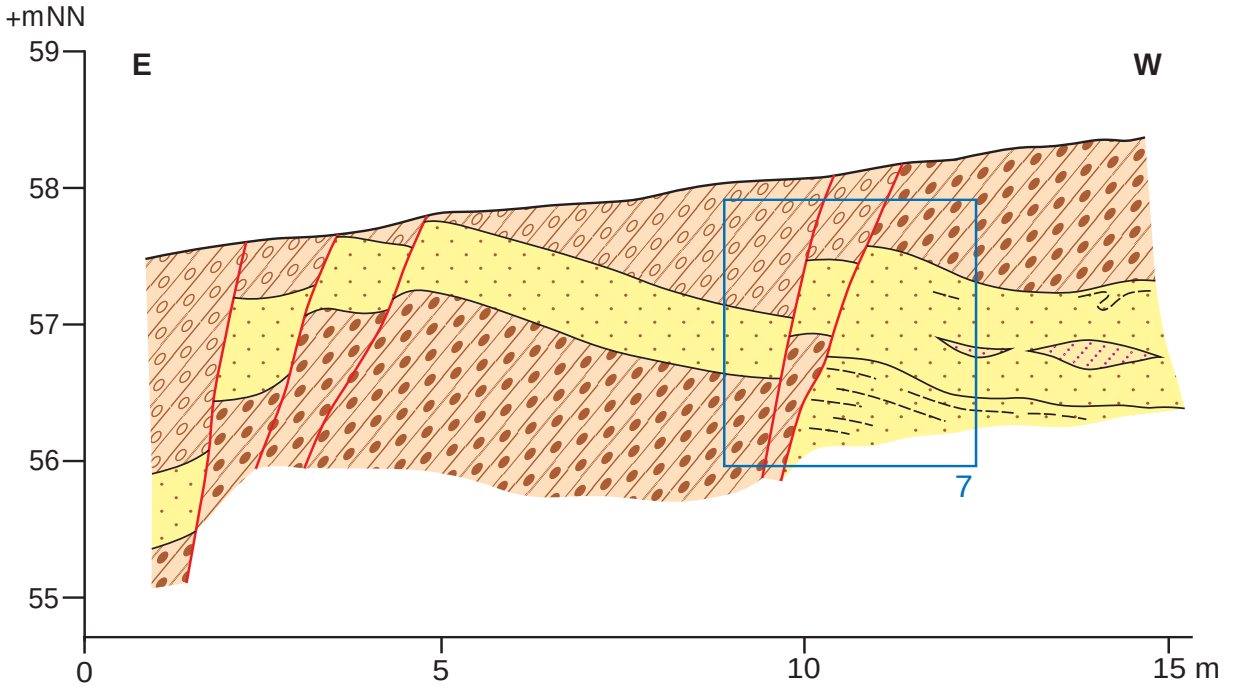


Abb. 6
Skizze von Abrutschungserscheinungen an saalekaltzeitlichen Schichtpaketen. Erfasster vertikaler Versatzbetrag ca. 4 m
Fig. 6
Sketch of Saalian sediments with landslides (vertical distance about 4 m)

(Legende siehe Abb. 2) (legend see Fig. 2)

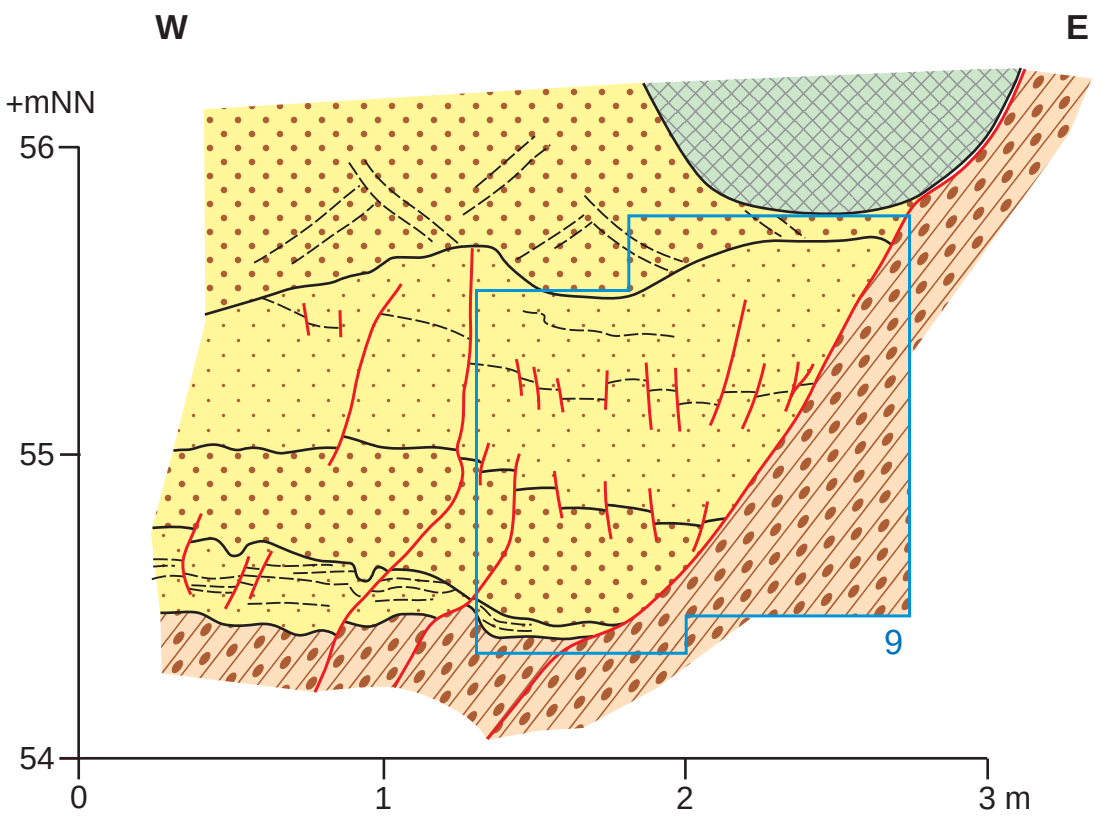


Abb. 8 *Skizze subglazial gebildeter glazifluviatiler Sedimente auf abgerutschter Geschiebemergelscholle*
Fig. 8 *Sketch of subglacial glacifluvial sediments covering dislocated till*

Abb. 7
Rutschungen saalekaltzeitlicher Sedimente in Richtung der links vom Foto gelegenen Rinne (Bildhöhe etwa 2 m)

Fig. 7
Fault with displacements of Saalian sediments in direction of the channel left of the photo (Hight about 2 m)

Abb. 9
Glazifluviatile Sedimente mit Setzungsstörungen auf Geschiebemergelscholle

Fig. 9
Glacifluvial sediments, disturbed by downfaults with low displacements on dislocated till

6. Phase: Holozäne Füllung der weichselglazial angelegten Rinnen

Episodischer seitlicher Sedimenteintrag, zunehmend von anthropogenen Einflüssen geprägt sowie die Verlandung von wassergefüllten Rinnenteilen charakterisieren die letzte Entwicklungsphase. Bis zu mehr als 16 m mächtige holozäne Sedimente wurden nachgewiesen (Schulz & Brose, 2000, S. 102 ff.). Die Abbildung 16 zeigt einen Teil der Wechselfolge von Feinsanden, Mudden und Torfen aus der holozänen Sedimentserie. Der laterale Sedimenteintrag erfolgte dabei von Osten, der linken Bildseite.

Selten wurden im Typusbereich der Frankfurter Randlage Flächensander mit größeren Toteisfeldern angelegt wie z. B. um den Madlitzer und Petersdorfer See. Zwei Typen von Schmelzwasserabflusswegen charakterisieren das Rückland der Frankfurter Eisrandlage. Dominierend sind die vorgenannten langzeitig wirksamen subglazialen Sammler.

Der zweite Typ ist flächenhaft verbreitet: Die im Zuge des Eiszerfalls anfallenden Schmelzwässer folgten dem subglazialen Relief, zeichneten gleichsam die alte Landoberfläche nach und sammelten sich erst dann in den altangelegten großen Rinnen. Auf den entstehenden flachgewellten Grundmoränenflächen entwickelte sich dadurch ein aderartig verzweigtes Entwässerungsnetz (siehe nördliche Kartenhälfte), im Bereich der saaleglazial angelegten Stauchungsgebiete zeichneten die Abflusswege der Schmelzwässer die glazitektonisch vorgegebenen älteren Strukturen nach. Deutlich ist dieser Entwässerungsmechanismus im Stauchungsgebiet zwischen Frankfurt (Oder) und Petershagen zu erkennen. Diese Entwicklung belegt, dass die eemzeitliche Landoberfläche durch das geringmächtige Weichseleis nur noch geringfügig modifiziert wurde. Die durchschnittlichen nachweisbaren Einwirkungstiefen des Eises auf den Lockergesteinsuntergrund betrugen etwa 1,5 m.

Nach dem Eisabbau, noch unter periglazialen Bedingungen entstand eine besondere Form der Hochflächenrandzertalung zur Oderniederung. Es handelt sich um kurze, durchschnittlich ein- bis zweitausend Meter lange Einschnitte mit starkem Gefälle, hier sichtbar im östlichen und nordöstlichen Kartenteil. Umfangreiche geologische Untersuchungen belegen, dass diese Einschnitte sich häufig unter die holozänen Auesedimente bis auf ein Niveau der maximalen Eintiefung der Uroder an der Wende vom Pleistozän zum Holozän

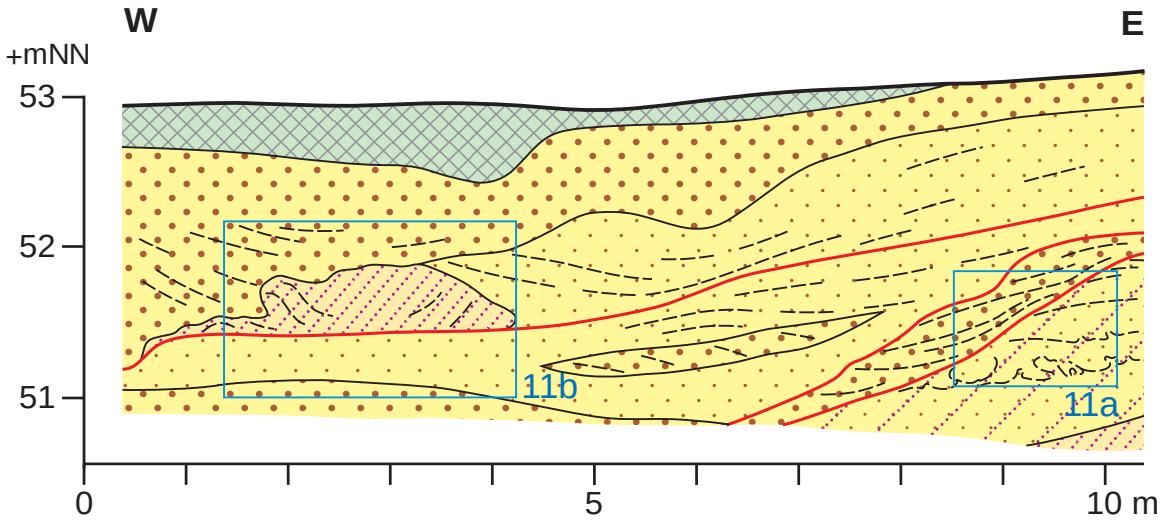


Abb. 10 *Skizze spätglazialer Rinnensedimente der Phase 4.1* *(Legende siehe Abb. 2)*
Fig. 10 *Sketch of lateglacial channel sediments from phase 4.1* *(legend see Fig. 2)*

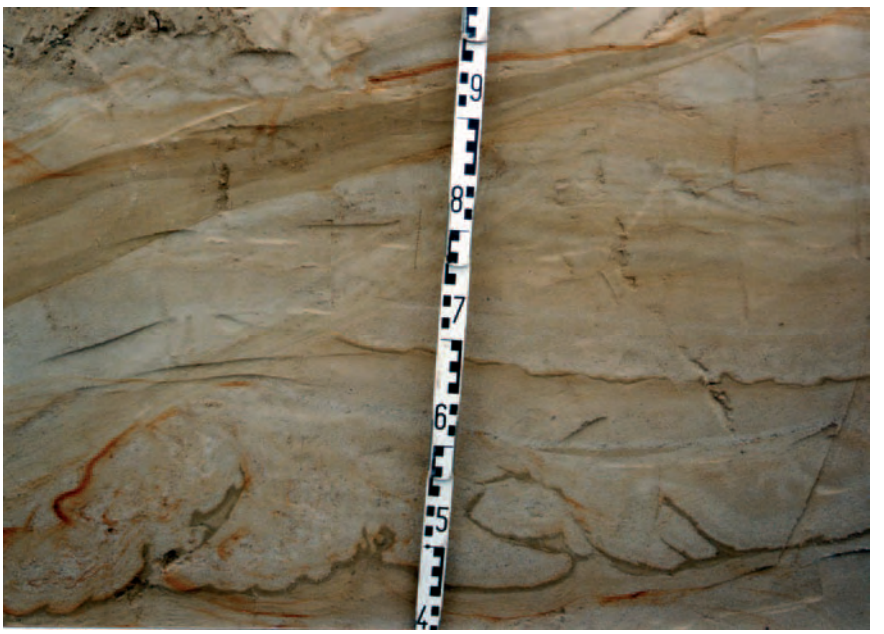


Abb. 11a

Abb. 11a, b
Fotodokumentation von Teilen der skizzierten Rinnenfüllung
Fig. 11a, b
Photos of parts of the channel sediments

Abb. 11b

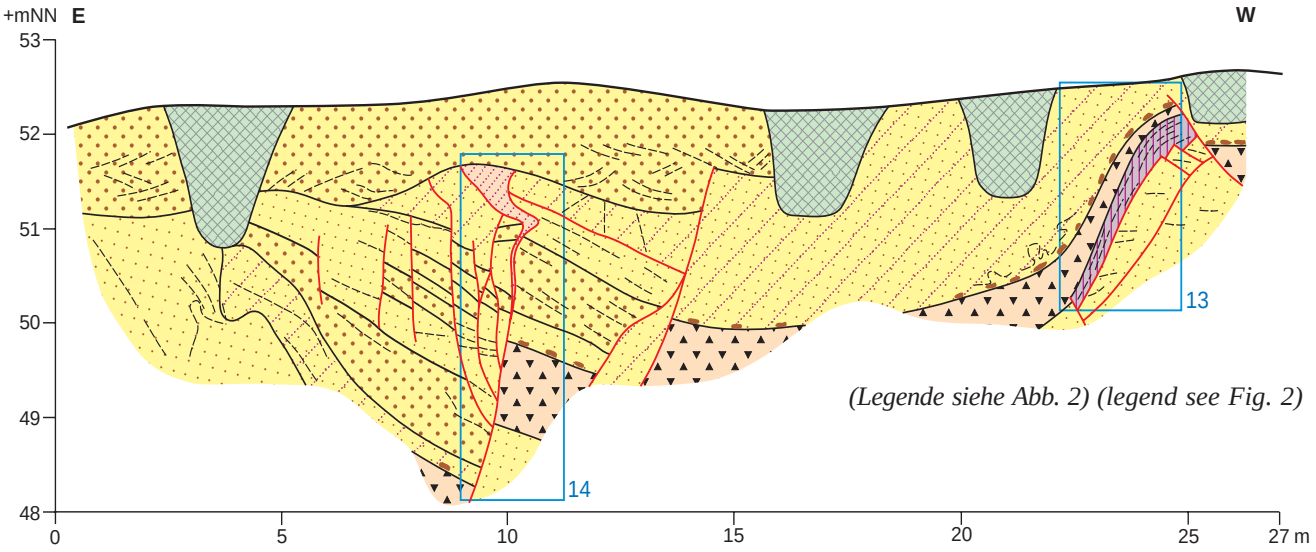


Abb. 12 Skizze von Schichtstörungen aus Phase 4 *Fig. 12 Sketch of sediment displacements from phase 4*

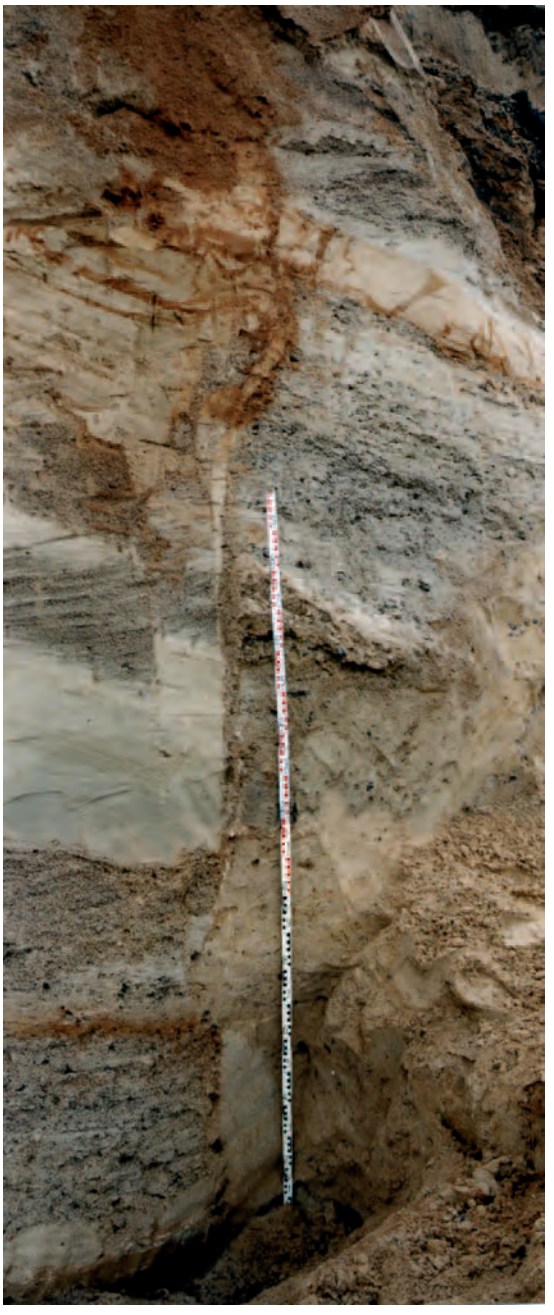


Abb. 14 Jüngere Schichtstörungen aus Phase 4.2
Fig. 14 Younger dislocations from phase 4.2

Abb. 13 Störungen aus Phase 4.2 an älteren Schichtpaketen
Fig. 13 Dislocations from phase 4.2 in older sediments

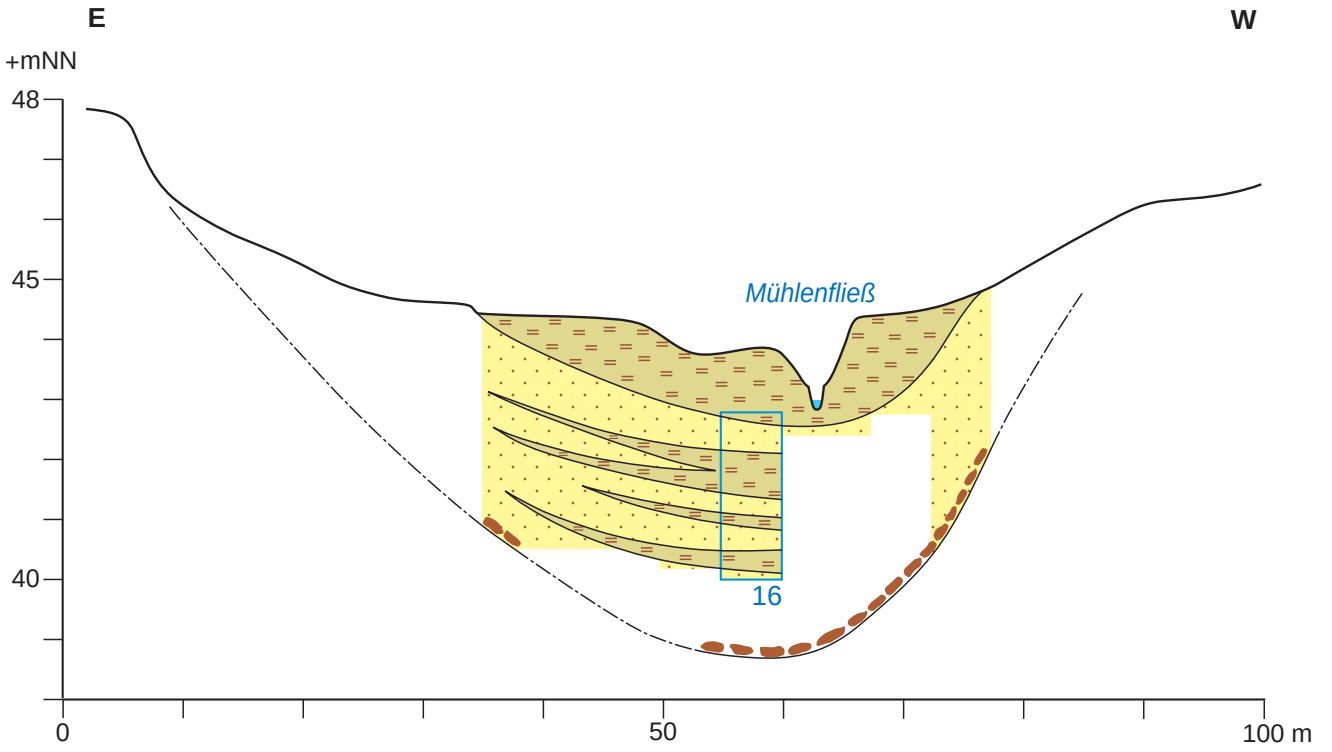


Abb. 15 *Skizze der Schichtenfolge im Rinnentiefsten (Legende siehe Abb. 2)*
Fig. 15 *Sketch of the sedimentsequence in the deepest part of channel (legend see Fig. 2)*

Abb. 16 *Ein Teil der jüngsten holozänen Sedimentfolge (Länge des Maßstabes 2 m)*
Fig. 16 *A part of the youngest Holocene deposits (Length of the scale 2 m)*

hinabziehen. Diese Eintiefung basiert auf einer kurzfristig tiefliegenden Erosionsbasis, deren tiefster Punkt von KOLP (1983) nordöstlich von Bornholm mit -80 m NN bestimmt wurde. Infolge der hohen Niveaudifferenzen und der unter periglazialen Bedingungen in Teilen des Einzugsgebietes anfallenden großen Wassermengen bildete sich durch rasche rückwärtsschreitende Erosion ein steiles Gefälle heraus. Zur Maximaleintiefung gehörende Gefällepunkte wurden bei Gartz mit > -50 m NN, bei Stolpe > -45 m NN, bei Oderberg mit > -30 m NN, im mittleren Oderbruch um -20 m NN, nördlich von Frankfurt (Oder) bei ± 0 m NN sowie östlich von Ziltendorf bei +9 m NN nachgewiesen. In Höhe der heutigen Einmündung der Lausitzer Neiße in die Oder endet dieses Gefälle zwischen älteren, weniger stark geneigten Terrassen. Dort, wo diese Tiefenrinne der Uroder nahe den begrenzenden Hochflächen verlief, entstanden vorgenannte Einschnitte, die, in bestimmten Phasen des Holozäns teilweise reaktiviert, heute zumeist als Trockentäler erhalten sind.

Wo diese Randtäler durch die schnelle rückwärtsschreitende Erosion das postglaziale Entwässerungsnetz der Hochfläche anzapften (z. B. vom Odertalrand bis Wüste Kunersdorf und Schönfließ) vergrößerte sich das jeweilige Einzugsgebiet immens und wesentlich größere Wassermassen wurden durch ein ursprünglich kleines Tal zum Hauptvorfluter abgeführt.

Im vorgestellten Ausschnitt präzisiert die geomorphogenetische Kartierung den Verlauf des Eisrandhalts der Frankfurter Randlage, veranschaulicht das postglaziale primäre Entwässerungsnetz und bestätigt indirekt einmal mehr die relativ geringe Mächtigkeit und das schnelle Rückschmelzen des weichselglazialen Inlandeises.

Zusammenfassung

An einem Kartenausschnitt, der auch den Typusbereich der Frankfurter Eisrandlage des Weichselglazials erfasst, wird die geomorphogenetische Karte Ostbrandenburgs vorgestellt. Neue, an temporären Aufschlüssen bei einer Rinnenquerung durch einen Gasleitungsgraben gewonnene Fakten ergänzen die Kenntnisse zur Genese weichselkaltzeitlicher subglazialer Rinnen. Bisherige Vorstellungen zur Dynamik des weichselkaltzeitlichen Inlandeises werden durch die Faktenanalyse bestätigt und vertieft.

Summary

The geomorphogenetic map of east Brandenburg is presented by a map detail which includes the type area of the „Frankfurter Eisrandlage“ of the Weichselian glaciation. New data gained on temporary exposure of a channel by a gaspipeline trench complete the knowledge of the genesis of Weichselian subglacial channels. Previous ideas of Weichselian inlandice were affirmed and deepened by the analysis of the data.

Literatur

BROSE, F. (2000): Die Schlaubetalrinne. - In: SCHROEDER, J. H. & F. BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 7: Frankfurt (Oder)-Eisenhüttenstadt, S. 97-101, Berlin

KOLP, O. (1983): Die schrittweise Verlagerung der Odermündung von der Bornholmmulde bis in die Oderbucht infolge holozäner Wasserstandsänderungen im südlichen Ostseeraum. - Peterm. geogr. Mitt. **127**, 2, S. 73-87, Gotha

SCHULZ, R. (1998): Zählungen der Kleingeschiebe, Bericht vom 19.05.1998. - LGRB, Außenstelle Frankfurt (Oder) (unveröff.)

SCHULZ, J. & F. BROSE (2000): Die Kersdorfer Rinne. - In: SCHROEDER, J. H. & F. BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 7: Frankfurt (Oder)-Eisenhüttenstadt, S. 102-108, Berlin

Anschrift des Autors:

Dr. habil. Fritz Brose
Machnower Straße 39 A
14165 Berlin

Die Geologische Übersichtskarte i. M. 1 : 100 000

Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen mit Darstellung ausgewählter Geotope und geologischer Objekte

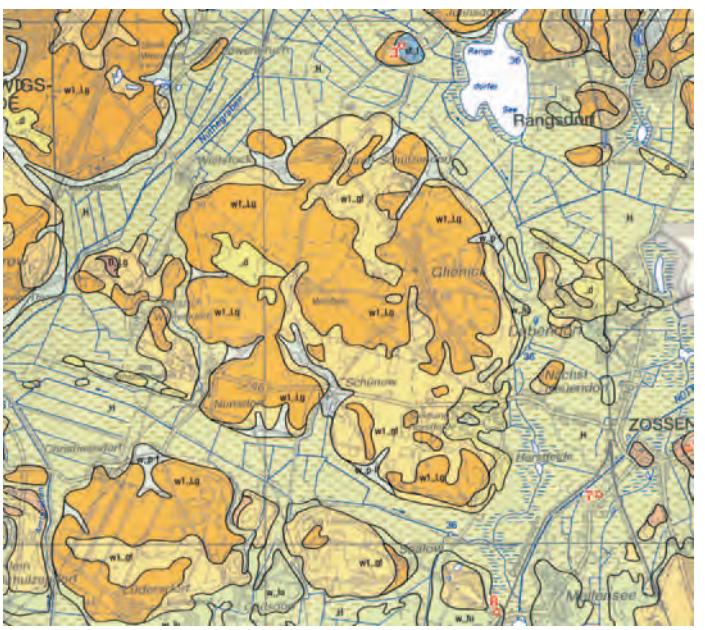
Norbert Hermsdorf & Angela Sonntag

In enger Zusammenarbeit zwischen dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (geologischer Inhalt) und dem Landesvermessungsamt Brandenburg, jetzt Landesbetrieb für Geobasisdaten (LGB, kartographisch-technische Realisierung) entsteht ein Kartenwerk für Brandenburg im Maßstab 1 : 100 000. Auf insgesamt 13 Karten werden mit einer Ausnahme (Elbe-Elster und Oberspreewald-Lausitz) jeweils ein Landkreis, z. T. mit integrierten kreisfreien Städten, abgebildet.

Mit dieser Kartenreihe soll ein allgemeiner Überblick über die Vielfalt und regionale Verbreitung der an der Oberfläche bzw. oberflächennah anstehenden geologischen Baueinheiten mit ihren unterschiedlichen Gesteinszusammensetzungen gegeben werden. Des Weiteren wurde eine Auswahl an Geotopen, geowissenschaftlichen wie auch geotouristischen Objekten in die Kartendarstellung aufgenommen, um einen möglichst breiten Nutzerkreis anzusprechen. Die Abbildung der geologischen Inhalte erfolgt als Inseldarstellung bezogen auf die Grenzen der jeweiligen Kreise.
Entsprechend ihrem Übersichtscharakter erfolgte die Erarbeitung der Karte als Einschichtdarstellung mit einer allgemeinen Abbildungstiefe bis 2 m. In besonderen Ausnahmen musste die Abbildungstiefe im Interesse des Gesamtüberblicks geringfügig unterschritten oder auf max. 5 m erweitert werden. Trotz der angestrebten Detailliertheit der Karte konnte aber auf notwendige Zusammenfassungen und Generalisierungen sowie "Hangendabdeckungen" zu Gunsten des Liegenden nicht verzichtet werden. Die zumeist nur kleinflächig ausstreichenden präquartären Gesteine wurden in ihrer Verbreitung überzeichnet. Gleiches betraf auch die quartären "Exoten", wie z. B. Sedimente der Eem- und Holstein-Warmzeit und auch glazigene Schollen präquartärer Sedimente. Sie wurden auch innerhalb von Stauchungskomplexen, obwohl dazugehörend, separat dargestellt. Unberücksichtigt blieben Deponien und Aufschüttungen in den Städten, aktive und auflässige Gruben sowie Störungen in Gebieten untertägigen Bergbaus.

Als topographische Grundlage wurde die einfarbige Ausgabe der Topographischen Karte 1 : 100 000 verwendet, wobei auf die Darstellung der Waldflächen und flächenhafter Bebauungen verzichtet wurde. Der topographische Kartenspiegel reicht allseitig über Kreisgrenzen hinaus und ermöglicht so eine bessere geographische Orientierung. Dem gleichen Zweck dienen die "Meßtischblatt"(TK 25)-Einteilung und das im Kartenrahmen angerissene UTM-Netz (Maschenweite 4 cm entsprechen 4 km in der Natur). Zu jeder Karte erscheint ein beschreibendes Beiheft.

Im Jahr 2004 erschienen als erste Karten der Landkreis Teltow-Fläming (Bl. 9) und die Kreise Elbe-Elster und Oberspreewald-Lausitz (Darstellung auf einer gemeinsamen Karte) (Bl. 12).



Ausschnitt aus der Geologischen Übersichtskarte 1 : 100 000, Blatt 9 (Landkreis Teltow-Fläming)

Der **Vertrieb** der Kartenreihe erfolgt über die Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg – Kundenservice – in 14473 Potsdam, Heinrich- Mann-Allee 103 (Tel: 0331 8844 – 123).

Annotation: Hermsdorf, N. & A. Sonntag: Die Geologische Übersichtskarte 1 : 100 000, Blatt 9 und Blatt 12 (Landkreise Elbe-Elster und Oberspreewald-Lausitz). - Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Bereich Geologie, Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 200

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	**12** (2005), 1/2	S. 165-172	3 Abb., 23 Lit.

Neotektonische Aktivitätsgebiete in Brandenburg (Norddeutschland)

Neotectonically active regions of Brandenburg (northern Germany)

WERNER STACKEBRANDT

1. Brandenburgs Position in der neotektonisch aktiven Mitteleuropäischen Senkungszone

Publikationen zu neotektonischen und neogeodynamischen Aktivitäten Mitteleuropas und Norddeutschlands belegen die Bedeutung derartiger Befunde auch außerhalb der tektonisch aktiven Plattengrenzen. Begründet ist dieses erhöhte Interesse teilweise durch eine höhere Sensibilität der Gesellschaft gegenüber zumeist ungewollten Landschaftsveränderungen bzw. für das Erfordernis, Langzeitstabilitätsaussagen zur Erdkruste oder zu sich ändernden hydrodynamischen Parametern (z. B. Salzwasserinjektionen) zu treffen. Bei den neotektonischen Szenarien für Norddeutschland stehen teils regionale (u. a. LUDWIG & SCHWAB 1995, GARETZKY et al. 2001, STACKEBRANDT 2004, REICHERTER et al. 2005), teils lokale Gesichtspunkte (u. a. SIROCKO 1998, SZEDER & SIROCKO 2005) im Vordergrund. Eines der Hauptergebnisse eines internationalen Projektes zur Neogeodynamik im nördlichen Mitteleuropa (siehe GARETZKY et al. 2001) ist die Feststellung einer großregionalen aktiven Senkungszone im nördlichen Mitteleuropa, die sich von der südlichen Nordsee über Hamburg, Berlin, Cottbus bis nach Südpolen verfolgen lässt und die sowohl im nordnordöstlichen als auch im südsüdwestlichen Randbereich durch sich heraushebende Strukturen begleitet wird. Brandenburg liegt fast vollständig in der Senkungszone. Die sich heraushebenden Schollen flankieren es im äußersten Nordosten und im Süden, wo die Mitteldeutschen Hauptabbrüche zwischen der sich senkenden und der sich hebenden Scholle die eigentliche Scharnierzone darstellen. Während in den senkenzentralen Teilen des Aktivitätsgebiets epirogenetische Bewegungen dominieren, offenbaren die Aufschlüsse im känozoischen Deckgebirge der Braunkohlentagebaue der Lausitz auch die bruchtektonische Wirksamkeit dieser Beanspruchungsetappe im Übergang zum südsüdwestlich angrenzenden Hebungsgebiet (Teil der Central European uplift zone, GARETZKY et al. 2001). So zeigt u. a. der Zug von WNW-ESE streichenden Gräben (Zinnitzer Grabenzone, Graben von Groß Jehser, Calau-Plieskendorfer Störungszone, Kauscher Graben, Grabenzone Terpe, Weißwasser Graben, Nochtener Graben) intensive dilatative Bewegungen, die auch noch das jüngst aufgeschlossene Tertiär (Raunoer Folge) betroffen haben (NOWEL et al. 1994).

Mit der stratigraphischen Neubewertung und Stellung der Raunoer Folge in den Übergangsbereich Miozän - Pliozän (MENNING 2005) ist auch die zeitliche Einstufung der Senkungsbewegungen, die zur Tieferlegung der Rupel-Basis in der Mitteleuropäischen Senkungszone geführt haben, neu zu beurteilen. Ob dieses bruchtektonische Beanspruchungsereignis jedoch als Hauptbewegungsimpuls auf die gesamte Senkungszone übertragen werden kann, ist noch nicht ausreichend gesichert. Die Konzentration der jungen bruchtektonischen Ereignisse auf das Störungssystem der Mitteldeutschen Hauptabbrüche folgt im Sinne der Postumität der schon paläotektonischen Aktivität dieser Störungssysteme. BADURA et al. (2003) beschreiben ebenfalls känozoisch aktive Störungszonen im südwestlichen Polen, für die, im Streichen der hier beschriebenen Strukturen liegend, von einer vergleichbaren Anlage ausgegangen werden kann.

Die zeitliche Konzentration der neotektonischen Hauptbewegungen auf den Übergangsbereich Miozän-Pliozän hat auch Konsequenzen für die Ableitung von zukünftigen Szenarien für die Weiterentwicklung der norddeutschen Landschaft.

In diesem Beitrag sollen ergänzend zu den oben zusammenfassend dargestellten regionalen Aussagen zu neotektonischen Aktivitäten im nördlichen Mitteleuropa Möglichkeiten des Aktivitätsnachweises an ausgewählten konkreten lokalen geologischen Strukturen des zentralen Brandenburgs aufgezeigt werden. Grundlage hierzu sind geomorphologische Auswertungen der Strukturen Rauensche Berge und Diapir Sperenberg. Beide sind morphologische Vollformen, deren Genese jedoch große Unterschiede aufweist; während die Rauenschen Berge einen vorwiegend glazitektonischen Formenschatz aufzeigen, sprechen die Befunde im Diapir Sperenberg für junge Aufstiegsbewegungen des Salzkörpers. Die Aussagen zur jungen Aktivität dieser Lokalstrukturen werden durch Befunde aus der Analyse der Fließgewässern ergänzt.

Die Abbildung 1 zeigt die Position dieser Strukturen in der überregionalen neotektonisch aktiven Mitteleuropäischen Senkungszone. Diese ist durch postrupelzeitliche Einsenkung bis zu mehreren Hundert m und Quergliederungen durch NNE-SSW streichende Störungen, die zu einer teleskopartigen Verengung dieses Senkungsgebietes in Richtung Südosten führten, charakterisiert. Die Tiefenlage der Quartärbasis (SCHWAB & LUDWIG 1996) bildet in abgeschwächter Form diese Aktivitätszone ebenfalls nach und bestätigt damit das

Andauern der postrupelzeitlichen Senkungsbewegung bis in die Gegenwart. Die jungen Blockbewegungen kommen auch im Fließgewässersystem durch Laufcharakteristik (Ausrichtung, Laufveränderungen, zeitliche Richtungsumkehr, Bifurkationen etc.) sowie Gewässerscheiden zum Ausdruck. Hierauf wird weiter unten eingegangen. Die senkungsbedingte überregionale Tiefenlage der Quartärbasis wird jedoch durch die Intensität und Dominanz der exogen bedingten, tief einschneidenden Rinnen (quartäre Ausräumungszonen) verschleiert. Inwieweit die Ausprägung der quartären Ausräumungszonen auch neotektonisch gesteuert sein kann, ist schon erläutert worden (STACKEBRANDT 2004). Daher sollen in diesem Beitrag nicht die überregionalen, sondern hierzu ergänzend einige lokale Befunde aufgezeigt werden.

2. Einzelbefunde

2.1 Rauensche Berge

Die ca. 30 km² große Stauchungsstruktur Rauensche Berge liegt nahe der Aktivitätsachse der jungen Senkungszone, die sich von der südlichen Nordsee über Hamburg, Berlin, Cottbus bis nach Südpolen erstreckt. Sie ist eine morphologische Aufragung auf einer der für Brandenburg typischen glazigenen Hochflächen; weiter im N wird sie vom Berliner Urstromtal tangiert. Typisch ist ein glazitektonischer Formenschatz mit einem nach ENE offenen Faltenbau vermutlich saalezeitlichen Alters. Im Osten bildet eine auch weichselzeitlich genutzte Schmelzwasserabflussbahn, in der heute die Rinnenseen Petersdorfer See und Scharmützelsee lie-

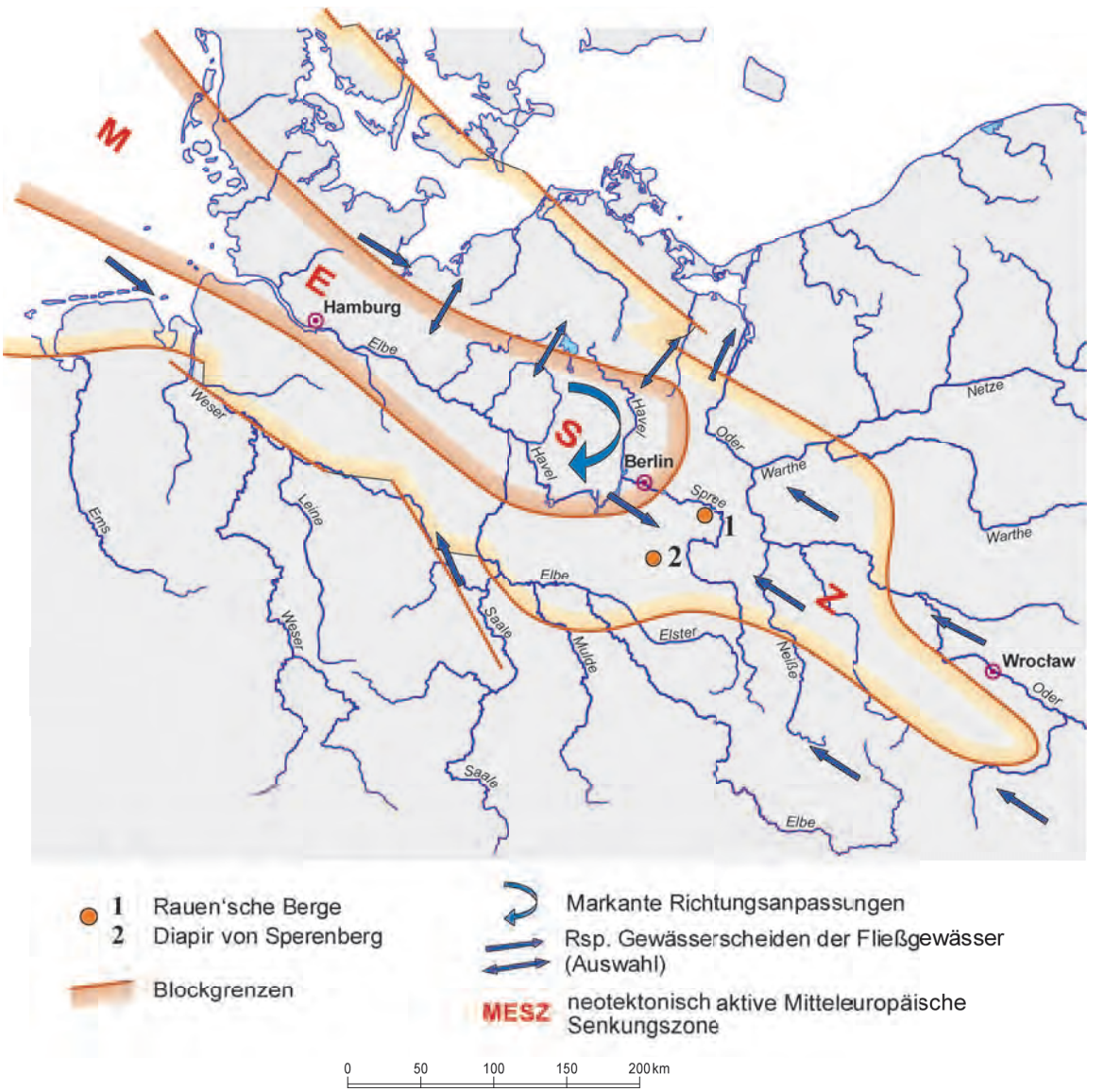
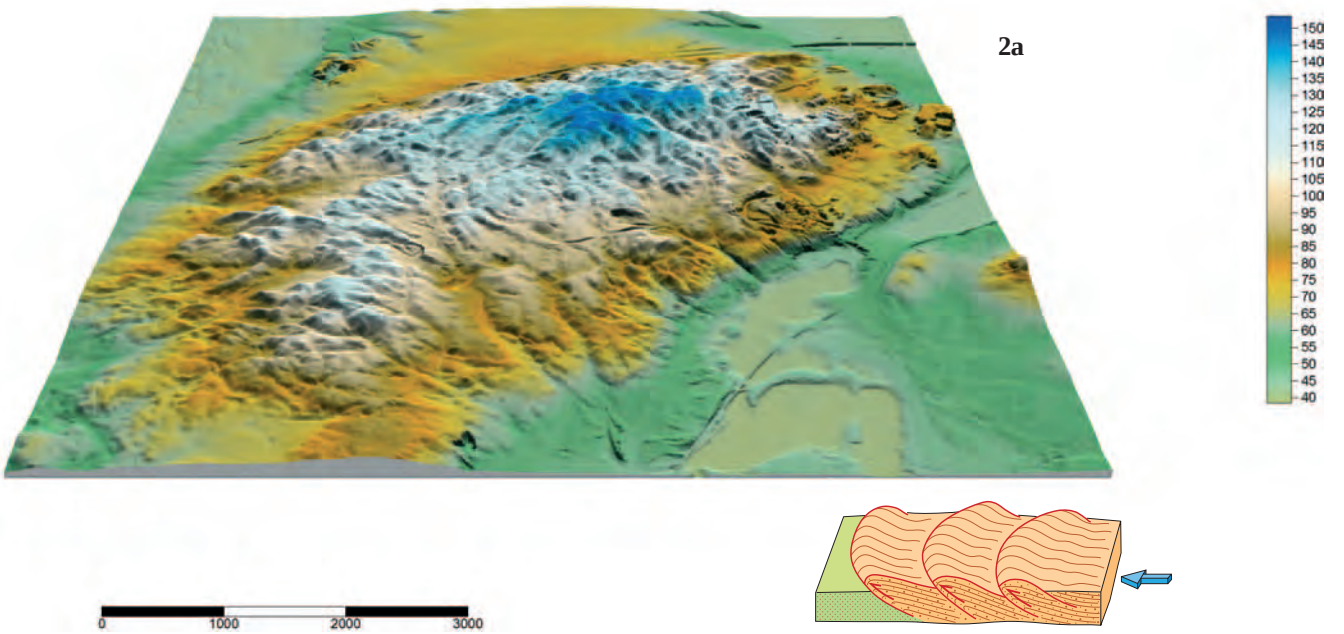


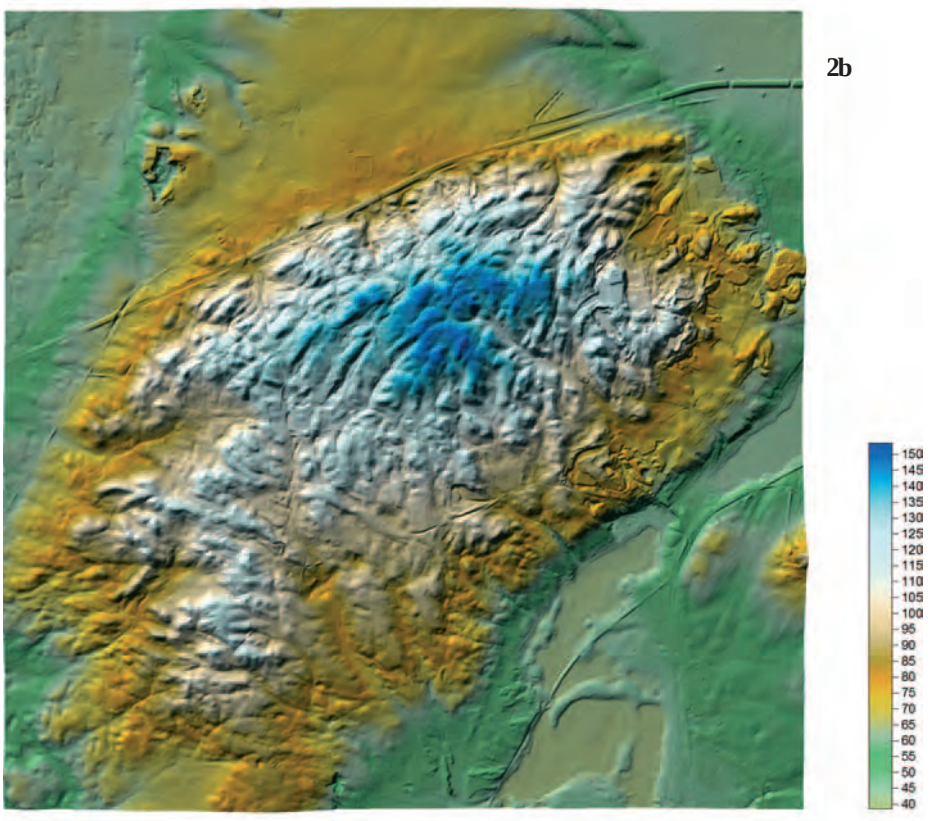
Abb. 1 *Der neotektonische Blockbau beeinflusst das Fließgewässersystem im nördlichen Mitteleuropa*

Fig. 1 *Neotectonic block structures have influenced the river net in northern Central Europe*

Abb. 2 Der Stauchmoränenkomplex Rauen, südlich Fürstenwalde
Fig. 2 The push-moraine of Rauen, south of Fürstenwalde



2a) Eine NE-SW gerichtete glazitektonische Beanspruchung schuf einen bogig verlaufenden Falten- und Schuppenbau;
2a) NE-SW directed ice flow created bended folds and imbricate structures, which are open to NE



2b) WNW-ESE streichende Lineationen sprechen für eine junge tektonische Aktivität im Verlauf der Senkenachse der neotektonischen Mitteleuropäischen Senkungszone

2b) WNW-ESE striking lineations speaks for young tectonic activities within the Central European subsidence zone

gen, die morphologische Begrenzung. Strukturgeologisch bilden die östlich der Rinnenstruktur angrenzenden Petersdorfer Höhen mit den Rauenschen Bergen eine Einheit. Nach Westen erfolgt eine allmähliche Abdachung zum tributären Dahme-Urstromtal. Entlang des markanten Nordanstiegs der Rauenschen Berge (höchste Erhebung 153,8 m östlich der Markgrafensteine) verläuft heute die BAB 12, die die Rauenschen Berge von dem namengebenden Dorf Rauen trennt.

Aus den Kartierungsbefunden wurden eine saalezeitliche Stauchmoränengenese und eine weichselglaziale Überprägung abgeleitet (Hannemann 1969, 2002, Lippstreu 1995). In die glazitektonische Deformation einbezogen sind sowohl präweichselzeitliche quartäre, als auch jungtertiäre Sedimente (Miozän, Formsandgruppe, Pliozän). Einblick in den Strukturbau des Stauchmoränenkomplexes gestattete der früher hier umgehende Braunkohlenbergbau, der die Kohle im Tiefbau förderte. Lippstreu & Ziermann

(1969) rekonstruierten aus den markscheiderischen Unterlagen den Verlauf der Falten und Schuppen, die im Nordteil NNE-SSW und NE-SW streichen, während im Südteil der Rauenschen Berge NW-SE streichende Strukturen hinzutreten und teilweise dominieren. Aus der Analyse der Grundmoränenunterkanten schlossen die gleichen Autoren auf ein jüngeres saalezeitliches Alter der Hauptdeformation und beobachteten in der Rauener Kiesgrube die diskordante Überlagerung durch eine ungestörte weichselzeitliche Grundmoräne. Wegen der hohen Variabilität der Orientierung der glazitektonischen Strukturen hat HANNEMANN neben den beiden saalezeitlichen Vereisungen auch eine Mitbeteiligung der elsterzeitlichen Vergletscherung vermutet. Hierfür spricht ebenfalls die intensive Einbeziehung der jungtertiären Schichtenfolge in die glazitektonische Deformation. Wegen der intensiven Bewaldung der Rauenschen Berge konnten morphologische Gesichtspunkte bisher nur bedingt in die Analyse der Stauchungsstruktur einbezogen werden.

Mit den aus Airborne-Laserscanning-Verfahren abgeleiteten digitalen Geländemodellen (Digital Terrain Model, DTM)[1] liegen nun neue Befunde zur Oberflächenmorphologie vor, die in Ergänzung zu den aus dem Bergbau ermittelten glazitektonischen Beobachtungen eine Neubewertung des Strukturbaus gestatten. Sie belegen einen nach ENE offenen glazitektonischen Falten- und Schuppbau und die Anlage von damit einher gehenden SW-vergenten Störungsflächen (Abbildung 2a) vermutlich saalezeitlichen Alters, die an der Nordflanke der Rauenschen Berge durch jüngere glazitektonische bzw. glazialdynamische Ereignisse weichselzeitlichen Alters überprägt wurden.

Für die hier im Vordergrund stehenden neotektonischen Aussagen sind die mittels DTM erkannten WNW–ESE streichenden Lineationen, die den glazitektonischen Formenschatz durchsetzen, von besonderer Bedeutung. Sie verlaufen parallel zu der aus Abbildung 1 erkennbaren und den nordmitteleuropäischen Raum querenden Aktivitätsachse und legen den Schluss nahe, das lokale Abbild dieses regionalgeologischen jungen tektonischen Elements zu sein.
Die Abbildung 2b zeigt die Intensität und hohe Richtungskonstanz dieses vermuteten neotektonischen Lineationsmusters, das das ältere (vorwiegend saalezeitliche) glazitektonische Struktureninventar der Rauenschen Berge durchschlägt und sich auch im östlich angrenzenden Grundmoränengebiet fortsetzt. Eine Detailuntersuchung der in den Lockersedimenten entwickelten Lineationen im Gelände steht noch aus. Genetisch wird ein Summen- und Konzentrationseffekt von Bewegungen in dem konkret entwickelten Lineationsgefüge seit der Ablagerung bzw. der glazitektonischen Beanspruchung der Schichtenfolge vermutet (Abb. 2).

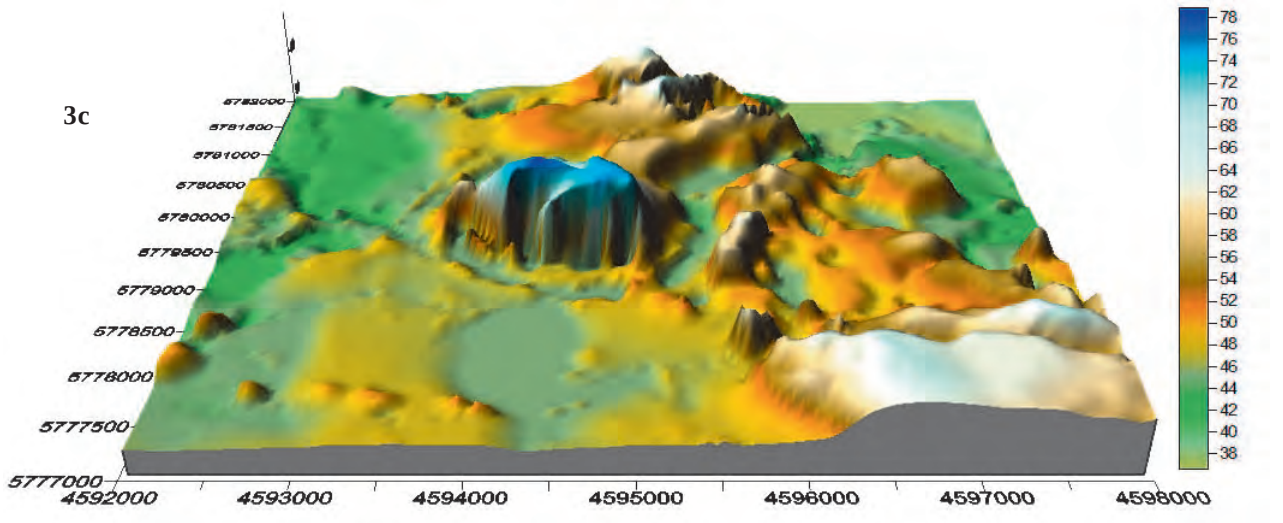
Gestützt wird die tektonische Interpretation der in den Rauenschen Bergen erkannten Lineationen durch intensive Fließrichtungsänderungen der Spree in der direkten östlichen Nachbarschaft des Gebiets, auf die weiter unten erneut eingegangen wird. Auf ein Wirksamwerden der Lineationen als mögliche neotektonische Bewegungszonen, die sich u. a. in der Orientierung der Flusstäler äußern, aber auch auf die Stabilität der Oderdeiche ausgewirkt haben könnten, hat SIROCKO (1998) aufmerksam gemacht. Die von ihm als neotektonisch aktiv interpretierten Lineationen queren das Gebiet der Rauenschen Berge zwar nicht direkt, geben aber ein Aktivierungsmuster vor, das auch die in Abbildung 2b dargestellten Lineationen in den Rauenschen Bergen verursacht hat.

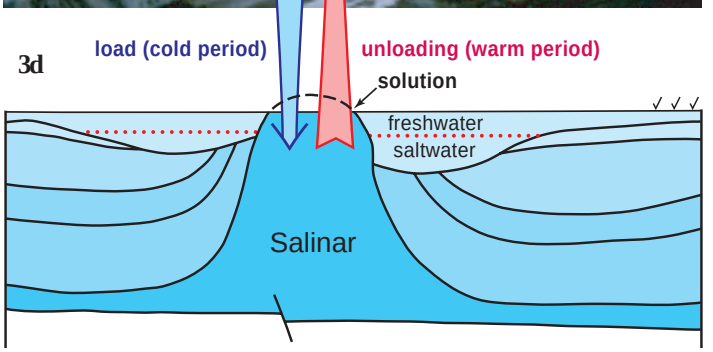
2.2 Diapir Sperenberg

Der Diapir Sperenberg befindet sich im südlichen Randbereich der Brandenburg von NW nach SE querenden neotektonisch aktiven Zone. Wissenschaftshistorisch kommt dieser Salinarstruktur eine besondere Bedeutung zu, weil hier die geothermische Tiefenstufe abgeleitet wurde (vgl. GÖLLNITZ & BEER 1994, dort auch detailliertere Angaben zur Geologie und Untersuchungsgeschichte). Der Diapir Sperenberg

ist die einzige Salinarstruktur Brandenburgs, in der das Zechsteinsalz bis zur Oberfläche vorgedrungen ist. Lösungsbedingt besteht das Dach des Diapirs aus einem mehrere Dekameter mächtigen Caprock, der Salzspiegel liegt ca. 45 m unter NN. Zwischen der Lage des Diapirs, der geomorphologischen Ausprägung seines Daches und seiner Umgebung bestehen enge Wechselwirkungen. So folgt die 60 m-Isohypse in etwa der Salzstockkontur, woraus bereits Göllnitz & Beer auf rezente Aufstiegsaktivitäten schlussfolgerten. Diese Wechselwirkung zwischen Diapir und Oberflächengestaltung bestätigt sich auch in der der Außenkontur des Diapirs folgenden Lage von Seen, die einen zu ca. zwei Dritteln geschlossenen Ring um den Diapir bilden (Krummer See, Fauler See) und auf einen postglazialen Salzaufstieg bzw. dadurch initiierte Salzlaugung schließen lassen. Nach Norden ist der Seenring um den Diapir offen. In diese Richtung taucht der Diapir allmählich ab, zudem wird die Oberfläche hier durch saalezeitlichen Geschiebemergel gebildet. Putscher (1978) verweist auf die starke Differenzierung der Caprockoberfläche, die sowohl durch die Eiserosion (Exaration), Bildung von Schuppenstapeln und Ausspülungen durch Schmelzwässer erzeugt wurde. Darüber hinaus treten durch den Bergbau initiierte Subrosionserscheinungen auf, die zu Erdfällen und Oberflächensenkungen geführt haben.

Modelle für Eisauflast bedingte quartärzeitliche Reaktivierungen von Störungen und Salzdiapiren haben Reicherter et al. (2005) vorgelegt. Derartige glazialisostatische Aktivierungen kommen auch in erster Linie als Ursache für die jungen Nachbewegungen des Diapirs von Sperenberg in Frage. Dies wird in Abbildung 3 verdeutlicht, die das Zusammenspiel von geologischem Bau und der Oberflächenmorpholo-





gie von Sperenberg und Umgebung zeigt. Grundlage für das Raummodell (Abb. 3c) sind digitale Geländedaten, die vom LGB zur Verfügung gestellt und mittels „Surfer“ (Visualisierungssoftware von Golden Software, Inc., Golden USA) dargestellt wurden. Der überraschend steile morphologische Gradient im direkten Kontakt zwischen dem Umfeld und dem eigentlichen

Abb. 3
Sperenberg, eine subrezent aktive Salinarstruktur:
Topographie (a), Geologie (b), 3D-Morphologie (c), isostatisches Bewegungsmodell (d)
Fig. 3
The subrecent active salt plug of Sperenberg: topography (a), geology (b), 3D-morphology (c), isostatic activation (d)

Diapir belegt die vermutete junge Aufstiegsbewegung sehr anschaulich. Eine Konservierung dieser Steilstufe als präquartäre Aufragung ist unter den Bedingungen des mehrfach vorrückenden Eises schwer vorstellbar. Jedoch spricht das Fehlen von weichselglazialen Sedimenten auf dem Top des Diapirs (HERMSDORF 2004) für eine Nunataker-Funktion der Salinarstruktur während des jüngsten Vereisungszyklus. Diese Beobachtung wird durch den nahe gelegenen Außenrand des Eises des Brandenburger Stadiums gestützt, das nicht mehr in der Lage war, die Aufragung zu überfahren. Der isostatische Impuls scheint daher bereits aus den vorhergehenden und – weil weiter nach Süden vorgreifend – wesentlich mächtigeren Eisbedeckungen zu resultieren.
Ob die Anlage der rezenten Senkungszone um den Diapir mit dem durch die Aufwärtsbewegung des Salzes verbundenen Volumendefizits an seiner Basis und entsprechender Fortentwicklung als Randsenke einher geht, oder – was wahrscheinlicher ist – eine direkte Folge des in den Süßwasserhorizont aufgestiegenen und dann gelösten Salzes ist, wird mit Abbildung 3d näher beleuchtet. Der direkte räumliche Bezug der eingesenkten Zone zum Topbereich des Diapirs sprechen für die Interpretation als subrezente Lösung von isostatisch aufgestiegenem Zechsteinsalz.
Die hohe quartärzeitliche Mobilität wird auch durch die erhebliche Tieferlegung der Quartärbasis im Umfeld der Struktur Sperenberg belegt. Sperenberg ist damit ein anschauliches Beispiel für die enge Wechselwirkung von endo- und exogenen landschaftsgenetischen Prozessen (Abb. 3).

2.3 Weitere Aktivitätsnachweise

Auf die Wechselwirkung des sensibel auf Krustenbewegungen reagierenden Gewässersystems ist schon mehrfach hingewiesen worden (u. a. SIROCKO 1998, VON BÜLOW 2002, REICHERTER et al. 2005). Neben der Orientierung der Gewässerscheiden und der Fließrichtungsbeeinträchtigung in Abhängigkeit von nachweislich neotektonisch aktiven Schollen treten in einzelnen Flusstälern auch Fließrichtungswechsel auf, die auf gewandelte Abflussbedingungen hinweisen. Einige markante Einflussnahmen der jungen Mobilität des Untergrundes sind bereits in Abbildung 1 eingetragen. Die dort als tektonischer Bezug dargestellten Blockgrenzen sind unabhängig aus der Auswertung der Tiefenlage der Rupelbasis ermittelt worden (vgl. STACKEBRANDT 2004). Um so überraschender ist das hohe Maß an Übereinstimmung zwischen den sich unterschiedlich intensiv und in unterschiedliche Richtungen einsenkenden Untergrundsstrukturen und dem Gewässersystem. Die vorwiegende Einflussnahme erfolgt durch intensive Richtungsauslenkungen im Bereich der aktiven Blockgrenzen. Einige dieser Auslenkungen sind in Abbildung 1 durch Pfeile markiert. Eine besonders intensive Anpassung an den neotektonischen Blockbau, insbesondere an den Verlauf des Kernbereiches der Senkungszone zeigt der Lauf der Havel, die mit ihrem bogenartigen Verlauf die sich am intensivsten absenkende Scholle direkt nachzeichnet, in der sie dann über die Elbe nach WNW entwässert. Als eine sich ebenfalls deutlich markierende Zone wird auf die Unter-Oder-Störung hingewiesen, die sich nicht nur im Oberflächenbild markiert, sondern an der auch die Rupelbasis verstellt wird und die insgesamt als NNE-gerichtete Fortsetzung einer der „Querstörungen“ innerhalb der Mitteleuropäischen Senkenzone fungiert.
Neben dieser richtungsmäßigen Beeinflussung treten vereinzelt auch prinzipielle Fließrichtungswechsel auf. Ein Beispiel hierfür ist das Tal der Stremme in Westbrandenburg, deren ursprüngliches Tal bis in das frühe Holozän (spätestens bis in die Dryas) als südorientiertes Fließgewässer fungierte, rezent aber nach Norden in die Havel entwässert. Dieser Wechsel ist nicht nur durch den Wandel von Schmelzwasser bestimmten Fließgewässern zu solchen der „normalen“ kontinentalen Entwässerung bedingt, sondern hängt ursächlich mit den jungen Schollenkippungen zur Achse der Mitteleuropäischen Senkungszone zusammen.
Als ein Spezialfall der Fließgewässeranpassung an die störungskontrollierte Krustendynamik tritt im Roten Luch (Ostbrandenburg) eine Bifurkation auf (DALCHOW 2004), in der die Wässer der Stobber teilweise nach SSW und NNE entwässern. Darüber hinaus erwartet DALCHOW im Bereich der NNE-Flanke des Roten Luchs eine zunehmende Anzapfung durch das Odertal, in deren Konsequenz sich die heutige Gewässerscheide zwischen Nord- und Ostsee erheblich verschieben würde.

3. Schlussfolgerungen

Die neotektonischen Aktivitäten ausgewählter Einzelstrukturen bestätigen das überregionale tektonische und isostatische Bewegungsverhalten im nördlichen Mitteleuropa. Besser als in den großregionalen Untersuchungen kann im Detail der differierende Einfluss von echten tektonischen, isostatischen und exogenen landschaftsgestaltenden Faktoren abgeschätzt und ihre zumeist enge Wechselwirkung erkannt werden. Als Bewegungsscharniere für die sich unterschiedlich bewegenden Regionen Brandenburgs fungieren im Sinne der Postumität vorwiegend präexistente Störungszonen. Die unterschiedlich angeregten Landschaftsveränderungen setzen sich auch rezent fort, worauf nicht nur die intensiven Anpassungen der Fließgewässer an den Schollenbau des Untergrundes hinweisen, sondern auch die jungen Bewegungen an den Salinarstrukturen, die auf einen noch nicht abgeschlossenen isostatischen Aufstieg seit der elster- und saalezeitlichen Belastung deuten und sich u. a. durch fortgesetzte Lösungsprozesse äußern.
Das Beispiel der reaktivierten Salinarstruktur Sperenberg lässt sich möglicherweise auf eine Reihe weiterer Diapire Norddeutschlands übertragen; für die Strukturen Segeberg (Holstein) und Rambow (Prignitz) ist das ganz augenscheinlich.

Geologische Zukunftsszenarien haben die fortgesetzte Einsenkung der quer durch Brandenburg verlaufenden Mitteleuropäischen Senkenzone zu berücksichtigen. In Verbindung mit Aktivitäten in den benachbarten Regionen lässt sich eine überregionale tektonische Anregung aus ESE, dem östlichen Alpen-Karpaten-Tektogen ableiten.

Zusammenfassung

Das Landesgebiet Brandenburgs ist geologisch aktiv. Es gehört zu seinem größten Teil der sich neotektonisch einsenkenden Mitteleuropäischen Senkungszone an, die sich von der südlichen Nordsee bis nach Südpolen erstreckt. Diese Senkung dauert an, was aus den Lageveränderungen von Markerhorizonten und der Richtungsanpassung der Fließgewässer an die sich unterschiedlich einsenkenden Schollen erkannt werden kann. Neben der großregionalen Einsenkung sind auch an lokalen Strukturen Auswirkungen zu identifizieren, die den Vorteil bieten, die Wechselwirkungen endo- und exogener landschaftsgenetischer Prozesse erfassen zu können.

Summary

The territory of Brandenburg is geological still active. With its greater part it belongs to the neotectonically subsiding Central European Subsidence Zone, running from the southern North Sea via Hamburg, Berlin, Cottbus to Wroclaw in southwestern Poland. This activity is still going on, which is proved by deformed marker horizons as well as changing river orientation influenced by block structures subsiding differently. Besides the regional subsidence processes there are effects on local structures which offer the chance to analyse the relationship between endo- and exogenic landscape sculpturing processes.

Literatur

BADURA, J., ZUCHIEWICZ, W., GORETZKI, A., SROKA, W., PRZYBYLSKI, B. & M. ZYSSZKOWSKA (2003): Morphotectonic properties of the Sudetic Marginal Fault, SW Poland. - Acta Montana IRSM AS CR (2003), Series A, No. 24 (131), S. 21-49, Praha

BAYER, U., SCHECK, M. RABBEL, W. KRAWCZYK, C., GÖTZE, H.J., STILLER, M. BEILECKE, T. & A.-M. MAROTTA (1999): An integrated study of the NE-German Basin. - Tectonophysics 314, S. 285-307, Amsterdam

DALCHOW (2004): Exkursion A2: Regionale Geologie, Geotopschutz, Altbergbausanierung und Landschaftsgenese westlich Frankfurt (Oder). - In: STACKEBRANDT, W. SEIDEMANN, A. & F. LUDWIG: Tagungsband 71. Tagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen, Juni 2004, Frankfurt (Oder)

FLIEGEL, G. & A. JENTSCH (1921): Geologische Karte 1 : 25 000, Blatt Sperenberg. - Preußische Geologische Landesanstalt, Lieferung 243, Berlin

GARETZKY, R. G., LUDWIG, A. O., SCHWAB, G. & W. STACKEBRANDT (2001): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and adjacent areas. Abridged version. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **8,** 1, explanatory notes & neogeodynamic maps 1-8, Kleinmachnow

GARETZKY, R. G., A. O. LUDWIG, G. SCHWAB & W. STACKEBRANDT (2003): Neogeodynamics of the Baltic Sea Depression and adjacent areas. Abridged version. - Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, (NF) 40, S. 51-116, Hamburg

GÖLLNITZ, D. & H. BEER (1994): Exkursion A2: Diapir von Sperenberg. - In: STACKEBRANDT, W., SCHWAB, G. & G. EHMKE: Tagungsband 61. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen, Mai 1994, Potsdam

HANNEMANN, M. (1969): Saale- und weichselzeitliche glazigene Dynamik und Alter der Lagerungsstörungen im Jungmoränengebiet Brandenburgs. - Geologie **18**, S. 168-187, Berlin

HANNEMANN, M. et al. (2002): Exkursion A1: Stauchungsgebiete im östlichen Brandenburg. - In: REIß MANN & BÖSE (Hrsg.) Exkursionsführer DEUQUA 2002, S. 8-18, Berlin/Potsdam

HERMSDORF, N. (2004): Geologische Übersichtskarte 1 : 100 000 u. Beiheft, Landkreis Teltow-Fläming. - LGRB und LGB, Kleinmachnow/Potsdam

LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. - In: Benda, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. - S. 116-147, Stuttgart (Borntraeger)

LIPPSTREU, L. & H. ZIERMANN (1969): Zur glazigenen Dynamik im Stauchungskomplex der Rauenschen Berge südlich Fürstenwalde (Spree). - Geologie **18**, S. 729-738, Berlin

MENNING, M. (2005): Erläuterungen zur Stratigraphischen Tabelle von Deutschland. - Newsl. Stratigr., Berlin, Stuttgart (im Druck)

NOWEL, W., BÖNISCH, R., SCHNEIDER, W. & H. SCHULZE (1994): Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers. - Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft, 102 S., Senftenberg

PUTSCHER, S. (1978): Ursachen und Auswirkungen geodynamischer Prozesse im Bereich der Salinarstruktur Sperenberg. - Z. f. angew. Geologie **24**, 12, S. 527-531, Berlin

REICHERTER, K., KAISER, A. & W. STACKEBRANDT (2005): The Post-glacial landscape evolution of the North German Basin: morphology, neotectonics and crustal deformation. - Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch.), Berlin (in press)

SCHWAB, G. (1985): Paläomobilität der Norddeutsch-Polnischen Senke. - Habilitationsschrift, Akademie der Wissenschaften der DDR, 196 S., Berlin

SCHWAB, G. & A. O. LUDWIG (1996): Zum Relief der Quartärbasis in Norddeutschland. Bemerkungen zu einer neuen Karte. - Z. geol. Wiss., **24,** 3/4, S. 343-349, Berlin

SZEDER,T. & F. SIROCKO (2005): Evidence for active tilting of the NW-German Basin from correlations between fluvial landscape and geological subground. - Int. J. Earth Sci (Geol. Rundsch.) 94, S. 66-93, Berlin

SIROCKO, F. (1998): Die Entwicklung der nordostdeutschen Ströme unter dem Einfluß jüngster tektonischer Bewegungen. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 75-80, Kleinmachnow

STACKEBRANDT, W. (2004): Zur Neotektonik in Norddeutschland. - Z. geol. Wiss. **32**, 2-4, S. 85-95, Berlin

Topographische Karte 1 : 25 000, Blatt 3846 Wünsdorf. - Landesvermessungsamt Brandenburg, 1. Aufl. 1994, Potsdam

VON BÜLOW, W. (2002): Ist die „Brandenburger Wanne“ eine Schmelzwasser-Erosionsform oder eine glazioisostatisch-tektonische Senke? - Terra Nostra 2002/6, DEUQUA-Tagung 2002, S. 386-393, Berlin/Potsdam

Anschrift:
Dr. Werner Stackebrandt
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 201

[1] Im Auftrag des LGRB durch die Milan Flug GmbH realisiert

Kurzmitteilung

„Geo-Führer in die Schulen“ – ein Projekt der „Geowissenschaftler in Berlin Brandenburg e.V.“

JOHANNES H. SCHROEDER

Im Verein „Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg“ taten sich unmittelbar nach der Wende Geowissenschaftler aus Ost und West, aus Berlin und Brandenburg, zusammen. Mit heute ca. 250 Mitgliedern in Universitäten, Firmen, Ämtern etc. stellt er ein kleines, aber feines regionales Geo-Netzwerk dar. Er hat sich u.a. zum Ziel gesetzt, die geologischen Kenntnisse über unsere Region zu sammeln und in Führern zu ausgewählten Gebieten zu publizieren. Mit der Zeit ist eine Serie von neun Bänden zusammengekommen (Abb. 1; nähere Information im Internet: www.sedimentologie.tu-berlin.de/Verein/Buecher/Uebersicht_Buecher.htm). Dem Leser der Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge ist das Wachsen der Reihe durch Besprechungen der neu erschienenen Bände sukzessive bekannt gemacht worden; mancher soll auch schon mit so einem Führer im Gelände gesehen worden sein. Drei Bände sind bereits in der zweiten Auflage erschienen; zur Zeit ist Nr. 6 vergriffen, die Neuauflage in Arbeit. Die Gesamtauflage liegt bei 22 500. Mittlerweile haben 186 Autoren mitgearbeitet, davon 39 mehrfach. Nach Beteiligung und Inhalt steht die Serie als ein positives Zeichen des geowissenschaftlichen Mitteilens, Austauschens und Zusammenwachsens der Nach-Wende-Zeit.

Die Zielpersonen dieser Führer sind interessierte Laien. Daher kamen wir auf den Gedanken, dass sie möglicherweise auch in Schulen für den Erdkunde-/Geographie-Unterricht nützlich sein könnten. Wir starteten eine Spendenaktion unter den Mitgliedern unseres Vereins. Diese wurde dankenswerter Weise von den „Förderern der Geoingenieurwissenschaften und Werkstoffwissenschaften an der Technischen Universität Berlin e.V.“ großzügig unterstützt. Auf diese Weise waren wir in der Lage, 45 Schulen in Berlin und Brandenburg einen Satz der neun Führer zur Verfügung zu stellen. Wir haben dann aufgrund der Angaben von Mitgliedern und anderen solche Schulen ausgewählt, an denen der Erdkunde-/Geographie-Unterricht nicht nur kein Schattendasein führt, sondern – im Rahmen der lehrplanmäßig beschränkten Möglichkeiten – mit Begeisterung betrieben wird.

Von März bis November 2005 wurden 41 Sätze vergeben, davon 38 an (meist Ober-)Schulen – 11 in Berlin, 27 in Brandenburg, dort von Kyritz bis Elsterwerda und von der Stadt Brandenburg bis Seelow. Außerdem wurden zwei Umwelt-Zentren sowie aufgrund besonderer Anregung der umgebenden Schulen die Stadtbibliothek von Rathenow beschenkt. Ein Blick auf Abbildung 1 zeigt, dass die Verteilung der Beschenkten im Lande Brandenburg durchaus nicht gleichmäßig ist: Das ist die Folge der jeweils eingegangenen Empfehlungen; es stehen aber noch einige Sätze zur Verfügung, um diesen Mangel dort auszugleichen, wo die Voraussetzungen gegeben sind.

Zur Übergabe der Bände ist der Autor in 38 Fällen selbst vor Ort gewesen. In einigen Fällen wurde er von örtlichen geowissenschaftlichen Fachleuten und somit unmittelbaren Bezugspersonen

Abb. 1
Lage der in den „Führern zur Geologie von Berlin und Brandenburg“ bearbeiteten Gebiete. Darin sind die Orte mit beschenkten Schulen und andere Einrichtungen im Land Brandenburg markiert: Blankenfeld, Buckow, Brandenburg (2x), Cottbus (2x), Eisenhüttenstadt, Elsterwerda, Falkensee, Frankfurt (Oder) (3x), Fürstenwalde, Hennigsdorf, Kleinmachnow, Kyritz, Müncheberg, Neustadt (Dosse), Nauen, Neuenhagen, Potsdam, Rathenow (4x), Rüdersdorf, Seelow, Treuenbrietzen, Velten

begleitet. In Rathenow, Frankfurt (Oder) und Eisenhüttenstadt wurde in der Lokalpresse über Besuch und Geschenk berichtet. In den Brandenburger Schulen bauten wir mit unserer Aktion auf der des Landesamts vor einigen Jahren auf: Damals wurde den Schulen der „Atlas zur Geologie von Brandenburg“ geschenkt, der auch stolz vorgezeigt wurde.

Bei der Übergabe wurde deutlich gemacht, dass wir diese Führer natürlich nicht für Schulbücher halten und deshalb nur für bedingt schultauglich: Sie bieten aber dem Lehrer leicht aktivierbare regionale Bezüge für den Geo-Unterricht. Unsere Vorstellung, dass die Führer den Lehrern bei der Vorbereitung der einen oder anderen Exkursion für einen Wandertag, fortgeschrittenen Schüler bei der Ausarbeitung eines Referats oder für ein gemeinsames Projekt von Nutzen sein könnten, wurde von den Gesprächspartnern – meist Fachlehrern – bestätigt, zum Teil ergänzt. Ich habe die Aktion auch als Experiment des Zusammenwirkens von Wissenschaft und Schule dargestellt: Der Erfolg hängt wesentlich von der Vermittlung durch den jeweiligen Lehrer ab. Die Unterstützung durch professionelle Geowissenschaftler – eben unsere 250 Mitglieder – ist dabei nachdrücklich angeboten worden; sie braucht nun nur spezifisch abgerufen zu werden. Außerdem habe ich auch konkret um Erfahrungsberichte nach zwei bis drei Jahren gebeten.

Die Gelegenheit war natürlich günstig, über die Möglichkeiten der Unterstützung des lehrplanmäßig doch recht marginalen Geographie-Unterrichts zu sprechen. Immerhin hat als Reaktion auf ein solches Gespräch bereits im September eine Lehrer-Fortbildung im Bereich Potsdam stattgefunden, gestaltet gemeinsam mit dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Bereich Geologie, Kleinmachnow. Des Weiteren wurden Bestimmungen von Gesteinen im Bereich von Schulen, deren Anlagen und deren Sammlungen und die Ausarbeitung von thematischen Exkursionsrouten in Schulnähe sowie von Materialien für konkret lehrplanmäßig definierte Module angesprochen. Mal schauen, was für konkrete Anfragen nun kommen.

Einige allgemeine Bemerkungen aufgrund von Erfahrungen bei den jetzigen Besuchen und von früheren, z. B. im Jahr der Geowissenschaften, seien angefügt:

1. Bei aller Arbeit mit und in Schulen müssen wir außen, ob nun in Universität, Landesamt oder Firma, viel mehr darauf achten, dass wir nicht nur extra-curriculare Erlebnisse mit hoher Attraktion, aber oft niedrigem Wirkungsgrad – so genannte Events – bieten. Statt dessen müssen wir in die verschiedenen Schulen hinein horchen, die engagierten Lehrer – von denen ich viele getroffen habe – befragen: Was wird gebraucht? In welchem Jahrgang? In welcher Form? Im Übrigen geht es den Lehrern ja wie allen anderen: Die vielseitige Belastung steigt. Wenn unsere Aktionen dann nicht zu zusätzlicher Belastung, sondern zur Entlastung des Lehrers beitragen, steigen Realisierungschancen und Effekt.

2. Diese und vergleichbare Aktionen sind in meinen Augen nicht Werbeveranstaltungen für Studium oder Beruf des Geowissenschaftlers, jedenfalls nicht in erster Linie. Ziel ist die Vermittlung geowissenschaftlicher Grunderfahrungen, die dem Menschen hilft, Geo-Aspekte zu verstehen und einzuordnen, vielleicht auch eine gewisse Geo-Neugier zu erzeugen. Wenn dann der eine oder die andere sich trotz der nicht gerade rosigen Beschäftigungsperspektiven für ein Studium der Geowissenschaften interessiert, ist dagegen natürlich gar nichts einzuwenden.

3. Aufgrund der Überbeanspruchung der aktiven Kollegen in den Universitäten, im Landesamt und anderswo – u. a. infolge von fast kontinuierlich laufenden Umstrukturierungen = Personal- und Mittelkürzungen – können im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit Ehemalige, Ruheständler etc. eine wichtige und auch lohnende Aufgabe übernehmen. Inhaltliche wie auch administrative Abstimmung und Begleitung durch die Aktiven wird den Effekt solcher Aktionen und eventuell folgender Nachfragen allerdings maßgeblich steigern.

Anschrift des Autors:
Prof. a. D. Johannes H. Schroeder
Inst. f. Angewandte Geowissenschaften
Technische Universität Berlin

L 3572 Frankfurt (Oder)/Slubice – das erste gemeinsame deutsch-polnische Blatt der Geologischen Karte von Brandenburg i. M. 1 : 50 000

Rainer Schulz & Werner Stackebrandt

Die seit Anfang der 70er Jahre existierenden bilateralen Kontakte zwischen den polnischen und deutschen Geologen erhielten in der Mitte der neunziger Jahre durch die Vereinbarung zur Zusammenarbeit der Geologischen Dienste des Landes Brandenburg und der Republik Polen einen neuen vertraglichen Rahmen. Bei den ersten Arbeitstreffen zwischen den Vertretern des damaligen LGRB, jetzt LBGR, und des Panstwowy Instytut Geologiczny (PIG), die wechselnd in Deutschland und Polen stattfanden, wurde u. a. die gemeinsame Herausgabe grenzüberschreitender Blätter der Geologischen Karte von Brandenburg im Maßstab 1 : 50 000 vereinbart.
Die oberflächengeologischen Kartierungsarbeiten des LBGR – seit 1997 im Regelblattschnitt der TK 50 – konzentrieren sich vorrangig auf Blattgebiete mit noch fehlenden oder sehr revisionsbedürftigen Blättern der Geologischen Karte von Preußen i. M. 1 : 25 000 (GK 25).

In Ostbrandenburg wurde hierfür das **Blatt L 3752 Frankfurt (Oder)/Slubice** ausgewählt, das zugleich als Beispiel für eine gemeinsame grenzüberschreitende geologische Kartierung zwischen Brandenburg und Polen dienen sollte. Neben der grenzüberschreitenden Lage des Blattschnitts waren für diese Entscheidung ausschlaggebend:

- die parallel auf polnischem Territorium laufenden Kartierungsarbeiten im Maßstab 1 : 50 000 durch die PIG-Außenstellen Wroclaw und Szczecin;

- das Fehlen von zwei GK 25-Blättern in diesem geologisch sehr interessanten, aber kompliziert gebauten Gebiet;

- die große Anzahl neuer Bohr- und temporärer Aufschlüsse, die durch die verstärkte Bautätigkeit in Frankfurt (Oder) seit 1990 angefallen sind und durch Mitarbeiter der Außenstelle Frankfurt (Oder) des LBGR geologisch bearbeitet wurden.

Die Geländearbeiten wurden vom PIG und LGRB gleichzeitig beiderseits der Oder in den Jahren 1997 bis 2000 durchgeführt. Ein intensiver Informationsaustausch bildete die Grundlage für die Angleichung der Kartierungsmethoden und die einheitliche Darstellung der quartären Sedimente.
Auf dem nunmehr vorliegenden Kartenblatt sind die an der Oberfläche anstehenden Bildungen bis 2 m Tiefe dargestellt. Als Arbeitsmaßstab für die Blattherstellung wurde 1 : 25 000 gewählt. Von den vier das 50 000er Blatt L 3752 zusammensetzenden TK 25 lagen das Blatt 3653 Frankfurt (Oder) als Geologische Spezialkarte von Preußen 1 : 25 000 in 3. Auflage von Keilhack (1929) und das Blatt 3753 Brieskow-Finkenheerd (mit deutschem Anteil des Blattes 3754 Aurith) der Geologischen Karte der DDR i. M. 1 : 25 000 (Hannemann & Maudrei 1969) vor. Für sie wurden die ausgehaltenen Einheiten anhand neuer Bohrergebnisse in ihrer Verbreitung überprüft, gegebenenfalls verändert sowie ihre genetische und stratigraphische Zuordnung entsprechend gültiger Gliederungen und Terminologien aktualisiert. Von den beiden westlichen Messtischblättern, 3652 Jacobsdorf (vormals Booßen) und 3752 Müllrose, lagen nur Kopien der handgezeichneten und -kolorierten unvollständigen Geologenoriginale vor. Die Blätter waren bereits in den Jahren 1923 bzw. 1926 von Carl Gagel aufgenommen, aber nicht fertiggestellt worden. Überdies fehlen vom Blatt 3752 die Ergebnisse der Handsondierungen. Beide Blätter wurden daher im Zeitraum zwischen 1997 und 2000 mit umfangreichen Geländeuntersuchungen neu kartiert. Insgesamt wurden für die Erarbeitung der Oberflächenkarte 900 Peilstangensondierungen bis max. 2,1 m Tiefe durchgeführt und 90 temporäre Aufschlüsse bearbeitet. Gleichzeitig wurden etwa 2 000 im Archiv des LGRB vorhandene Schichtenverzeichnisse von Bohrungen aus dem Blattgebiet erschlossen und ausgewertet. Hierbei standen, insbesondere für die Klärung der komplizierten Lagerungsverhältnisse des känozoischen Schichtenverbands und die Erarbeitung der geologischen Schnitte, neben den Ergebnissen mehrerer Hundert Bohrungen aus der Rohstoff- und hydrogeologischen Erkundung der Jahre 1955 bis 1990 auch die Untersuchungsergebnisse von Kartierungsbohrungen aus den Jahren 1960 bis 1963 zur Verfügung.

Flankiert wurden die Feldarbeiten durch problemorientierte Korngrößen-, Geröll- und Kleingeschiebeuntersuchungen sowie einige mineralogische und Pollenanalysen. Ergänzt wird die Karte durch einen 15fach überhöhten, von NNE nach SSW, also senkrecht zur glazigenen Deformation verlaufenden geologischen Schnitt. Durch Sonderdarstellungen wird auf glazigene Stauchungsgebiete und durch den ehemaligen untertägigen Braunkohlenabbau verursachte Lagerungsstörungen hingewiesen. Bohrungen mit Richtprofilcharakter, ausgewählte Großgeschiebe, bedeutende geologische Aufschlüsse und aktuelle Abgrabungen von Steine und Erden-Rohstoffen ergänzen die Kartendarstellung.

Ein Probeplot der Karte wurde auf der gemeinsam mit der Polnischen Geologischen Gesellschaft (PTG) im September

2000 in Slubice durchgeführten 9. Jahrestagung der Gesellschaft für Geowissenschaften e. V. (GGW, jetzt DGG) vorgestellt. Die endgültige Ausfertigung wurde aus Anlass der 750-Jahrfeier der Stadt Frankfurt (Oder) im Juli 2003 dem Oberbürgermeister, Herrn M. Patzelt, von Vertretern beider Geologischer Dienste überreicht.

Die grenzübergreifende Zusammenarbeit auf geologischem Gebiet zwischen Brandenburg und Polen wird weitergeführt. Mit der Fertigstellung des Blatts Frankfurt (Oder) liegt hierfür ein wichtiger Baustein vor. Die Erarbeitung weiterer Grenzblätter erfolgt in einem Gebiet, das auf dem Wege ist, ein perspektiver europäischer Wirtschaftsraum zu werden. Hierzu sind komplexe geologische und infrastrukturelle Daten erforderlich. Auf der Basis weiterer geologischer Grundkarten werden künftig auch Aussagen zur Rohstoffsicherung, Hydrogeologie, Bodenentwicklung und Bebaubarkeit erfolgen. Schon jetzt liefern die vorliegenden geologischen Informationen Hinweise zur Sicherung eines ganzheitlichen Hochwasserschutzes der Region. Die grenzüberschreitende geologische Kartierung erbringt somit nicht nur neue Daten über den geologischen Aufbau des Känozoikums beiderseits der Oder, sondern sie steht auch im Einklang mit den europäischen Bemühungen zum Zusammenwachsen dieser Region.

Die Karte ist gegen eine Schutzgebühr von 15,00 ¤ im Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg erhältlich. Die zweisprachig gehaltenen Erläuterungen zur geologischen Karte sollen noch im Jahre 2005 erscheinen.

Anschrift der Autoren:
Dr. Werner Stackebrandt
Dipl.-Geol. Rainer Schulz
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Bereich Geologie
Stahnsdorfer Damm 77
14532 Kleinmachnow
Außenstelle Frankfurt (Oder)
Müllroser Chaussee 51
15235 Frankfurt (Oder)

Mitteilung aus dem Landesamt No. 202

Landesamt

Jubiläen

Herzlichen Glückwunsch allen Jubilaren, verbunden mit den besten Wünschen ftir Ihr persönliches Wohlbefinden. Leider können wir uns nicht an jeden Einzelnen wenden. Der besondere Gruß an die persönlich angesprochenen gilt daher stellvertretend auch allen mit der brandenburgischen Landesgeologie besonders Verbundenen.

Wir beglückwünschen Herrn **Prof. Dr.** sc. **Karl-Bernhard Jubitz** zur Vollendung seines 80. Lebensjahresam 14.11. 2005 und wünschen dem Jubilar auch in unserem Interesse sehr viel Gesundheit und Wohlbefinden, um uns auch zukünftig mit interessanten neuen Einsichten zur Rolle der Geologie und im Detail zur Struktur Rüdersdorf zu erfreuen.

Ihren 65. Geburtstag beging am 16. Juli 2005 unsere Mitarbeiterin **Frau Siegrun Voigt.** Die von Frau Voigt aufgebaute Fachbibliothek des Landesamtes ist uns Nutzern eine mehr als angenehme Erinnerung an eine sehr kompetente und engagierte Tätigkeit. Herzlichen Dank und herzlichen Glückwunsch von allen ehemaligen Kollegen des LBGR.

Mit dem Erreichen des 65. Lebensjahres bereits am 11. Januar 2005 verabschiedete sich auch **Herr Dr. Wolfgang Bartmann** aus dem aktiven Dienst für die Geologie des Landes Brandenburg. Neben seiner Tätigkeit als Dezernent des LBGR hat Herr Dr. Wolfgang Bartmann sehr erfolgreich als verantwortlicher Redakteur ftir diese brandenburgische Fachzeitschrift gewirkt und ihr Profil und Gesicht gegeben. Herzlichen Dank daftir auch an dieser Stelle.

Werner Stackebrandt

	INHALT (FORTSETZUNG)	CONTENTS	Seite
CARSTEN MENZER	Diskrirninanzanalyse der Kleingeschiebestatistik an Geschiebemergeln der Prignitz	Discriminant analysis of clasts from tills ofthe Prignitz region	45-53
WOLF-DIETER HEINRICH &NORBERT HERMSDORF	Erster Nachweis eines Desmans, *Desrnana rnoschata* (LINNAEUS, 1758) (Mammalia: Insectivora), im Pleistozän der Mark Brandenburg	First evidence of a desman, *Desrnana rnoschata* (LINNAEUS, 1758) (Mammalia: Insectivora), in the Pleistocene ofBrandenburg	55-60
NORBERT ANSPACH, ALMUT KUPETZ, MANFRED KUPETZ & DIETER NEMITZ	Didaktischer Ansatz und grafische Umsetzung der Schautafeln an den brandenburgischen Geopark-Touren im Muskauer Faltenbogen	Didactic idea and graphic realisation of information boards in the Brandenburgian geopark trails in the Muskau Arch push morairre	61-72
CLAUS DALCHOW & JOACHIM KIESEL	Die Oder greift ins Eibegebiet – Spannungsverhältnisse und SollbruchsteHen zwischen zwei Flussgebieten	River Odra grabs into the Eibe Catchment- Tensions and potential sites ofbreakage between two catchments	73-86
JAQUELINE STRAHL	Zur Pollenstratigraphie des Weichselspätglazials von Berlin-Brandenburg	On the palynostratigraphy of the Late Weichselian in Berlin-Brandenburg	87-112
SIEGRUN VOIGT & WOLFGANG BARTMANN	Geowissenschaftliehe Bibliothek des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg im Internet	Library of geosciences of the Mining and Geological Survey ofBrandenburg in intemet	113-118
HEIDEMARIE SITSCHIK, FRANK LUDWIG, ELKE WETZEL, JOACHIM LUCKERT & THOMAS HÖDING	Raseneisenerz- auch in Brandenburg ein mineralischer Rohstoff mit bedeutender wirtschaftlicher Vergangenheit	Bog iron ore – also in Brandenburg a raw material with important economical history	119-128
KLAUS MROTZEK & VOLKER MORGENROTH	Braunkohlentiefbau der ehemaligen Gruben "Pauline" und "Carlsgruben" zwischen Petershagen und Treplin – Untersuchungsergebnisse und Gefahrdungsabschätzung	Brown coal deep mining in the former mine "Pauline" and "Carlsgruben" between Petershagen and Treplin – results and risk assessment	129-136
CLAUS DALCHOW	Kleinräumige Bodenheterogenität im Jungmoränengebiet Brandenburgs – eine Herausforderung durch die Jahrhunderte	Small scale soil heterogeneity in the young moraine area ofBrandenburg – a challenge through the centuries	137-142
MARTIN BANNEMANN	Der Bad Freienwalde-Frankfurter Stauehangszug und die Entstehung der Oderbruchdepression	The Bad Freienwalde– Frankfurter push moraine ridge and the origin of the Odra flood plain depression	143-152
FRITZBROSE	Zur geomorphologischen Entwick-Jung Brandenburgs	About some aspects of the geomorpho1ogical development of Brandenburg	153-163
WERNERSTACKEBRANDT	Neotektonische Aktivitätsgebiete in Brandenburg (Norddeutschland)	Neotectonically active regions of Brandenburg (northern Gennany)	165-172

	INHALT (FORTSETZUNG)	CONTENTS	
	Aus den Landesamt	**From the Geological Survey**	
RAINER SCHULZ & VVERNERSTACKEBRANDT	L 3572 Frankfurt (Oder)/Slubice- das erste gemeinsame deutsch-polnische Blatt der Geologischen Karte von Brandenburg i. M. 1 : 50 000	L 3572 Frankfurt (Oder)/Slubice – the first joint Polish-German sheet of the Geological Map of Brandenburg 1 : 50 000	175-176
NORBERT HERMSDORF & ANGELA SONNTAG	Die Geologische Übersichtskarte i. M. 1: 100 000 Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen mit Darstellung ausgewählter Geotope und geologischer Objekte	The General Map 1 : 100 000 Map of the surficially exposed formations with selected geotops and geological objects	164
DIETER GÖLLNITZ	Karte der Findlinge des Landes Brandenburg	Map of the erratic boulders of Brandenburg	36
VVERNERSTACKEBRANDT	Jubiläen	Anniversaries	177
	Kurzmitteilung	**Short news**	
VVOLFRAM KÖBBEL	10 Jahre Arbeitskreis "Zeugen der Eiszeit in der Lausitz"	10 years ofthe working group "VVitnesses of g1acia1 time in Lusatia"	54
JOHANNES H. SCHROEDER	"Geo-Führer in die Schulen" – ein Projekt der "Geowissenschaftler in Berlin Brandenburg e.V."	"Geo-guides into schools" – a project ofthe "Geoscientists of Berlin Brandenburg e. V."	173-174

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge

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. Die Redaktion behält sich das Recht vor, Manuskripte zur Überarbeitung an die Autoren zurückzusenden.
Ihre Manuskripte senden Sie bitte als Papierausdruck und in digitaler Form an das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Redaktion z. Hd. Frau A. Andreae Tel.: 033203-36647, e-mail: andreae@lgrb.de. Weitere Anfragen richten Sie bitte ebenfalls an die obige Adresse.

Manuskript

Der Umfang des Manuskripts sollte zehn Seiten (A4, 1,5 zeilig) nicht überschreiten. Wissenschaftliche Kurzinformationen sind einschließlich der Abbildungen auf maximal fünf Seiten zu bemessen. Jedem Beitrag ist eine kurze deutsche und englische Zusammenfassung beizufügen. Bitte übersetzen Sie den Titel des Beitrages, die Unterschriften der Abbildungen, Tafeln und Tabellen ebenfalls ins Englische. Die Textdateien sollten unformatiert sein und in Word abgefasst werden. Absätze bitte mit einer Leerzeile trennen. Bei Einheiten und Maßstäben verwenden Sie bitte das geschützte Leerzeichen. Außerdem wird um ein Originalmanuskript gebeten, in dem alle Sonderzeichen sowie Buchstaben aus anderen Sprachen genau angegeben sind.
Word-Dokumente bitte **nicht** mit integrierten Abbildungen liefern, d. h. Text und Abbildungen immer in separaten Dateien abgeben.

Abbildungen

Wir empfehlen, die Anzahl von bis zu 7 Abbildungen je Beitrag nicht zu überschreiten. Zu beachten ist, dass Abbildungsvorlagen geringfügig größer als die beabsichtigte Druckgröße sein müssen. Bei Fotos ist der Maßstab als verbaler Ausdruck anzugeben (keine Maßstabsleiste). Zur Beschriftung in den Abbildungen verwenden Sie bitte die Schriftsätze „Times New Roman oder Arial“. Jede Abbildung ist separat mit Nummer und Autorennamen zu kennzeichnen (Bleistift) und als einzelne Datei zu liefern. Die Abbildungsunterschriften sind in einer gesonderten Datei beizugeben. Digital hergestellte Zeichnungen und Abbildungen sollten die Formate Adobe Illustrator (.ai), CorelDraw (.cdr) bis Version 9.0, Bitmap (.bmp) oder TIFF (.tif) haben, andere nach Absprache. Das Originalformat und einen Ausdruck bitte immer mitschicken.

Tabellen

Tabellen bitte mit einem Tabellenprogramm schreiben (Word, Excel) und eine separate, scanfähige Vorlage (Papier, Folie) mitliefern.

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
NIESCHE, H. & F. KRÜGER (1998): Das Oder-Hochwasser 1997 - Verlauf, Deichschäden und Deichverteidigung. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 15-22, Kleinmachnow
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)
Autorennamen bitte in KAPITÄLCHEN schreiben, **nicht** mit Großbuchstaben.

Autorenname(n): Akademischer Titel, Vorname, Name, und Anschrift der Institution oder gegebenenfalls die Privatanschrift.

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

Bisher sind erschienen:

1994, Heft 1,	**128 S.,**	**51 Abb.,**	**14 Tab.**	**Zur Quartärgliederung**
1995, Heft 1,	**144 S.,**	**83 Abb.,**	**15 Tab.**	
1995, Heft 2,	**96 S.,**	**37 Abb.,**	**5 Tab.**	**Neotektonik in Mitteleuropa**
1996, Heft 1,	**160 S.,**	**100 Abb.,**	**9 Tab.**	**Geotope**
1997, Heft 1,	**96 S.,**	**57 Abb.,**	**2 Tab.**	**Ehrenkolloquium für Dr. G. Schwab**
1997, Heft 2,	**96 S.,**	**61 Abb.,**	**14 Tab.**	
1998, Heft 1,	**84 S.,**	**74 Abb.,**	**4 Tab.**	**Standsicherheit Flußdeiche**
1998, Heft 2,	**84 S.,**	**35 Abb.,**	**10 Tab.**	
1999, Heft 1,	**116 S.,**	**55 Abb.,**	**15 Tab.**	**Geopotentiale**
1999, Heft 2,	**80 S.,**	**34 Abb.,**	**5 Tab.**	**Lithofazieskartenwerk Quartär (DDR)**
2000, Heft 1/2,	**196 S.,**	**121 Abb.,**	**23 Tab.**	**Quartär, Inlandeistheorie**
2001, Heft 1,	**48 S.,**	**6 Abb.,**	**8 Kt.**	**Neogeodynamica Baltica**
2002, Heft 1/2,	**156 S.,**	**77 Abb.,**	**29 Tab.**	
2003, Heft 1/2,	**202 S.,**	**157 Abb.,**	**22 Tab.**	**Airborne Laserscanning**
2004, Heft 1/2,	**184 S.,**	**82 Abb.,**	**17 Tab.**	**Geothermie, Stratigraphie des Känozoikums**

Geologische Karten zum Land Brandenburg (Auswahl)

Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000
- Geologische Grundkarte (GÜK 300); 15,00 ¤
- Tiefenlinienkarte der Zechsteinoberfläche (GK 300 Z-OK); 10,00 ¤

Satellitenbildkarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000; 5,00 ¤

Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000
- Bodengeologische Grundkarte (BÜK 300); 13,00 ¤

Karte der oberflächennahen Rohstoffe Steine und Erden des Landes Brandenburg 1 : 300 000 (KOR 300), 2. überarb. Aufl.; 20,00 ¤

Geologische Karte von Berlin und Umgebung 1 : 100 000
- Geologische Grundkarte (GÜK 100); 8,00 ¤
- Karte ohne Quartär mit Darstellung der Tiefenlage der Quartärbasis (GKoQ); 13,00 ¤

Bodengeologische Karte 1 : 50 000 (BK 50)
Blatt L 3744 Potsdam; 10,00 ¤

Hydrogeologische Karte 1 : 50 000 (HYK 50)
Blatt L 3744 Potsdam, bestehend aus:
· Hydrogeologischer Schnitttafel (HYK 50-S); 15,00 ¤
· Karte der oberflächennahen Hydrogeologie (HYK 50-1); 15,00 ¤
· Karte des weitgehend bedeckten Grundwasserleiterkomplexes GWLK 2 (HYK 50-2); 15,00 ¤
Alle weiteren Blatt-Nr. werden als Plots zu einer Gebühr von 10,00 ¤ pro Einzelkarte herausgegeben.

Rohstoffgeologische Karte 1 : 50 000, Karte der oberflächennahen Rohstoffe (KOR 50),
flächendeckend für das Land Brandenburg, je Plott 15,00 ¤

Atlas zur Geologie von Brandenburg 1 : 1 000 000, 2. erw. Aufl.; 25, 00 ¤, 3. Aufl. auf CD; 6,00 ¤

Weitere thematische Karten sowie ältere Unterlagen sind im Archiv des LGRB auf Anfrage verfügbar.
Ein vollständiges Vertriebsverzeichnis können Sie im LBGR anfordern oder auf unseren Web-Seiten unter www.lbgr.brandenburg.de finden.

Zu beziehen über:
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Bereich Geologie, Stahnsdorfer Damm 77,
14532 Kleinmachnow, Tel. 033203/36641, Fax 033203/36702

LBGR
BRANDENBURG