

Tagungsband und Exkursionsführer
83. Tagung der Arbeitsgemeinschaft
Norddeutscher Geologen
Bad Muskau

	INHALT	Seite
S. FRITZE & DR. B. FUTTERER	Grußwort	5–6
VORTRÄGE		
R. KÜHNER	Das Quartär in Südostbrandenburg – Ausbildung und Schichtenfolge	9–18
C. ELLGER & K. SCHUBERTH	Geoparks in Deutschland – Stand und Perspektiven	19–22
M. KUPETZ	Die glazialtektonische Internstruktur der Grundbruchmoräne Muskauer Faltenbogen	23–28
A. PIOTROWSKI, O. JUSCHUS, P. SYDOR, M. SCHIEWE, C. DALCHOW & R. DANNOWSKI	Halotectonic Lineaments on both sides of Odra Valley	29–34
A. GRUBE	Zur glazitektonischen Überprägung des oberflächennahen Untergrundes in Hamburg	35–37
P. HERMANOWSKI, B. WORONKO, W. DANIEL, A. BRAUER, B. GARRETT, O. JUSCHUS, S. KOWALSKI, M. KRAMKOWSKI, A. NORYŚKIEWICZ & M. BŁASZKIEWICZ	Imprint of dead-ice environment at the fringe of the last Scandinavian Ice Sheet, N Poland: Landforms and their internal composition	39–41
A. BÖRNER, K. SCHÜTZE, S. LANG, H.-D. KRIENKE, S. MENG, U. MÜLLER & J. STRAHL	Aktueller Stand und Methoden zur Kartierung des quartären Untergrundes in Mecklenburg-Vorpommern	43–50
S. BUSSEMER, A. HEISE, P. HEINRICH, S. BRODRÜCK & A. SOMMERMAN	Geologisch-morphologische Grundlagen und Geoökologie des deutsch-polnischen Grenzgebietes von Usedom/Uznam	51–54
C. JAHNKE & K. OBST	Das 3D-Landesmodell des Känozoikums Mecklenburg-Vorpommerns: Konzept, Stand, Anwendungen und Perspektiven	55–58
S. RÜTTERS	Einsatz automatisierter Rasterelektronenmikroskopanalyse an fluviatilen und glazifluviatilen Sanden	59–62
S. LUKAS, M. HAUBOLD-ROSAR & T. NEUMANN	Entwicklung chemischer und physikalischer Eigenschaften landwirtschaftlich rekultivierter Regosole aus Kippsanden mit einer Abdeckung aus humosen Sedimenten des Weißen Schöps im Tagebau Reichwalde	63–67
S. BREUER, A. BEBIOLKA, V. NOACK & J. LANG	Subglaziale Rinnen in Norddeutschland: Analyse des aktuellen Kenntnisstands und ihre Relevanz für die Langzeitsicherheit in der Endlagerung	69–71
H. FELDRAPPE, A. BRECHT, A. GERSTENBERG & T. GRÜTTNER	Geothermieprojekt Potsdam	73
R. GROSSER & S. SZCZYRBA	Das Risiko einer Bodenverflüssigung als Herausforderung bei der sicheren Gestaltung der Innenkippen im Lausitzer Revier	75–76
K. ELGER, M. LORENZ, I. ACHTERBERG & M. SEMMLER	FID GEO Services: Daten und Softwarepublikationen mit GFZ Data Services	77–80
M. SEMMLER, I. ACHTERBERG, M. LORENZ & K. ELGER	Publikation geowissenschaftlicher Reihen auf GEO-LEOe-docs	81–83
M. SCHECK-WENDEROTH	Das Norddeutsche Becken als Teil des Zentraleuropäischen Becken systems (CEBS): strukturelle Entwicklung und thermisches Feld	85–92

	INHALT	Seite
POSTER		
A. BRAUER, I. SIROTA, R. TJALLINGII, S. PINKERNEIL, B. SCHROEDER, M. ALBERT & R. KEARNEY	Warvierte Sedimente als Zeugen der Entwicklung hypoxischer Bedingungen während der letzten 200 Jahre im Tiefen See (Mecklenburg)	95
F. BRETSCHNEIDER & D. FOCKE	Untersuchungen zur Seeser Geröllgemeinschaft an Bohrungen im Raum Seese/Schlabendorf	97–100
N. DEUS, J. REDEKER & J. ELBRACHT	KliWaMoL – Klimaangepasstes Grundwassermanagement und 3D-Modellierung im Raum Lüneburg	101–102
A. DEUTSCHMANN, M. KENZLER, H. HÜNEKE & K. OBST	Das seismische Abbild subglazialer Rinnenfüllungen im Bereich der südlichen Ostsee	103–104
S. DONKE	Geoelektrische Messungen in glazigen beanspruchten Gebieten am Beispiel des Muskauer Faltenbogens	105–106
K. DUSCHER	Das Projekt Geo3D-Oder: ein geologisches 3D-Modell der oberen Grundwasserleiter im Oder-Einzugsgebiet von Brandenburg	107–109
E. ENDTMANN, P. FISCHER, P. FRENZEL, O. JÖRIS, T. LAUER, I. RAPPSILBER, H. ROTHER, A. VÖTT, S. WANSÄ & C. ZEEDEN	Die Forschungsbohrungen Concordia-See und Königsäue (ehemaliger Ascherslebener See, Sachsen-Anhalt): Neue Multiproxy-Analysen zur detaillierten Gliederung der Weichsel-Kaltzeit	111–112
E. ENDTMANN, S. MENG, I. RAPPSILBER, H. ROTHER, J. STRAHL, S. TSUKAMOTO & S. WANSÄ	Die Forschungsbohrung Klosterrohrbach in der Helme-Niederung bei Sangerhausen – Interdisziplinäre Untersuchungen an Sedimenten aus dem obersten Mittelpleistozän	113–114
A. ENGELER, K. FISCHER, J. MEINSEN, R. PIERAU & C. WANGENHEIM	Die Erkundung des „relativ Unbekannten“ – Spülbohrungen (> 200 m Teufe) als Lückenschluss zwischen flachen und tiefen Bohrungen in Niedersachsen	115–116
G. FISCHER	Neue Erkenntnisse aus alten Daten? – Digitalisierung und Auswertung mikropaläontologischer Berichte	117–118
D. FOCKE & F. BRETSCHNEIDER	Die Seeser Sande: Schwermineralanalyse als Hilfsmittel für die Entwicklung eines geologischen Modells	119–122
T. HARTMANN, G. GRIFFEL, E. GONZÁLEZ & J. ELBRACHT	Automatisierte Auswertung hydraulischer Durchlässigkeiten aus Korngrößenanalysen	123–124
H. HELBIG, E. ENDTMANN, W. KAINZ, M. STEININGER, N. TAUCHNITZ & D. WURBS	Verbreitung und Genese von Moorböden in Sachsen-Anhalt – ein Beitrag zum nationalen Moorbodenschutzprogramm	125–126
C. HOSELMANN	Forschungsbohrungen im nördlichen Oberrheingraben – neue Ergebnisse zur Geologie des Plio- und Pleistozäns	127–128
M. KRAWCZYK & Z. JARY	Klimatische Änderungen, abgeleitet aus den granulometrischen Eigenschaften einer Lößbodenfolge in Zaprężyno (Wzgórza Trzebnickie/Katzengebirge)	129–130
K. KRIENKE, M. KENZLER & F. PREUSSER	Lumineszenzdatierungen pleistozäner Ablagerungen von Kliffaufschlüssen der schleswig-holsteinischen Ostseeküste	131–132
K. LÖWEN	20 Jahre Globales Geopark Netzwerk – ein Blick zurück	133
M. Łopuch & Z. Jary	Sandliefergebiete der Dünenfelder im zentralen Teil des Europäischen Sandgürtels	135–136

	INHALT	Seite
J. PIKELKE, S. WEINERT & T. HÖDING	Herleitung von Mächtigkeitskarten aus den Reflexions-seismischen Horizontkarten des Landes Brandenburg	137–138
C. PODLECH, S. BUSSEMER, M. DUDEK, C. KABALA & J. WAROSZEWSKI	Clay mineralogy of Vertisols with aeolian and glacial admixture in SW Poland	139–140
S. REYES & M. KNOBLAUCH-SASSENSCHIEDT	GIS-Transformation von Schnittprofilen aus ggf- (GeoDin) bzw. pdf-Formaten in der Hydrogeologischen Kartierung des Landes Brandenburg (HYK50)	141–142
H. ROTHER, R. HETZEL, R. WOLFF & K. HÖLZER	Millennial-scale erosion rates in the Harz Mountains (Germany) from cosmogenic ¹⁰ Be: Implications for landscape evolution of basement highs in Central Europe	143–144
K. SCHUBERTH, I. RAPPSILBER, J. SEIDEMANN & S. THOMAS	1 200 Jahre Großerdfall Arendsee (822–2022) – Historisches und Aktuelles zur Seegenese	145–146
C. SCHWARZ	Die Energiewende braucht mineralische Rohstoffe	147–148
C. SCHWEDHELM & T. HÖDING	Aktuelle Herausforderungen der Rohstoffgeologie in Brandenburg	149–150
J. SEIDEMANN, N. SÄNGER & I. RAPPSILBER	Aktuelle Geländesenkung im Großerdfallgebiet Neckendorf (Lutherstadt Eisleben)	151–152
K. SIERON, S. WEINERT & T. HÖDING	Fortschritte im Projekt Transgeo – Datenstrukturierung relevanter Tiefbohrungen in Brandenburg	153–154
P. SLABON, B. BURBAUM & K. KRIENKE	Geologische Kartierung des Grotmoores bei Lentföhrden – ein Beitrag zur Moortiefenkarte von Schleswig-Holstein	155–156
J. WAJS, J. BLACHOWSKI, J. KOŹMA, A. BUCZYŃSKA, M. BECKER, N. WALERYSIAK, P. KUJAWA & K. OW CZARZ	Vom Bergbau zum Geopark – Erkundung der Bergbaufolgelandschaft des Braunkohlenbergwerks „Przyjaźń Narodów“ – Schacht Babina	157–160
S. WEINERT & T. HÖDING	3D-Modelle des tieferen Untergrundes im Geologischen Dienst Brandenburg	161–162
S. WENDTLAND	Das Geologiedatengesetz – Der Weg der Geologischen Dienste zu zentralen Informations- und Kompetenzzentren für den geologischen Untergrund in Deutschland	163–164
M. WITTHÖFT, E. GONZÁLEZ, G. GRIFFEL, T. HARTMANN & J. ELBRACHT	Landesweites Strömungsmodell für Niedersachsen	165
EXKURSIONSFÜHRER		
K. LÖWEN	E1 – Der Muskauer Faltenbogen als Glaziallandschaft	169–171
M. KUPETZ	E2 – Die glazialtektonische Internstruktur der Grundbruchmoräne Muskauer Faltenbogen	173–178
S. DONKE	Exkursion E3 und E5 Braunkohlentagebau Nochten	179–187
CORD PANNING	E4 – Der zweite, unbekannte Muskauer Park – Geologie, Bergbau und die Kunst der Landschaftsgestaltung	189–190
UWE BARTHOLOMÄUS	E 6 – Der historische Bergbau auf Alaun- und Braunkohleflözen im Muskauer Berg- und Badepark – eine unterschätzte Lokalität?	191–192

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Tagungsgäste –

herzlich willkommen zur 83. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen (ARGE NDG)! Diese traditionsreiche Veranstaltung findet vom 21. bis 24. Mai 2024 in der Park- und Kurstadt Bad Muskau an der Lausitzer Neiße statt. Wir freuen uns, Sie in dieser nicht nur idyllischen Umgebung, sondern auch in einer geologisch und geowissenschaftlich hochinteressanten Gegend begrüßen zu dürfen.

Die Tagung wird durch den Brandenburgischen Geologischen Dienst nach 2004 und 2011 nun ein drittes Mal ausgerichtet, diesmal in Kooperation mit dem UNESCO Global Geopark Muskauer Faltenbogen/Łuk Mużakowa. Das Schloss in Bad Muskau dient als Tagungsort und wir freuen uns, Ihnen mit diesem Tagungsband die Vorträge, Posterpräsentationen und Exkursionsführer übergeben zu können.

Der Schwerpunkt der Beiträge widmet sich klar der norddeutschen Geologie, deren känozoische Lockersedimente hier im besonderen Fokus stehen. Mit den Beiträgen geht es vom großen Ganzen, dem Norddeutschen Becken als Teil des zentraleuropäischen Beckensystems, zur Regionalgeologie Südbrandenburgs einschließlich der glazigenen Prozesse, die sie gebietsweise geprägt haben. Neben wissenschaftlichen Detailbearbeitungen freuen wir uns auch über die Vorstellung von methodischen Fragestellungen. So ist es doch gerade die Methodik, die so wie wir selbst, einem steten Wandel unterliegt und auch digitaler wird. Letztendlich folgt den Erkenntnissen aus der Geologie die Anwendung (z. B. in der Geothermie und der Endlagerung) oder die praktische Umsetzung bei der Herausforderung zur sicheren Gestaltung der Innenkippen im Lausitzer Revier.

Durch die Kooperation mit dem UNESCO Global Geopark wird die Tagung als zweisprachige Tagung durchgeführt, die zu organisieren uns durchaus vor die eine oder andere Herausforderung gestellt hat. Jetzt aber ist alles sorgfältig geplant und zumindest im Vorfeld gut koordiniert. Die deutsch- und polnisch-sprachigen Beiträge werden simultan übersetzt. Die Tagungsunterlagen liegen in beiden Sprachen vor. Selbst das ein oder andere Sprachtandem für die Exkursion ist vorbereitet.

Neben dem einen Tag mit Vorträgen und Posterpräsentationen sind ein weiterer wichtiger Bestandteil der Tagungsreihe der ARGE NDG die Fachexkursionen. Dabei bietet der UNESCO Global Geopark natürlich selbst die Möglichkeit, sich ganztägig zu zeigen, so dass der Muskauer Faltenbogen als Glaziallandschaft genauso „befahrbar“ wird, wie seine glazialtektonische Internstruktur als Grundbruchmoräne. Die Region ist geprägt durch den jahrzehntelangen Braunkohlenabbau – die halbtägige Befahrung des Braunkohletagebaus Nochten ermöglicht es, die Regionalgeologie ab Beginn des Miozän vor 23 Millionen Jahren sichtbar zu erleben. Sichtbar wird Geologie aber auch an der Oberfläche und damit schließt sich der Kreis mit der Bergparkführung Bad Muskau.

Mit der Tagung pflegen wir in dynamischen Zeiten Traditionen. Auch wenn die Geologie sicherlich den längsten Zeithorizont für sich verbuchen darf, so möchten wir die Tagung auch in den Kontext eines Jubiläums stellen. Die Ursprünge unseres heutigen Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) reichen im menschlichen Sinne durchaus in die Vergangenheit zurück. So bringt der traditionsreiche Bergbau in Brandenburg im Jahr 2024 eine 248-jährige Geschichte mit. Der Geologische Dienst in Brandenburg ist Teil einer 151-jährigen Geschichte. Darüber hinaus entstehen aber auch neue politisch geprägte Themenfelder, die im Bereich des Netzausbaus viele zukunftsreiche Aufgaben für uns bereithalten. Es ist in 2024 mit dem 20-jährigen Bestehen des LBGR an der Zeit, diese langjährigen Traditionen hervorzuheben und unter einem Dach mit dem Blick in die Zukunft zu vereinen und diese natürlich auch nach außen hervorzuheben. Mit diesem Bewusstsein bündeln wir unendlich viel Erfahrung, die dazu dienen wird, neue Herausforderungen in einem dynamischen politischen Umfeld souverän zu meistern. Mit der Ausgabe dieses Tagungsbandes dürfen unsere Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge dabei in ihr 30-jähriges Bestehen gehen.



Vor allem möchten wir aber auch den eigentlichen Organisatoren danken, allen voran Herrn Sebastian Donke aus unserem Haus und Herrn Kersten Löwen vom UNESCO Global Geopark Muskauer Faltenbogen, die sich den zahlreichen Aufgaben, die bei einer derartigen Tagungsorganisation anfallen können, gestellt haben. Nicht dabei vergessen möchten wir auch das Redaktionsteam des Tagungsbandes, deren Fachredaktion von Frau Dr. Jaqueline Strahl übernommen wurde und allen aus dem Geologischen Dienst im LBGR sowie dem UNESCO Global Geopark Muskauer Faltenbogen/Łuk Mużakowa, die zum Gelingen dieser Tagung beigetragen haben.

Nutzen Sie nun die Gelegenheit, sich im Rahmen der Tagung mit Kolleginnen und Kollegen auszutauschen, neue Erkenntnisse zu gewinnen und die Schönheit der Muskauer Region in der Lausitz zu genießen.

Glück Auf!

Sebastian Fritze und Dr. Birgit Futterer

VORTRÄGE

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 9–18	2 Abb., 60 Lit.
------------------------------	---------	-------------	---------	-----------------

Das Quartär in Südostbrandenburg – Ausbildung und Schichtenfolge

RALF KÜHNER

Quartäre Ablagerungen sind in Südbrandenburg in nahezu geschlossener Verbreitung ausgebildet und werden durch eine vielfältige, vorwiegend glaziär geprägte Schichtenfolge charakterisiert. Das von Nord nach Süd ansteigende Basisrelief (Abb. 1) ist einerseits durch inselartige Hochlagen, andererseits durch markante, lokal bis auf den prätertiären Untergrund eingeschnittene rinnenförmige Strukturen und beckenförmige Ausräumungen gekennzeichnet (CEPEK 1967; KUPETZ et al. 1989 u. a.). Dazwischen finden sich Gebiete mit weiträumig ausgeglichenem Relief, die im Detail jedoch auch sehr engräumige Strukturierungen aufweisen können. Im Bereich der Hochlagen sind die tertiären Schichten bis in ein Niveau von mehr als +130 m NHN erhalten, im Bereich der tiefen Rinnen sinkt die Quartärbasis unter -150 m NHN ab und erreicht vielfach bereits den prätertiären Untergrund. Die tiefste Position quartärer Sedimente beschreiben HANNEMANN & RADTKE (1961) mit -238,0 m NN bei Lauschwitz nordwestlich Guben im Fünfeichener Becken.

Das generelle Fehlen unterpleistozäner bis Elster-frühglazialer Ablagerungen macht deutlich, dass neben den vorwiegend linear orientierten Tiefenerosionen auch enorme flächenhafte Abtragungen entscheidend zur Prägung der Quartärbasis beigetragen haben. Das Niveau der prä-Elster-kaltzeitlichen Landoberfläche gibt LIPPSTREU (1995) in der brandenburgischen Lausitz bei +80 m NHN an, nördlich Cottbus wird sie um +100 m NHN vermutet (KÜHNER 1991). Die Abtragungsbeträge lagen hier zwischen 35 und 60 m, etwas höhere Beträge postuliert KUPETZ (1997) für den Raum Bad Muskau mit 40 bis 100 m.

Südlich der Linie Luckau – Cottbus – Guben sind die Rinnen vorwiegend als relativ schmale und langgestreckte Strukturen ausgebildet, die nach Süden zunehmend verflachen. Hinsichtlich der Füllung können sie weder in Bezug auf die materialmäßige Zusammensetzung noch auf die strukturelle Ausbildung ihrer häufig wechselnden Sedimentabfolgen miteinander verglichen werden. Glazilimnische Beckenbildungen, Schmelzwassersande und -kiese, Steine, Moränenmaterial und abgerutschte Tertiärschollen bilden den Hauptteil der Rinnenfüllungen (Abb. 2) und finden sich in unterschiedlicher Mächtigkeit und Dominanz

wieder (NOWEL 1983; KUPETZ et al. 1989; KÜHNER 2010). Geschiebemergel können hier, meist durch zahlreiche und stark absätzig Sand-, Kies- oder Schlufflagen in mehrere Bänke aufgespalten, Mächtigkeiten bis 170 m (z. B. Dubrau-Bohrauer Rinne) erreichen. Mächtige Schmelzwasserschotter scheinen sich auf die unteren Rinnenabschnitte zu konzentrieren, sie enthalten häufig Schollen aus tertiären Sedimenten.

Nördlich der Linie Luckau – Cottbus – Guben münden die Rinnen im Bereich des Fünfeichener Beckens in sehr breite und tiefe, E-W orientierte Ausräumungszonen. Die nahezu parallel NE-SW verlaufenden Krausnick-Burg-Peitz-Gubener-Rinne (mit Tiefen bis -140 m NHN) als südliche Begrenzung des Fünfeichener Beckens und die Schwiellochsee-Lieberose-Gubener-Hauptrinne (Tiefen bis max. -238 m NHN) haben eine gemeinsame Breite von mehr als 18 km und werden nur durch einzelne, inselförmige Tertiärhochlagen (+20 bis +30 m NHN) voneinander getrennt. Ihre Basis erreicht lokal den prätertiären Untergrund.

Elster-Kaltzeit

Während der Elster-Kaltzeit wurde Brandenburg bis weit über seine Südgrenze vom skandinavischen Inlandeis bedeckt und in seiner Morphologie so gravierend umgestaltet, dass nahezu alle Spuren früherer quartärer Prozesse zerstört wurden. So finden sich prä-Elster-zeitliche Sedimente nur noch in reliktschen und orthostratigraphisch nicht fassbaren Vorkommen als lokale fluviatile Schotterreste. Ihre heutige Verbreitung beschränkt sich auf das südlich der Linie Bad Muskau – Falkenberg gelegene Gebiet, wo sie durch kaltzeitlich sedimentierte, sandig-kiesige Schotterreste der Hochterrasse ehemaliger Flussläufe von Elbe, Neiße, Schwarzer Elster und lokaler Nebenflüsse vertreten sind (GRAHMANN 1933; GENIESER 1955; WOLF 1980; WOLF & SCHUBERT 1992 u. a.).

Während im Oberlausitzer Raum zwei Elster-zeitliche Geschiebemergel ausgebildet sind (PRÄGER 1976; SCHUBERT 1977; STEDING 1977 u. a.), können in Südbrandenburg keine signifikanten Hinweise für die Gliederung in zwei

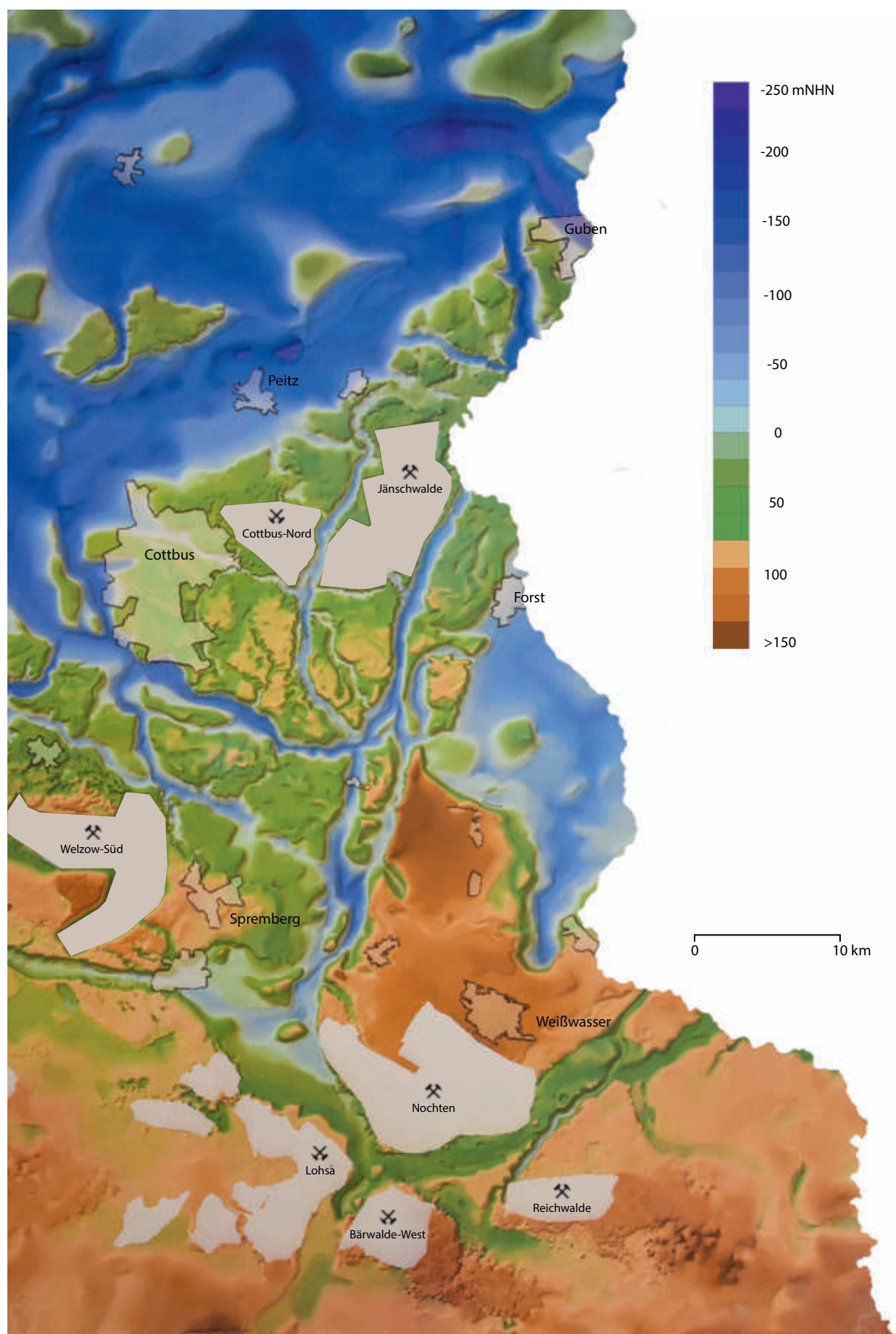


Abb. 1: 3D-Darstellung der Quartärbasis im Bereich der südöstlichen Niederlausitz

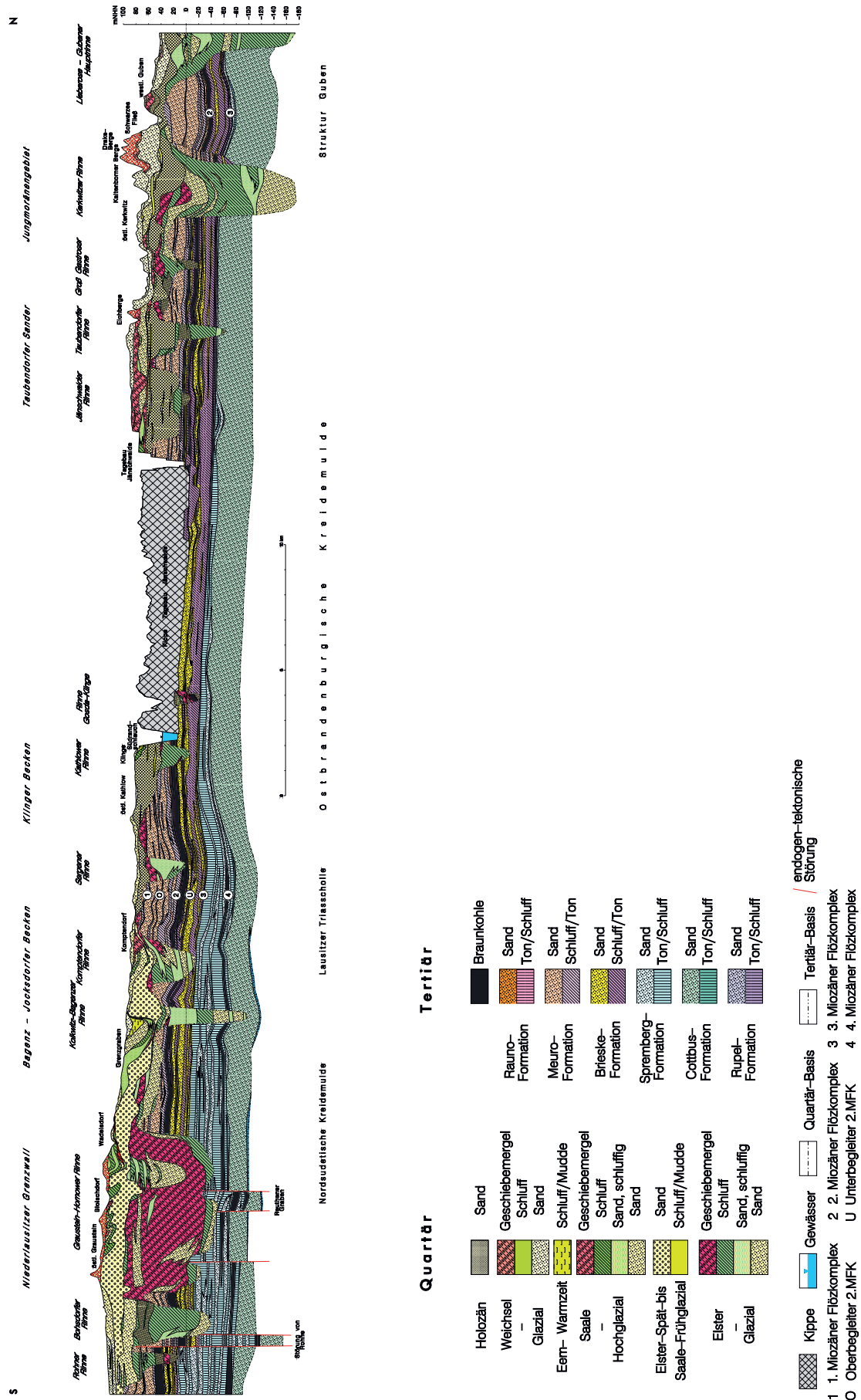


Abb. 2: Regionalgeologischer Übersichtsschnitt für den Raum Guben – Jänschwalde – Graustein (KÜHNER 2010)

Vereisungsphasen festgestellt werden. Geschiebemergel treten hier, abgesehen von den sehr wechselhaften Serien in der Füllung tiefer Schmelzwasserrinnen, nur noch als deckenförmige, bis ca. 12 m mächtige Grundmoränenreste auf quartären Hochflächenplateaus in Erscheinung. Sie liegen großflächig unmittelbar der tertiären Schichtenfolge auf, nur vereinzelt erfolgte die Ablagerung geringmächtiger, sandig-kiesiger Vorschüttbildungen. Im Raum Welzow ist an der Geschiebemergelbasis ein wenige dm mächtiger, toniger Schluff entwickelt. Der Elster-zeitliche Geschiebemergel ist im Allgemeinen durch eine meist schwarz-graue bis braunschwarze, sehr feste und teilweise extrem zähe Grundmasse charakterisiert und enthält einen hohen Anteil eingeschuppter und aufgearbeiteter Tertiärmaterialien. Neben feinverteilten kohligen Partikeln und Xyliten treten vorrangig Schlieren und Fetzen aus Schluffen, Tonen und Kiesen der mittelmiozänen Rauno-Formation auf. Im Kleingeschiebebestand (4 bis 10 mm) zeichnet sie sich durch hohe Quarzgehalte (bis 50 % im Tagebau Welzow-Süd), reichlich frischen Feuerstein und einer Dominanz des nordischen Kristallins gegenüber dem Gehalt an paläozoischen Kalksteinen (LIPPSTREU 1995; LIPPSTREU in KÜHNER 2000) aus.

Holstein-Warmzeit

Der abschmelzende Gletscher der Elster-Kaltzeit hinterließ eine morphologisch stark gegliederte Landschaft mit ausgedehnten Seen im Bereich unvollständig verfüllter glazialer Rinnen und Becken, begrenzt von markanten, mit Geschiebemergel und Schmelzwasserschottern bedeckten Hochflächen. Holstein-zeitliche Ablagerungen sind vor allem in den das Kohlefeld Jänschwalde umgebenden Rinnenstrukturen durch Bohrungen nachgewiesen (vgl. STRAHL 2023; dort Abb. 1). Im Raum Peitz-Jänschwalde-Drewitz wurden im Niveau zwischen -10 und +23 m NHN u. a. bei Groß Drewitz, im Gebiet Drewitz, Bärenklau und Atterwasch, bei Lieberose sowie nordöstlich Cottbus unter Stillwasserbedingungen akkumulierte organogene Schluff- und Tonhorizonte angetroffen. Die Vorkommen sind in einen fluviatilen Komplex aus fein- bis grobkörnigen Sanden eingeschaltet und umfassen meistens Sedimente der jüngeren Holstein-Warmzeit der Pollenzonen (PZ) 5 bis 7 (n. ERD 1973) sowie der anschließenden Fuhne-Kaltzeit. Früh-Holstein-zeitliche Ablagerungen sind selten und repräsentieren eine nur kurze limnische Phase im sonstigen, bis in die späten Abschnitte der Warmzeit anhaltenden fluviatilen Geschehen. Aus der Bohrung CoN 1504/71 untersuchte und der PZ 6 angehörende Tone enthielten Wasser- und Sumpfpflanzen sowie beträchtliche Anteile von Flügelnuß (*Pterocarya*) und Erle (*Alnus*), die eine flache verzweigte Flusslandschaft am Ende des Klimaoptimums der Holstein-Warmzeit widerspiegeln (ERD 1974).

2017 wurde in der Füllung der Elster-zeitlichen Jänschwalder Rinne eine ca. 16 m mächtige Feinsandserie aufgenommen, in der in verschiedenen Niveaus Mudde- und

Schlufflagen, Wurzelhorizonte und Geschwemmsellagen mit kleinen Ästen und Zweigen eingeschaltet waren. Die Abfolge liegt in Superposition zwischen Elster-zeitlichen Beckenschluffen und Geschiebemergeln im Liegenden und der, mit dem Eem-Vorkommen Jänschwalde überlagerten, Saale-zeitlichen Glazialfolge im Hangenden. Pollenanalytische Untersuchungen belegten für den unteren Horizont zwischen +18 und +19,5 m NHN Ablagerungen des frühen Holstein mit den PZ 1 bis 2 und, durch eingeschaltete fluviatile Sande getrennt, der PZ 6 bis 7 sowie Fuhne-kaltzeitliche Spektren in den überlagernden Horizonten (STRAHL 2023). Die detaillierten Untersuchungen an diesem für Südbrandenburg einmaligem Aufschluss sind noch nicht abgeschlossen.

Saale-Komplex

Saale-Frühglazial

Die Entwicklung zu subarktischen Vegetationsverhältnissen im Anschluss an die boreale, durch Kräuter, Kiefern und Birken geprägte späte Holstein-Warmzeit (PZ 7 nach ERD 1973) leitete den Übergang in das Saale-Frühglazial ein. Das fluviatile Regime war anfangs noch an die im Holstein nicht vollständig verfüllten Elster-zeitlichen Rinnensysteme gebunden. Erst mit der sukzessiven Auffüllung der Depressionen durch Akkumulation ausgedehnter und mächtiger Schwemmfächersedimente wurden die Talungen weitestgehend aufgeschottert und nivelliert, so dass im ausgehenden Saale-Frühglazial ein Übergreifen der fluviatilen Sedimentation auch auf höher gelegene Gebiete erfolgte. Auf den Hochflächen außerhalb der Flusstäler zerstörten Verwitterung, Abspülung, Solifluktion und Winderosion die Holstein-zeitlichen Böden und griffen tief in die glaziären Ablagerungen der Elster-Kaltzeit ein, von denen vielfach nur eine mit Windkantern belegte Steinsohle erhalten blieb.

In der östlichen Niederlausitz wird das Saale-Frühglazial durch das Tranitzter Fluviatil als den wichtigsten lithostratigraphischen Leithorizont dieser Region repräsentiert. Es wurde von HELLOWIG (1975) in eine untere, vorwiegend fein- bis mittelkörnige und eine obere, mittel- bis grobkörnige Folge unterteilt. Als Schotterlieferant der unteren Folge wird die Spree vermutet, deren Sedimentfracht durch Einschüttung der Lausitzer Neiße stark verdünnt und durchmischt wurde. In der oberen Folge belegen auffallend hohe Anteile an Isergebirgsfeldspäten (9 bis 15 %) sowie Quarzgehalte um 70 % und bis 5 % Schiefergebirgsmaterial eine sichere Zuordnung zur Lausitzer Neiße (HELLWIG 1975). Die ursprüngliche Positionierung als intra-Saale-zeitliche Schüttung (HELLWIG 1975; NOWEL 2003 u. a.) ist durch LIPPSTREU et. al (1994) revidiert und dem Abschnitt ausgehendes Elster-Glazial bis Saale-Frühglazial zugeordnet worden. Dabei wurde die untere, relativ feinkörnige Folge als niveo-limnische Ablagerung in die Fuhne-Kaltzeit, die obere, grobkörnige Folge in den post-Dömnitz-zeitlichen Abschnitt vor dem Vordringen

des ersten Saale-zeitlichen Gletschers gestellt. Diese Differenzierung in einen unteren, Spree-dominierten Schotter und einen oberen, Neiße-dominierten Schotter kommt jedoch weiter nördlich, im Raum Grieben – Jänschwalde-Ost, infolge der offenbar immer intensiveren Verflechtung beider Flusssysteme im Übergang zum Fünfeichener Becken nicht mehr zum Ausdruck (KÜHNER et al. 2008). Infrarot-Radiofluoreszenz-Alter (IR-RF) der unteren Folge im Raum Klinge von 270 ± 25 ka und des oberen Teils im Raum Hornow von 171 ± 15 ka, 158 ± 9 ka und 149 ± 8 ka (KRBETSCHKE, DEGERING & ALEXOWSKY 2008) korrelieren mit dieser sich an lithologischen Gesichtspunkten orientierenden Interpretation.

Der Beginn des Saale-Frühglazials ist mit den Ablagerungen der Fuhne-Kaltzeit in den Holstein-Vorkommen bei Drewitz, Bärenklau, Atterwasch, Lieberose und in der Jänschwalder Rinne pollenanalytisch dokumentiert (STRAHL in KÜHNER et al. 2008; STRAHL 2023). In der Jänschwalder Rinne wird sie durch eine ca. 6 m mächtige Folge aus fluviatilen Fein- bis Mittelsanden mit eingeschalteten, cm- bis dm-starken Lagen und Schmitzen aus sandig/schluffigen Mudden und zusammengeschwemmten Pflanzenresten vertreten. Die in den höheren Abschnitten des Tranitzer Fluviatils eingelagerten organogenen Horizonte repräsentieren sowohl arktische bis subarktische, aber auch subboreale bis interstadiale Verhältnisse (ERD 1994; NOWEL & CEPEK 1988; CEPEK & NOWEL 1991; CEPEK, HELLWIG & NOWEL 1994; STRAHL in KÜHNER et al. 2008; STRAHL 2023). Sie besitzen jedoch keine stratigraphische Relevanz und ermöglichen keine weitere Differenzierung des Schotterkörpers. Eine autochthone, aber kaltzeitliche Molluskenfauna konnte einmalig im Bereich der Horner Hochfläche mit *Gyraulus acronicus* (FÉRUSSAC 1807), *Radix* sp., *Pisidium obtusale* f. *lapponicum* (CLESSIN 1873) und *Pisidium stewartii* (PRESTON) in einer graugrünen, stadialen Schluffmudde nachgewiesen werden (MENG in KÜHNER et al. 2008). Vereinzelt sind in den sandig-kiesigen Schüttungen auch umgelagerte Gehäuse und Schalenreste von *Viviparus diluvianus* KUNTH gefunden worden.

Im Gegensatz zu den palynologisch nachgewiesenen, maximal interstadiales Niveau erreichenden Phasen vermitteln die Ergebnisse von Schwermineralanalysen auch wärmere, da verwitterungsintensivere Abschnitte (THIEKE 1975; CEPEK & NOWEL 1991; THIEKE in KÜHNER et al. 2008). Sie werden auf Grund ihrer Intensität bis auf hochinterglaziale Verhältnisse zurückgeführt, die bislang stratigraphisch nicht näher eingeordnet werden können. Ein Dömnitz-zeitliches Alter wäre zu vermuten, da altersgleiche Sedimente weiter nördlich bei Groß Drewitz und Rießen-Pohlitz im Fünfeichener Becken nachgewiesen sind (STRAHL 2023).

Das Fluviatil findet seine weitere Fortsetzung nach Norden in den von CEPEK, HELLWIG & NOWEL (1994) beschriebenen früh-Saale-zeitlichen Schottern aus dem Raum Jänschal-

de-Ost. Nach Westen reicht seine Verbreitung als „Elster-Kataglazial bis Saale-Anaglazial-Fluviatilkomplex“ über Peitz nach Schmogrow und Vetschau, nach Süden lässt es sich bis in das Gebiet um Spremberg verfolgen (BERNER, HELLWIG & SONNTAG 1984). Adäquate Schotter mit hohen Quarz- (bis 80 %) und geringen Feldspatgehalten (1 bis 6 %) deuten im Umfeld des Tagebaus Welzow-Süd (CEPEK, HELLWIG & NOWEL 1994) auf Bildungen der Spree (mit Schwarzem und Weißem Schöps). In der südöstlichen Lausitz vermutet SCHUBERT (1979) zeitgleiche Ablagerungen in den bis 25 m mächtigen Kiessanden des Nochtener Raumes. Sie enthalten vorwiegend Gerölle aus dem Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße sowie der Flüsse Bobr und Kwisä.

Saale-Hochglazial

Die erste Saale-zeitliche Eistransgression in die nördliche Lausitz erfolgte im Drenthe-Stadium (Älteres Saale-Stadium nach LIPPSTREU 1995) direkt über die tiefgefrorenen Schotterflächen des Saale-Frühglazials. Proglaziale Staubeckensedimente in Form ausgedehnter Vorschüttbildungen sind in der nördlichen Lausitz nur vereinzelt bzw. in geringen Mächtigkeiten entwickelt. Erst mit Annäherung des Gletschers an das ansteigende Geländere Relief der mittleren und südlichen Lausitz lagerten sich ausgedehnte Staubeckensedimente (Bändertone, -schluffe und -sande) und sandig-kiesige Schmelzwasserschotter ab. Sie erreichen im Tagebau Welzow-Süd Mächtigkeiten bis 40 m und liegen meist über den vielfach periglaziär überprägten Ablagerungen der Elster-Kaltzeit (KÜHNER 2000, 2010). Die Moräne des Drenthe-Vorstoßes ist vorwiegend durch eine sehr schluffige Grundmasse gekennzeichnet, relativ geschiebe-arm und zeigt im Vergleich mit der Elster-Moräne deutlich geringere Gehalte an großen Steinen und Blöcken. In der Kleingeschiebezusammensetzung dominieren ostbaltische Geschiebespektren mit hohen Gehalten an Paläozoischen Kalken, einer reichen Dolomitführung sowie relativ wenigen Sandsteinen und frischen Flinten. Ihre Hauptverbreitungsgebiete liegen nördlich des Baruther Urstromtals im Raum Guben-Horno-Peitz, südlich davon tritt sie im Bereich des Niederlausitzer Grenzwalls von Bad Muskau bis Doberlug-Kirchhain in Mächtigkeiten zwischen 5 und 10 m auf. Seine Maximalausdehnung erreichte der Drenthe-Vorstoß im Raum Kamenz–Bautzen–Görlitz.

Der Zerfall des Drenthe-Eises führte in Südbrandenburg zur Entstehung ausgedehnter Staubeckenseen und zur Sedimentation von Bänderschluften und -sanden, die vielfach noch mit Fließ- und Abtropfgeschiebemergeln verzahnt sind. Im Bereich der Horner Hochfläche dominieren eisrandnahe Sedimente mit meist ungeschichteten, schnell sedimentierten Beckenablagerungen und bis kopfgroßen drop stones (KÜHNER 2003).

Bis zum beginnenden Warthe-Stadium (Jüngeres Saale-Stadium nach LIPPSTREU 1995) blieb die Lausitz weitestgehend unter periglazialen Verhältnissen. Für eine intra-Saale-zeitliche Klimaentwicklung bis auf warmzeitliches

Niveau (zuletzt NOWEL 2007) konnten trotz jahrzehntelanger, detaillierter Kartierungsarbeiten in den kilometerlangen Aufschlüssen der Lausitzer Tagebaue keine stratigraphisch zwingenden Belege oder Hinweise erbracht werden. Der Gletscher des Warthe-Stadiums erreichte mit seiner Maximalausdehnung den Niederlausitzer Grenzwall, wo zwei markante, hintereinander angeordnete (Stauch-) Endmoränenstaffeln die jeweiligen Stillstände nachzeichnen. Oberflächlich markieren girlandenförmig angeordnete Satz-endmoränen aus blockreichen Stein- und Kiesschüttungen die ehemaligen Stillstandslagen, im Untergrund werden sie durch z. T. sehr intensive Deformationen in Form von Sattel-Mulden-Strukturen, Überschiebungen und Verschuppungen bis in Teufen von 85 m dokumentiert (NOWEL 1986; GREULICH 1989, 1990; SEIBEL 1994; KÜHNER 2000 u. a.). Lage und Verlauf der einzelnen Strukturelemente belegen eine hohe Dynamik des Warthe-Eises, das sich hier im Randbereich in mehrere oszillierende Loben auflöste. Nach Osten setzen sich die Deformationen bis in den Muskauer Faltenbogen fort, der vielfach, jedoch ohne orthostratigraphische Belege, als Ergebnis Elster-zeitlicher Prozesse interpretiert wird (zuletzt KUPETZ & KUPETZ 2009). Steilstehende, gestauchte Neißeschotter (Tranitzer Fluvialit) am Horlitz-Berg (HELLWIG 1975) und in der Kiesgrube Kromlau (NOWEL 2009) lassen dagegen eine Saale-zeitliche Genese wahrscheinlich werden.

Im Hinterland des Niederlausitzer Grenzwalls weisen die Blockpackungen der Jerischker Endmoräne im Raum Raden – Pusack („Jerischker Staffel“ nach SCHUBERT 1979) auf eine weitere Randlage. Ihre Fortsetzung wird in Richtung Norden über die Struktur Simmersdorf bis in das Störungsgebiet Radewiese-Briesnig im Tagebau Jänschwalde gesehen (KÜHNER 2017).

Im Vergleich zu dem tiefen und ausgedehnten Rinnensystem im Ergebnis Elster-zeitlicher Erosionsprozesse hat das Saale-Eis mit weitaus geringerer Intensität in den Untergrund eingegriffen. Das kann einerseits auf die hohe Mobilität der Gletscher zurückgeführt werden, die sich in relativ kurzer Zeit aufbauten, zerfielen und erneut, zum Teil mehrfach oszillierend, wieder vorstießen. Andererseits kann in Südostbrandenburg nur noch mit geringen Eismächtigkeiten (d. h. entsprechend geringe hydrostatische Drücke) gerechnet werden, die nach GELETNEKY (1996) im Raum Welzow für den Drenthe-Gletscher bei ca. 200 m lagen. Die Rinnen erreichen selten das Niveau des 2. Miozänen Flözkomplexes (MFK), zeigen aber alle rinnentypischen Strukturelemente, vereinzelt auch kleinere Rinnennetze (KÜHNER et al. 1988; KÜHNER 1991, 2000; PIOTROWSKI, GELETNEKY & VATER 1999).

Eem-Warmzeit

Nach Zerfall des Saale-Eises bildete sich in der Lausitz eine Morphologie heraus, die in ihren Grundzügen bereits mit dem heutigen Oberflächenrelief vergleichbar war. Als mar-

kantes Element gliederte der Niederlausitzer Grenzwall die Eem-zeitliche Landschaft in unterschiedliche Sedimentationsräume. Südlich des Grenzwalls hatten die im Lausitzer Urstromtal abfließenden Schmelzwässer des Warthe-Eises eine ausgeglichene Schotterfläche hinterlassen, die nur von flachen Flussrinnen durchzogen wurde. Charakteristische Ablagerungen aus diesem Bereich treten bei Mühlrose in Form ausgedehnter Diatomeenmudden innerhalb eines flachen, nur wenige Dekameter breiten Altwasserarms von mehreren hundert Metern Länge (CEPEK 1965) in Erscheinung. Adäquate Ablagerungen werden auch aus den Aufschlüssen des Tagebaus Nochten beschrieben (SCHUBERT 1979). Die bis 4 m mächtigen Schluff- und Diatomeenmudden enthalten die komplette Abfolge der PZ 1 bis 9 (SEIFERT in SCHUBERT 1979). Das ehemalige, Eem-zeitliche Geländeniveau ist durch den Übergang zum Früh-Weichsel bei ca. +110 m NHN fixiert und liegt heute ca. 9 m unter der rezenten Geländeoberkante.

Auf dem Niederlausitzer Grenzwall hinterließ das abschmelzende Eis eine bewegte, vorwiegend durch glaziäre Prozesse geformte Oberfläche, die kaum Möglichkeiten für eine weitflächige Sedimentation bot. In der größtenteils mit Warthe-Geschiebemergel bedeckten Landschaft existierten nur noch wenige kleine Restseen innerhalb nicht vollständig verfüllter Rinnenstrukturen sowie große Mengen verschütteter Toteiskörper. Sie hinterließen beim Ausschmelzen am Ende des Saale-Spätglazials lokal eng begrenzte, kesselförmige Hohlformen, die über die gesamte Warmzeit, vereinzelt bis zum Weichsel-Frühglazial, als Sedimentfallen wirkten. Während sich ein Großteil der Eem-Becken über einer abgesenkten, mitunter auch erosiv eingeschnittenen Warthe-Moräne entwickelt haben, zeichnen sich die Vorkommen im Raum Welzow durch ihre Position auch unmittelbar über der älteren Saale-Moräne aus (KÜHNER & STRAHL 2008).

HERMSDORF & STRAHL (2008) listen für das südliche Brandenburg rund 100, davon 50 palynologisch gesicherte Eem-Vorkommen auf, wobei der überwiegende Anteil nur aus Bohrungen bekannt ist. Inzwischen ist die Anzahl der palynostratigraphisch untersuchten Vorkommen auf 64 angewachsen (mdl. Mitt. J. STRAHL 11.03.2024). Detailliertere Bearbeitungen konnten dagegen die an den Abraumböschungen der Braunkohletagebaue aufgeschlossenen Vorkommen erfahren. Zu ihnen zählen u. a. die klassischen Eem-Vorkommen bei Klinge, die seit der Entdeckung fossiler Wirbeltierknochen 1891 im Fokus wissenschaftlicher Bearbeitungen standen (u. a. STRIEGLER 2007), die Vorkommen in den Tagebauen Welzow-Süd (KÜHNER & STRAHL 2008), Cottbus-Nord und Jänschwalde (KÜHNER 2020, 2023). Hier ist vor allem das von Mai 2010 bis Juni 2015 überbaggerte gleichnamige Vorkommen von Bedeutung, welches im gesamten Zeitraum der Überbaggerung multidisziplinär begleitet wurde. Die Gesamtheit aller Ergebnisse lieferte eine hochauflösende Rekonstruktion sowohl der geologischen, paläobotanischen und -zoologischen als auch der archäologischen Verhältnisse während

des Saale-Spätglazials und der Eem-Warmzeit in diesem Gebiet. Neben Knochenfunden von Großsäugern sind zwei Feuersteinartefakte des *Homo neanderthalensis* bedeutsam, deren Fund den ältesten Beleg für eine menschliche Besiedlung in Brandenburg lieferte (AUTORENKOLLEKTIV 2016).

Weichsel-Kaltzeit

Der Zeitraum zwischen dem Ausklingen der Eem-Warmzeit und dem Vordringen des ersten Weichsel-zeitlichen Gletschers nach Brandenburg ist durch eine alternierende Folge aus stadialen und interstadialen Abschnitten charakterisiert. Die größte Verbreitung dieser Weichsel-frühglazialen Sedimente findet sich im Bereich des Lausitzer Urstromtals in einer bis 25 m mächtigen Serie aus fluviatilen und limnisch-fluviatilen Fein- und Mittelsanden mit Einschaltungen von Torf- und Muddehorizonten. Sie entspricht im Wesentlichen der „Oberen Talsandfolge“ von CEPEK (1965) und umfasst die kompliziert ineinander verschachtelten Schwemmfächer von Spree, Lausitzer Neiße, Schwarzem und Weißem Schöps (SCHUBERT 1979; WOLF & SCHUBERT 1991; WOLF et al. 1994). Sedimentologische und paläobotanische Untersuchungen in den Tagebauen Scheibe, Nochten und Reichwalde (MOL 1997, Bos et al. 2001) belegen mindestens sieben wärmere und acht kältere Phasen (WOLF et al. 1994).

Nördlich des Niederlausitzer Grenzwalls sind entsprechende Ablagerungen vorwiegend auf lokale Beckenbereiche beschränkt, in denen sich die limnische Eem-Sedimentation außerhalb des Weichsel-Außenrandes kontinuierlich bis in das Weichsel-Frühglazial fortsetzen konnte.

Im Hochglazial dehnten sich die Gletscher des Brandenburger Stadiums vor ca. 30 ± 4 ka bis in das südliche Brandenburg (LÜTHGENS, HARDT & BÖSE 2020) aus. Dabei überschritt das Eis die klassische, morhologisch durch Satzendmoränen markierte Rاندlage (MARCINEK 1961) im Raum Guben – Byhlegure noch um ca. 14 km und stieß bis unmittelbar an den nördlichen Stadtrand von Cottbus vor, wo es im Bereich der Ausräumung Merzdorfer Ausbauten seine Maximalausdehnung erreichte (HORN, KÜHNER & THIELE 2005).

Die im Baruther Urstromtal abfließenden Schmelzwässer des Brandenburger Stadiums schütteten einen bis zu 20 m mächtigen, sandig-kiesigen Sedimentkomplex auf, dessen differenzierte Struktur verschiedene Phasen des abschmelzenden Weichsel-Eises widerspiegelt. Er wird im Raum Cottbus durch fluviale Ablagerungen der Spree überdeckt, die mit dem noch hochglazialen Unteren Spreeschwemmfächer einsetzen. Der Obere Spreeschwemmfächer enthält die nahezu komplette Abfolge des Weichsel-Spätglazials und geht im Hangenden in holozäne limnisch-fluviale Bildungen über (vgl. u. a. POPPSCHÖTZ & STRAHL 2004).

Dagegen konzentrierte sich die Entwicklung im Raum Reichwalde (Lausitzer Urstromtal) im Wesentlichen auf die limnisch-sedentäre Verfüllung eines Rinnen- und Beckensystems, das im Ergebnis einer starken erosiven Zergliederung der Oberen Talsandfolge ab dem späten Weichsel-Hochglazial, zum Teil in Verbindung mit Thermokarst, angelegt wurde (ULLRICH in FRIEDRICH et al. 2001, VAN DER KROFT, RENNO & ULLRICH 2002).

Literatur:

- AUTORENKOLLEKTIV (2016): Das Spätsaale-/Eem-Vorkommen und der mittelpaläolithische Fundplatz Jänschwalde. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **22**, 2/Arbeitsber. Bodendenkmalpfl. Brandenburg **28**, Sonderband 2016, 245 S.
- BERNER, K., HELLWIG, D. & A. SONNTAG (1984): Lithofazieskarten Quartär 1 : 50 000, Blatt Cottbus. – ZGI (Hrsg.), Berlin
- BOS, J. A. A., BOHNKE, S. J. P., KASSE, C. & J. VANDENBERGHE (2001): Vegetation and Climate during the Weichselian Early Glacial and Pleniglacial in the Niederlausitz, eastern Germany – macrofossil and pollen evidence. – J. Quaternary Sci. **16**, 3, S. 269–289
- CEPEK, A.-G. (1965): Geologische Ergebnisse der ersten Radiokarbondatierungen von Interstadialen im Lausitzer Urstromtal. – Geologie **14**, 5/6, S. 625–657
- CEPEK, A.-G. (1967): Stand und Probleme der Quartärstratigraphie im Nordteil der DDR. – Ber. dt. Ges. geol. Wiss. **A 12**, 3/4, S. 375–404
- CEPEK, A. G., HELLWIG, D. & W. NOWEL (1994): Zur Gliederung des Saale-Komplexes im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **1**, 1, S. 43–83
- CEPEK, A. G. & W. NOWEL (1991): Zum Pleistozän im Raum Klinge-Dubrau (östliche Niederlausitz), ein Typusgebiet für den Saale-Komplex. – Z. geol. Wiss. **19**, 3, S. 289–316
- ERD, K. (1973): Pollenanalytische Gliederung des Pleistozäns der Deutschen Demokratischen Republik. – Z. geol. Wiss. **1**, 9, S. 1087–1103
- ERD, K. (1974): Bericht über die pollenanalytische Untersuchung der Bohrung T 1525/71, T 1590/71, T 1595/71 und T 1504/71 Cottbus-Nord. – Bericht ZGI Berlin, 7 S. (unveröff.)
- ERD, K. (1994): Palynologische Aussagen zum Holstein- und Saale-Komplex im Gebiet des Tagebaus Jänschwalde. – Brandenburg. geow. Beitr. **1**, 1, S. 36–42

- FRIEDRICH, M., KNIPPING, M., VAN DER 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 Bodendenkmalpflege **43**, S. 21–94
- GELETNEKY, J. (1996): Geologischer Bau und Genese subglazialer Schmelzwasserrinnen im Braunkohlentagebau Welzow-Süd (Brandenburg). – Diplomarbeit an der Math.-Naturw. Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 136 S. (unveröff.)
- GENIESER, K. (1955): Ehemalige Elbeläufe in der Lausitz. – Geologie **4**, 3, S. 223–279
- GRAHMANN, R. (1933): Die Geschichte des Elbtales von Leitmeritz bis zu seinem Eintritt in das Norddeutsche Flachland. – Mitt. Ver. Erdkde. Dresden N.F. (für 1932/33), S. 132–194
- GREULICH, K. (1989): Lagerungsverhältnisse des 2. Miozänen Flözhorizontes im Bereich des Niederlausitzer Grenzwalls im Raum Neupetershain-Spremberg. – Freiburger Forschungsh. **C 434**, S. 59–71
- GREULICH, K. (1990): Die Grube Merkur bei Drebkau – historischer und geologischer Überblick. – Natur und Landschaft Bez. Cottbus **12**, S. 95–108
- HANNEMANN, M. & RADTKE, H. (1961): Frühglaziale Ausräumungszonen in Südostbrandenburg. – Z. angew. Geol. **7**, 2, S. 69–74
- HELLWIG, D. (1975): Fluviale Bildungen innerhalb des Saale-Komplexes im Raum Cottbus-Forst. – Z. geol. Wiss., **3**, 8, S. 1077–1090
- HERMSDORF, N. & STRAHL, J. (2008): Karte der Eem-Vorkommen des Landes Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 23–55
- HORN, M., KÜHNER, R. & R. THIELE (2005): Die Ausräumung „Merzdorfer Ausbauten“ im Tagebau Cottbus-Nord und ihre Beziehung zur Ausdehnung des Weichsel-Eises in Südostbrandenburg. – Brandenb. geowiss. Beitr. **12**, 1/2, S. 37–44
- KRBETSCHEK, M. R., DEGERING, D. & W. ALEXOWSKY (2008): Infrarot-Radiofluoreszenz-Alter (IR-RF) der Unteren Saale Mittel- und Ostdeutschlands. – Z. dt. Ges. Geowiss. **159**, 1, S. 133–140
- KÜHNER, R. (1991): Einige Aspekte zu bemerkenswerten Pleistozänaufschlüssen im Tagebau Cottbus-Nord. – Z. geol. Wiss. **19**, 3, S. 317–330
- KÜHNER, R. (2000): Sedimentfolgen und Lagerungsverhältnisse im quartären Deckgebirge des Tagebaus Welzow-Süd. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **7**, 1/2, S. 59–72
- KÜHNER, R. (2003): Ausbildung und Gliederung des saalezeitlichen Sedimentkomplexes im Bereich der Hornoer Hochfläche. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **10**, 1/2, S. 111–121
- KÜHNER, R. (2010): Quartär. – In: AUTORENKOLLEKTIV: Die geologische Entwicklung der Lausitz. – S. 95–134, Cottbus
- KÜHNER, R. (2017): Atlas der pleistozänen Störungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – Lausitz Energie Bergbau AG [Hrsg], 59 S., Cottbus
- KÜHNER, R. (2020): Die geologischen Verhältnisse im Tagebau Cottbus-Nord. – Natur und Landschaft in der Niederlausitz **33**, S. 36–66
- KÜHNER, R. (2023): Die geologischen Verhältnisse im Tagebau Jänschwalde. – Natur und Landschaft in der Niederlausitz **34**, S. 68–103
- KÜHNER, R., KLOSS, R., BAUMANN, K. & F. MÄDLER (1988): Stratigraphisch genetische Erkenntnisse aus der Überbaggerung der Rinne Gosda-Klinge. – Z. angew. Geol. **34**, 11, S. 335–338
- KÜHNER, R. & J. STRAHL (2008): Die Eem-Vorkommen am Außenrand der warthestadialen Vereisung im Tagebau Welzow-Süd, Niederlausitz. – Z. dt. Ges. Geowiss. **159**, 2, S. 191–204
- KÜHNER, R., STRAHL, J., SÜSSMILCH, P. & H. U. THIEKE (2008): Lithologische und pollenanalytische Befunde aus dem saalefrühglazialen Fluviatilkomplex (Tranitzer Fluviatil) und dem Eem-Interglazial im Tagebau Jänschwalde, Südbrandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 1–21
- KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. – Brandenburg. geowiss. Beiträge **4**, 2, S. 1–20
- KUPETZ, A. & M. KUPETZ. [Hrsg.] (2009): Der Muskauer Faltenbogen. – Wanderungen in die Erdgeschichte **24**, 266 S., München (Pfeil)
- KUPETZ, M., SCHUBERT, G., SEIFERT, A. & L. WOLF (1989): Quartärbasis, pleistozäne Rinnen und Beispiele glazitektonischer Lagerungsstörungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – Geoprofil **1**, S. 2–17

- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N., SONNTAG, A. & H. U. THIEKE (1994): Zur Gliederung der quartären Sedimentabfolgen im Niederlausitzer Braunkohlentagebau Jänschwalde und in seinem Umfeld – Ein Beitrag zur Gliederung der Saale-Kaltzeit in Brandenburg. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **1**, 1, S. 15–35
- LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. – In: BENDA, L. (Hrsg.): *Das Quartär Deutschlands*. – S. 116–147, Stuttgart (Borntraeger)
- LÜTHGENS, C., HARDT, J. & M. BÖSE (2020): Proposing a new conceptual model for the reconstruction of ice dynamics in the SW sector of the Scandinavian Ice Sheet (SIS) based on the reinterpretation of published data and new evidence from optically stimulated luminescence (OSL) dating. – *E&G Quaternary Sci. J.* **69**, S. 201–223, <https://doi.org/10.5194/egqsj-69-201-2020>, 2020
- 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
- MOL, J. (1997): *Fluvial response to climate variations. The Last Glaciation in eastern Germany*. – Thesis Vrije Universiteit Amsterdam, 100 S. (unveröff.)
- NOWEL, W. (1983): Die geologische Entwicklung des Bezirkes Cottbus, Teil III/B: Das Quartär (Stratigraphie). – *Natur u. Landsch. Bez. Cottbus* **5**, S. 3–26
- NOWEL, W. (1986): Zur regionalgeologischen Bedeutung der Ziegeleigrube Leuthen südlich Cottbus. – *Natur u. Landsch. Bez. Cottbus* **8**, S. 68–72
- NOWEL, W. (2003): Zur Korrelation der Glazialfolgen im Saale-Komplex Nord- und Mitteldeutschlands am Beispiel des Tagebaus Jänschwalde in Brandenburg. – *Eiszeitalter und Gegenwart* **52**, S. 47–83
- NOWEL, W. (2007): Zur geologischen Entwicklung und Erforschung der Gegend um Klinge. – *Natur und Landschaft in der Niederlausitz* **24**, S. 9–52
- NOWEL, W. (2009): Zum warthezeitlichen Anteil an der geologischen Entwicklung des Muskauer Faltenbogens und zur stratigraphischen Stellung der Jerischker Ensmoräne. – *Natur und Landschaft in der Niederlausitz* **28**, S. 3–36
- NOWEL, W. & A. G. CEPEK (1988): Das Pleistozän von Klinge-Dubrau (Kr. Forst). – *Natur und Landschaft Bezirk Cottbus* **10**, S. 3–20
- PIOTROWSKI, J. A., GELETNEKY, J. & R. VATER (1999): Soft-bedded subglacial meltwater channel from the Welzow-Süd open-cast lignite mine, Lower Lusatia, eastern Germany. – *Boreas* **28**, S. 363–374
- POPPSCHÖTZ, R. & J. STRAHL (2004): Fazies- und Pollenanalyse an einem weichselspätglazialen Flusslauf im „Oberen Spreeschwemmfächer“ bei Cottbus. – *Berliner Geographische Arbeiten* **96**, S. 69–88
- PRÄGER, F. (Hrsg.) (1976): *Die glazigenen Bildungen im Südosten der DDR und ihre Beziehungen zum angrenzenden periglaziären Gebiet im Norden der CSSR*. – Exkursionsführer Tagung GGW in Bautzen 1976, S. 1–47, Berlin
- SCHUBERT, G. (1977): Die Gliederung und Verbreitung elsterkaltzeitlicher Sedimente in der mittleren Lausitz. – *Veröff. Mus. Westlausitz* **1**, S. 37–50
- SCHUBERT, G. (1979): Aufschlussbefunde zu einer jungpleistozänen Laufverlegung der Lausitzer Neiße (Nochtener Neißelauf) und zur Terrassengliederung. – *Z. geol. Wiss.* **7**, 4, S. 463–477
- SEIBEL, B. (1994): Glazigene Lagerungsstörungen des 2. Lausitzer Flözes im Braunkohlenfeld Dörrwalde. – *Natur und Landschaft in der Niederlausitz* **15**, S. 79–87
- STEDING, D. (1977): Überblick über das Quartär der südöstlichen Oberlausitz. – *Abh. und Ber. des Naturkundemuseums Görlitz* **51**, 2, S. 37–38
- STRAHL, J. (2023): Revision der palynostratigraphischen Gliederungen der Holstein-Warmzeit und des Unter Saale Berlin-Brandenburgs. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **30**, S. 7–37
- STRIEGLER, R. (2007): Die Erforschung der Eem-Vorkommen von Klinge. – *Natur und Landschaft in der Niederlausitz* **24**, S. 53–106
- THIEKE, H.-U. (1975): Schwermineralogische Kennzeichnung von fluviatilen spätster-glazialen bis frühsaale-glazialen Ablagerungen im mittleren Teil der DDR. – *Z. geol. Wiss.* **3**, 8, S. 1091–1101
- VAN DER KROFT, P., RENNO, A. & O. ULLRICH (2002): Spätglaziale und holozäne Fluß-, Seen- und Niedermoorentwicklung im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet (Sachsen). – *Greifswalder Geographische Arbeiten* **26**, S. 67–71
- WOLF, L. (1980): Die elster- und präelsterkaltzeitlichen Terrassen der Elbe. – *Z. geol. Wiss.* **8**, 10, S. 1267–1280
- WOLF, L., ALEXOWSKY, W., DIETZE, W., HILLER, A., KRIBETSCHKE, M., LANGE, J.-M., SEIFERT, M., TRÖGER, K.-A., VOIGT, T. & A. WALTHER (1994): Fluviatile und glaziäre Ablagerungen am äußersten Rand der Elster- und Saale-Vereisung; die spättertiäre und quartäre Geschichte des sächsischen Elbgebietes (Exkursion A2). – In: EISSMANN, L. & LITT, T. (Hrsg.): *Das Quartär Mitteldeutschlands*. – *Altenbg. nat. wiss. Forsch.* **7**, S. 190–235

WOLF, L. & G. SCHUBERT (1991): Die Niederterrassen der Neiße; ihre Beziehungen zur Oberen Talsandfolge im Bereich des Lausitzer Urstromtals. – Tagungsmaterial 38. Jahrestagung Ges. Geol. Wiss. DDR, S. 135–140, Berlin, Freiberg

WOLF, L. & G. SCHUBERT (1992): Die spättertiären bis elstereiszeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elster-Kaltzeit in Sachsen. – Geoprofil **4**, 43 S.

Anschrift des Autors:

Ralf Kühner
Harnischdorfer Str. 49
03058 Neuhausen/Spree

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 19–22	1 Abb., 6 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Geoparks in Deutschland – Stand und Perspektiven

CHRISTOF ELLGER & KONRAD SCHUBERTH

1 Einführung

In knapp 25 Jahren haben sich Geoparks als eine besondere Gebietskategorie mit betont geowissenschaftlicher Ausrichtung etabliert, sowohl in Deutschland als auch international, und dies, ohne dass (jedenfalls hierzulande) für diese Art von Schutz- und Aktionsgebiet eine gesetzliche Grundlage besteht. Aus der Idee, die geologisch bedeutsamen Sehenswürdigkeiten einer Region mit einem die Einzelelemente verbindenden Konzept unter dem Dach einer Institution auf einer klar definierten Fläche zu präsentieren, ist eine weltweit tätige Bewegung entstanden, die sich in verschiedenen Netzwerken organisiert hat. Als UNESCO Global Geoparks sind 195 Geoparks in 48 Ländern anerkannt (UNESCO 2023). Darüber hinaus gibt es in verschiedenen Ländern nationale Zertifizierungsverfahren, so zum Beispiel in Japan, China, Taiwan, Tschechien und auch in Deutschland. Hier bestehen zu Jahresanfang 2024 19 Nationale GeoParks, von denen 8 zugleich als UNESCO Global Geoparks ausgewiesen sind (Abb. 1). Die zertifizierten Geoparks in Deutschland umfassen zusammen 57388 km², d. h. rund 16 % der Fläche der Bundesrepublik. Die Arbeitsgemeinschaft der deutschen Geoparks (AdG) zählt 21 Mitglieder.

Nach einem Vierteljahrhundert erscheint es berechtigt und sinnvoll, das in Deutschland entstandene System von Geoparks auf den unterschiedlichen räumlichen Ebenen (national und international) in seiner Gesamtheit zu betrachten, um einerseits seine Leistungen und Errungenschaften zu würdigen, andererseits aber auch Probleme zu identifizieren.

2 Das zweistufige Zertifizierungssystem

Für Deutschland bestehen Zertifizierungsverfahren auf internationaler und nationaler Ebene, als UNESCO Global Geopark bzw. Nationaler GeoPark.

Mit dem Geopark Vulkaneifel liegt einer der Gründer-Geoparks des im Jahr 2000 konstituierten European Geoparks Network (EGN) in Deutschland. Das EGN wurde 2004 zum Global Geoparks Network (GGN) erweitert, das dem-

entsprechend jetzt sein zwanzigjähriges Jubiläum feiern kann (vgl. Poster K. LÖWEN und dieser Band, S. 133). Im November 2015 beschloss die UNESCO die Ausweisung von UNESCO Global Geoparks als Teilprojekt des um die Geoparks ergänzten und gemeinsam mit der IUGS betriebenen International Geoscience and Geoparks Programs. Damit wurden die Geoparks des GGN zu UNESCO Global Geoparks ernannt.

Um in Deutschland mehr Geoparks eine Zertifizierung zu ermöglichen als dies im Rahmen der internationalen Netzwerke möglich gewesen wäre, schuf der Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung im Jahr 2002 das Prädikat „Nationaler GeoPark“. Hierfür wurden Richtlinien aufgestellt, die sich eng an die EGN-Richtlinien anlehnten.

Die zweistufige Institutionalisierung der Geoparks hat sich in verschiedener Hinsicht als vorteilhaft erwiesen. Zum einen sind Geoparks in Deutschland mit ihrer Erfahrung aus der Zertifizierung und Evaluierung als Nationaler GeoPark gut für ein Bewerbungsverfahren bei der UNESCO vorbereitet. Zum anderen kann sich das System der Nationalen GeoParks unabhängig von internationalen Einflüssen und Entscheidungen entwickeln und unterliegt keiner Beschränkung hinsichtlich der Zahl der zertifizierten Geoparks.

3 Bemerkenswerte Leistungen bei oft prekärer Ausstattung

Die Geoparks haben ein großes Spektrum an Aufgaben zu erfüllen. Es reicht von der Identifizierung und der Pflege des geologischen Erbes über die geodidaktische Vermittlung von Wissen über Geotope und sonstige Anlaufpunkte bis hin zur Publikationstätigkeit und Organisation von Veranstaltungen. Zugleich müssen viele Geoparks immer noch darum kämpfen, dass sie auskömmlich finanziert sind, d. h. sie verwenden einen nicht unbeträchtlichen Teil ihrer knappen Personalkapazität zur Selbsterhaltung als Institution. Angesichts dieser ungünstigen Bedingungen erscheinen die Leistungen der Geoparks insgesamt höchst eindrucksvoll. Deshalb sollten sie auf keinen Fall durch zusätzliche



Abb. 1:
Geoparks in Deutschland 2024
(aus: ELLGER 2024)

Anforderungen belastet werden. Seit der Konstituierung der UNESCO Global Geoparks drängen die UNESCO – und in Deutschland die Deutsche UNESCO-Kommission und das vom Auswärtigen Amt eingesetzte Nationalkomitee für UNESCO Global Geoparks in Deutschland – die Geoparks dazu, sich als Modellregionen für nachhaltige Entwicklung und darüber hinaus auch für internationale Verständigung aufzustellen (s. auch HENRIQUES & BRILHA 2017). Zweifellos sind die Geoparks mit ihrer thematischen Ausrichtung auf Geoerbeschutz, wissenschaftliche Vermittlung sowie Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung in hohem Maße dafür geeignet, diese Funktionen mit zu übernehmen; eine Wurzel der Geoparkbewegung ist nicht zuletzt die Idee einer umwelt- und menschengerechten Regionalentwicklung. Aber es erscheint unangemessen, den Geoparks neue Aufgaben aufzuerlegen, etwa mit dem Handlungsdruck, der aus den entstandenen Problemen ihrer Regionen in den Bereichen Verkehr, Energieversorgung, Wasserwirtschaft, Abfallwesen u. v. a. erwachsen ist. Die klassischen Kernaufgaben der Geoparks sind Herausforderung genug, vor allem die Vermittlung geowissenschaftlichen Grundwissens in Verbindung mit einer Umweltbildung, die auch biologische und soziokulturelle Aspekte mit einbezieht.

4 Räumliche Verteilung – Situation und Neuvorschläge

Die deutschen Geoparks sind „bottom-up“, aus regional operierenden Initiativen, entstanden. In überschaubaren zusammenhängenden Gebieten haben sich Einzelpersonen und Interessensgruppen zur Errichtung eines Geoparks zusammengefunden bzw. haben die Idee eines Geoparks einer bestehenden Institution, zum Beispiel einem Naturpark, angetragen. Diese Besonderheit teilen die Geoparks Deutschlands mit vielen Geoparks weltweit, wobei es auch Länder gibt, in denen der Prozess der Formierung von Geoparks stärker zentralstaatlich gelenkt ist, zum Beispiel in Asien. Der initiale Impuls für Geoparks bestand darin, dass sich im Jahr 2000 vier Geoparks in vier europäischen Ländern zu einem ersten Netzwerk zusammenschlossen, für diese neue Art von Institution eine Konzeption und dazugehörige Richtlinien erarbeiteten und dann weitere Mitglieder aufnahmen. Staatlich induzierte bzw. überstaatliche Regelungen kamen erst später hinzu. Damit ist die Entwicklung der Geoparks vorrangig von regionalen Akteuren und Initiativen bestimmt worden, externe Institutionen und übergeordnete Vorstellungen haben kaum Einfluss ausgeübt. Die Zahl der Geoparks und ihre räumliche Verteilung sind somit vor allem das Ergebnis eines nicht von außen gesteuerten Prozesses, der auch einen hohen Anteil an Zufälligkeit aufweist.

Entstanden sind Geoparks vor allem in den deutschen Mittelgebirgen, die sich aufgrund ihrer komplexen erdgeschichtlichen Entwicklung durch hohe Geodiversität auszeichnen. Ihre Verbreitung greift mit Harz und Teutoburger Wald weit nach Norden aus. Hinzu kommen die glazial geprägten Geoparks im Norddeutschen Tiefland sowie die Impaktstruktur des Nördlinger Ries im Südwestdeutschen Schichtstufenland (Abb. 1).

Der Vorteil der nicht zentral gesteuerten Entstehung der Geoparks besteht darin, dass es sich bei ihnen um Einrichtungen handelt, die von sich aus motiviert sind, ihre selbstgeschaffene Identität zu erhalten und weiterzuentwickeln. Dies bedeutet aber auch, dass eine ganze Reihe geowissenschaftlich interessanter Regionen in Deutschland nicht als Geopark präsentiert wird. Im Abgleich geologisch vielfältiger und sehenswerter Landschaften mit der Karte der Geoparks könnte man sich in verschiedenen Teilräumen des Landes noch den einen oder anderen Geopark vorstellen, z. B. auf Rügen, im Pfälzerwald, im Schwarzwald (eventuell unter Einschluss von Teilen des Oberrheingraben) sowie im Alpen- und Voralpengebiet. Dort könnte man eventuell bestehende Kristallisationskerne für Geoparks in ihrer Arbeit ermutigen und inhaltlich sowie durch Fördermittel unterstützen. Vor allem erscheint es wünschenswert, dem Geopark Mecklenburgische Eiszeitlandschaft, der ja bereits einmal als nationaler und internationaler Geopark zertifiziert war, die Rückkehr in die Geopark-Netzwerke zu ermöglichen.

5 Wege zur mehr öffentlicher Wahrnehmung

Obwohl es in Deutschland seit über 20 Jahren Geoparks gibt und die rund 20 Geoparks in Deutschland auch beständig durch Publikationen und Veranstaltungen auf sich aufmerksam machen – auch gemeinsam als AdG – ist ihr allgemeiner Bekanntheitsgrad immer noch recht gering. Ihn zu erhöhen ist eine vorrangige Aufgabe für die Geoparks und ihre Unterstützer (AUFENANGER 2019, S. 324).

Dabei sind durchaus Widerstände zu überwinden. So stehen Geoparks mit ähnlichen Institutionen und Netzwerken im Wettbewerb um Aufmerksamkeit und Besucher und stellen eine zum Teil unerwünschte Konkurrenz dar. Aus diesem Grund hat zum Beispiel der Verbund der Großschutzgebiete als Zusammenschluss der Nationalparks, Biosphärenreservate und Naturparke, der unter dem Etikett „Nationale Naturlandschaften“ auftritt, nach einer längeren Phase der Anbahnung einer Kooperation mit den Geoparks 2022 gegen eine Aufnahme der Geoparks in den Kreis der Nationalen Naturlandschaften votiert (mdl. Mitt. Sylvia Reyer-Rohde, AdG, 15.05.2023). Die Nationalen Naturlandschaften treten somit ohne die Geoparks auf, aber durchaus unter dem Motto „Wir Nationale Naturlandschaften sind das Bündnis der Großschutzgebiete in Deutschland“, obwohl Geoparks ebenfalls die Kriterien für Großschutzgebiete vollumfänglich erfüllen (ELLGER 2023).

Der Verband Deutscher Naturparke (VDN) dagegen arbeitet schon längere Zeit mit den Geoparks zusammen: „Seit 2018 kooperieren der Verband Deutscher Naturparke und die Nationalen Geoparks und erproben gemeinsam, ob eine dauerhafte Zusammenarbeit möglich ist und wie diese ausgestaltet werden kann“ (VERBAND DEUTSCHER NATURPARKE 2024).

Sämtliche an den Geoparks beteiligten Seiten – allen voran die Geoparks selbst, aber auch die GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung und die Deutsche UNESCO-Kommission – vereint die Erkenntnis, dass hinsichtlich der Öffentlichkeitsarbeit für die Geoparks mehr zu leisten ist als bisher und dass eine Kurzbroschüre und zwei leidlich gepflegte Internetportale dazu nicht ausreichen. Gegenwärtig werden in der Arbeitsgruppe Öffentlichkeitsarbeit der AdG entsprechende Konzepte entwickelt, die die Präsenz der Geoparks in den Medien und in der Öffentlichkeit verstärken sollen.

6 Schlussbemerkung

Innerhalb von etwas mehr als zwei Jahrzehnten haben sich Geoparks als ernstzunehmende Akteure für regionale Gestaltung und geowissenschaftliche Wissensvermittlung etabliert. Durch Zertifizierung und kontinuierliche Evaluierung unterliegen sie einer ständigen Qualitätskontrolle, die wesentlich zu ihrem qualitätsvollen Erscheinungsbild beiträgt. Den Geowissenschaften sind mit den Geoparks wichtige Botschafter zur Popularisierung ihrer Fachdisziplinen erwachsen.

Literatur:

AUFENANGER, J. (2019): Evaluation Nationaler GeoParks. Zur Attraktivität von Geoparks und ihrer Bedeutung für den Geotourismus. – Dissertation, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, <https://openscience.ub.uni-mainz.de/handle/20.500.12030/5079>, Internetlink zuletzt abgerufen am 8. Februar 2024

HENRIQUES, M. H. & J. BRILHA (2017): UNESCO Global Geoparks: a strategy towards global understanding and sustainability. – Episodes **40**, 4, S. 349–355

ELLGER, C. (2023): Sind die Geoparks keine Großschutzgebiete? – In: INGOMAR, F. & H.-G. RÖHLING (Hrsg.): GeoTop 2023 – Inwertsetzung der Geologie als Fundament der regionalen Entwicklung. 26. Internationale Jahrestagung der Fachsektion Geotope und Geoparks der DGGV im Steirischen Vulkanland (Österreich) in Feldbach. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften **98**, S. 25–29

ELLGER, C. (2024): Geoparks: eine Gebietskategorie erschafft sich selbst. – In: Nationalatlas aktuell **18** (03.2024) 1 [04.03.2024]. – Leipzig: Leibniz-Institut für Länderkunde (IfL), https://aktuell.nationalatlas.de/geoparks-1_03-2024-0-html/

LÖWEN, K. (2024): 20 Jahre Globales Geopark Netzwerk. – Brandenburg. geowiss. Beiträge 31, S. 133

UNESCO (2023): UNESCO Global Geoparks, <https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks/about>, Internetlink zuletzt abgerufen am 9. Februar 2024

VERBAND DEUTSCHER NATURPARKE (2024): Leitbild Geoparks in Deutschland. – In: Naturparke. Wir leben Natur, <https://www.naturparke.de/geoparks/leitbild.html>, Internetlink zuletzt abgerufen am 9. Februar 2024

Anschriften der Autoren:

Dr. Christof Ellger
GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung
c/o Institut für Geowissenschaften
Universität Potsdam
Karl-Liebknecht-Str. 24–25
14476 Potsdam

Konrad Schuberth
Landesamt für Geologie
und Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle (Saale)

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 23–28	6 Abb., 8 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Die glazialtektonische Internstruktur der Grundbruchmoräne Muskauer Faltenbogen

MANFRED KUPETZ

Die Entsprechung des im Deutschen etablierten Begriffs Stauchendmoräne ist im angloamerikanischen Sprachraum nicht nur die direkte Übersetzung „push endmoraine“, sondern auch „composite ridge“ oder „hill-hole-pair“. Stauchendmoräne bezeichnet den Prozess des Stauchens. „Composite ridge“ („zusammengesetzter Rücken“) und „hill-hole-pair“ (in etwa „Hügel-Grube-Paar“) beschreibt ihre geomorphologische Ausbildung. Mit Bezug auf die nach wie vor noch relativ geringe Kenntnis des Tiefenbaus großer glazialtektonischer Deformationen erscheint der Begriff „composite ridge“ am treffendsten zu sein. Näheres zu den Begrifflichkeiten enthalten u. a. ABER & BER (2007) und KUPETZ (2024).

Das zentrale Problem beim Verständnis großer glazialtektonischer Strukturen besteht darin, dass zwar aus zahlreichen, über die gesamte nördliche Hälfte der Erde verteilten Beispielen bekannt ist, dass ihre Deformationstiefen 100–200, maximal 300 m erreichen bzw. erreichen können, aber nur wenige Kenntnisse über ihre tatsächliche Form vorliegen. Aufgeschlossen bis in Tiefen von 50–100 m sind weltweit nur die beiden Stauchendmoränen an den Kreidesteilküsten der Insel Møn (Dänemark) und der Halbinsel Jasmund (Rügener Steilküste, Mecklenburg-Vorpommern). Mit einzelnen, tiefen Bohrungen lässt sich günstigstenfalls die Tiefe von glazialtektonischen Abscherungen ermitteln, nicht aber die Art und Form der Deformationsstruktur. Im Muskauer Faltenbogen liegt die einzigartige Situation vor, dass bedingt durch

- die geomorphologischen Gieserstrukturen,
- den bis mehr als 100 m tief reichenden historischen Braunkohlentief- und -tagebau,
- das für den Bergbau angelegte, engmaschige Explorations-Bohrungsnetz,
- ein hochauflösendes digitales Geländemodell (Lidar-DSM) sowie
- komplexe geophysikalische Messungen (Bohrlochgeophysik, Nahseismikprofile, flächenhafte Geoelektrik)

zumindest örtlich mit großer Sicherheit die glazialtektonischen Tiefenstrukturen rekonstruiert werden können (siehe auch Poster S. DONKE und dieser Band, S. 105). Die

vorliegenden Daten sind sehr umfangreich und erfordern eine aufwändige Interpretation, so dass hier noch weitere, nicht ausgeschöpfte Bearbeitungsmöglichkeiten existieren.

Ziel des Vortrages ist es, an einigen gut untersuchten Einzelstrukturen im Faltenbogen deren tektonische Form und Dimension aufzuzeigen. Ein wesentlicher Punkt ist dabei, dass sie so groß sind, dass man sie im Gelände durch die Gieser (abflusslose Tälchen über austreichenden Braunkohlenflözen) in günstigen Fällen erkennen kann. Aber selbst für erfahrene Geländegeologen ungewöhnlich bzw. überraschend ist, welche flächenhafte Ausdehnung einzelne glazialtektonische Schuppen oder Diapire aufweisen. In diesem Sinne ist der Vortrag eine Einführung in die Exkursion E2 dieser Tagung. Erkenntnismethodisch liegen zwei, sich gegenseitig ausschließende Situationen vor. Dort, wo historischer Braunkohlenbergbau stattfand, gibt es oftmals sehr aussagekräftige Dokumentationen. Gleichzeitig ist die natürliche Geomorphologie zerstört. An deren Stelle existieren heute Bergbaufollegewässer, Tiefbaubruhfelder und Außenhalden von Tagebauen. Hier können die räumlichen Tiefenstrukturen am besten interpretiert werden. In zwei größeren Teilgebieten des Faltenbogens im Raum Reuthen-Bohndorf-Friedrichshain sowie im Drachenberggebiet bei Krauschwitz ist hingegen die natürliche Giesermorphologie sehr gut erhalten. Sie erlaubt eine aussagekräftige Kartierung der erdoberflächennahen Erscheinungsbilder der glazialtektonischen Schuppen und Diapire. Gleichzeitig fehlen jedoch detailliertere Kenntnisse über ihren Tiefenbau. Die modernen geophysikalischen Untersuchungsergebnisse stehen teilweise in Altbergaubereichen, teilweise im unverritzten Lockergebirge zur Verfügung. Da die natürliche Giesermorphologie in erster Näherung den Tiefenbau abbildet, ist die flächenhafte Interpretation der glazialtektonischen Internstruktur des Muskauer Faltenbogens in der überwiegenden Zahl der Fälle ein Wechselspiel zwischen der Interpretation der Geomorphologie und den Ergebnissen aus der Braunkohlenexploration. Die Abgrenzung der glazialtektonischen Großformen gegeneinander erfolgt etwas formal, weil die Formen teilweise in Streichrichtung ineinander übergehen.

Der Muskauer Faltenbogen ist im Satellitenbildmaßstab (± 20 km) ein fast ideal hufeisenförmiger Lobus. Er setzt sich aus drei ineinandersteckenden Teilbögen zusammen. Von Norden nach Süden sind das der Kölzig-Teuplitzer Teilbogen, der Döbern-Triebeler Teilbogen und der Muskauer Faltenbogen i. e. S. Die jeweils mittleren Abschnitte der beiden nördlichen Teilbögen sind tiefreichend erodiert. Erhalten sind nur ihre beiden östlichen und westlichen Flanken. Der Muskauer Faltenbogen i. e. S. ist das das Übersichtsbild beherrschende Teilelement. Entstanden ist der Faltenbogen nach aktueller Auffassung früh-Elster-2-zeitlich und ist, auf etwa die Hälfte seiner ursprünglichen Höhe, erodiert. Über seinem eingeebneten Relief liegt in vier Staffeln eine Warthe-zeitliche, nur z. T. morphologisch deutlich ausgebildete Satzendmoräne (Abb. 1). Durch die Verebnung, die Überlagerung durch Warthe-zeitliche Moränen und glazifluviale Bildungen sowie lokal, meist holozäne Vermoorungen ist die Faltenbogenstruktur örtlich stark maskiert. Außerdem ist seine strukturelle Ausbildung an den Flanken sowie an seinem Südrand im Detail unterschiedlich. Diese Unterschiede befinden sich gegenwärtig noch in weiterer Untersuchung. Das quartärsedimentologische Erscheinungsbild an der Erdoberfläche wird in der im Rahmen der Preußischen Geologischen Landeskartierungen 1928 durch CRAMER erstellten Übersichtskarte ersichtlich (Abb. 2). Sie zeigt, dass die größte zusammenhängende Stauchmoränenfläche des Faltenbogens auf seinem westli-

chen Ast liegt. Deshalb befindet sich hier auch die Mehrzahl der in der Exkursion E2 gezeigten Geländepunkte.

Seit 1985 hat der Autor kontinuierlich an der Aufklärung der Internstruktur des Muskauer Faltenbogens gearbeitet. Dabei wurden folgende glazialtektonische Großformen (glazialtektonische Einzelemente) identifiziert:

- große, glazialtektonische Rupturen (Bruchstörungen mit und ohne Seitenverschiebungen sowie Flexuren; Abb. 3),
- glazialtektonische Schuppen (Abb. 2 in Exkursion E2, dieser Band, S. 174),
- Diapire und Diapirfalten (Abb. 2, 6 und 7 in Exkursion E2, dieser Band, 174, 177, 178),
- große, flache Mulden,
- irreguläre glazialtektonische Strukturen (Abb. 4a und b) und
- wurzellose Schollen (Abb. 4 in Exkursion E2, dieser Band, S. 175).

Das klassische Genesemodell für eine Stauchendmoräne folgt dem Grundverständnis eines überwiegend horizontalen (Zusammen-)Schubs. Daraus resultiert eine allgemein verbreitete Anschauung für Stauchendmoränen, nach der das Inlandeis in ein bereits existierendes, d. h. prädeformativ vorhandenes Zungenbecken hineinläuft

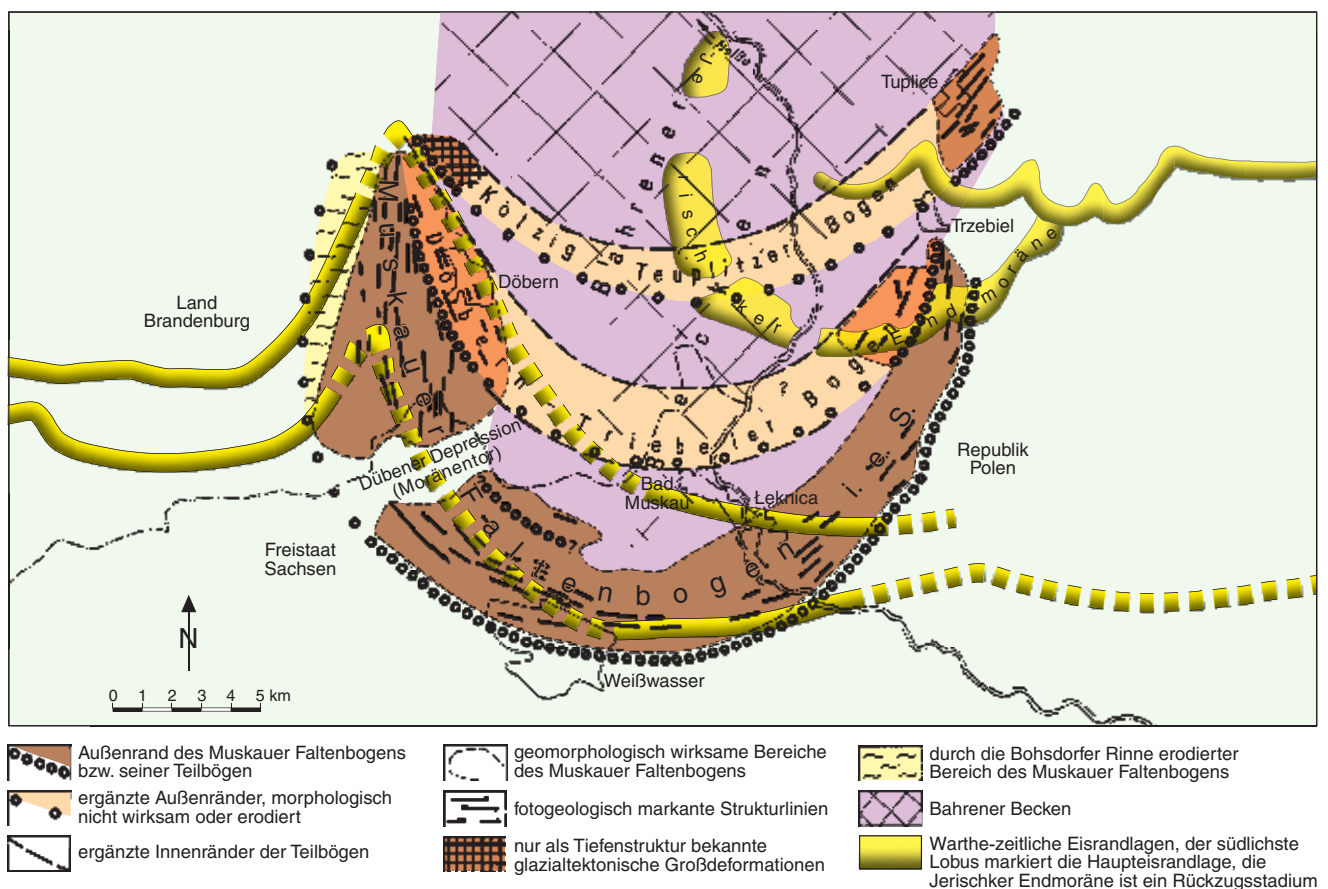


Abb. 1: Geologische Strukturkarte des Muskauer Faltenbogens (aus KUPETZ & KUPETZ 2009, S. 63)

Übersichtskarte zur Lieferung 266

Maßstab 1:200 000

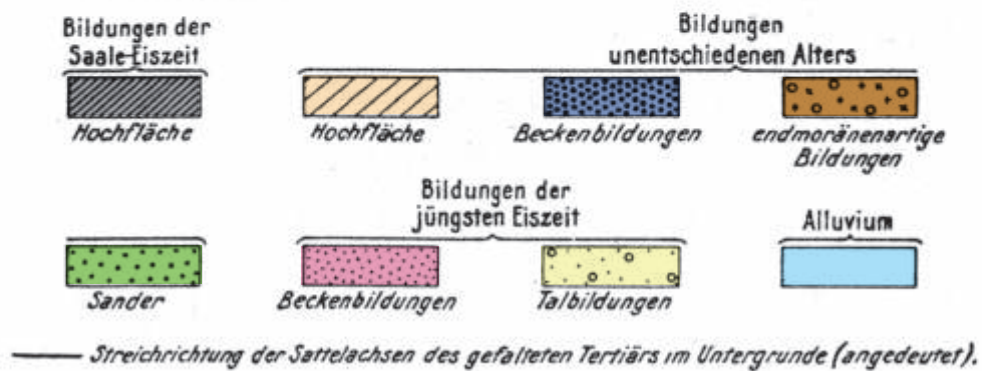
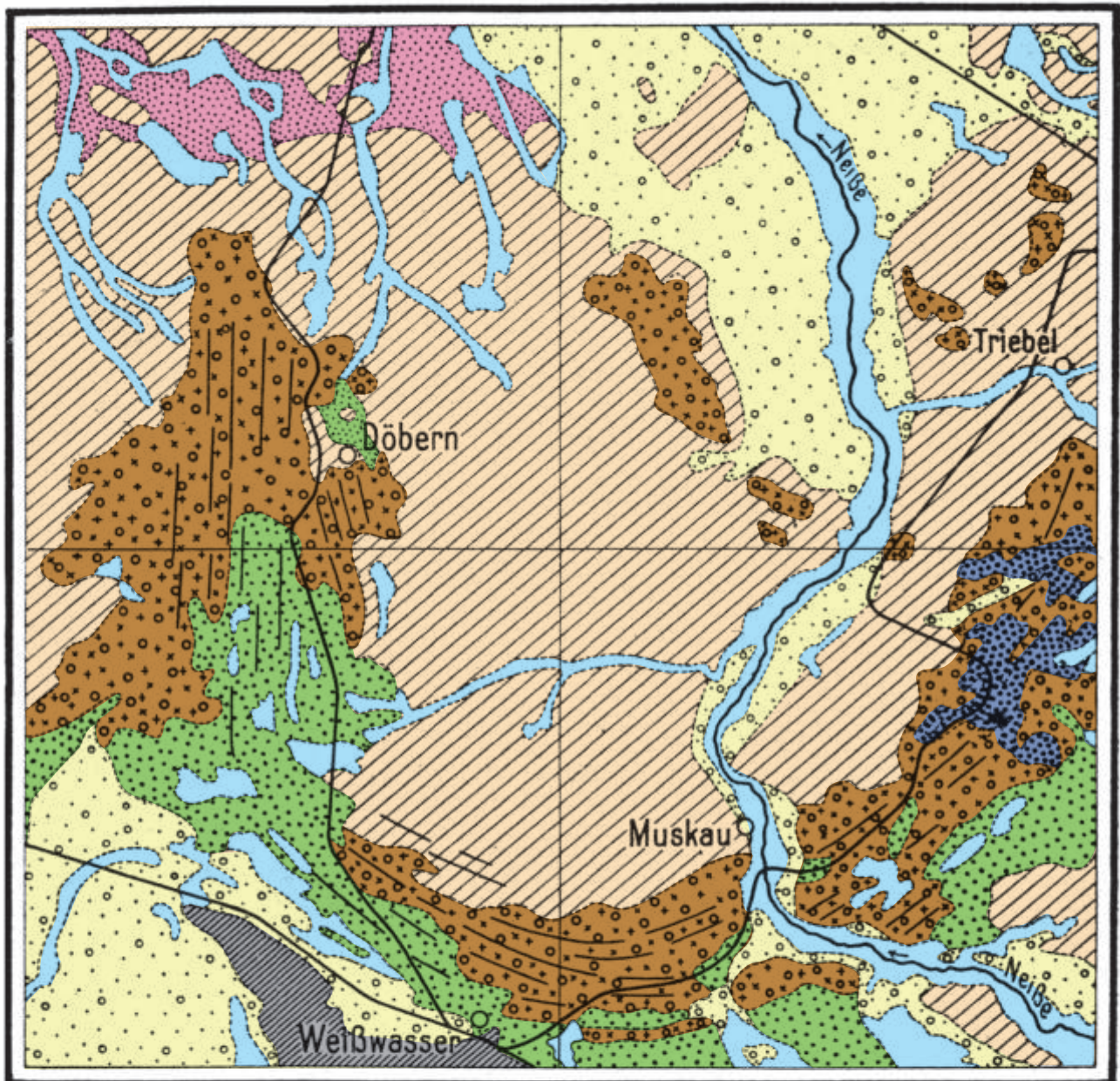


Abb. 2: Übersichtskarte der vier Blätter der Geologischen Karte von Preußen, die den Muskauer Faltenbogen überdecken, ursprünglich in Schwarz-Weiß-Darstellung, hier nachkoloriert (aus CRAMER 1928).

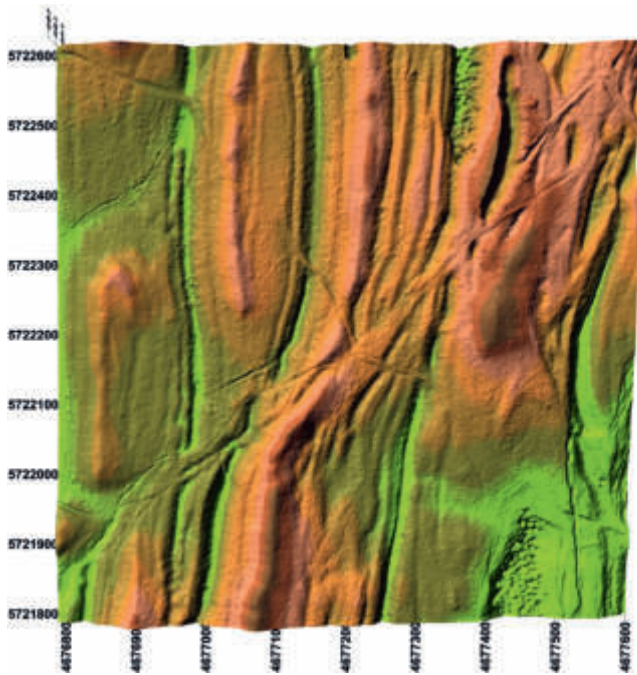
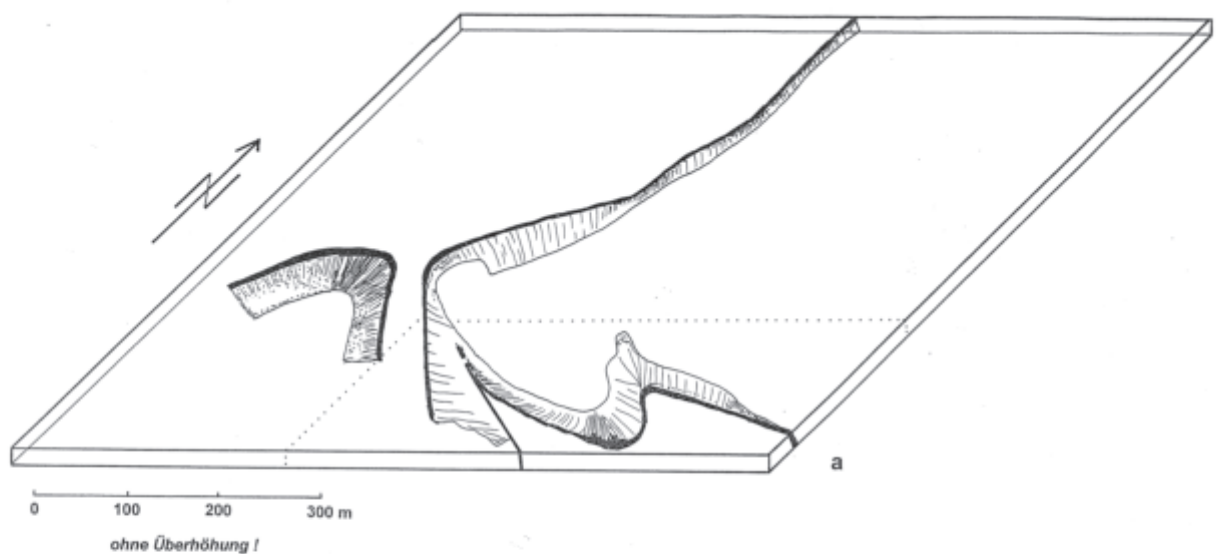


Abb. 3:
Farbkodierter Ausschnitt aus einem hochauflösenden digitalen Geländemodell ohne Bewaldung (digital terrain model) südlich der Geologie-Tour. Bildbeherrschende Struktur ist eine gestaffelte, dextrale Diagonalstörung in den glazialtektonisch gestörten Lockergesteinen des Miozän (Bildausschnitt 800 x 800 m, Überhöhung 2x; aus KUPETZ 2003).



Abb. 4:
Irreguläre Biegefließfalten im Bereich der Gruben Mathilde bei Lieskau und Anna bei Reuthen, innerhalb der gefalteten Schichtenfolge bildet das Braunkohlenflöz einen Leithorizont, der die Faltungscharakteristik abbildet.
a) Der Lieskauer See, Tagebaurestsee der ehemaligen Braunkohlengrube Mathilde von Nordwesten aus gesehen (Foto: Peter Radke, Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH).
b) Die geologische Situation im Bereich einer stark gebogenen Faltenachse in Verbindung mit einer streichenden Störung führte in der Grube Mathilde zu einer doppelt S-förmigen Hochlage des Flözes, wurde in Tage- und Tiefbau gewonnen und hinterließ den ungewöhnlichen, doppelt S-förmig ausgebildeten Tagebaurestsee (aus KUPETZ & KOŽMA 2015).

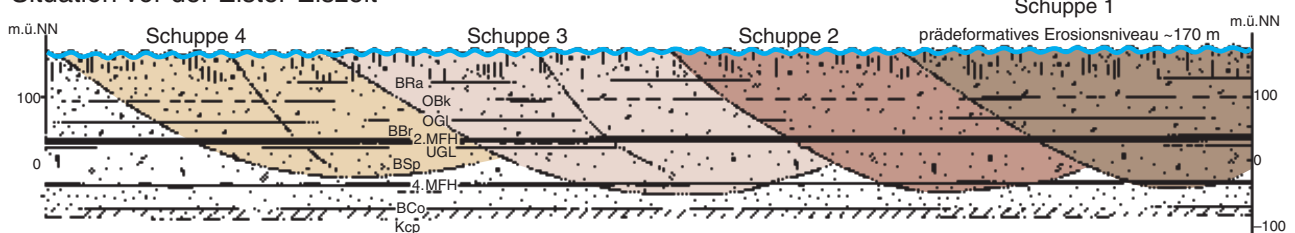


b

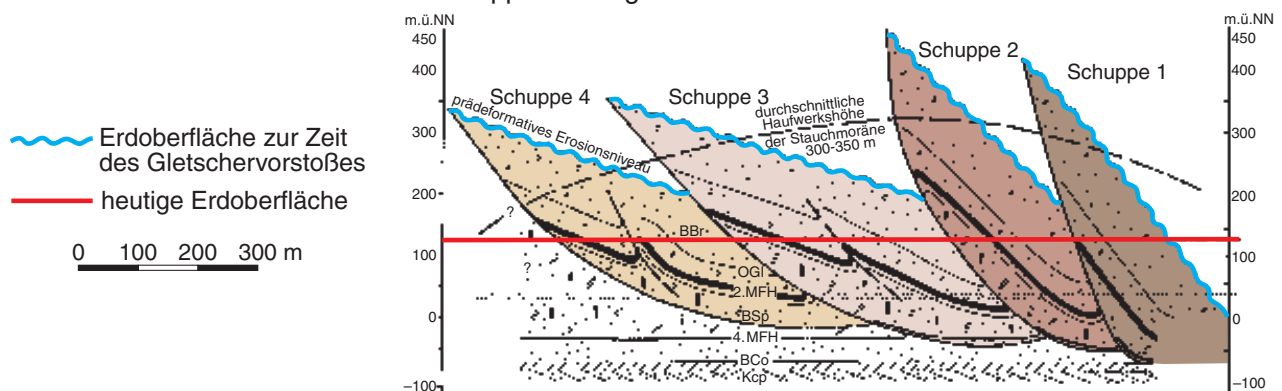
und an seinem Rand eine Stauchendmoräne aufsteht. Im Muskauer Faltenbogen konnte gezeigt werden, dass dieses Modell hier nicht zutrifft. Glättet man die Schuppen durch Rückrotation in ihre prä-deformative Position aus, dann füllen diese das in seinem Hinterland liegende Bahrener Becken vollständig aus (Abb. 5 und 6). Das Becken war folglich nicht die Ursache des glazialtektonischen Deformationsprozesses, sondern sein Ergebnis. Ursache und Wirkung verhalten sich nicht wie beim Zungenbeckenmodell, sondern genau umgekehrt. Das heißt, dass die Deformationsursache nicht eine Hindernisstauchung am Beckenrand ist. Vielmehr ist es ein Grundbruch infolge der vertikalen Eisauflast, gefolgt von einem Zusammenschub. Die deformierten Schichten waren dabei im Wesentlichen nicht gefroren. In der Ingenieurgeologie und in der Geotechnik wird die durch vertikalen Lasteintrag (z. B. durch Gebäude) verursachte Bodendeformation als Grundbruch bezeichnet. Analog dazu wird der Muskauer Faltenbogen als Grundbruchmoräne interpretiert. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass rupturale

und duktile (plastische) Deformationsformen (Schuppen und Diapire) nebeneinander auftreten. Das genaue Verteilungsbild von Schuppen und Diapiren befindet sich noch in der Erforschung. An einzelnen Orten gehen Schuppen und Diapire in Streichrichtung ineinander über. Außerdem kommen drei oder vier verschiedenen Arten von Diapiren bzw. Diapirfalten vor. Mit großer Wahrscheinlichkeit gibt es einerseits Diapire, die sich unmittelbar vor dem Rand des Muskauer Gletschers und andererseits am äußersten Außenrand des Muskauer Faltenbogens i. S. d. Gesamtstruktur als „composite ridge“ bildeten. Die Untersuchungen hierzu werden mit dem Ziel weitergeführt, eine flächendeckende glazialtektonische Übersichtskarte des Faltenbogens zu entwickeln.

Situation vor der Elster-Eiszeit



Schuppenbildung durch den Muskauer Gletscher



heutige Situation:

sehr stark eingeebnetes Relief der Stauchendmoräne

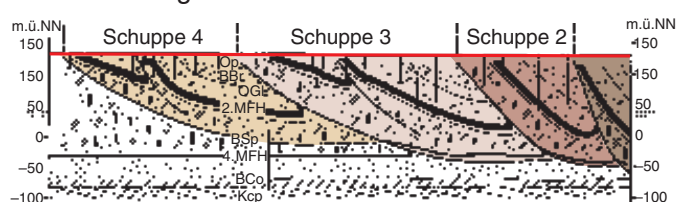


Abb. 5: Listrische, glazialtektonische Schuppen im Bereich der Grube Freya II bei Kromlau. Zum Zwecke der Rückrotation in ihre prädeformative Position wurden die Schuppen in einer „Sägezahnposition“ mit Rekonstruktion der vollständigen miozänen Schichtenfolge gezeichnet (mit 23 Bohrungen und einem Nahseismikprofil erkundet – keine Prinzipskizze, ohne Überhöhung!; aus KUPETZ 1997).

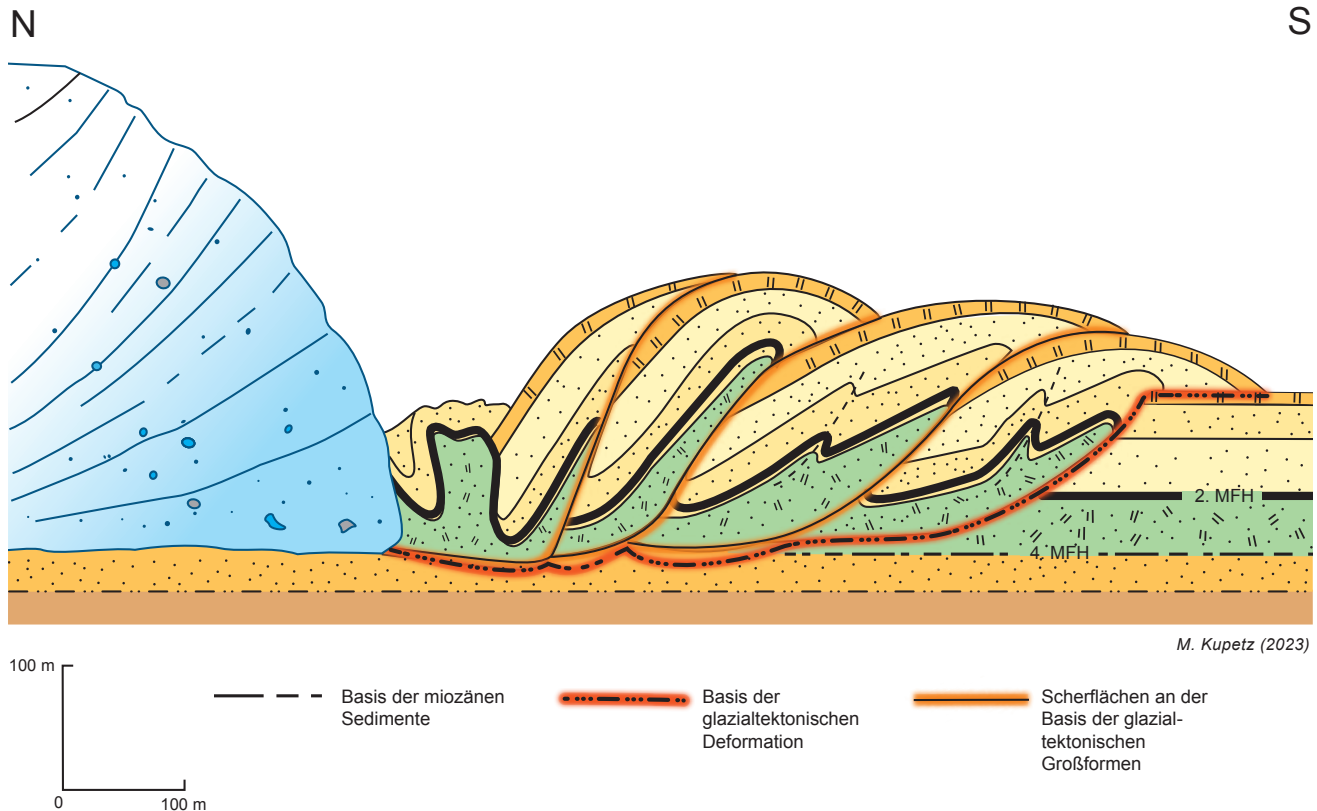


Abb. 6: Realistisches Bild des Schuppenstapels aus dem Profil in der Grube Freya II, vgl. Abb. 4

Literatur:

ABER, J. S. & A. BER (2007): Glaciotectonism. – Developments in Quaternary Science **6**, X + 246 S.

CRAMER, R. (1928): In: DAMMER, B.; GÖRZ, G. & F. ISERT: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Lieferung 266, Blatt Döbern Nr. 2475, Gradabteilung 60 Nr.20, S. 4–8

DONKE, S. (2024): Geoelektrische Messungen in glazigen beanspruchten Gebieten am Beispiel des Muskauer Faltenbogens. – Poster 83. Jahrestagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen Bad Muskau, Brandenb. Geowiss. Beitr. **31**, S. 105

KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. – Brandenb. Geowiss. Beitr. **4**, S. 1–20

KUPETZ, M. (2024): The Ground Failure Moraine Muskau Arch (Muskauer Faltenbogen) – a Special Kind of a Glaciotectonic Composite Ridge. – In: MIGOŃ, P. & K. JANCEWIC (eds): World Geomorphological Landscapes: Landscapes and Landforms of Poland. – (Springer) (im Druck)

KUPETZ, M. (2003): Die Geomorphologie des Muskauer Faltenbogens im hochauflösenden digitalen Geländemodell (airborne laser scanning-Verfahren). – Brandenb. Geowiss. Beitr. **10**, S. 19–28 + Titelbild

KUPETZ, A. & M. KUPETZ. [Hrsg.] (2009): Der Muskauer Faltenbogen. – Wanderungen in die Erdgeschichte **24**, 266 S., München (Pfeil)

KUPETZ, M., & J. KOŽMA (2015): Europäischer und Globaler Geopark Muskauer Faltenbogen/Geopark Łuk. – EDGG **255**, S. 123–135

Anschrift des Autors:

Dr. Manfred Kupetz
Förderverein Geopark Muskauer Faltenbogen
c/o Schulweg 1a
03055 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 29–34	2 Abb., 10 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	-----------------

Halotectonic Lineaments on both sides of Odra Valley

Halotektonische Lineamente auf beiden Seiten des Odertals

ANDRZEJ PIOTROWSKI, OLAF JUSCHUS, PAWEŁ SYDOR, MAŁGORZATA SCHIEWE, CLAUS DALCHOW & RALF DANNOWSKI

Introduction

It is widely accepted, that the waxing and waning of large Pleistocene Ice Sheets caused halotectonic movements of the salt structures in Northern Central Europe. For the North-West-Polish Basin GRANICZNY (1991, 1992) as well as PIOTROWSKI (1999, 2007) described associated mechanisms and landforms, while LANG et al. (2014) and SIROCKO et al. (2008) tested these movements for the North-German Lowlands. Both regions are part of the North-Central-European Basin (STACKEBRANDT & BEER 2010). The infill consists of quite comparable sediment sequences including thick salt series of Permian age. The formation of the salt structures itself started at least from the Jurassic Period (STACKEBRANDT & BEER 2010).

Recently, HARDT et al. (2021) described lineaments – so called „surface cracks“ – in Northern Germany. They were interpreted as halotectonic features: Salt structures present in the subsurface therefore reacted plastically to changing stress conditions with the transgression and regression of the ice sheets. The salt movements paused in the form of “surface cracks”/lineaments up to the Earth’s surface. Nevertheless, the origin of these lineaments is somewhat disputable as yet. KARASZIEWICZ et al. (2024) published comparable “cracks” in North-Eastern Poland – where salt deposits are missing. This points out to different causes in the genesis of such forms.

Of the more than 15 known occurrences, this article focuses on six clusters of lineaments on both sides of Lower Odra Valley (Fig. 1). While three clusters are situated in North-Eastern Brandenburg, the other three are located in North-Western Poland (Western Pomerania). The term “lineaments” is used by the authors to summarize relatively narrow and elongated hollow forms that differ significantly from Glacial Channels/Tunnelvalleys in their inventory of forms. In the ideal type, their course can be described as linear to bow-shaped.

Both regions belong to the Young Moraine Area which was covered by the last Scandinavian Ice Sheet. The oc-

currences of Barlinek, Friedrichswalde and Thomsdorf are situated directly at the terminal moraines of the Pomeranian Phase. The lineament clusters of Böckenberg, Dobra and Goleniów are part of the formerly glaciated backland.

Western Pomerania

Three areas in North-Western Poland are presented in which there are spatial relationships between landforms on the surface and salt structures in the subsurface. These relationships are clear despite the relatively large thickness of Cenozoic sediments, reaching 150–300 m above of the Permian-Mesozoic complex (PIOTROWSKI 1999, 2007).

A - Dobra (SE of Nowogard)

The example of Dobra area (Fig. 2-A) comes from the tectonically most active part of the Permian Szczecin Basin, from a sequence of semi-penetrated salt columns and ridges in the central zone of the basin (PIOTROWSKI 1999, 2007). The observed lineaments indicate the renewal of deep faults and dislocation zones during the Pleistocene. About 60 % of lineaments correlate with manifestations of historical and contemporary seismicity (GRANICZNY 1991, 1992). Glacioisostatic stresses and related salt movements and their effects on morphology of the area occurred primarily during the deglaciation and immediately after its completion.

The terminal moraines around Dobra and Lake Woświn (Fig. 2-A) mark the extent of the Szczecin subphase on the NE border of the Odra lobe. A series of terminal moraine hills (the highest form reaches 132 m above sea level) is located to the SE of the tunnel valley of Lake Woświn. The longitudinal axis of the lake is consistent with the direction of the tectonic fault.

Further on, the above-mentioned moraine hills coincide spatially with the salt structures of Grzęzno (northern structure in Fig. 2-A) and Oświno (south-eastern structure)

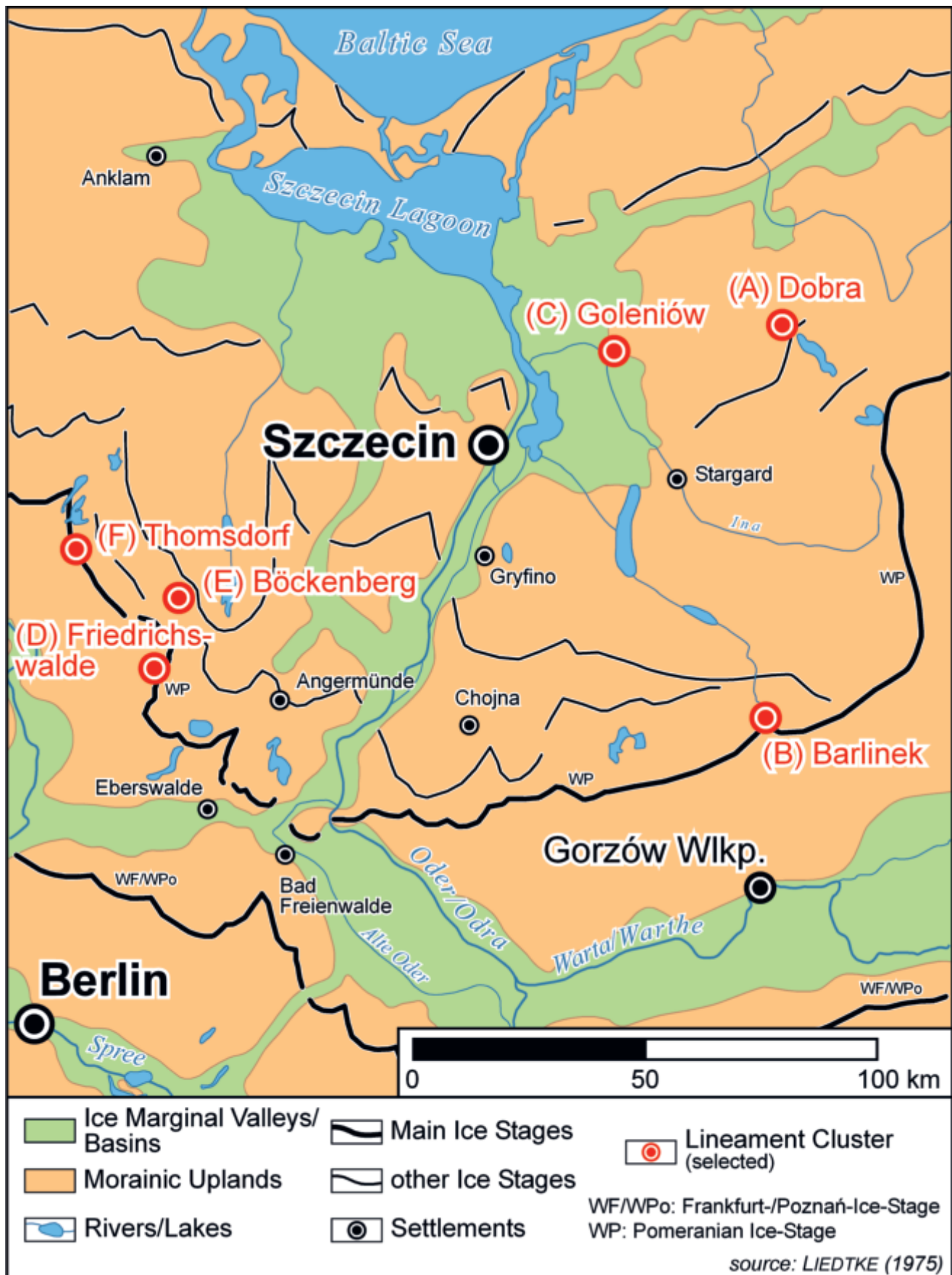


Fig. 1: Geological-morphological overview of Western Pomerania and North-Eastern Brandenburg. The positions of the six lineament clusters presented here are marked.

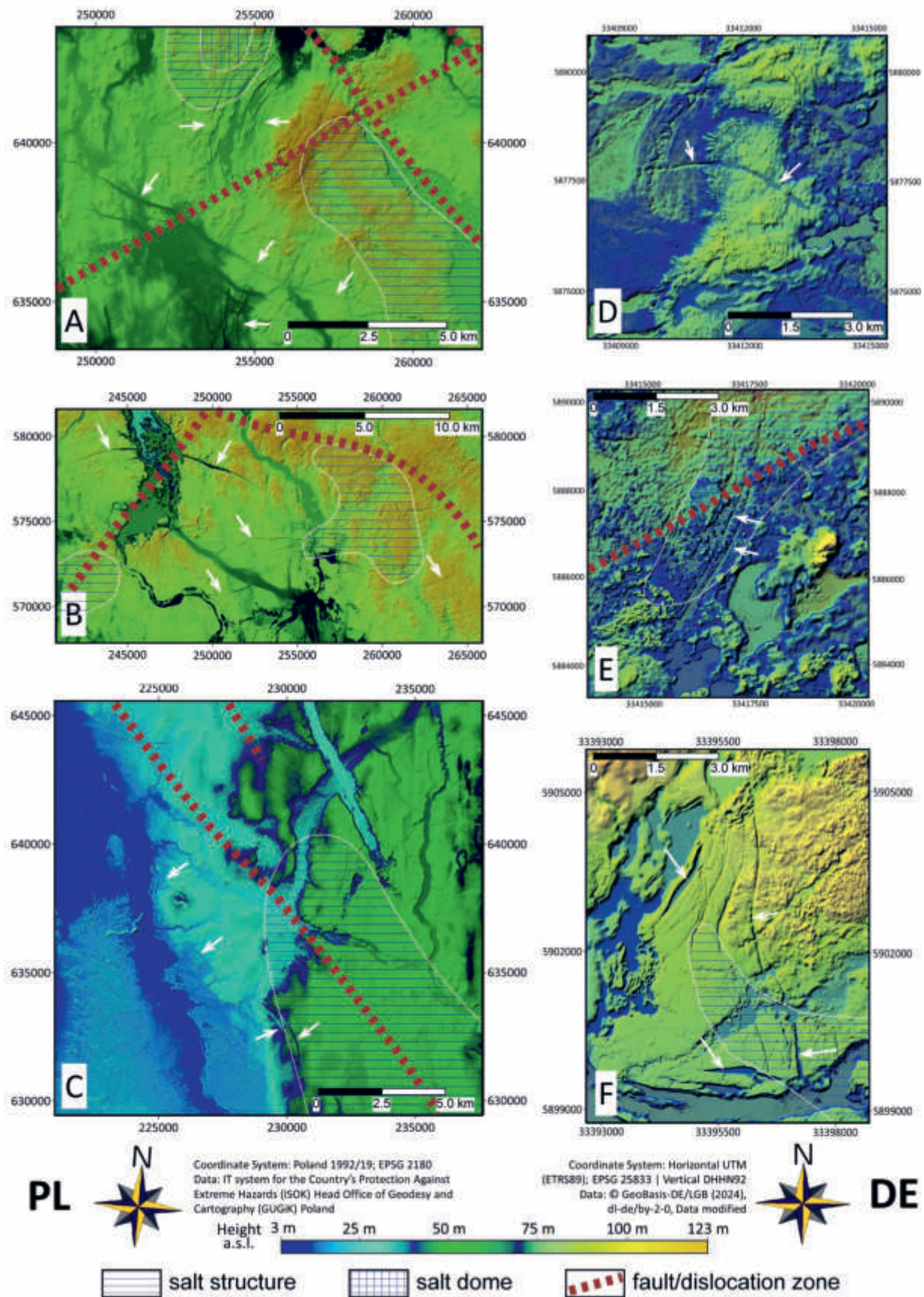


Fig. 2: DEM of six lineament clusters in Western Pomerania and North-Eastern Brandenburg. For locations of the clusters compare Fig. 1. The same height scale is used for all locations, the length scales are variable (please note separate km scales). Halotectonic structures and fault/dislocation zones are drawn in. Selected lineaments are marked with white arrows.

and the fault zone separating them (PIOTROWSKI 1999). The lineaments are especially visible in the close vicinity of NW part of the Oświno salt structure and intersecting faults, which is visible in Fig. 2-A.

In the surrounding of Dobra several sub-clusters of lineaments can be detected. The prominent cluster in southern neighbourhood to Dobra runs from north to south, but curvature is strong. The single lineaments run parallel to each other, up to 4.5 km long. Additional lineaments can be detected further south, on the south-western flank of the Oświno salt structure. These lineaments are comparably stretched (length up to 13.5 km) with smooth curvature. Smaller lineaments cross them at right angles.

B - Barlinek

The Barlinek and Pełczyce area (Fig. 2-B) is situated at the border of ground moraine plateaus to the north and extensive outwash plains and lakes to the south: lake Barlineckie and lake Pełcz. Both lakes are typical Channel-lakes. Close to Barlinek are the terminal moraines of the Pomeranian Phase.

In the deeper subsurface the Dębno-Złocieniec (running SW-NE) and Rostock-Krzyż (running NW-SE) dislocation zones as well as the Karsko (western structure in Fig. 2-B) and Żabicko salt pillows (eastern structure) were detected. Most of the lineaments occur between the above-mentioned salt structures. Nevertheless, the lineament cluster is widely scattered and forms several subgroups, even outside the section in Fig. 2-B. A number of morphological types of lineaments can be distinguished: a single lineament with strong curvature and steep slopes; several groups of less pronounced lineaments that run parallel, as well as spreading bundles of lineaments. The single lineament mentioned is one of the most prominent lineaments described by the authors.

For age estimation it is worth mentioning that most lineaments are clearly visible on the huge outwash plain in the south. But they are less pronounced or missing within a younger meltwater valley.

C - Goleniów

The Goleniów area (Fig. 2-C) is situated at the border of till-covered uplands to the east and the low lying Odra basin to the west, which is covered by glaciofluvial to fluvial fine sands and periglacial dunes. Some terrace levels occur there. The till-plateau to the east is partly covered by glaciofluvial sands and gravels.

The sub-ground is characterized by the Maszewo salt ridge in the area of the Ina Syncline. To the NNE of Goleniów occur the Wierzchosław and Zielonczyn semi-pierced salt columns. The NNW-SSE orientation of the structures coincides with the axis of the lineament structures.

The lineaments are visible on the edge of the morainic upland. They are not visible within the Odra basin! This gives a relative dating. The lineaments form a bundle of elongated channels and stretch over approximately 9 km. A special characteristic of this lineament group is the repeated occurrence of crossings and branchings of the lineaments. While the northern lineaments tend to be straight, those to the south are bow-shaped.

North-Eastern Brandenburg

In contrast to Western Pomerania, only two of the three selected lineaments in North-East Brandenburg are linked to salt structures in the subsurface. This relationship is valid for all lineament-like structures in Brandenburg as well. Although the majority is located on or directly atop a salt structure, this does not apply to all of them. The list starts with one of the lineaments that are far from a salt structure.

D - Friedrichswalde

The lineament close to Friedrichswalde is directly crossing the Pomeranian ice margin (Fig. 2-D). However, the associated terminal moraine is rather indistinct in this section. While a relative height of about 10 m is reached in relation to the outwash plain further west, the till covered plateau to the east is practically at the same altitude. Both, the surface of the outwash plain in the foreland and the ground moraine surface in the backland are slightly undulating.

Overall, the lineament-like structure bears a pronounced resemblance to the single structure close to Barlinek mentioned above: it is a single lineament, the orientation here is also from west to east following a bow-shaped course. With approximately 4.4 km it is not as long. The fluctuations in width and depth range between approximately 40 m and 120 m in width and between 0 and 5 m in depth. In the central and eastern parts, the lineament is indistinct.

This lineament of Friedrichswalde is showing the almost maximum possible distance to surrounding salt structures (according to STACKEBRANDT & BEER 2010). Perhaps its formation can be explained by salt movements as well, in this case with a migration from the lineament location towards the salt structures. However, the exact genesis remains speculative.

E - Böckenberg

The lineaments of Böckenberg (Fig. 2-E) are located directly atop of the Flieth salt structure. The NNE-SSW-orientation of the salt pillow in the subsurface and the orientation of the lineaments at the surface are matching almost perfectly. In addition, the Sub-Permian bedrock is disturbed by a fault line also running NE-SW through the area.

The three lineaments of Böckenberg are running entirely in the backlands of the Pomeranian ice margin, which here is mainly composed of till. The undulating ground moraine surface is topped by isolated kame hills.

All lineaments run remarkably parallel to each other. The western structure intersects a kame, so that an age sequence can be deduced here as well. In total, the lineament-like structures approximate a length of 5.7 km, with their lengths decreasing from east to west.

The width varies between approximately 50 and 100 m, the depth between 0 and 7 m. However, the lineaments are partly filled with peat and mud over long stretches reasonably suggesting that the original depth and its fluctuations were certainly greater. Due to their peat filling the lineaments are under grassland use at present, thus standing out also very conspicuously in the landscape.

F - Thomsdorf

The Thomsdorf lineaments are located on a salt pillow, here on the Klaushagen salt structure. Unlike the lineaments of Böckenberg, however, they are not located directly above the top but in the slope area. Furthermore the orientation of the salt structure and that of the most prominent lineament bundle is not parallel but roughly at right angles.

The area to the west and south of the village of Thomsdorf is located directly on the Pomeranian Ice Margin (Fig. 2-F). As in the Friedrichswalde area, the terminal moraines are indistinct here as well but both the outwash and the till plains are well developed. The region is crossed by several Glacial Channels/Tunnelvalleys.

The lineaments south of Thomsdorf form a complex, triangle-shaped structure. The main lineaments are running from north to south.

It is worth mentioning there are two different types of lineament-like structures occurring here. They differ significantly in size, both in terms of width and depth. The flatter structures are typically elongated and bow-shaped. Their maximum depth is 8 m, usually 2 to 4 m only; the width rarely exceeds 60 m. The deeper structures are also elongated but straight. The strong, sharply accentuated shapes are up to 150 m wide and 16 m deep, irrespective of the organic infill.

General characterization of the lineaments

The lineaments described here show an overall high degree of similarity in shape. They often, but not always, occur in clusters. The lineament-like structures exhibit almost no relationship to the existing glacial relief but they are completely absent in Ice-Marginal-Valleys and in extensive Holocene lowlands such as floodplains. The lineament-like

structures must have been formed in the time window between the ice retreat of the Weichselian Glacial period and the extensive phase of the periglacial processes in the Late Glacial period.

The vast majority of lineaments is located on or directly above salt structures. This applies to five of the six cases presented here. Therefore, the genetic interpretation as halotectonic lineaments is reasonable for these five structures. Nevertheless, some questions remain unanswered. Especially, this is why, on the one hand, there are lineaments without recognizable relationship to salt structures, and on the other hand, there are no lineaments on every salt structure. There is still a great need for further investigations in this area.

References:

- GRANICZNY, M. (1991): Możliwości wykorzystania fotolineamentów do monitoringu środowiska przyrodniczego i oceny sejsmicznej zagrożenia terenu. – *Biuletyn PIG* **365**, S. 5–46
- GRANICZNY, M. (1992): Wykorzystanie teledetekcji do monitoringu środowiska przyrodniczego oraz konstruowania map zagrożeń geodynamicznych. – *Przegląd Geologiczny* **40**, 1, S. 8–12
- HARDT, J., NORDEN, B., BAUER, K., TOELLE, O. & J. KRAMBACH (2021): Surface cracks – geomorphological indicators for late Quaternary halotectonic movements in Northern Germany. – *Earth Surf. Process. Landforms* **46**, S. 2963–2983, <https://doi.org/10.1002/esp.5226>
- KARASIEWICZ, M., HRYNOWIECKA, A., WECKWERTH, P., TOBOJKO, L., PAWŁOWSKI, D., WYSOTA, W., KRAWIEC, A. & M. DĄBROWSKI (2024): Origin and post-glacial evolution of surface cracks: A case study from the area of the Last Glaciation, north-eastern Poland. – *Earth Surf. Process. Landforms*. **49**, S. 525–548, <https://doi.org/10.1002/esp.5719>
- LANG, J., HAMPEL, A., BRANDES, C. & J. WINSEMANN (2014): Response of salt structures to ice-sheet loading: Implications for ice-marginal and subglacial processes. – *Quaternary Science Reviews* **101**, S. 217–233, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.07.022>
- LIEDTKE, H. (1975): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa – Erläuterung zu einer Übersichtskarte im Maßstab 1:1.000.000. – *Forschungen zur deutschen Landeskunde Band* **204**, 160 S., Bonn
- PIOTROWSKI, A. (1999): Wpływ zróżnicowanego obciążenia strefy krawędziowej lądolodu na migracją soli. – *Przegląd Geologiczny* **47**, 11, S. 1016–1020

PIOTROWSKI, A. (2007): Odra lobe of the last glaciation. – POLISH GEOLOGICAL INSTITUTE (Hrsg.): Living Morphotectonics of the European Lowland Area, August 28-30th 2006, Cedynia, Poland, S. 17-24, Szczecin

SIROCKO, F., REICHERTER, K., LEHNÉ, R., HÜBSCHER, CH., WINSEMANN, J. & W. STACKEBRANDT (2008): Glaciation, salt and the present landscape. – LITKE, R., BAYER, U., GAJEWSKI, D. & S. NELSKAMP (Hrsg.): Dynamics of Complex Intracontinental Basins, S. 233–245, Berlin, Heidelberg

STACKEBRANDT, W. & H. BEER (2010): Strukturgeologische Übersicht. – Atlas zur Geologie von Brandenburg, S. 80–81, Cottbus

Adresses of the authors:

Dr. Andrzej Piotrowski
Dr. Paweł Sydor
Dr. Małgorzata Schiewe
Państwowy Instytut Geologiczny –
Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Pomorski
ul. Wieniawskiego 20
71-130 Szczecin

Dr. Olaf Juschus
Landesamt für Bergbau, Geologie und
Rohstoffe Brandenburg
Inselstr. 26
03046 Cottbus

Dr. Claus Dalchow
Süßkirschenallee 9
15377 Waldsiedersdorf

Dr. Ralf Dannowski
Am Diebsgraben 5a
15374 Müncheberg

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 35–37	1 Abb., 11 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	-----------------

Zur glazitektonischen Überprägung des oberflächennahen Untergrundes in Hamburg

ALF GRUBE

Einleitung

Abweichend von der normalen Abfolge tertiärer und quaritärer Sedimente im Hamburger Raum, sei es in Baugruben oder in Bohrungen, werden immer wieder mehr oder weniger starke Verstellungen der Schichtenfolgen beobachtet. Diese können verschiedene Ursachen haben und z. B. auf periglaziäre, neotektonische, paläoseismische, gravitative oder glazitektonische Prozesse zurückgehen. Glazitektonische Verstellungen, also durch das Inlandeis hervorgerufene Deformationen von Erdschichten, sind aus angewandt-geologischer Sicht von Interesse, da es in diesen Bereichen öfter zu Problemen z. B. mit der Wasserhaltung kommt. Zudem ist der Erkundungsaufwand im Vorfeld von Baumaßnahmen oder bei der Detailerkundung nach Feststellung von Heterogenitäten im Untergrund größer. Im Folgenden werden die glazitektonischen Deformationen in Hamburg hinsichtlich ihrer Verbreitung (Übersichtskarte in Arbeit), ihrer Form und Intensität, sowie ihres Alters dargestellt und diskutiert. Grundlage hierfür sind die Dokumentationen von Baustellen, die bei Spezialbaustellen bis zu 15 Meter Tiefe erreichen können, in Zusammenschau mit geologischen Profilschnitten bis in ca. 100 Meter Tiefe.

Abriss der Geologie Hamburgs

Die Erdoberfläche von Hamburg ist in den größten Bereichen durch die höher gelegenen Geestgebiete nördlich und südlich des Elbtales geprägt. Während des Saale-Komplexes kam es zu drei größeren Vergletscherungsphasen (Ältere, Mittlere und Jüngere Saale), deren Eis Hamburg jeweils komplett überdeckte (STEPHAN 2020). Die nördlich der Elbe gelegenen Geestgebiete zeigen oft eine Wechselfolge von Till, Schmelzwassersanden und Beckensedimenten. Diese Gebiete sind durch Täler untergliedert, von denen die meisten schon während der Saale angelegt worden sind (daher häufig auch Ablagerungen der Eem-Warmzeit erhalten). Der größte Teil des Moränengebietes der südlich des Elbtales gelegenen Geestbereiche besteht – unterhalb von flächenhaft und teilweise in größerer Mächtigkeit vorkommenden Flug-

sanden bzw. Flotssand (Sandlöss) – hauptsächlich aus glazifluviatilen Sanden (Hochsander der Saale; EHLERS 1978, 1999). Hierdurch können zumindest in den Profilschnitten glazitektonische Deformationen weniger gut erkannt werden als in den wechselhaften Folgen der nördlichen Geest. Die Oberfläche des südlichen Geestbereiches ist auf großen Flächen durch tiefe (Trocken-) Täler gekennzeichnet, die unter periglazialem Klima angelegt wurden. Der Norden von Hamburg war während der Weichsel-Kaltzeit vom Eis bedeckt, hier sind örtlich Eisrandlagen ausgebildet, meist ist jedoch eine flach gewellte Jungmoränen-Landschaft vorhanden. Auch das Elbtal wurde in seiner heutigen Form während der Weichsel-Kaltzeit gebildet, und zwar durch die großen Schmelzwasser vor dem Inlandeis. Es hatte jedoch schon einen Vorläufer in der Jüngeren Saale-Kaltzeit. Durch bis zu einige Dekameter mächtige Schmelzwassersande sind die Lagerungsverhältnisse bzw. Deformationen im Liegenden weniger leicht zu erkunden als in den benachbarten Geestbereichen.

Überblick zu glazitektonischen Deformationen

Glazitektonische Deformationen sind in Norddeutschland weit verbreitet (GRUBE & VOLLMER 1985; STEPHAN 2004; GRUBE & STEPHAN 2007). Landschaftsprägend sind auch durch Glazitektonik entstandene Stauchzonen, z. B. die Blankeneser Berge in Hamburg. Bei der glazitektonischen Verstellung werden die Ablagerungen unter und/oder vor dem Gletscher deformiert (GRIPP 1979; VAN DER WATEREN 2005; PEDERSEN 2014). Auch Grundbruch-ähnliche Verformungen durch die enorme Auflast des Gletschers spielten eine Rolle (KUPETZ 2002).

Glazitektonische Deformationen erfolgten während der Elster-, Saale- und der Weichsel-Kaltzeit. Die Stauchungen der Elster-Inlandvereisung sind in Bohrungen selten zu erkennen. Ausgedehnte glazitektonische Deformationen fanden dagegen während des Saale-Komplexes statt. An verschiedenen Standorten wurde eine mehrphasige Deformation nachgewiesen. So sind im Bereich der Blankeneser Berge während der Mittleren Saale und der Jün-

geren Saale aufgestauchte Sedimente nachgewiesen. Die Inlandvereisungen veränderten die Geologie großräumig, es kann hier zumindest regional von ca. 20 % Betroffenheit Norddeutschlands ausgegangen werden. Glazitektonische Deformationen treten bevorzugt in Bereichen mit bindigen Ablagerungen auf, die als Abscher-Zonen dienen. In Hamburg ist das häufig der Elster-zeitliche

Lauenburger Ton (Abb. 1a). Die hervorgerufenen Verstellungen der ursprünglichen Lagerung können in ihrer Ausdehnung und Intensität unterschiedlich sein: Es treten kleinräumige, plastische Deformationen (Fließfalten usw.; Abb. 1b, f) ebenso auf wie Quadratkilometer große ruptuelle/spröde Bruchtektonik (Rotationsschuppen usw.; Abb. 1c, d, e).



Abb. 1: Verschiedene Formen glazitektonischer Deformation in Hamburg:
 a – Sand-Scholle an der Sohle einer Schuppe von (Lauenburger?) Ton in Hummelsbüttel;
 b – Falte in Beckensedimenten in Hamm; c – ruptuelle Deformation/Schuppenbildung mit Lauenburger Ton in Hummelsbüttel; d – kleinskalige spröde Deformation mit braunkohleführenden Schmelzwassersanden in Eidelstedt (Ausschnitt ca. 0,4 m); e – Schollen- und Schuppenbildungen in feinkörnigen Ablagerungen in Hamm (Höhe der Wand 1,6 m); f – plastische und ruptuelle Deformation in Barmbek (Ausschnitt ca. 3 m)

Im Altmoränenbereich nördlich der Elbe treten verschiedene hügel- oder rückenartige Vollformen auf. Diese deuten oft auf eine glazitektonische Deformation hin. Stauchungsbereiche sind z. B. in Bergedorf, Hamm, Hummelsbüttel, Barmbek, Lurup und Blankenese-Rissen vorhanden. Die südliche Geest im Bereich der Harburger Berge ist dagegen vollkommen anders strukturiert. Der Hochsander zeigt generell wenig Deformation, allerdings ist der Erkundungsgrad hier auch schlechter als auf der nördlichen Geest. Eine Stauchungszone ist z. B. nördlich des Harburger Stadtparks vorhanden. Der auf dem Plateau des Harburger Hügellandes liegende langgestreckte Stauchmoränenrücken Kiekeberg – Gannaberg – Vierberg – Habenberg – Nuppenberg dagegen wird als Ergebnis des Vorstoßes der jüngeren Saale-Eiszeit angesehen. Die eiszeitliche Deformation reicht hier nicht sehr tief in den Untergrund. Weniger Stauchungen treten im Weichsel auf, was mit der nur geringen Ausdehnung und Mächtigkeit des Weichsel-Eises sowie vermutlich dem Einfluss des vor dem Eis liegenden massiven Permafrostes erklärt werden kann. Ein größeres Stauchungsgebiet ist im Gebiet des Wohldorfer Waldes vorhanden. Im Randbereich der Weichsel-Vereisung bzw. dem Weichsel-Außenrand wurden ebenfalls glazitektonische Verstellungen beobachtet.

Die glazitektonischen Verstellungen beschränken sich nicht nur auf die erdoberflächennahen Bereiche, sondern betreffen auch den Untergrund bis in größere Tiefe. Tief reichende Deformationen sind während des Saale-Komplexes eingetreten. Die Tiefenreichweite glazitektonischer Verstellungen in Hamburg wurde von WILKE (1984) aus den Blankeneser Bergen im Westen Hamburgs mit ca. 200 Metern angegeben. Die Tiefenreichweite von Deformationen innerhalb der Weichsel-zeitlichen Schichtfolge scheint dagegen recht gering zu sein.

Literatur:

- EHLERS, J. (1978): Die quartäre Morphogenese der Harburger Berge und ihrer Umgebung. – Dissertationsschrift, 181 S., Hamburg (Selbstverlag der Geographischen Gesellschaft)
- EHLERS, J. (1999): Das Quartär im Hamburger Raum. – *Hamburger Geographische Studien* **48**, S. 9–19
- GRIPP, K. (1979): Glazigene Press-Schuppen, frontal und lateral. – In: SCHLÜCHTER, CH. [Hrsg.]: *Moraines and varves - Origin/Genesis/Classification*. – *Proceedings of an INQUA Symposium on genesis and lithology of Quaternary deposits* Zürich, Sept. 1978, S. 157–166, Balkema (Rotterdam)
- GRUBE, A. & H.-J. STEPHAN (2007): Exkursion B2 - Glazialtektonik im Hamburger Umland/Südliches Schleswig-Holstein. – In: EHLERS, J., GRUBE, J. & R. TAUGS [Hrsg.]: *Tagungsband und Exkursionsführer 74. Tagung der AG Norddeutscher Geologen*, S. 111–122
- GRUBE, F. & T. VOLLMER (1985): Der geologische Bau pleistozäner Inlandgletschersedimente Norddeutschlands. – *Bull. Geol. Soc. Denmark* **34**, S. 13–25
- KUPETZ, M. (2002): Grundbruchmoränen - eine neue Form von glazialtektonischen Großdeformationen. – *Uniwersytet Zielonogorski zeszyty naukowe* **129**, S. 111–121
- PEDERSEN, S. A. S. (2014): Architecture of glaciotectionic complexes. – *Geosciences* **4**, S. 269–296
- STEPHAN, H.-J. (2004): Karte der Stauchgebiete und Haupt-Gletscherrandlagen in Schleswig-Holstein 1 : 500 000. – *Meyniana* **56**, S. 149–154
- STEPHAN, H.-J. (2020): Fließrichtungen eiszeitlicher Gletscher in Schleswig-Holstein. – *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein (Research Papers)* **75**, S. 48–82
- VAN DER WATEREN, F. M. (2005): Ice-Marginal Terrestrial Landsystems: Southern Scandinavian Ice Sheet. – In: EVANS, D. J. A. [Hrsg.]: *Glacial Landsystems*, S. 166–203, London (Arnold)
- WILKE, H. (1984): Zur Geologie des Raumes Altona, Blankenese, Tinsdal im Westen Hamburgs. – *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Universität Hamburg* **57**, S. 91–121

Anschrift des Autors:

Dr. Alf Grube
Behörde für Umwelt,
Klima, Energie und Agrarwirtschaft
Amt W - Wasser, Abwasser, Geologie
Geologisches Landesamt
Neuenfelder Straße 19
21109 Hamburg

*Einen Besuch wert:
Pücklerschloss Branitz
(Foto: LBGR)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 39–41	1 Abb., 10 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	-----------------

Imprint of dead-ice environment at the fringe of the last Scandinavian Ice Sheet, N Poland: Landforms and their internal composition

PIOTR HERMANOWSKI, BARBARA WORONKO, WERONIKA DANIEL, ACHIM BRAUER, BRUNO GARRETT, OLAF JUSCHUS, SŁAWOMIR KOWALSKI, MATEUSZ KRAMKOWSKI, AGNIESZKA NORYŚKIEWICZ & MIROSLAW BŁASZKIEWICZ

The study of landscape evolution during an ice sheet retreat is gaining momentum as it reflects consequences of climate change. Although areas where contemporary ice sheets retreat are recorded enable continuous observations of gradually changing landscape, it is hardly possible to predict the end-member. Thus, support might be provided through investigating the landscape that has been left behind a retreating palaeo-ice sheet. The beds of the last Pleistocene ice sheets in Europe and North America host numerous geomorphological features which reflect various phases of the ice activity and which were formed in various parts of a glacial system. An attempt to comprehend sub-environments that make up a glacial system and the origin of glacial landforms require thorough investigation of land-forming processes.

The marginal part of an ice sheet typically abound in features which were formed during ice retreat leading to the formation of an extensive hummocky moraine. However, the origin of the material which predominate in a hummocky moraine generates some controversies whether it was deposited supraglacially from stagnant debris-rich ice (e. g. MUNRO-STASIUK 1999; MÖLLER & DOWLING 2015) or was a product of subglacial processes (e. g. BOONE & EYLES 2001; cf. BENN 1992). Among numerous features related to hummocky topography are ramparts, linear ridges, kettle holes and ice-walled-lakes which often produce curvilinear or circular relief which origin is a matter of debate (e. g. HAM & ATTIG 1996; KNUDSEN et al. 2006; CLAYTON et al. 2008; EVANS et al. 2020; ALEXANDERSON et al. 2022).

Here, we investigate morphometric characteristic and spatial pattern of over 1500 glacial landforms occurring in hummocky terrain, and we examine geological composition of several of them. The study area is located in north-central Poland and covers ca. 25 km² (fig. 1). Specifically, LiDAR data was used for morphometric analyses, and geological composition was studied in bespoke tranches. The geomorphological investigation includes numerous ring forms (doughnut-like) encircling organic sediment (BŁASZKIEWICZ & DANIEL 2019), which has not been hitherto indicated in the Central European Lowland.

A comprehensive dataset obtained through direct measurements of geomorphological features supplemented with processed data reveal a distinct variability of the hummocky terrain. The circular ridges are often symmetrical with steep slopes but some evidence of gravitational displacement towards the central part of the forms can also be noticed. Their height is typically between 1 and 8 m, diameter is from 10 m to 250 m, and their elevation follow a general topographic trend. Several distinct zones characterized by different morphometric parameters of the forms were distinguished and quantitatively compared to show striking spatial variability.

The investigated ridges are mainly composed of massive, matrix-supported diamicton interpreted as subglacial traction till. The clast fabrics measurements at several ridges are, in general, consistent and reveal distinct NNW-SSE orientation which is often unrelated to the orientation of the ridge.

The study of the hummocky terrain with special interest to the rim-ridges suggests that it represents land-forming consequences of disintegrated ice. The morphometry of the circular ridges and neighbouring elongated ridges vary significantly across the area suggesting that it was controlled by several factors likely including, at least, topography of the ice substratum and rheological properties of subglacial sediments. Overall, the study provides an insight into the processes operated in dead-ice environment which gave rise to the enigmatic circular landforms.

The presented research works are financially supported by the NCN Project, Opus 23, (UMO-2022/45/B/ST10/03167).

References:

ALEXANDERSON, H., HÄTTESTRAND, M., LINDQVIST, M. A. & T. SIGFÚSDÓTTIR (2022): MIS 3 age of the Veiki moraine in N Sweden – Dating the landform record of an intermediate-size ice sheet in Scandinavia. – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* **54**, S. 239–261

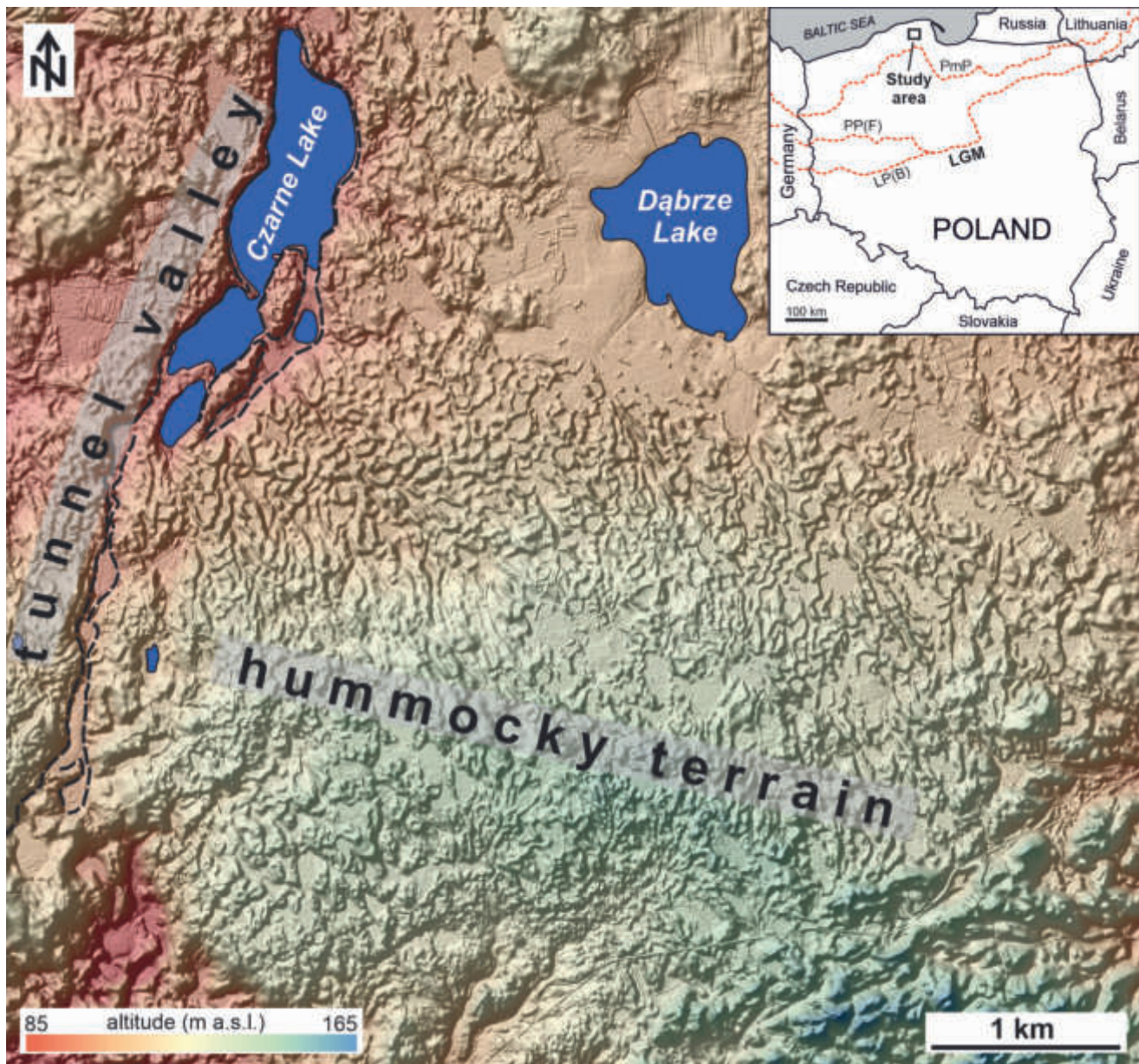


Fig. 1: Shaded-relief map of the hummocky terrain consisting of numerous rim-ridges. The inset shows ice marginal positions during Leszno (Brandenburg) phase LP(B), Poznan (Frankfurt) phase PP(F) and Pomeranian phase PmP of the last Scandinavian Ice Sheet; LGM stands for Last Glacial Maximum.

BENN, D. I. (1992): The genesis and significance of 'hummocky moraine': Evidence from the Isle of Skye, Scotland. – *Quaternary Science Reviews* **11**, S. 781–799

BŁASZKIEWICZ, M. & W. DANIEL (2019): Formy pierścieniowe w rejonie Wejherowa jako prawdopodobne pozostałości po-pingo i ich znaczenie dla paleogeografii późnego glaciału w północnej Polsce. – *Przegląd Geograficzny* **91**, S. 405–419

BOONE, S. J. & N. EYLES (2001): Geotechnical model for great plains hummocky moraine formed by till deformation below stagnant ice. – *Geomorphology* **38**, S. 109–124

CLAYTON, L., ATTIG, J. W., HAM, N. R., JOHNSON, M. D., JENNINGS, C. E. & K. M. SYVERSON (2008): Ice-walled-lake plains: Implication for the origin of hummocky glacial topography in middle North America. – *Geomorphology* **97**, S. 237–248

EVANS, D. J. A., ATKINSON, N. & E. PHILLIPS (2020): Glacial geomorphology of the Neutral Hills Uplands, southeast Alberta, Canada: The process-form imprints of dynamic ice stream and surging ice lobes. – *Geomorphology* **350**, 106910

HAM, N. R. & J. W. ATTIG (1996): Ice wastage and landscape evolution along the southern margin of the Laurentide Ice Sheet, north-central Wisconsin. – *Boreas* **25**, S. 171–186

KNUDSEN, C. G., LARSEN, E., SEJRUP, H. P. & K. STALSBERG (2006): Hummocky moraine landscape on Jæren, SW Norway – implication for glacier dynamics during the last deglaciation. – *Geomorphology* **77**, S. 153–168

MÖLLER, P. & T. P. DOWLING (2015): The importance of thermal boundary transitions on glacial geomorphology; mapping of ribbed/hummocky moraine and streamlined terrain from LiDAR, over Småland, South Sweden. – *GFF* **137**, S. 252–283

MUNRO-STASIUK, M. J. (1999): Hummocky moraine; sedimentary record of stagnant Laurentide ice sheet lobes resting on soft beds; discussion. – *Sedimentary Geology* **129**, S. 165–168

Adresses of the authors:

Piotr Hermanowski
Institute of Geology
Adam Mickiewicz University
ul. Krygowskiego 12, PL-61-680
Poznań, Poland

Barbara Woronko
Faculty of Geology
University of Warsaw
ul. Żwirki I Wigury 93, PL-02-089
Warsaw, Poland

Weronika Danel
Polish Geological Institute –
National Research Institute
ul. Rakowiecka 4, PL-00-975
Warsaw, Poland

Achim Brauer
GFZ -German Research Centre
for Geosciences
Section Climate Dynamics and
Landscape Evolution
Telegrafenberg, 14473
Potsdam, Germany

Bruno Garrett
Mateusz Kramkowski
Mirosław Błaszczewicz
Institute of Geography and
Spatial Organization of
the Polish Academy of Science
Department of Environmental
Resources and Geohazards
ul. Kopernika 19, PL-87-100
Toruń, Poland

Olaf Juschus
Sławomir Kowalski
State Office for Mining, Geology
and Raw Materials Brandenburg
Department 22
Inselstr. 26
03046 Cottbus
Germany

Agnieszka Noryśkiewicz
Nicolaus Copernicus University Torun
Faculty of History
Institute of Archaeology
Szosa Bydgoska 44/48, PL-87-100
Torun
Poland

*Geologische Besonderheit in
der Region: Mammutfundstelle
Eem von Klinge
(Fotos: LBGR)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 43–50	6 Abb., 2 Tab., 13 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	-------------------------

Aktueller Stand und Methoden zur Kartierung des quartären Untergrunds in Mecklenburg-Vorpommern

ANDREAS BÖRNER, KARSTEN SCHÜTZE, SUSANN LANG, HANS-DIETER KRIENKE, STEFAN MENG,
ULRICH MÜLLER & JAQUELINE STRAHL

Die geologische Landesaufnahme von Mecklenburg-Vorpommern (MV) wurde in den letzten sechs Jahrzehnten von wechselnden Schwerpunkten geprägt. Vor 1990 lag der Fokus der quartärgeologischen Landesaufnahme insbesondere auf der Aufnahme von hydro- und lagerstättengeologischen Bohrungen und Kartierungsbohrungen (Abb. 1).

Zur Gliederung des Quartärs wurde zwischen den späten 1960er Jahren bis 1989 das Kartenwerk „Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000“ (LKQ 50) unter Leitung von A. G. Cepek im Zentralen Geologischen Institut der DDR erarbeitet (vgl. auch CEPEK 1968). Zur Bearbeitung der LKQ 50 wurden in den Regionalgebieten insgesamt tausende Bohrungen einheitlich geologisch aufgenommen, beprobt und untersucht (s. Tab. 1). Für die Gliederung von quartären

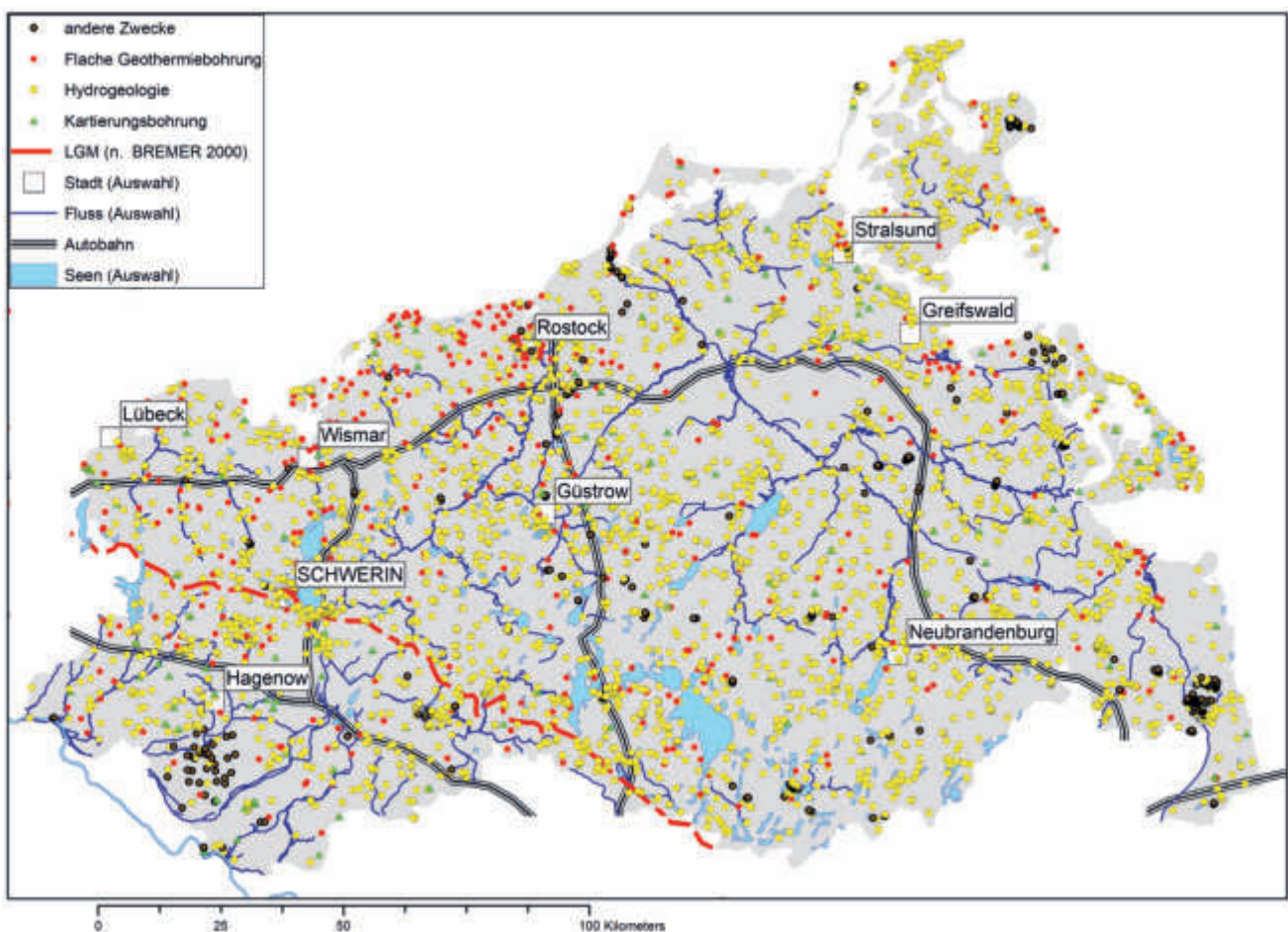


Abb. 1: Regionale Verteilung und Bohrungszweck von Bohrungen mit Kleingeschiebezählungen in Mecklenburg-Vorpommern (Stand 12/2023, LGM = Maximal-Eisrandlage Weichsel-Glazial)

Tab. 1: Statistik zu untersuchten Bohrungen mit Kleingeschiebezählungen 4–10 mm in Mecklenburg-Vorpommern

Periode	Anzahl Bohrungen	Anzahl KGZ-Proben
<1990	3 053	11 843
1990–2005	293	959
>2005	1 006	3 141
gesamt	4 353	15 943

Tillhorizonten wurde mit der TGL 25232 (1971, 1980) ein einheitlicher Standard zur Beprobung, Aufbereitung und Auswertung von Geschiebemergelproben anhand von Kleingeschiebezählungen 4–10 mm (KGZ) geschaffen, der im Prinzip auch heute noch in Mecklenburg-Vorpommern mit einer modifizierten lithostratigraphischen Auswertungsmethodik genutzt wird. Diese LKQ 50-Bohrungen stellten ein fundiertes Grundgerüst an untersuchten und stratifizierten Bohrungen im Quartär Mecklenburg-Vor-

pommerns dar. Auf Grundlage der KGZ-Bohrungen der LKQ 50 und dem aktualisierten Landesbohrdatenspeicher MV (LBDS) wurde von SCHÜTZE & KRIENKE (2017) eine überregionale Karte zur Verbreitung und zum Basisniveau von Weichsel-hochglazialen Grundmoränen in West-Mecklenburg fertiggestellt. Zwischen 1990–2005 lag der Fokus der quartärgeologischen Landesaufnahme in Mecklenburg-Vorpommern auf Bohrungen im Altlastenbereich und in der Aufnahme hydrogeologischer Bohrungen. Auf der Datenbasis LKQ 50 und LBDS wurde zwischen 1995 und 2002 in fünf Blättern das Kartenwerk der quartären Bildungen der Oberfläche bis 5 m Tiefe im Maßstab 1 : 200 000 erarbeitet (KRIENKE 2003).

Seit 2005 werden wegen der größeren Teufen bis 200 m in bisher nicht untersuchten Gebieten und Teufenlagen auch Bohrungen zur oberflächennahen Erdwärmegewinnung im Gelände beprobt (s. Abb. 2). Zwischen 2020 und 2023 wurden dem Geologischen Dienst MV (GD) mit Inkrafttreten des Geologiedatengesetzes (GeolDG 2020) insgesamt 1 037 Bohranzeigen für 2 153 Spülbohrungen zur oberflächennahen Erdwärmegewinnung mit Teufen zwischen 70 und 200 m und 567 Bohranzeigen für 1 003 hydrogeologische

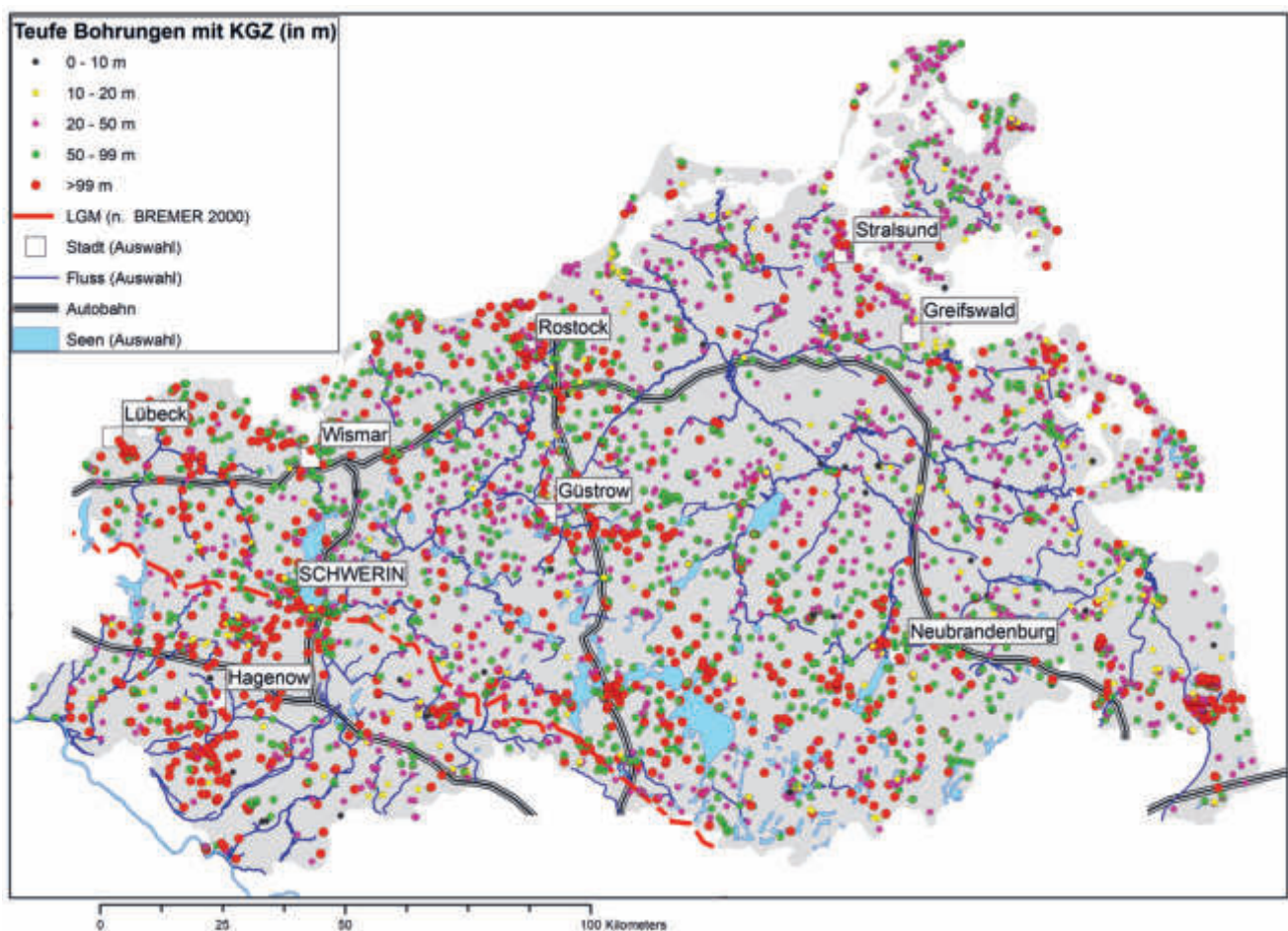


Abb. 2: Regionale Verteilung und Bohrtiefe von Bohrungen mit Kleingeschiebezählungen 4–10 mm in Mecklenburg-Vorpommern, seit 2005 mit Fokus auf der Beprobung von Spülbohrungen zur oberflächennahen Erdwärmegewinnung bis 200 m Teufe (Stand 12/2023, LGM = Maximal-Eisrandlage Weichsel-Glazial)

Bohrungen mit Teufen bis max. 280 m gemeldet. Dazu kamen 224 Bohranzeigen für 3 540 ingenieurgeologische Flachbohrungen bis max. 40 m Teufe.

Für alle Bohrungen sind nach dem Abteufen Ergebnismittelungen beim GD MV einzureichen, die je nach Kategorisierung zum großen Teil der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Leider sind die gelieferten Bohrdaten oftmals nur bedingt für die geologische Facharbeit nutzbar. Gerade Bohrprofile aus qualitativ minderwertigen Spülbohrungen werden von den Bohrfirmen oft nur „grob“ angesprochen, insbesondere die teufengerechte lithologische Beschreibung ist für eine weitere fachliche Auswertung häufig unzureichend. Dagegen sind die Ergebnisse von regional arbeitenden Fachbüros, vor allem zu ingenieurgeologischen und hydrogeologischen Projekten nach Prüfung gut nutzbar.

Der GD MV plant die Befahrung, Geländeansprache und Beprobung neuer Bohrprofile zum generellen Kenntnisgewinn des lokalen quartären Schichtenaufbaus und dem darunter anstehenden Präquartär nach den folgenden Kriterien:

- Entfernung zu bisher untersuchten Bohrprofilen > ca. 1 000 m (Umkreis-Puffer),
- Bohrungen mit größeren Teufen als bisher in einem Gebiet erreicht und
- Bohrungen mit besserer Qualität als bisher aus der betreffenden Region bekannt (z. B. ungestörte Liner-Bohrungen oder hydrogeologische Bohrungen im Lufthebe-Bohrverfahren teils mit anschließender geophysikalischer Vermessung), die einen detaillierteren Kenntniszuwachs beispielsweise hinsichtlich Sedimentologie und Ablagerungsmilieuerwartungen lassen.

Das Modell der quartären Schichten wurde zwischen 2005 und 2023 durch die Aufnahme von weiteren 1 006 Bohrungen, davon 522 Spülbohrungen zur oberflächennahen Erdwärmegewinnung, mit insgesamt 3 141 KGZ ausgebaut bzw. verfeinert (vgl. Abb. 2, Tab. 1). Durch die Geländeaufnahmen des GD MV der letzten Jahrzehnte wurden auch Profile minderwertiger Spülbohrungen für die Kartierung des quartären Untergrundes dann wertvoll, wenn sie eine gesicherte stratigraphische Einstufung von Tillhorizonten mittels KGZ und/oder warmzeitlicher Horizonte mittels Pollenanalyse aufweisen und somit eine verbesserte Schichtengliederung zulassen, die nachfolgend am Beispiel einer Spülbohrung bei Wredenhagen erläutert werden soll.

Die Region um Wredenhagen liegt im südlichen Mecklenburg unmittelbar an der Landesgrenze zur Prignitz (NW-Brandenburg). Die Kenntnis zum Untergrund tiefer 50 m unter Geländeoberkante (u. GOK) ist hier sehr gering, denn nur eine Bohrung wurde > 100 m abgeteuft. Die Bohrungen aus diesem Gebiet wiesen nach dem LBDS MV (2023) nur eine lückenhaft verbreitete Weichsel-Grundmoräne aus.

Zwischen 5 und 50 m u. GOK sind Tills und Schmelzwassersedimente der Saale-Kaltzeit verbreitet. Die Karte der Quartärbasis Mecklenburg-Vorpommerns (HAUPT 2000) weist eine für den Raum Wredenhagen wirksame, von der Müritz im NE bis in die Prignitz und darüberhinaus nach Sachsen-Anhalt im SW (SONNTAG & LIPPSTREU 2004) reichende Tiefrinne mit Basiswerten von -100 bis -200 m NHN aus, was um Wredenhagen eine flächenhafte Ablagerung von Rinnensedimenten vermuten ließ (Abb. 3). Insbesondere sind hier Nachweise von den kaltzeitlichen Horizonten zwischengeschalteten warmzeitlichen Sequenzen für eine gesicherte Einstufung der Schichtenfolgen in der Quartärkartierung interessant, wie sie u. a. auch für das ebenfalls in dieser Rinne südwestlich der Müritz gelegene Holstein-Vorkommen von Ludorf gelang (MENG 2022, STRAHL 2022).

2022 wurde im Ort Wredenhagen eine Spülbohrung zur oberflächennahen Erdwärmegewinnung mit 180 mm Durchmesser abgeteuft. Jeweils für einen Teufenbereich von 3 m wurde vom Bohrteam repräsentatives Haufwerk von 2 kg Gewicht entnommen und auf einer Folie ausgelegt (s. Abb. 4). Die Haufen wurden unmittelbar nach der Bohrung durch den GD MV aufgenommen und beprobt. Ziel der Beprobung war die Gewinnung von Material zur litho- und paläostratigraphischen Einstufung der quartären Schichtenfolge in Rinnenposition und, falls möglich, die Bestimmung von Lage, Lithologie und Stratigraphie der präquartären Schichtenfolge.

Die unmittelbar unter einem komplett verwitterten Geschiebelehm ab 3 m anstehenden Tills (Abb. 5) wurden nach KGZ-Analyse dem Jüngeren Saale-Glazial zugeordnet. Ob in dieser Region an der Oberfläche auch eine Weichsel-Grundmoräne ansteht, ist mit den vorliegenden Bohrprobendaten nicht zu entscheiden. Im oberen Till (3–9 m) waren starke Verwitterungsspuren in der Kleingeschiebegruppe „Paläozoische Kalke“ auffällig, die in den Beschreibungen in der TGL 25232 (1971) als „Brotlaib-Verwitterung“ bezeichnet werden. Die Proben zwischen 60 und 78 m wiesen tillartige Schluffe mit gelegentlichen Feinkiesen an den Oberflächen der Probencuttings auf, die aber innerhalb der Probencuttings nicht nachzuweisen waren. Da eine Verunreinigung durch den Spülprozess nicht auszuschließen war, wurden diese Proben nicht für eine KGZ-Analyse herangezogen.

Besonders interessant waren die Probenhorizonte mit organischem Gehalt zwischen 87 und 102 m (-15 bis -30 m NHN) und davon insbesondere die Probe 93–96 m (organischer Schluff, gering feinsandig, tonig, dunkelolivbraun, gering kalkhaltig in ansonsten dunkelgrauem Schluff mit nordischem Material, vgl. Abb. 5). In den Proben zwischen 87–96 m wurden kleinere Molluskenbruchstücke extrahiert, die nach MENG (2024) den typischen Paludinschichten in Brandenburg entsprechen, aber keine marin-brackischen Arten enthielten (Tab. 2). Die pollenanalytische Untersuchung des Profilabschnittes erbrachte ein Holstein-zeitli-

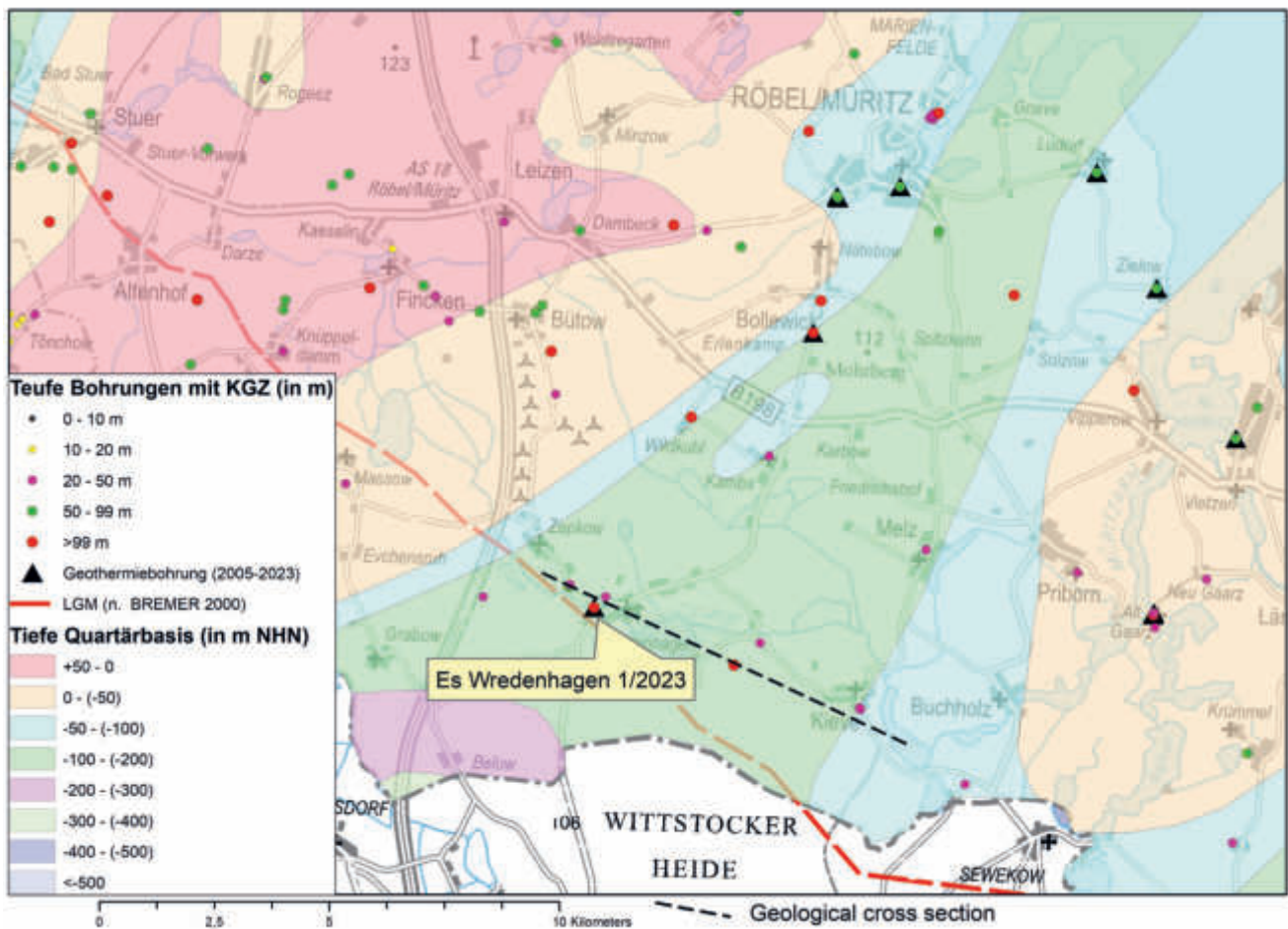


Abb. 3: Lage der Quartärbasis (nach HAUPT 2000) und Bohrungen mit Kleingeschiebezählungen 4–10 mm der Region um Wredenhagen



Abb. 4: Vier Proben der Bohrung Es Wredenhagen 1/2023 zwischen 87 und 102 m mit Fokus auf Probe 93–96m (3. Haufen von rechts). Die Pollenanalyse ergab zwischen 93–96m nachgefallenes Material von brackisch-marinem Holstein der PZ 5a mit einer marinen Diatomeenflora.

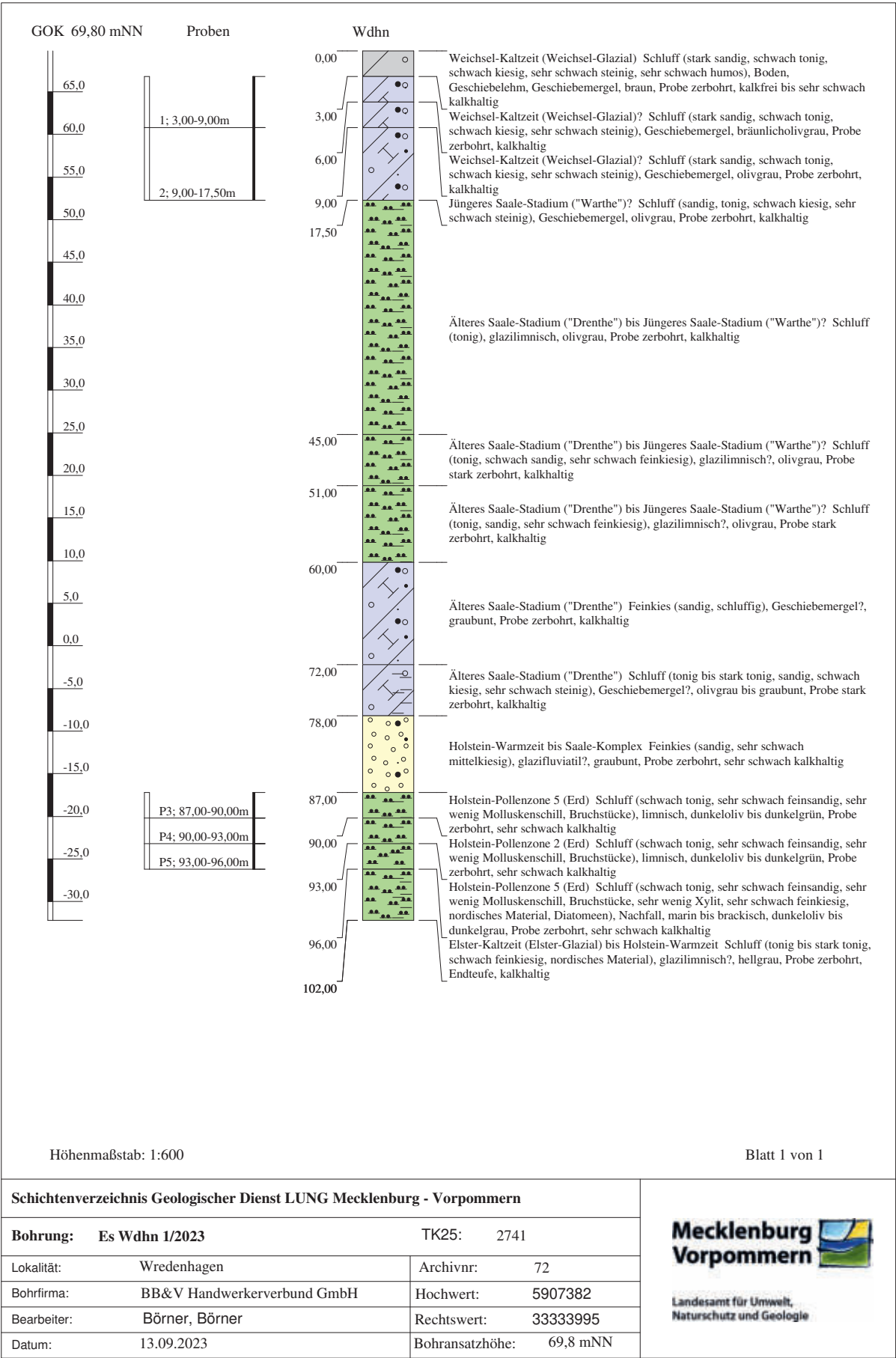


Abb. 5: Schichtenprofil der Bohrung Es Wredenhagen 1/2023 mit Probenhorizonten

Pr. Nr./Teufe in m Taxa	3 87–90	4 90–93	5 93–96
Süßwasserschnecken			
<i>Viviparus diluvianus</i>	frg.	frg.	frg.
<i>Bithynia tentaculata</i>	-	-	frg.
<i>Valvata piscinalis</i>	-	-	frg.
Muscheln			
<i>Pisidium</i> sp.	-	-	frg.
Unionidae	frg.	-	frg.

Tab. 2:
Mollusken der
Paludinenschichten aus
der Holstein-Warmzeit
im Profil Wredenhagen
(Es Wdhn 1/2023);
frg. – Fragmente

ches Alter der Ablagerungen, die während der Pollenzonen (PZ) 2, 5a und b (vgl. STRAHL 2023) (Abb. 6) zum Absatz kamen. Allerdings erscheint die abgeleitete Vegetationsentwicklung gestört, da den Ablagerungen der frühen Holstein-Warmzeit der PZ 2 mit typisch zeitigen Erlen (*Alnus*)- und Fichten (*Picea*)-Vorkommen und hier Birken-Kiefern-Bewaldung, Holstein der PZ 5a vorausgeht. Die durch vor allem Hainbuche (*Carpinus*), Tanne (*Abies*) und Eiche (*Quercus*) charakterisierte PZ 5 umfasst mit ihrer Subzone 5a zudem die Spätphase der Holstein-zeitlichen Meerestransgression, was der Nachweis einer brackisch-marinen Diatomeen-Flora, hauptsächlich bestehend aus *Melosira* sp., aber auch *Terpsinoe americana*, *Coscinodiscus radiatus*, *Diploneis didyma* und *Stephanodiscus dubius* bestätigt. Soweit gestörte Lagerungsverhältnisse auszuschließen sind, handelt es sich bei dem untersuchten Probenmaterial aufgrund des beobachteten nordischen Materials der Probe 93–96 m (Holstein PZ 5a) um bohrungsbedingten Nachfall.

Durch die umfangreichen Bohrungsaufnahmen und Beprobungen, auch von qualitativ minderwertigen Spülbohrungen, wurden seit 2005 in Mecklenburg-Vorpommern mehrere neue Warmzeitvorkommen (8x Eem und 6x Holstein) biostratigraphisch nachgewiesen.

Darüber hinaus konnten für die Oberflächengeologie in detaillierten Aufschlusskartierungen an großen Gastrassen neue Erkenntnisse zur Lithostratigraphie von Tillablagerungen durch KGZ-Analysen nach TGL 25232 (1971, 1980) gewonnen werden. Durch Pollenanalysen, paläontologische Untersuchungen und durch Optisch Stimulierte Lumineszenzdatierungen (OSL) wurden des Weiteren neue Daten zur zeitlichen Einstufung glazialer bzw. periglazialer Phänomene und zur Weichsel-spätglazialen Landschaftsentwicklung gewonnen.

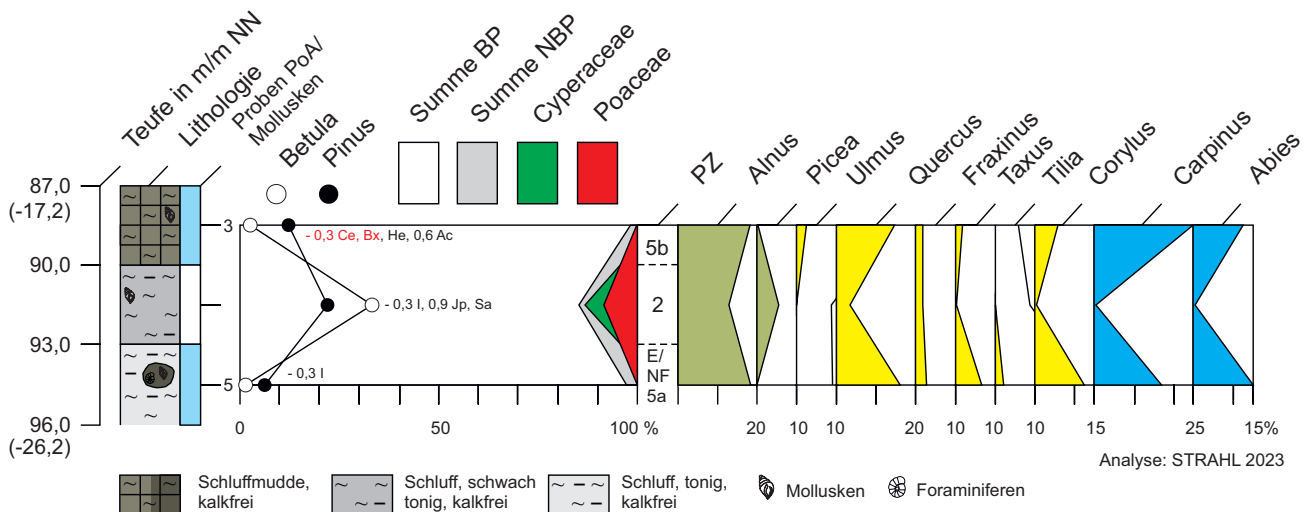


Abb. 6: Pollendiagramm der Bohrung Es Wredenhagen 1/2023 (Es Wdhn 1/2023), ausgewählte Taxa, Holstein-Warmzeit Grundsumme: BP + NBP = ca. 335 = 100 %, ausgenommen: Sumpf- und Wasserpflanzen, Farne, Moose, Algen, Plankter u. a. Mikroreste, prä-quartäre Sporomorphen, BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen, PZ = Pollenzone, E = Elster, NF = Nachfall
Ac – Acer, Bx – Buxus, Ce – Celtis, He – Hedera, I – Ilex, Jp – Juniperus, Sa – Salix

Zusammenfassung

Durch Geländeaufnahmen des GD MV sind auch Profile aus minderwertigen Spülbohrungen bei gesicherter stratigraphischer Einstufung für die Kartierung des quartären Untergrundes wertvoll.

Durch die stratigraphische Einstufung von Tillhorizonten mittels KGZ, warmzeitlicher Horizonte durch Pollenanalysen oder paläontologische Untersuchungen qualifizierte Profile helfen das Quartär in regionalen und lokalen Dimensionen zu gliedern.

Mit der regional verbesserten Datengrundlage kann in der hydrogeologischen Modellierung eine verbesserte Zuordnung von Grundwasserleitern bzw. -stauern erfolgen, was wiederum bei der Quantifizierung von unterirdischen Grundwasser-Einzugsgebieten hilfreich ist und anhand der neu gewonnenen Daten ist eine qualitativ hochwertige 3D-Modellierung der quartären Schichten und der Quartärbasis möglich.

Wir danken unseren Fachkollegen aus Universitäten und anderen Geologischen Landesdiensten für die wertvollen Kooperationen insbesondere für die Unterstützung bei der biostratigraphischen Einstufung und bei absoluten Altersmessungen von Probenmaterial aus Mecklenburg-Vorpommern.

Literatur:

- BREMER, F. (2000): Geologische Übersichtskarte von Mecklenburg-Vorpommern 1 : 500 000 – Oberfläche. – 2. Auflage, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.), Güstrow
- CEPEK, A. G. (1968): Projekt Lithofazieskarten Quartär für die angewandte Geologie. – 178 S., 20 Anl., Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unpubl.)
- GeolDG - Geologiedatengesetz (2020): Gesetz zur staatlichen geologischen Landesaufnahme sowie zur Übermittlung, Sicherung und öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten und zur Zurverfügungstellung geologischer Daten zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben. – Erlassen am 19. Juni 2020, BGBl. I, S. 1387 ff.
- HAUPT, J. (2002): Geologische Übersichtskarte von Mecklenburg-Vorpommern 1 : 500 000 – Präquartär und Quartärbasis. – 2. Auflage, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.), Güstrow
- KRIENKE, H.-D. (2003): Geologische Karte von Mecklenburg-Vorpommern. – Erläuterungen zur Karte der quartären Bildungen – Oberfläche bis 5 m Tiefe – 1 : 200 000. – 45 S., Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.), Güstrow
- LBDS MV – Landesbohrdatenspeicher (2023): Datenbank digitaler Landesbohrdatenspeicher Mecklenburg-Vorpommern. – Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, Stand 12/2023
- MENG, S. (2022): Bericht zur makropaläontologischen Untersuchung von 4 Proben aus der Bohrung Es Ludorf 1-2/2022 (Es Luf 1-2/2022), Land Mecklenburg-Vorpommern. – 1 S., Greifswald (unpubl.)
- MENG, S. (2024): Bericht zur makropaläontologischen Untersuchung von 3 Proben aus der Bohrung Es Wredenhagen 1/2023 (Es Wdhn 1/2023), Land Mecklenburg-Vorpommern. – 1 S., Greifswald (unpubl.)
- SCHÜTZE, K. & H.-D. KRIENKE (2017): Karte der Verbreitung und Basis weichsel-hochglazialer Grundmoränen in West-Mecklenburg. – Tagungsband und Exkursionsführer der Tagung ARGE Norddeutscher Geologen, Rendsburg, S. 75–76
- SONNTAG, A. & L. LIPPSTREU (2004): Tiefenlage der Quartärbasisfläche des Landes Brandenburg i. M. 1 : 500 000. – Brandenburgische Geowiss. Beitr. **11**, 1/2, S. 96
- STRAHL, J. (2022): Bericht zur pollenanalytischen Untersuchung von 4 Proben aus der Bohrung Es Ludorf 1-2/2022 (Es Luf 1-2/2022), Land Mecklenburg-Vorpommern. – Bericht Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, 3 S., Cottbus (unpubl.)
- STRAHL, J. (2023): Revision der palynostratigraphischen Gliederungen der Holstein-Warmzeit und des Unter Saale Berlin-Brandenburgs. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **30**, S. 7–37
- TGL 25232 (1971), TGL 25232/01-05 (1980): Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen – Fachbereichsstandard Geologie – Analyse des Geschiebestandes quartärer Grundmoränen. – Zentrales Geologisches Institut (Hrsg.), Berlin

Anschriften der Autoren:

Andreas Börner
Karsten Schütze
Susann Lang
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg-Vorpommern,
Geologischer Dienst – Abteilung Geologie,
Wasser und Boden
Goldberger Str. 12b
18273 Güstrow

Hans-Dieter Krienke
An der Schlenke 18
19065 Raben Steinfeld

Ulrich Müller
Bleicherstr. 41
19053 Schwerin

Dr. Stefan Meng
Universität Greifswald – Institut für Geographie
und Geologie
Friedrich-Ludwig-Jahn Str. 17A
17487 Greifswald

Dr. Jaqueline Strahl
Landesamt für Bergbau, Geologie und
Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 51–54	1 Abb., 8 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Geologisch-morphologische Grundlagen und Geoökologie des deutsch-polnischen Grenzgebietes von Usedom/Uznam

SIXTEN BUSSEMER, AXEL HEISE, PEER HEINRICH, SÖREN BRODRÜCK & ANDREAS SOMMERMAN

Einführung

Die Ostsee-Insel Usedom/Uznam gehört sowohl aus geologischer als auch geoökologischer Sicht zu den traditionellen Untersuchungsgebieten der Greifswalder Geowissenschaften (HOFFMANN 2002; BARTH 2007). Ihr Ostteil wird dabei von der Nord-Süd verlaufenden deutsch-polnischen Grenze durchzogen. Für dieses Gebiet zwischen Ückeritz und Świnoujście wurden alle verfügbaren geoökologischen Daten deutscher wie auch polnischer Karten, Datenbanken, Portale erhoben, vereinheitlicht und generalisiert sowie letztendlich in einem GIS zusammengeführt. Die Darstellung von Grundlagen, Methodik und ausführlicher Dokumentation in chorischer Dimension erfolgt in einem Internetportal (SOMMERMAN et al. 2024). In der topischen Dimension wurden für jenes Grenzgebiet ausgewählte Fallbeispiele im Rahmen studentischer Praktika und Qualifizierungsarbeiten mit eigenen Feldarbeiten vertieft, beim in Kooperation mit der Landesforst MV angelegten Bodenlehrpfad Neupudagla sowie bei der Traverse Wocknin auch eigene Labordaten erhoben.

Methodik

Beispielhaft für die chorische Dimension werden im Folgenden speziell für die geologischen Daten der Bezug und die weitere Bearbeitung beschrieben. Als Quellkarten dienten u. a. die Geologische Karte von Preußen (KEILHACK 1914), die Lithofazieskarte Quartär 1:50 000 (ZGI 1983) sowie die Szczegolowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000 (INSTYTUT GEOLOGICZNY 1974) mit den Blättern Świnoujście und Miedzyzdroje. Diese grenzübergreifenden Quellkarten wurden im GIS georeferenziert. Die Geologische Karte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten wurde anschließend vektorisiert – d. h., es wurden Polygone per Hand nachgezeichnet – und Attribute anhand der Quellkarte den Polygonen zugeordnet. Für die beiden anderen geologischen Quellkarten gilt, dass – nach vorhergehender Georeferenzierung – die darin enthaltenen Höhenangaben der verschiedenen geologischen Schichten übernommen wurden, um daraus einerseits im GIS eine

flächenhafte Abbildung der Schichthöhen per Interpolation der dazwischenliegenden Flächen zu generieren und um daraus andererseits einen Querschnitt der verschiedenen Schichtmächtigkeiten entlang eines Transekts zu erstellen. Da die meisten der in dieser Arbeit erstellten grenzübergreifenden Karten auf nationale Geodaten oder Quellkarten beruhen – anders als im beispielhaft geschilderten Fall der geologischen Daten – wurden viele der für die Karten erstellten Attributdaten so bearbeitet, dass eine gemeinsame Kategorisierung grenzübergreifender Daten möglich wurde. Dies beinhaltete neben einer Übersetzung oft auch eine Zusammenfassung bereits bestehender Kategorien beider Länder bzw. die Integration einer Kategorisierung in eine andere.

Chorische Dimension

Die geologisch-morphologische Entwicklung der Insel gestaltete sich vor allem in Abhängigkeit von der Ostsee bis in letzte Zeit hinein wechselvoll. Das Ostusedomer Landschaftsbild wird geprägt von einem Mosaik pleistozäner Inselkerne, umgeben von Seesandebenen, Niederungen und Dünenbildungen. Die Inselkerne werden in ihrem Verlauf von den mittel reliefierten Kammlinien der Ostusedomer und Velgaster Endmoränen durchzogen. Die Quartärbasis steigt von West nach Ost tendenziell an (Abb. 1). Dabei verhält sie sich in weiten Bereichen nicht kongruent zum heutigen Oberflächenrelief. Die rezenten ebenen Niederungen weisen in der Quartärbasis einen Gradienten zwischen -60 m NHN und -90 m NHN (Thurbruch) und -150 m NHN bis -40 m NHN (Pudagla-Niederung, niedrigster Punkt der Quartärbasis) auf. Die heutigen Vollformen von Streckelsberg und Ückeritzer Inselkern stellen hingegen in der Quartärbasis eine schwach reliefierte Niederung mit einer Höhenlage zwischen -120 m NHN und -100 m NHN dar. Geringere Abweichungen der Quartärbasis zur heutigen Oberfläche zeigen sich im Bereich des Heringsdorfer Inselkerns mit einer Tiefenlage von ca. -40 m NHN. Die Swineniederung stellte hingegen eher eine Vollform zwischen -50 m NHN und -30 m NHN dar. Die Amplitude der quartären Lagerungsmächtigkeiten variiert im Be-

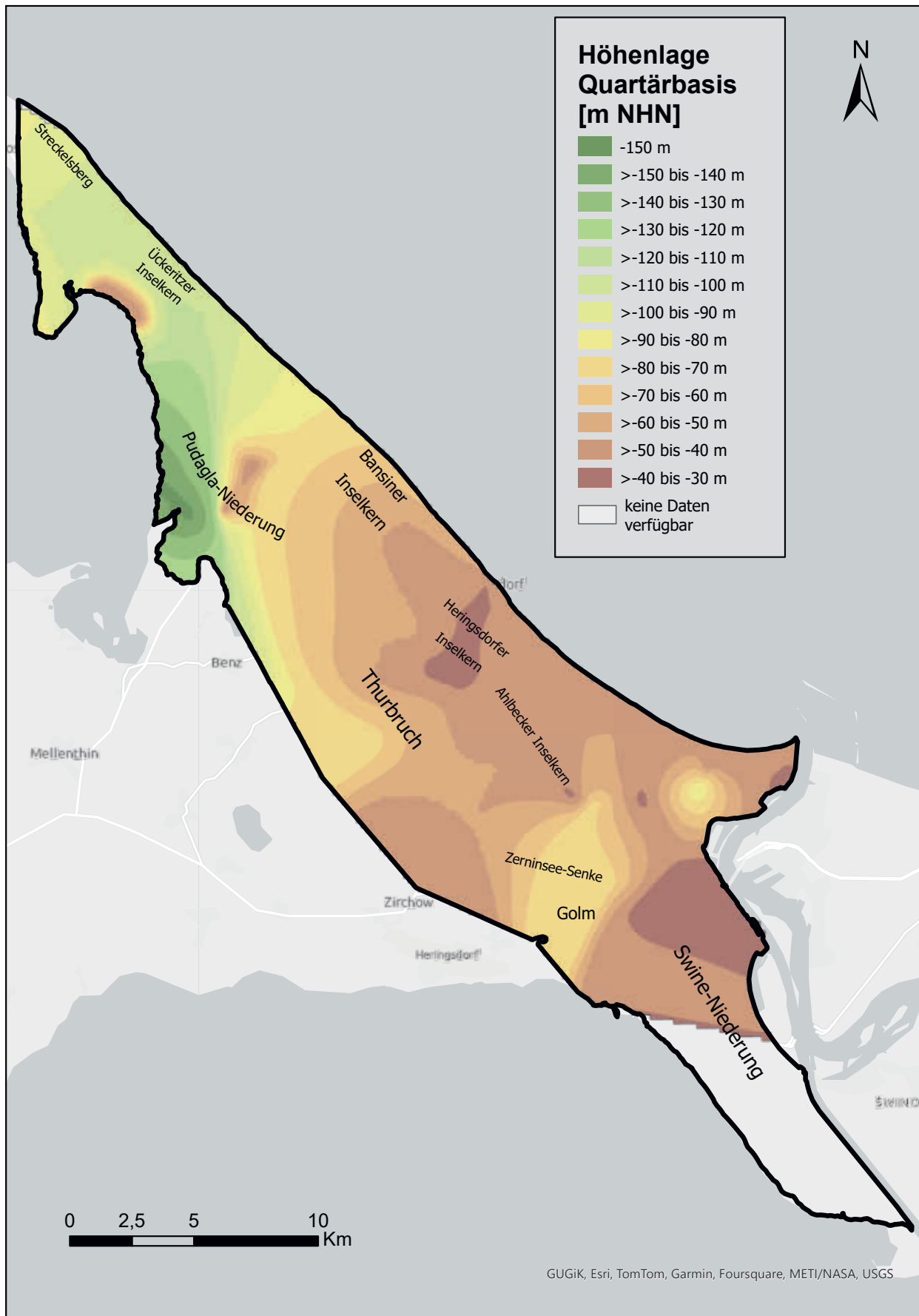


Abb. 1: Quartärbasis des östlichen Usedom, generalisiert und verschnitten nach ZGI (1983) und INSTYTUT GEOLOGICZNY (1974).

trachtungsraum zwischen dem Maximum von etwa 150 m (Golm, Streckelsberg) sowie knapp 50 m (Swineniederung). Mittlere Quartärmächtigkeiten weist das Gebiet um den Heringsdorfer Inselkern (60–90 m) auf.

Die Weichsel-Basis weist ihre Maxima schon im Bereich der heutigen Inselkerne auf, v. a. mit dem Golm sowie der Velgaster Staffel im Gebiet der höchsten Erhebung Usedom. Die Reliefeenergie schien aber am Ende der letzten Warmzeit geringer als aktuell zu sein. Auch der Höhenzug entlang der Außenküste mit dem Hügelland rückwärtig Ahlbeck sowie dem Streckelsberg wird bereits erkennbar. Als größte Niederung fungiert das Swinetal.

Die oberflächennahen Ablagerungen sind insgesamt sehr sandig ausgebildet. Sie repräsentieren im Bereich der Inselkerne sowohl reine Sandfolgen als auch Sande über Geschiebemergel bzw. verwandten Bildungen. Oberflächlich streichen (jung)pleistozäne Geschiebemergel hingegen nur lokal aus (besonders im Rückland von Bansin). Die Niederungen sind zu großem Teil mit Mooren gefüllt, untergeordnet auch mit den markanten Weiß-, Gelb- und Braun-Dünenzügen. Ein echtes Hochmoor stellt dabei jedoch nur die Umgebung des Mümmelkensees dar (NATURPARK USEDOM 2024).

Die Quantifizierung der Reliefdaten ergab einen Anteil der Binnenentwässerungsgebiete von 3,2 %, an welche weitgehend Seen und Moore gekoppelt sind. Die Seen weisen eine Gesamtfläche von 1 200 ha auf. Die Fließgewässer sind vor allem anthropogener Genese, sie weisen speziell in den Niederungen wie Swinetalung, Thurbruch und Pudaglapforte dichte Grabennetze auf. Resultierend konnte auf den Oberflächen der Moore vielfach eine intensive Vererdung beobachtet werden.

Dominante Böden auf den Inselkernen sind Braunerden sowie Braunerde-Lessives, welche jeweils 24 % des Untersuchungsgebietes einnehmen. Niedermoores stellen 19 % der Fläche dar, wobei durch die Vererdung inzwischen Übergänge zum Anmoor beobachtet wurden. Podsole sind mit 10 % der Gesamtfläche vor allem auf den großen Dünenkomplexen der Swineniederung vertreten. Die Humusformen der Waldstandorte schwanken zwischen extrem armen Rohhumusvarianten und Mull praktisch in ihrer gesamten Bandbreite. Vollwertiger Mull tritt jedoch nur kleinräumig auf, Moder und rohhumusartiger Moder sowie (Normal) Rohhumus bestimmen weitgehend das Bild. Die Oberbodenfeuchtestufen sind auf dem größtenteils zu Sand tendierenden Untergrund erwartungsgemäß nur mäßig frisch bis frisch.

Als potentiell-natürliche Vegetation kann großflächig in den Niederungen Traubenkirschen-Erlen-Eschenwald gelten, auf den moränengeprägten Inselkernen Flattergras-Buchenwald. In den westlichen Teilen des Untersuchungsgebietes überwiegen in diesem Sinne Buchenwälder, im polnischen Abschnitt wurden küstennah Kiefernwälder postuliert.

Die Waldflächen nahmen zur Zeit der Schwedischen Landesaufnahme um 1700 ca. 43 % des Gebietes ein und blieben dann über die preußische Aufnahme Ende des 19. Jh. hinweg stabil. Zur Mitte des 20. Jh. sanken sie dann auf 39 % ab um aktuell auf 49 % wieder anzusteigen. Die Waldgebiete sind dabei im polnischen Abschnitt deutlich überrepräsentiert.

Dominante Baumart ist die Wald-Kiefer mit Schwerpunkt auf den sandigen Inselkernen sowie den Dünenkomplexen. Hier treten zwar flächenhaft untergeordnet, aber von hohem naturschützerischen Wert, auch Buchenwälder auf (Schutzgebiet Golm). Nachgeordnet sind Erlen und Eichen in den feuchten Niederungen, welche allerdings auf großen Flächen waldfrei sind.

Topische Dimension

Der Bodenlehrpfad Neupudagla befindet sich am Übergang von der Pudaglaniederung zum pleistozänen Inselkern um Ückeritz und weist damit ein relativ breites Standortspektrum auf. Entsprechend kleingekammert präsentiert sich auch die in diesem Rahmen erstellte bodenkundliche Skizze auf Grundlage von Grabungen und Bohrungen. Im Bereich des hügeligen Inselkerns mit wechselndem Untergrund sind auf Geschiebelehm diverse Lessives ausgebildet, während auf Sand sowohl Podsole als auch Braunerden auftreten können. Einen Extremfall stellt eine kleine Kreidescholle mit Tendenz zur Rendzina dar. Ein deutlicher Flächenanteil wird vor allem in Kuppenlagen von gekappten Profilen mit reliktschen Pflughorizonten eingenommen.

Für eine weitere geoökologische Detailaufnahme wurde der grenznahe Golm als höchste Erhebung der Insel ausgewählt und wieder soweit wie möglich quantifiziert. Entlang eines ca. 400 m langen Transektes wurde ein Querschnitt der Golmhochfläche kartiert, der geoökologische Zusammenhänge zwischen den Standortparametern Vegetation, Boden- und Substratausprägungen, Humusformen sowie einer Quantifizierung der Kohlenstoffspeicherung aufzeigt. Auf seinen überwiegend sandigen Plateaulagen dominiert ein gutwüchsiger, häufig 25–30 m hoher, hallenartiger Schattenblumen-Buchenwald, der im Verbund mit Maiglöckchen, Drahtschmiele und Waldmeister als Leitgesellschaft auftritt. Die kleinräumig lehmigen Standorte werden von einem hochwüchsigen, relativ artenreichen Perlgras-Buchenwald besiedelt. An den forstwirtschaftlich genutzten Standorten wird das Waldbild durch allochthone Baumarten (Lärche und Douglasie) ergänzt. Unter den rezenten klimatischen Bedingungen unterliegen die verbreiteten Braunerden einer Bodenauswaschung und -versauerung mit unterschiedlich intensiven Podsolierungstendenzen.

Der gutwüchsige, wenig verjüngte Buchenaltbestand auf der Golmhochfläche stellt an den vier Standorten mit einem

durchschnittlichen Kohlenstoffvorrat von rund 222 t/ha (77,1 %) einen wesentlichen Speicher dar. Durchschnittlich wurde für den Boden ein Kohlenstoffvorrat von 51,2 t/ha (17,8 %) errechnet. Für die Humusform Mull und Moder wurden durchschnittliche Kohlenstoffvorräte von rund 6 t/ha bzw. 10,8 t/ha (3,8 %) ermittelt.

Weitere Transsekte wurden in der flugsandüberwehten Schwemmsandebene des Wockninsees (flacher Strandsee) zwischen dem Forstamt und der Strandbühne Ückeritz angelegt (BRODRÜCK 2020). Es verdeutlicht die Wechselwirkungen der oberflächennahen Sedimente, Böden und Vegetation im eher hydromorphen Bereich beispielhaft. Die auf der Rückseite der Außenküste vorkommenden Standorte der Zwischenmoore konnten hier prototypisch beschrieben werden.

Teilweise schon vererdete Seggen-, Moos- und Bruchwaldtorfe über Detritusmudden stellen den Normalfall dar, wobei letztere zum Beckengrund hin oft sandig ausgebildet sind. Stellenweise sind auch Leber- und Kalkmudden (mit Lagunen-Herzmuschel und Gemeiner Herzmuschel – brackische Ostseearten) zwischengeschaltet. Zwischen den Moorstandorten erheben sich recht flache Längsdünen unter Drahtschmielen-Kiefernwald, außerdem mit Brombeere, Perlgras und Moosen. Dominanter Boden ist der Podsol mit Neigung zum Eisenpodsol. Die schmalen Übergangsbereiche dazwischen wurden ursprünglich von Buchenwäldern bestimmt, z. B. wie am Aussichtspunkt Wockninsee (Flattergras-Buchenwald).

Literatur:

BARTH, H. (2007): Usedom – Analyse der Standortfaktoren und Bewertung der Landnutzung in Bezug auf Standortveränderungen und Prognosen der Standortentwicklung. – Diss. Math.-nat. Fak. Univ. Greifswald, 243 S.

BRODRÜCK, S. (2020): Geoökologische Landschaftserkundung auf dem Gebiet des Wockninsees auf der Insel Usedom.- Bsc-Arbeit Univ. Greifswald, 99 S. (unveröff.)

INSTYTUT GEOLOGICZNY (1974): Szczegolowa Mapa Geologiczna Polski 1 : 50 000, Blatt 112 Swinoujscie und 113 Miedzyzdroje

HOFFMANN, G. (2002): The geological evolution of Usedom Island. – Greifswalder Geographische Arbeiten 27, S. 89–94

KEILHACK, K. (1914): Geologische Spezialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten 1 : 25 000, Blatt Swinemünde (Meßtischblatt 682), Berlin

NATURPARK USEDOM (2024): <https://www.naturpark-usedom.de/>, letzter Zugriff am 16.02.2024

SOMMERMAN, A., HEINRICH, P., HEISE, A. & S. BUSSEMER (2024): Geoökologische Kartenserie Ost-Usedom. – <http://www.kartenserie-ostusedom.de>, letzter Zugriff am 16.02.2024

ZGI (1983): Lithofazieskarten Quartär 1 : 50 000, Kartenblatt Greifswalder Oie/Ahlbeck (1269/1369), Berlin

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Sixten Bussemer
Dipl.-Geogr. Axel Heise
Peer Heinrich Msc
Sören Brodrück Msc
Andreas Sommermann Msc
Institut für Geographie und Geologie
Universität Greifswald
Friedrich-Ludwig-Jahnstr. 17a
D-17489 Greifswald

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 55–58	3 Abb., 6 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Das 3D-Landesmodell des Känozoikums Mecklenburg-Vorpommerns: Konzept, Stand, Anwendungen und Perspektiven

CHRISTOPH JAHNKE & KARSTEN OBST

Seit 2020 erfolgt der Aufbau eines geologisch-hydrogeologischen 3D-Modells des Känozoikums für das Land Mecklenburg-Vorpommern. Ausgangsdaten sind zum einen die weitgehend flächendeckend vorliegenden Kartenwerke für das Känozoikum aus den 1970er und 1980er Jahren (Lithofazieskarte Quartär 1:50 000 = LKQ 50, Hydrogeologisches Kartenwerk 1:50 000 – Quartäre und Tertiäre Grundwasserleiter = HK 50, Regionales Kartenwerk Reflexionsseismik 1:100 000 – Reflektoren T0, A1, A2 und T1, unveröffentlichte Kartenwerke zum Tertiär). Die Karten folgen jeweils einheitlichen Konzepten, die jedoch über die Bearbeitungszeiträume weiterentwickelt und lokal modifiziert wurden (insbesondere die LKQ 50). Durch die langen Zeiträume zwischen den Bearbeitungen der einzelnen Blätter weisen diese viele Inhomogenitäten auf und sind vielfach nicht abschließend harmonisiert. Zudem wurden sie nach 1990 bis auf wenige Ausnahmen nicht aktualisiert.

Die zweite Grundlage sind Bohrungsdaten, durch die seit Endredaktion der Kartenwerke landesweit ein stetiger Informationszuwachs erfolgte, der in den einzelnen Blattsschnitten zwischen 30 und >100 % liegt, so dass eine (digitale) Überarbeitung der Karten in großen Teilen angeraten ist. Die Bohrungsdaten aus dem Landesbohrdatenspeicher M-V (insgesamt ca. 128 000 Bohrungen, davon ca. 37 000 Bohrungen mit Teufen >20 m und etwa 750 Bohrungen mit Endteufen von einigen hundert bis achttausend Metern) sind qualitativ sehr heterogen, insbesondere aufgrund unterschiedlicher Bohrverfahren und verschiedener Zielstellungen. Bisher liegen 4 353 detailliert geschiebestatistisch untersuchte und quartär-geologisch stratifizierte Bohrprofile vor (s. Beitrag BÖRNER et al. dieser Band, S. 43–50). Der überwiegende Teil der Bohrungen weist petrographische Aufnahmen mit fehlenden oder zumindest ungeprüften, vielfach stark vereinfachten Stratifizierungen auf und entspricht nicht aktuellen Anforderungen für geologische 3D-Modelle. Eine wesentliche Aufgabe ist daher eine Re-Interpretation von Altbohrungen, die vor allem durch Korrelation mit stratifizierten Nachbarbohrungen und dem strukturellen Kontext der Modelle erfolgt.

Zusätzlich werden seismische Daten (2D-Seismik der 1970er und 1980er, vereinzelt der 1990er Jahre) für das tiefe Tertiär und die quartären Rinnen berücksichtigt. Diese

liegen als Einzelprofile und als Reflektorkarten vor. Die Verwendung der Seismik gewährleistet den Anschluss des Modells des Känozoikums an das bereits existierende 3D-Tiefenmodell, das von der Basis Oligozän bis zur Basis Zechstein reicht (OBST et al. 2024).

Die Ausgangs- und Modelldaten werden konsequent in 3D erfasst und verwaltet und in einem einheitlichen, aktualisierbaren und erweiterbaren lithostratigraphischen Gerüst strukturiert. Das lithostratigraphische Gerüst im Quartär basiert vor allem auf den geschiebestatistisch eingestufteten Geschiebemergeln sowie pollenanalytisch stratifizierten Profilen und einzelnen radiometrischen Datierungen. Die Interglaziale Holstein und Eem sind in Mecklenburg-Vorpommern aufgrund intensiver Erosion nur noch lokal verbreitet. Zusätzlich lassen sich ausgedehnte glazilimnische und glazifluviale Einheiten als lokale Leithorizonte nutzen. Hydrogeologisch ist eine ausgeprägte, lithostratigraphisch bedingte Stockwerksgliederung vorhanden. Diese umfasst Grundwassergeringleiter (Geschiebemergel und glazilimnische Einheiten) und glazifluviale Grundwasserleiter. Überregional bedeutsame Grundwasserleiter sind vor allem Bildungen der Saale-2-Nachschüttphase und der Weichsel-1- und Weichsel-2-Vor- bzw. Nachschüttphasen.

Im Tertiär existiert eine deutliche Beeinflussung der Sedimentation durch Salzbewegungen. Die paläogenen Einheiten (Paläozän, Eozän, Oligozän) stellen aufgrund der hohen Anteile tonig-schluffiger Sedimente mächtige Grundwassergeringleiter dar. Überregional bedeutsame Grundwasserleiter bilden dagegen vor allem unter- und obermiozäne Sande, die aufgrund des lokal verbreiteten Fehlens quartärer Aquifere und des steigenden Wasserbedarfs wirtschaftlich zunehmend von Interesse sind.

Die Entwicklung der geologischen 3D-Modelle erfolgt mit dem Programmpaket SKUA/GOCAD®, das die Erstellung von Schicht- und Volumenmodellen ermöglicht. Entsprechend den Maßstäben der zugrundeliegenden Kartenwerke ist der Bearbeitungsmaßstab etwa 1:50 000 bis 1:100 000. Die Modellierung der Schichtflächen erfolgt in adaptiv triangulierten Gittern. Die mittleren Abstände zwischen den Gitterknoten liegen zwischen 250 m (Quartärmodelle) und 500 m (Tertiärmodelle).

Die Quartärmodelle werden zunächst einzeln in den Blattschnitten der zugrundeliegenden LKQ 50 erstellt (Flächengrößen 25 x 25 km und 37,5 x 25 km), die dann schrittweise erweitert und harmonisiert werden. Ausgangspunkt sind die digitalisierten Tiefenlinien und Verbreitungsgrenzen der lithostratigraphischen Einheiten aus den o. g. Kartenwerken sowie den in der LKQ 50 und hydrogeologischen Erkundungsberichten dokumentierten Profilschnitten, die mit Bohrungsdaten ergänzt und aktualisiert werden. Abbildung 1 verdeutlicht beispielhaft die Zusammenführung der unterschiedlichen Eingangsdaten in 3D für einen Blattschnitt der LKQ 50. Die Daten der verschiedenen Quellen weisen vielfach Diskrepanzen auf, die im Rahmen des Modellierungsprozesses zu harmonisieren sind.

Bisher sind für ca. 70 % der Landesfläche die LKQ 50 digitalisiert und die wesentlichen Horizonte in einem ersten Schritt modelliert (27 Einzelmodelle der Basisflächen von insgesamt 37 lithostratigraphischen Einheiten). Die Bohrungsaktualisierung und Datenharmonisierung erfolgt zur Zeit in 8 Blattschnitten; sie ist in 2 Blattschnitten vorläufig abgeschlossen. Langfristiges Ziel ist eine flächendeckende Modellierung und Aktualisierung sämtlicher Blätter einschließlich einer Harmonisierung mit den Nachbarländern.

Die Modellierung des Tertiärs erfolgt aufgrund der großräumigen Strukturen und der geringeren Bohrdichte in

größeren Skalen (Modellgrößen ca. 5000 km²). Quartär- und Tertiärmodelle werden abschließend zusammengeführt und harmonisiert. Die Grenzflächen zwischen beiden Modellen ist die Quartärbasis.

Aus den primär entwickelten Schichtflächenmodellen können Volumenmodelle abgeleitet werden, die hinsichtlich verschiedener Fragestellungen parametrisiert werden können (z. B. lithologische, hydrogeologische, geothermische Parameter).

Ausgehend von den Einzelmodellen wird ein hierarchischer Aufbau des Modells in verschiedenen Skalen entwickelt:

- landesweites Strukturmodell [Schichtenmodell und (Block-)Volumenmodell], räumlich und stratigraphisch aggregiert aus den Detailmodellen entsprechend des jeweiligen Bearbeitungsstandes (Raster- bzw. Blockgrößen 500 x 500 m, 1000 x 1000 m; Abb. 2) und
- Detailmodelle (Schichtflächenmodelle und Volumenmodelle), die das landesweite Modell schrittweise aktualisieren und verfeinern. In den entwickelten 3D-Modellen in SKUA/GOCAD® sind die Eingangsdaten weiterhin integriert, sodass Ergänzungen, Aktualisierungen, Neuinterpretationen usw. unmittelbar in aktualisierte Detailmodelle umgesetzt werden können.

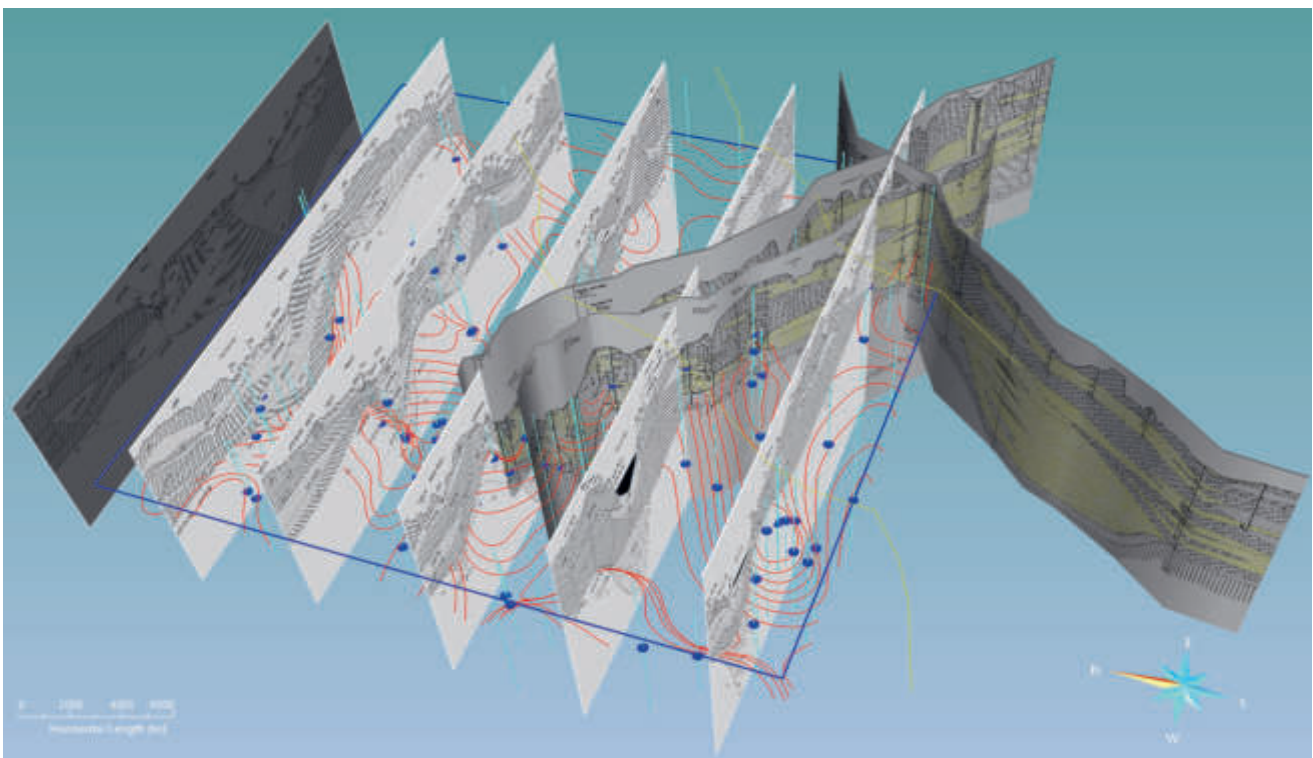


Abb. 1: Zusammenführung der Datengrundlagen in 3D für einen Blattschnitt der Lithofazieskarte Quartär (Blatt Neubrandenburg, blauer Rahmen): Ausgewählte digitalisierte Tiefenlinien (Basis Geschiebemergel Saale-I) und Profilschnitte der LKQ 50 (E-W verlaufend), Profilschnitte eines hydrogeologischen Erkundungsberichtes (unregelmäßig NW-SE und SW-NE verlaufend) und ausgewählte Bohrungen mit stratigraphischen Markern (Quartärbasis)

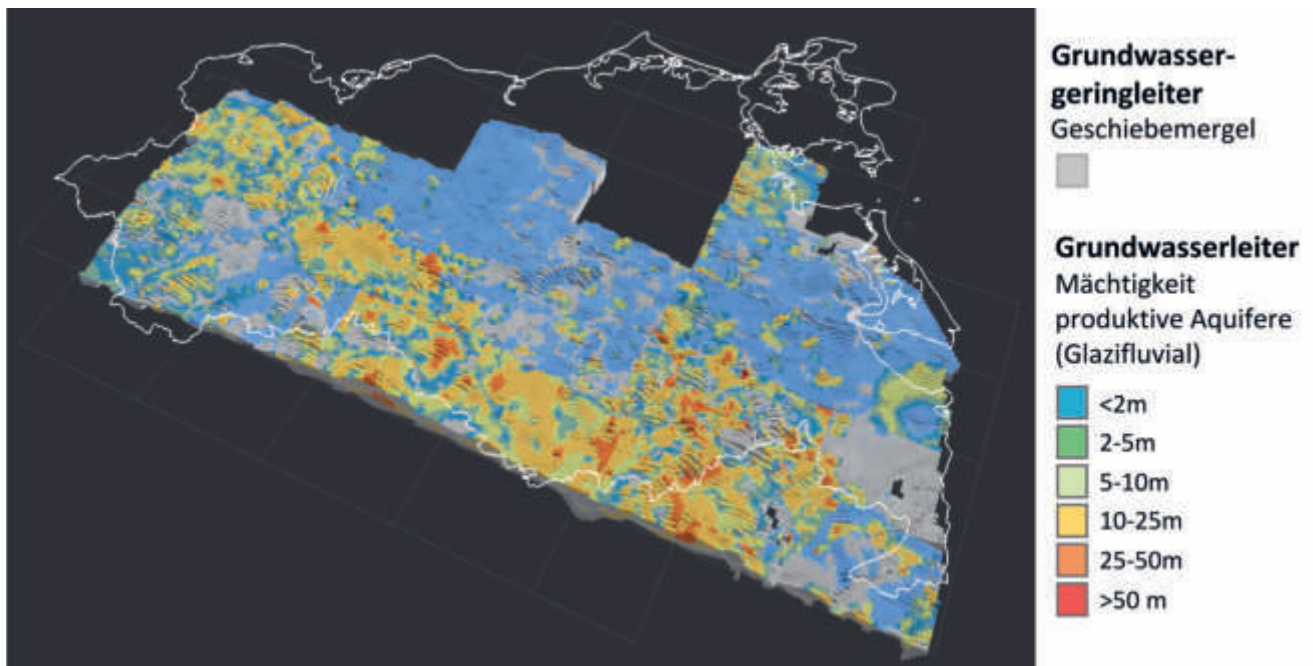


Abb. 2: Landesweites Strukturmodell der quartären Ablagerungen Mecklenburg-Vorpommerns (Volumenmodell Blockgröße 1 km², Überhöhung 1 : 100, mit Landesgrenze und Blattschnitten der Lithofazieskarte Quartär): Parametrisierung der hydrogeologischen Eigenschaften von Grundmoräne Saale-1 bis Vorschüttbildungen Weichsel-1 (Einheiten gS1, S1n-S2v, gS2, S2n-Wv). Arbeitsstand 12/2023

Die Parametrisierung greift dabei zum einen auf Kartenwerke zurück (z. B. hydraulische Durchlässigkeit der Parameterkarten der HK 50), zum anderen können Bohrungsinformationen oder geophysikalische Daten genutzt werden. Diese parametrisierten Modelle sind Grundlage für abgeleitete Modelle insbesondere für hydrogeologische Modellierungen mit den Programmpaketen FEFLOW® und MODFLOW. Beispielhaft werden aktuell für einzelne Pilotgebiete hydrogeologische und gekoppelt hydrogeologisch-hydrologische Modelle entwickelt (siehe Abb. 3). Hier fließen eine Reihe zusätzlicher Informationen ein (Grundwasserstände, Gewässerdaten, Ergebnisse von Wasserhaushalts-/Grundwasserneubildungsmodellen, Daten zur Wassernutzung). Die Definition der Aquiferparameter kann im Rahmen der Kalibrierung der hydrogeologischen Modelle und durch bereits existierende externe Modelle weiter modifiziert und optimiert werden.

Anwendungen des känozoischen 3D-Landesmodells von Mecklenburg-Vorpommern werden vor allem hydrogeologische Fragestellungen beinhalten. Hierfür wird ebenfalls ein hierarchischer Aufbau der hydrogeologischen Modelle in verschiedenen Skalen entwickelt:

- Landesweites Struktur- und Bilanzmodell – statisches Modell auf Basis der parametrisierten Blockmodelle (Abb. 2), aber auch Verwendung für großskalige Modellierungen, z. B. für klimatische Szenarien,
- Bewirtschaftungsmodelle auf Skala der Grundwasserkörper (FEFLOW® und MODFLOW, Dimension einige 100 km² bis >1.000 km²),

- Detailmodelle für konkrete wasserrechtliche Fragestellungen (Einzugsgebiete und Schutzzonen von Wasserfassungen usw., Erstellung vor allem durch externe Gutachter und Fachfirmen in den jeweilig genutzten Arealen).

Die Modelle der verschiedenen Skalen werden in einem dynamischen Datenaustausch stehen: Landesmodell und Bewirtschaftungsmodelle bilden die Datengrundlage der Detailmodelle bzw. stellen Ausgangsdaten bereit; die Detailmodelle wiederum können zur Aktualisierung der großskaligen Modelle genutzt werden.

Der Aufbau eines 3D-Landesmodells für das Känozoikum und daraus abgeleiteter hydrogeologischer Modelle ist ein langfristiger Prozess und wird immer nur eine, dem aktuellen Erkundungs-, Interpretations- und Bearbeitungsstand entsprechende Annäherung an die realen Untergrundverhältnisse sein. Dieses ist durch den sehr komplexen geologischen Aufbau (insbesondere des Quartärs) als auch die sehr heterogenen Datengrundlagen bedingt. Das Konzept einer hierarchischen und aktualisierbaren Modellstruktur, die Eingangsdaten (Primärdaten: Bohrungen, geophysikalische Daten und Interpretationen: Karten, Profilschnitte) und Modellierungsergebnisse (Schichtflächen, Volumen) verbindet und zusammen verwaltet, trägt diesem Rechnung. Das aggregierte Landesmodell ermöglicht landesweite Übersichtsdarstellungen, weist aber entsprechend dem aktuellen Bearbeitungsstand noch Inhomogenitäten und Unschärfen auf. Die Detailmodelle harmonisieren diese Inhomogenitäten, präzisieren die Unschärfen und gestatten schrittweise eine fortlaufende Aktualisierung.

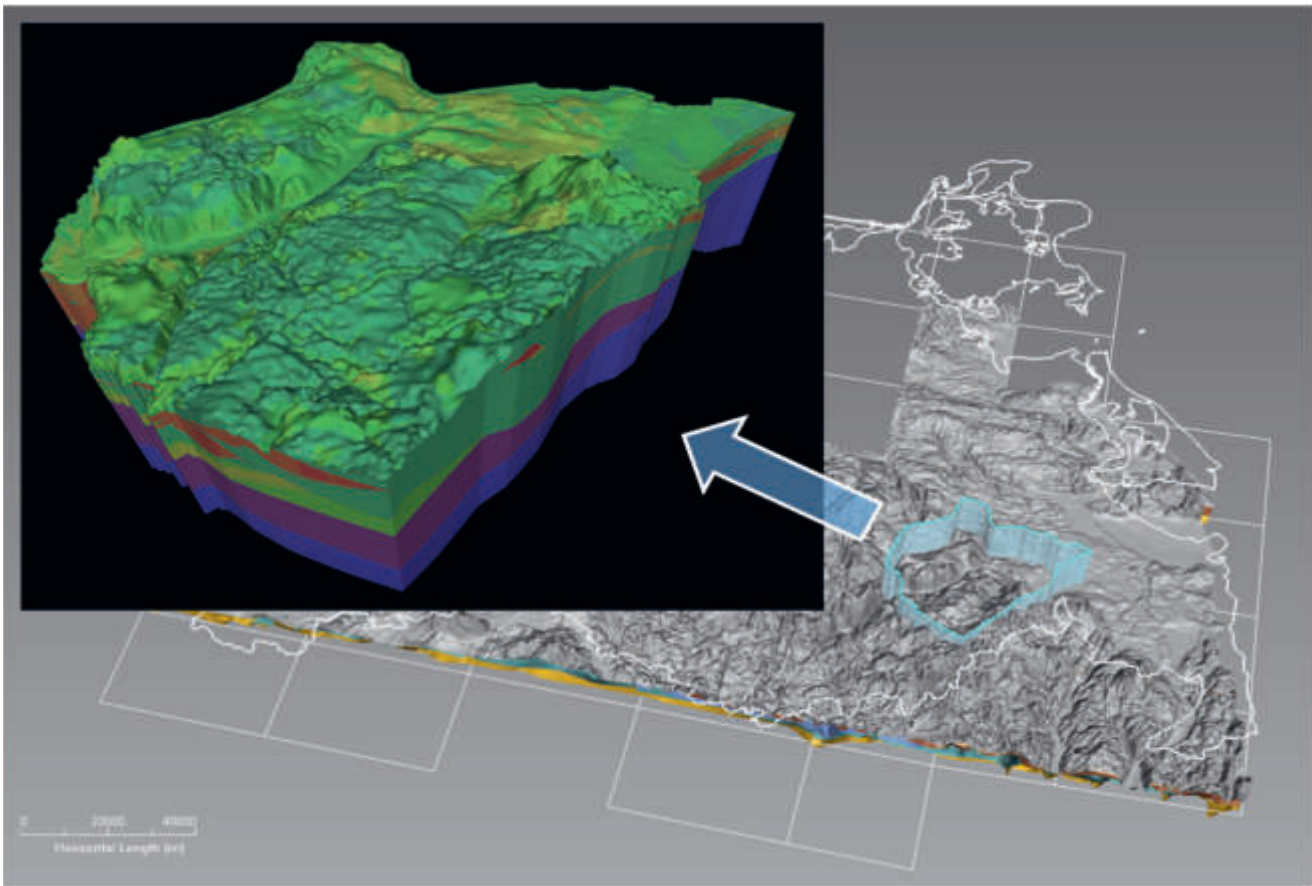


Abb. 3: Beispiel Pilotgebiet für hydrogeologisch-hydrologische Modellierungen auf der Skala von Einzugsgebieten/ Grundwasserkörpern als Ausschnitt aus dem Gesamtmodell (Umrisslinien türkis). Detailabbildung oben links: parametrisiertes hydrogeologisches Modell des Pilotgebietes (Einzugsgebiet der Datz bei Neubrandenburg und des Umfeldes). Beispielhaft dargestellt: Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte, ohne Legende) des Känozoikums (Quartär und Tertiär), Überhöhung 1 : 100

Literatur:

- BÖRNER, A., SCHÜTZE, K., LANG, S., KRIENKE, H.-D., MENG, S., MÜLLER, U. & J. STRAHL (2024): Aktueller Stand und Methoden der Kartierung des quartären Untergrundes in Mecklenburg-Vorpommern. – Vortrag 83. Jahrestagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen Bad Muskau, Brandenb. Geowiss. Beitr. **31**, S. 43–50
- OBST, K., BRANDES, J., MATTING, S., WOJATSCHKE, J. & A. DEUTSCHMANN (2024): Das 3D-Untergrundmodell des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Datengrundlagen, Modellierungsergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten. – SDGG (im Druck)
- REINHARDT, H.-G. & Gruppe Regionales Kartenwerk (1968–1991): Regionales Kartenwerk der Reflexionsseismik. – Tiefenlinienpläne und Mächtigkeitskarten 1 : 100 000. Reflektoren T0, A1, A2, T1, Leipzig (VEB Geophysik)
- Zentrales Geologisches Institut (Hauptredaktion A. Cepek) (1971–1988): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000. – Berlin
- Zentrales Geologisches Institut (Hauptredaktion H.-J. Voigt) (1979–1984): Hydrogeologisches Kartenwerk 1 : 50 000. – Karten 1 bis 4, Berlin
- Zentrales Geologisches Institut (Hauptredaktion D. Reinsch) (1988): Hydrogeologisches Kartenwerk 1 : 50 000. – Karte 5 - Tertiäre Grundwasserleiter, Berlin

Anschriften der Autoren:

Christoph Jahnke
Karsten Obst
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg-Vorpommern,
Geologischer Landesdienst
Goldberger Str. 12b
18273 Güstrow

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 59–62	3 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Einsatz automatisierter Rasterelektronenmikroskopanalyse an fluviatilen und glazifluviatilen Sanden

SOPHIA RÜTTERS

Brandenburgs Oberflächengeologie ist zu mehr als 95 % durch quartäre Sedimente geprägt. Die Schichtenfolgen besitzen durchschnittliche Mächtigkeiten von 50 bis 80 m, wobei innerhalb subglazialer Rinnen Mächtigkeiten bis zu 500 m erreicht werden. Die Elster-zeitlichen bis holozänen Ablagerungen sind von Aufschüttungs-, Abtragungs- und Umlagerungsprozessen während der kalt- und warmzeitlichen Phasen geprägt, welche in charakteristisch und ausgeprägt lokal variierendem Wechsel zwischen Geschiebemergeln, glazifluviatilen oder fluviatilen Sanden sowie glazilimnischen oder limnischen Tonen, Schluffen und Mudden resultieren. Die stratigraphische Einstufung erfolgt vorrangig über pollenanalytische Untersuchungen der wamzeitlichen, überwiegend limnischen Ablagerungen und Kleingeschiebezahlungen der kaltzeitlichen Geschiebemergel. Die anteilig dominierenden Sande werden dadurch methodisch nicht dargestellt. Bis 2008 wurde in Brandenburg hierzu die Schwermineralzusammensetzung (Dichte höher $2,96 \text{ g/cm}^3$) und -höflichkeit der Sandablagerungen untersucht. Der Fokus lag auf der lithostratigraphischen Einstufung vorrangig von Feinsanden, besonders für die Detektion und Rekonstruktion der fluviatilen Ablagerungen des Berliner Elbelaufs (ausgehende Elster- bis beginnende Saale-Vereisung). Hierdurch konnten bereits relevante Häufigkeitsschwankungen und Mineralvergesellschaftungen bzw. typische Verhältnismäßigkeiten der Schwermineralgehalte abgeleitet werden.

Um eine ganzheitliche Provenanzanalytik aufbauen zu können, wird in der hier vorgestellten Methodenentwicklung neben der Schwermineralfraktion auch die leichte Fraktion berücksichtigt. Dies bietet die Möglichkeit, einen petrographisch systemischen Ansatz zu verfolgen. Zudem kann mittels Spektralanalyse die geochemische Zusammensetzung der Proben semi-quantitativ ermittelt werden. So können also einerseits traditionelle sedimentpetrographische Methoden auch für die leichte Mineralfraktion genutzt (z. B. QFL-Analysen) und andererseits neben dem Mineralbestand auch Alterations-, Korrosions- und Abrasionsmerkmale an den einzelnen Körnern dokumentiert werden, welche Rückschlüsse auf die Transportprozesse, Herkunft und Verwitterungsverhältnisse zulassen.

In diesem Methodenentwicklungsprojekt wurden 24 Sandproben aus der Kartierungsbohrung Kb Borgisdorf 1/06 ausgewählt. Die Saale- bis Weichsel-zeitliche Abfolge besteht aus feinen bis groben Sanden, Schluffen, Tonen und Mudden. Ihre Bearbeitung erfolgte im Rahmen der Kartenerstellung und Rekonstruktion der Verteilungsmuster in der Verbreitung Saale-spätglazialer bis Eem-zeitlicher und vor allem Weichsel-frühglazialer Sedimente in Berlin und Brandenburg (vgl. HERMSDORF & STRAHL 2008). Die Bohrung ist außerdem eines von 35 vollständig oder in bestimmten Abschnitten besonders hochauflösenden Profilen, welche Besonderheiten der klimatischen und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Zeitraum Saale-Spätglazial bis Weichsel-Frühglazial reflektieren. Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, konnten hochauflösende palynologische Untersuchungen besonders an den feinkörnigen Eem-zeitlichen Ablagerungen durchgeführt werden. Die eingeschalteten Sande jedoch sind teilweise pollenleer und liefern keine stratigraphisch nutzbaren Informationen. Ebenso bilden die Basis der Eem-zeitlichen Ablagerungen überwiegend mittelsandige Feinsande des ausgehenden Saale-Glazials. Die Mehrzahl der pollenstratigraphisch in diesen Zeitraum gehörenden Proben erbrachte stark durch vor allem präquartäre und untergeordnet älterinterglaziale Sporomorphen belastete und damit statistisch nicht auswertbare Pollenspektren (vgl. STRAHL 2008).

Methodenentwicklung

Im Fokus der Methodenentwicklung stehen die Sandablagerungen, welche in der stratigraphischen Bearbeitung Brandenburgs durch Pollen- und Geschiebeanalyse nicht einzustufen sind. Alle Sandproben wurden sowohl klassisch für die Polarisationsmikroskopie (Siebung auf $0,063$ – $0,01$ und $0,1$ – $0,2 \text{ mm}$, Dichtentrennung mit Tetrabromethan: Dichte: $2,96 \text{ g/cm}^3$, Erstellung von Streupräparaten auf Objektträgern) als auch für die MLA-Analytik (Mineral Liberation Analyzer, FEI Quanta 650F) aufbereitet. In vorangehenden Projekten (vgl. RÜTTERS et al. 2018a) wurde nachgewiesen, dass der maximale Schwermineralgehalt rezenter fluviatiler Ablagerungen innerhalb eines Korngrößenspektrums von ca. 63 – $200 \mu\text{m}$ liegt. In diesem Zusam-

Das Probenmaterial wird mit Kohlenstoffpulver homogenisiert und in Form von gedrehten und polierten Körnerpräparaten aufbereitet. Durch diese Präparation können Gradierungen und Schweretrennungen bei der Einbettung des Probenmaterials repräsentiert und somit Verfälschungen des Datensatzes verhindert werden (Abb. 2). Die eingesetzte MLA besteht aus den folgenden Komponenten:

- Feldemissionskathode (Beschleunigungsspannungen 15 kV/25 kV),
- Probenkammer ohne Luftschleuse zur Analyse von bis zu 14 Proben in einem Messdurchgang,
- einem Quad BSE (Rückstreuelektronenkontrast)-Detektor und
- 2 Bruker EDX (Energiedispersiver Röntgenspektroskopie)-Flash-Detektoren.

Basierend auf den BSE-Werten werden die Proben automatisiert gemessen und jeder Partikel mit der EDX kartiert. Anhand dessen werden die elementare und mineralogische Zusammensetzung der Partikel und Körner bestimmt. Auf diese Weise werden BSE-Bilder erstellt, aus denen prozessierte Daten (Abb. 3) inklusive partikel- und kornbasierter Charakterisierungen, wie elementare und mineralogische Zusammensetzung (Volumen- oder Massenanteil), Partikelgröße und -form oder mineralogische Assoziation generiert werden. Anschließend erfolgt die Bereinigung der Daten von Messfehlern, wie Dopplungen und Überlappungen, an den Messbereichen abgeschnittenen Körnern und Körnern, die kleiner 10 µm sind.

*Abb. 1:
Schichtaufbau der Bohrung Kb Borgisdorf 1/06 mit den
Positionen der Probenahme für die Schwermineralanalytik
und zur Methodenentwicklung dieses Projektes
(vollständiges Pollendiagramm siehe
HERMSDORF & STRAHL 2008, S. 40).*

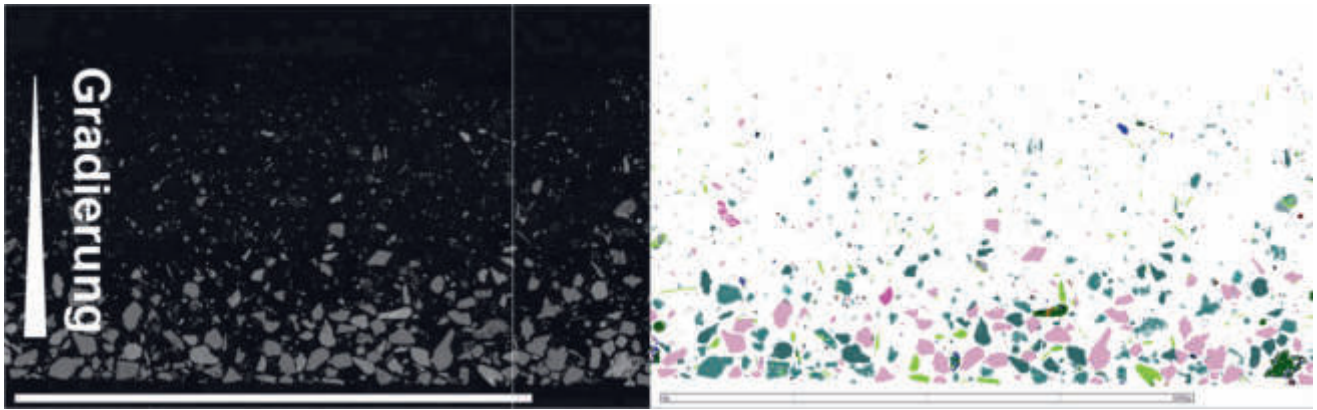


Abb. 2: Gradierung innerhalb der gedrehten Körnerpräparate (Patent für die Präparationsmethode: Erzlabor Freiberg), die durch die Probeneinbettung bei der Korngrößenverteilung bei $< 200 \mu\text{m}$ und unterschiedlichen Dichten der Körner entsteht (links BSE, rechts prozessiertes Bild).



Abb. 3: Automatisierter Charakterisierungsprozess der MLA: Das BSE-Bild wird basierend auf den EDX-Spektren klassifiziert und über eine definierte Mineralliste prozessiert.

Die Auswertung wird im Nachgang anhand von Daten- und Bildauswertungen vorgenommen.

Der Fokus in diesem Projekt liegt auf den Daten zur Mineralogie (Name, Dichte, Atomzahl, Formel), der Dichte der Minerale sowie für jeden Partikel und die darin gebundenen Körner auf einer großen Anzahl an Kornformparametern, wie vor allem Größe, Länge, Breite, Rundungsgrad, verschiedene Eckdaten zur Kornhülle, Kornfläche und einiger berechneter Verhältnisse, welche beispielsweise Rückschlüsse auf den Korrosions- oder Abrasionsgrad zulassen.

Die mit der MLA produzierten Daten werden zu großen Datenbanken zusammengefügt und können im Folgenden statistisch ausgewertet werden. Hierin liegt ein großes Potential der Methode. Durch Zusammenführung und Abgleich mit den gesamtgeochemischen und -mineralogischen Daten (XRF, XRD) konnte die Methode validiert und ein gutes quantitatives und qualitatives Potential aufgezeigt werden (RÜTTERS et al. 2018b).

Zur Kalibrierung der optimalen Probenaufbereitung wurde an 3 Proben getestet, ob eine Aufteilung der Korngrößenpektren (in 63–100 und 100–200 μm) oder eine Trennung in Schwer- und Leichtfraktion die Aussagekraft der Daten verbessert. Erste Resultate zeigen, dass eine zusätzliche Präparation, wie an den Testproben vorgenommen, vergleichbare Ergebnisse unabhängig von den verschiedenen

Aufbereitungsmethoden liefert. Auch haben Proben, die keiner Dichtentrennung unterzogen wurden, durchschnittlich einen Schwermineralgehalt von 1574 Partikeln und sind somit für eine Schwermineralanalyse statistisch belastbar.

Literatur:

- HERMSDORF, N. & J. STRAHL (2008): Karte der Eem-Vorkommen des Landes Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1, S. 23–55
- RÜTTERS, S., TOLOSANA-DELGADO, R. & J. GUTZMER (2018a): Advanced proxies for provenance, erosion and transport mechanisms of modern stream sediments – An application of SEM-based quantitative mineralogical analysis. – WGSG Dublin IV, 27.-29.06.2018, Dublin, Ireland https://rohstoffe-erzgebirge.de/wp-content/uploads/2019/08/R%C3%BCtters_Advanced-proxies-for-provenance-mechanisms_POSTER_WGSG.pdf, letzter Zugriff am 03.03.2024
- RÜTTERS, S., GUTZMER, J. & E. KALLMEIER (2018b): Automated mineralogy as efficient tool for provenance analysis of stream sediments and mineral exploration. – European Geosciences Union General Assembly 2018, 08.-13.04.2018, Wien https://rohstoffe-erzgebirge.de/wp-content/uploads/2019/08/R%C3%BCtters_Automat-

ed-mineralogy-as-efficient-tool_Poster_EGU.pdf, letzter
Zugriff am 03.03.2024

STRAHL, J. (2008): Bericht über die pollenanalytische Bearbeitung der Bohrung KB Borgisdorf 1/06, Land Brandenburg. – Bericht LBGR Kleinmachnow, 11 S. (unveröff.)

Anschrift der Autorin:

Sophia Rütters
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 63–67	2 Abb., 2 Tab., 7 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	------------------------

Entwicklung chemischer und physikalischer Eigenschaften landwirtschaftlich rekultivierter Regosole aus Kippsanden mit einer Abdeckung aus humosen Sedimenten des Weißen Schöps im Tagebau Reichwalde

STEFAN LUKAS, MICHAEL HAUBOLD-ROSAR & THOMAS NEUMANN

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Durch die Gewinnung von Braunkohle im Tagebau wird großflächig Land beansprucht. Die Auswirkungen sind gemäß Bergrecht durch geeignete Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung der abgebagerten Böden auszugleichen. Neben grundlegenden geotechnischen und wasserwirtschaftlichen Verfahren ist dabei die Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen entsprechend § 2 Abs. 2 Ziff. 1 und 3c BBodSchG im Rahmen der landwirtschaftlichen Rekultivierung von entscheidender Bedeutung. Deren vorrangiges Ziel ist die nachhaltige Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit und damit die langfristige Nutzbarkeit als Agrarflächen durch eine standortgerechte Bodennutzung. Dabei werden die für die Rekultivierung von Kippsubstraten im Lausitzer Braunkohlerevier aus wissenschaftlichen Untersuchungen erarbeiteten Rekultivierungsverfahren umgesetzt. Diese berücksichtigen die spezifischen Eigenschaften verschiedener Kippsubstrate und beinhalten neben der Auswahl geeigneter Kulturpflanzen auch die Gestaltung der Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Düngung (AUTORENKOLLEKTIV 1982, HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009). Kippsubstrate mit ähnlichen Bodeneigenschaften, Ertragspotentialen und Rekultivierungsanforderungen wurden zu sogenannten Behandlungseinheiten (Bhe) mit jeweils definierten Richtwerten zur Kennzeichnung der Bodenfruchtbarkeit zusammengefasst (GUNSCHERA 1978, KATZUR & HANSCHKE 1990). Diese Richtwerte sollen nach 10 bis 14 Jahren bei verfahrensgerechter Bewirtschaftung erreicht werden und dienen der Beurteilung des Rekultivierungserfolges sowie zur Ableitung weiterer Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Im Unterschied zur herkömmlichen Vorgehensweise der ausschließlichen Verkipfung humusarmer bzw. -freier Substrate wurden auf landwirtschaftlichen Rekultivierungsflächen im Tagebau Reichwalde Weichsel-kaltzeitliche Sande mit einer Deckschicht aus quartärem, humosem Oberbodenmaterial, bestehend aus Lehmen und Sandlehmen ehemaliger Auenflächen überzogen. Damit sollen günstigere Ausgangsbedingungen für die Boden- und Ertragsentwicklung geschaffen werden.

Das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e. V. hat im Rahmen eines Monitorings von 2017 bis 2023 auf einem solchen Kippenareal im Tagebau Reichwalde in regelmäßigen Abständen Bodenuntersuchungen durchgeführt, um die Entwicklung der dortigen Kippböden während der ersten Rotationsfruchtfolge zu erfassen und zu bewerten. Das betrifft in erster Linie den Nährstoffhaushalt, der in kurzen Zeitabständen überprüft wurde, sowie auch die Entwicklung des Humusgehaltes, der Bodendichte, der Durchlüftung und des Bodenwasserhaushaltes.

2 Standort, Material und Methoden

Die etwa 1 ha große Monitoringfläche befindet sich ca. 600 m nordöstlich der Ortschaft Reichwalde und wurde als Langparzelle mit vier Teilparzellen á 50 x 50 m konzipiert. Sie ist Bestandteil eines ersten, ca. 50,6 ha großen Wiedernutzbarmachungsabschnitts im Rahmen der Herstellung von insgesamt 120 ha im südlichen Teil des Tagebaus Reichwalde (Abb. 1), die für eine landwirtschaftliche Folgenutzung vorgesehen sind. Das Relief ist nahezu eben und es besteht kein Grundwasseranschluss.

Das ehemalige Brückenkippenareal wurde im Absetzertbetrieb zum größten Teil mit Weichsel-kaltzeitlichen Sanden aus dem Hochschnitt überzogen, welche interstadiale Schluffbröckchen enthalten und dadurch eine Aufwertung bis hin zu Lehmsanden erfahren haben. Die nach Abschluss der Planierung Ende April 2016 durchgeführte bodengeologische Kartierung ergab, dass der überwiegende Teil des späteren Unterbodens auf der Fläche durch quartäre Lehmsande mit Lehmschluffbrocken [oj-(lu)ls (q)] (42 %) sowie kiesführende Reinsande mit Lehmtongbrocken und tertiären Beimengungen [oj-(lt)(k)ss (tq)] (44 %) mit einer Spanne der Bodenarten von St2 bis mSfs geprägt wird (C & E 2016; Bodenarten und Substratangaben nach AD-HOC-AG BODEN 2005). Im Anschluss an eine Grundmelioration (Kalkung und Düngung) wurde auf den Unterboden mit Dumpfern eine Deckschicht aus quartärem, humosem Oberbodenmaterial aufgetragen und auf eine Ziel-Mächtigkeit von 30 cm eingeebnet. Dieses aus dem Tagebauvorfeld mit mobiler Sondertechnologie (Planierdrape, Universalbagger, Dum-

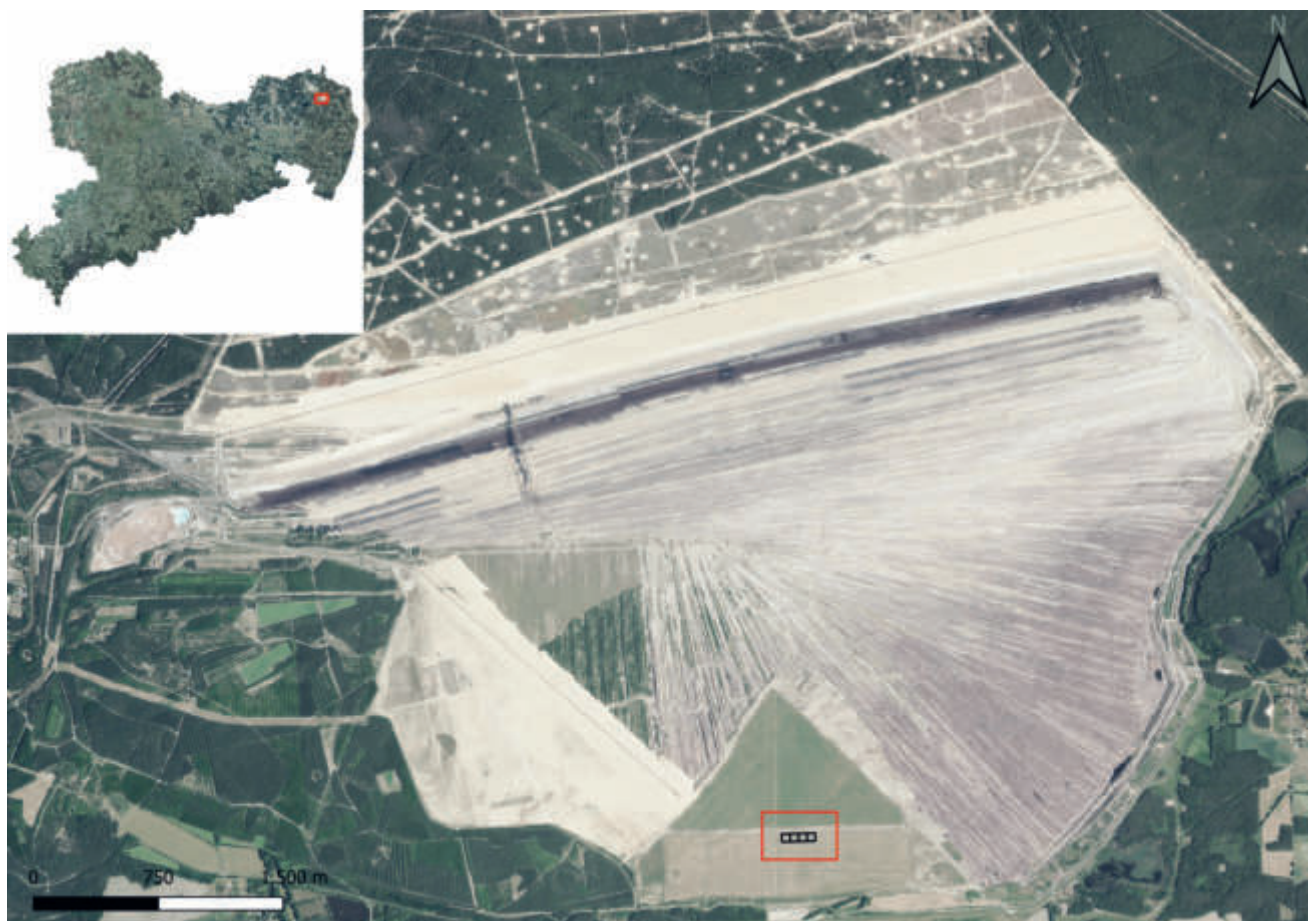


Abb. 1: Untersuchungsfläche im Tagebau Reichwalde (rotes Rechteck) in Ostsachsen

per) gewonnene Material entstammt Auenböden aus Sedimenten des Weißen Schöps mit Bodenarten von Lehmsand über Sandlehm und Lehm bis hin zu Tonlehm.

Alle Maßnahmen der Rekultivierung erfolgten in Anlehnung an die Richtlinien der Vattenfall Europe Mining AG (VEM 2013) durch den bewirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieb. Als Erstkultur wurde Ende November 2016 Winterroggen gesät und Ende Mai 2017 zur Gründüngung in den Oberboden eingearbeitet. Anschließend wurde die Fläche abweichend von der empfohlenen Rekultivierungsfurche mit einer Zwischenfruchtmischung bestellt. Diese wurde im Frühjahr 2018 gemulcht und durch eine mehrjährige Luzerne-Gras-Mischung ersetzt. Im Herbst 2022 wurde die Fläche umgebrochen und mit einem Gemenge bestehend aus Waldstaudenroggen, Weidelgras, Inkarnatklees sowie Winterwicke bestellt.

Jeweils im Frühjahr (vor der Düngung) wurden Bodenuntersuchungen zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Nmin-, P- und K-Gehaltes vorgenommen, im Spätsommer/Herbst (nach der Ernte) wurde der Oberboden erneut auf Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K untersucht. Um die weitere Bodenentwicklung festzustellen und zu dokumentieren, wurden in den Jahren 2017 und 2021 Proben für bodenphysikalische und -chemische Analysen entnommen. Dazu wur-

den in beiden Untersuchungsjahren je zwei Bodenprofile bis 100 cm Tiefe angelegt und nach AD-HOC-AG BODEN (2005) angesprochen und beschrieben. Aus den Tiefenstufen 0–30, 30–50 und 50–70 cm wurden jeweils 6 ungestörte Bodenproben für die Bestimmung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert), Porenvolumina, Luftleitfähigkeit, nutzbaren Feldkapazität und des Trockenraumgewichtes mittels Stechzylinder (100 cm³) senkrecht sowie je eine gestörte Mischprobe für die Analyse der Textur, der Festsubstanzdichte sowie des Totwassergehaltes entnommen. Zusätzlich wurden aus den Tiefen 0–30 und 30–60 cm Mischproben für chemische Untersuchungen hergestellt.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In den im Mai 2017 sowie November 2021 aufgenommenen Profilgruben wurde als Bodentyp jeweils ein Regosol [RQ] mit einer jAp/jlC-Horizontierung ausgewiesen (Abb. 2). Die carbonatfreien, schwach tonigen bis stark lehmigen Sande des Oberbodens sind kompakt gelagert (Kohärent-, teilweise auch Fragmentgefüge), weisen aber dennoch nur geringe bis mittlere Trockenraumgewichte, eine hohe Luftkapazität sowie eine sehr hohe Wasserleitfähigkeit auf (Tab. 1). Die nutzbare Feldkapazität ist mit durchschnittlich 11 bis 15 Vol.-% als gering bis mittel zu bewerten (nach



Abb. 2:
Bodenprofil auf der Untersuchungsfläche
im Tagebau Reichwalde im November 2021
(Foto: S. Lukas)

Tab. 1: Bodenphysikalische Kennzahlen der Kippböden am Standort Reichwalde im Vergleich der Jahre 2017 und 2021 [Median, $n = 24$ je Horizont]

		2017			2021		
Tiefe	[cm]	0–30	30–50	50–70	0–30	30–50	50–70
Rt	[g cm ⁻³]	1,46	1,76	1,85	1,49	1,70	1,77
Ges.-PV	[Vol.-%]	44,9	34,2	30,8	41,3	34,7	31,9
Porenziff.		0,81	0,52	0,44	0,70	0,53	0,47
LK	[Vol.-%]	13,3	19,3	17,1	14,5	23,4	19,3
FK	[Vol.-%]	28,8	14,9	13,7	26,5	11,7	12,1
nFK	[Vol.-%]	11,4	9,3	7,2	14,9	7,9	7,8
TW	[Vol.-%]	16,0	6,3	7,5	12,3	3,9	4,3
ka	[μm ²]	2,07	6,15	6,37	9,75	15,3	9,40
kf	[cm d ⁻¹]	177	131	95	228	303	162

AD-HOC-AG BODEN 2005). Dagegen wurden in den mit Tonlehmfragmenten durchsetzten, sehr schwach humosen (Lehm-)Sanden des Unterbodens eine deutlich höhere Dichtlagerung und nur geringe Gesamtporenvolumina diagnostiziert. Trotz der hohen Trockenraumgewichte ist eine sehr gute Durchlüftung und eine sehr hohe Wasserdurchlässigkeit gegeben (Tab. 1). Gegenüber den Ausgangsbedingungen des Jahres 2017 wurde im Jahr 2021 im Oberboden eine minimal höhere Lagerungsdichte bei

verringertem Gesamtporenvolumen festgestellt, während der Unterboden etwas lockerer gelagert ist, was sich positiv auf das Gesamtporenvolumen und den Anteil weiter Grobporen (Luftkapazität) ausgewirkt hat. In allen untersuchten Tiefenstufen ist eine Zunahme der gesättigten Wasserleitfähigkeit sowie der Luftleitfähigkeit zu verzeichnen. Vor allem im Unterboden kann dies neben der geringeren Lagerungsdichte auch auf die etwas höheren Sandanteile in den im Jahr 2021 untersuchten Bodenprofilen zurückgeführt

Tab. 2: Nährstoffversorgung und bodenchemische Kennzahlen der Kippböden am Monitoringstandort Reichwalde im Vergleich der Jahre 2017 und 2021 [Mittelwerte, $n = 2$ je Horizont]

		2017		2021	
Tiefe	[cm]	0–30	30–50	0–30	30–60
pH (CaCl ₂)		5,5	5,1	5,6	4,9
C _{org}	[M.-%]	2,04	0,27	1,56	0,24
N _t	[M.-%]	0,16	0,02	0,12	0,01
C/N		12,7	14,2	13,0	19,5
KAK _{pot}	[cmol _c kg ⁻¹]	17,5	3,7	10,3	3,0

werden. Der im Jahr 2021 untersuchte Oberboden weist zudem einen geringeren Anteil an Feinporen (Totwasser) zugunsten eines höheren Anteils an engen Grobporen und Mittelporen (pflanzenverfügbares Wasser) auf.

Der C_{org}-Gehalt des aufgetragenen schwach sauren Oberbodens ist im Untersuchungszeitraum zwar von 2,04 auf 1,56 M.-% abgesunken (Tab. 2). Der bodenkundliche Richtwert von 0,5 bis 0,9 M.-% C_{org} (HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009) für die landwirtschaftliche Rekultivierung vergleichbarer Substrate ist damit im Hinblick auf die Humusanreicherung aber bereits erreicht bzw. übererfüllt. Es ist allerdings zu vermuten, dass das neue, standort- und nutzungsbezogene Fließgleichgewicht auf der Fläche noch nicht erreicht ist. Im Unterboden liegt der Gehalt an organischem Kohlenstoff fast eine Größenordnung niedriger als im Oberboden, das Substrat ist mit 0,4 bis 0,5 M.-% sehr schwach humos. Mit einem Gesamt-N-Gehalt von 0,12 M.-% sind in dem aufgetragenen Oberboden bereits erhebliche N-Vorräte, überwiegend als organischer N-Pool vorhanden. Das enge C/N-Verhältnis von 13 bietet günstige Bedingungen für eine mikrobielle Umsetzung organischer Substanzen. Die Versorgung mit pflanzenverfügbarem K bzw. P ist im Oberboden zu Beginn der Inkulturnahme gering bzw. bereits optimal, am Ende des 7. Rekultivierungsjahres liegen für beide Pflanzennährstoffe optimale (P) bis leicht erhöhte (K) Gehalte vor. Die Oberbodenrichtwerte für die landwirtschaftliche Rekultivierung sind im Hinblick auf die Versorgung mit P (70 mg kg⁻¹ TS) und K (110 mg kg⁻¹ TS) erreicht bzw. übererfüllt. Im Unterboden (30–60 cm) wurden im gesamten Untersuchungszeitraum kippsubstrattypisch nur sehr geringe Gehalte an pflanzenverfügbarem P und K festgestellt. Weiterhin wurde im Oberboden aufgrund des höheren Anteils an Tonmineralen, vor allem aber auch aufgrund des höheren Humusgehaltes eine mittlere Kationenaustauschkapazität festgestellt, während das sandigere und gleichzeitig humusarme Unterbodensubstrat nur eine sehr geringe Kationenaustauschkapazität besitzt (Bewertung nach AD-HOC-AG BODEN 2005).

Während das Pflanzenwachstum in den ersten Rekultivierungsjahren aufgrund extremer Trockenphasen teilweise stark beeinträchtigt wurde, konnte im weiteren Verlauf

der Rekultivierung ein im regionalen Vergleich gutes Ertragspotenzial der Fläche festgestellt werden. Die Umrechnung der Trockenmasseerträge in Getreideeinheiten nach GUNSCHERA (1998) ergibt für die Rekultivierungsfläche unter Berücksichtigung der Ertragserhebungen von 2019 bis 2023 einen durchschnittlichen GE-Ertrag von 44 dt ha⁻¹. Dieser liegt deutlich über den von GUNSCHERA für Kippböden in den ersten Rekultivierungsjahren angegebenen Richtwerten (HAUBOLD-ROSAR & GUNSCHERA 2009). Dies ist insbesondere auf den Auftrag des humosen Auenbodenmaterials zurückzuführen. Das Ertragsvermögen des Standortes ist jedoch anfällig gegenüber länger andauernden Trockenphasen. Das Speichervermögen für Niederschlagswasser (auch aus häufiger auftretenden Starkregenereignissen) ist überwiegend auf den im Mittel ca. 30 cm mächtigen Oberboden beschränkt. Der stark sandige Unterboden ist kaum in der Lage, überschüssig in die Tiefe ablaufendes Niederschlagswasser entgegen der Schwerkraft zu halten.

Literatur:

- AUTORENKOLLEKTIV (1982): Empfehlungen zur landwirtschaftlichen Rekultivierung von Kippen des Braunkohlenbergbaues. – AdL der DDR (Hrsg.), 60 S.
- C & E GmbH (2016): Bodengeologischer Kartierungsbericht. Tagebau Reichwalde. Fläche WR 110a v. – Bericht vom 02.06.2016, 29 S. (unveröff.)
- GUNSCHERA, G. (1978): Landwirtschaftliche Rekultivierungsmaßnahmen auf quartären bindigen Kippsubstraten in der Niederlausitz. – Dissertation Martin-Luther-Universität, 192 S., Halle
- GUNSCHERA, G. (1998): Erarbeitung eines Bewertungsrahmens für die landwirtschaftlichen Kippenflächen anhand des Ertragsniveaus und Herstellung eines Vergleichsschemas zu den Ackerzahlen von gewachsenen Böden auf der Grundlage der LN-Flächen des Tagebaues Schlabendorf Süd. – Bericht Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandchaften e.V., 111 S. (unveröff.)

HAUBOLD-ROSAR, M. & G. GUNSCHERA (2009): Düngempfehlungen für die landwirtschaftliche Rekultivierung von Kippenflächen. – Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Bergbaufolgelandschaften e.V. **1**, 100 S.

KATZUR, J. & L. HANSCHKE (1990): Pflanzenerträge auf meliorierten schwefelhaltigen Kippböden und die bodenkundlichen Zielgrößen der landwirtschaftlichen Rekultivierung. – Arch. Acker- u. Pflanzenbau und Bodenkunde **34**, S. 35–43

VEM (Vattenfall Europe Mining AG) (2013): Grundlagen und Leitlinien für die Rekultivierung und Landschaftsgestaltung bei der Vattenfall Europe Mining AG. – 353 S. – (unveröff.)

Anschriften der Autoren:

Stefan Lukas
Michael Haubold-Rosar
Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V.
Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde

Thomas Neumann
Lausitz Energie Bergbau AG, Abt. Entwässerung/
Rekultivierung
An der Heide 1
03130 Spremberg



*Einen Besuch wert:
Rhododendronpark
Kromlau – Rakotzbrücke
(Foto: Uwe Strahl)*

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 69–71	2 Abb., 5 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Subglaziale Rinnen in Norddeutschland: Analyse des aktuellen Kenntnisstands und ihre Relevanz für die Langzeitsicherheit in der Endlagerung

SONJA BREUER, ANKE BEBIOLKA, VERA NOACK & JÖRG LANG

Subglaziale Rinnen gehören zu den tiefsten Erosionsstrukturen überhaupt und sind in ehemals vergletscherten Sedimentbecken weit verbreitet. Subglaziale Rinnen sind durch undulierende Längsprofile mit lokalen Übertiefungen und steile Flanken geprägt. Die Bildung subglazialer Rinnen erfolgt durch Schmelzwasser unter hohem Druck an der Basis eines Eisschildes oder Gletschers. Gängige Modelle zur Rinnengenese gehen davon aus, dass subglaziale Rinnen entweder durch stetigen Schmelzwasserabfluss, episodische Ausbruchsfuten von aufgestautem Schmelzwasser oder einer Kombination dieser beiden Prozesse eingeschnitten werden.

Die Möglichkeit, dass während künftiger Eiszeiten subglaziale Rinnen entstehen, birgt das Risiko einer Beeinträchtigung der geologischen Barriere eines Endlagers für radioaktive Abfälle. Daher ist die Prognose der Bildung solcher Rinnen und ihrer potenziellen Erosionstiefen von entscheidender Bedeutung für die Langzeitsicherheit. Das Standortauswahlgesetz (StandAG) schreibt vor, dass eine minimale Tiefe eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) unterhalb der größten zu erwartenden Tiefe von exogenen Prozessen liegen muss. Diese Prozesse können direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Integrität des ewG haben. Die Erhaltung der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs muss jederzeit gewährleistet sein. Subglaziale Rinnen werden dabei indirekt als „eiszeitlich bedingte intensive Erosion“ bezeichnet (StandAG 2017: § 23 Abs. 5 Nr. 3). Der Fachbereich Langzeitsicherheit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) befasst sich daher in einem laufenden Projekt mit verschiedenen Möglichkeiten zur Prognose der Entstehung, Verbreitung und Geometrie potenzieller subglazialer Rinnen in der Zukunft.

In einem ersten Schritt wurden die vorhandenen Daten zur Tiefenlage der Quartärbasis und der Verbreitung pleistozäner subglazialer Rinnen auf neue Weise kombiniert und interpretiert. Die subglazialen Rinnen erreichen Tiefen von über 500 m, sind 3–5 km, im Extremfall 8–12 km, breit und können über 100 km lang werden. Die Neu-Interpretation der vorhandenen Quartärbasiskarten der norddeutschen Bundesländer und die daraus resultierende Karte

der Verbreitung subglazialer Rinnen macht es möglich, fünf verschiedene Tiefenzonen auszuweisen (Abb. 1). Die maximalen Tiefen der pleistozänen subglazialen Rinnen in Norddeutschland zeigen eine deutliche regionale Zonierung (Abb. 1). Die größten Tiefen (300–400 m bzw. 400–600 m) treten in Nordwest-Südost streichenden Zonen auf. Diese Tiefenzonen verlaufen in etwa parallel zur känozoischen Subsidenzachse des Norddeutschen Beckens. In den südwestlich beziehungsweise nordöstlich anschließenden Tiefenzonen erreichen die subglazialen Rinnen geringere maximale Tiefen (100–200 m bzw. 200–300 m). In der nach Süden durch die maximale mittelpleistozäne Eisausdehnung begrenzten Tiefenzone (0–100 m) treten keine subglazialen Rinnen auf, die tiefer als 100 m sind (BREUER et al. 2023). Da die Bildung subglazialer Rinnen sehr stark durch den Aufbau des Untergrundes und die Verbreitung leicht erodierbarer Sedimentgesteine kontrolliert wird, und die rezenten Bedingungen nicht wesentlich von denen des Pleistozäns abweichen, ist zu erwarten, dass auch die zukünftige Erosion einem ähnlichen Muster folgen wird (BREUER et al. 2023).

Die vorliegende Zonenkarte (Abb. 1) basiert auf der in BREUER et al. (2023) publizierten Zonenkarte. Aufgrund der neuen Quartärbasiskarte von Sachsen-Anhalt (JAGEMANN & MÜLLER 2023) wurde die Zonenkarte neu berechnet. Die neue Quartärbasiskarte zeigt in weiten Teilen eine deutliche Abweichung in der Tiefenverteilung der Quartärbasis sowie in der Lage und Tiefe der subglazialen Rinnen (JAGEMANN & MÜLLER 2023). Dadurch ergeben sich Änderungen an der Lage des Zonengrenzen-Verlaufs im Bereich Sachsen-Anhalts. Die Kernzone mit den größten Tiefen (400–600 m) bleibt unverändert. Die Zone von 300–400 m dehnt sich weiter nach Süden aus, da in diesem Bereich neue und tiefere subglaziale Rinnen kartiert wurden. Die Zonengrenze zwischen 100–300 m im Süden wurde an zwei Lokationen angepasst, d. h. in südlicher Richtung verschoben.

Störungen und Salzstrukturen sind essentielle strukturelle Bestandteile der sedimentären Füllung des Norddeutschen Beckens. In früheren Studien ist wiederholt postuliert worden, dass die Bildung der subglazialen Rinnen teil-

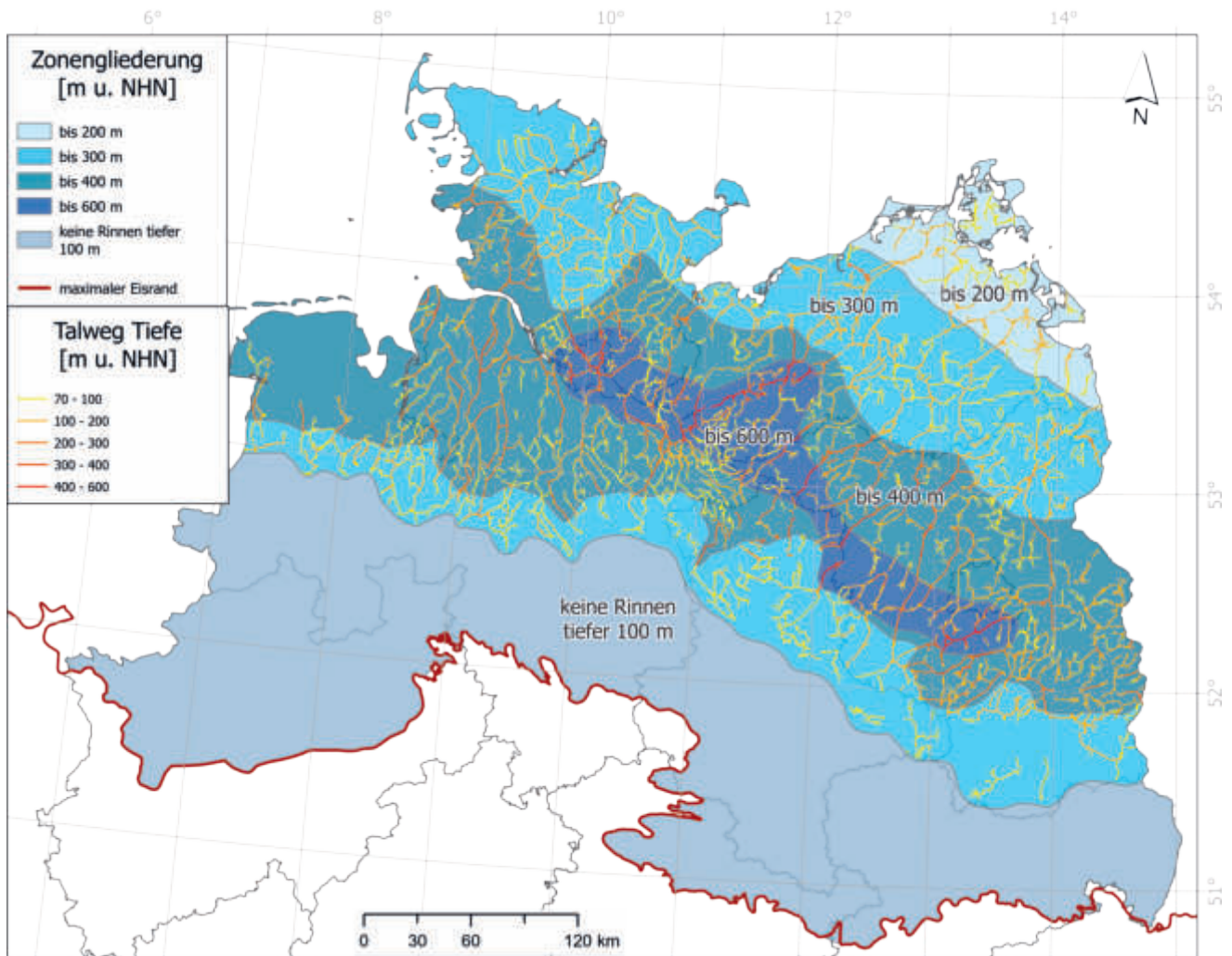


Abb. 1: Die aktualisierte Tiefenzonenkarte mit dem maximalen Eisrand Norddeutschlands und den fünf Tiefenzonen: Keine subglaziale Rinne tiefer als 100 m, bis zu 200 m, bis zu 300 m, bis zu 400 m und bis zu 600 m. Zusätzlich werden die Talwege der subglazialen Rinnen mit ihrem Tiefenwert gezeigt.

weise durch Störungen (z. B. STACHEBRANDT 2009) oder Salzstrukturen (z. B. LANG et al. 2014) kontrolliert wurde. Die Orientierung der paläozoischen, mesozoischen und känozoischen Störungssysteme, Salzstrukturen und der pleistozänen subglazialen Rinnen wurden miteinander verglichen, um eine mögliche Korrelation der Verläufe zu identifizieren (Abb. 2). Die Einteilung des Untersuchungsgebietes erfolgte dabei nach geographischen und geologischen Kriterien. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine hochauflösende Untersuchung der Korrelation zwischen Störungen, Salzstrukturen und subglazialen Rinnen. Die Auswertung der Daten liefert kein eindeutiges Bild, dass auf eine klare Korrelation zwischen Störungen, Salzstrukturen und subglazialen Rinnen schließen ließe. Während die Orientierung der subglazialen Rinnen und Störungen in einigen Regionen übereinstimmt (z. B. Nordsee), gibt es in anderen Regionen starke Abweichungen (z. B. Niedersachsen) oder eine Korrelation zwischen den Rinnen und einer bevorzugten Streichrichtung der Störungen (z. B. Brandenburg). Eine Korrelation besteht häufig zwischen der

Orientierung der subglazialen Rinnen und den Störungen, die im jüngeren Känozoikum aktiv waren. Es ist möglich, dass in diesen Bereichen die Erosionsbeständigkeit der Gesteine herabgesetzt war und das Einschneiden von Rinnen begünstigt wurde. Allerdings fällt auch auf, dass eine Korrelation vor allem dann auftritt, wenn die Orientierung der Störungen im Untergrund etwa den rekonstruierten Eisvorstoßrichtungen entspricht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die heutige regionale Verteilung der pleistozänen subglazialen Rinnen eine Grundlage zur Abschätzung der potenziellen zukünftigen subglazialen Erosion liefern kann. Der geologische Aufbau des Untergrundes ist ein wichtiger Kontrollfaktor der Bildung subglazialer Rinnen. Der rezente Untergrund unterscheidet sich im Norddeutschen Becken nicht grundlegend von demjenigen während der pleistozänen Rinnenbildungen. Daher ist zu erwarten, dass die Verteilung zukünftiger subglazialer Rinnen und ihrer maximalen Tiefen den hier vorgestellten pleistozänen Tiefenzonen ähneln wird.

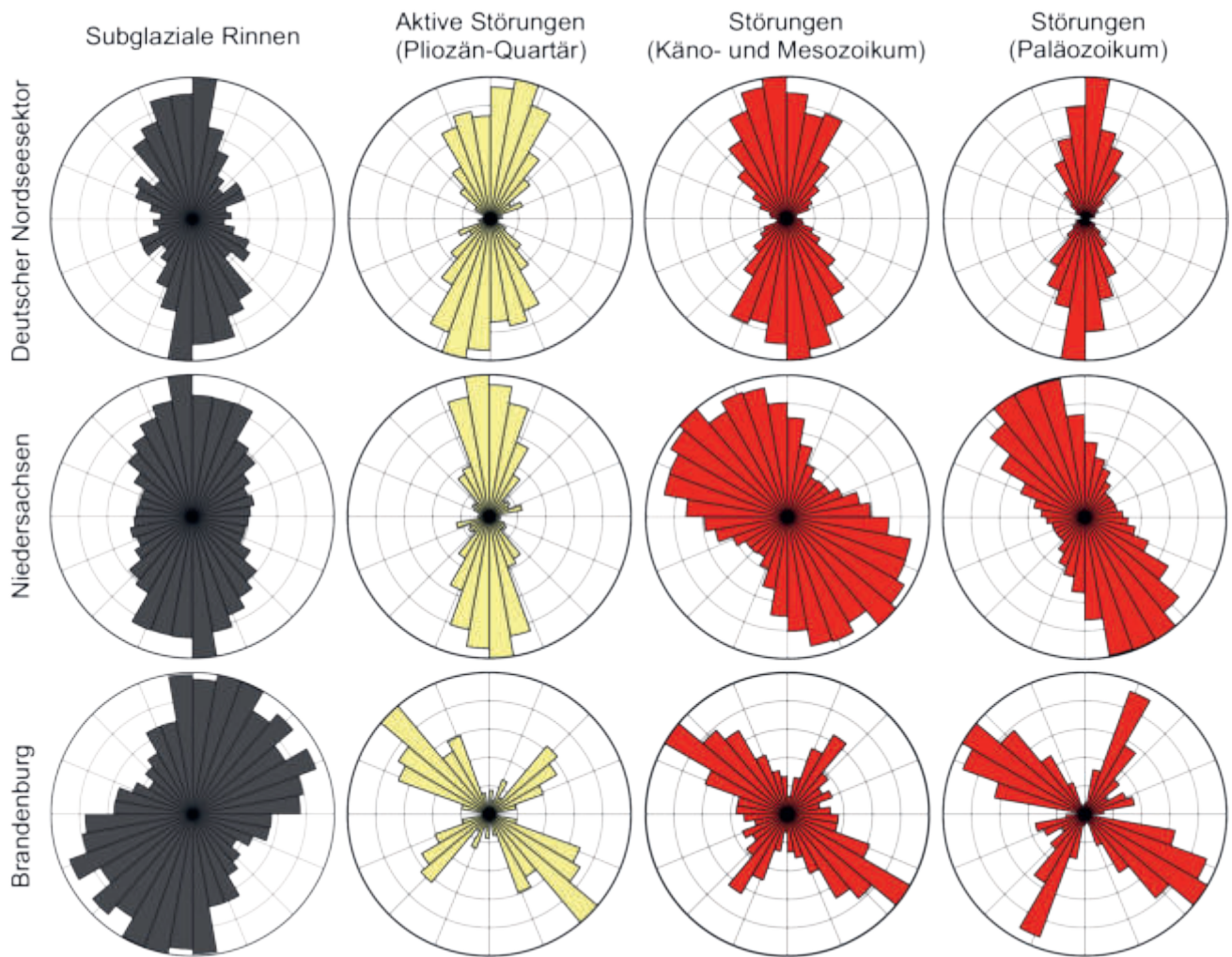


Abb. 2: Die Rosendiagramme zeigen die Orientierung der paläozoischen, mesozoischen und känozoischen Störungssysteme im Vergleich zu der Orientierung der pleistozänen subglazialen Rinnen für den Bereich der deutschen Nordsee, Niedersachsen und Brandenburg.

Literatur:

BREUER, S., BEBIOLKA, A., NOACK, V. & J. LANG (2023): The past is the key to the future – considering Pleistocene subglacial erosion for the minimum depth of a radioactive waste repository. – *E&G Quaternary Science Journal* **72**, S. 113–125

JAGEMANN, S. & C. O. MÜLLER (2023): Aktualisierung der Quartärbasistiefenkarte Sachsen-Anhalts. – *Mitteilungen zu Geologie und Bergwesen von Sachsen-Anhalt - Geoinformation in Zeit und Raum* **22**, S. 52–54

LANG, J., HAMPEL, A., BRANDES, C. & J. WINSEMANN (2014): Response of salt structures to ice-sheet loading: implications for ice-marginal and subglacial processes. – *Quaternary Science Reviews* **101**, S. 217–233

STACKEBRANDT, W. (2009): Subglacial channels of Northern Germany – a brief review. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **160**, S. 203–210

STANDAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 247 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

Anschriften der Autoren:

Sonja Breuer
Jörg Lang
Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe
Stilleweg 2
30655 Hannover

Anke Bebiolka
Vera Noack
Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe
Wilhelmstr. 25–30
13593 Berlin

*Bergbaufolgelandschaft:
Der geflutete Südrandschlauch
im Tagebau Jänschwalde
(Foto: LBGR)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 73	
------------------------------	---------	-------------	-------	--

Geothermieprojekt Potsdam

HAGEN FELDRAPPE, ANDREAS BRECHT, ANDRE GERSTENBERG & TRISTAN GRÜTTNER

Die Stadt Potsdam ist vor etwa 10 Jahren mit einem ambitionierten Programm gestartet, den CO₂-Ausstoß signifikant zu reduzieren. Zu dem Maßnahmenpaket gehört u. a. der Ersatz fossiler Energieträger durch regenerative Energie bei der Erzeugung von Fernwärme. Die Untersuchung und ggf. spätere Nutzung des lokal vorhandenen geothermischen Potenzials bildet einen wesentlichen Bestandteil dieser Strategie.

Im Untergrund von Potsdam weisen mehrere salinare Aquifere der mesozoischen Schichtenfolge Potenzial für eine geothermische Nutzung auf. Diese wurden und werden im Umland für unterschiedliche Zwecke genutzt, für die Unterspeicherung von Erdgas (Buntsandstein, Jura), die Wärmespeicherung (Jura), die Balneologie (Rhät) oder die Injektion von Formationswässern (Muschelkalk, Jura). Die Erkundungsmaßnahmen begannen mit 2D-seismischen Messungen, mit denen speziell die Tiefenlage und der strukturelle Bau der mesozoischen Formationen bis in eine Tiefe von ca. 2 500 m untersucht wurden. Entsprechend den Ergebnissen der seismischen Messungen erfolgte zunächst die Abteufung einer vertikalen Erkundungsbohrung mit dem Zielhorizont Mittlerer Buntsandstein (Detfurth-Unterbank). Beim Abteufen sollten auch Daten zu den höher gelegenen, stratigraphisch jüngeren Aquiferen hinsichtlich ihrer Eignung für eine geothermische Nutzung gewonnen werden. Der Mittlere Buntsandstein wurde aufgrund der sehr tiefen Lage und den damit verbundenen unzureichenden Reservoirreigenschaften nicht aufgeschlossen. Die Aquifere des Muschelkalks, des Keupers und des Unterjura erwiesen sich als unzureichend bzw. nicht geeignet für eine geothermische Nutzung. Ein aussichtsreicher Nutzungshorizont wurde jedoch mit dem in ca. 1 000 m Tiefe erbohrten Oberaalen-Sandstein (Mitteljura) angetroffen. Dementsprechend wurde eine zweite Bohrung mit entsprechender Ablenkung in diesen Zielhorizont abgeteuft.

Aus den hydraulischen Tests lässt sich ableiten, dass der Oberaalen-Sandstein ausreichend geothermische Energie für eine wirtschaftliche Nutzung liefern kann. Die Ergebnisse der Erkundungsmaßnahmen werden auch für die Erschließung des geothermischen Potenzials an weiteren Standorten im Stadtgebiet von Potsdam genutzt.

Anschrift der Autoren:

Hagen Feldrappe
Andreas Brecht
Unterspeicherung- und
Geotechnologie-Systeme GmbH
Berliner Chaussee 2
15749 Mittenwalde

Andre Gerstenberg
Tristan Grüttner
Energie und Wasser Potsdam GmbH
Steinstraße 101
14480 Potsdam

*Einen Besuch wert:
Felixsee im Muskauer Faltenbogen
(Foto: Manfred Kupetz,
Titelbild Brandenburg. geowiss.
Beiträge 28, 2021)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 75–76	1 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Das Risiko einer Bodenverflüssigung als Herausforderung bei der sicheren Gestaltung der Innenkippen im Lausitzer Revier

REGINE GROSSER & SEBASTIAN SZCZYRBA

In den Tagebauen der Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) wird das 2. Miozäne Flöz gewonnen. Im Unterschied zu anderen Braunkohlenrevieren sind im Lausitzer Revier ausgedehnte Bereiche vorhanden, in denen im überlagernden Deckgebirge Sande mit geringen Feinkornanteilen überwiegen. Für die Freilegung der Kohle wird das entwässerte Deckgebirge abgetragen. Bei der Verkippung der erdfeuchten Sande in den ausgekohlten Bereichen entsteht ein locker gelagertes Korngefüge mit einem hohen Porenanteil im Kippenboden. Solange diese Poren mit Luft gefüllt sind, ist zunächst eine ausreichende Tragfähigkeit der erdfeuchten Kippenböden vorhanden. Dies ändert sich, sobald der vorhandene Porenraum beim Grundwasserwiederanstieg mit Wasser gesättigt wird, da nun unter bestimmten Voraussetzungen das Risiko einer Bodenverflüssigung besteht. Infolge einer Belastung oder eines anderen Initials kann das

wassergesättigte Bodengefüge kollabieren. Dabei steigt der Porenwasserdruck extrem an und die Scherfestigkeit wird schlagartig kleiner. Im Extremfall verhält sich der Kippenboden wie eine Suspension, so dass erhebliche Verschiebungen an der Geländeoberfläche eintreten können. Diese Versagensform wird als „Setzungsfließen“ bezeichnet und kann innerhalb kürzester Zeit große Flächen erfassen. Ein Setzungsfließen kündigt sich nicht wie andere Rutschungsformen an, sondern läuft spontan und im Allgemeinen mit sehr großen Geländeformverformungen ab. Ein Beispiel für ein erwartetes Setzungsfließen innerhalb eines geotechnischen Sperrbereiches zeigt die Abbildung 1.

Das Risiko einer Bodenverflüssigung ist im Lausitzer Revier seit langem bekannt, da bereits in ausgekohlten und im Grundwasserwiederanstieg befindlichen Tagebauen der



Abb. 1: Erwartetes Setzungsfließen am 19.06.2019 während der Flutung des Cottbuser Ostsees innerhalb des geotechnischen Sperrbereiches (Foto: LE-B, Markscheiderei)

ehemaligen DDR mehrere große Schadensfälle eintraten (AUTORENKOLLEKTIV 2005). Seit den 1980er Jahren wurde daher eine intensive Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Bodenverflüssigung aufgenommen und Maßnahmen entwickelt, um Gefährdungen aus einer Bodenverflüssigung auszuschließen. Dazu zählt beispielsweise die Herstellung von Verdichtungskörpern entlang gekippter Uferbereiche an den Tagebaurestseen, die auch als versteckte Dämme bezeichnet werden. Das Verfahren hat sich bewährt, so dass im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) mehr als 1 Mrd. m³ an Kippenboden verdichtet wurden (siehe DREBENSTEDT & KUYUMCU 2014). Seit 2010 traten mit dem fortschreitenden Grundwasserwiederanstieg im Verantwortungsbereich der LMBV auch im unverdichteten Kippenhinterland vermehrt geotechnische Ereignisse im Zusammenhang mit einer Bodenverflüssigung auf, die sich auf die Kippenflächen der ehemaligen Tagebaue Schlabendorf-Süd und Seese-West konzentrierten. Die Häufung in diesem Bereich wird u. a. auf die dort vorkommende sedimentäre Abfolge der „Seeser Sande“ zurückgeführt, die von FOCKE, BRETSCHNEIDER & STANDKE (2023) als höher energetische randmarine Ablagerung in Form von Barriereinseln identifiziert wurde.

Die LE-B ist nach Bundesberggesetz verpflichtet, die in Anspruch genommenen Flächen wieder nutzbar zu machen. Voraussetzung für das Ende der Bergaufsicht ist u. a., dass keine Gefahren mehr für die öffentliche Sicherheit und die geplante Folgenutzung bestehen. Die gekippten Böschungen an den entstehenden Tagebaurestseen werden durch versteckte Dämme gesichert. Während der Flutung sind temporäre geotechnische Sperrbereiche nötig, da Setzungsfließen im unverdichteten Vorland der versteckten Dämme eintreten können, wie in der Abbildung 1 dargestellt.

Im Hinterland der gesicherten Restseekippenböschungen besteht nach dem Grundwasserwiederanstieg ein Restrisiko, dass eine spontane Bodenverflüssigung eintritt. Auch für diesen Fall müssen die Innenkippenflächen standsicher sein. Daher wird bereits bei der Absetzerverkipfung und der anschließenden Rekultivierung ein ausreichend flaches Gelände hergestellt, das auch im nachbergbaulichen Endzustand einen erforderlichen Mindestwert beim Grundwasserflurabstand aufweist. Im Ergebnis mehrjähriger Forschungsarbeiten unter Leitung von Prof. Kudla wurde durch die TU Bergakademie Freiberg eine Handlungsgrundlage erstellt, um die Innenkippen zu beurteilen. Der Ansatz einer Bodenverflüssigung ist dabei eine Berechnungsannahme für den ungünstigsten Fall (außergewöhnlicher Belastungszustand). Bei einer ausreichenden Standsicherheit können deswegen vertikale Einsenkungen nicht vollständig ausgeschlossen werden und sind daher bei der geplanten Nutzung zu beachten.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass im Lausitzer Revier weite Teile der Innenkippen aus verflüssigungsempfindlichen Kippenböden bestehen. Durch die LE-B

werden daher Sicherungsmaßnahmen im Rahmen der Abschlussbetriebspläne umgesetzt, um die geotechnische Sicherheit für die darin festgeschriebene Zielnutzung zu gewährleisten.

Literatur

AUTORENKOLLEKTIV FÖRDERVEREIN KULTURLANDSCHAFT NIEDERLAUSITZ E. V. (2005): Bodenmechanik und Tagebausicherheit im Braunkohlenbergbau der Lausitz. – 2. Auflage, S. 120–123, Cottbus

DREBENSTEDT, C. & M. KUYUMCU (Hrsg.) (2014): Braunkohlesanierung. – S. 3–9, Berlin, Heidelberg (Springer-Verlag)

FOCKE, D., BRETSCHNEIDER, F. & G. STANDKE (2023): Die Seeser Sande als Barriereinseln: Fazielle Differenzierungen in den Ablagerungen der Greifenhain-Subformation. – Freib. Forsch.-H. **C561**, S. 197–217

KUDLA, W., SZCZYRBA, S. & J. WEISSBACH (2019): Handlungsgrundlage zur Beurteilung der Gefährdung von flachwelligen Kippenbereichen durch Setzungsfließen und Geländeeinbrüche im bergrechtlichen Verantwortungsbereich der LEAG. – LEAG (unveröff.)

Anschrift der Autoren:

Regine Grosser
Sebastian Szczyrba
Lausitz Energie Bergbau AG,
Abteilung Geotechnik/Bodenmechanik
Hauptverwaltung
Leagplatz 1
03050 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 77–80	1 Abb., 7 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

FID GEO Services: Daten und Softwarepublikationen mit GFZ Data Services

KIRSTEN ELGER, MELANIE LORENZ, INKE ACHTERBERG & MALTE SEMMLER

Die Geowissenschaften im Allgemeinen und die Geologie im Besonderen, sind zunehmend datengetrieben. Die fortschreitende Digitalisierung in Verbindung mit neuen Methoden (z. B. Künstliche Intelligenz, Maschine Learning) bietet immer mehr Möglichkeiten im Umgang mit digitalen Forschungsdaten. Damit verbunden sind aber auch neue Erwartungen an die Datenurheber und Forschende. Dazu gehört in erster Linie die Forderung nach freier Zugänglichkeit, d. h. nach der Veröffentlichung aller Forschungsergebnisse, bei der Forschungsdatenrepositorien eine gute Unterstützung sein können.

Offene Wissenschaft - Hintergründe

Seit die G8-Wissenschaftsminister 2013 die *Open Data Charter* unterzeichnet und damit ein erstes deutliches Bekenntnis zu Open Science von ministerieller Seite abgegeben haben, wird weltweit verstärkt an Möglichkeiten und Richtlinien gearbeitet, die „mit Steuergeldern erhobenen“ Daten, auf denen wissenschaftliche Ergebnisse basieren, auch „dem Steuerzahlenden“ zur Verfügung zu stellen. Diese Forderung ist inzwischen unter dem Konzept der Datenveröffentlichung „so offen wie möglich, so geschlossen wie nötig“ (Council of the European Commission 2016) zu einem zentralen Bestandteil der Wissenschaftspolitik in Europa geworden. Mit der wissenschaftspolitischen Verankerung der FAIR-Prinzipien in der europäischen Forschungsförderung (European Commission 2018) gewinnt die Forderung nach der Veröffentlichung von Forschungsdaten weiter an Bedeutung und ist heute fester Bestandteil der Data Policies von Forschungsförderern, wissenschaftlichen Einrichtungen und Zeitschriften.

Die *FAIR-Prinzipien* für den Umgang mit Forschungsdaten wurden zum ersten Mal von WILKINSON et al. (2016) beschrieben. FAIR setzt sich aus Auffindbarkeit (Findable), Zugänglichkeit (Accessible), Interoperabilität (Interoperable) und Wiederverwendbarkeit (Reusable) zusammen und definiert damit in kompakter Form den adäquaten Umgang mit Forschungsdaten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Prinzipien darauf abzielen, die Weitergabe und Nachnutzung von Daten zu verbessern, um sowohl die Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen als auch die Verarbeitung

und ggf. Neuinterpretation der Daten durch Menschen und Maschinen (Computer) zu ermöglichen. Die FAIR-Prinzipien können auf die Daten selbst und auf die Daten, die sie beschreiben (deren Metadaten), angewendet werden. Metadaten sind der Schlüssel zur Umsetzung der FAIR-Prinzipien. Nur wenn beispielsweise die vollständige Provenienz eines verfügbaren Datensatzes in den Metadaten beschrieben ist, kann später abgeschätzt werden, welche Datensätze für welche Weiterverarbeitungsansätze geeignet sind.

Für die Geowissenschaften sind die beiden Selbstverpflichtungserklärungen der „*Coalition for Publishing Data in the Earth and Space Sciences*“ (COPDESS, <https://copdess.org/>) wegweisend für die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen. In beiden Selbstverpflichtungserklärungen haben sich, unter anderen, führende Wissenschaftsverlage (u. a. Springer Nature, Science, Elsevier, AGU, EGU) verpflichtet, die Bereitstellung und Veröffentlichung der Daten, die den in ihren Artikeln beschriebenen wissenschaftlichen Ergebnissen zugrunde liegen, zur Bedingung für die Veröffentlichung der Artikel zu machen. Dies soll nicht mehr in Form von Datensupplementen zu den Artikeln geschehen, sondern als eigenständige Datenpublikation, idealerweise über fachspezifische Forschungsdatenrepositorien, welche die FAIR-Prinzipien umsetzen. Die COPDESS-Erklärung betont zudem den Wert von Kuration durch Fachrepositorien und der Verknüpfung von Ressourcen mit Hilfe von Metadaten.

Im Unterschied zu institutionellen oder allgemeinen Repositorien, bieten *fachspezifische Repositorien* oft die Kuration von Daten und Metadaten durch Fachwissenschaftler an, welche die Forschenden bei der Publikation und Dokumentation ihrer Forschungsdaten unterstützen und sie anleiten. Der fachspezifische Fokus bietet zudem die Möglichkeit, spezifischere Metadatenmodelle zu nutzen als dies bei allgemeinen Repositorien möglich ist.

FID GEO – ein bibliotheksgetriebener Informationsdienst für die offene Wissenschaft

Der *Fachinformationsdienst Geowissenschaften (FID GEO, <https://fidgeo.de>)* ist ein bibliotheksgetragenes Ser-

viceprojekt, das mit seinem Dienstleistungsportfolio einen Beitrag zur Bewältigung der bestehenden Herausforderungen für Open Science leisten will. Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bietet der FID GEO verschiedene Dienstleistungen zur Veröffentlichung von Forschungsergebnissen und zur Unterstützung der geowissenschaftlichen Community in Deutschland an. Über das an der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen angesiedelte Fachrepositorium für Texte und geologische Karten GEO-LEOe-docs (<https://e-docs.geo-leo.de/>) können wissenschaftliche Beiträge in Form von Fachartikeln, Tagungsbänden usw. veröffentlicht werden. Die Digitalisierung und Veröffentlichung älterer Forschungsergebnisse und Publikationen wird hier explizit unterstützt. Die damit verbundenen Angebote werden in einem weiteren Beitrag näher vorgestellt (SEMMLER et al. dieser Band, S. 81–83). Forschungsdaten und wissenschaftlicher Software können über das assoziierte geowissenschaftliche Fachrepositorium GFZ Data Services am Deutschen GeoForschungsZentrum in Potsdam veröffentlicht werden. Weitere zentrale Dienstleistungen des FID GEO sind Beratungen und Schulungen, in denen vor allem vermittelt wird, wie Forschungsergebnisse optimal publiziert und verlinkt werden können.

GFZ Data Services – fachspezifisches Forschungsdaten-repositorium für die Geowissenschaften

Ziel dieses Beitrags ist es, das Angebot und die Möglichkeiten zitierfähiger Daten- und Softwarepublikationen vorzustellen und wichtige Zusammenhänge zu erläutern. Am Beispiel von GFZ Data Services soll gezeigt werden, wie das Zusammenspiel von Forschenden und Repositorien zur Veröffentlichung gut beschriebener und für Mensch und Maschine nachnutzbarer Forschungsdaten führen kann und wie darüber hinaus die Zusammenarbeit und der Austausch mit Geoportalen funktionieren kann.

GFZ Data Services ist das Fachrepositorium für geowissenschaftliche Daten am Deutschen GeoForschungs-Zentrum GFZ (<https://dataservices.gfz-potsdam.de/>). *Fachrepositorien* sind digitale Archive, die auf kuratierte Forschungsdaten (und/oder Software) aus bestimmten wissenschaftlichen Fachgebieten spezialisiert und beschränkt sind. Die veröffentlichten Objekte werden durch die Vergabe eines „Digital Object Identifier“ (DOI) zitierbar gemacht und mit standardisierten Metadaten angereichert. Metadaten enthalten einerseits bibliographische Informationen, die für die Zitation und Nachnutzung der Publikationen notwendig sind. Zum anderen wird die Auffindbarkeit der Daten durch weitere (fachspezifische) Metadaten, wie geographische Koordinaten, Beschreibung der Daten durch kontrollierte, geowissenschaftliche Vokabularien, unterstützt. Auch die Verlinkung der publizierten Daten mit zugehörigen wissenschaftlichen Artikeln oder anderen Datensätzen ist Teil dieser Metadaten. Über

GFZ Data Services (<https://dataservices.gfz-potsdam.de>) werden Daten, Datensammlungen, Datenprodukte und auch wissenschaftliche Software mit DOI veröffentlicht und durch umfangreiche Metadaten und standardisierte Datenbeschreibungen ergänzt. Der Fokus liegt zum einen auf dem sogenannten „Long Tail“ der Forschungsdaten (HEIDORN 2008), den vielen kleinen und sehr unterschiedlichen Datensätzen, die von einzelnen Forschenden oder kleineren Arbeitsgruppen erzeugt werden. Andererseits werden zunehmend Publikationsservices für internationale Projekte und Dienste entwickelt (z. B. für die World Stress Map, für das International Continental Scientific Drilling Programme ICDP, verschiedene internationale geodätische Services u. v. m.). Wie oft in fachspezifischen Repositorien, wird ein besonderer Wert auf beschreibende Metadaten gelegt. Die Verwendung von internationalen Metadatenstandards für Data Discovery (DataCite, ISO19115/INSPIRE) und die Verschlagwortung der Datensätzen mit Hilfe von kontrollierten linked-data Vokabularen der Geowissenschaften [z. B. von der NASA Global Change Master Directory (GCMD), der Commission for the Management and Application of Geoscience Information der International Union for Geological Sciences (IUGS CGI) oder auch der Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) Direktive] ermöglicht einerseits eine strukturierte Suche und erhöht andererseits die Auffindbarkeit der Daten. Die Metadaten werden über standardisierte Schnittstellen angeboten und die Implementierung von Schema.org erhöht zusätzlich die Auffindbarkeit unserer Datenpublikationen für Internet-Suchmaschinen, wie Google oder Google Dataset Search. Die Daten selbst werden unter offenen Lizenzen (z. B. Creative Commons) per Downloadlink oder Kontaktformular angeboten (siehe auch ELGER et al. 2018, PAMPEL & ELGER 2021).

Um Forschende bei der Erfassung von Metadaten und der Beschreibung bzw. Dokumentation ihrer Daten zu unterstützen, bietet GFZ Data Services eine Reihe von Werkzeugen an. Ein Online-Metadaten-Editor übersetzt die von den Forschenden eingegebenen Informationen in maschinenlesbare XML Metadaten (Abb. 1 links). Der Metadaten-Editor dient der möglichst umfassenden, fachspezifischen Beschreibung der zu veröffentlichenden Daten durch maschinenlesbare Metadaten, die von den Nutzern selbständig ausgefüllt werden. Im Metadaten-Editor sind zudem standardisierte und kontrollierte Fachvokabulare hinterlegt, die über ein Auswahlménü ausgewählt werden können. Die Erfassung der räumlichen Ausdehnung des Untersuchungsgebietes erfolgt über eine interaktive Karte (Abb. 1). Dies ist gleichzeitig eine wichtige Qualitätskontrolle der geographischen Koordinaten. Die im Metadaten-Editor aufgenommenen Metadaten werden direkt in die Datenbank des Repositoriums eingelesen und dort von Datenkuratoren geprüft. Um darüber hinaus die zusätzliche technische Beschreibung der Daten zu standardisieren und die Kunden bei deren Erstellung zu unterstützen, haben wir Datenbeschreibungstemplates entwickelt, die in kommentierter



Online-Metadaten-Editor

Datenbeschreibungstemplate

Abb. 1: Werkzeuge für eine gute Datenbeschreibung/-dokumentation bei GFZ Data Services.

Links: Ausschnitt aus dem Online-Metadaten-Editor zur Erfassung standardisierter, maschinenlesbarer Metadaten
Rechts: Auszug aus dem kommentierten Datenbeschreibungstemplate zur Erfassung zusätzlicher, umfassenderer und standardisierter technischer Datenbeschreibungen

und unkommentierter Version angeboten werden (Abb. 1 rechts). Die zusätzliche Datenbeschreibung ergänzt die im Metadaten-Editor erfassten Metadaten durch umfassende technische Datenbeschreibungen. Alternativ dazu, besonders für größere Projekte, können spezielle Datenreports mit DOI veröffentlicht werden. Die Templates helfen den Forschenden bei ihrer Datenbeschreibung und reduzieren gleichzeitig den Kurationsaufwand. Darüber hinaus bieten wir auf unserer Website umfangreiches Beratungsmaterial zu verschiedenen Aspekten rund um das Publizieren von Forschungsdaten und wissenschaftlicher Software an.

Als Partnerrepositorium des FID GEO bieten wir unseren Datenpublikations- und Kurationservice der gesamten geowissenschaftlichen Gemeinschaft aus Forschung und staatlichen Diensten/Landesämtern sowie weiteren Interessierten an.

Freie Zugänglichkeit von Forschungsergebnissen bedeutet für GFZ Data Services nicht nur Daten zu publizieren, sondern alle Komponenten von Forschungsergebnissen gemeinsam zu betrachten und miteinander zu verknüpfen. Dabei spielen global eindeutige, persistente Identifikatoren (PIDs) eine wichtige Rolle, da sie Objekte eindeutig identifizieren, über einen ausführbaren Link erreichbar sind und somit in maschinenlesbare Metadaten integriert werden

können. GFZ Data Services verwendet derzeit vor allem vier PIDs:

- (1) Digital Object Identifier (DOI, <https://doi.org>) für die zu publizierenden Objekte selbst, aber auch für Zitationen von Veröffentlichungen, Daten oder Software, die mit den veröffentlichten Objekten im Zusammenhang stehen.
- (2) Die Open Researcher and Contributor ID (ORCID, <https://orcid.org>), um Autoren und andere Beitragende Menschen eindeutig zu identifizieren.
- (3) Die noch relativ neue Research Organizations Registry ID (ROR, <https://ror.org>) für die Identifikation von Institutionen und
- (4) die International Generic Sample Number (IGSN, <https://igsn.org>), einen PID für physische Proben). Letzterer wird dafür genutzt, um die publizierten Daten mit den originären Proben digital zu verbinden.

Literatur:

COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMISSION (2016): The transition towards an Open Science system. – Council conclusions (adopted on 27/05/2016), <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9526-2016-INIT/en/pdf>, letzter Zugriff am 28. Februar 2024

ELGER, K., BERTELMANN, R., ULBRICHT, D., HABERLAND, C., LAUTERJUNG, J., & B. RADOSAVLJEVIC (2018): FAIR am GFZ. – *System Erde* **8**, S. 52–59, <https://doi.org/10.2312/gfz.syserde.08.01.8>

EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION (2018): Turning FAIR into reality: final report and action plan from the European Commission expert group on FAIR data. – <https://doi.org/10.2777/1524>

HEIDORN, B. P. (2008): Shedding Light on the Dark Data in the Long Tail of Science. – *Library Trends* **57**, 2, pp. 280–299, <https://doi.org/10.1353/lib.0.0036>

PAMPEL, H., & K. ELGER (2021): 5.6 Publikation und Zitierung von digitalen Forschungsdaten. – *Praxishandbuch Forschungsdatenmanagement*, S. 521–536, <https://doi.org/10.1515/9783110657807-028>

SEMMLER, M., ACHTERBERG, I., LORENZ, M. & K. ELGER (2024): Publikation geowissenschaftlicher Reihen auf GEO-LEOe-docs. – Vortrag 83. Jahrestagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen Bad Muskau, Brandenburg. *Geowiss. Beitr.* **31**, S. 81–83

WILKINSON, M., DUMONTIER, M., AALBERSBERG, I. et al (2016): The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. – *Sci Data* **3**, 160018, <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

Anschriften der Autoren:

Kirsten Elger
Melanie Lorenz
Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Wissenschaftspark Albert Einstein
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Malte Semmler
Inke Achterberg
Niedersächsische Staats- und
Universitätsbibliothek Göttingen
Platz der Göttinger Sieben
37073 Göttingen

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 81–83	1 Abb., 3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	----------------

Publikation geowissenschaftlicher Reihen auf GEO-LEOe-docs

MALTE SEMMLER, INKE ACHTERBERG, MELANIE LORENZ & KIRSTEN ELGER

Die fortschreitende Digitalisierung und der Wandel hin zu Open Science werden seit Jahren (wissenschafts-)politisch gefordert und gefördert und betreffen die gesamte geowissenschaftliche Gemeinschaft. Wissenschaftliche Ergebnisse sollen leicht auffindbar, nachvollziehbar, reproduzierbar und vor allem der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden. Die eindeutige und dauerhafte Zugänglichkeit und Nachnutzbarkeit von Publikationen und der ihnen zugrunde liegenden Forschungsdaten, Proben und wissenschaftliche Software stellen dabei eine der größten Herausforderungen sowohl für wissenschaftliche Einrichtungen als auch für staatliche Stellen dar.

Neben wissenschaftlichen Fachzeitschriften, die zum Teil von Fachgesellschaften herausgegeben werden, sind institutionelle Serien und Schriftenreihen von Landesämtern und Geoparks relevante Bestandteile der geowissenschaftlichen Publikationslandschaft. Diese werden zunehmend als PDF-Dokumente auf den eigenen Webseiten zur Verfügung gestellt. Diese Bereitstellung ist sehr zu begrüßen, aber aus bibliothekarischer Sicht nicht optimal. Die Auffindbarkeit dieser Publikationen ist nur eingeschränkt gegeben, da sie nicht in bibliothekarischen Katalogen und anderen Verzeichnissen nachgewiesen werden können. Eine Online-Publikation sollte einen DOI (*digital object identifier*) zugewiesen bekommen und in Routinen zur Langzeitarchivierung eingebunden sein. Die standardisierten Metadaten, die für eine Veröffentlichung mit DOI zur Verfügung stehen, bieten zudem die Möglichkeit, die Lizenz zur Nachnutzung in maschinenlesbarer Form mit anzugeben. Die ORCID-ID (Open Researcher and Contributor ID) ist ein eindeutiger und dauerhafter persönlicher Identifikator, der es Forscher*innen ermöglicht ihre Arbeit über verschiedene Institutionen, Disziplinen und Systeme hinweg nachzuweisen, ohne dass es zu Identitätsverwechslungen kommt (LORENZ et al. 2021). Darüber hinaus ist es wichtig, Nutzungsbedingungen klar zu formulieren, sodass die Nachnutzung der Werke gewährleistet und nicht zu stark eingeschränkt wird. Die Vergabe offener Lizenzen (z. B. Creative Commons) wird immer mehr zur Regel. DOI-referenzierte Publikationen sind in Artikeln wissenschaftlicher Fachzeitschriften zitierfähig und ermöglichen die Anerkennung der wissenschaftlichen Leistung durch Zitation.

Der Fachinformationsdienst Geowissenschaften (FID GEO) ist ein bibliothekstragenes Serviceprojekt, das mit seinem Dienstleistungsportfolio (Abb. 1) helfen will, die bestehenden Herausforderungen in der geowissenschaftlichen Publikationslandschaft zu bewältigen. Der FID GEO wird von einem Team aus Bibliothekar*innen, Datenpublikationsexpert*innen und Geowissenschaftler*innen des Deutschen GeoForschungszentrums GFZ und der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen realisiert. Als Teil eines bundesweiten Systems von Fachinformationsdiensten wird der FID GEO seit 2016 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. In dieser Zeit hat der FID GEO über 150 000 Seiten geowissenschaftlicher Fachliteratur digitalisiert und in seinem Fachrepositorium für Texte und thematische Karten GEO-LEOe-docs frei zugänglich gemacht. Mehr als 150 000 Mal wurden geowissenschaftliche Werke von GEO-LEOe-docs heruntergeladen.

In unserem Beitrag stellen wir das Serviceportfolio des FID GEO (Abb. 1) vor und gehen insbesondere auf das Digitalisierungsangebot für ältere, nur analog vorliegende Schriften und die unkomplizierte Möglichkeit der Publikation von Schriftenreihen mit DOI über unser Textrepositorium GEO-LEOe-docs ein. Die weiteren Angebote des FID GEO zur zitierfähigen Veröffentlichung von Forschungsdaten und wissenschaftlicher Software über das Repositorium GFZ Data Services werden in einem weiteren Beitrag vorgestellt (ELGER et al. dieser Band, S. 77–80).

Das **geowissenschaftliche Fachrepositorium GEO-LEOe-docs** (<https://e-docs.geo-leo.de>) bietet eine umfangreiche digitale Sammlung geowissenschaftlicher Werke, die unter **offenen Lizenzen** (Creative Commons) im **Open Access** online publiziert, langzeitarchiviert und mit DOI referenziert werden. Entsprechende **Metadaten** werden erstellt und in relevante Nachweissysteme wie Bibliothekskataloge und spezialisierte Online-Bibliotheken, wie GEO-LEO, die virtuelle Fachbibliothek der Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, eingespeist.

Dokumente, insbesondere wissenschaftliche Beiträge, können als Erst- oder Zweitpublikation auf GEO-LEOe-

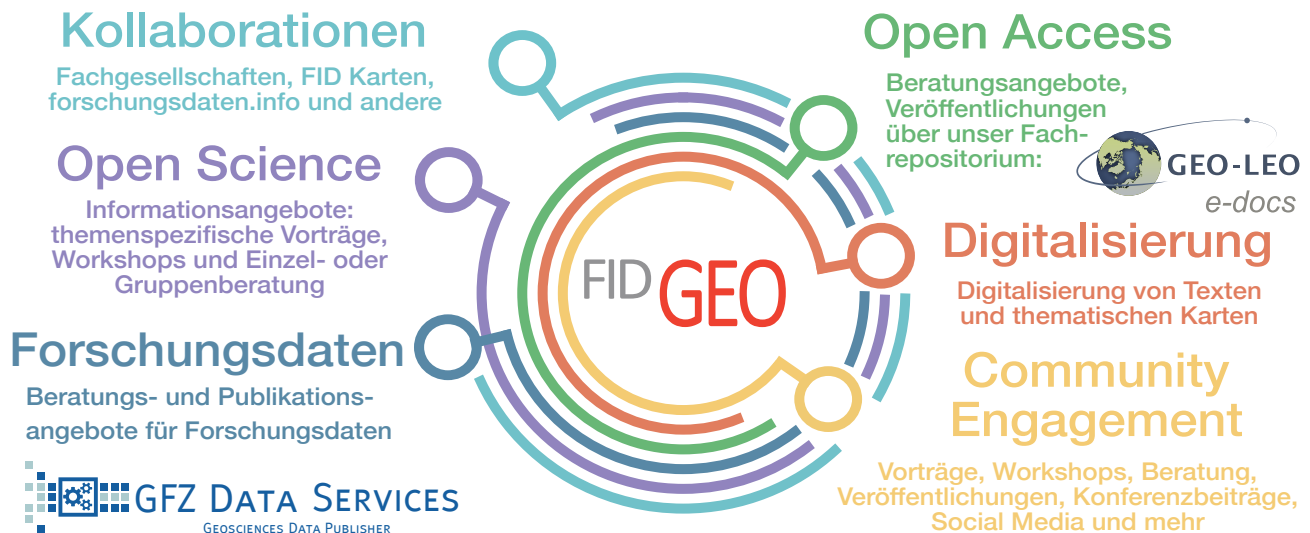


Abb. 1: Schematische Darstellung der Serviceangebote des Fachinformationsdienstes für Geowissenschaften

docs veröffentlicht werden. Voraussetzung für die Online-Veröffentlichung urheberrechtlich geschützter Werke ist die Einräumung von Nutzungsrechten, i. d. R. durch die Urheber*innen. Bei der Einstellung in das Repositorium wird die einfache Nutzung oder auch die Weiterverbreitung durch die Angabe offener Lizenzen geregelt. Die Nutzung offener Lizenzen stellt sicher, dass die Rechte zur Nachnutzung und weiteren Veröffentlichung bei den Autor*innen verbleiben. Ursprünglich im "Closed Access" erschienene Veröffentlichungen können über verschiedene Wege der **Zweitveröffentlichung** (auch als Self-Archiving oder **Green-Open-Access** bekannt) nachträglich auf GEO-LEOe-docs rechtssicher frei zugänglich gemacht werden. Zum einen erlauben die Regelungen der jeweiligen Verlage oft selbst eine Zweitveröffentlichung. Diese können (auch für einzelne Journale) einfach und schnell über Sherpa/Romeo (<https://2.sherpa.ac.uk/romeo/>) recherchiert werden. Zum anderen gibt es in Deutschland das gesetzliche Zweitveröffentlichungsrecht (ERNST, PFURR & SEMMLER 2021).

Über das Repositorium-eigene **Online-Submission-System** ist es allen Nutzern möglich, auch eigene Werke einzustellen. Bei der Einstellung können bestehende Themenbereiche oder Sammlungen ausgewählt werden, es können aber auch „eigene“ Themenbereiche oder Sammlungen für Fachkonferenzen oder einzelne Zeitschriften angelegt werden. So kann der Bereich „Konferenzen“ von Konferenzveranstaltern für Publikationen genutzt werden, um Tagungsbände, Exkursionsführer, Poster und Präsentationen dauerhaft in zitierfähiger Form zur Verfügung zu stellen. In diesem Bereich sind u. a. die Posterbeiträge der letzten Jahrestagungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG), der Fachkonferenzen der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft (DMG) und der Deutschen Geologischen Gesellschaft – Geologischen Vereinigung (DGGV) GeoMinKöln 2022 und GeoBerlin 2023 zu finden.

Ein besonderes Anliegen des FID GEO sind schwer zugängliche geowissenschaftliche Werke. Dies betrifft insbesondere solche, die nur in gedruckter Form vorliegen. Dem wird durch Retrodigitalisierung und der anschließenden Online-Publikation im Open Access begegnet. So machte der FID GEO beispielsweise die Zeitschrift für Geophysik (vollständig, ab Jahrgang 1924) auf GEO-LEOe-docs frei zugänglich. Zunehmend nutzen Fachgesellschaften, Institute und Landesämter das Angebot, elektronisch auf GEO-LEOe-docs zu publizieren. Zum Teil handelt es sich auch hierbei um Reihen, die bisher nur in gedruckter Form vorlagen und deren Veröffentlichung mit der Digitalisierung älterer Jahrgänge durch den FID GEO einhergeht. Im Sammlungsbereich „Institutionelle Serien und Zeitschriften“ erscheinen mehrere Schriftenreihen regelmäßig als digitale Erstveröffentlichung auf GEO-LEOe-docs. Zu den fortlaufenden Netzpublikationen, die ebenfalls auf GEO-LEOe-docs publiziert werden, zählen u. a. die *Roten Blätter*, dem Mitteilungsorgan der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, die *Mainzer Geowissenschaftlichen Mitteilungen* des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, die Schriftenreihe *Gaussiana* des UNESCO Global Geopark Harz und die *Geologischen Blätter* des GeoZentrums Nordbayern.

Literatur:

- ELGER, K., LORENZ, M., ACHTERBERG, I. & M. SEMMLER (2024): FID GEO Services: Daten und Softwarepublikationen mit GFZ Data Services. – Vortrag 83. Jahrestagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen Bad Muskau, Brandenb. Geowiss. Beitr. **31**, S. 77–80
- ERNST, M., PFURR, N. & M. SEMMLER (2021): FID GEO aktuell: Zweitveröffentlichung von geowissenschaftlichen Verlagspublikationen. – Geowissenschaftliche Mittei-

lungen GMIT **84**, S. 25–27, <https://doi.org/10.23689/fid-geo-5308>

LORENZ, M., ELGER, K., MEISTRING, M. ACHTERBERG, I., SEMMLER, M. & N. PFURR (2022): FID GEO aktuell: Nutzungsempfehlung zur ORCID ID. – Geowissenschaftliche Mitteilungen GMIT **87**, 30–21, <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5386>

Anschriften der Autoren:

Malte Semmler
Inke Achterberg
Niedersächsische Staats- und
Universitätsbibliothek Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

Melanie Lorenz
Kirsten Elger
Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Wissenschaftspark Albert Einstein
Telegrafenberg
14473 Potsdam

*Naturerlebnis:
Reuthener Moor im
Muskauer Faltenbogen
([https://urlaubsreich.de/touren/
wanderung-durch-die-geisterland-
schaft-zum-reuthener-moor/](https://urlaubsreich.de/touren/wanderung-durch-die-geisterlandschaft-zum-reuthener-moor/))
(Foto: LBGR)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 85–92	3 Abb., 28 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	-----------------

Das Norddeutsche Becken als Teil des Zentraleuropäischen Beckensystems (CEBS): strukturelle Entwicklung und thermisches Feld

MAGDALENA SCHECK-WENDEROTH

1 Einleitung

Das Zentraleuropäische Beckensystem (Central European Basin System CEBS; Abb. 1) erstreckt sich von der südlichen Nordsee bis Polen und ist ein Gebiet mit einer außergewöhnlich guten Abdeckung an geologischen und geophysikalischen Daten, die sowohl aus der Kohlenwasserstoffexploration als auch von wissenschaftlichen Forschungsprogrammen stammen. Der öffentlich zugängliche Teil dieser Daten wurde genutzt, um ein regionales, lithosphärenskaliges 3D-Strukturmodell zu erstellen (MAYSTRENKO & SCHECK-WENDEROTH 2013; SCHECK-WENDEROTH & MAYSTRENKO 2013; MAYSTRENKO, BAYER & SCHECK-WENDEROTH 2013). Dafür wurden iterative Workflows entwickelt, um geologische Beobachtungen, wie z. B. Bohrlochmessungen, seismologische, seismische und Schwerfelddaten, in ein konsistentes dreidimensionales geologisches Strukturmodell zu integrieren. Eine Schlüsselmethode in diesem Datenintegrationsprozess ist die 3D-Schweremodellierung (ANIKIEV et al. 2023). Dabei werden Dichten von seismischen Geschwindigkeiten in Tiefenprofilen oder seismischen Tomographiestudien abgeleitet und die aus der Dichteverteilung resultierende Schwerewirkung berechnet. In einem iterativen Prozess wird die berechnete Schwere an die Beobachtungsdaten angepasst. Das ermöglicht uns, selbst die tiefsten Krusten- und Manteltiefen zu erforschen. Das so erstellte 3D-Modell ist in zweierlei Hinsicht nützlich: Erstens bildet die Mächtigkeitsverteilung der erhaltenen geologischen Einheiten die mehr als 300 Millionen Jahre währende Absenkungsgeschichte und die damit verbundenen Deformationsphasen ab. Zweitens kann das Modell als Grundlage für die Simulation von Wärme- und Fluidtransportprozessen im Untergrund verwendet werden, um z. B. das heutige tiefe Temperaturfeld zu berechnen. Die hier dargestellte Zusammenfassung mehrerer Arbeiten der letzten Jahre setzt die tiefe Struktur in Beziehung zur Entwicklung und zum heutigen tiefen Temperaturfeld.

3D-Struktur und Subsidenzgeschichte

Das Modell integriert die präkambrische Lithosphäre Balticas im Nordosten (Abb. 1c), die entlang der Teisseyre-

Tornquist-Zone an eine Lithosphäre mit kaledonischem (East-Avalonia + Laurentia) und variszischem Konsolidierungsalter (Rhenoherynikum + Saxothuringikum) unterhalb des größten Teils des CEBS anschließt. Mehr als 15 km mächtige permische bis känozoische Ablagerungen (Abb. 1d), einschließlich zahlreicher Salzstrukturen, liegen über einer älteren Abfolge präpermerischer Ablagerungen (Abb. 1e). Die permische bis känozoische Beckenfüllung weist eine komplexe geologische Struktur auf. Sie erreicht ihre maximale Mächtigkeit unter den tiefsten Teilen des Glückstadt Grabens im Zentrum des Beckens und nimmt zu den südlichen und nördlichen Rändern des Beckens hin ab, wo die kristalline Kruste nahe der Oberfläche liegt (MAYSTRENKO, BAYER & SCHECK-WENDEROTH 2013). Der strukturelle Aufbau des Postperms im CEBS wird weitgehend durch das mächtige, postsedimentär mobilisierte Zechsteinsalz (Abb. 2d) bestimmt, das die mesozoischen und känozoischen Abfolgen des Suprasalzes mechanisch und hydraulisch von den Einheiten unterhalb des Zechsteinsalzes entkoppelt. Das CEBS ist einer der besten Orte der Welt, um Salztektunik zu untersuchen. Es bietet nicht nur die gesamte Bandbreite an Salzstrukturen, die sich während einer mehrphasigen tektonischen Geschichte gebildet haben, sondern ist auch der Ort, an dem viele Konzepte der halokinetischen Deformation erstmals beschrieben wurden. Rekonstruktionen der Salzbewegungen zeigen, dass das Gebiet, in dem heute Salz beobachtet wird, auch in etwa dem Gebiet entspricht, in dem das Zechsteinsalz im späten Perm initial abgelagert wurde (Abb. 2c). Die Geometrie der rekonstruierten Salzmächtigkeit (Abb. 2d), die Verteilung der Randkarbonate sowie die Mächtigkeit und Faziesverteilung des unterlagernden Rotliegend (Abb. 2b) deuten darauf hin, dass nach den magmatischen Ereignissen des Permokarbons (Abb. 2a) zwei WNW-ESE-orientierte Teilbecken während der Rotliegend- und Zechsteinzeit (Abb. 2a) in einer Phase thermischer Subsidenz absanken. Diese so genannten „Nördlichen und Südlichen Perm-Becken“ waren durch das Mittlere-Nordsee-Ringkøbing-Fynen-Hoch strukturell getrennt und dieses Strukturhoch blieb fast durch das gesamte Mesozoikum bestehen. Die ursprüngliche horizontale Konfiguration des Salzes ist jedoch nur in sehr begrenzten Bereichen erhalten, da die postsedimentäre Mobilisierung des Zechsteinsalzes seit

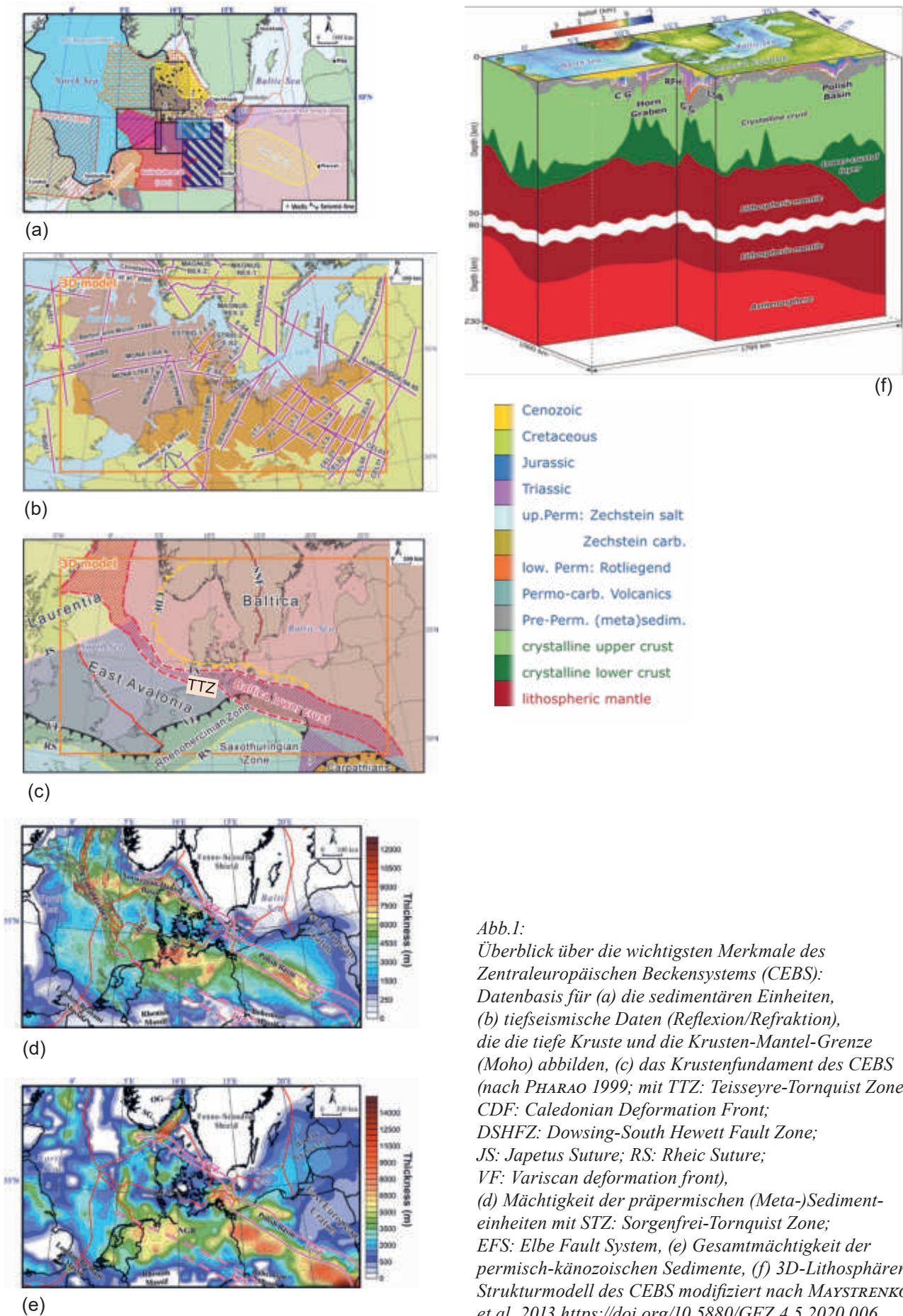


Abb.1:

Überblick über die wichtigsten Merkmale des Zentraleuropäischen Beckensystems (CEBS): Datenbasis für (a) die sedimentären Einheiten, (b) tiefseismische Daten (Reflexion/Refraktion), die die tiefe Kruste und die Krusten-Mantel-Grenze (Moho) abbilden, (c) das Krustenfundament des CEBS (nach PHARAO 1999; mit TTZ: Teisseyre-Tornquist Zone; CDF: Caledonian Deformation Front; DSHFZ: Dowsing-South Hewett Fault Zone; JS: Japetus Suture; RS: Rheic Suture; VF: Variscan deformation front), (d) Mächtigkeit der präpermischen (Meta-)Sediment-einheiten mit STZ: Sorgenfrei-Tornquist Zone; EFS: Elbe Fault System, (e) Gesamtmächtigkeit der permisch-känozoischen Sedimente, (f) 3D-Lithosphären-Strukturmodell des CEBS modifiziert nach MAYSTRENKO et al. 2013 <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.5.2020.006>

der mittleren Trias zu der heute beobachteten komplexen Mächtigkeitsverteilung des Salzes (Abb. 2d) führte. Diese heutige Verteilung zeigt, dass die Achsen der Salzstrukturen weitgehend einem Hauptmuster folgen, das von zwei Hauptrichtungen dominiert wird – N-S und NW-SE (SCHECK-WENDEROTH et al. 2008b). Die Familie der grob N-S-orientierten Salzstrukturen ist auf die zentralen Teile des CEBS beschränkt und diese Salzstrukturen verlaufen parallel zu den Rändern großer Gräben wie dem Glückstadt Graben, dem Horn Graben und dem Central Graben. Letztere bildeten sich während der Differenzierung der früheren, WNW-ESE-orientierten Perm-Becken in eine Reihe von NNE-SSW-gerichteten Teilbecken ab der mittleren Trias bis zum frühen Jura. Entsprechend bildet sich diese Differenzierung in der triassischen Mächtigkeitsverteilung ab (Abb. 2e) und weist auf eine E-W-gerichtete Extension hin. Die lokalisierte Subsidenz in den N-S-Gräben, die von Salzmobilisierung begleitet wurde, ist besonders deutlich in seismischen Profilen, z. B. durch den Glückstadt Graben erkennbar (Abb. 2i, Lage in Abb. 2d).

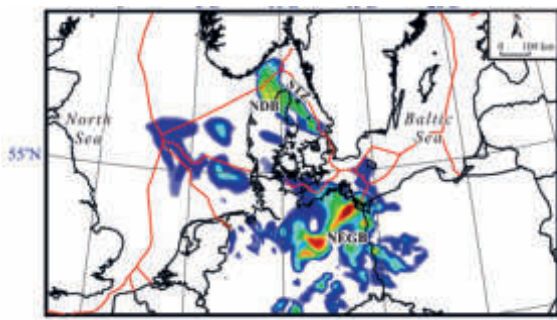
Salzstrukturen mit NW-SE gerichteten Achsen sind parallel zur Teisseyre-Tornquist Zone (TTZ) entlang der invertierten Mittelpolnischen Schwelle (KRZYWIEC 2006a, b) und ebenso parallel zu den invertierten Beckenrändern des CEBS, entlang der Sorgenfrei-Tornquist-Zone (STZ) im Norden und des Elbe Störungssystems (EFS) im Süden (MAZUR, SCHECK-WENDEROTH & KRZYWIEC 2005). Diese NW-SE verlaufenden Salzstrukturen haben sich über Grundgebirgsverwerfungen entwickelt, die bereits vor der Salzablagerung entstanden sind. Dass diese Strukturelemente im späten Jura reaktiviert wurden, zeigt die jurassische Mächtigkeitsverteilung, die NW-SE gerichtete Teilbecken abbildet, die auch noch in der Unterkreide weiter absanken. Während der anschließenden Beckeninversion in der späten Kreide spielte NW-SE-Richtung erneut eine Schlüsselrolle. Das zeigt sich auch in NW-SE-orientierten Maxima/Minima in der Mächtigkeitsverteilung der Kreide (Abb. 2g). Seismische Daten und 3D-Rekonstruktionen der Salzbewegungen haben gezeigt, dass die Salzbewegungen als Reaktion auf Veränderungen in der regionalen Tektonik stattfanden: Der Beginn der Salzbewegungen erfolgte zeitgleich mit der triassischen E-W-Extension, die zur Bildung der großen N-S-Gräben des CEBS und zu lokal beschleunigter Subsidenz im Norwegisch-Dänischen Becken und im Polnischen Becken führten. Vom späten Jura bis in die frühe Kreide traten die stärksten Salzbewegungen innerhalb des Zentralgrabens, des Niedersächsischen Beckens, des Pompeckj-Blocks und des Subherzynen Beckens auf, die als transtensionale Becken initiiert wurden. Die Intensität der spätjurassisch-frühkreidezeitlichen Salztektonik nimmt von den Randgebieten des CEBS in Richtung des Horngrabens, des Glückstadt Grabens und der angrenzenden Gebiete deutlich ab. Die späte Kreide ist zunächst durch tektonische Ruhe ohne starke Salzbewegungen im gesamten Untersuchungsgebiet gekennzeichnet, was sich durch konstante Mächtigkeiten der Oberkreide abbildet (Abb. 2i). Die nächste regionale Phase der Salzbewegungen wurde durch

die Inversionstektonik der späten Kreidezeit und des frühen Känozoikums ausgelöst, die fast das gesamte mitteleuropäische Beckensystem in Form von erneuten Salzbewegungen betraf. Kretazische Inversionstektonik bevorzugt die NW-SE-Richtung und weist auf eine NNE-SSW-gerichtete Kompression hin. Diese hat das Grundgebirge nur entlang des NW-SE streichenden Elbe-Störungssystems und der Tornquist-Zone erfasst, wo auch die stärkste kompressive Deformation vorliegt. Im Gegensatz dazu war im größten Teil des Norddeutschen Beckens ein „thin-skinned“ Charakter der Salzbewegungen vorherrschend. Abschließend haben Salzbewegungen auch die känozoische Subsidenz (Abb. 2h) begleitet und wieder zur Bildung überwiegend N-S gerichteter Randsenken geführt, die auf eine erneute E-W gerichtete Dehnung hinweisen. Besonders ausgeprägt sind diese N-S-gerichteten Salzrandsenken z. B. in den Außenbereichen des Glückstadt Grabens (Abb. 2i).

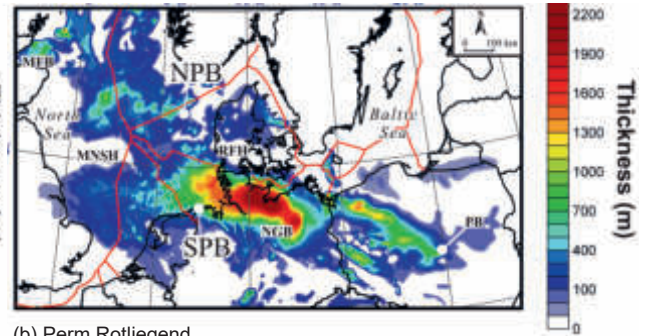
Das im Laufe dieser unterschiedlichen Phasen mobilisierte Salz bildet heute eine große Bandbreite an Salzstrukturen (z. B. Diapire, Kissen, Salzwände), die das sedimentäre Deckgebirge verbiegen oder durchstoßen und lokal fast die Oberfläche erreichen (SCHECK-WENDEROTH et al. 2008a, b).

Das tiefe thermische Feld des CEBS

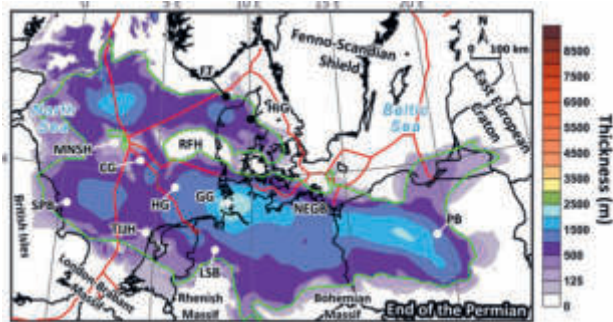
Zur Berechnung des thermischen Feldes lösen wir die Differentialgleichungen, die die gekoppelten thermisch-hydraulisch-mechanischen Prozesse beschreiben, mit einer 3-D-Finite-Elemente-Methode unter Verwendung des Open-Source-Codes GOLEM (JACQUEY & CACACE 2017; CACACE & JACQUEY 2017). Dabei bietet das CEBS ein interessantes natürliches Labor um zu testen, wie die im Untergrund vorliegenden lithologischen Heterogenitäten das tiefe Temperaturfeld beeinflussen. Generell sind dabei Einflüsse auf das Wärmebudget und Einflüsse auf den Wärmetransport zu unterscheiden. Das Wärmebudget umfasst zum einen die Wärme aus der tiefen Erde und zum anderen die in der Lithosphäre generierte radiogene Wärme. Die Wärme aus der tiefen Erde kann z. B. mit der Tiefenlage der thermischen Lithosphären-Asthenosphären-Grenze (LAB) beschrieben werden, die ungefähr der Isotherme von 1300 °C entspricht (HIRSCHMANN 2000) und den durchschnittlichen geothermischen Gradienten der Lithosphäre definiert. Unter dem CEBS steigt die LAB von mehr als 200 km Tiefe in präkambrischen Bereichen im Nordosten auf etwa 80 km unter der südlichen Nordsee an (Abb. 1f; für weitere Details siehe SCHECK-WENDEROTH et al. 2014). Der zweite Faktor ist die radiogene Wärmeproduktion – hier trägt insbesondere die felsische kristalline Oberkruste entscheidend bei. Der Wärmetransport ist zum einen abhängig von der thermischen Leitfähigkeit der geologischen Einheiten und zum anderen von deren Durchlässigkeit, da letztere den gekoppelten Wärmetransport durch zirkulierende Fluide, den konvektiven Wärmetransport, steuert. Auf der Skala der Lithosphäre ist konduktiver Wärmetransport der dominierende Faktor und vor allem von der thermischen Leitfähigkeit



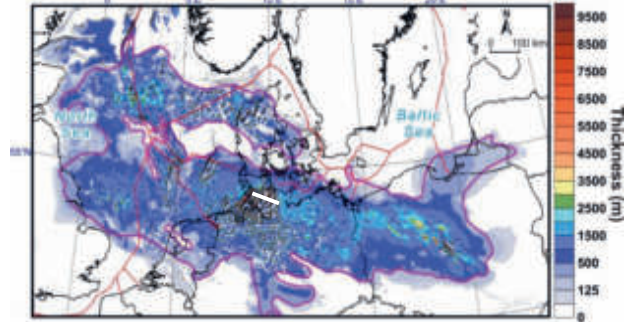
(a) Permokarbone Vulkanite



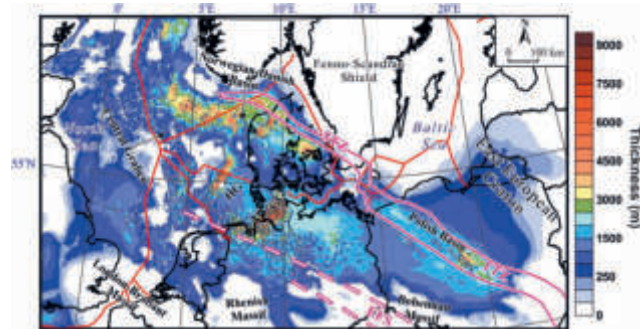
(b) Perm Rotliegend



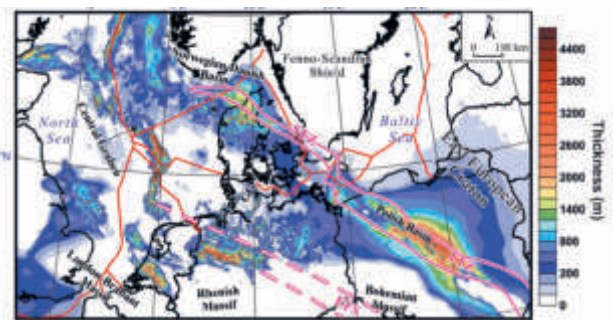
(c) Perm Zechstein: initiale Mächtigkeit



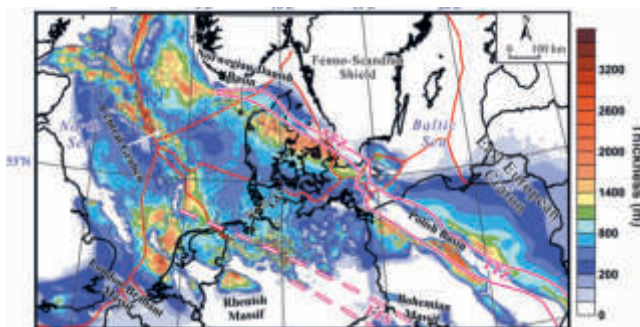
(d) Zechstein: heutige Mächtigkeit



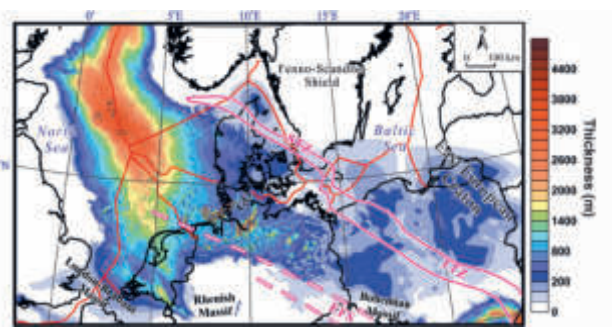
(e) Trias



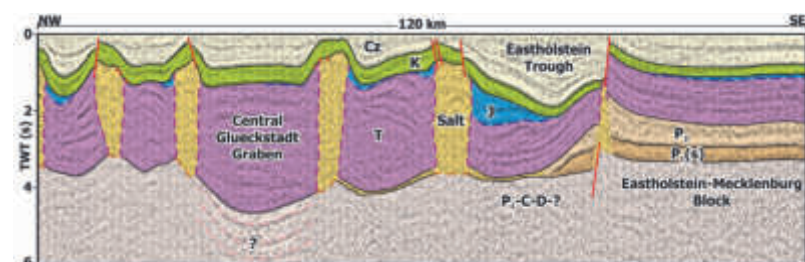
(f) Jura



(g) Kreide



(h) Känozoikum



(i)

Abb. 2:

Mächtigkeiten der im lithosphärenskaligen 3D-Modell des CEBS aufgelösten Sedimenteinheiten und seismisches Schlüsselprofil. Lage durch den Glückstadt Graben als weiße Linie in heutiger Mächtigkeitsverteilung des Zechstein-Salzes (d).

(i) CG: Central Graben; FT: Fjerritslev Trough; GG: Glückstadt Graben; HG: Horn Graben; HiG: Himmerland Graben; LSB: Lower Saxony Basin; MNSH: Mid North Sea High; NEGB: Northeast German Basin; PB: Polish Basin; RFH: Ringkøbing-Fyn High; SPB: Sole Pit Basin (verändert nach MAYSTRENKO et al. 2013, SCHECK-WENDEROTH et al. 2008a).

higkeit der geologischen Einheiten abhängig. Dabei leiten klastische, wenig kompaktierte Sedimente Wärme am wenigsten gut, kristalline Gesteine hingegen deutlich besser. Steinsalz ist doppelt bis dreimal leitfähiger als andere Gesteine.

Da die lokale Temperatur das überlagerte Ergebnis all dieser Effekte ist, variiert die Tiefe der 100° C-Isotherme (Abb. 3a) und auch die Temperaturverteilung in einer bestimmten Tiefe (Abb. 3b, c) unter dem CEBS erheblich. Dieses mit gemessenen Temperaturen konsistente Modell des konduktiven thermischen Felds (SCHECK-WENDEROTH & MAYSTRENKO 2013) zeigt, dass sich die kältesten Bereiche an den Beckenrändern befinden, wo leitfähige kristalline Gesteine nahe der Oberfläche liegen, so dass die Wärme effizient entweichen kann. Der Nordost-Rand wird außerdem von einer dicken Lithosphäre unterlagert und ist daher durch einen geringeren durchschnittlichen Temperaturgradienten gekennzeichnet. Im Beckenbereich führen die isolierenden Sedimente zu einem Wärmestau und damit zu höheren Temperaturen im Vergleich zu den Beckenrändern. Dieses allgemeine Muster wird zusätzlich durch den Kamineffekt der thermisch sehr gut leitenden Salzstrukturen überlagert, der zu kurzweiligen Temperaturvariationen und sogar mit der Tiefe alternierenden thermischen Anomalien führt. Je nachdem, ob eine ausreichend dicke Abdeckung aus porösen und damit isolierenden Sedimenten vorhanden ist, oder ob die Salzstruktur die Oberfläche erreicht, und damit die Wärme relativ ungehindert abfließen kann, können solche Salzstrukturen positive bzw. negative thermische Anomalien verursachen (Abb. 3f).

Im Bereich der Sedimentfüllung wird der konduktive Wärmetransport von konvektiven Prozessen überlagert. So werden Wärme und gelöste Stoffe auch durch zirkulierende Porenfluide transportiert. Deshalb ist die hydraulische Durchlässigkeit der geologischen Einheiten ein weiteres, für den Wärmetransport im Untergrund wichtiges Element. Generell liegen im CEBS vier verschiedene Grundwasserkomplexe vor, die durch Grundwasserstauer getrennt werden (u. a. FRICK et al. 2022). Von oben nach unten sind das:

- (1) Das Trinkwasserstockwerk, das mehrere quartäre Aquifere umfasst und durch den undurchlässigen tertiären Rupelton von den tieferen, salzhaltigen Grundwasserstockwerken getrennt wird.
- (2) Unter dem Rupelton folgt ein zweites komplexes Grundwasserstockwerk, das unterschiedlich salzhaltige Fluide in den Schichten bis zum teilweise undurchlässigen triassischen Muschelkalk umfasst. Letzterer trennt das spätmesozoische Grundwasserstockwerk vom
- (3) Grundwasserleiter des triassischen Buntsandsteins, der nach unten durch das undurchlässige Zechsteinsalz begrenzt wird. Unterhalb des Zechsteinsalzes folgen schließlich
- (4) die Präzechstein-Reservoirs des Rotliegenden und der permokarbonen Vulkanite.

Alle prätertiären Aquifersysteme sind potentielle Ziele für die tiefe geothermische Nutzung in Norddeutschland. Eine sichere und nachhaltige Nutzung erfordert, das Zusammenspiel der verschiedenen Wärmetransportmechanismen zu berücksichtigen. Gekoppelte Prozesssimulationen sind hierzu ein praktisches Instrument. Thermohydraulische Modelle, die den oberen, durchlässigen Teil des Systems betrachten, nutzen thermische Anfangs- und Randbedingungen aus den lithosphärenskaligen 3D-konduktiven Simulationen. Ergebnisse dazu sind für verschiedene Teilregionen Brandenburgs (NOACK et al. 2013; TSYPIN 2024) und Berlins (SIPPEL et al. 2013; FRICK et al. 2015; FRICK et al. 2022) verfügbar und überwiegend frei zugänglich. Auch wurden mehrere regionale Modelle in ein konsistentes 3D-Modell der gesamten Lithosphäre Deutschlands („3-D-Deutschland“) integriert (ANIKIEV et al. 2019a, b) und kürzlich auch zur Entwicklung eines datenkalibrierten geomechanischen Modells für Untersuchungen des 3D-Krustenspannungszustandes von Deutschland verwendet (AHLERS et al. 2021). Das Spannungsfeld ist relevant, wenn das mögliche Auftreten induzierter Seismizität durch die geothermische Nutzung vermieden werden soll. Jüngste Softwareentwicklungen implementieren deshalb zusätzlich auch thermo-poroelastische Kopplung, um das mögliche Auftreten mikro-seismischer Ereignisse zu simulieren (CACACE, HOFMANN & SHAPIRO 2021; HUTKA et al. 2023; JACQUEY et al. 2018).

2 Schlussfolgerungen

Die Kombination aus datengestützter Strukturmodellierung und Prozesssimulationen ist für die Nutzung des geologischen Untergrunds von entscheidender Bedeutung, da sie dazu beiträgt,

- (1) die lithologische und die damit verbundene petrophysikalische Heterogenität zu berücksichtigen,
- (2) Temperaturanomalien und ihre Ursachen vorherzusagen,
- (3) den Einfluss unterschiedlicher Faktoren zu quantifizieren und

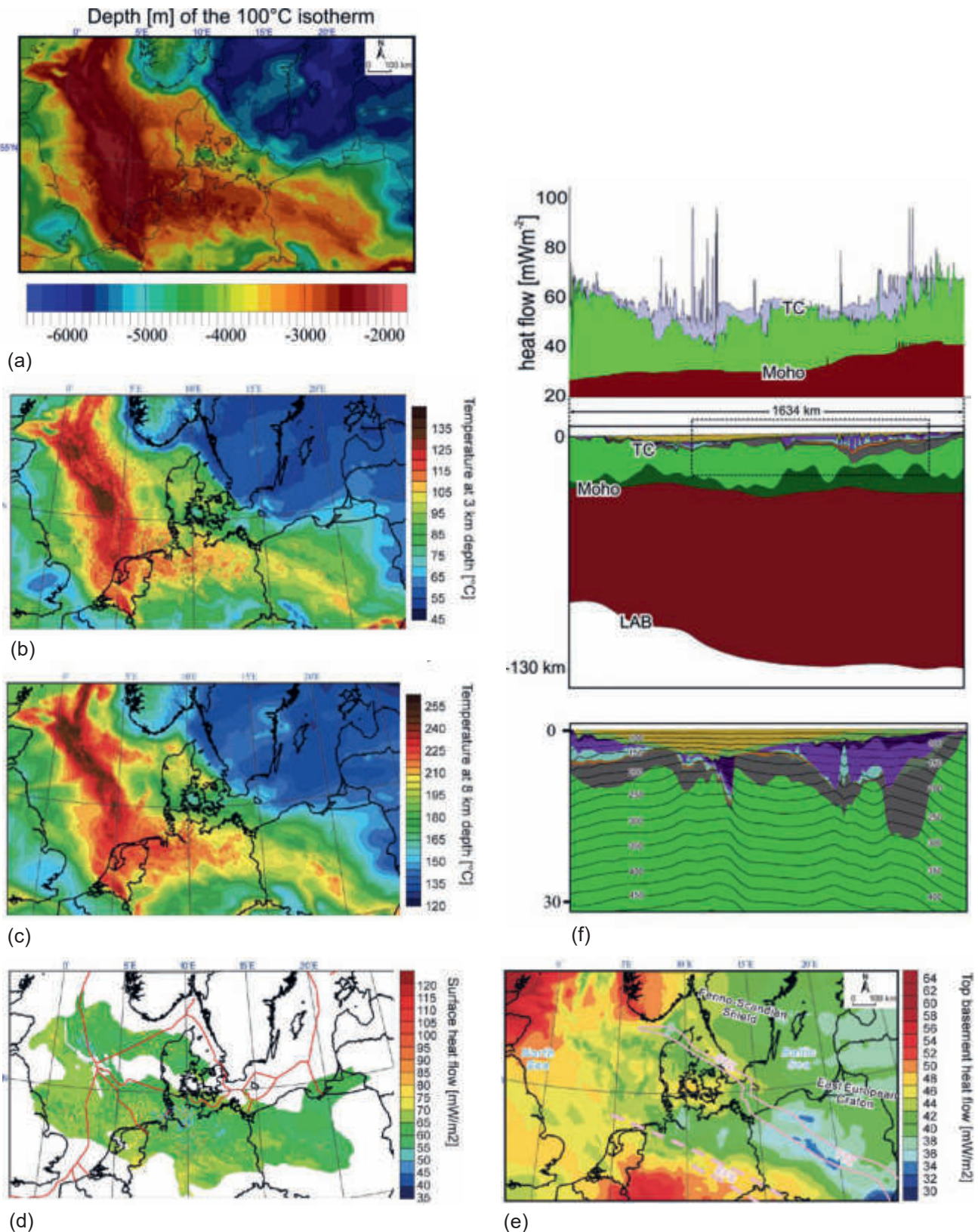


Abb. 3: (a) Tiefe bis zur 100° C-Isotherme, modellierte Temperatur in (b) 3 km Tiefe und (c) 8 km Tiefe; (d) vorher-gesagter Wärmefluss an der Oberfläche; (e) Wärmefluss an der Oberfläche des kristallinen Grundgebirges; (f) Querschnitt durch das Modell, der zeigt, dass der Wärmefluss an der Oberfläche je nach Krustenstruktur und dem Vorhandensein von isolierenden Sedimenten unterschiedliche Ursachen haben kann, wie in den Strukturprofilen und den zugehörigen Isothermen zu sehen ist. Die Wärmestromspitzen entsprechen lokalen Salzstrukturen (modifiziert nach SCHECK-WENDEROTH et al.2014; SCHECK-WENDEROTH & MAYSTRENKO 2013)

- (4) stationäre bzw. instationäre Systeme zu analysieren, wobei letztere aus Prozessen auf geologischen Zeitskalen wie Rifting oder Eiszeiten (z. B. FRICK et al. 2022) und menschlichen Zeitskalen wie der geothermischen Nutzung resultieren können.

Literatur:

- AHLERS, S., HENK, A., HERGERT, T., REITER, K., MÜLLER, B., RÖCKEL, L., HEIDBACH, O., MORAWIETZ, S., SCHECK-WENDEROTH, M. & D. ANIKIEV, D. (2021): 3D crustal stress state of Germany according to a data-calibrated geomechanical model. – *Solid Earth* **12**, 8, S. 1777–1799, <https://doi.org/10.5194/se-12-1777-2021>
- ANIKIEV, D., GÖTZE, H.-J., PLONKA, C., SCHECK-WENDEROTH, M. & S. SCHMIDT (2023): IGMAS+: Interactive Gravity and Magnetic Application System, <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.5.IGMAS>
- ANIKIEV, D., LECHER, A., GOMEZ DACAL, M. L., BOTT [SIPPEL], J., CACACE, M. & M. SCHECK-WENDEROTH (2019a): A three-dimensional lithospheric-scale thermal model of Germany. – *Advances in Geosciences* **49**, S. 225–234, <https://doi.org/10.5194/adgeo-49-225-2019>
- ANIKIEV, D., LECHER, A., GOMEZ DACAL, M. L., BOTT [SIPPEL], J., CACACE, M. & M. SCHECK-WENDEROTH (2019b): 3-D-Deutschland (3-D-D): a three-dimensional lithospheric-scale thermal model of Germany. – *GFZ Data Services*, <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.5.2019.005>
- ANIKIEV, D., GÖTZE, H.-J., PLONKA, C., SCHECK-WENDEROTH, M. & S. SCHMIDT (2023): IGMAS+: Interactive Gravity and Magnetic Application System, <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.5.IGMAS>
- CACACE, M. & A. B. JACQUEY (2017): Flexible parallel implicit modelling of coupled thermal–hydraulic–mechanical processes in fractured rocks. – *Solid Earth* **8**, S. 921–941, <https://doi.org/10.5194/se-8-921-2017>
- CACACE, M., HOFMANN, H. & S. SHAPIRO (2021): Projecting seismicity induced by complex alterations of underground stresses with applications to geothermal systems. – *Scientific Reports* **11**, 23560, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02857-0>
- FRICK, M., SCHECK-WENDEROTH, M., SIPPEL, J. & M. CACACE (2015): Sensitivity of a 3D Geothermal Model of Berlin with Respect to Upper Boundary Conditions. – *Energy Procedia* **76**, S. 291–300, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.864>
- FRICK, M., CACACE, M., KLEMMANN, V., TARASOV, L. & M. SCHECK-WENDEROTH (2022): Hydrogeologic and Thermal Effects of Glaciations on the Intracontinental Basins in Central and Northern Europe. – *Frontiers in Water* **4**, 818469, <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.818469>
- HIRSCHMANN, M. M. (2000): Mantle solidus: Experimental constraints and the effects of peridotite composition. – *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **1**, 10, 1042, <https://doi.org/10.1029/2000GC000070>
- HUTKA, G., CACACE, M., HOFMANN, H., ZANG, A., WANG, L. & Y. JI (2023): Numerical investigation of the effect of fluid pressurization rate on laboratory-scale injection-induced fault slip. – *Scientific Reports* **13**, 4437, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30866-8>
- JACQUEY, A. B. & M. CACACE (2017): GOLEM, a MOOSE-based application v1.0, <https://doi.org/10.5281/zenodo.999400>
- JACQUEY, A. B., URPI, L., CACACE, M., BLÖCHER, G., ZIMMERMANN, G. & M. SCHECK-WENDEROTH (2018): Far field poroelastic response of geothermal reservoirs to hydraulic stimulation treatment: Theory and application at the Groß Schönebeck geothermal research facility. – *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* **110**, S. 316–327, <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2018.08.012>
- KRZYWIEC, P. (2006a): Triassic–Jurassic evolution of the Pomeranian segment of the Mid-Polish Trough – basement tectonics and subsidence patterns. – *Geological Quarterly* **50**, S. 139–150
- KRZYWIEC, P. (2006b): Structural inversion of the Pomeranian and Kuiavian segments of the Mid-Polish Trough – lateral variations in timing and structural style. – *Geological Quarterly* **50**, S. 151–168
- MAYSTRENKO, Y., BAYER, U. & M. SCHECK-WENDEROTH (2010): Structure and evolution of the Central European Basin System according to 3D modeling. – *DGMK research report*, 577-2/2-1, 90 pp.
- MAYSTRENKO, Y. P., BAYER, U. & M. SCHECK-WENDEROTH (2013): Salt as a 3D element in structural modeling - Example from the Central European Basin System. – *Tectonophysics* **591**, S. 62–82, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.06.030>
- MAYSTRENKO Y. P & M. SCHECK-WENDEROTH (2013): 3D lithosphere-scale density model of the Central European Basin System and adjacent areas. – *Tectonophysics* **591**, S. 62–82, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2013.04.023>
- MAZUR, S., SCHECK-WENDEROTH, M. & P. KRZYWIEC (2005): Different modes of the Late Cretaceous – Early Cenozoic inversion in the North German and Polish basins. – *International Journal of Earth Sciences* **94**, S. 782–798

NOACK, V., SCHECK-WENDEROTH, M. & M. CACACE (2012): Sensitivity of 3D thermal models to the choice of boundary conditions and thermal properties: a case study for the area of Brandenburg (NE German Basin). – *Environmental Earth Sciences* **67**, 6, S. 1695–1711, <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1614-2>

NOACK, V., SCHECK-WENDEROTH, M., CACACE, M. & M. SCHNEIDER (2013): Influence of fluid flow on the regional thermal field: results from 3D numerical modelling for the area of Brandenburg (North German Basin). – *Environmental Earth Sciences* **70**, 8, S. 3523–3544, <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2438-4>

PHARAO, T. (1999): Palaeozoic terranes and their lithosphere boundaries within the Trans-European Suture Zone (TESZ): a review. – *Tectonophysics* **314**, S. 17–41

SCHECK-WENDEROTH, M., KRZYWIEC, P., ZÜHLKE, R., MAYSTRENKO, Y. & N. FROITZHEIM (2008a): Permian to Cretaceous tectonics of Central Europe. – In: McCann, T. (Ed.): *The Geology of Central Europe*, Vol. 2, Mesozoic and Cenozoic. – Geological Society Publishing House, S. 999–1030

SCHECK-WENDEROTH, M., MAYSTRENKO, Y., HÜBSCHER, C., HANSEN, M. & S. MAZUR (2008b): Dynamics of salt basins. – In: LITKE, R., BAYER, U., GAJEWSKI, D. & S. NELSKAMP (Eds.): *Dynamics of complex intracontinental basins: The Central European Basin System*. – S. 307–322 (Springer)

SCHECK-WENDEROTH, M. & Y. P. MAYSTRENKO (2013): Deep control on shallow heat in sedimentary basins. – *Energy Procedia* **40**, S. 226–275, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.08.031>

SCHECK-WENDEROTH, M., CACACE, M., MAYSTRENKO, Y., CHERUBINI, Y., NOACK, V., KAISER, B.-O., SIPPEL, J. & B. LEWERENZ (2014): Models of heat transport in the Central European Basin System: effective mechanisms at different scales. – *Marine and Petroleum Geology* **55**, S. 315–331, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.03.009>

SIPPEL, J., FUCHS, S., CACACE, M., KASTNER, O., HUENGES, E. & M. SCHECK-WENDEROTH (2013): Deep 3D thermal modelling for the city of Berlin (Germany). – *Environmental Earth Sciences* **70**, 8, S. 3545–3566, <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2679-2>

TSYPIN, M., CACACE, M., GUSE, B., GÜNTHER, A. & M. SCHECK-WENDEROTH (2024): Modeling the influence of climate on groundwater flow and heat regime in Brandenburg (Germany). – *Front. Water* **6**, 1353394

Anschrift der Autorin:

Magdalena Scheck-Wenderoth
GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam,
Deutsches GeoForschungsZentrum
Telegrafenberg
14473 Potsdam

RWTH Aachen University
Fakultät für Georessourcen
und Materialtechnik
Intzestr. 1
52056 Aachen

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 95	
------------------------------	---------	-------------	-------	--

Warvierte Sedimente als Zeugen der Entwicklung hypoxischer Bedingungen während der letzten 200 Jahre im Tiefen See (Mecklenburg)

ACHIM BRAUER, IDO SIROTA, RIK TJALLINGII, SYLVIA PINKERNEIL, BIRGIT SCHROEDER, MARLEN ALBERT & REBECCA KEARNEY

Die Ausbreitung hypoxischer Bedingungen in mesotrophen Seen während der letzten Jahrzehnte ist ein globales Phänomen, das auf den Anstieg von Nährstoffeinträgen und Klimawandel zurückgeführt wird. Diese Veränderungen haben weitreichende Folgen für ökologische Systeme und Sedimentationsprozesse. Bisher ist jedoch nur wenig über den genauen Verlauf der Abnahme der Sauerstoffkonzentration in einem See bekannt. In dieser Studie untersuchen wir die Entwicklung der hypoxischen Bedingungen im Tiefen See, einem 62 m tiefen subglazialen Rinnensee und Teil der Klocksiner Seenkette im Naturpark Nossentiner-Schwinzer Heide (Mecklenburg). Hochauflösende mikrofazielle und geochemische Analysen von 17 Kurzkernen aus verschiedenen Wassertiefen ermöglichen die Erfassung der räumlichen Dynamik der Ausbreitung hypoxischer Bedingungen innerhalb des Seebeckens. Ergänzend wird anhand von Monitoringdaten die saisonale Dynamik der Sauerstoffkonzentrationen in der Wassersäule quantifiziert.

Da die Erhaltung von Warven in den Sedimenten ein wichtiger Anzeiger für hypoxische Bedingungen ist, kann durch Warvenzählung jahrgenau bestimmt werden, wann in den verschiedenen Wassertiefen erstmals hypoxische Verhältnisse auftraten. Im Profundal des Sees war das 1918/1919 der Fall, und seit 1997 sind auch in 16 m Wassertiefe Warven erhalten. Oberhalb der Thermokline bei ca. 12 m Wassertiefe treten keine Warven auf. Die Ausbreitung der Hypoxia in 80 Jahren verlief in zwei Phasen mit einer durch die Geometrie des Seebeckens bedingten Beschleunigung in den frühen 1970er Jahren. Sauerstoffmessungen in der Wassersäule belegen, dass eine Sauerstoffkonzentration <5 mg/l über fünf Monate und <2 mg/l über zwei Monate ausreicht, um benthische Organismen so weit zu verhindern, dass keine Bioturbation stattfindet und Warven erhalten bleiben. Damit ist die Annahme widerlegt, dass Warven nur bei ganzjährig sauerstofffreien Bedingungen erhalten bleiben. Der Beginn der Warvenerhaltung spiegelt jedoch nicht den Beginn der Abnahme der Sauerstoffkonzentration wider, sondern einen Schwellenwert am Ende eines Prozesses. Stabile Kohlenstoffisotope der Organik und Elementdaten (RFA Scanning) an homogenen Sedimenten im Liegenden der Warven belegen Änderungen der Sediment-

zusammensetzung vermutlich durch initiale Abnahme der Sauerstoffgehalte bereits vor der Warvenerhaltung. Im Profundal dauert es ca. 15 Jahre von den ersten Änderungen bis zum Überschreiten des für Warvenbildung erforderlichen Schwellenwertes. In flacherem Wasser wird dieser Zeitraum sukzessive länger bis zu etwa 80–100 Jahren.

Die Ergebnisse der Studie ermöglichen erstmals Einblicke in die Dynamik der Ausbreitung hypoxischer Bedingungen im Tiefen See und in die steuernden Faktoren dieses Prozesses. Außerdem ermöglichen die Erkenntnisse eine präzisere Interpretation warvierter Sedimente als Indikator für anoxische Bedingungen.

Anschrift der Autoren:

Achim Brauer*
Ido Sirota
Rik Tjallingii
Sylvia Pinkerneil
Birgit Schroeder
Marlen Albert
Rebecca Kearney
Sektion Klimadynamik und
Landschaftsentwicklung
Deutsches GeoForschungsZentrum
Potsdam GFZ
Wissenschaftspark Albert Einstein
Telegrafenberg
14473 Potsdam

* Universität Potsdam
Institut für Geowissenschaften
Campus Golm/Haus 27
Karl-Liebknecht-Str. 24–25
14476 Potsdam



*Einen Besuch wert:
Steinsetzung aus Basalt im
Rhododendronpark Kromlau
(Foto: Uwe Strahl)*

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 97–100	2 Abb., 9 Lit.
------------------------------	---------	-------------	-----------	----------------

Untersuchungen zur Seeser Geröllgemeinschaft an Bohrungen im Raum Seese/Schlabendorf

FRANK BRETSCHNEIDER & DANIELA FOCKE

Einleitung

Der Seeser Geröllhorizont stellt eine Besonderheit innerhalb der neogenen Ablagerungen der Lausitz dar. Viele Geologen und Sammler besitzen Belegstücke aus dem Braunkohlendeckgebirge des Raumes Seese/Schlabendorf, welche nicht selten paläozoischen Fossilinhalt zeigen (vgl. NOWEL et al. 1995, STANDKE 2011). Von 2016 bis 2021 fanden durch die Autoren zahlreiche Untersuchungen an Bohrungen und Vergleichsaufschlüssen der Greifenhain-Subformation statt. Diese beinhalteten unter anderem eine Analyse von in Bohrungen vorgefundenen Geröllhorizonten. Im Ergebnis finden sich im Inhalt der Gerölllagen, neben den in der Literatur beschriebenen transportstabilen Silifikaten (AHRENS & LOTSCH 1976; KRUEGER 1994; AHRENS 1995), zahlreiche Hinweise auf eine Nahkomponente instabiler Geröllanteile. Die eingehende Untersuchung dieser Ablagerungen erweitert die „Seeser Geröllgemeinschaft“ und trägt zur Interpretation der größeren Siliziklastika als Basisgerölllage eines Barriereinsel-Komplexes am Rand der Paläo-Nordsee bei (vgl. FOCKE, BRETSCHNEIDER & STANDKE 2023).

Im Nordwesten der Lausitz, südlich des Spreewaldes, befindet sich eine Bergbaufolgelandschaft, welche geotechnische Herausforderungen birgt. Die auftretenden Sackungen und Bodenverflüssigungen werden den Korngerüsten und Korneigenschaften der verkippten Hangendsedimente des abgebauten 2. Miozänen Flözes zugeschrieben. Im engeren Sinne betrifft dies die Kippenflächen der ehemaligen Tagebaue Schlabendorf-Nord, Schlabendorf-Süd, Seese-West und Seese-Ost. Die siliziklastischen Abfolgen über der abgebauten Kohle unterscheiden sich von den Sedimenten der südwestlichen Lausitz in Korngröße, Struktur und Provenance deutlich.

Die nordostdeutsche Gliederung des Miozäns beendet die Brieske-Formation mit einer Erosionsdiskordanz am Top des 2. Miozänen Flözes (STANDKE 2015). Die darauffolgende Meuro-Formation gliedert sich in die basale, marine Greifenhain-Subformation, die marine Nochten-Subformation und die Klettwitz-Subformation, welche den Übergang zu terrestrischen Ablagerungsbedingungen einläutet.

In den untersuchten Bohrungen umfasst die Greifenhain-Subformation an der Basis randmarine Watablagerungen des Hangendschluffkomplexes und rollige Ablagerungen des Grundwasserleiters 440 (G440). Darüber sind Gerölllagen entwickelt, welche Mächtigkeiten bis zu 30 cm aufweisen. Die hangenden Sedimentpakete sind hochenergetisch marin geprägt (Foreshore-Entwicklung) und werden im weiteren Verlauf als die „Seeser Sande“ bezeichnet. FOCKE, BRETSCHNEIDER & STANDKE (2023) gliedern die Seeser Sande anhand der Schwermineralführung und grenzen diese auf die Ablagerungen zwischen Hangendschluffkomplex und Oberbegleiterniveau ein. STANDKE (2011) ordnet die Seeser Sande auch stratigraphisch der Greifenhain-Subformation zu.

Methodik und Ergebnisse

Es wurden die Bohrungen SLAS1, SEEW3 und SLAM4 untersucht, die jeweils Gerölllagen an der Basis der Seeser Sande führten (vgl. FOCKE 2024 in diesem Band, S. 119–122). Des Weiteren wurde eine Gerölllage aus der Bohrung SLAM4 analysiert, welche sich im oberen Bereich der Seeser Sande befindet (Schwermineralgruppe 4; FOCKE, BRETSCHNEIDER & STANDKE 2023). Die Untersuchung der Gerölllagen umfasste eine Klassierung in die groben Fraktionen (1–2, 2–4, 4–6,3 und > 6,3 mm). Diese Fraktionen wurden unter dem Stereomikroskop ausgelesen, wobei die statistische Sicherheit von der Feinfraktion (1–2 mm – ca. 25 000 Körner) zur Grobfraktion (> 6,3 mm – ca. 150 Körner) abnimmt. Bei der Quantifizierung wurden alle Nicht-quarze und besondere Quarze separiert, und alle hellen und transparenten Quarze wurden aus der Fraktion ausgeschleust. Letztere bilden den Großteil der quantifizierten Körner (85–95 %). Zur Untersuchung der größeren Lithoklasten wurden auch Dünn- und Anschliffe angefertigt und diese polarisationsmikroskopisch und elektronenmikroskopisch-mikrochemisch (SEM/EDX) analysiert.

Die „besonderen“ Quarze wurden nach Farbe und Internstruktur sortiert und sind über die Proben hinweg in ihrer Verteilung sehr ähnlich. Dies deutet auf wenig Unterschiede der feineren Fraktionen, sowohl an der Basis als auch

am Top der Seeser Sande, hin. Alle anderen ausgelesenen Körner wurden als „Nichtquarze“ definiert. Dazu zählen alle Lithoklasten und auch die SiO_2 -reichen Klasten, wie Biogenmaterial oder Flint. Die Verteilung ausgewählter Fraktionen ist in Abbildung 1 ersichtlich. Dabei repräsentieren die Proben SLAS1-120, SEEW3-101 und 102 sowie die Probe SLAM4-068 jeweils die Basisgerölllagen. Die Probe SLAM4-024 entstammt den höheren Seeser Sanden.

Die Lithoklasten sind sehr bunt zusammengesetzt. Zu den sedimentären Anteilen gehören sowohl kompaktierte, quarzitisches Sandsteine mit SiO_2 -Zement, als auch kaolinitisch gebundene Fein und Mittelsandsteine. Der originalen Seeser Geröllgemeinschaft können noch Magmatite granitischer Zusammensetzung und Metamorphite, wie Quarzite und Paragneis, hinzugefügt werden. Eingehende Beschreibungen und Abbildungen der Lithoklasten werden auf dem zugehörigen Poster dargestellt. Die Lithoklasten zeigen daher neben transportstabilen Geröllen (Quarzite, Paragneis, quarzitisches Sandsteine) auch weniger stabile Gerölle potenziell näherer Liefergebiete (Granite, kaolinitische Sandsteine). In den bisherigen Beschreibungen der Geröllgemeinschaft fehlen die kristallinen und magmatischen Gesteine, was teilweise auch durch das betrachtete Korngrößenspektrum (zumeist $> 5 \text{ mm}$) begründet sein kann.

Das silifizierter Material besteht zu 30 % aus biogenen Bruchstücken (Abb. 2) und zu 70 % aus Flint. Dunkle, vermutlich paläozoische Bruchstücke, bestehen aus Bilvalven-Resten, Korallen-Bruchstücken und einer vermuteten Fischschuppe. Weiterhin wurden hellere mesozoische Bruchstücke wie Bryozoen-Flint, Echinoiden-Reste und die Einzelkoralle *Parasmilia* sp. beobachtet. Während die paläozoischen Anteile nur in den Basisgerölllagen auftraten, kommen die mesozoischen Anteile auch in höheren stratigraphischen Niveaus vor. Dies gilt auch für den Flint-Anteil, welcher oft eine weiße, „kreidezeitliche“ Rinde aufweist. Da hier eine Entkopplung der mesozoischen von den paläozoischen Anteilen auftritt, ist eine direkte Vergesellschaftung der biogenen Silifikate in einer Seeser Geröllgemeinschaft nicht gegeben.

Im Liegenden der beschriebenen Basisgerölllagen finden sich teilweise rollige Sedimente des G440. Das Schwermineralspektrum dieser Sedimente unterscheidet sich von dem Komplex der Seeser Sande deutlich. Das Spektrum zeigt bei diesen Sedimenten deutlich höhere Turmalin- und Monazitanteile sowie geringere Granatanteile. Der Sillimanit tritt hier in fibrolitischer Form auf, was nach SUHR (2003) auf böhmische Provenancen schließen lässt. In den Seeser Sanden ist der Sillimanit jedoch eher prismatisch. Im Gegensatz zu den Seeser Sanden ist im G440,

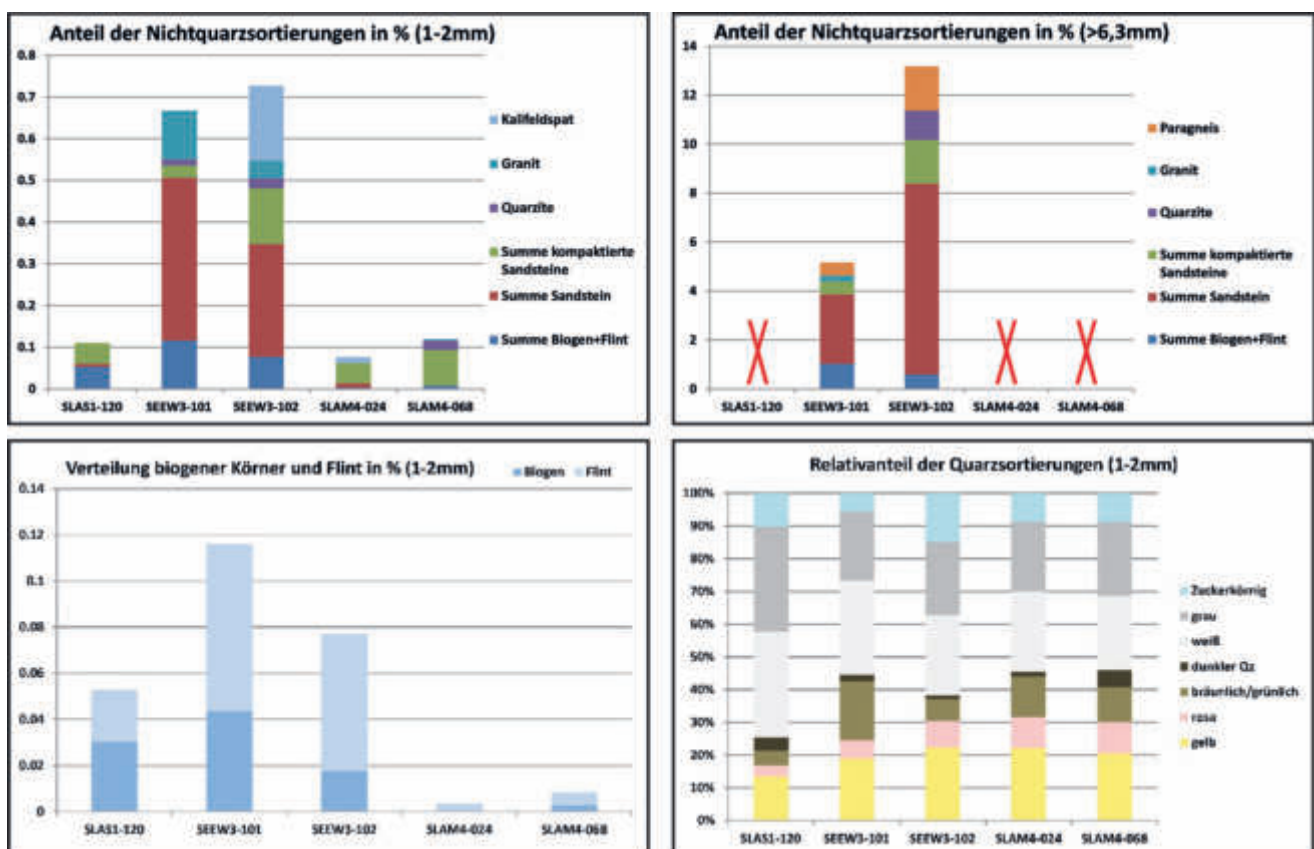


Abb. 1: Verteilung der Anteile der Geröllanalyse: Anteile der Nichtquarzsortierungen in Korn-% der Fraktionen 1–2 und $> 6,3 \text{ mm}$ (oben), Anteile der silifizierten biogenen Körner an der Vergleichskorngröße 1–2 mm (u. l.), Relativanteil der ausgelesenen Quarze an der Vergleichskorngröße 1–2 mm (u. r.)

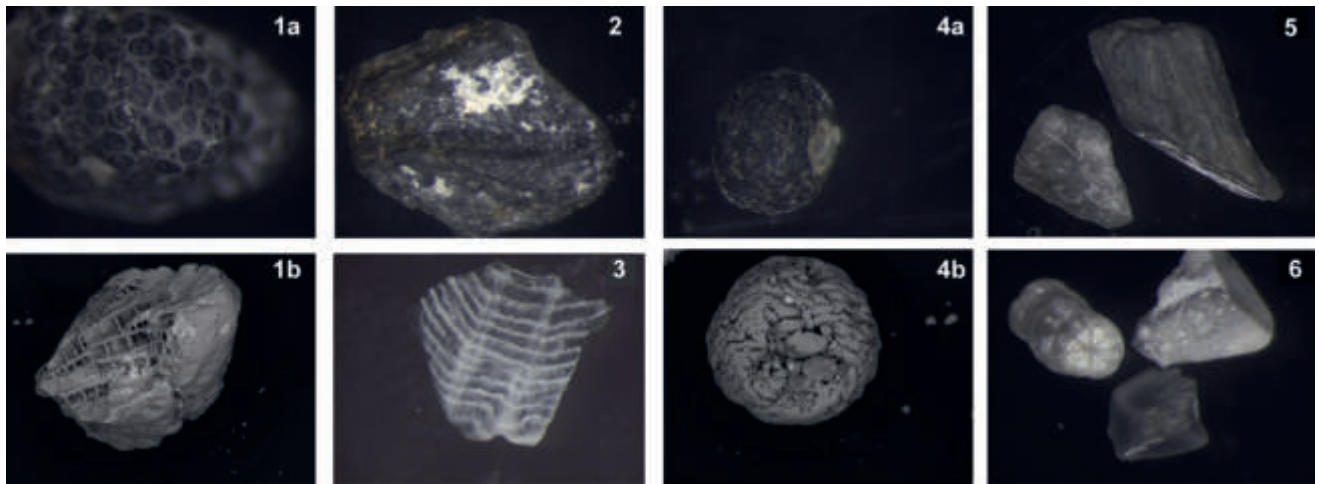


Abb. 2: Ausgelesene biogene Körner

1 – silifiziertes Korallen-Bruchstück: a – Oberfläche unter Stereomikroskop; b – seitliche Bruchfläche unter SEM (SLAS1-120 1–2 mm); 2 – Silifikat einer vermutlichen Fischeschuppe (SLAS1-120 1–2 mm); 3 – Bivalven-Bruchstück (SEEW3-101 1–2 mm); 4 – Silifikat eines kugeligen Aggregates, primär kalkiger Ooid?: a – Stereomikroskop; b – SEM (SLAS1-120 1–2 mm); 5 – Steinkerne der Solitärkoralle *Parasmilia* sp. (SEEW3-101 1–2 mm); 6 – mesozoischer Flint, Bryozoen-Flint und vermutliches Echinoiden-Fragment (SLAM4-068 1–2 mm)

im Raum Seese/Schlabendorf, mehr Andalusit und weniger Disthen vorhanden. Diese basalen Relikte zeigen somit einen ersten Schüttungszyklus der tiefsten Greifenhain-Subformation.

Fazit

Obwohl die in den Bohrungen aufgeschlossenen Geröllhorizonte eher als geringmächtig erscheinen und teilweise im Inhalt differieren, können sie dem momentanen Wissensstand folgende Erkenntnisse hinzufügen:

- Nur die Basisgerölllagen beinhalten paläozoische Silifikate.
- Neben transportstabilen Geröllen einer Fernkomponente sind auch instabile Gerölle einer Nahkomponente enthalten.
- Die Basisgerölle enthalten neben Sedimentiten auch Gneis und Granit.
- Mesozoische Silifikate finden sich auch in stratigrafisch höheren Niveaus und gelten nicht als direkter Hinweis auf die definierte Seeser Geröllgemeinschaft.
- Die Zusammensetzung der Quarzvarietäten in der Vergleichskorngröße (1–2 mm) unterscheidet sich nur geringfügig und ist eher typisch für das Paket der Seeser Sande.

Aufgrund der Untersuchungen ist aus Sicht der Autoren der, durch AHRENS & LOTSCH (1976) definierte, Begriff der „Seeser Geröllgemeinschaft“ anzupassen. Aus Provenance-Sicht ist die Geröllgemeinschaft nicht mit den überlagernden Seeser Sanden gleichzusetzen. Vielmehr wird in den Basisgerölllagen eine Residualbildung einer trans-

gressiven Phase (vgl. LUDWIG 2015) der unteren Greifenhain-Subformation gesehen. Die Nahkomponente (Granite, kaolinitische Sandsteine) stammt vermutlich von den südlich angrenzenden Ablagerungsgebieten: Lausitzer Block, Elbe-Lineament. Die Gneise, Quarzite und quarzitisches Sandsteine könnten einer vermuteten Fernkomponente zugewiesen werden, könnten aber ebenso aus dem Bereich des Osterzgebirges stammen. Eine fragliche Stellung ist immer noch den paläozoischen, biogenen Silifikaten zuzuschreiben, welche die Autoren, u. a. aufgrund zu geringer Materialmengen, nicht aufzuklären vermochten. Zeitlich wird die Ablagerung der Gerölle zwischen den Sanden des G440 und den Sanden des G430 eingeordnet. Die über der Basisgerölllage befindlichen, schräggeschichteten Mittelsande (Seeser Sande) bringen nur die Energie mit, nicht das Material der Seeser Geröllgemeinschaft, und sind daher losgelöst von der Basisgerölllage zu betrachten.

Das dem Artikel zugehörige Poster kann unter: <https://www.laop-consult.de/de/publikationen/> bezogen werden.

Literatur:

- AHRENS, H. (1995): Die Seeser Sande im Niederlausitzer Miozänprofil. – In: SCHROEDER J. H. & W. NOWEL, (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 3: Lübbenau-Calau. – S. 31–33, Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V. (Selbstverlag)
- AHRENS, H. & LOTSCH, D. (1976): Zum Problem des Pliozäns in Brandenburg. – Jb. Geol. 7/8 (1971/72), S. 277–323

- FOCKE, D., BRETSCHEIDER, F. & G. STANDKE (2023): Die Seeser Sande als Barriereinseln: Fazielle Differenzierungen in den Ablagerungen der Greifenhain-Subformation. – Freib. Forsch.-H. C **561**, S. 197–217
- FOCKE, D. & F. BRETSCHEIDER (2024): Die Seeser Sande: Schwermineralanalyse als Hilfsmittel für die Entwicklung eines geologischen Modells. – Poster 83. Jahrestagung Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen Bad Muskau, Brandenb. Geowiss. Beitr. **31**, S. 119–122
- KRUEGER, H. H. (1994): Die nordische Geröllgemeinschaft aus der Lausitz (Miozän) und deren Vergleich mit Sylt. – Brandenburgische Geowiss. Beitr. **1**, S. 88–89
- LUDWIG, A. O. (2015): Inlandvereisungen in Nordeuropa während des Neogens? – Z. Dt. Ges. Geowiss. **166**, S. 297–320
- NOWEL, W., BÖNISCH, R., SCHNEIDER, W. & H. SCHULZE (1994): Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers. – 104 S., Lausitzer Braunkohle AG, Senftenberg
- STANDKE, G. (2011): Tertiär. – In: AUTORENKOLLEKTIV (2011): Die geologische Entwicklung der Lausitz. – S. 41–84, Vattenfall Europe Mining AG, Cottbus
- STANDKE, G. (2015): Tertiär. – In: STACKEBRANDT W. & FRANKE D. (2015): Die Geologie von Brandenburg. – S. 259–333, Schweizerbart, Stuttgart
- SUHR, P. (2003): The Bohemian Massif as a catchment area for the NW European Tertiary Basin. – Geolines **15**, S. 147–159

Anschrift der Autoren:

Frank Bretschneider
Daniela Focke
LAOP – Laboratories
for Applied Organic Petrology
Straße der Freundschaft 92
02991 Lauta

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 101–102	1 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

KliWaMoL – Klimaangepasstes Grundwassermanagement und 3D-Modellierung im Raum Lüneburg

NICO DEUS, JAN REDEKER & JÖRG ELBRACHT

Die Auswirkungen des Klimawandels sowie die oberflächennahe Grundwassernutzung können erheblichen Einfluss auf die Grundwasserversalzung haben (GONZÁLEZ et al. 2021a, 2021b, 2023). Im Projekt „KliWaMoL“ soll am Beispiel einer typischen Binnerversalzung im Raum Lüneburg eine exemplarische Planungsgrundlage entwickelt werden, um diesem Prozess mit gezielten Bewirtschaftungsmaßnahmen zu begegnen. Außerdem sollen Konzepte zur künstlichen Grundwasseranreicherung erarbeitet werden, um vor dem Hintergrund der Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt die fortschreitende Grundwasserversalzung zu verhindern. Dafür wird die Versalzung des Grundwassers im Raum Lüneburg aufbauend auf einem detaillierten hydrogeologischen 3D-Modell untersucht, u. a. mit aerogeophysikalischen Verfahren (SkyTEM). Die Untersuchungen konzentrieren sich auf ein Gebiet mit vorhandener Grundwasserversalzung, welches sich von Seevetal im Westen bis nach Bleckede im Osten erstreckt, mit Lüneburg im Zentrum (Abb. 1). Es erfasst damit mehrere ausgewiesene Bereiche der Grundwasserversalzung der hydrogeologischen Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 200 000 (LBEG, 1987).

Innerhalb des Projektgebietes wurden zwei Teilbereiche aerogeophysikalisch untersucht. Die dänische Firma SkyTEM wurde beauftragt, mittels helikoptergestützter transient-elektromagnetischer Messverfahren Untergrunddaten zu erheben (Abb. 1).

Diese Befliegungskampagne wurde im April 2023 durchgeführt, mit annähernd 2 500 geflogenen Linienkilometern. Die Daten aus der Befliegung werden in ein hydrogeologisches 3D-Untergrundmodell eingehängt, welches sich zurzeit noch in Bearbeitung befindet. Über den Abgleich der Befliegungsdaten mit den Bohrungsinformationen die im 3D-Untergrundmodell ungepflegt sind, lassen sich dann Bereiche niedrigen elektrischen Widerstands klassifizieren in entweder tonige Schichtpakete oder aber versalztes Grundwasserleiter. Zusätzlich werden Grundwasserbeschaffenheitsdaten und geophysikalische Bohrlochmessungen für die Unterscheidung herangezogen. So ergibt sich eine Kartierung der Grundwasserversalzung im Projektgebiet. Im Anschluss sollen zudem Bereiche identifiziert

werden, in denen künstliche Grundwasseranreicherung durchgeführt werden könnte, was über ein Strömungsmodell bewertet wird.

Literatur:

GONZÁLEZ, E., DEUS, N., ELBRACHT, J., SIEMON, B., STEUER, A. H. WIEDERHOLD (2021a): Modellierung der küstennahen Grundwasserversalzung in Niedersachsen abgeleitet aus aeroelektromagnetischen Daten. – Grundwasser - Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie **26**, S. 73–85 <https://doi.org/10.1007/s00767-020-00472-w>

GONZÁLEZ, E., DEUS, N., ELBRACHT, J., RAHMAN, M. A. & H. WIEDERHOLD (2021b): Current and future state of groundwater salinization of the northern Elbe-Weser region. – Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie **26**, S. 343–356 <https://doi.org/10.1007/s00767-021-00496-w>

GONZÁLEZ, E., DEUS, N., ELBRACHT, J., KIRSCH, R., MÜLLER-PETKE, M., RAHMAN, M. A., SCHEER, W., SCHLINSOG, T., SIEMON, B. & H. WIEDERHOLD (2023): EU-Interreg-Projekt TOPSOIL - Grundwasserversalzung an der deutschen Nordseeküste. – GeoBerichte **48**, 67 S.

LBEG (LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN) (1987): Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 200 000 - Versalzung des Grundwassers <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=bPkA19D>

Anschriften der Autoren:

Nico Deus
Jan Redeker
Jörg Elbracht
Landesamt für Bergbau, Energie
und Geologie Niedersachsen
Stilleweg 2
30655 Hannover

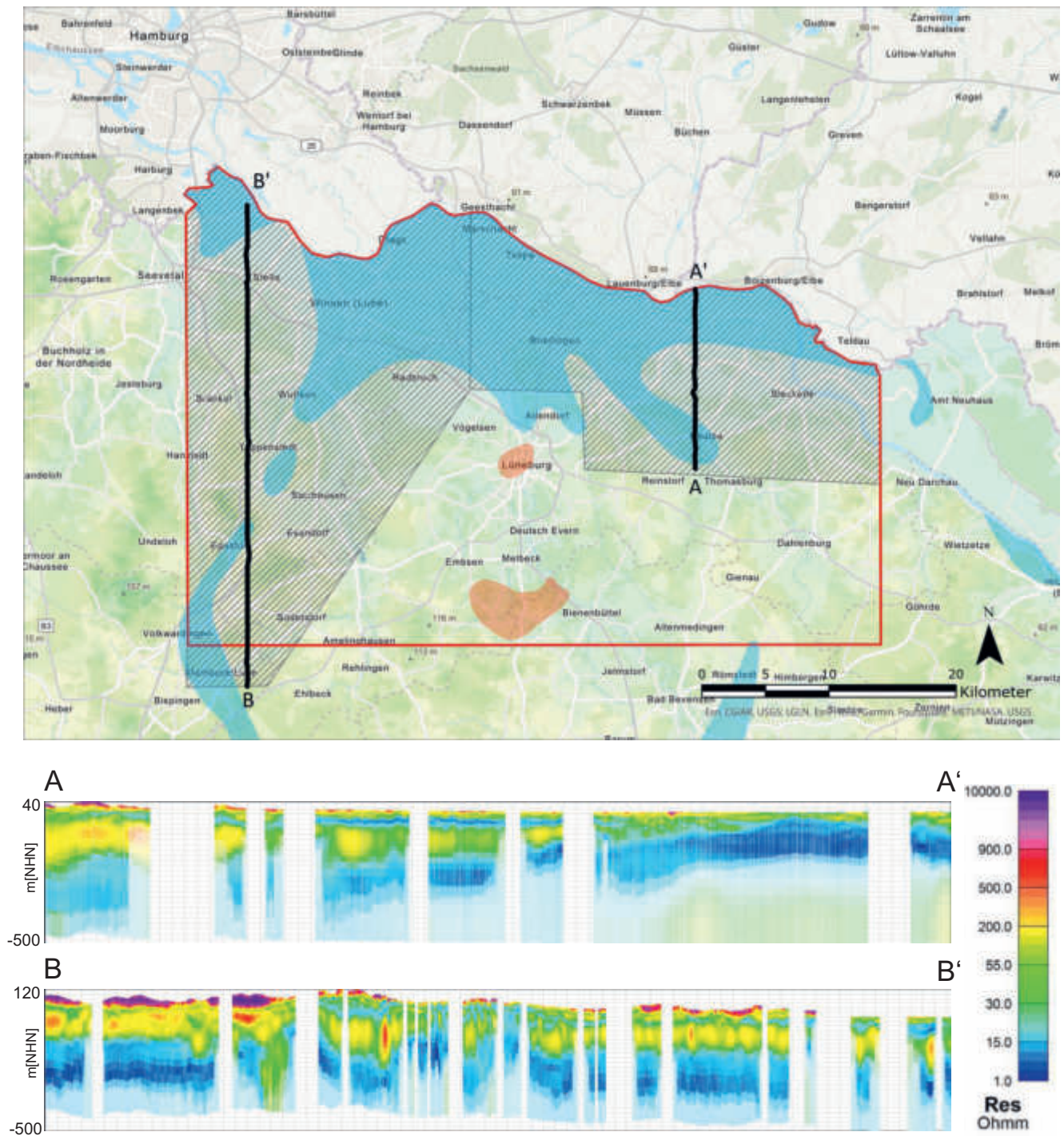


Abb. 1: Übersichtskarte über das Projektgebiet (rot) mit Lage der Befliegungsgebiete (grau schraffiert) und Bereichen mit vollständiger (orange) und teilweiser (blau) Versalzung des oberen Grundwasserleiters nach HUEK200 (LBEG 1987), mit zwei repräsentativen SkyTEM-Vertikalsektionen (A-A', B-B').

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 103–104	10 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	---------

Das seismische Abbild subglazialer Rinnenfüllungen im Bereich der südlichen Ostsee

ANDRÉ DEUTSCHMANN, MICHAEL KENZLER, HEIKO HÜNEKE & KARSTEN OBST

Im Zuge der pleistozänen Vorstöße des skandinavischen Inlandeises entstanden im Gebiet der heutigen Nord- und Ostsee sowie des mitteleuropäischen Tieflandes vielfach weitreichende und teils tief eingeschnittene Rinnensysteme. Die Entstehungsgeschichte und subsequeunte Füllung der Rinnenstrukturen ist vielfältig und kann im Detail nicht immer eindeutig geklärt werden (HINSCH 1979; KÜSTER & MEYER 1979; STACHEBRANDT 2009; v. BÜLOW 2011; KEHEW et al. 2012). Sie wurden überwiegend Elster- und Saale-zeitlich angelegt und nachfolgend wieder verfüllt.

Die Ausrichtung der pleistozänen Rinnensysteme in der südlichen Ostsee und angrenzenden Bereichen zeigt zu meist eine NE-SW-Streichrichtung und weicht nur lokal von diesem Muster ab. Offshore-Bohrungen liefern punk tuelle Daten zur lithologischen Zusammensetzung inner halb der Rinnen (OBST et al. 2017), wodurch allerdings deren pro- oder subglaziale Genese nicht zweifelsfrei geklärt werden kann.

Der interne lithologische Aufbau und sedimentäre Merkmale von Rinnenfüllungen sind variabel, da sie eine Vielfalt von Sedimentations- und Erosionsprozessen widerspiegeln können. Liegen keine Bohrungsdaten vor, ermöglichen reflexionsseismische Untersuchungen eine Einteilung in seismische Faziesbereiche (FLODÉN 1997; PRAEG 2003). Moderne hochauflösende seismische Erkundungen erlauben eine genauere Beschreibung der Lagerungsverhältnisse innerhalb der Rinne und möglicher Lithologien (KIRKHAM et al. 2024).

Die nordöstlich von Rügen untersuchten Rinnen verlaufen NE-SW mit einer durchschnittlichen Breite von 500–600 m und schneiden sich bis 70 m in die kretazischen Sedimente ein. Überdeckt werden die Rinnenfüllungen flächendeckend von 30–35 m mächtigen subsequenten Ablagerungen des Pleistozäns und Holozäns. Hochfrequente seismische Linien, welche im Zuge der Erkundungsarbeiten für einen Windpark akquiriert wurden, zeigen den komplexen internen Aufbau. Differenzierte seismische Abbilder, wie stark geneigte Reflexionsbänder mit hohen Amplituden, chaotische Bereiche, parallele fortlaufende Reflexionsbänder oder teil-unterbrochene Reflexionen bilden die Rinnenfüllung ab.

Diese umfassen beispielsweise einen basalen Diamikton, massive klastengestützte Konglomerate mit subhorizontaler Schichtung oder auch mächtige Lagen aus Ton und Silt mit eingeschalteten Sandlagen. Dies entspricht in Teilen einer glazitektonisch dislozierten Rinnenfüllung, die an der Nordküste von Jasmund/Rügen aufgeschlossen ist (DEUTSCHMANN et al. 2022).

Literatur:

BÜLOW, W. VON (2011): Quartäre Glaziosostasie und Genese der altpleistozänen Rinnen im nördlichen Mitteleuropa - Diskussionsbemerkungen und Modellierung. – *Z. geol. Wiss.* **39**, S. 19–38

DEUTSCHMANN, A., KENZLER, M., HÜNEKE, H. & K. OBST (2022): Glazigene Rinnenstrukturen in der südlichen Ostsee: seismische Charakteristika und neueste Erkenntnisse aus Küstenaufschlüssen. – Poster 82. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen Osnabrück

FLODÉN, T., BJERKÉUS, M., STURKELL, E., GELUMBAUSKAITE, Z., GRIGELIS, A., ENDLER, R. W. & LEMKE (1997): Distribution and seismic stratigraphy of glacially incised valleys in the southern part of the Baltic. – In: CATO, I. & F. KLINGBERG (Hrsg.): *Proceedings of the Fourth Marine Geological Conference -The Baltic*. – *SGU Serie Ca* **86**, S. 43–49

HINSCH, W. (1979): Rinnen an der Basis des glaziären Pleistozäns in Schleswig-Holstein. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **29**, S. 173–178

KEHEWA, A. E., PIOTROWSKI, J. A. & F. JØRGENSEN (2012): Tunnel valleys: Concepts and controversies - A review. – *Earth-Science Reviews* **113**, S. 33–58

KIRKHAM, J. D., HOGAN, K. A., LARTER, R. D., SELF, E., GAMES, K., HUUSE, M., STEWART, M. A., OTTESEN, D., LE HERON, D. P., LAWRENCE, A., KANE, I., ARNOLD, N. S. & J. A. DOWDESWELL (2024): The infill of tunnel valleys in the central North Sea: Implications for sedimentary

processes, geohazards, and ice-sheet dynamics. – *Marine Geology* **467**, S. 1–24

KÜSTER, H. & K.-D. MEYER (1979): Glaziäre Rinnen im mittleren und nordöstlichen Niedersachsen. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **29**, S. 135–156

OBST, K., NACHTWEIDE, C. & U. MÜLLER (2017): Late Saalian and Weichselian glaciations in the German Baltic Sea documented by Pleistocene successions at the southeastern margin of the Arkona Basin. – *Boreas* **46**, S. 18–33

PRAEG, D. (2003): Seismic imaging of mid-Pleistocene tunnel-valleys in the North Sea Basin - high resolution from low frequencies. – *J. of Applied Geophysics* **53**, S. 273–298

STACKEBRANDT, W. (2009): Subglacial channels of Northern Germany a brief review. – *ZDGG* **160**, S. 203–210

Anschrift der Autoren:

André Deutschmann
Dr. Karsten Obst
Geologischer Dienst,
Landesamt für Umwelt,
Naturschutz und Geologie
Mecklenburg-Vorpommern
Goldberger Str. 12b
D-18273 Güstrow

Dr. Michael Kenzler
Landesamt für Umwelt
des Landes Schleswig-Holstein,
Abteilung Geologie und Boden
Hamburger Chaussee 25
D-24220 Flintbek

Prof. Dr. Heiko Hüneke
Institut für Geographie und Geologie,
Universität Greifswald
Friedrich-Ludwig-Jahn Straße 17a
D-17489 Greifswald

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 105–106	1 Abb., 2 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Geoelektrische Messungen in glazigen beanspruchten Gebieten am Beispiel des Muskauer Faltenbogens

SEBASTIAN DONKE

Der Muskauer Faltenbogen zeichnet sich im digitalen Geländemodell durch eng beieinanderliegende und häufig weit verfolgbare morphologische Einsenkungen aus. Diese Einsenkungen sind die Folge einer chemischen und physikalischen Verwitterung von Braunkohle, welche unmittelbar unterhalb der Erdoberfläche ausstreicht. Diese als Gieser bezeichneten Strukturen sind das unmittelbare, an der Erdoberfläche sichtbare Ergebnis von glazigen Deformationen tertiärer Schichten durch im Bereich von Eisrandlagen oszillierenden Eises während der Elster- und der Saale-Vereisung.

Um einen Einblick in die internen Strukturen der glazigen Deformationen zu bekommen und um deren Entstehung besser beschreiben zu können, sind verschiedene Methoden möglich. Mit Hilfe der gleichstromgeoelektrischen Sondierung können geologische Strukturen in deren Erstreckung erfasst werden. Des Weiteren kann über die Darstellung der gemessenen geoelektrischen Widerstände des Untergrundes ein geologisches Profil erstellt werden. Der scheinbare geoelektrische Widerstand wird durch die mineralogische und chemische Zusammensetzung, sowie durch den bei der Messung vorhandenen Grundwasserstand bestimmt SCHÖN (2015).

Im Muskauer Faltenbogen wurden daher in ausgewählten Bereichen geoelektrische Sondierungen durchgeführt, mit dem Ziel den Schichtaufbau innerhalb der glazigen beanspruchten Bereiche des Faltenbogens detaillierter darstellen zu können.

Die somit erfasste horizontale Widerstandsverteilung in unterschiedlichen Niveaus ergeben eine zweidimensionale Verteilung (teufenabhängige Änderung) des scheinbaren spezifischen Widerstandes, die als "Pseudosektion" bezeichnet wird.

Wie in Abbildung 1 erkennbar, gibt es im Untergrund des Muskauer Faltenbogens Bereiche mit unterschiedlichen scheinbaren spezifischen Widerständen. Aus ihrer Interpretation kann der geologische und strukturgeologische Bau abgeleitet werden.

Literatur:

LEAG & GMB GmbH (2020): Geoelektrische Erkundung im Raum Düben. – S. 30, Ergebnisbericht (unveröff.)

SCHÖN, H. J. (2015): Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics. – S. 491, 2. Neuauflage, Elsevier

Anschrift des Autors:

Sebastian Donke
Landesamt für Bergbau,
Geologie und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

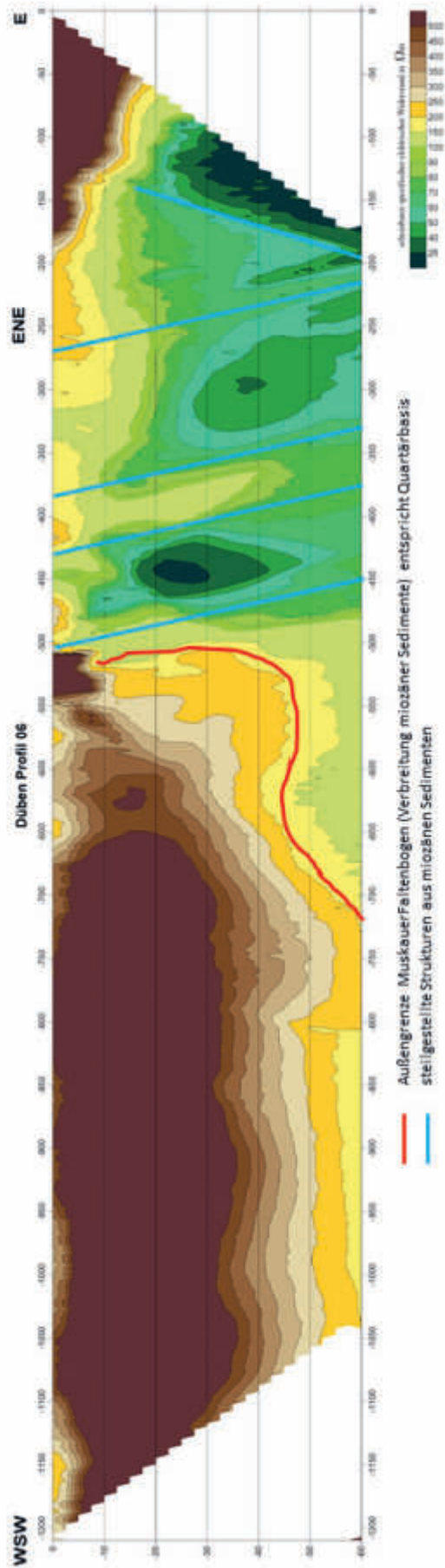


Abb. 1: Schichtenfolge des Kerns KOE 1A/2023

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 107–109	2 Abb., 1 Tab., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	------------------------

Das Projekt Geo3D-Oder: ein geologisches 3D-Modell der oberen Grundwasserleiter im Oder-Einzugsgebiet von Brandenburg

KLAUS DUSCHER

Aktuelle klimatische Entwicklungen und wissenschaftliche Prognosen zur Klimaentwicklung weisen auf eine zunehmende Beeinträchtigung des Wasserhaushalts in weiten Teilen Ostdeutschlands hin. Die drei in Brandenburg entlang der Oder gelegenen Teil-Einzugsgebiete Mittlere Oder, Oderbruch und Untere Oder (Abb. 1) bis zur Mündung der Neiße eignen sich als exemplarisches Untersuchungsgebiet für diesbezügliche Fragestellungen aufgrund von Flächengröße und eines prognostizierten, großflächigen Absinkens

der Grundwasserstände. In einem ersten Schritt wird hierfür ein geologisches 3D-Modell der wasserwirtschaftlich relevanten oberen Grundwasserleiter erstellt. Modelliert werden die grundwasserhemmenden bindigen Horizonte von Grundmoränen und glazilimnischen Ablagerungen bis zum jüngeren Elster-Glazial sowie von Sedimenten der Holstein-Warmzeit. Alle nun verbleibenden Räume werden undifferenziert als die darzustellenden Grundwasserleiter interpretiert.



*Abb. 1:
Lage und Bezeichnung
der drei Teilgebiete
im Projekt Geo3D-Oder und
topographische Übersichtskarte
„Mittlere Oder“*

Die Datenbasis bildet die Lithofazieskarte Quartär (LKQ 50) der DDR im Maßstab 1 : 50 000 (CEPEK 1999). Die LKQ 50 ist eine Kartenserie mit mehreren Horizontblättern je Kartenblatt, wobei auf einem Horizontblatt jeweils mehrere übereinanderliegende stratigrafisch-genetische Schichten mit Informationen zur Lithologie dargestellt sind. Somit repräsentiert die LKQ 50 gewissermaßen ein 3D-Modell der quartären Schichten in Form analoger Karten. Das Modellgebiet wird von 10 Kartenblättern der LKQ 50 abgedeckt. Digitale Daten zu den vier südlichen Blättern wurden vom brandenburgischen Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) als Projektpartner bereitgestellt. Zu den weiteren Kartenblättern erfolgte eine Digitalisierung durch die BGR, wobei deren Schichten in einem „Normalprofil“ zusammengefasst wurden. Dieses umfasst für die sechs Kartenblätter 115 verschiedene Schichtbezeichnungen. Als weitere Kartenthemen beinhaltet die LKQ 50 unter anderem lithologische Schichtenverzeichnisse von Bohrprofilen und Isohypsen der Schichtunterkanten, welche die Höheninformationen für die Modellhorizonte liefern. Die lithologischen Schichten der Bohrprofile werden hierfür den abgebildeten stratigrafischen Schichten zugeordnet. Einschränkung ist anzumerken, dass die geowissenschaftlichen Inhalte der LKQ 50 zum Teil nicht dem aktuellen Kenntnisstand entsprechen. So ist die Unterteilung in drei Saale-Vorstöße nach DDR-TGL 25 234/07 (CEPEK 1981) seit den 1990er-Jahren nicht mehr gebräuchlich und in der Folge besteht heute mitunter eine abweichende Abgrenzung zu den Schichten der Holstein-Warmzeit bzw. Elster-Kaltzeit im Liegenden und den Weichselzeitlichen Sedimenten im Hangenden.

Markante naturräumliche Strukturelemente im Modellgebiet sind großflächige Niederungen entlang der Oder und in den Urstromtälern des Verlaufs von Spree, Finow und Randow, kleinere Flusstäler wie etwa von Schlaube und Stobber sowie Grundmoränenplatten mit teils stark gestörter Lagerung der Schichten.

Als Pilotgebiet für eine exemplarische Modellierung wurde das südliche Teilareal „Mittlere Oder“ (Abb. 1) ausgewählt, für das bereits vollständig digitalisierte Daten des LBGR vorlagen. Dabei handelt es sich um Flächendaten zur Schichtverbreitung und Höhenangaben der stratigrafischen Schichten in Form von Punktdaten aus Isohypsen und Bohrprofilen. Es resultieren insgesamt zehn stratigrafische Schichten von grundwasserhemmenden Sedimenten (JANETZ 2019), begrenzt jeweils durch Horizonte von Ober- und Unterkante. Die Mehrzahl der in Tabelle 1 angegebenen Höhenpunkte zur Berechnung dieser Modellhorizonte wurde dabei aus den Isohypsen abgeleitet. Die Daten wurden geprüft, aufgearbeitet und in das Modellierungsprogramm SKUA-GOCAD, nun umbenannt in Aspen SKUA (ASPENTECH 2023), überführt. Zusätzlich wurde die Geländeoberfläche aus dem Digitalen Geländemodell Gitterweite 50 m (DGM 50) extrapoliert.

Das 3D-Modell reduziert sich auf eine konkordante Schichtenabfolge der Grundwasserhemmer im jeweiligen Verbreitungsgebiet ohne Störungen und ohne eine Modellierung der Schichtgrenzen der Grundwasserleiter. Es ist somit stark vereinfacht und kann die mitunter beträchtlichen Verwerfungen der Schichten in gestörten Bereichen nicht reproduzieren. Trotz dieser erheblichen Abstraktion stellt die Modellierung der oftmals geringmächtigen Schichten bei hoher räumlicher Variabilität der Dichte an Höhenangaben eine Herausforderung dar. Die fehlende räumliche Abgrenzung der einzelnen, zwischenliegenden Grundwasserleiter erlaubt dabei keine gleichzeitige, automatisierte Modellierung aller Schichten mittels eines impliziten Verfahrens, welches in SKUA-GOCAD im „Structure and Stratigraphy Workflow“ implementiert ist. Daher mussten die einzelnen Modellschichten explizit, also sequentiell erstellt werden. Dabei können aufgrund der partiell sehr geringen Datendichte (Tab. 1) sowie flächenhafter Datenlücken verschiedene Horizonte zu relevanten Anteilen nur hypothetisch modelliert werden. Dies trifft insbesondere auf die oberste Modellschicht der ältesten Weichsel-Grundmoräne (W1 gm) zu. Wird beispielsweise dieser Horizont zu Beginn modelliert und aufgrund fehlender Höhenangaben zu niedrig angesetzt, werden im Nachgang zu modellierende liegende Schichten unter ihre durch Daten belegte Tiefenlage gedrückt. Für die Modellierung wurde eigens ein Verfahren entwickelt, welches bei der Interpolation einer Horizontfläche auch Höhenangaben von anderen Schichten berücksichtigt.

Schicht (Kürzel)	Punkt- anzahl Unter- kante	Punkt- anzahl Ober- kante	Schicht- fläche (km ²)	Punkte/ km ² Unter- kante	Punkte/ km ² Ober- kante
W1 gm	79	24	62,9	1,3	0,4
S3 gl	74	11	8,0	9,3	1,4
S3 gm	149	20	26,7	5,6	0,8
S2 gl	935	54	112,5	8,3	0,5
S2 gm	1 360	358	139,9	9,7	2,6
S1 gl	1 161	117	207,4	5,6	0,6
S1 gm	2 318	520	239,6	9,7	2,2
Hol	2 106	421	193,3	10,9	2,2
E2 gl	2 245	88	258,4	8,7	0,3
E2 gm	1 001	368	71,6	14,0	5,1

Tab. 1: Anzahl und Dichte der Höhenangaben aus Bohrprofilen und Isolinien je Schichtoberkante und -unterkante
W – Weichsel; S – Saale; Hol – Holstein;
E – Elster; gm – Grundmoräne;
gl – glazilimnische Sedimente

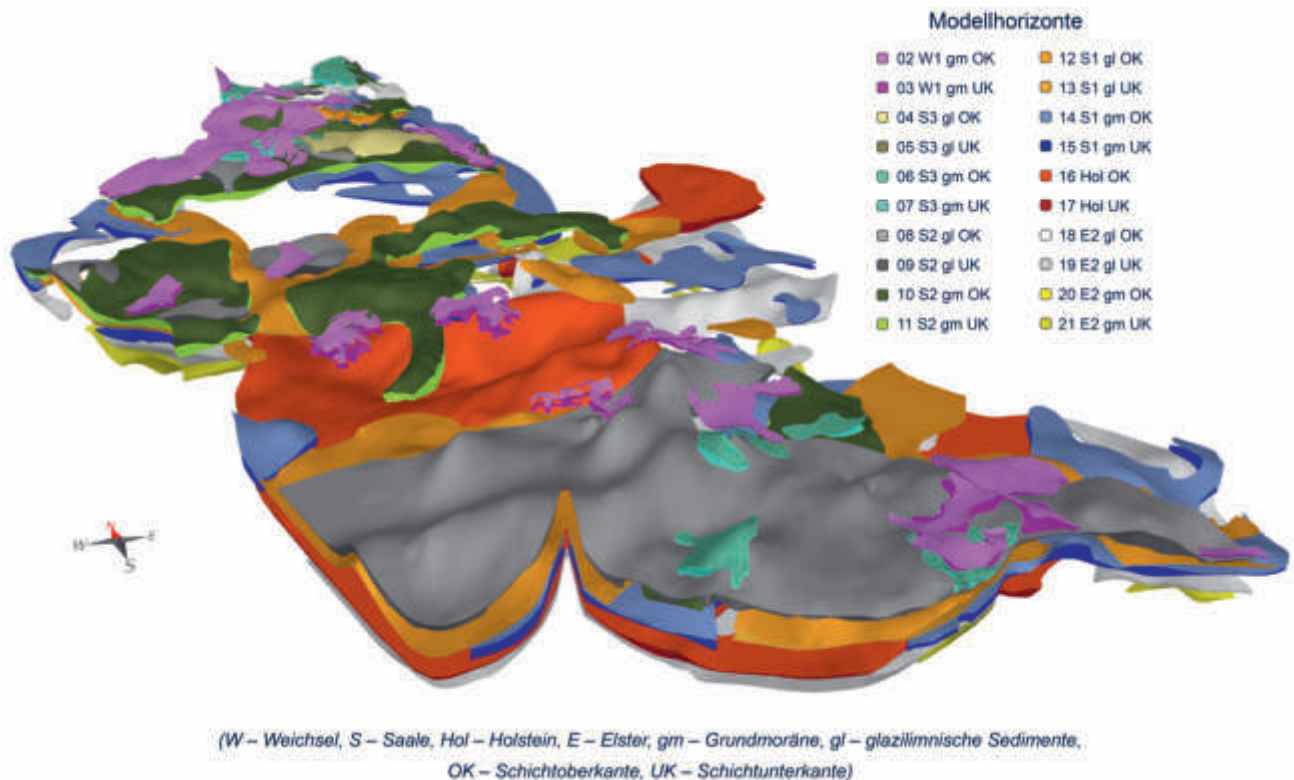


Abb. 2: Darstellung des 3D-Modells der Grundwasserhemmer innerhalb des Teil-Einzugsgebiets „Mittlere Oder“ im BGR 3D-Viewer ohne Modellhorizont 01 DGM (Digitales Geländemodell)

Im Ergebnis konnte ein vereinfachtes, geologisches 3D-Modell der oberen Grundwasserhemmer im Einzugsgebiet „Mittlere Oder“ erzeugt werden, dessen Schichtabgrenzungen jedoch auf der LKQ 50 basieren und somit keine aktuellen Forschungsstände reproduzieren. Abbildung 2 zeigt die Modelldarstellung über den 3D-Viewer der BGR via https://gst.bgr.de/shortlink/mittlere_oder. Dieses geologische 3D-Modell soll im Weiteren noch durch eine Schicht Auenlehm ergänzt werden, die in großen Bereichen der Oderniederung einen relevanten Grundwasserhemmer ausbildet.

Förderung: Der Autor dankt ASPEN TECHNOLOGY INC. (ASPENTECH) für die Bereitstellung von Lizenzen der Software SKUA-GOCAD bzw. Aspen SKUA im Rahmen des Academic Software Program.

Literatur:

- CEPEK A. G. (1981): Fachbereichstandard Geologie: Stratigraphie - Stratigraphische Skala der DDR, Quartär. – TGL 25 234/07, Berlin
- CEPEK A. G. (1999): Die Lithofazieskarte Quartär 1 : 50.000 (LKQ 50) - Eine Erläuterung des Kartenkonzepts mit Hinweisen zum Gebrauch. – Brandenburgisch. Geowiss. Beitr. 6, 2, S. 3–38

JANETZ S. (2019): Entwicklung eines hydrogeologischen 3D-Modells zur Berechnung der Strömungsgeschwindigkeiten und Austauschraten in den känozoischen Porengrundwasserleitern Ostbrandenburgs. – Dissertation, Fakultät für Umwelt und Naturwissenschaften, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, S. 28 (unveröff.)

ASPENTECH (2023): Aspen SKUA® Software. <https://www.aspentech.com/en/products/sse/aspen-skua> (Stand

Anschrift des Autors:

Klaus Duscher
Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe, B2.2
Wilhelmstrasse 25–30
13593 Berlin

*Geologische Besonderheit in der Region:
Neanderthalerfundstelle Eem von Jänschwalde –
neben Feuersteinartefakten und Großsäugerresten
auch der besondere Fund eines Kiefernstamms aus
dem Saale-Spätglazial (s. Sonderband 2016
Brandenburg. geowiss. Beiträge 22/
Arbeitsberichte zur Bodendenkmalpflege
in Brandenburg 28)
(Foto: Annette Kossler)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 111–112	1 Abb., 3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Die Forschungsbohrungen Concordia-See und Königsau (ehemaliger Ascherslebener See, Sachsen-Anhalt): Neue Multiproxy-Analysen zur detaillierten Gliederung der Weichsel-Kaltzeit

ELISABETH ENDTMANN, PETER FISCHER, PETER FRENZEL, OLAF JÖRIS, TOBIAS LAUER, IVO RAPPSILBER,
HENRIK ROTHER, ANDREAS VÖTT, STEFAN WANSA & CHRISTIAN ZEEDEN

1967 beschrieb Dietrich MANIA aus den damaligen Braunkohlen-Tagebauen Königsau und Nachterstedt (nord-östliches Harzvorland, ehemaliger Ascherslebener See) erstmals bis zu 25 m mächtige vielgliedrige Abfolgen oberpleistozäner und holozäner Ablagerungen. Die Schichten dokumentierten 13 klimatisch gesteuerte Ablagerungszyklen vom Eem bis in das Holozän und damit das vollständigste Profil der Weichsel-Kaltzeit des norddeutschen Periglazialraums. Überdies konnten in Königsau mehrere mittelpaläolithische Fundhorizonte untersucht werden (u. a. MANIA & TOEPFER 1973). Aufgrund der großen überregionalen Bedeutung der Sedimentfolgen und Fundhorizonte initiierte das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt unter Mitarbeit weiterer Institutionen eine umfängliche Neubearbeitung der jungquartären Schichtenfolge. Das Methodenspektrum umfasst neben der sedimentgeologischen-geochemischen Analyse auch mikro- und makropaläontologische Untersuchungen (Pollen und Sporen, botanische Makroreste, Ostrakoden, Mollusken), die Bestimmung gesteinsmagnetischer Parameter sowie IRSL-Datierungen.

Südlich der Ortschaft Schadeleben wurde die Forschungsbohrung Concordia-See (CON 1/2020) niedergebracht. Die zwei ca. 14,5 m langen Parallelkerne zeigen eine vielschichtige Abfolge von grob- und feinklastischen Sedimenten mit

geringen Humusgehalten während der Weichsel-Kaltzeit. IRSL-Daten dokumentieren den Zeitraum von MIS 6 bis MIS 3/2, mit hohen Sedimentationsraten während MIS 4. Ablagerungen der Eem-Warmzeit (MIS 5e) sind nicht erfasst (vgl. ENDTMANN et al. 2022). Aufgrund starker Beeinflussung durch umgelagertes Tertiär-Material und geringer Pollenkonzentration erweist sich die palynostratigraphische Interpretation der limnisch-fluviatilen und periglazialen Sedimente als schwierig. Nach weiteren Auswertungen von Manias Profilbeschreibungen und älteren Bohrungen der Braunkohlen-Erkundung sowie eigenen geoelektrischen Untersuchungen im unverritzten Gebiet wurde zusätzlich die Forschungsbohrung Königsau (KOE 1/2023), ebenfalls mit zwei Parallelkernen, am Südwest-Stoß des ehemaligen Tagebaus Königsau abgeteuft. Die 21,9 m langen Kerne (Abb. 1) beinhalten nach ersten palynostratigraphischen Untersuchungen bei 20,9 m Teufe eine auch von MANIA (1967) beschriebene Kalkmudde, welche gesichert in das beginnende Eem datiert. Die überlagernden Schluffe und Sande weisen höhere Mächtigkeiten auf als im Kern CON 1/2020. Sie versprechen eine deutlich bessere zeitliche Auflösung des noch zu untersuchenden Profils.

Die Gesamtheit der vorliegenden bzw. noch zu erhebenden Daten wird das Verständnis der klimatisch induzierten geomorphologischen Prozesse während der Weichsel-Kaltzeit

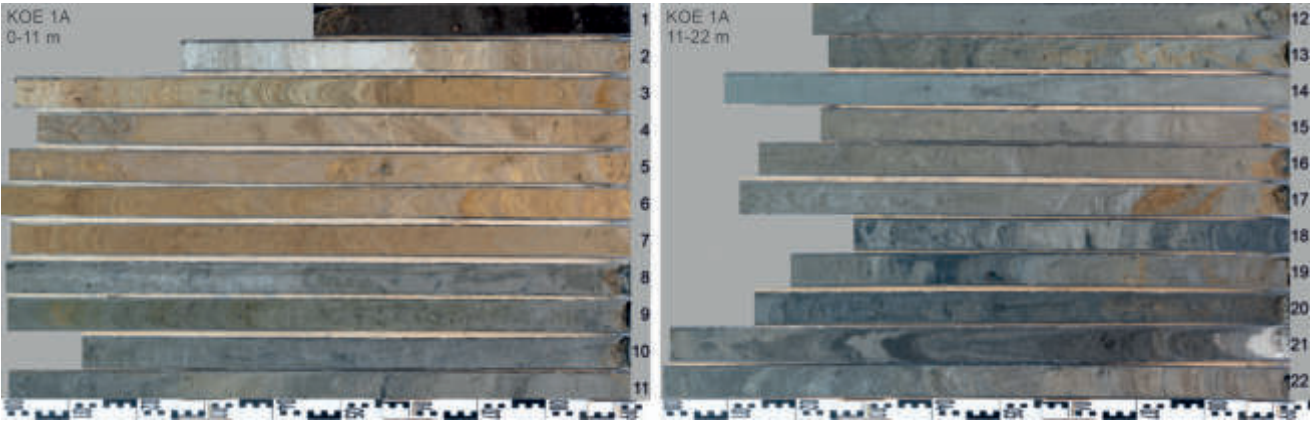


Abb. 1: Schichtenfolge des Kerns KOE 1A/2023

deutlich verbessern und die relativchronologische Parallelisierung mit bekannten Weichsel-zeitlichen Sedimentfolgen Mitteleuropas ermöglichen.

Literatur:

ENDTMANN, E., FISCHER, P., FRENZEL, P., JÖRIS, O., LAUER, T., RAPPSILBER, I., ROLF, C., ROTHER, H., VÖTT, A., WANSA, S., WOLLMEINER, J. & C. ZEEDEN (2022): Multiproxy-Analysen an weichselzeitlichen Ablagerungen bei Schadeleben (Sachsen-Anhalt) [Vortrag]. – 82. Tagung der AG Norddeutscher Geologen, 07.–10.6.2022 in Osnabrück, Tagungsband und Exkursionsführer, S. 23–24

MANIA, D. (1967): Das Quartär der Ascherslebener Depression im Harzvorland. – *Hercynia*, N. F. 4, S. 51–82

MANIA, D. & V. TOEPFER (1973): Königsau – Gliederung, Ökologie und mittelpaläolithische Funde der letzten Eiszeit. – Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte in Halle **26**, 164 S., Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften)

Anschriften der Autoren:

Elisabeth Endtmann
Ivo Rappsilber
Henrik Rother
Stefan Wansa
Landesamt für Geologie und
Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle/S.

Peter Fischer
Andreas Vött
Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
Geographisches Institut
Johann-Joachim-Becher-Weg 21
55099 Mainz

Peter Frenzel
Friedrich Schiller-Universität Jena,
Institut für Geowissenschaften
Burgweg 11
07749 Jena

Olaf Jöris
MONREPOS
Archäologisches Forschungszentrum und
Museum für menschliche Verhaltensevolution
Schloß Monrepos
56567 Neuwied

Tobias Lauer
Eberhard Karls-Universität Tübingen,
Forschungsgruppe Terrestrische Sedimentologie
Schnarrenbergstr. 94–96
72076 Tübingen

Christian Zeeden
Leibnitz-Institut für Angewandte Geophysik
Stilleweg 2
30655 Hannover

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 113–114	3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Die Forschungsbohrung Klosterrohrbach in der Helme-Niederung bei Sangerhausen – Interdisziplinäre Untersuchungen an Sedimenten aus dem obersten Mittelpleistozän

ELISABETH ENDTMANN, STEFAN MENG, IVO RAPPSILBER, HENRIK ROTHER, JAQUELINE STRAHL,
SUMIKO TSUKAMOTO & STEFAN WANSA

Das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) hat in der Helme-Niederung im südöstlichen Harzvorland die Forschungsbohrung Klosterrohrbach (FB-Krb 1/2013) zwecks Untersuchung der vielgliedrigen quartären Schichtenfolge sowie zur Rekonstruktion von langfristigen Senkungsbewegungen infolge der Subrosion von Zechstein-Salzen niederbringen lassen. Nach Angaben aus älteren Bohrungen in der Umgebung des Bohrstandortes war eine mindestens 60 m mächtige Abfolge quartärer Bildungen u. a. mit Eem- und Holstein-zeitlichen Ablagerungen zu erwarten (u. a. KRIEBEL 1971).

Auf Feinsandstein und Ton der Bernburg-Formation (Unterer Buntsandstein) im Liegenden folgt ein 64 m mächtiges Quartärprofil. Es besteht überwiegend aus Helme-Schottern, Hochflutablagerungen sowie klastischen Stillwassersedimenten. Untergeordnet treten Fließerden, Schluffmude und Schwemmlöss auf.

Die quartäre Schichtenfolge wurde interdisziplinär untersucht. Neben der lithologischen Kernaufnahme und den begleitenden sedimentologischen und geochemischen Analysen erfolgten paläobotanische und malakologische Bearbeitungen. Der chronologische Rahmen für die obere Profilhälfte ist durch vier Fading-korrigierte post-IR-IRSL-Daten gegeben. Mit Altern von 188 ± 15 ka bis 159 ± 12 ka ist der Teufenbereich von 33,57 m bis 9,26 m in den oberen Teil des Saale-Komplexes einzuordnen.

Die Sedimente im Teufenbereich von 64,00 m bis 51,60 m werden als Beckenablagerungen, Fließerden und Hochflutablagerungen interpretiert. Sie enthalten drei Steinsohlen. Die scharfe Schichtgrenze von einer mit Feinmaterial vermengten Kiesschicht (Steinsohle) zu Feinsand in 51,60 m Teufe markiert möglicherweise den Hiatus zwischen der Elster-Kaltzeit und dem unteren Teil des Saale-Komplexes (Unter-Saale). Ablagerungen der Holstein-Warmzeit, der Fuhne-Kaltzeit, der Horstwiesen-Warmzeit und der Wormsdorf-Kaltzeit, welche in der nur ca. 3 km entfernten Forschungsbohrung Martinsrieth nachgewiesen wurden (vgl. WANSÄ et al. 2022), sind nicht überliefert.

Die ältesten pollenanalytisch ausgewerteten Ablagerungen datieren in die Pollenzone 4a-b der Dömnitz-Warmzeit (ca. 47,00 m bis 44,85 m). Die Hochflutablagerungen sind u. a. durch hohe Pollenanteile der Laubgehölze Eiche, Erle, Haselnuss und Linde gekennzeichnet. Die Wasservegetation wird von Teichfaden, Großem Nixkraut, Schwimmendem Laichkraut und Ährigem Tausendblatt geprägt. Sie repräsentiert ein stehendes bis langsam fließendes Gewässer sowie günstige klimatische Bedingungen. Zudem wird die dickschalige Flussmuschel *Corbicula fluminalis* (*C. fluminalis* auct. non O. F. Müller 1774?) mit mehr als 50 Schalenklappen unterschiedlicher Altersstadien nachgewiesen. Sie ist die namensgebende Leitart für die sogenannten *Corbicula*-Schotter, die nach bisherigen Kenntnissen dem unteren Saale-Komplex zuzuordnen sind (MENG & WANSÄ 2008). Jüngere Ablagerungen der Dömnitz-Warmzeit (Pollenzone 4c-e) mit den charakteristischen Maxima von Hainbuche und Tanne fehlen (Hiatus).

Die nachfolgenden Seetone, Seeschluffe und Seesande werden als Stadal-Interstadial-Abfolgen der Delitzsch-Phase (Ober-Saale) eingestuft. Insgesamt werden drei Bereiche mit interstadialer Vegetation beobachtet. Während des Interstadials A/B (43,00 m bis 34,65 m) sind neben der Kiefer auch Erle, Haselnuss und Fichte in der Gehölzschicht etabliert. Auffällig ist neben hohen Anteilen von Süß- und Sauergräsern das vermehrte Vorkommen von Heidekrautgewächsen in der Krautvegetation. Das Interstadial B/C (31,85 m bis 25,60 m) zeigt eine ausgeprägte Dreiteilung mit Ausbreitung, Maximum und Rückgang des Kiefern-Anteils. Ein analoger Kurvenverlauf ist bei der Grünalge *Pediastrum* zu beobachten. Erhöhte Anteile werden mit einer Erwärmung und/oder einer Verflachung des Sedimentationsraumes in Verbindung gebracht. Auf letzteres könnte auch der Nachweis von Armleuchteralgen-Oogonien hinweisen. Weitere Vertreter der Wasservegetation sind Teichfaden und Schwimmendes Laichkraut. Dieser Kernabschnitt beinhaltet erneut eine reiche Molluskenfauna. Das Arteninventar ähnelt dem der Dömnitz-Warmzeit, *Corbicula fluminalis* tritt hier jedoch nicht auf.

Im Bereich von 20,87 m bis 9,95 m lagern die Helme-Schotter der Haupt-Mittelterrasse. Sie sind durch feinkörnige Sedimente (Hochflutablagerungen), die von 15,10 m bis 14,50 m das Interstadial C/D repräsentieren, unterteilt. Das dritte Interstadial zeigt eine ausgesprochen lichte Bewaldung mit Kiefer, Wacholder, Pappel und Weide. Die Wasservegetation wird von Wasser-Hahnenfuß, Faden-Laichkraut und cf. Gras-Laichkraut geprägt. In diesem Abschnitt ist erneut eine diverse Molluskenfauna, bestehend aus Süßwasserarten und auch Nacktschnecken (Limacidae/Agriolimacidae), zu beobachten.

Die höher gelegenen, fast 6,00 m mächtigen Helme-Schotter (mit eingeschalteten Hochflutablagerungen) werden als Niederterrasse der Weichsel-Kaltzeit angesehen. Ihre Basis befindet sich nach geröllanalytischer Indikation an der Schichtgrenze in 8,23 m Teufe. Sie bildet vermutlich zugleich die Grenze zwischen dem Saale-zeitlichen und dem Weichsel-zeitlichen Profilabschnitt. Bildungen aus der Eem-Warmzeit sind nicht erhalten.

Literatur:

KRIEBEL, U. (1971): Das Mittelquartär im Helme- und Unstrut-Ried. – *Geologie* **20**, S. 148–167

MENG, S. & S. WANSA (2008): Sedimente und Prozesse am Außenrand der Saale-Vereisung südwestlich von Halle (Saale). – *Zeitschrift der deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **159**, 2, S. 205–220

WANSA, S., STRAHL, J. & S. MENG (2022): Die Forschungsbohrung Martinsrieth – ein neues Profil für das jüngere Mittel- und das Oberpleistozän in der Helme-Niederung bei Sangerhausen (Sachsen-Anhalt) [Poster]. – In: BRAUER, A. & M. SCHWAB (eds.): DEUQUA 2022 Conference, Connecting Geoarchives, Abstract Volume, pp. 143–144, Helmholtz Centre Potsdam

Anschriften derAutoren:

Elisabeth Endtmann
Ivo Rappsilber
Henrik Rother
Stefan Wansa
Landesamt für Geologie und
Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle

Stefan Meng
Universität Greifswald,
Institut für Geographie und Geologie
Friedrich-Ludwig-Jahn Str. 17A
17489 Greifswald

Jaqueline Strahl
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Postfach 100933
03009 Cottbus

Sumiko Tsukamoto
Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik
Stilleweg 2
30655 Hannover

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 115–116	1 Abb., 3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Die Erkundung des „relativ Unbekannten“ – Spülbohrungen (> 200 m Teufe) als Lückenschluss zwischen flachen und tiefen Bohrungen in Niedersachsen

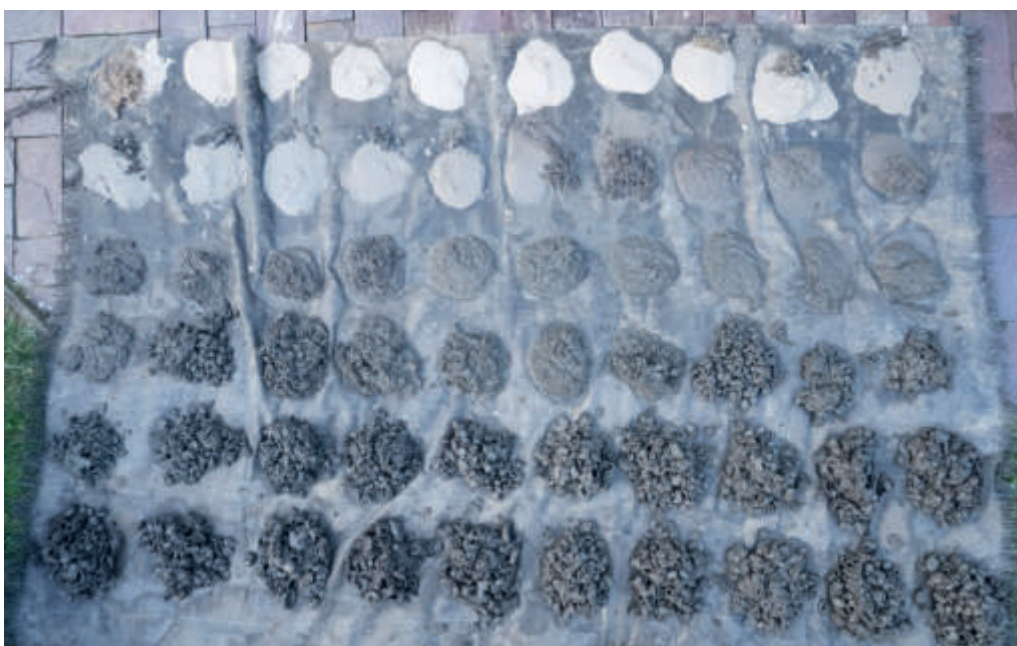
ALEXANDER ENGELER, KERSTIN FISCHER, JANINE MEINSEN, ROBERTO PIERAU & CORNELIA WANGENHEIM

Der geologische Untergrund Niedersachsens ist auf den ersten Blick durch zahlreiche Bohrungen gut bekannt. Allerdings reicht ein Großteil dieser Bohrungen aufgrund des Bohrzwecks, wie hydrogeologische Bohrungen oder Erdwärmebohrungen, nur bis in Teufenbereiche von rund 100 bis 150 m. Tiefbohrungen aus der Kohlenwasserstoff-Industrie liefern umfangreiche geologische Informationen aus dem tiefen Untergrund, enthalten allerdings meist limitierte Informationen in den obersten hundert Metern. Der Abschnitt zwischen 150 m und ca. 400 m ist regional nur wenig bzw. lückenhaft erkundet, sodass selbst im Fall einer insgesamt hohen Bohrungsdichte manche Fragestellungen nur unzureichend beantwortet werden können. Dazu zählen genaue Angaben zur Quartärbasis, die am Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) gerade landesweit überarbeitet wird, Fragen zum Aufbau und zur Genese tiefer quartärer Rinnen sowie zur Verbreitung und Ausbildung tertiärer Sedimente.

Um wertvolle Informationen aus diesem Teufenbereich zu erhalten, in dem sehr selten Kernbohrungen durchgeführt

werden, hat das LBEG damit begonnen, Daten aus geeigneten Spülbohrungen von Bohrunternehmen zu gewinnen. Insbesondere mit dem in den letzten Jahren größer werdenden Aufkommen von Erdwärmebohrungen > 200 m wächst die Anzahl der Bohrungen, aus denen sich im Dialog mit den Bohrunternehmen valide geologische Informationen, wie ein detailliertes Schichtenverzeichnis mit stratigraphischen Angaben und ggf. geophysikalische Messdaten, gewinnen lassen.

Für jede in Niedersachsen angezeigte Spülbohrung mit einer Teufe > 200 m wird die geologische Situation an der Bohrlokation in einem Umkreis von ca. 2 km unter Zuhilfenahme der am LBEG verfügbaren Informationen, wie umliegende Bohrungen, Profilschnitte und Kartenwerke (NIBIS® KARTENSERVEN 2023) sowie 3D-Modelle (LBEG 2023) geprüft, um ein geologisches Vorprofil zu erstellen. Anhand des Vorprofils lässt sich abschätzen, inwiefern neue detaillierte Bohrdaten an der jeweiligen Lokalität für geologische Fragestellungen, wie z. B. die Lage der Quartärbasis oder mögliche tertiäre Schichten, rele-



*Abb. 1:
Beispiel einer Auslage
von Spülbohrproben
im 4 m-Intervall einer
vom LBEG
aufgenommenen
Bohrung
(Foto: A. Engeler)*

vant sein könnten. Ein wichtiger Aspekt ist dabei auch die Möglichkeit des Durchteufens von datierbaren Schichten wie Tonen, Schluffen, Torfen oder anderen organikreichen Horizonten. Diese Parameter geben den Ausschlag, ob das Schichtenverzeichnis der Bohrung durch Mitarbeitende des LBEG aufgenommen und Bohrproben datiert und ggf. geochemisch oder mineralogisch analysiert werden sollen (s. Abb. 1). In Abhängigkeit der geologischen Situation und Fragestellung wird optional eine geophysikalische Bohrlochvermessung durchgeführt, um die lithologischen und petrophysikalischen Eigenschaften der erbohrten Schichtabfolge detaillierter charakterisieren zu können, da die Aussagekraft von Proben aus Spülbohrungen mitunter limitiert ist. Dabei werden üblicherweise die Parameter Gamma-Ray und Widerstand sowie im Einzelfall Salinität, Temperatur und Kaliber gemessen.

Die bisher tiefste bearbeitete Bohrung (BID: 2713HY0718, Gießelhorst-8) mit einer Endteufe von 408 m wurde westlich von Oldenburg abgeteuft. In der Bohrung wurden ca. 130 m mächtige quartäre Sedimente erbohrt, die bis 64 m aus Grobsand mit Einschaltungen von Ton- und Schlufflagen bestehen. Zwischen 64 m und 132 m treten die Lauenburg-Schichten auf, die sich aus tonigem bis schluffigem Feinsand zusammensetzen und am Top und an der Basis tonige bis schluffige Abschnitte zeigen. Unterhalb der Quartärbasis folgen bis 188 m schluffige Ablagerungen des Unterpliozän, unter denen sich Tone des Miozän finden. Von 368 m bis zur Endteufe folgen dann Tone des Unteroligozän. Die stratigraphische Einstufung wurde anhand von Pollen- sowie Dinozysten-Analysen für das Quartär bzw. das Tertiär vorgenommen (EGGER & STOJAKOWITS 2023). Mithilfe einer im Anschluss an die Bohrarbeiten durchgeführten geophysikalischen Bohrlochvermessung konnte das Schichtenverzeichnis verifiziert werden.

Im Zusammenspiel von schichtgetreuer qualifizierter Probenahme, Schichtenbeschreibung, Datierung und geophysikalischer Bohrlochmessung wurden in der Erdwärme-Bohrung Gießelhorst-8 detaillierte lithologische Informationen zum Quartär und jüngeren Tertiär gewonnen. Diese Art der Bohrungsaufnahme wurde am LBEG im Referat „Geologische Grundlagen“ etabliert und wird seit 2022 angewandt. Die dabei erarbeiteten geowissenschaftlichen Informationen qualifizieren diese Bohrungen als regionalgeologische Referenzbohrungen. Eine wichtige Grundvoraussetzung für den Erfolg der Datengewinnung ist ein guter Dialog mit den durchführenden Bohrunternehmen, da für verlässliche Daten aus Spülbohrungen bestimmte technische Anforderungen eingehalten werden müssen und sich die Qualifikation des Bohrteams wesentlich auf die Datenqualität auswirkt. Umgekehrt tragen die gewonnenen Daten erheblich zur Verbesserung der Planungssicherheit für zukünftige Bohrtätigkeiten bei.

Literatur:

- EGGER, L. & P. STOJAKOWITS (2023): Stratigraphischer Untersuchungsbericht zur Bohrung Gießelhorst-8 südöstl. Westerstede. – PaStraLa-Bericht Nr 20709_25689, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Hannover, 11 S. (unveröff.)
- NIBIS® KARTENSERVEN (2023): Bohrungen und Profilbohrungen; Geologie. – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Hannover <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>
- LBEG (2023): GTA3D (2013): Geotektonischer Atlas 3D (12) - NIBIS® Kartenserver. – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Hannover <https://3d.lbeg.de/>

Anschrift der Autoren:

Alexander Engeler
Kerstin Fischer
Janine Meinsen
Dr. Roberto Pierau
Dr. Cornelia Wangenheim
Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2
30655 Hannover

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 117–118	7 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Neue Erkenntnisse aus alten Daten? – Digitalisierung und Auswertung mikropaläontologischer Berichte

GERO FISCHER

Die DDR entwickelte sich aufgrund anhaltender Rohstoffknappheit und Autarkiebestrebungen, befeuert durch die Planwirtschaft, zu einem der geologisch am gründlichsten erforschten Länder weltweit. Da die Ergebnisse dieser Forschung oft Fragen der nationalen Sicherheit, z. B. Rohstoff- und Energiereserven betrafen, blieben sie lange unter Verschluss. Wir stehen heute vor der Herausforderung, diesen reichen Fundus aus den Archiven zu heben, die Daten zu extrahieren und für die geologische Landesaufnahme sowie die Forschung nutzbar zu machen.

Die lithologisch-paläogeographischen Karten der DDR im Maßstab 1 : 500 000 (LPK), zwischen 1970 und 1979 erstellt, bieten eine umfassende Übersicht über die Lithologien des tieferen Untergrunds der ostdeutschen Bundesländer und „bilden die einzige in sich konsistente Datengrundlage zu diesem Themenkomplex“ und liegen seit 2019 in digitaler Form vor (MALZ et al. 2019). In den folgenden Jahrzehnten, während der Erdöl-/Erdgas-Exploration durch den VEB Kombinat Erdöl-Erdgas Gommern wurden umfangreiche Erkenntnisse gewonnen, insbesondere durch die detaillierte mikropaläontologische Untersuchung von hunderten Bohrungen und die Erstellung entsprechender Berichte durch Mitarbeiter des Zentralen Geologischen Institutes der DDR, die noch nicht in die Karten einfließen konnten.

Es stellten sich folgende Fragen: Können die Daten aus der Erdöl-/Erdgasexploration, insbesondere die mikropaläontologischen Berichte, genutzt werden, um die digitale LPK zu erweitern und mit dieser zusammen zukünftig in Untergrundmodelle einfließen? In welchem Maße korreliert die Mikrofazies mit der Lithofazies? Spiegeln sich in der Mikrofazies weitere Faktoren wieder, welche in den lithologisch-paläogeographischen Karten nicht berücksichtigt wurden (z. B. Meerwassertemperatur, Nährstoffeintrag und Strömungen)?

In der Altmark im Nordwesten Sachsen-Anhalts lagert ein bedeutendes Erdgasvorkommen. So weist dieses Gebiet eine besonders hohe Bohrungsdichte auf und wurde als Untersuchungsgebiet ausgewählt. Im Untersuchungsge-

biet wurden die Berichte der mikropaläontologischen Bearbeitung von 197 Bohrungen ausgewertet. Die Bohrungen reichen vom Tertiär bis ins Jura, teilweise sogar tief in die Trias, wobei nicht alle Bohrungen die gesamte Stratigraphie durchteufen und nicht alle Bohrungsabschnitte mikropaläontologisch bearbeitet wurden. Der Prozess der Digitalisierung, maschinenlesbaren Aufbereitung und Überführung der Berichte mikropaläontologischer Untersuchungen in eine Datenbank ist abgeschlossen. Allerdings ist noch eine umfassende Datenaufbereitung erforderlich. Dazu werden Skripte in der Programmiersprache R erstellt. Parallel dazu wird ein Katalog erarbeitet, der Informationen zu den Spezies wie stratigraphische Reichweite, Morphotyp und Mikrohabitatpräferenzen enthält (STAESCHE & HILTERMANN 1940; BARTENSTEIN et al. 1962; LOTSCH et al. 1969; HELMDACH 1977; JENKINS & MURRAY 1981; MURRAY 2008).

Die Mikrofazies wurden nach ihrer stratigraphischen Einstufung gruppiert und den entsprechenden Karten zugeordnet. Die Verbreitung von Fossilgruppen und Arten/Typen wird jeweils auf einer Karte dargestellt und die Verbreitungsmuster werden mit der stratigraphisch zugehörigen LPK verglichen. Die Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen.

Literatur:

BARTENSTEIN, H., BETTENSTAEDT, F., BISCHOFF, G., BRAND, E., DOEBL, F., FAHRION, H., HILTERMANN, H., KLINGLER, W., KOCH, W., MALZ, H., MARTIN, G. P. R., SIMON, W., WICHER, C. A., WICK, W. & J. WOLBURG (1962): Leitfossilien der Mikropaläontologie. – 432 S., Berlin (Gebürder Bornträger)

HELMACH, F. (1977): Leitfaden zur Bestimmung fossiler und rezenter Ostrakoden. – 264 S., Berlin (de Gruyter)

JENKINS, D. G. & J. W. MURRAY (1981): Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera. – 310 S., Chichester (British Micropalaeontological Society/Ellis Horwood Limited)

LOTSCH, D., KRUTZSCH, W., MAI, D., KIESEL, Y., & E. LAZAR (1969): Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der Deutschen Demokratischen Republik. – 438 S., Berlin (Zentrales Geologisches Institut)

MALZ, A., SCHIMPE, L. & B. ALHAWIJA (2019): Digitalisierung Lithologisch-Paläogeographischer Karten zum Aufbau einer Informationsebene zum Mesozoikum, Dokumentationsbericht. – 24 S., Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle (unveröff.)

MURRAY (2008): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. – 440 S., Cambridge (Cambridge University Press)

STAESCHE, K. & H. HILTERMANN (1940): Mikrofaunen aus dem Tertiär Nordwestdeutschlands. – Abh. Reichsst. Bodenforsch. **201**, 26 S.

Anschrift des Autors:

Gero Fischer
Landesamt für Geologie und
Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle (Saale)

Die Seeser Sande: Schwermineralanalyse als Hilfsmittel für die Entwicklung eines geologischen Modells

DANIELA FOCKE & FRANK BRETSCHNEIDER

Einleitung

Die Seeser Sande, zugehörig zur miozänen Meuro-Formation, welche für Bodenverflüssigungen und Sackungen in den Innenkippen im Hinterland gesicherter Restseeböschungen im Gebiet der ehemaligen Tagebaue Schlabendorf und Seese verantwortlich gemacht werden, wurden mittels eines umfangreichen, multidisziplinären Ansatzes detailliert untersucht. Des Weiteren wurden die Sande mit den stratigraphisch vergleichbaren Abfolgen aus den Tagebauen Welzow-Süd und Nochten verglichen und ein geologisches Genesemodell für das Untersuchungsgebiet erarbeitet (vgl. FOCKE, BRETSCHNEIDER & STANDKE 2023). Hier soll nun aufgezeigt werden, welche Erkenntnisse durch die Untersuchung der Schwerminerale gewonnen werden konnten und in wie weit diese zur Modellfindung beigetragen haben.

1 Schwermineraluntersuchungen an den Seeser Sanden

Als Ausgangsmaterial standen Sedimente aus drei Bohrungen aus dem Raum Seese/Schlabendorf (SEEW3, SLAS1, SLAM4) zur Verfügung, aus welchen die Proben zur Analyse ausgewählt wurden. Dabei repräsentieren alle Proben verschiedene Faziesbereiche und Korngrößenspektren. Die Bohrung SEEW3 wurde als Leitprofil gewählt und detailliert mit Proben zur sedimentpetrographischen Analyse untersucht. Aus den anderen beiden Bohrungen wurden die Proben so gewählt, dass ein lateraler Vergleich der Sedimentpakete möglich ist. Das Leitprofil SEEW3 kann anhand der gewonnenen Ergebnisse in 7 Gruppen verschiedener Schüttungen/Ablagerungsbedingungen oberhalb des 2. Miozänen Flözes gegliedert werden (Abb. 1). Bereits hier dienten die Ergebnisse der Schwermineralanalyse als eines

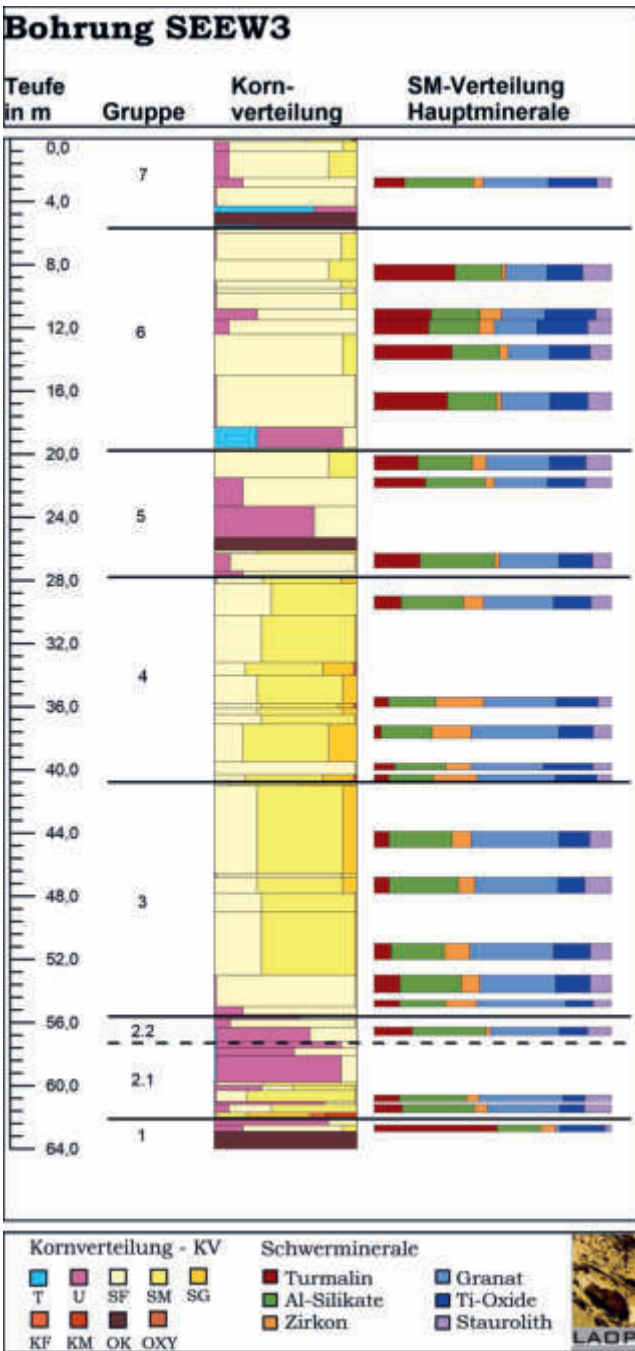


Abb. 1:
Darstellung der untersuchten Bohrung SEEW3 im Raum Seese/Schlabendorf hinsichtlich der Unterteilung in Gruppen und der Analyseergebnisse der Haupt-Schwerminerale der Kornfraktion 100–200 µm

der wichtigsten Kriterien zur Unterteilung der Gruppen. In Abbildung 1 sind die Hauptschwerminerale der Kornfraktion 100–200 µm abgebildet. Schon auf den ersten Blick sind die Unterschiede in der Verteilung sichtbar, insbesondere bei Turmalin und Granat.

Im Liegenden finden sich teilweise rollige Sedimente der Gruppe 1. Ihr Schwermineralspektrum unterscheidet sich von den nachfolgenden Sedimentpaketen deutlich. Die Gruppen 2, 3 und 4 werden den Seeser Sanden zugeordnet und sind, mit Ausnahme von Gruppe 2, durch Ablagerungen eines hochenergetischen Milieus geprägt. Die Gruppen 5 und 6 entsprechen dem Grundwasserleiter (GWL) 3 der Greifenhain- und Nochten-Subformation der Meuro-Formation. Gruppe 7 stellt im Quartär umgelagertes Tertiärmaterial dar. Im Ergebnis konnten die Seeser Sande hiermit erstmals nicht nur anhand ihrer Korngröße, sondern durch ihre mineralische Zusammensetzung räumlich abgegrenzt werden. Auch wurde eine isochrone Position der Seeser Sande zum GWL 4 der marinen Greifenhain-Subformation herausgestellt.

2 Vergleich von Schwermineraluntersuchungen aus Seese, Welzow-Süd und Nochten

Nachfolgend sollen die Schwermineralassoziationen des GWL 4, genauer die GWL 430 bis 410, begrenzt durch den Hangendschluff des 2. Miozänen Flözes und die Unterbank Oberbegleiter der Greifenhain-Subformation, sowie der GWL 3 mit Sanden des Oberbegleiter-Komplexes (Greifenhain-Sbf.) und oberhalb des Spezialtons Heide (bzw. seiner Äquivalente), welche der Nochten-Subformation angehören, jeweils regional und zusammenfassend hinsichtlich ihres Schwermineralinhaltes verglichen werden. Aufgrund der paläogeographischen Lage (vgl. KNOX et al. 2010) nimmt der Raum Seese/Schlabendorf den dem offenen Meer am nächsten befindlichen Ablagerungsort ein. Eine Zwischenstellung wird dem Raum Welzow zugeschrieben und der Raum Nochten weist auf einen zur offenen Meeresküste entfernteren Ort hin.

GWL 4

Bei den Schwermineralen im Raum Seese bildet der Granat die größte Gruppe. Seine Anteile nehmen nach Nochten

über Welzow immer weiter ab (vgl. Abb. 2). Turmalin zeigt ein genau entgegengesetztes Verhalten. Zirkon erreicht in Welzow-Süd die höchsten Werte, dicht gefolgt vom Raum Seese, während die Gehalte in Nochten deutlich niedriger liegen. Gleiches ist bei den Aluminiumsilikaten zu beobachten. Betrachtet man die Aluminiumsilikate genauer, so zeigt sich eine Zunahme an Disthen bei gleichzeitiger Abnahme von Sillimanit vom Raum Seese nach Welzow. In Nochten nimmt Disthen deutlich ab, während Andalusit weitaus häufiger vorkommt, als in den anderen beiden Gebieten. Die Unterschiede in der Schwermineralzusammensetzung bilden gut die verschiedenen Ablagerungsmilieus ab. So sind deutliche Differenzen zwischen den küstennahen Ablagerungen aus Nochten, mit einer vermutlich hohen terrestrischen Komponente, und den Sanden aus dem Raum Seese/Schlabendorf zu erkennen, welche hauptsächlich von Küstenlängstransport geprägt sind. Der Raum Welzow weist dabei in der Schwermineralzusammensetzung eine Zwischenstellung/Mischung auf (vgl. FOCKE, BRETSCHEIDER & STANDKE 2023).

GWL 3

Im räumlichen Vergleich gleicht sich der Granatgehalt zwischen dem Raum Seese und Welzow, wobei bei Letzterem der Granat zum Hangenden hin immer mehr abnimmt. In Nochten sind die Anteile deutlich niedriger (vgl. Abb. 2). Beim Zirkon weist Seese die niedrigsten Gehalte auf, während sich Welzow und Nochten ähneln. Der Turmalingehalt ist in Nochten am höchsten, gefolgt von Seese und Welzow. In Welzow steigen die Turmalingehalte jedoch vom Liegenden zum Hangenden an und erreichen in etwa das Niveau von Seese. Der Gesamtgehalt der Aluminiumsilikate ändert sich nur gering und ist in Nochten am höchsten. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich aber in der Zusammensetzung der Aluminiumsilikate. Tritt in Seese und Welzow hauptsächlich Disthen gefolgt von Sillimanit und untergeordnet Andalusit auf, so dominiert in Nochten Sillimanit vor Andalusit. Disthen zeigt die niedrigsten Gehalte. Im GWL 3 sind die Unterschiede in der Schwermineralzusammensetzung der Räume Seese und Welzow geringer. Der Unterschied zum küstennahen Nochten jedoch bleibt bestehen. Aufgrund des regressiven Charakters der Abfolge hin zu den Klettwitz-Schichten (vgl. STANDKE 2011) ist hier aber von einer schwächeren Durchmischung der Sedimente auszugehen.

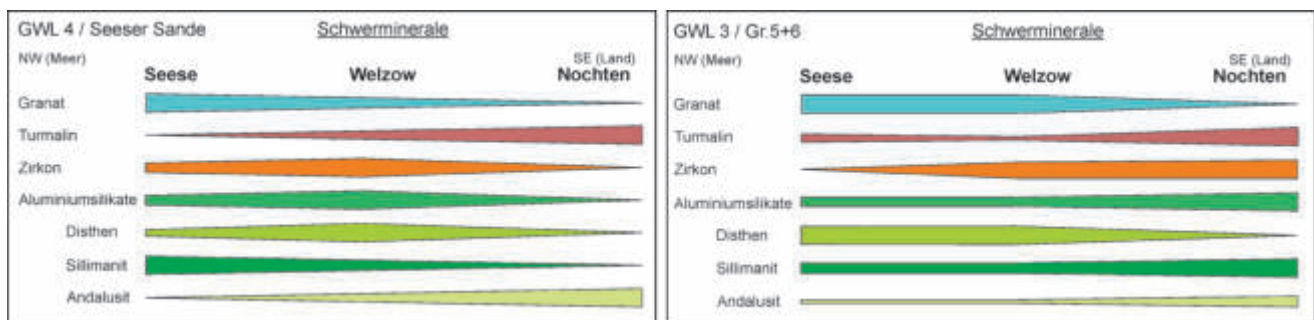


Abb. 2: Schematische Darstellung der wichtigsten Schwerminerale des GWL 4 und 3 im regionalen Vergleich

3 Provenanceanalyse

Um die Provenance der Sedimente aus Seese/Schlabendorf einzugrenzen, wurde für den GWL 4 versucht, anhand der Haupt-Schwerminerale auf mögliche Liefergebiete zu schließen. Dabei ist unklar, welche Gesteinseinheiten zur fraglichen Zeit der Verwitterung ausgesetzt waren und ob deren Material durch die entsprechenden Flusssysteme abgeführt wurde. In den entsprechenden Regionen, die für eine Sedimentherkunft in Frage kommen, wurde deshalb das Potential für das Vorhandensein der einzelnen Schwerminerale betrachtet. Unterschieden wird in die Liefergebiete Lausitzer Block (LB), Erzgebirge/Granulitgebirge, westliches Böhmisches Becken (BB), östliches Böhmisches Becken, Südflanke der Westsudeten und Adlergebirge, welche beide vermutlich über das östliche Böhmisches Becken entwässert wurden, und die Nordflanke der Westsudeten. Der Lausitzer Block bezieht sich hierbei auf den sächsischen Teil, wobei die anzutreffenden Schwerminerale (Zirkon, Turmalin, Granat und Andalusit) nur akzessorisch bzw. in kleinen Vorkommen auftreten und somit eher nicht für die Masse der benötigten Schwerminerale in Frage kommen. In den übrigen Regionen sind Zirkon und Rutil überall zu finden, so dass die beiden Minerale für eine Differenzierung der Gebiete ausscheiden. Turmalin tritt vor allem im Erzgebirge/Granulitgebirge, dem westlichen böhmischen Becken und den südlichen Westsudeten auf, in den anderen Regionen ist er nur geringfügig anzutreffen. Auch die Herkunft des Stauroliths ist vorwiegend auf diese Gebiete beschränkt. Für die Aluminiumsilikate kommen ebenfalls verschiedene Provenancen infrage. Während Disthen überall anzutreffen ist, beschränken sich größere Vorkommen von Andalusit hauptsächlich auf das Erzgebirge/Granulitgebirge und die nördlichen Westsudeten. Sillimanit hingegen ist in größeren Mengen im Granulitgebirge und im Böhmisches Becken zu finden. Laut SUHR (2003) ist auch eine Sillimanitquelle in den Westsudeten möglich. Des Weiteren identifiziert er das westliche Böhmisches Becken als Quelle für fibrolitischen Sillimanit. Da in den Seeser Sanden bzw. im GWL 4 jedoch hauptsächlich die Varietät des prismatischen Sillimanits auftritt, würde das westliche Böhmisches Becken als Liefergebiet ausscheiden. Die Herkunft des Granats kann noch einmal aufgrund der verschiedenen Granatvarietäten differenziert werden.

Mittels REM/EDX wurden die Granate der Fraktion 63–100 µm auf ihre Zusammensetzung untersucht. Die Ergebnisse sind in Dreiecksdiagrammen abgebildet, für welche hier stellvertretend das Diagramm der Probe SEEW3_065 dargestellt ist (Abb. 3). Dabei ist ersichtlich, dass in den untersuchten Proben Fe- (Almandin), Mn- (Spessartin) und Ca- (Grossular) Granate vorkommen, wobei erstere die größte Gruppe darstellen. Des Weiteren plotten die meisten Granate im Feld Bi bzw. Bii, welches amphibolitfazielle Metasedimente repräsentiert.

Als Provenance ist zum einen das Erzgebirge/Granulitgebirge zu nennen. Hier steht Almandin zur Verfügung, während alle drei Granatvarietäten aus dem östlichen böhmischen

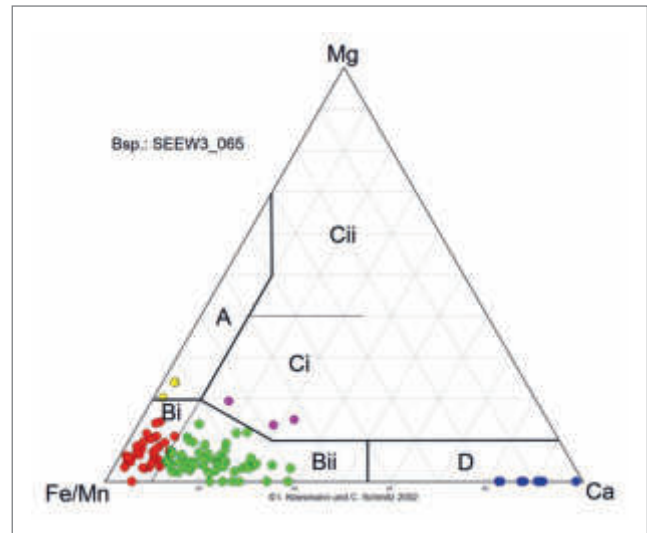


Abb. 3: EDX-Analyse von Granaten der Probe SEEW3_065 mit Zuordnung zu den jeweiligen Herkunftsgesteinen, nach MANGE & MORTON (2007):

A – granulitfazielle Metasedimente oder intermediär-silikatisch magmatische Gesteine;
 B – amphibolitfazielle Metasedimente
 (Bi – wenn Mn-reich: Granite/granitische Pegmatite); Ci – metabasische Gesteine;
 Cii – ultramafische Gesteine;
 D – metasomatische Gesteine, niedriggradige metabasische Gesteine, ultrahochtemperierte metamorphe Kalksilikat-Granulite

schen Becken oder den nördlichen Westsudeten zugeführt werden können. Diese drei Lokalitäten können für den GWL 4 als Hauptliefergebiete angenommen werden. Weiter ist davon auszugehen, dass immer mindestens zwei der genannten Quellen gleichzeitig aktiv waren.

4 Fazit

Die Schwermineralanalyse kann zum einen helfen, sedimentäre Abfolgen zu untergliedern und stratigraphisch zuzuordnen, auch wenn diese sich augenscheinlich im Ausgangsmaterial kaum unterscheiden. Hier ist dies vor allem in der Bohrung SEEW3, aber auch im Vergleich zwischen den GWL 4 und 3 in den Gebieten Welzow-Süd und Nochten dargelegt. Weiter lassen sich auch Veränderungen zwischen den Sedimentationsräumen aufzeigen, wie der Vergleich der drei Untersuchungsgebiete untermauert. Auch eine Aussage, ob ein oder mehrere Schüttungsquellen als Sedimentlieferanten infrage kommen, ist aufgrund der unterschiedlich stabilen Schwerminerale ableitbar. Im Raum Seese/Schlabendorf ist beispielsweise die Zunahme von Turmalin (stabil) und die gleichzeitige Abnahme von Granat (instabil) und Zirkon (stabil) bei gleichbleibenden Ti-Oxiden (stabil) nicht ausschließlich auf Aufarbeitungsmechanismen zurückzuführen, sondern auf unterschiedliche

Provenancen. Dies trifft auch in den Räumen Welzow-Süd und Nochten zu, sodass mehrere Quellen als Sedimentlieferanten infrage kommen. Die Änderungen von GWL 4 zu 3 und auch die Änderungen zwischen den Sedimentationsräumen sind demnach auf verschiedene Provenancen oder unterschiedliche Schüttungsintensitäten mehrerer Liefergebiete zurückzuführen. Genauere Angaben zur Provenance konnten hier vor allem aus der Zusammensetzung der Granate geliefert werden, welche die Liefergebiete auf drei Hauptregionen eingrenzt.

Das dem Artikel zugehörige Poster kann unter: <https://www.laop-consult.de/de/publikationen/> bezogen werden.

Literatur:

FOCKE, D., BRETSCHNEIDER, F. & G. STANDKE (2023): Die Seeser Sande als Barriereinseln: Fazielle Differenzierungen in den Ablagerungen der Greifenhain-Subformation. – *Freib. Forsch.-H. C* **561**, S. 197–217

KNOX, R. W. O. B., BOSCH, J. H. A., RASMUSSEN, E. S., HEILMANN-CLAUSEN, C., HISS, M., DE LUGT, I. R., KASIŃSKI, J., KING, C., KÖTHE, A., SŁODKOWSKA, B., STANDKE, G. & N. VANDENBERGHE (2010): Cenozoic. – In: DOORNENBAL, J. C. & A. G. STEVENSON (eds): *Petroleum geological atlas of the Southern Permian Basin area*. – EAGE Publications b.v., S. 211–223, Houten

MANGE, M. A. & A. C. MORTON (2007): Geochemistry of heavy minerals. – In: MANGE, M. A. & D. T. WRIGHT (Eds.): *Heavy Minerals in Use*. – *Developments in Sedimentology* **58**, S. 345–391, Amsterdam (Elsevier)

STANDKE, G. (2011): Tertiär. – In: AUTORENKOLLEKTIV (2011): *Die geologische Entwicklung der Lausitz*. – Vattenfall Europe Mining AG, S. 41–84, Cottbus

SUHR, P. (2003): The Bohemian Massif as a catchment area for the NW European Tertiary Basin. – *Geolines* **15**, S. 147–159

Anschrift der Autoren:

Daniela Focke
Frank Bretschneider
LAOP – Laboratories
for Applied Organic Petrology
Straße der Freundschaft 92
02991 Lauta

Automatisierte Auswertung hydraulischer Durchlässigkeiten aus Korngrößenanalysen

TIM HARTMANN, GRIT GRIFFEL, EVA GONZÁLEZ & JÖRG ELBRACHT

Kenntnisse zur hydraulischen Durchlässigkeit sind, besonders für den Lockergesteinsbereich, ein entscheidender Parameter bei Fragen der Grundwasserströmung im Untergrund. Bislang wird in der Grundwasserströmungsmodellierung der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) einzelner Modelleinheiten oft iterativ an die zu erwartende Grundwasserströmung angepasst. Diese zur Parametrisierung genutzten Bandbreiten der k_f -Werte sind für Niedersachsen, abhängig von Stratigraphie und Genese, in einem Standardwerk dokumentiert (REUTTER 2011). Gleichzeitig ist im Rahmen der hydrogeologischen Landesaufnahme in Niedersachsen die laborgestützte Analyse von Korngrößen aus Lockergesteinsproben seit über 20 Jahren als Standardverfahren etabliert. Insgesamt kann auf > 12 000 Probenergebnisse aus > 3 500 Bohrungen zurückgegriffen werden. Ziel dieser Arbeiten ist die systematische regionalisierte und automatisierte Berechnung von k_f -Werten und deren öffentliche Bereitstellung auf dem NIBIS-Kartenserver (LBEG 2023; <http://nibis.lbeg.de/cardomap3>).

Der gesamte Probenbestand wurde mit vergleichbaren Laborverfahren analysiert, welche in MÜLLER et al. (2009) dokumentiert sind. Kornfraktionen < 63 µm werden aktuell mittels Röntgengranulometrie mit dem SediGraph© Partikelanalysator gemessen, während sandige Frakti-

onen > 63 µm über dynamische Bildanalysen mit dem CAMSIZER© (Retsch) bestimmt werden (MÜLLER et al. 2009). Zur Bestimmung des k_f -Wertes aus Korngrößenanalysen wurden sowohl in der Wasserwirtschaft etablierte semi(empirische) Berechnungsverfahren (HAZEN, BEYER, COZENY-KARMAN, s. CHAPUIS 2012) sowie neu entwickelte Gleichungen (z. B. WANG, FRANÇOIS & LAMBERT 2017) verwendet.

Basierend auf der hydrogeologischen Übersichtskarte (LBEG 2023) erfolgte eine vergleichende statistische Auswertung für jeden hydrogeologischen Teilraum (ELBRACHT, MEYER & REUTTER 2016) und jede hydrostratigraphische Einheit (REUTTER 2011) (Abb. 1, Abb. 2). Insgesamt zeigen sich gute Übereinstimmungen der regionalisierten Auswertungen mit den bereits publizierten Wertebereichen in REUTTER (2011), allerdings mit z. T. großen regionalen Unterschieden (Abb. 1). Dabei variiert der k_f -Wert je nach Berechnungsverfahren innerhalb einer gewissen Bandbreite (Abb. 2). Daher ist zu jedem Grundwasserleiter und seiner lokalen Ausprägung ein konsistent anzuwendendes Berechnungsverfahren auszuwählen, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. So sind für die räumlich oft heterogen aufgebauten Weichsel-zeitlichen Flussablage-

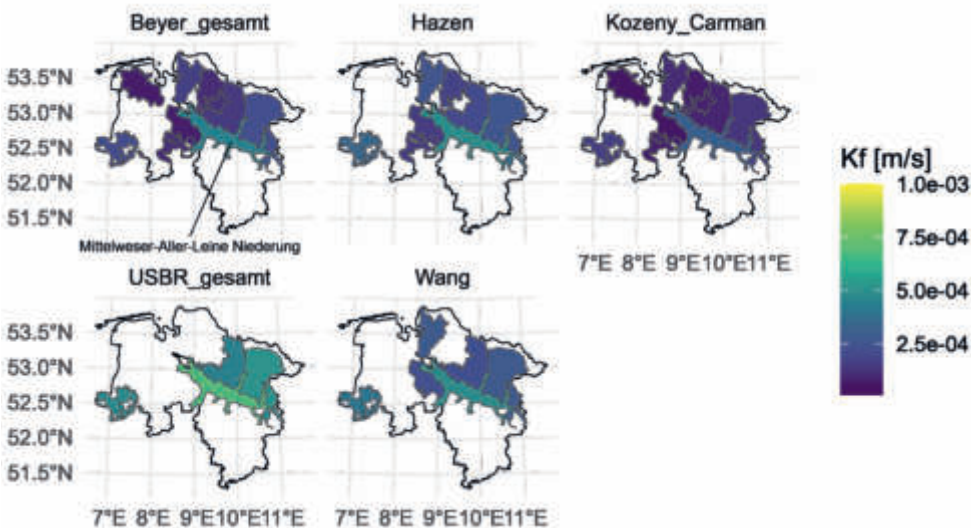


Abb. 1:
Räumliche Auswertung des Drenthe-zeitlichen Grundwasserleiters (L3 nach REUTTER 2011). Der Drenthe-zeitliche Grundwasserleiter besteht im Wesentlichen aus glazifluviatilen und fluviatilen Ablagerungen. Dargestellt sind ausschließlich hydrogeologische Teilräume mit einer repräsentativen Probenmenge ($n = > 30$). Je nach Berechnungsverfahren ergeben sich Unterschiede im Bereich von $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

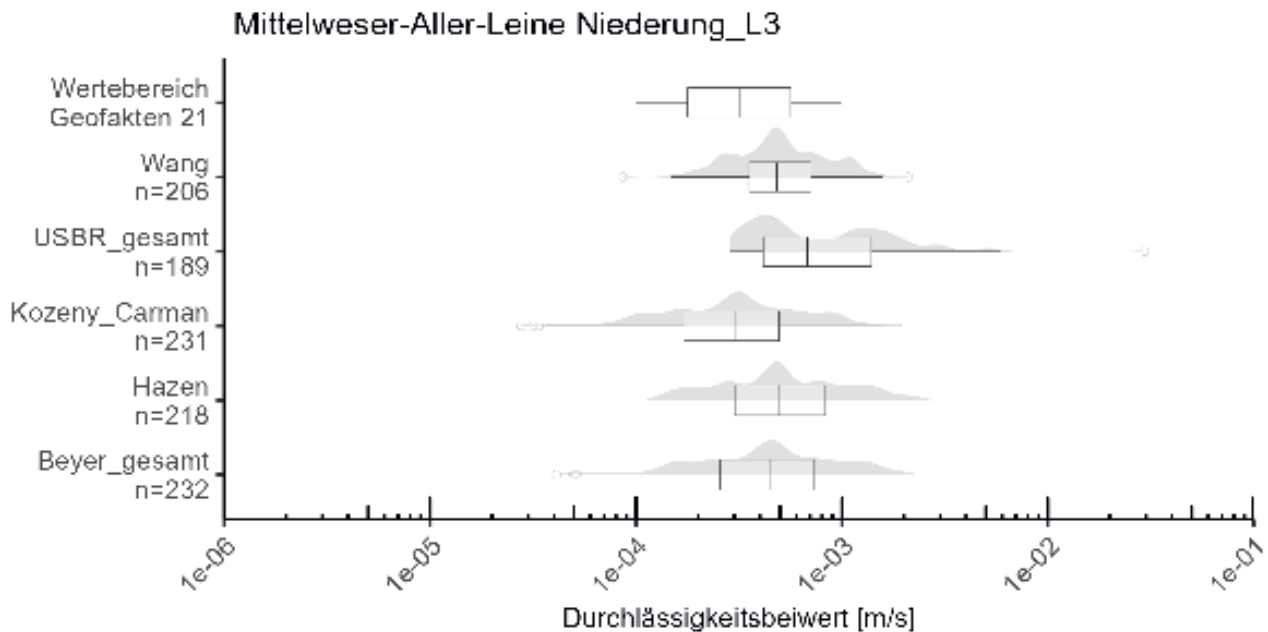


Abb. 2: Statistische Auswertung und Bandbreiten des Durchlässigkeitsbeiwertes aus Korngrößenanalysen mit verschiedenen Berechnungsverfahren des Drenthe-zeitlichen Grundwasserleiters in der Mittelweser-Aller-Leine Niederung (s. Abb. 1).

rungen andere Berechnungsverfahren anzuwenden als für die in Niedersachsen relativ homogen ausgebildeten pliozänen Delta-Ablagerungen des baltischen Flusssystems.

Die resultierenden Auswertungen werden auf dem NIBIS-Kartenserver veröffentlicht und stehen dort dann zum kostenfreien Download bereit. Diese Auswertungen sollen eine Grundlage für die Parametrisierung von Transport- oder Grundwasserströmungsmodellen bilden und genauere Abschätzungen der physikalischen Eigenschaften der känozoischen Grundwasserleiter Niedersachsens geben. Zukünftig sollen die berechneten k_f -Werte mit existierenden Ergebnissen aus Feld- und Laborversuchen validiert werden und Eingang in hydrogeologische 3D-Strukturmodelle finden.

Literatur:

- CHAPUIS, R. P. (2012): Predicting the saturated hydraulic conductivity of soils: a review. – *Bulletin of engineering geology and the environment* **71**, S. 401–434
- ELBRACHT, J., MEYER, R. & E. REUTTER, E. (2016): Hydrogeologische Räume und Teilräume in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **3**, 116 S.
- LBEG (2023): Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover NIBIS Kartenserver: Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 500 000: Hydrogeologische Räume und Teilräume 1 : 500 000 (<http://nibis.lbeg.de/cardom3>), letzter Zugriff am 05.02.2024

MÜLLER, H. W., DOHRMANN, R., KLOSA, D., REHDER, S. & W. ECKELMANN (2009): Comparison of two procedures for particle-size analysis: Köhn pipette and X-ray granulometry. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **172**, S. 172–179

REUTTER E. (2011): Hydrostratigrafische Gliederung Niedersachsens. – *Geofakten* **21**, 11 S.

WANG, J.-P., FRANÇOIS, B. & P. LAMBERT (2017): Equations for hydraulic conductivity estimation from particle size distribution: a dimensional analysis. – *Water Resources Research* **53**, S. 8127–8134

Anschriften der Autoren:

Tim Hartmann
Grit Griffel
Eva González
Jörg Elbracht
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat Hydrogeologische Grundlagen
Stilleweg 2
30655 Hannover

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 125–126	1 Abb.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Verbreitung und Genese von Moorböden in Sachsen-Anhalt – ein Beitrag zum nationalen Moorbodenschutzprogramm

HENRIK HELBIG, ELISABETH ENDTMANN, WOLFGANG KAINZ, MICHAEL STEININGER, NADINE TAUCHNITZ & DANIEL WURBS

Mit Inkrafttreten der Nationalen Moorschutzstrategie der Bundesrepublik Deutschland vom 19.10.2022 rücken Moore wieder verstärkt in den Fokus. Moore stellen einen besonderen Lebensraum für seltene Tier- und Pflanzenarten dar. Ihr Schutz liefert damit einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität. Moore dienen als Erholungs- und Erlebnisraum. Ihre sedentären Bildungen sind ein hervorragendes Archiv für natur-, landschafts- und kulturgeschichtliche Untersuchungen. Gleichzeitig regulieren intakte Moore den Feuchtigkeits-, Temperatur- und Nährstoffhaushalt der umgebenden Landschaft. Die über Jahrtausende gewachsenen Moore fungieren als effektiver Langzeitspeicher für Kohlendioxid.

Doch nur ca. 8 % aller Moore Deutschlands gelten als intakt und können all diese Funktionen erfüllen. Ein abgesunkener Moorwasserspiegel führt zu Abbauprozessen in der organischen Substanz. Dabei werden große Mengen des ehemals gespeicherten organischen Kohlenstoffs als klimawirksames Kohlendioxid in die Atmosphäre abgegeben. Etwa 7,5 % der Treibhausgasemissionen Deutschlands stammen aus entwässerten Mooren (<https://www.bmu.de/download/nationale-moorschutzstrategie>).

Die sofortige Wiedervernässung trockener, land- und forstwirtschaftlich genutzter Moorböden stellt einen wichtigen Baustein im Kampf gegen die Klimakrise und ein dringendes Ziel der Nationalen Moorschutzstrategie dar. Laut „Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz“ sollen trockene Moore mittels Förderung einer freiwilligen Wiedervernässung in eine nachhaltige Bewirtschaftung überführt werden. Vor diesem Hintergrund konsolidierte sich im Land Sachsen-Anhalt unter Federführung des Landesamtes für Umweltschutz 2021 die Arbeitsgruppe „Moorbodenschutz“ (<https://lau.sachsen-anhalt.de/boden-wasser-abfall/bodenschutz/moore-und-moorbodenschutz>).

Ein erstes Ergebnis der Arbeitsgruppe ist die Flächenkulisse für Moorböden und sonstige grundwasserbeeinflusste organische Böden (Abb. 1). Ihr liegen Daten der Forstlichen Standortskartierung, der Bodenschätzung, der digitalen Geologischen Karte 1 : 25 000 sowie der Vorläu-

figen Bodenkarte 1:50 000 zugrunde. Demnach verfügt Sachsen-Anhalt über 90 606 ha Moorböden im engeren Sinne (naturnahe Moore, Erd- und Mulmmoore, überdeckte Niedermoore, Sanddeckkulturen) und 14 267 ha sonstige grundwasserbeeinflusste organische Böden (Moor- und Anmoorgleye). Das entspricht etwa 5 % der Landesfläche. Die meisten Moore gibt es im glazialen Tiefland und im Harz.

Die bodenkundlich-geologische Datenlage über Moore ist insgesamt unzureichend. Während einige Moore flächendeckend abgebohrt wurden, liegen für andere nur wenige Aufschlussdaten vor. Informationen zu ökologisch wichtigen Parametern wie Gehalt an organischer Substanz, Substanzvolumen, Zersetzungsgrad, Kalkgehalt oder pH-Wert sind nur exemplarisch verfügbar und lassen sich in Bezug zu Torfarten, Horizonttypen oder ökologischen oder hydrologischen Moortypen bisher kaum statistisch auswerten. Derzeit wird getestet, mit welchem Aufwand Moorerkundungsdaten aus Meliorationsprojekten vor 1990 in den Datenbestand integriert und für Renaturierungsprojekte nutzbar gemacht werden können. Ein Problem ist auch die Aktualität der Daten. Infolge von Grundwasserabsenkung, Moorschwind und Moorsackung haben sich die Grenzen der Moorverbreitung verschoben. Eine Aufgabe besteht deshalb darin, die Verbreitung von Moorböden neu zu erfassen und dabei auch den Grad der Degradierung (Erdfen, Mulmfen) zu bestimmen. Wir versuchen durch vergleichende Untersuchungen von Bodenschätzungsdaten und aktuellen Profilaufnahmen das Ausmaß der seither abgelaufenen Moordegradierung besser zu erfassen.

Aktuelle Projekte zur Wiedervernässung betreffen das Hangquellmoor NSG Magdeburgerforst, die Nedlitzer Niederung, das Cheiner Torfmoor und das Große Bruch (Abb. 1). In die Projekte sind je nach Nutzung und Eigentümer unterschiedliche Personen und Einrichtungen involviert. Das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) unterstützt Moorrevitalisierungsprojekte durch bodenkundlich-geologische und vegetationsgeschichtliche Daten und Untersuchungen. Mittels der in Torfen seit Jahrtausenden eingeschlossenen

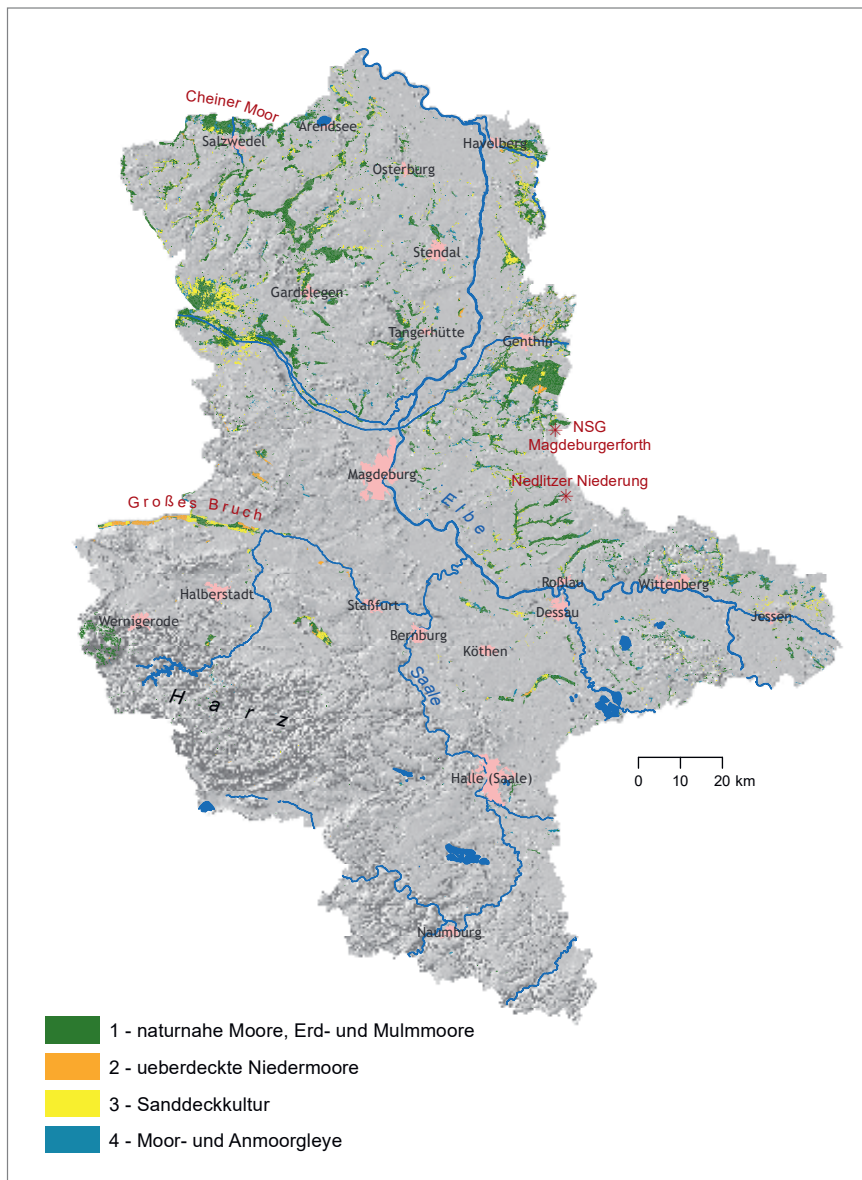


Abb. 1:
 Moorböden und sonstige
 grundwasserbeeinflusste
 organische Böden sowie
 Pilotgebiete zur
 Moorrevitalisierung
 in Sachsen-Anhalt

Pflanzenreste lässt sich die wechselvolle Entwicklungsgeschichte der Moore und der sie umgebenden Landschaft rekonstruieren. Dadurch ergeben sich u. a. wertvolle Hinweise zur potentiell natürlichen Vegetation der Moore und für die Bestimmung von Moorentwicklungszielen. Die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) begleitet die Projekte in allen Fragen der landwirtschaftlichen Nutzung.

Anschriften der Autoren:

Dr. Henrik Helbig, Dr. Elisabeth Endtmann, Wolfgang Kainz
 Landesamt für Geologie und
 Bergwesen Sachsen-Anhalt
 An der Fliederwegkaserne 13
 06130 Halle

Dr. Michael Steininger
 Mitteldeutsches Institut für
 Standortkunde und Bodenschutz
 Paracelsusstr. 7a
 06114 Halle

Dr. Nadine Tauchnitz, Dr. Daniel Wurbs
 Landesanstalt für Landwirtschaft und
 Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt
 Strenzfelder Allee 22
 06406 Bernburg

Forschungsbohrungen im nördlichen Oberrheingraben – neue Ergebnisse zur Geologie des Plio- und Pleistozäns

CHRISTIAN HOSELMANN

Seit dem Jahr 2000 hat das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) insgesamt elf Forschungsbohrungen im nördlichen Oberrheingraben (nORG) beauftragt und geologisch ausgewertet. Diese Untersuchungen wurden zusammen mit den Ergebnissen der Forschungsbohrungen in Heidelberg (UniNord I/II) und Ludwigshafen (P34/P35/P36) von den Staatlichen Geologischen Diensten in Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz sowie dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) genutzt, um ein neues lithostratigraphisches Konzept für die pliozänen und pleistozänen Sedimentablagerungen im nördlichen Oberrheingraben zu erarbeiten (GABRIEL et al. 2013, siehe Abb. 1). In den vergangenen Jahren wurden umfassende Untersuchungen am Kernmaterial durchgeführt, darunter zur Sedimentpetrographie, Gesteinsmagnetik, Paläobotanik, Lumineszenzdatierung und Sedimentologie. Diese Untersuchungen haben das Verständnis der geologischen Entwicklung des nORG in den letzten fünf Millionen Jahren maßgeblich erweitert. Zusätzlich erfolgte eine geologische Modellierung

tigraphisches Konzept für die pliozänen und pleistozänen Sedimentablagerungen im nördlichen Oberrheingraben zu erarbeiten (GABRIEL et al. 2013, siehe Abb. 1). In den vergangenen Jahren wurden umfassende Untersuchungen am Kernmaterial durchgeführt, darunter zur Sedimentpetrographie, Gesteinsmagnetik, Paläobotanik, Lumineszenzdatierung und Sedimentologie. Diese Untersuchungen haben das Verständnis der geologischen Entwicklung des nORG in den letzten fünf Millionen Jahren maßgeblich erweitert. Zusätzlich erfolgte eine geologische Modellierung

BARTZ 1982	Hessen HOSELMANN (2008)	Lithostratigraphie des nördlichen Oberrheingrabens	Chrono- strati- graphie	Lithologische Charakterisierung
Oberes Kieslager (OKL)	äolische Sande (Pleistozän bis Holozän)	Mannheim- Formation	Ober- bis Mittel- pleistozän	Mannheim-Formation beginnt mit einem charakteristischen Grobsediment-Impuls; dann folgen mehrere fluviatile Schüttungszyklen aus grauen karbonathaltigen Sanden, hervorgehend aus bunten Kiessanden; selten erhalten sind feinkörnige Hochflutsedimente; am Grabenrand gibt es Massenablagerungen; zum Teil haben die fluviatilen Sande einen äolischen Ursprung; Einzugsgebiete des Grobsedimente-Spektrums ist der Grabenrand sowie die Zuflüsse des Rheins insbesondere der Neckar; der Sand- bereich wird meist durch das alpine Schwermineralspektrum charakterisiert.
	Sand-Kies-Lagen			
Grobsedimente (alpin und lokal)	(Neckar-dominiert, wenig alpin)	Ludwigshafen- Formation	Mittel- pleistozän	Ludwigshafen-Formation geprägt durch limnische und fluviatile Sedimente; Sequenzen, die meist mit Sanden beginnen und mit organischem Sediment abschließen; sonst dominieren karbonathaltige, dunkle Schluffe und Tone, abschnittsweise fluviatile und untergeordnet äolische Feinsande sowie lokal Schwemmfächerablagerungen vom Grabenrand; charakteristisch sind dunkle schluffige Tone mit Torflagern; in den gut sortierten Feinsanden dominiert in der Regel ein alpin geprägtes Schwermineralspektrum.
Obere Zwischenschicht (OZ)	Zwischenhorizont			
(nur Feinsedimente)	(vorwiegend feinklastische Sedimente)	Viernheim- Formation	Unter- bis Mittel- pleistozän	Viernheim-Formation typisch ist eine mächtige Fein- bis Mittelsandabfolge, mit teils kiesigen sowie schluffig-tonigen Abschnitten mit Torfen; die grünlich-grauen Sande sind sehr gut sortiert und enthalten bis zu 30 % Karbonat; dominant ist ein typisch alpines Schwer- mineralspektrum; an den Grabenrändern kommt es abschnitts- weise zu Lokalschüttungen, die dann auch das Schwermineral- spektrum dominieren.
Mittleres Kieslager (MKL)				
(Grobsedimente, alpin und lokal)				
Untere Zwischenschicht (OZ)				
(nur Feinsedimente)				
Unteres Kieslager (UKL)				
(Grobsedimente, alpin und lokal)				
Altquartär 1 und 2 (AQ1 und AQ2)	Wechsel von Sand-(Kies-)Lagen häufig in "Rheinischer Fazies" und feinklastischen Zwischenhorizonten			
(Übergangsbereich mit ersten alpinen Sedimenten)				
Pliozän I–III*	Wechsel des Hauptliefergebietes	Iffezheim- Formation	Pliozän bis Unterpleistozän	Iffezheim-Formation mehrere fluviatile Schüttungszyklen mit grauen, kalkfreien, oft kaolinitisierten Sanden; dazu kommen zum Teil stark pedogen überprägte Tone und Schluffe (Bunttone), die nur in Nestern karbonatisch sind; die Bunttone sind häufig resedimentiert mit eingeschalteten Feinkiesen und Grobsanden; stellenweise sind humose Feinsedimente erhalten zum Teil mit Holzresten; charakteristisch sind stabile Schwermineralspektren, die für eine lokale Provenienz der Sedimente sprechen.
	Ton-Silt- und Sand-Lagen			
	(Sedimente lokalen Ursprungs)			
* eher die Bezeichnung eines Sedimenttyps denn eine strenge chronologische Einordnung				

Abb. 1: Lithostratigraphische Untergliederung pliozäner und pleistozäner Sedimente des nördlichen Oberrheingrabens mit den zusammengefassten Definitionen nach ELLWANGER (2010a, 2010b), HOSELMANN (2010) und WEIDENFELLER (2010).

der obersten 150 m des hessischen Bereichs des nORG mit der Erstellung eines 3D-Modells sowie eines Wahrscheinlichkeitsmodells zur Verteilung bindiger und nicht bindiger Horizonte (HOSELMANN & LEHNÉ 2014), das demnächst aktualisiert werden soll. Damit können insbesondere auch angewandte Fragestellungen der Hydro- und Rohstoffgeologie besser bearbeitet werden. Dieses Modell wurde über den Geologie-Viewer des HLNUG (geologie.hessen.de) veröffentlicht und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Um vorhandene Wissenslücken im nördlichen Gebiet des nORG zu schließen und um das lithostratigraphische Konzept zu verifizieren, wurde bei Riedstadt-Erfelden rund 10 km westlich von Darmstadt eine Forschungsbohrung mit einer Endteufe von 500 m geplant. Die Bohrung fand in den Jahren 2020/21 statt, erreichte jedoch aufgrund technischer Herausforderungen lediglich eine Endteufe von 323 m. Die wissenschaftliche Bearbeitung des hochwertigen Kernmaterials hat begonnen und bisherige Ergebnisse umfassen Bohrlochgeophysik, geologische Analyse, Schwermineral- und Korngrößenanalysen, Lumineszenzdatierungen, Gesteinsmagnetik, ^{14}C -Datierungen, Palynologie sowie Untersuchungen an Mollusken. Diese zeigen ein detailliertes Bild der pliozänen und pleistozänen Entwicklung im nORG. Zusätzliche Untersuchungen zur Tonmineralanalyse, Sedimentfaziesanalyse, Aminosäure-Racemisierung etc. sind derzeit in Bearbeitung. Ergänzend zu den Arbeiten rund um die Forschungsbohrung findet ein umfangreiches Forschungsprojekt zur Neotektonik im nORG statt.

Erste Ergebnisse der Untersuchungen an der Forschungsbohrung Riedstadt-Erfelden sollen im Jahr 2024 in verschiedenen Beiträgen im Geologischen Jahrbuch von Hessen (Band 141) veröffentlicht werden.

Literatur:

- BARTZ, J. mit Beitr. von BRELIE, G. v. d. & H. MAUS (1982): Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – *Geol. Jb.* **A 63**, S. 3–237
- ELLWANGER, D. (2010a): Iffezheim-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. – Hannover: BGR. Last updated 03.11.2010. Record No. 1000014. – <http://www.bgr.bund.de/litholex>, letzter Zugriff am 10.01.2024
- ELLWANGER, D. (2010b): Mannheim-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. – Hannover: BGR. Last updated 03.11.2010. Record No. 1000011. – <http://www.bgr.bund.de/litholex>, letzter Zugriff am 10.01.2024
- GABRIEL, G., ELLWANGER, D., HOSELMANN, C., WEIDENFELLER, M. & U. WIELANDT-SCHUSTER (2013): The Heidelberg Basin, Upper Rhine Graben (Germany): a unique archive of Quaternary sediments in Central Europe. – *Quat. Int.* **292**, S. 43–58, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.10.044>
- HOSELMANN, C. (2008): The Pliocene and Pleistocene fluvial evolution in the northern Upper Rhine Graben based on results of the research borehole at Viernheim (Hessen, Germany). – *Quatern. Sci. J. (Eiszeitalter u. Gegenwart)* **57**, 3–4, S. 286–315
- HOSELMANN, C. (2010): Viernheim-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 03.11.2010. Record No. 1000013. – <http://www.bgr.bund.de/litholex>, letzter Zugriff am 10.01.2024
- HOSELMANN, C. & R. LEHNÉ (2014): Die quartärgeologische Entwicklung und ein geologisches 3D-Modell des nördlichen Oberrheingrabens. – *Geologisches Jahrbuch Hessen* **138**, S. 57–73
- WEIDENFELLER, M. (2010): Ludwigshafen-Formation. – In: LithoLex [Online-Datenbank]. Hannover: BGR. Last updated 02.11.2010. Record No. 1000012. – <http://www.bgr.bund.de/litholex>, letzter Zugriff am 10.01.2024

Anschrift des Autors:

Dr. Christian Hoselmann
Hessisches Landesamt für Naturschutz,
Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 129–130	3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Klimatische Änderungen, abgeleitet aus den granulometrischen Eigenschaften einer Lößbodenfolge in Zapreżyno (Wzgórza Trzebnickie/Katzengebirge)

Zmiany klimatu zapisane we właściwościach granulometrycznych sekwencji lessowo-glebowej w Zapreżynie (Wzgórza Trzebnickie)

MARCIN KRAWCZYK & ZDZISŁAW JARY

Korngrößenanalysen für paläoökologische Interpretationen verwenden einfache statistische Deskriptoren, um Rückschlüsse auf die stratigraphische und sedimentäre Bedeutung granulometrischer Daten zu ziehen. Die physikalischen Eigenschaften (z. B. die Korngröße) des mobilisierten, transportierten und abgelagerten Materials werden jedoch durch mehrere, gleichzeitig wirkende Umweltfaktoren beeinflusst. Die Korngrößenverteilung des Lösses und die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Paläoumwelt scheinen daher komplexer zu sein, als einfache statistische Indikatoren zeigen. Unterschiedliche Eigenschaften des Ablagerungsmilieus können eine wichtige Rolle bei der Korngrößenverteilung des abgelagerten Materials spielen. Bei trockenen Ablagerungsbedingungen hängt die Größe der abgelagerten Staubpartikel von der Intensität der atmosphärischen Turbulenz, den Eigenschaften der Partikel selbst und der Beschaffenheit der Landoberfläche ab. Frühere Studien haben bestätigt, dass sowohl die Ablagerung durch die Schwerkraft als auch die Turbulenz der Luftströmung die Größe der abgelagerten Partikel beeinflussen.

Die Lößbodenabfolge bei Zapreżyno (17°11'52" E, 51°14'44" N, 165 m ü. NHN) befindet sich in einer stillgelegten Sandgrube im südlichen Teil des Katzegebirges, dem nördlichen Teil der Schlesischen Tiefebene (SOLON et al. 2018). Das Gebiet ist von kleinen Periglazialtälern mit einer allgemeinen N-S-Ausrichtung durchzogen. Die Lößdecke (Mächtigkeit 5–6 m) überlagert glazifluviale Sande des Warthe-Stadiums, die in der letzten Phase des sechsten Marinen Isotopen-Sauerstoff-Stadiums (MIS 6; KRZYSZKOWSKI 2002; MARKS 2011) abgelagert worden sind.

Bei der granulometrischen Untersuchung der Lößbodenabfolge von Zapreżyno wurden verschiedene statistische Methoden angewandt. Neben den gängigen Korngrößenparametern (M_z , M_d , σ_1 , K_G oder Sk_1), wurden auch die in der Literatur am häufigsten vorkommenden granulometri-

schen Indizes U-ratio und GSI verwendet. Darüber hinaus wurden zwei fortgeschrittene statistische Verfahren angewandt: Die k-Median-Analyse und die EMMA-Endelemen-tanalyse.

Eine detaillierte statistische Analyse der Korngrößenverteilung ermöglichte es, die Beziehung zwischen der Größenverteilung der Fraktionen und den Bedingungen des sedimentären Umfelds zu verstehen. Die Auswertung der Ergebnisse ermöglichte die folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Betrachtung der vertikalen Variabilität granulometrischer Fraktionen und der Variabilität der Korngrößenverteilungen reicht nicht aus, um Veränderungen der Eigenschaften des Bildungsmilieus vollständig zu charakterisieren. Die Anwendung statistischer Methoden und granulometrischer Indizes half, den Ergebnissen spezifische Merkmale des Bildungsmilieus zuzuordnen.
- Mit Hilfe der Methode der k-Median-Gruppierung wurden vier Gruppen von Proben (k_1 – k_4) unterschieden, die sich durch eine ähnliche interne Korngrößenstruktur auszeichnen. Jede Gruppe ist spezifisch für einen bestimmten Teil des Profils und zeichnet sich durch unterschiedliche granulometrische Eigenschaften aus, die auf verschiedene Bildungsmilieus hinweisen.
- Es konnte gezeigt werden, dass die Sedimentation von Löss nicht kontinuierlich verlief, da Tundren-Gley-Horizonte unterschieden werden können, die auf Bildungsbedingungen hinweisen, die mit einer Zunahme der Klimatefeuchtigkeit einhergehen.
- Die EMMA-Analyse ermöglichte es, bisher als einheitlich betrachtete Schichtfolgen gegeneinander abzugrenzen, die durch unterschiedliche Korngrößenverteilungen gekennzeichnet sind. Jede dieser Schichtfolgen weist auf spezifische Bildungsbedingungen und Prozesse hin, die die äolische Sedimentation begleiteten.

W badaniach dotyczących wykorzystywania analizy wielkości ziaren do interpretacji paleośrodowiskowych stosuje się proste deskrytory statystyczne, które służą do wyciągania wniosków na temat stratygraficznego i sedymentacyjnego znaczenia danych granulometrycznych. Właściwości fizyczne (np. wielkość ziaren) uruchomionego, transportowanego i deponowanego materiału są jednak modyfikowane przez kilka jednoczesnych czynników środowiskowych. Dlatego rozkład wielkości ziaren pyłu eolicznego i wynikające z tego implikacje paleośrodowiskowe wydają się być bardziej złożone, niż pokazują to proste wskaźniki statystyczne. Różne cechy środowiska sedymentacyjnego mogą odgrywać istotną rolę w modyfikacji wielkości deponowanego materiału. Podczas suchej depozycji wielkość deponowanych cząstek pylistych zależy od intensywności turbulencji atmosferycznej, charakterystyki samych cząstek i charakteru powierzchni terenu. Wcześniejsze badania potwierdziły, że zarówno grawitacyjne osadzanie, jak i turbulentny charakter przepływu powietrza mają wpływ na wielkość deponowanych cząstek.

Sekwencja lessowo-glebowa w Zapręźnie ($\lambda = 17^{\circ}11'52''\text{E}$, $\varphi = 51^{\circ}14'44''\text{N}$, 165 m n.p.m.) zlokalizowana jest w nieczynnej piaszynie w południowej części morfologicznej krawędzi Wzgórz Trzebnickich – północnej części Niziny Śląskiej (SOLON i in. 2018). Obszar ten przecinają niewielkie doliny denudacyjne ogólnego przebiegu N-S. Pokrywa lessowa (miąższość 5–6 m) zalega na piaskach fluwioglacjalnych stadiu Warty (Warthe) skorelowanego z końcową fazą szóstego stadium izotopowo-tlenowego (MIS 6; KRZYSZKOWSKI 2002; MARKS 2011).

W badaniach granulometrycznych sekwencji lessowo-glebowej w Zapręźnie wykorzystano szereg metod statystycznych. Oprócz najbardziej podstawowych takich jak graficzne wskaźniki uziarnienia (Mz, Md, σI , KG czy SkI), użyto również najczęściej spotykanych w literaturze wskaźników granulometrycznych U-ratio i GSI. Zastosowano również dwie zaawansowane techniki statystyczne: analizę k-median i analizę elementów końcowych EMMA. Szczegółowa analiza statystyczna uziarnienia pozwoliła na zrozumienie relacji zachodzących między rozkładem wielkości frakcji, a warunkami środowiska sedymentacyjnego. Interpretacja rezultatów pozwoliła wysunąć następujące wnioski:

- Rozpatrywanie pionowej zmienności udziału frakcji granulometrycznych i zmienności rozkładów uziarnienia jest niewystarczające do pełnej charakterystyki zmian cech środowiska sedymentacyjnego. Zastosowanie metod statystycznych i wskaźników granulometrycznych pomogło przypisać wynikom konkretne cechy środowiska sedymentacyjnego.
- Przy pomocy metody grupowania k-median wyróżnione zostały 4 grupy próbek (k1 – k4), które charakteryzują się podobną strukturą wewnętrzną uziarnienia. Każda z grup jest charakterystyczna dla konkretnej części profilu

i cechuje się odmiennymi właściwościami granulometrycznymi, świadczącymi o różnych cechach środowiska sedymentacyjnego.

- Udało się wykazać, że sedymentacja lessów nie miała ciągłego charakteru, ponieważ można wyróżnić horyzonty tundrowo-glebowe wskazujące na pojawianie się środowisk związanych ze wzrostem wilgotności klimatu.
- Analiza EMMA pozwoliła wyznaczyć nieznane dotąd populacje, charakteryzujące się odmiennymi rozkładami uziarnienia. Każda z tych populacji wskazuje na konkretne cechy środowiska oraz procesy, które towarzyszyły sedymentacji eolicznej.

Literatur/Bibliografia:

- KRZYSZKOWSKI, D. (2002): Sedimentary successions in ice-marginal fans of the Late Saalian glaciation, southwestern Poland. – *Sed. Geol.* **149**, S. 93–109
- MARKS, L. (2011): Quaternary glaciations in Poland. – *Developments in Quaternary Sciences* **15**, S. 299–303
- SOLON, J., BORZYSZKOWSKI, J., BIDLASIK, M., RICHLING, A., BADORA, K., BALON, J., BRZEZIŃSKA-WÓJCIK, T., CHABUDZIŃSKI, Ł., DOBROWOLSKI, R. & I. GRZEGORCZYK (2018): Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. – *Geographia Polonica* **91**, S. 143–170

Anschrift der Autoren/Adres autorów:

Marcin Krawczyk
Zdzisław Jary
Uniwersytet Wrocławski,
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego,
Zakład Geografii Fizycznej
ul. Cybulskiego 34
50-205 Wrocław, Polska

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 131–132	1 Abb., 4 Lit
------------------------------	---------	-------------	------------	---------------

Lumineszenzdatierungen pleistozäner Ablagerungen von Kliffaufschlüssen der schleswig-holsteinischen Ostseeküste

KAY KRIENKE, MICHAEL KENZLER & FRANK PREUSSER

Die Geologie der Kliffaufschlüsse Schleswig-Holsteins ist in ihren Grundzügen bekannt. An vielen Abschnitten liegen Detailuntersuchungen vor, die nach Küstenabbrüchen aktualisiert bzw. ergänzt werden. Das besondere Interesse an aktiven Steilküsten resultiert neben dem geowissenschaftlichen Erkenntniszuwachs daraus, dass ihr geologischer Aufbau in Verbindung mit der Kliffexposition ein entscheidendes Kriterium für die Art und Intensität der Küstenerosion etwa bei Sturmflutereignissen ist.

Grundlagen der Stratigraphie und damit der Korrelation der überwiegend Saale- bis Weichsel-kaltzeitlichen Ablagerungen der Steilküsten sind bislang die geographische Position, die Lithologie und die Lagerungsverhältnisse. Geochronologische Daten, wie sie etwa das radiometrische Verfahren der Lumineszenzdatierung bietet, sind bislang die Ausnahme (PREUSSER 1999; LIVINGSTONE et al. 2015). Bei der Neubearbeitung von vier Steilküstenabschnitten an der Ostsee erfolgten lithologisch-strukturgeologische Aufnahmen (Geologischer Dienst Schleswig-Holstein) und Altersbestimmungen mittels optisch stimulierter Lumineszenz (OSL; Universität Freiburg). Untersucht wurden die Aufschlüsse Schönhagen und Waabs nördlich der Eckernförder Bucht, der Aufschluss Eitz an der Südküste der Hohenwichter Bucht und das Kliff des Wulfener Berges an der Südküste der Insel Fehmarn.

Am Kliff bei Schönhagen ist im zentralen Aufschlussbereich eine Stauchungszone aufgeschlossen. Nördlich davon sind die Lagerungsverhältnisse relativ ungestört (Abb. 1a). Aus den glazilakustrinen und glazifluviatilen Sedimenten im Liegenden der zwei hier aufgeschlossenen Tills wurden jeweils zwei OSL-Proben entnommen. Mit Altern zwischen $18,7 \pm 2,1$ ka und $23,7 \pm 2,7$ ka wurden Weichsel-hochglaziale Alter bestimmt. Untersuchungen am etwa elf Kilometer südlich gelegenen Kliffaufschluss bei Waabs ergaben hinsichtlich Fazies und Alter vergleichbare Ergebnisse. Am Kliff von Eitz sind drei, über ausgewählte Kliffabschnitte in ungestörter Lagerung zu verfolgende Tills aufgeschlossen (Abb. 1b). Die Datierungen glazifluviatiler Sande unterhalb des mittleren Tills ergaben Alter von $24,5 \pm 3,2$ ka und $27,1 \pm 3,5$ ka. Die Datierungen von Proben im Liegenden des unteren Tills ergaben keine kon-

sistenten Alter. An der Steilküste des Wulfener Berges auf Fehmarn sind innerhalb eines Drumlinfeldes unter einer Tilldecke neben deformierten glazigenen Sedimenten relativ ungestörte Sande aufgeschlossen, deren Datierung ein Alter von $24,4 \pm 3,8$ ka ergab.

Insgesamt sind somit an allen vier Aufschlüssen glazigene Sedimente des Marinen Isotopen Stadiums (MIS) 2 und damit des Ober-Weichsel datiert worden. Die beiden oberen Tills sind damit sicher der Weichsel-Hauptvergletscherung zuzuordnen. Hinweise auf das oberflächennahe Auftreten Saale-kaltzeitlicher Sedimente finden sich an den untersuchten Küsten bislang nicht. Der jüngste Till, der die älteren Ablagerungen meist diskordant und lückenhaft überlagert, wird dem Jungbaltischen Vorstoß zugeordnet (STEPHAN 2001) und mit den Ablagerungen der Mecklenburg-Phase korreliert (LITT et al. 2007). Eine Zuordnung des darunter folgenden Tills zur Pommern-Phase (Blumenthal-Vorstoß) oder älteren Weichsel-kaltzeitlichen Gletschervorstößen ist durch weitere Untersuchungen zu prüfen.

Literatur:

- LIVINGSTONE, J. S., PIOTROWSKI, J. A., BATEMAN, M. D., ELY, J. C. & C. D. CLARK (2015): Discriminating between subglacial and proglacial lake sediments: an example from the Dänischer Wohld Peninsula, northern Germany. – *Quaternary Science Reviews* **112**, S. 86–108
- LITT, T., BEHRE, K.-E., MEYER, K.-D., STEPHAN, H.-J. & S. WANSA (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des Norddeutschen Vereisungsgebietes. – *E&G Quaternary Science Journal* **56**, 1–2, S. 7–65
- PREUSSER, F. (1999): Lumineszenzdatierung fluviatiler Sedimente: Fallbeispiele aus der Schweiz und Norddeutschland. – *Kölner Forum für Geologie und Paläontologie* **3**, S. 1–63
- STEPHAN, H.-J. (2001): The Young Baltic advance in the western Baltic depression. – *Geol. Quarterly* **45**, 4, S. 359–363

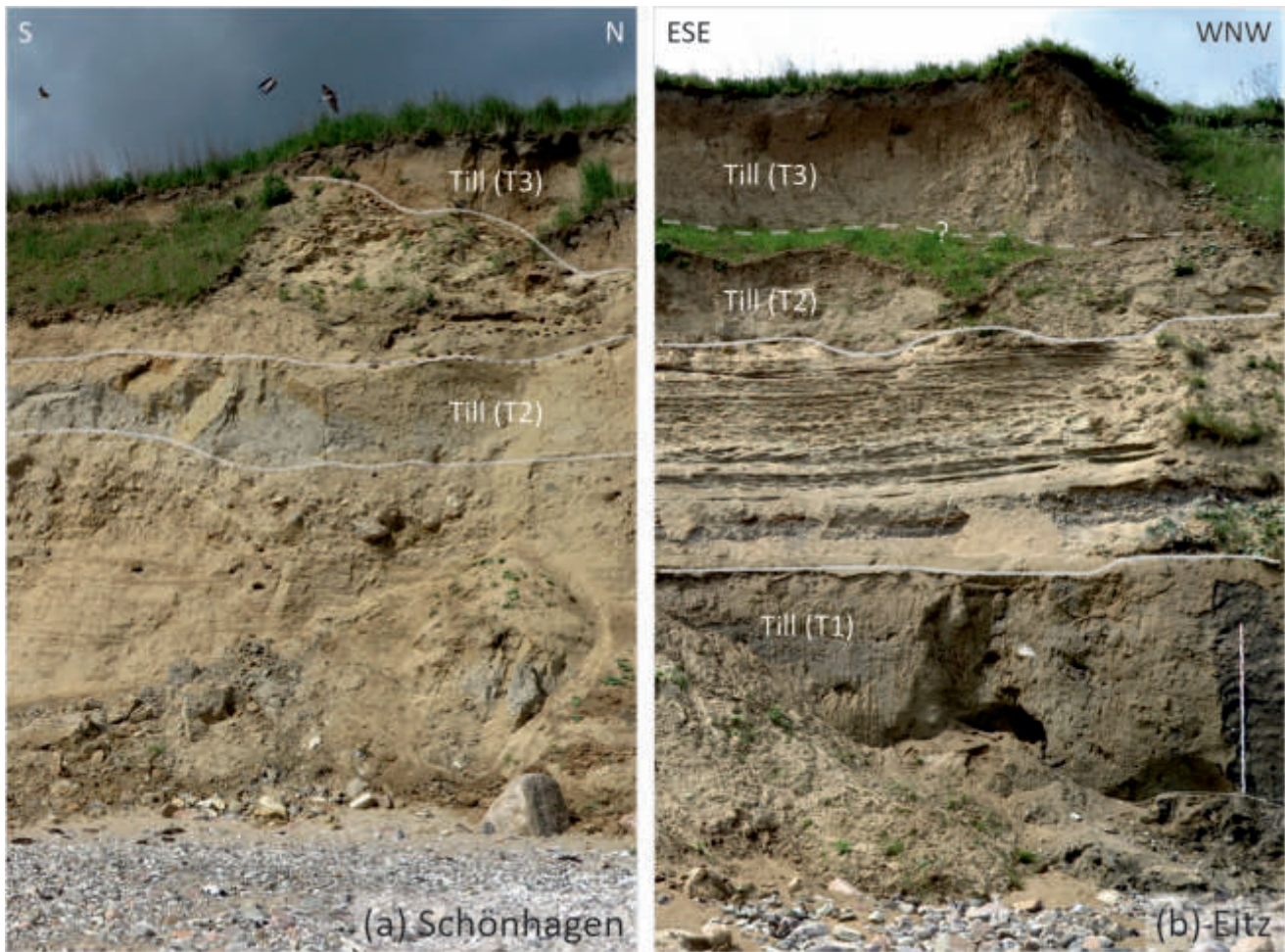


Abb. 1: (a) Kliffaufschluss Schönhausen mit zwei Till-Horizonten, glazilakustrinen bis glazifluviatilen Sanden und kiesigen Schlammsedimenten. Datiert wurden Sande im Liegenden des T2 und T3. Kliffhöhe: 12 Meter
(b) Kliffaufschluss Eitz mit der zwischen mittlerem und unterem Till-Horizont liegenden datierten glazifluviatilen Abfolge. Kliffhöhe: 17 Meter (Fotos: K. Krienke)

Anschriften der Autoren:

Dr. Kay Krienke
Dr. Michael Kenzler
Landesamt für Umwelt
des Landes Schleswig-Holstein,
Abteilung Geologie und Boden
Hamburger Chaussee 25
24220 Flintbek

Prof. Dr. Frank Preusser
Universität Freiburg,
Institut für Geo-
und Umweltwissenschaften
Albertstr. 23b
79104 Freiburg

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 133	
------------------------------	---------	-------------	--------	--

20 Jahre Globales Geopark Netzwerk – ein Blick zurück

KERSTEN LÖWEN

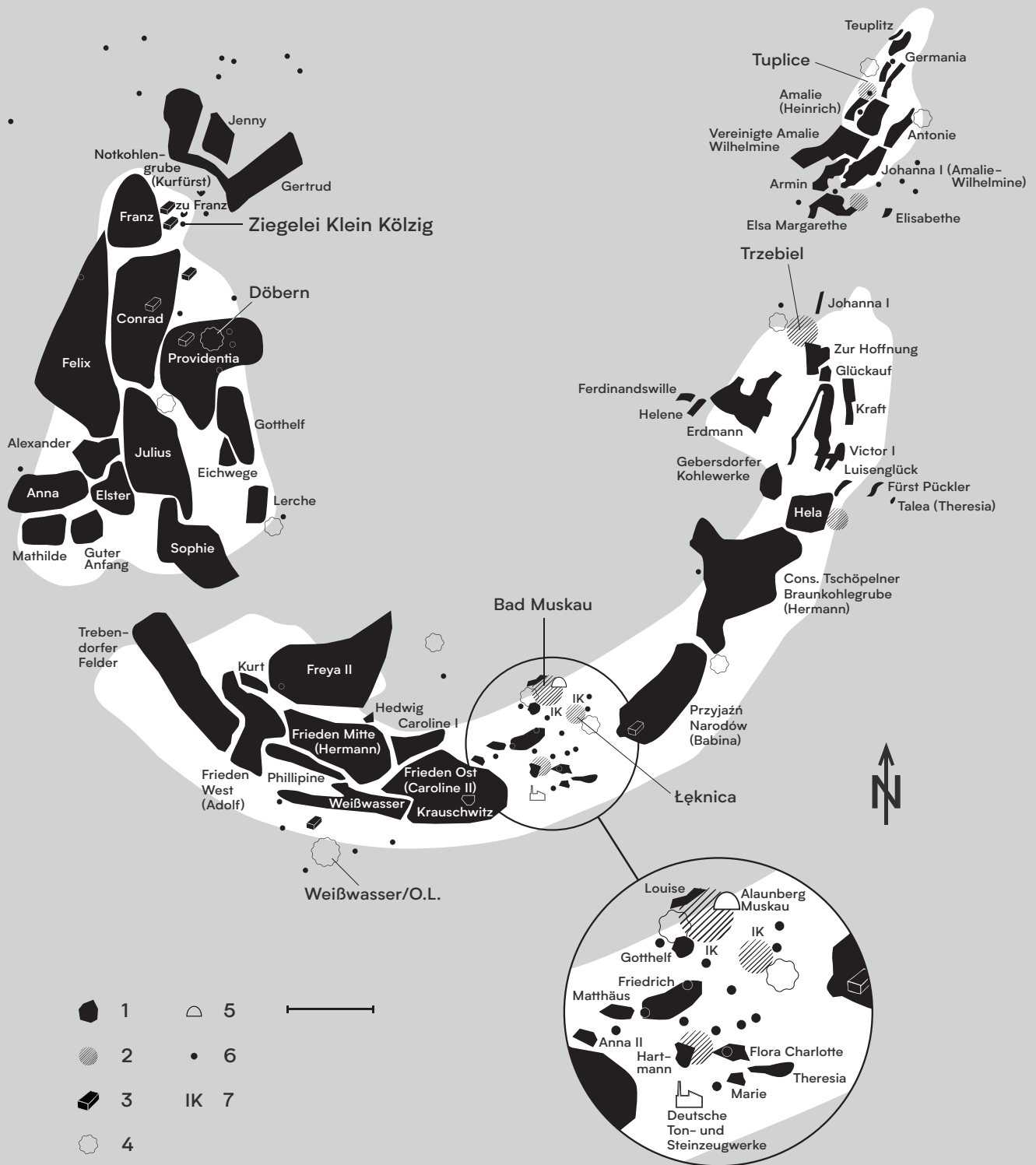
Das Jahr 2024 stellt einen wichtigen Meilenstein für das Globale Geopark Netzwerk dar, denn es markiert das 20-jährige Bestehen unseres weltweiten Netzwerks. 20 Jahre der Zusammenarbeit zwischen Geoparks auf der ganzen Welt. Im Zentrum der Arbeit stehen die drei Hauptziele:

- 1) die Erhaltung unseres geologischen Erbes und des Planeten Erde,
- 2) unserer gemeinsamen Heimat,
- 3) die Öffentlichkeitsarbeit über die Geowissenschaften und die Förderung einer nachhaltigen lokalen Entwicklung.

Das Globale Geopark-Netzwerk wurde im Jahr 2004 als internationale Partnerschaft unter der Schirmherrschaft der UNESCO gegründet und dient der Entwicklung von Best-Practice-Modellen und der Festlegung von Qualitätsstandards für Gebiete, die den Schutz von Stätten des geologischen Erbes in eine Strategie für nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung integrieren. Die Vernetzung und Zusammenarbeit zwischen den Global Geoparks ist die wichtigste Komponente des Global Geoparks Network.

Anschrift des Autors:

Dr. Kersten Löwen
EVTZ mbH Geopark
Muskauer Faltenbogen
Klein Kölzig
An der Ziegelei 1
03159 Neiße-Malxetal



Entwurf: M. Kupetz & K. Löwen, Grafik: KOCMOC Exhibitions, Leipzig

Rohstoffvorkommen, ihr Abbau und ihre
Verarbeitungsstandorte im Muskauer Faltenbogen,
Grafik: KOCMOC Exhibitions, Leipzig,
www.kocmoc-exhibitions.de
(aus KUPETZ et al. 2023, Brandenburg. geowiss. Beiträge 30, S. 106)

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 135–136	6 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Sandliefergebiete der Dünenfelder im zentralen Teil des Europäischen Sandgürtels

Źródła piasku pól wydmowych centralnej części Europejskiego Pasa Piaszczystego

MICHAŁ ŁOPUCH & ZDZISŁAW JARY

Stabilisierte Dünen sind wichtige Landschaftsformen in Mitteleuropa, die im Zentrum des Europäischen Sandgürtels liegen. Sie bildeten sich im Weichsel-Spätglazial als Ergebnis intensiver äolischer Prozesse, die durch das trockene Klima und die spärliche Vegetation am Ende des Pleistozäns begünstigt wurden. In Polen befinden sich große Dünenfelder vor allem in Urstromtälern, kleineren Flusstälern und auf Schwemmfächern (ŁOPUCH, SOKOŁOWSKI & JARY 2023). Trotz langjähriger Forschung ist die Herkunft des Sandes, der diese Dünenfelder bildet, jedoch nicht geklärt. Bislang wurde versucht, die Herkunft dieser Sedimente anhand von granulometrischen Analysen, der Morphoskopie von Sandkörnern und einfachen mineralogischen Analysen zu bestimmen. Jede dieser Methoden weist jedoch erhebliche Einschränkungen auf, die es nicht erlauben, die Sandliefergebiete und die Entfernung, über die die Dünen damals gewandert sind, endgültig zu bestimmen. Aus diesem Grund wurden Meinungen über kurzen, langen oder gemischten äolischen Transport geäußert. Nur in wenigen Fällen wurde die genaue Entfernung, die die Dünen zurückgelegt haben, angegeben, die auf 1–3 km (ZIELIŃSKI 2016), zehn bis hunderte von Kilometern (BURACZYŃSKI 1994) oder mehr als 150 km (GOŹDZIK 2007) geschätzt wurde.

In der hier vorgestellten Studie wurde der Versuch unternommen, die Sandliefergebiete von 40 Dünenfeldern in Polen zu bestimmen (ŁOPUCH & JARY 2023). Zu diesem Zweck wurde die Methode der Musteranalyse (*pattern analysis*; EWING, KOCUREK & LAKE 2006) verwendet, die auf hochauflösenden numerischen Geländemodellen basiert. Sie ermöglichte es, den Bildungszeitraum der einzelnen Dünenfelder zu bestimmen, um im nächsten Schritt die potentielle Distanz zu schätzen, um welche die untersuchten Dünenfelder gewandert sind. Diese Distanzen wurden durch Multiplikation der Bildungszeiträume mit der für Dünenfelder in kalten Gebieten typischen Migrationsrate von 0,5–3,5 m/Jahr (in einem Intervall von 0,1 m/Jahr) ermittelt. Auf diese Weise wurde die Bandbreite der

Entfernungen ermittelt, die jedes Dünenfeld während seiner Entwicklung zurücklegen kann. Schließlich wurden die ermittelten Entfernungen mit dem geologischen Bauplan und der Geomorphologie der Luvseite eines jeden Dünenfeldes verglichen.

Anhand des oben beschriebenen Untersuchungsverfahrens konnte für 38 der 40 untersuchten Dünenfelder eine potenzielle Sandquelle in der Luvseite ermittelt werden. Die Analyse ergab, dass die meisten der untersuchten Dünenfelder während der Wanderung eine Entfernung von 5–15 km zurücklegten und dass Wanderungen über 20 km selten waren. Die meisten Dünenfelder wurden mit Sand aus der nächstgelegenen potenziellen Quelle versorgt, beispielsweise aus fluvialen, glazifluvialen oder glazilimnischen Sedimenten. Aus diesem Grund verließ mehr als die Hälfte der Dünenfelder ihr Liefergebiet nicht. Die Art des Liefergebietes bestimmt die Menge des Sandangebotes und dadurch die Größe der Dünen, wobei sich die höchsten in ausgedehnten Urstromtälern und die kleineren in anderen Flusstälern und auf Schwemmfächern befinden. Die Ergebnisse zeigen auch, dass sich die Windrichtung während der Bildung der Dünenfelder im Untersuchungsgebiet nicht wesentlich geändert hat.

Obwohl die oben beschriebene Methode deutliche Einschränkungen aufweist, stellen die hier vorgestellten Ergebnisse den bisher umfassendsten Versuch dar, Sandliefergebiete und Dünenwanderungsdistanzen innerhalb des europäischen Sandgürtels zu bewerten. In Zukunft müssen diese Ergebnisse anhand detaillierter geochemischer Analysen verifiziert werden, die eine endgültige Auflösung der Herkunft einzelner Dünenfelder ermöglichen werden.

Die Forschung wurde vom Nationalen Wissenschaftszentrum unter der Nummer 021/41/N/ST10/00350 finanziert.

Ustabilizowane wydmy stanowią jeden z ważniejszych elementów krajobrazu Europy Środkowej, znajdującej się w centrum Europejskiego Pasa Piaszczystego. Powstał on w Późnym Glacjale na skutek intensywnych procesów eolicznych, którym u schyłku Plejstocenu sprzyjał suchy klimat i skąpa roślinność. Na terenie Polski duże pola wydymowe zlokalizowane są głównie w pradolinach, mniejszych dolinach rzecznych i na stożkach napływowych (ŁOPUCH, SOKOŁOWSKI & JARY 2023). Jednakże, pomimo wielu lat badań, nie jest jasne pochodzenie piasku budującego te pola wydymowe. Dotychczas proveniencję tych osadów próbowano określić na podstawie analiz granulometrycznych, morfoskopii ziaren piasku i prostych analiz mineralogicznych. Każda z tych metod posiada jednak istotne ograniczenia, które nie pozwalają na ostateczne rozstrzygnięcie lokalizacji źródeł piasku i odległości, na którą migrowały wydmy w tym czasie. Z tego powodu wyrażano opinie o krótkim, długim, lub mieszanym transporcie eolicznym. Jedynie kilkakrotnie podano dokładną odległość pokonaną przez wydmy, którą szacowano na 1–3 km (ZIELIŃSKI 2016), dziesiątki do setek kilometrów (BURACZYŃSKI 1994), lub ponad 150 km (GOŹDZIK 2007).

W prezentowanym badaniu podjęto próbę określenia źródła piasku 40 pól wydymowych znajdujących się w Polsce (ŁOPUCH & JARY 2023). Do tego celu użyto metody analizy wzoru (ang. *pattern analysis*; EWING, KOCUREK & LAKE 2006) opartej o wysokorozdzielcze numeryczne modele terenu. Pozwoliła ona na określenie czasu konstrukcji poszczególnych pól wydymowych, co następnie wykorzystano do oszacowania potencjalnych odległości pokonanych przez badane pola wydymowe. Uzyskano je poprzez pomnożenie czasów konstrukcji przez tempo migracji 0,5–3,5 m/rok (w interwale 0,1 m/rok), które jest typowe dla pól wydymowych funkcjonujących w obszarach zimnych. W ten sposób uzyskano zakres odległości, które każde pole wydymowe mogło pokonać w trakcie swojego rozwoju. Ostatecznie otrzymane odległości skonfrontowano z budową geologiczną i geomorfologią strefy dowietrznej każdego z pól wydymowych.

Używając powyższej procedury badawczej w przypadku 38 z 40 badanych pól wydymowych udało się w strefie dowietrznej zidentyfikować potencjalne źródło piasku. Analiza wykazała, że większość z badanych pól wydymowych pokonała w trakcie migracji odległość 5–15 km, a migracja na odległość ponad 20 km stanowiła rzadkość. Większość pól wydymowych była zasilana w piasek z najbliższego potencjalnego źródła, takiego jak osady fluwialne, fluwio-glacialne, lub jeziorne. Z tego powodu ponad połowa pól wydymowych nie opuściła swojej strefy źródłowej. Rodzaj źródła piasku ze względu na wielkość dostawy piasku determinuje rozmiar wydym – najwyższe zlokalizowane są w rozległych pradolinach, a mniejsze w innych dolinach rzecznych i na stożkach napływowych. Otrzymane wyniki wskazują także, że kierunek wiatru nie ulegał znacznym zmianom w trakcie formowania się pól wydymowych na badanym obszarze.

Choć powyższa metoda posiada wyraźne ograniczenia, to prezentowane wyniki stanowią najszerszą dotychczas próbę oceny źródeł piasku i odległości migracji wydym w obrębie Europejskiego Pasa Piaszczystego. W przyszłości konieczna jest weryfikacja tych wyników na podstawie dokładnych analiz geochemicznych, które pozwolą na ostateczne rozstrzygnięcie kwestii proveniencji poszczególnych pól wydymowych.

Badania zostały sfinansowane z grantu Narodowego Centrum Nauki nr 021/41/N/ST10/00350.

Literatur/Bibliografia:

- BURACZYŃSKI, J. (1994): Zmienność procesów eolicznych na Roztoczu i w Kotlinie Sandomierskiej podczas piętra Wisły. – *Annales UMCS, sec. B*, **49**, 4, S. 51–79
- EWING, R. C., KOCUREK, G. & L. W. LAKE (2006): Pattern analysis of dune-field parameters. – *Earth Surface Processes and Landforms* **31**, S. 1176–1191
- GOŹDZIK, J. (2007): The Vistulian aeolian succession in central Poland. – *Sedimentary Geology* **193**, 1–4, S. 211–220
- ŁOPUCH, M. & Z. JARY (2023): Sand sources and migration of the dune fields in the central European Sand Belt – A pattern analysis approach. – *Geomorphology* **439**, 108856
- ŁOPUCH, M., SOKOŁOWSKI, R. & Z. JARY (2023): Factors controlling the development of cold-climate dune fields within the central part of the European Sand Belt – Insights from morphometry. – *Geomorphology* **420**, 108514
- ZIELIŃSKI, P. (2016): Regionalne i lokalne uwarunkowania późnovistulianskiej depozycji eolicznej w środkowej części europejskiego pasa piaszczystego [Regional and local conditions of the Late Vistulian aeolian deposition in the central part of the European Sand Belt]. – Wydawnictwo UMCS, pp. 236

Anschrift der Autoren/Adres autorów:

Michał Łopuch
Zdzisław Jary
Uniwersytet Wrocławski,
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego,
Zakład Geografii Fizycznej
ul. Cybulskiego 34
50-205 Wrocław, Polska

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 137–138	1 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Herleitung von Mächtigkeitskarten aus den Reflexionsseismischen Horizontkarten des Landes Brandenburg

JASMIN PIKELKE, SEBASTIAN WEINERT & THOMAS HÖDING

Im Jahr 2023 wurden die Karten der Reflexionsseismischen Horizonte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 veröffentlicht. Ergänzend zu den Darstellungen der Tiefenlage der einzelnen Horizonte werden jetzt, auf Datenbasis dieser Karten, Mächtigkeitsdarstellungen ausgewählter Formationen erstellt. Beide Kartenwerke basieren auf dem geologischen 3D-Modell Brandenburg 3D. Dieses entstand in den Jahren 2013–2014 als ein EU gefördertes Projekt und stellt ausgewählte reflexionsseismische Horizonte im tieferen Untergrund Brandenburgs flächendeckend dar. Die für die Modellierung relevanten Daten waren vor der Erstellung von B3D zumeist nur in analogen Medien hinterlegt: In Schichtenverzeichnissen von Bohrungen und Auswertungen von seismischen Untersuchungen. Basis für die Erstellung von B3D bildete vor allem das Regionale Kartenwerk der Reflexionsseismik (REINHARDT et al. 1968-1991, vgl. auch SCHILLING et al. 2015). In einem ersten Schritt zur Zugänglichkeitsmachung der 3D-Daten von B3D auch in 2D-GIS-Formaten wurden aus diesem Modell die reflexionsseismischen Karten des Landes Brandenburg 1 : 300 000 abgeleitet (PIKELKE et al. 2023).

Im nächsten Schritt erfolgt jetzt die Erstellung von Mächtigkeitskarten an ausgewählten reflexionsseismischen Horizonten, welche Top bzw. Basis einer stratigraphischen Einheit darstellen. Im hier dargestellten Beispiel (vgl. Abb. 1) wurden die Horizonte S1 (Top Salinarröt) zu X1 (Top Zechsteinsalinar) ausgewählt. Die Differenz der Tiefenlagen dieser reflexionsseismischen Horizonte ermöglicht bereits eine gute Abschätzung der Mächtigkeit des Buntsandstein.

Zur Erstellung dieser Karte wurde die Rasterberechnung in ArcGIS angewandt. Mittels einer einfachen Subtraktion vom jeweiligen Betrag der Tiefenlage des Hangenden und Liegenden wurde zunächst die Mächtigkeit ermittelt ($M = |\text{Liegend}| - |\text{Hangend}|$). Aufgrund der unterschiedlichen Verbreitung sowie von modellimmanenten Ungenauigkeiten entstehen hier auch negative Werte. Diese logischen Fehler wurden mittels der Funktion „auf Null setzen“ entfernt. Dabei wurden durch Anwendung einer mathematischen Bedingung alle negativen Werte auf 0 gesetzt und die restlichen (positiven) Werte der Mächtigkeitskarte übernommen.

Grundsätzlich sind sowohl das Modell B3D, die abgeleiteten Karten der Reflexionsseismischen Horizonte sowie auch die Mächtigkeitskarten eine mögliche geologische Interpretation der gesammelten Daten in einer landesweiten Darstellung für Brandenburg und Berlin. Aufgrund des originären Kartierungsmaßstabs können die Modelldaten und demnach auch die abgeleiteten Karten nicht punktgenau auf konkrete Standorte und lokale Fragestellungen angewendet werden. Sie können jedoch als Grundlage für Entscheidungs- und Planungsprozesse zu Fragestellungen der unterirdischen Raumordnung, Hydrogeologie und Lagerstättegeologie dienen (SCHILLING et al. 2018).

Neben dieser zunächst rechnerischen Kartenerstellung aus vorherigen Datenbeständen sind zwingend eine Qualitätskontrolle und eine Plausibilitätsprüfung notwendig und damit einhergehend sollte eine Verfeinerung und punktuelle Korrektur der Arbeitsergebnisse erreicht werden können. Diese Kontrolle und Verbesserung erfolgt vor allem mittels der Vertikalprofilierungen ausgewählter Bohrungen sowie durch im Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) neu erschlossene Seismik. Auch regionale Detailkartierungen und -modelle, die in den letzten ca. 10 Jahren im LBGR z. B. im Zuge von Stellungnahmen zu bergrechtlichen Verfahren gemäß Bundesberggesetz (BBergG) oder im Kontext des Standortauswahlgesetzes (StandAG) erarbeitet wurden, fließen in die Kartenerstellung ein. Um die Mächtigkeit des Buntsandstein zu ermitteln, sind insbesondere die sehr schwankenden Mächtigkeiten von Zechsteinletten und der Fulda-Formation zu berücksichtigen. Ebenso ist anhand von Vertikalprofilierungen die Schichtdicke zwischen Top Buntsandstein und Top Salinarröt zu bestimmen und der hier kartographisch dargestellten Schichtmächtigkeit X1-S1 hinzuzuaddieren.

Literatur:

PIKELKE, J., WEINERT, S. & T. HÖDING (2023): Karten der Reflexionsseismischen Horizonte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 – Ableitungen aus dem 3D-Modell Brandenburg (B3D). – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **30**, S. 85–90

REINHARDT, H.-G. & Gruppe Regionales Kartenwerk (1968-1991): Regionales Kartenwerk der Reflexionsseismik; Tiefenlinienpläne und Mächtigkeitskarten 1:100.000, 1:200.000, 1:500.000. – Leipzig (VEB Geophysik) (unveröff.)

SCHILLING, M., SIMON, A., JAHNKE, C. & T. HÖDING (2015): Brandenburg 3D – GIS goes underground, a geological 3D model for the public. – In: SCHAEUBEN, H., DELGADO, R. T., VAN DEN BOOGAART, K. G. & R. VAN DEN BOOGAART, R. (Eds.): Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences (IAMG), Freiberg 2015, S. 118–125

SCHILLING, M., SIMON, A., JAHNKE, C. & T. HÖDING (2018): Brandenburg 3D – Das geologische 3D-Modell Brandenburgs im Internet veröffentlicht. – Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge **25**, 1/2, S. 39–46

Anschrift der Autoren:

Jasmin Pikelke
Sebastian Weinert
Dr. Thomas Höding
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

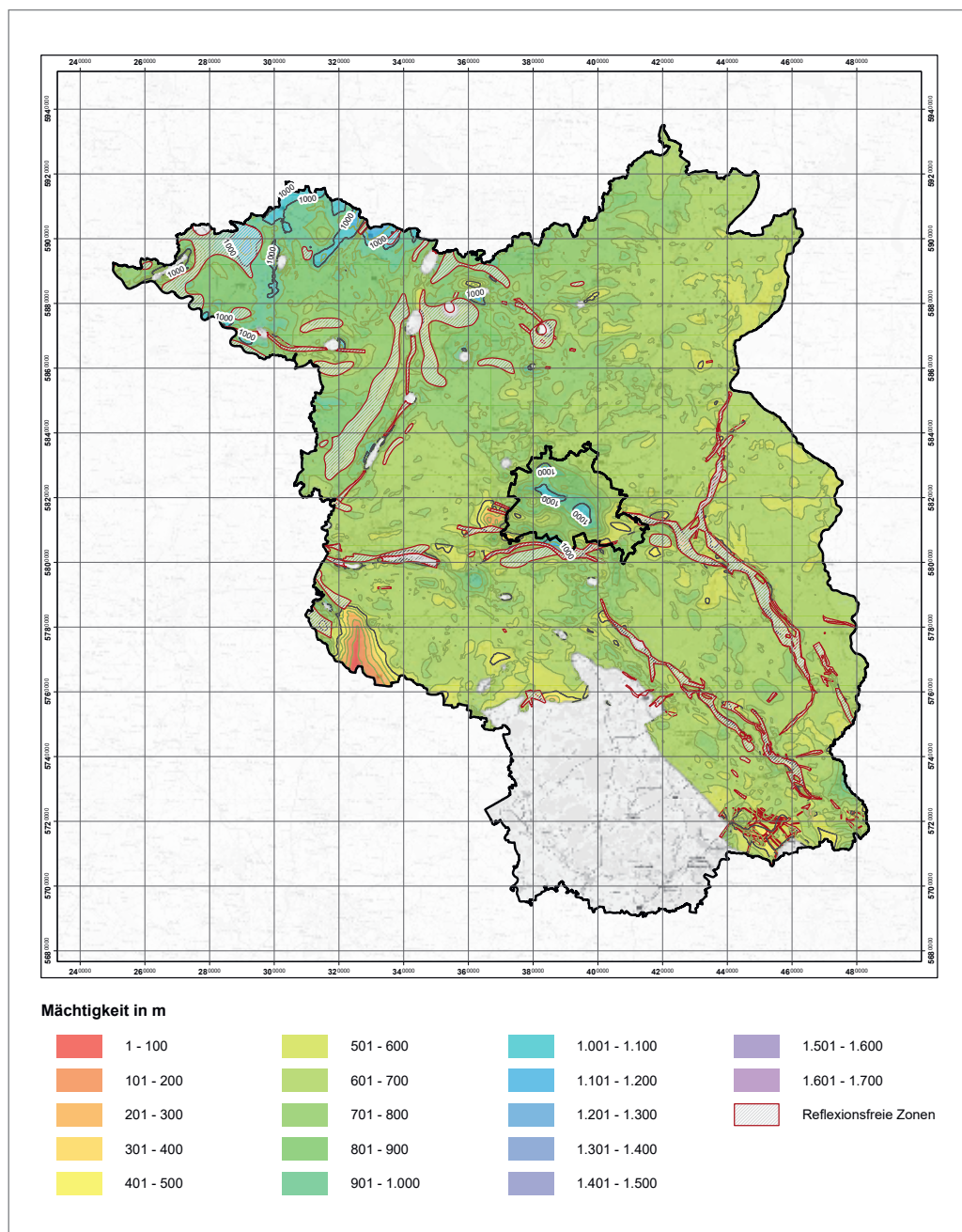


Abb. 1:
Unkorrigierte
Mächtigkeitskarte der
reflexionsseismischen
Horizonte S1 zu X1

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 139–140	2 Abb., 7 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Clay mineralogy of Vertisols with aeolian and glacial admixture in SW Poland

CAROLIN PODLECH, SIXTEN BUSSEMER, MICHAŁ DUDEK, CEZARY KABALA & JAROSŁAW WAROSZEWSKI

Introduction

Vertisol formation is strictly related to lithology and clay-rich Neogene and Quaternary deposits. They are widely distributed from Europe through North America, Australia, northern and central Africa till Asia and are easily detectable due to shrink-swell phenomena. Although they usually have a clay texture and are dominant in the clay swelling phases their mineralogy might be modified due to the contribution of substrates of different origins (e. g. loess, glacial tills or sands) and thus affect the expression of morphological features important for their recognition.

Thus, we aimed to evaluate the clay mineralogy of such clay-rich soils (PODLECH 2022).

Study area

We selected two soil profiles developed from Neogene clays and clay loams located on arable land near Dobrogoszcz village at the foot of the Niemczańsko-Strzelińskie Hills (Lower Silesia, SW Poland) revealing morphological features for Vertisols (Pelosols) (IUSS WORKING GROUP WRB 2022) (Fig. 1) and significant additions of glacial tills and Vistulian loess.

Methods

The mineralogical composition of the selected samples was determined by X-ray diffraction analysis (XRD) using a Bruker D8 Advance θ – θ diffractometer with Fe-filtered CoK α radiation (40 kV, 30 mA). The diffractometer was equipped with a 0.5° divergence slit and a 1D LynxEye detector. Scans

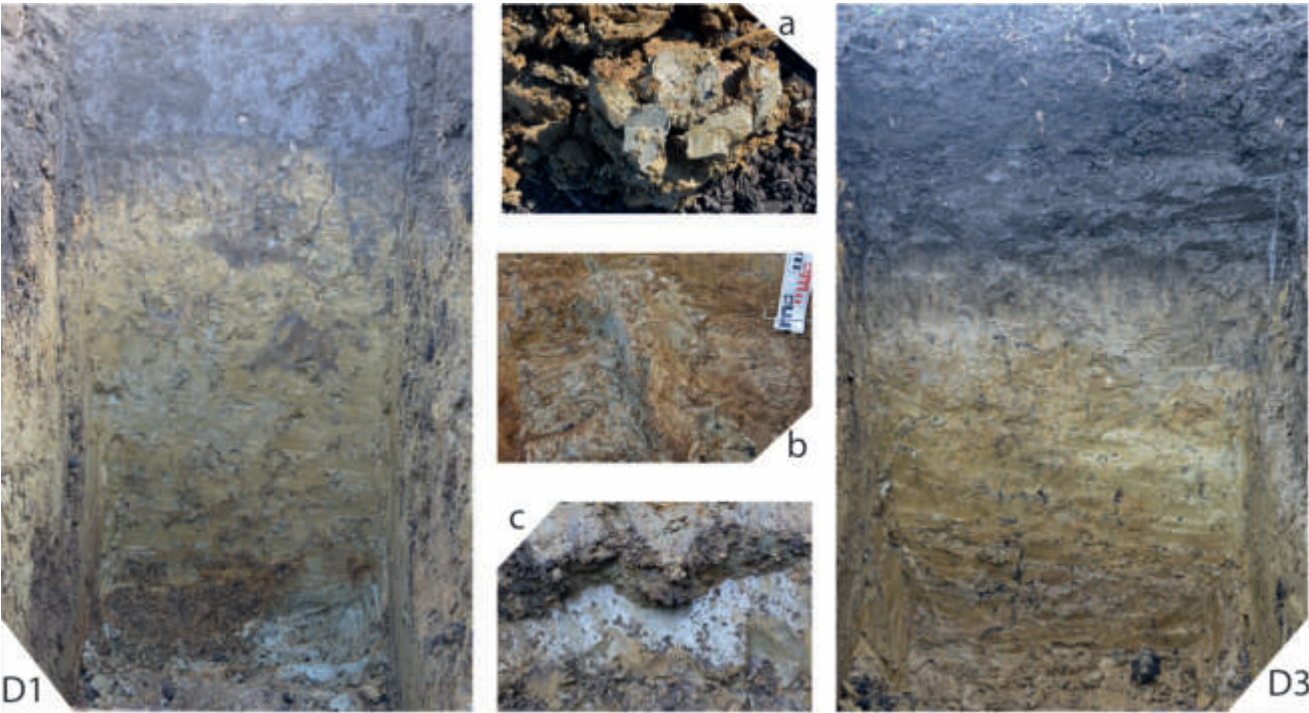


Fig. 1: Soil profiles D1 and D3 with typical Vertisols features: a, c – smooth and shiny surfaces, slickensides; b – close narrow cracks

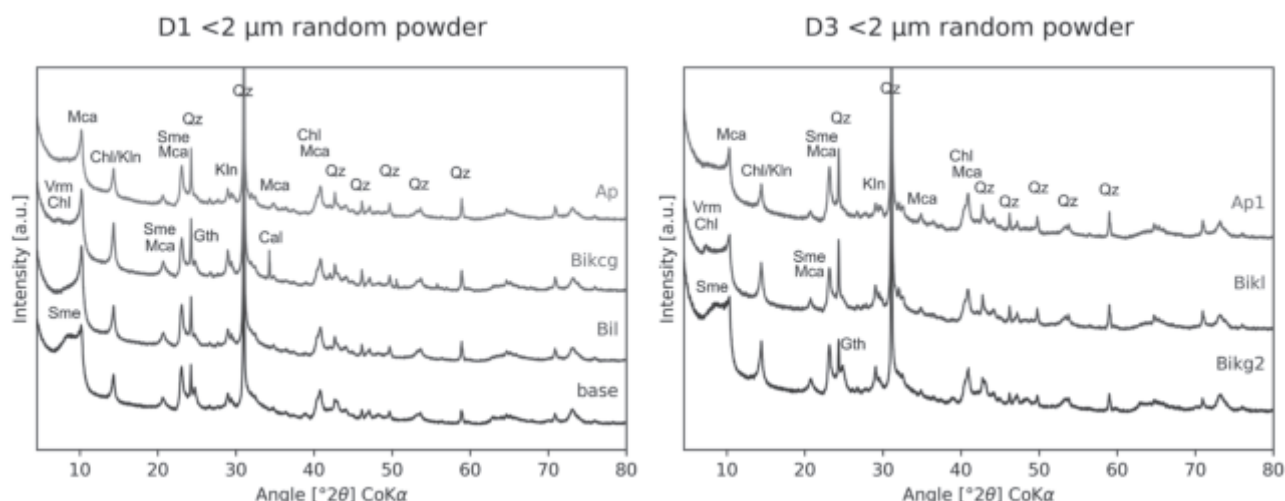


Fig. 2: XRD pattern of random powder preparations for soil profiles D1 and D3.

Gth – goethite; Qz – quartz; Chl – chlorite; Kln – kaolinite; Mca – mica; Sme – smectite; Vrm – vermiculite (IMA-CNMNC approved mineral symbols after WARR 2021).

were collected between 4° and 80° 2θ for side-loaded randomly oriented powders (scanning rate 1° 2θ/min) and between 4° and 40° 2θ for oriented aggregates to determine the clay mineral composition (MOORE & REYNOLDS 1997). The qualitative mineralogical analysis was performed according to BRINDLEY & BROWN (1980) and WHITTIG & ALLARDICE (1986) using the Diffracplus eva 2 Version 14.0 (Bruker-AXS) software.

Results and discussion

In the subsoil (heavy clay texture) of both profiles, clay minerals, especially smectites, were detected as dominant phases (Fig. 2). While the proportion of accessory minerals increases, clay minerals occur as mixed layered phases (mica-smectite, vermiculite-chlorite), while mica, kaolinite and chlorite-mica phases predominate in the topsoil. As a result, shrinkage phenomena are less pronounced here.

References:

- BRINDLEY, G. W. & G. BROWN (1980): Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. – Repr. with amendments, Mineralogical Society monograph **5**, 544 S., London
- DUDEK, M., WAROSZEWSKI, J., KABAŁA, C. & B. ŁABAZ (2019): Vertisols properties and classification in relation to parent material differentiation near Strzelin (SW Poland). – Soil Science Annual **70**, 2, S. 158–169, <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0014>
- IUSS WORKING GROUP WRB (2022): World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. – 4th edition, International Union of Soil Sciences, 236 S., Vienna, Austria

MOORE, D. M. & R. C. REYNOLDS (1997): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. – 2. ed., 378 S., Oxford (Oxford University Press)

PODLECH, C. (2022): Clay mineralogy of soil profiles D1 and D3 (Dobrogoszcz). – Intern Work Report, University of Greifswald, 19 S. (unpubl.)

WARR, L. N. (2021): IMA-CNMNC approved mineral symbols. – Mineralogical Magazine **85**, 3, S. 291–320, <https://doi.org/10.1180/mgm2021.43>

WHITTIG, L. D. & W. R. ALLARDICE (1986): X-Ray Diffraction Techniques. – In: KLUTE, A. (ed.): Methods of Soil Analysis. – Soil Science Society of America, American Society of Agronomy (SSSA Book Series), S. 331–362, Madison, WI, USA

Adresses of authoras:

Carolin Podlech, Sixten Bussemer
University of Greifswald
Institute of Geography and Geology
Friedrich-Ludwig-Jahnstr. 17a
D-17489 Greifswald
carolin.podlech@stud.uni-greifswald.de

Michał Dudek, Cezary Kabała, Jarosław Waroszewski
Wrocław University of Environmental and Life Sciences
Institute of Soil Science, Plant Nutrition
and Environmental Protection
Norwida 25
50-375 Wrocław
Poland

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 141–142	3 Abb.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

GIS-Transformation von Schnittprofilen aus ggf- (GeoDin) bzw. pdf-Formaten in der Hydrogeologischen Kartierung des Landes Brandenburg (HYK50)

SILKE REYES & MARLEN KNOBLAUCH-SASSENSCHIEDT

Die hydrogeologische Kartierung des Landes Brandenburg, aus einer Kombination von zwei Grundwasserleiterbezogenen Kartendarstellungen und vorwiegend Ost-West verlaufenden Schnittprofilen im Abstand von 5 km, konnte seit Kartierbeginn auf nahezu ein Drittel des Landesterritoriums ausgeweitet werden (Abb. 1). In den nunmehr 28 Jahren Kartierung wurden 188 Schnittprofile mit zumeist 23 km Länge erarbeitet. Je nach Dichte der Ausgangsdaten stellen sie die Hydrodynamik innerhalb eines Korridors um den Schnittverlauf modellhaft dar und gehen mit den Karten i. M. 1 : 50 000 inhaltlich konform.

Die vollständige Überführung der Schichtattribute in eine GIS-basierte Datenstruktur erforderte die inhaltliche Anpassung benachbarter Schnittprofile und fügt sie landesweit blattschnittfrei zusammen. Mit diesem Schritt können geologisch/hydrogeologische Sachverhalte innerhalb der GIS-Struktur dem aktuellen Bohrdatenbestand unmittelbar angepasst und verwaltet werden. Die Aussage der Schnitte lässt sich je nach Fragestellung gestalten:

Nach Stratigraphie, Lithologie oder auf den Grundwasserleiter bezogen (Abb. 2). Auch ist die Kombination aller Attribute möglich.

Zusammengeführt und gepflegt in einer Geodatabase bilden die GIS-transformierten Schichtenprofile ein Gerüst für das geologische Untergrundmodell des Landes Brandenburg (Abb. 3).

Die Ansicht der Schnitte sind im Geoportal unter <https://geo.brandenburg.de/?page=Hydrogeologische-Karten> einsehbar.

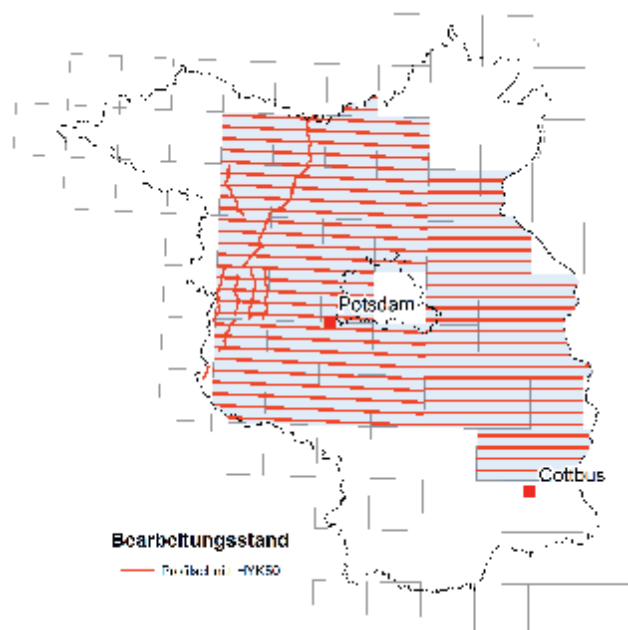


Abb. 1: Bearbeitungsstand der fertiggestellten hydrogeologischen Schnitte in 2024

Anschrift der Autoren:

Silke Reyes
Marlen Knoblauch-Sassenscheidt
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe
Geologischer Dienst
Inselstraße 26
03046 Cottbus

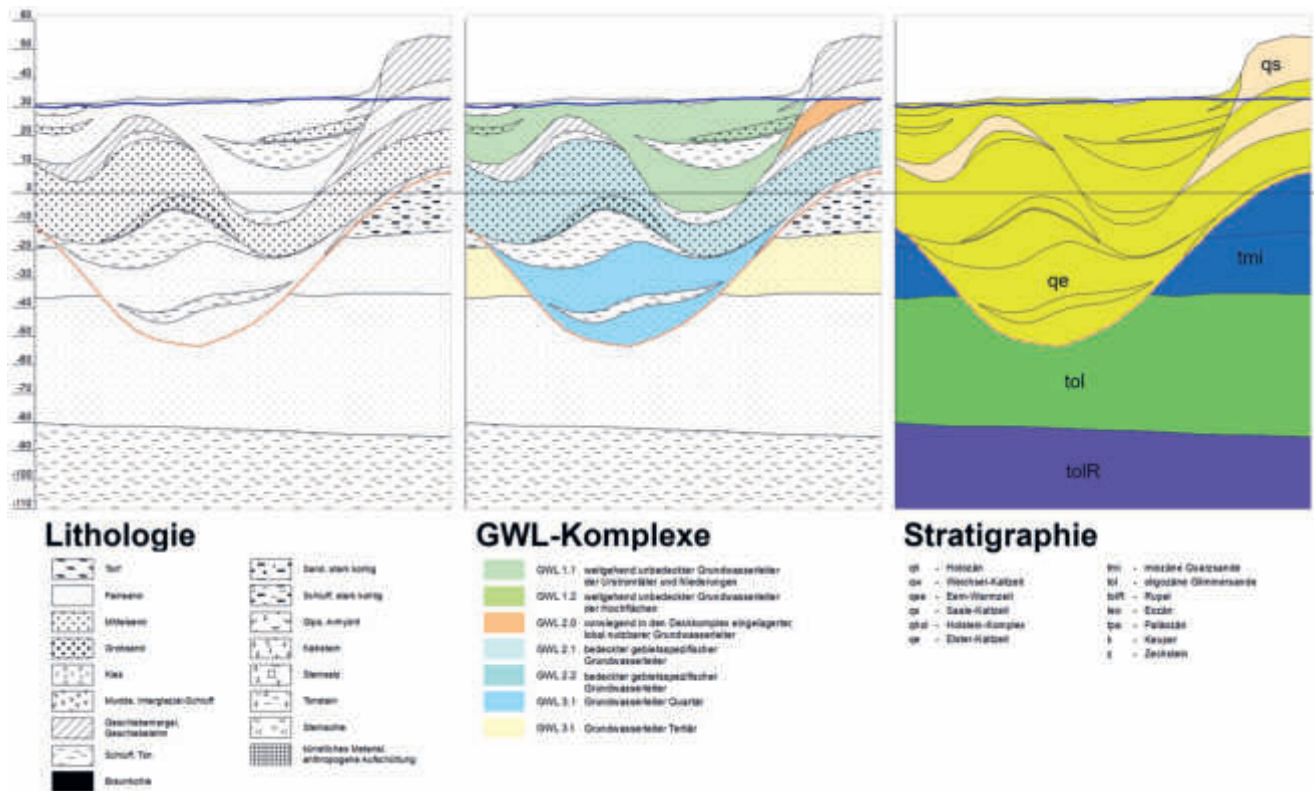


Abb. 2: Mögliche Darstellungsebenen der hydrogeologischen Schnitte. Hier ein Ausschnitt aus Blatt Wusterwitz (L3740), Schnitt 5800



Abb. 3: Brandenburg von unten. Einblick in die 3D-Darstellung der hydrogeologischen Schnitte

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 143–144	8 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Millennial-scale erosion rates in the Harz Mountains (Germany) from cosmogenic ¹⁰Be: Implications for landscape evolution of basement highs in Central Europe

HENRIK ROTHER, RALF HETZEL, REINHARD WOLFF & KYRA HÖLZER

Understanding how landscapes evolve under changing tectonic and climatic boundary conditions requires the quantification of erosion rates on different temporal scales. Rates and spatial patterns of erosion exert a major control on the topographic evolution of mountain ranges, in particular when rock uplift due to tectonic processes has ceased to be the dominant relief-forming factor. Here we present newly quantified ¹⁰Be-based erosion rates for the Harz Mountains, a typical Variscan basement high in Central Europe. The present fault-bounded mountain range formed as a result of tectonic inversion of the Central European Basin during the Late Cretaceous with a further phase of post-Oligocene uplift. The summit region of the Harz (Brocken peak 1 141 m a.s.l., Permian granite) is morphologically surrounded by remnants of an Oligocene low-relief bedrock surface that was carved into Palaeozoic metasediments. This planation surface ranges in elevation between 500–700 m a.s.l. and thus stands 200–300 m above the Harz foreland. The origin of this morphology and particularly its uplift history has been under debate for more than a century (e.g. PHILIPPI 1910; MÜCKE 1966; THIEM 1974; KÖNIG et al. 2011), with widely differing views on proposed physical processes, tectonic triggers and the timing of uplift. In recent years it has also been suggested that a significant amount of Harz uplift may have been caused by glacial isostatic adjustments in response to ice sheet loading of the Subhercynian Basin during the Middle Pleistocene (DIERCKS et al. 2021), or other mechanisms causing a neotectonic reactivation of the Harz Northern Boundary Fault (MÜLLER et al. 2020).

An important aspect for a better understanding of the morphological evolution of the Harz is the determination of local and spatially averaged catchment-wide erosion rates. To achieve this, we measured concentrations of in situ-produced cosmogenic ¹⁰Be in quartz-rich bedrock outcrops and stream sediment of rivers directly draining the Brocken area (Ecker, Ilse, Warme Bode, Kalte Bode). Our ¹⁰Be erosion rates derived from four catchments with a size of 0.3–24 km² range from 24 to 54 mm/kyr. The data integrate over the past ~25 kyrs. We found that catchment portions situated within the low-relief surface and with mean slope angles < 10° erode at rates of 24–30 mm/kyr, whereas catchments portions characterized by steeper slopes

(20–35°) erode at higher rates of 30–54 mm/kyr. Bedrock outcrops on the planation surface erode at a rate of only ~20 mm/kyr. We note that the magnitude of these erosion results for the Harz Mountains is similar to ¹⁰Be erosion rates derived from other bedrock ranges in Germany (e.g. WOLFF, HETZEL & STROBL 2018, MEYER et al. 2010). As expected, our data document that erosion rates correlate well with mean hillslope angles showing that hillslope steepness exerts a major control on local erosion dynamics. The data also show that bare bedrock erodes at a rate which is lower than that for catchments with the lowest hillslope angles, corroborating the view that the absence of soil reduces the intensity of physical disintegration and weathering of granitic bedrock compared to parts of the landscape that are soil-covered.

We suggest that comparing our erosion data with uplift rates implied by different proposed Harz uplift models may help to assess their plausibility. For example, assuming that our reconstructed ¹⁰Be erosion rates also applies to the Neogene period, it appears unlikely that a Harz uplift of c. 300 m since the Early Miocene (as proposed by THIEM 1974) represents a realistic scenario, as this would compute to an average uplift rate of 15–20 m/Myr (i. e., 15–20 mm/kyr), which is lower than our reconstructed catchment-wide erosion rates (24–54 mm/kyr). We argue that under such scenario with low uplift rates, it would have been impossible to generate significant post-Miocene relief uplift of the Harz, because at these rates any evolving mountainous topography would be efficiently removed by the accompanying rate of erosion. Conversely, neotectonic uplift models, such as suggested by DIERCKS et al. (2020) who propose a strong Harz uplift pulse of 80–90 m during the Middle Pleistocene, implies high uplift rates in the order of 350–400 mm/kyr, which we also consider as unrealistic. Assuming instead an amount of 300 m of uplift since the Late Pliocene (i. e., during the past ~3.5 Ma; KÖNIG et al. 2011), we derive an average uplift rate of ~86 mm/kyr. Moreover, if the uplift stopped ~0.5 Ma ago (THIEM 1974), the resulting uplift rate would be in the order of ~100 mm/kyr. Given that both estimates exceed our catchment-wide ¹⁰Be erosion rates by a factor of 2–4, the amount and timing of uplift would be compatible with the generation of the

observed relief in the Harz during the Pliocene and Quaternary periods, despite the continued removal of surface material by erosion in the Harz Mountains at rates determined in this study.

Literature:

DIERCKS, M.-L., STANEK, K., DOMÍNGUEZ-GONZALEZ, L. & B. EHLING (2021): Quaternary landscape evolution and tectonics in Central Germany – A case study of the Harz. – *Geomorphology* **388**, 107794, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107794>

KÖNIG, W., KÖTHE, A. & I. RITZ (2011): Die marine Beeinflussung der Subherzynen Senke und der Mittelharzhochfläche im Oligozän – Biostratigraphische und sedimentpetrographische Analysen tertiärer Sandvorkommen. – *Z. Geol. Wiss.* **39**, p. 387–431

MEYER, H., HETZEL, R., FÜGENSCHUH, B. & H. STRAUSS (2010): Determining the growth rate of topographic relief using in situ-produced ^{10}Be : A case study in the Black Forest, Germany. – *Earth Planet. Sci. Lett.* **290**, p. 391–402, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.12.034>

MÜCKE, E. (1966): Zur Großformung der Hochfläche des östlichen Harzes. – *Hercynia* **3**, p. 221–244

MÜLLER, K., POLOM, U., WINSEMAN, J., STEFFEN, H., TSUKAMOTO, S., GÜNTHER, T., IGEL, J., SPIES, T., LEGE, T., FRECHEN, M., FRANZKE, H. J. & C. BRANDES (2020): Structural style and neotectonic activity along the Harz Boundary Fault, northern Germany: a multimethod approach integrating geophysics, outcrop data and numerical simulations. – *Int. J. Earth Sci.* **109**, p. 1811–1835, <https://doi.org/10.1007/s00531-020-01874-0>.

PHILIPPI, E. (1910): Über die präoligozäne Landoberfläche in Thüringen. – *Z. Dtsch. Geol. Ges.* **62**, p. 305–404

THIEM, W. (1974): Neue Aspekte für die Rekonstruktion der Reliefentwicklung des Harzes. – *Hercynia* **11**, p. 233–260, <http://dx.doi.org/10.25673/93855>

WOLFF, R., HETZEL, R. & STROBL, M. (2018): Quantifying river incision into low-relief surfaces using local and catchment-wide ^{10}Be denudation rates. – *Earth Surf. Proc. Land.* **43**, p. 2327–2341, <https://doi.org/10.1002/esp.4394>

Adresses oft he authors:

Henrik Rother
Landesamt für Geologie und
Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle (Saale)

Ralf Hetzel
Reinhard Wolff
Kyra Hölzer
Institut für Geologie und
Paläontologie,
Universität Münster
Corrensstr. 24
48149 Münster

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 145–146	1 Abb., 7 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

1200 Jahre Großerdfall Arendsee (822–2022) – Historisches und Aktuelles zur Seegenese

KONRAD SCHUBERTH, IVO RAPPSILBER, JAN SEIDEMANN & SVEN THOMAS

Zusammenfassung

Der Arendsee ist der größte Erdfall von Sachsen-Anhalt. Anlässlich des 1200-jährigen Jubiläums des Seeinbruchs werden Forschungsgeschichte und -stand vorgestellt.

Einleitung

Im Juli 2022 beging die Stadt Arendsee (Altmarkkreis Salzwedel) mit einem Festwochenende das Jubiläum des großen Seeinbruchs. 1200 Jahre zuvor, 822 n. Chr., entstand aus einem hufeisenförmigen, flacheren Gewässer der Arendsee in seiner heutigen, fast ovalen Form, mit der enormen Tiefe von 55 m (SCHUBERTH, RAPPSILBER & SEIDEMANN 2023a, b). Ursache war Subrosion im Caprock-Bereich des bis in Oberflächennähe reichenden Salzstocks Arendsee.

Das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) Sachsen-Anhalt und das Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie (LDA) Sachsen-Anhalt begleiteten das Gedenkjahr mit zwei populärwissenschaftlichen Veranstaltungen. Sie konnten sich auf Erkenntnisse aus einer mehr als

250-jährigen naturwissenschaftlichen Forschungsgeschichte stützen, die seit den 1990er-Jahren wichtige neue Impulse erhält und deren Zwischenstand durch LEINWEBER (2019) zusammenfassend dokumentiert wurde.

Aus Anlass des Seejubiläums hat das LAGB einen farbigen Flyer im Format A2 herausgeben, mit einer als Plakat gestalteten Vorderseite (Abb. 1a) und einer informativen, reich illustrierten Rückseite (SCHUBERTH & RAPPSILBER 2022). Er befasst sich mit der Entstehung des Arendsees sowie den geologischen und bergbaulichen Gegebenheiten in seinem Umfeld. Nachfolgend werden der dort vorgestellte Forschungsstand sowie neueste Erkenntnisse zur Seegenese skizziert.

Geomorphologische und geologische Verhältnisse

Der im Norden von Sachsen-Anhalt im Altmoränengebiet gelegene Arendsee hat eine ovale Form (3,3 km x 2,0 km, Fläche 5,15 ha) und einen schüsselförmigen Boden. Der Seegrund wird durch einen West–Ost-verlaufenden Rücken gegliedert. In der Umgebung des Gewässers stehen vor allem Bildungen aus dem Pleistozän an. Nur am Westufer treten Sedimente

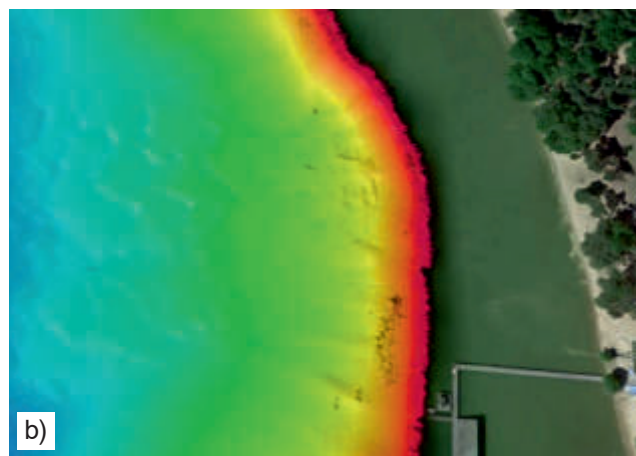


Abb. 1: a) Flyer des LAGB zum Seejubiläum, Vorderseite: Seegrundrelief, Luftbild, Phasen der Seeentwicklung, 3D-Modell des Untergrundes und historische Überlieferungen der Seeinbrüche von 822 und 1685 (von links oben nach rechts unten) b) Abgeleitetes Sediment am östlichen Litorallhang des Arendsees, im Bereich des Strandbades (Grafik: LDA / Atlas Elektronik 2020)

des Tertiärs bis an die Erdoberfläche. Hier wurden bis ins 20. Jh. Braunkohlen und Quarzsande abgebaut. Hinweise auf eine unter dem See liegende Salzstruktur gab es bereits um 1900, als in Tiefbohrungen Sole und Salze angetroffen wurden. Aber erst im Zuge der „Geophysikalischen Reichsaufnahme“ gelang 1938/39 der wissenschaftliche Nachweis des unter dem Gewässer vermuteten Salzstocks Arendsee.

Seegenese und die Katastrophen von 822 und 1685

Die Seeentstehung verlief mehrphasig. Schon im Weichsel-Spätglazial entstand durch flächenhafte, schwache Salzauslaugung ein hufeisenförmiges, flaches Gewässer, das im Holozän durch zwei diskontinuierliche Ereignisse radikal verändert wurde. 822 erfolgte ein erster, entscheidender Seebruch. Der Zusammensturz gewaltiger Hohlräume im Caprock-Bereich führte zur Entstehung von einem der tiefsten Seen Norddeutschlands und war so katastrophal, dass er in die frühe Geschichtsschreibung einging. Der Arendsee ist der älteste urkundlich belegte Großerdfall von Deutschland! 1685 kam es dann am Südostufer zu einem kleineren Nachbruch von 18 ha Fläche, bei dem eine Windmühle im See versank.

Forschung am Arendsee – einst und jetzt

Spätestens seit diesem Zeitpunkt stehen die geogenen Gefahren im Fokus der Seeanwohner. Die wissenschaftliche Erforschung begann aber erst 1788 mit Lotungen von G. C. SILBERSCHLAG und wurde 1896/97 durch morphologisch-limnologische Untersuchungen von W. HALBFAß forciert. Später war es dann vor allem die Suche nach Lagerstätten (Sole, Braunkohle, Erdöl/Erdgas), die neue Erkenntnisse zur Beschaffenheit des Untergrundes lieferte.

1993 wurde die Arbeitsgemeinschaft „Der Arendsee“ gegründet. In ihr engagierten sich Privatpersonen, Firmen und Behörden für eine Verbesserung der Wassergüte und eine weitere Erforschung von See und Umfeld. Es ging sowohl um die Erkundung von Möglichkeiten zur geothermischen und balneologischen Nutzung als auch um die Einschätzung der Gefahr weiterer kontinuierlicher oder plötzlicher Senkungen. Gravimetrische Messungen, z. T. von der Eisdecke aus, führten 1997 zu neuen Detailkenntnissen über die Beschaffenheit des Untergrundes und gestatteten im Rahmen des Projektes „Tieferer Untergrund Norddeutsches Becken“ (TUNB, 2014–2021) eine präzise 3D-Modellierung des Salzstocks. 2003 lieferten Sonarmessungen des Landesbetriebes für Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz Sachsen-Anhalt flächenhafte Daten zum Seegrundrelief. Zudem ist rings um den Arendsee seit 1993 ein großflächiges Nivellementnetz in Betrieb, mit dem Senkungen, aber auch Hebungen der Erdoberfläche quantifiziert werden.

Im Zusammenhang mit den seit 2003 betriebenen unterwasserarchäologischen Forschungen hat das LDA eine hochpräzise Vermessung und Dokumentation des Seebodens initi-

iert. Mit Hilfe von Sonaraufnahmen konnte erst jüngst die Lage historischer Uferlinien rekonstruiert werden. Darüber hinaus wurden Hinweise auf rezente Subrosion gefunden (Abb. 1b), die sich auch durch Erdfallreihen und Zerrspalten am Seegrund bemerkbar macht. Eine multitemporale Detektion dieser Phänomene kann dazu beitragen, geogene Gefahren im oder am See rechtzeitig zu erkennen. Hierzu wird ein interdisziplinäres Forschungsprojekt angestrebt.

Literatur:

- HALBFAß, W. (1896): Der Arendsee in der Altmark. Erster Teil. – Mitteilungen des Sächsisch-Thüringischen Vereins für Erdkunde zu Halle a. S., S. 1–27
- HALBFAß, W. (1897): Der Arendsee in der Altmark. Zweiter Teil. – Mitteilungen des Sächsisch-Thüringischen Vereins für Erdkunde zu Halle a. S., S. 93–129
- LEINWEBER, R. (2019): „... antiquum Arnesse ...“ Interdisziplinäre Forschungen zur Geschichte des Arendsees (2003–2011). – Archäologie in Sachsen-Anhalt, Sonderband 31, 180 S., Halle [mit umfangreicher Bibliographie]
- SCHUBERTH, K. & I. RAPPSILBER (2022): Der Arendsee – Aus Salz geboren. Das „Blaue Auge“ der Altmark hat eine Millionen Jahre lange geologische Vorgeschichte. – Flyer, 1 Bl., 12 S. Text, 1 S. Poster, Halle (LAGB)
- SCHUBERTH, K., RAPPSILBER, I. & J. SEIDEMANN (2023a): Aus Salz geboren – Der Großerdfall Arendsee und seine geologische Entstehung. – Altmark-Blätter, Heimatbeilage der Altmark-Zeitung **34**, 29, S. 113–116
- SCHUBERTH, K., RAPPSILBER, I. & J. SEIDEMANN (2023b): Aus Salz geboren – Der Großerdfall Arendsee und seine geologische Entstehung. – Altmark-Blätter, Heimatbeilage der Altmark-Zeitung **34**, 30, S. 120
- SILBERSCHLAG, G. C. (1788): Nachrichten von dem See bey Arendsee in der Altmark. – Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde von der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin, **8**, S. 225–235

Anschriften der Autoren:

Konrad Schuberth, Dr. Ivo Rappsilber, Jan Seidemann
Landesamt für Geologie und
Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle (Saale)

Dr. Sven Thomas
Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologie Sachsen-Anhalt
Richard-Wagner-Straße 9
06114 Halle (Saale)

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 147–148	2 Abb., 3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Die Energiewende braucht mineralische Rohstoffe

CARSTEN SCHWARZ

Aufgrund der hohen Stückzahlen und der Vielzahl unterschiedlichster Bauwerke zur Erreichung der klimapolitischen Ziele ergeben sich landes- und bundesweit zunehmend hohe Bedarfe an mineralischen Baustoffen, die zusätzlich zu den bereits bekannten Rohstoffströmen für den klassischen Hoch- und Tiefbau bereitgestellt werden müssen. Das Poster „Die Energiewende braucht mineralische Rohstoffe“ zeigt am Beispiel einer stark simplifizierten Darstellung, welche Mengen an mineralischen Rohstoffen für die Errichtung einer Windenergieanlage aktueller Bauart und Größe benötigt werden.

Die marktgerechte Versorgung des Landes Niedersachsen mit Rohstoffen ist von grundlegender Bedeutung für das Funktionieren der Wirtschaft und damit den Erhalt unseres Lebensstandards. Eine herausragende Stellung nehmen dabei die im Tagebau gewinnbaren mineralischen Massenrohstoffe ein, die zu fast 95 % als Baurohstoffe in der Bauindustrie benötigt werden und daher auch in Zukunft in ausreichenden Mengen aus heimischen Lagerstätten zur Verfügung stehen müssen.

Hierfür erfasst das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) systematisch die heimischen Bodenschätze und ihre Lagerstätten, insbesondere Steine, Erden und Industriemineralien sowie Torf, Salz, Kohle und Erze. Diese werden bewertet und im Vorfeld einer industriellen Nutzung auf ihr wirtschaftlich nutzbares Potenzial hin untersucht. Die hierbei gewonnenen Daten dienen u. a. der fachlich neutralen Beratung von Ministerien, politischen Entscheidungsträgern, der Rohstoffwirtschaft, den Unternehmen der Rohstoffindustrie, Verbänden sowie Bürgerinnen und Bürgern zu allen Aspekten der Rohstoffsicherung, Rohstoffversorgung sowie des Rohstoffabbaus in Niedersachsen.

Im Rahmen der jüngsten Datenerhebung für den aktuellen Rohstoffsicherungsbericht Niedersachsen (LBEG 2022) wurde eine jährliche Produktion an Steinen, Erden und Industriemineralien von circa 60 Mio. Tonnen ermittelt, bestehend aus den Rohstoffgruppen Kies und Sand, Industriesande, gebrochene Natursteine, Zementrohstoffe, Ziegeleirohstoffe, Gips (ohne REA-Gips) sowie Naturwerksteine. Umgerechnet entspricht dies einem ungefähren jährlichen Bedarf von

7,5 Tonnen mineralischen Rohstoffen pro Kopf der Bewohner Niedersachsens. Die mineralischen Rohstoffe werden in der Regel direkt von der Gewinnungsstelle an die Baustelle transportiert und dort verbaut, eine Aufhaltung oder Vorratslagerung findet nur in sehr geringem Umfang statt.

Die in Niedersachsen geförderten Baurohstoffe werden überwiegend im Tiefbau eingesetzt. Allein 60 % der geförderten Kiese und Sande werden für Frostschutz- und Tragschichten im Verkehrswegebau, für Infrastrukturbauwerke sowie als Füllsande verwendet. In die klassischen hochbaunahen Bereiche (z. B. Produktion von Kalksandsteinen) gehen lediglich circa 10 % der Kies und Sandgewinnung. Der durchschnittliche Bedarf an mineralischen Rohstoffen für Infrastrukturbauten und für den Häuserbau ist seit vielen Jahren weitgehend bekannt, typische Beispiele zeigt Abbildung 1.

Einen deutlichen Einfluss auf rohstoffrelevante Planungen, Rohstoffströme und -kreisläufe in Niedersachsen haben die politischen Veränderungen und der Gestaltungswille der Bundesregierung seit Herbst 2021. Die grundsätzliche Entscheidung zum Kohleausstieg bis 2038 sowie die Bestrebungen der Koalitionsparteien für ein Vorziehen bereits auf 2030 haben massive Auswirkungen auf die Rohstoffwirtschaft in Niedersachsen. Die Klima- und Klimafolgediskussion sowie der im Koalitionsvertrag festgeschriebene 1,5-Grad-Pfad entfalten zusammen mit landespolitischen oder regionalen Entscheidungen zum Ausbau der Potenziale regenerativer Energien einen hohen Druck auf landesweite und regionale Planungen, wie z. B. das Landes-Raumordnungsprogramm (LROP) sowie die regionalen Raumordnungsplanungen (RRÖP). Auch die zwingend notwendigen infrastrukturellen Modernisierungen (u. a. Verkehrswegebau, überregionale Linienbauwerke, Ausbau über- und unterirdisch verlaufender Leitungen und Trassen) sowie zur Intensivierung des Wohnungsbaus erfordern die Bereitstellung erheblicher Rohstoffmengen. Ein in vielfacher Hinsicht bemerkenswerter Aspekt wird bei vielen Bedarfsanalysen jedoch nur am Rande betrachtet oder geht sogar völlig unter. Gemeint ist der Bedarf an mineralischen Rohstoffen, der für das Erreichen der hochgesteckten Ziele der Energiewende gedeckt werden muss. Für den Neubau oder das Repowering von Windenergieanlagen werden für den Turm, das Fundament und die Einrichtung von Betriebs-

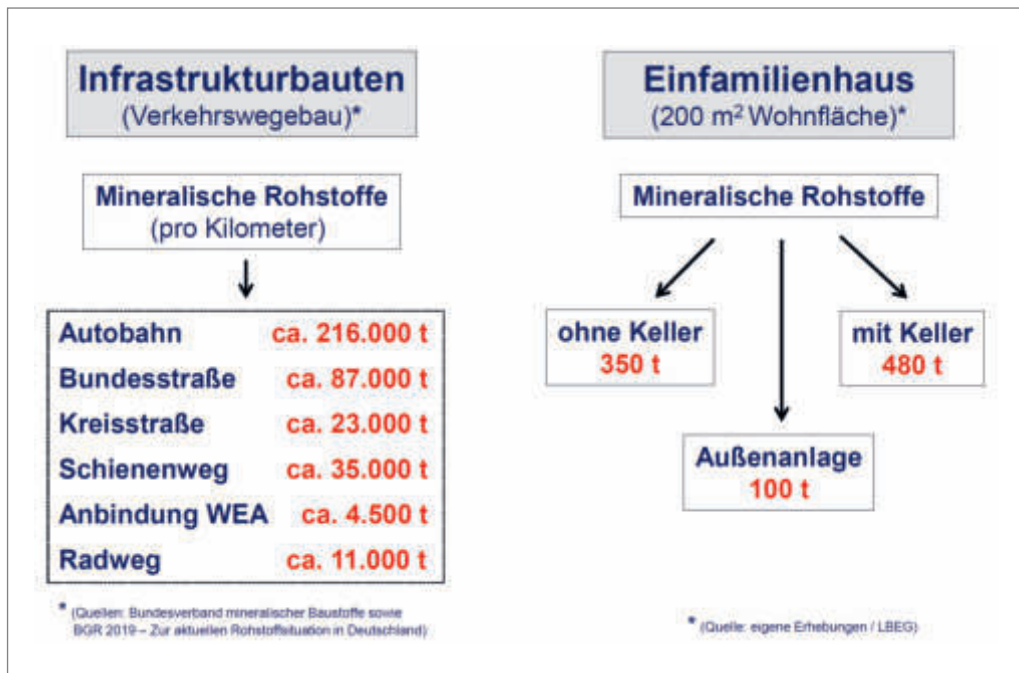


Abb. 1:
Durchschnittlicher
Bedarf an
mineralischen Rohstoffen
im Hoch- und Tiefbau

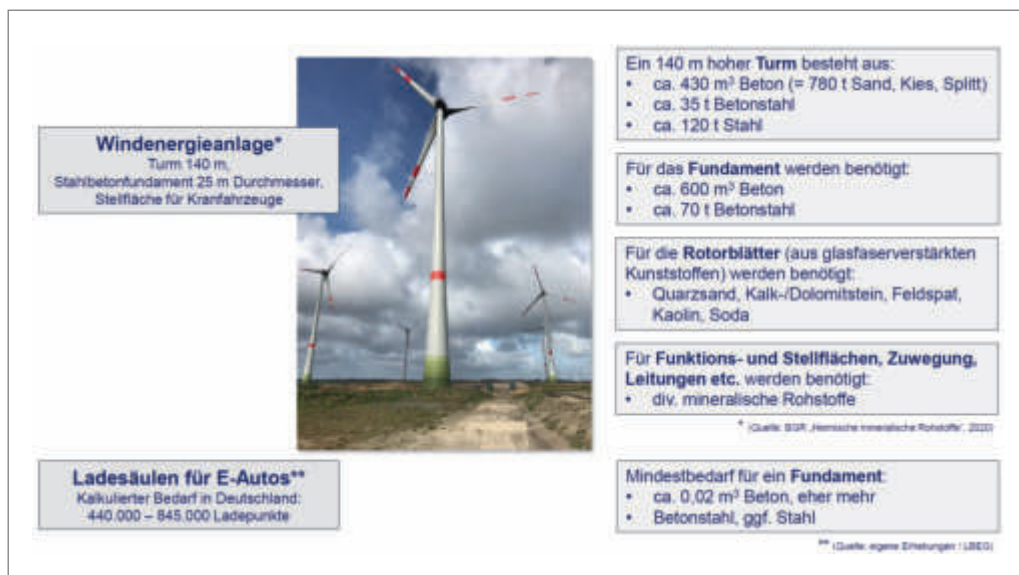


Abb. 2:
Beispiele für den
durchschnittlichen
Rohstoffbedarf für
Bauwerke im Rahmen
der Energiewende

und Stellflächen, die Zuwegung sowie die Verlegung von Kabeln und Leitungen erhebliche Mengen an mineralischen Rohstoffen benötigt. Sogar in den Rotorblättern sind mineralische Bestandteile enthalten. Auch der Ausbau der Freiflächenphotovoltaik benötigt Fundamente, Zuwegungen und Leitungen. Gleiches gilt für den zunehmenden Bau von mehreren hunderttausend Ladesäulen für E-Autos. Abbildung 2 gibt an ausgewählten Beispielen einen Überblick über die hierfür benötigten mineralischen Rohstoffe und Rohstoffmengen.

Literatur:

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2019): Deutschland - Rohstoffsituation 2019. – 150 S., Hannover

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2017): Heimische mineralische Rohstoffe – unverzichtbar für Deutschland. – 80 S., Hannover

LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2022): Rohstoffsicherungsbericht Niedersachsen 2022. – GeoBer. 46, 122 S.

Anschrift des Autors:

Dr. Carsten Schwarz
Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2
30655 Hannover

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 149–150	2 Abb., 3 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Aktuelle Herausforderungen der Rohstoffgeologie in Brandenburg

CATHRIN SCHWEDHELM & THOMAS HÖDING

Die Aufgaben des Fachbereiches Rohstoffgeologie im Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) sind vielfältig und greifen dynamisch ineinander über. Basisaufgabe ist die Erhebung und Verfügbarhaltung aktueller Daten über Art, Lage, Menge und Qualität der Vorkommen und Lagerstätten oberflächennaher Rohstoffe im Land Brandenburg. Dazu werden rohstoffgeologische Karten unterschiedlicher Maßstäbe erstellt und fachliche Stellungnahmen erarbeitet. Daueraufgabe und Kernstück dieser Arbeit bilden die Rohstoffdatenbank sowie die Karte der oberflächennahen Rohstoffe im Maßstab 1 : 50 000 (KOR 50) (vgl. MANHENKE et al. 1997). Um dem sich stetig verändernden Stand der Technik gerecht zu werden und die Karte dem aktuellsten Erkundungsstand anzupassen, erfolgt seit 2015 eine Neukartierung der bereits bestehenden KOR 50. Neue Erkenntnisse zu vorhandenen Rohstoffpotenzialen durch die Wertung neuer Bohraufschlüsse werden ebenso berücksichtigt, wie Veränderungen der wirtschaftlichen Nutzung, oder das Voranschreiten der Rohstoffgewinnung innerhalb eines Lagerstättengebietes. Dazu werden beispielsweise die Flächen realisierter Abschlussbetriebspläne aus der Flächenkulisse entfernt. Die Karte spiegelt damit den aktuellsten Kenntnisstand über die Verbreitung von Steine- und Erdenrohstoffen im Land Brandenburg wider. Hervorzuheben ist, dass hierbei nicht nur die „Karte“ im engeren Sinne als Produkt auf Papier verstanden wird, sondern die Ergebnisse dieser Basiskartierung als GIS-Daten zur Verfügung stehen und im Rahmen von Datenabfragen ausgeliefert werden können, ferner im Geoportal des LBGR geführt werden und je nach weiteren praktischen Anforderungen auch auf andere Maßstäbe kompiliert werden können (SCHWEDHELM & HÖDING 2023). Ebenfalls verfügbar und überaus relevant ist das speziell für die Rohstoffindustrie als Zielgruppe konzipierte Kartenwerk der bundesweiten KOR 200, das neben dem jeweiligen Kartenblatt auch textliche Erläuterungsbände umfasst (z. B. MÜNCHENBERG et al. 2004).

Der weitaus größte Teil des Bedarfs an Massenrohstoffen geht von der öffentlichen Hand für Infrastrukturmaßnahmen aller Art aus. Eine sichere, umweltgerechte und wirtschaftliche Versorgung ist deshalb von erheblichem öffentlichen Interesse und wichtiger Gegenstand öffentlicher

Planungen (AG ROHSTOFFE 2020). Auf Basis rohstoffgeologischer Datenerhebungen können den Instanzen der Raum- und Regionalplanung Werkzeuge zur Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für die Rohstoffsicherung übermittelt werden. Alle in Frage kommenden Flächen werden dazu mit Hilfe einer etablierten Matrix nach Punkten bewertet und gewichtet. Aufgrund des starken Nutzungsdrucks auf den Freiraum wird die Ausweisung von Rohstoffsicherungsflächen jedoch zunehmend schwieriger. Mit der Novellierung des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien liegen beispielsweise die Errichtung und der Betrieb von Anlagen erneuerbarer Energien im überragenden öffentlichen Interesse und dienen der öffentlichen Sicherheit. Durch die Standortgebundenheit der Rohstoffe kommt es hierbei immer häufiger zu Kollisionen und es besteht die Gefahr, dass potenzielle Abbaubereiche unwiderruflich verloren gehen. Um die Versorgung mit heimischen Rohstoffen auch in Zukunft sicher zu gewährleisten und den laufenden Betrieben eine Perspektive zu geben, wird die Etablierung eines Mechanismus zur langfristigen Rohstoffsicherung künftig stärker priorisiert werden müssen. Schließlich sind Verfügbarkeit sowie ein sicherer Zugang zu heimischen Rohstoffen für die Unternehmen Voraussetzung für Produktion und Innovation am Industriestandort Deutschland (BÖRNER et al. 2012).

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren erfolgt durch die Rohstoffgeologie die Amtliche Probenahme und RohstoffEinstufung. Dazu werden auf Antrag aktuelle und potenzielle Gewinnungsstellen befahren und repräsentativ beprobt. Die Proben werden einem Labor übergeben und mittels unterschiedlicher Prüfmethoden analysiert. Je nach Ergebnis erfolgt dann im LBGR die Zuordnung zu dem entsprechenden Rechtsbereich (in Brandenburg Bergrecht oder Bau-recht). Um Genehmigungsprozesse künftig dynamischer zu gestalten, arbeitet das Dezernat Rohstoffgeologie stetig an der Optimierung und Standardisierung der Rohstoffuntersuchungen. Gegenwärtig zeichnen sich Probleme bei der Durchführung der Segerkegeltests zur Bestimmung der Feuerfestigkeit von Rohstoffen ab, da die über Jahrzehnte verwendeten Vergleichskegel in Deutschland nicht mehr produziert werden. Gegebenenfalls muss hier künftig auf eine andere Methode ausgewichen werden. Alle Amtlichen

Proben werden zudem dokumentiert und Rückstellproben für eventuelle spätere Untersuchungen in der rohstoffgeologischen Sammlung des LBGR archiviert.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt des Fachbereiches Rohstoffgeologie umfasst die Mitarbeit in der Arbeitsgruppe Rohstoffe des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO) zur Klärung rohstoffspezifischer und länderübergreifender Fragestellungen. Regelmäßig wiederkehrende Aufgabe ist hier die Vorlage und Aktualisierung des Zustandsberichtes Rohstoffsicherung, der die Mechanismen und Probleme bei der planerischen Rohstoffsicherung in den einzelnen Bundesländern vergleichend erfasst und Handhabe für eine gesetzgeberische Optimierung der Rohstoffsicherung in Deutschland sein sollte. Aktuellste Aufgabe der AG Rohstoffe ist die Erstellung einer rohstoffgeologischen Kartieranleitung zur Vereinheitlichung der Kartiermethodik in den Bundesländern, da diese bisher sehr heterogen praktiziert wird.

Literatur:

BÖRNER, A., BORNHÖFT, E., HÄFNER, F., HUG-DIEGEL, N., KLEEBERG, K., MANDL, J., NESTLER, A., POSCHLOD, K., RÖHLING, S., ROSENBERG, F., SCHÄFER, I., STEDINGK, K., THUM, H., WERNER, W. & E. WETZEL (2012): Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. – Geolog. Jb. **SD 10**, 356 S.

AG ROHSTOFFE DES DIREKTORENKREISES DER STAATLICHEN GEOLOGISCHEN DIENSTE (2020): Methoden zur Prognose von Reichweiten von Rohstoffen im Rahmen der Rohstoffsicherung. – 48 S., www.infogeo.de (letzter Zugriff am 28.11.2023)

MANHENKE, V., HÖDING, T. & M. PAWLITZKY (1997): Die Karte der oberflächennahen Rohstoffe im Maßstab 1 : 50 000 (KOR 50) für das Land Brandenburg – Rohstoffsicherung Steine und Erden. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **4**, 1, S. 16–18

MÜNCHENBERG, C., HÖDING, T., WETZEL, E., BALZER, G. & J. SCHOLZ (2004): Karte der oberflächennahen Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland 1: 200 000, Erläuterungen zu Blatt CC 3934 Magdeburg. – 81 S., 1 Karte, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

SCHWEDHELM, C. & T. HÖDING (2023): Karte der oberflächennahen Rohstoffe im Geoportal des LBGR. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **30**, S. 81–84

Anschrift der Autoren:

Cathrin Schwedhelm
Dr. Thomas Höding
Landesamt für Bergbau,
Geologie und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Aktuelle Geländesenkung im Großerdfallgebiet Neckendorf (Lutherstadt Eisleben)

JAN SEIDEMANN, NADINE SÄNGER & IVO RAPPSILBER

Im östlichen Harzvorland in Sachsen-Anhalt zeigen sich seit November 2021 südlich von Lutherstadt Eisleben, nahe der Ortschaft Neckendorf, Veränderungen an der Geländeoberfläche. Eine Senke auf einem Acker vertieft sich seitdem immer weiter. Sie zeigte zuletzt eine Ausdehnung von ca. 280 x 180 m und eine Tiefe von ca. 2 m. Auf den umliegenden landwirtschaftlichen Flächen und den nahegelegenen Straßen wurden Zerrspalten- und Rissbildungen festgestellt (Abb. 1, 2). Eine Wasserleitung ist durch die Senkungen mehrfach beschädigt worden, die Straßen mussten gesperrt werden. Die Sperrung belastet die dort lebende Bevölkerung und die Findung einer alternativen Wegführung ist aufgrund des breiten Subrosionskorridors ein Problem.

Der betroffene Bereich befindet sich regionalgeologisch am Südwestrand der Mansfelder Mulde im Übergangs-

bereich zum Hornburger Sattel (Abb. 2). Die Schichtenfolge beginnt mit geringmächtigen Lockergesteinen des Quartärs. Darunter folgen Gesteine des Unteren Buntsandsteins (Trias) und des Zechsteins, die den Gesteinen des Permokarbons aufliegen. Als wahrscheinliche Ursache für die Geländeabsenkung wird die Subrosion der auslaugungsfähigen Gesteine des Zechsteins angesehen. In der Vergangenheit traten ca. 350 m südöstlich zwei Großerdfälle im Bereich der Kleingartenanlage Neckendorf auf (HEROLD, STROBEL & SUDERLAU 2004). Bereits damals wurde auf eine von Neckendorf nach Wimmelburg in NW-SE-Richtung streichende Zone hingewiesen, die durch größere morphologisch prägende Geländeeinsenkungen, Erdfälle und subrosionsbedingte Talformen (meist Aneinanderreihung von mehreren Erdfällen) gekennzeichnet ist. Dieser gesamte Bereich wird in der Literatur als Großerdfallzone betitelt.

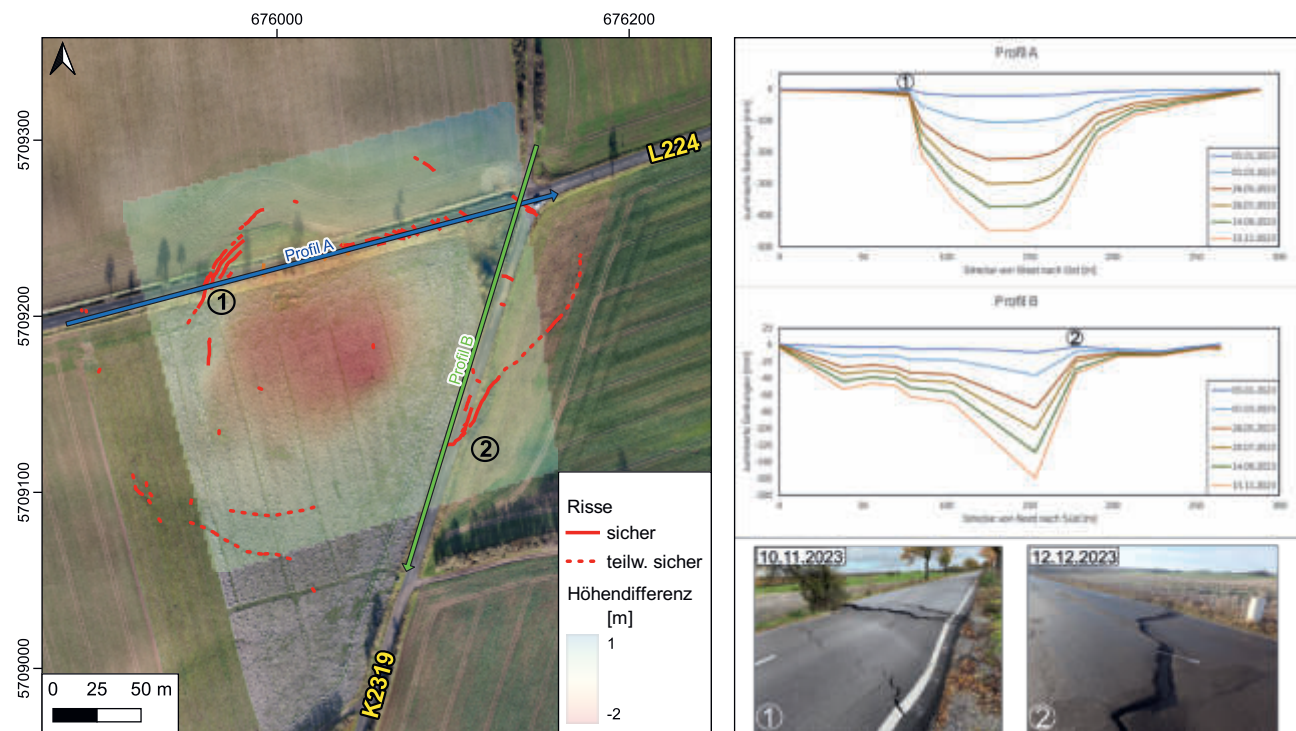


Abb. 1: Übersichtskarte von der Senke mit Senkungsprofilen, dokumentierten Rissen und Fotos

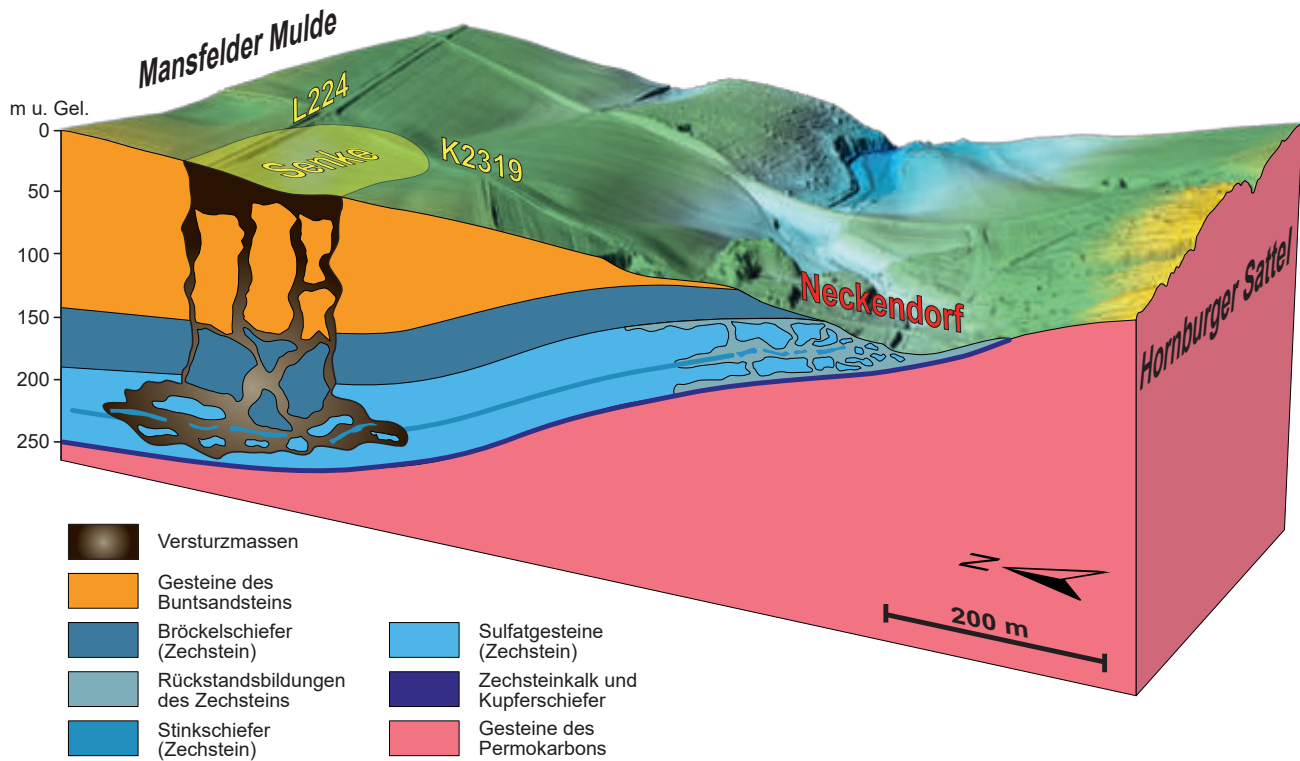


Abb. 2: Blockbild mit Modellvorstellung zur geologischen Situation im Bereich der Senke

Im Bereich der aktuellen Senke erfolgte eine Reihe von Untersuchungen. Es wurden oberflächennahe Bohrungen zur Schlagzahlbestimmung und Bodenstabilität auf der Straße durchgeführt und ein monatliches Senkungsnivellament entlang von Wegen und Straßen eingerichtet. Es erfolgten mehrere Drohnenbefliegungen über das betroffene Areal u. a. zur Erstellung eines digitalen Höhenmodells. Geophysikalische Messungen (Gravimetrie, Georadar und Geoelektrik) deuten an, dass die nivellitisch aufgenommene Senkungskontur mit mehr als 200 m Durchmesser keine homogene Struktur ist. Vielmehr hat es den Anschein, dass 4 einzelne Blöcke existieren, die unterschiedlich starke Auflockerung aufweisen (Abb. 2).

Derzeit ist nicht abzusehen, wie sich die Geländesenke weiterentwickelt: Ob ein bruchhaftes Ereignis auftreten wird oder es weiter bei Geländeeinsenkungen mit den entsprechenden Begleiterscheinungen bleibt.

Literatur:

HEROLD, U., STROBEL, G. & G. SUDERLAU (2004): Zu den Großerdfällen von Neckendorf südlich Lutherstadt Eisleben (Ldkr. Mansfelder Land/Sachsen-Anhalt). – Schriftenreihe Thüringer Landesanstalt f. Umwelt u. Geologie **69**, S. 67–78

Anschrift der Autoren:

Jan Seidemann
Nadine Säger
Ivo Rappsilber
Landesamt für Geologie und
Bergwesen Sachsen-Anhalt
An der Fliederwegkaserne 13
06130 Halle/S.

Fortschritte im Projekt Transgeo – Datenstrukturierung relevanter Tiefbohrungen in Brandenburg

KATRIN SIERON, SEBASTIAN WEINERT & THOMAS HÖDING

Seit Frühjahr 2023 läuft das TRANSGEO-Projekt, bei dem das Geoforschungszentrum (GFZ) als Projektleiter, zusammen mit dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) und der Oneo GmbH (Deutschland) sowie neun weiteren Partnern aus Österreich, Slowenien, Ungarn und Kroatien gemeinsam auf eine potenzielle geothermische Nachnutzung bereits abgeteufter Bohrungen in Zentraleuropa hinarbeiten (SIERON et al. 2023; HOFMANN et al. 2023; 2024).

Die Nachnutzung von Altbohrungen, insbesondere von vorherigen Erdöl-/Erdgasbohrungen, ist vor allem attraktiv wegen der möglichen Kostenreduktion der sonst sehr

kostenaufwendigen Geothermiebohrungen, aber auch der potenziellen Nutzungsmöglichkeit von bestehender Infrastruktur (vgl. BUJAKOWSKI et al. 2020).

Im Zuge von TRANSGEO werden zurzeit unter anderem die analog und digital zu den Altbohrungen vorliegenden Dokumente des Landes Brandenburg gesichtet, die Bestandsaufnahme dokumentiert und Daten extrahiert, die später für die Endprodukte des Projektes verwendet werden. Diese Endprodukte sind, unter anderem, eine Datenbank die ein IT-Tool speist, welches nicht nur eine geothermische Potenzialanalyse zulässt, sondern auch die Entscheidung für eine potenzielle Nachnutzung von Alt-

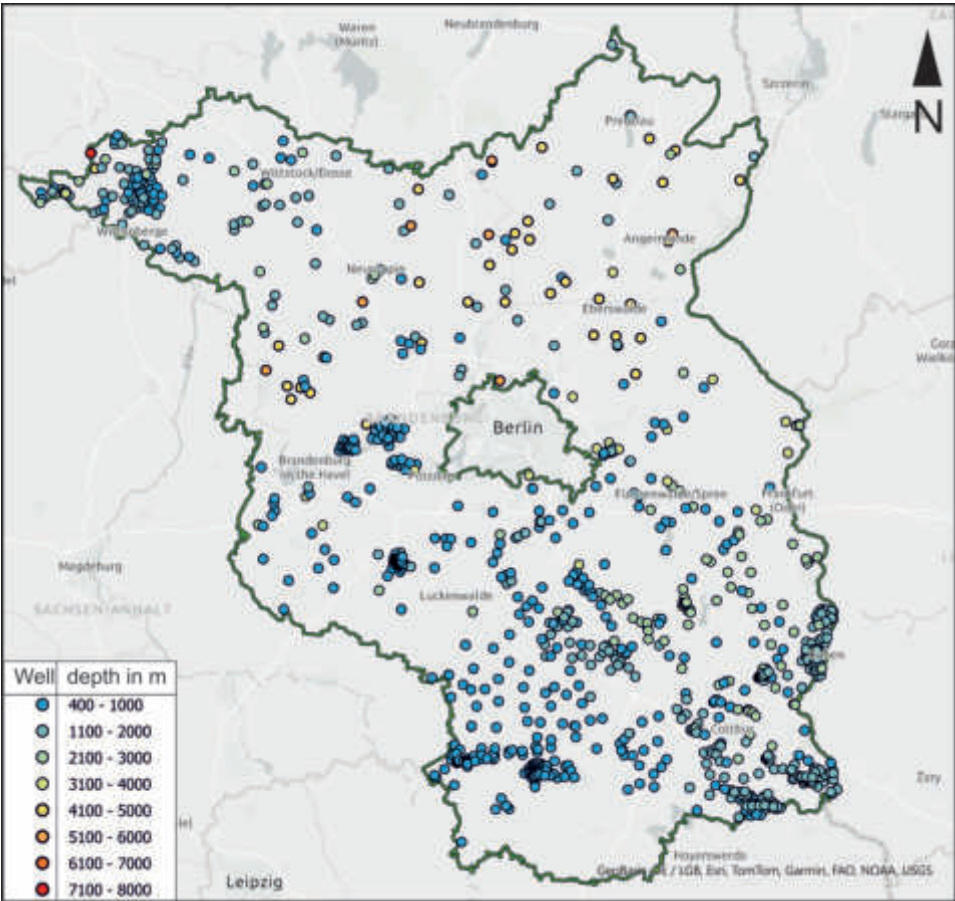


Abb. 1:
Bohrungen des
Landes Brandenburg
mit Teufen größer
als 400 m

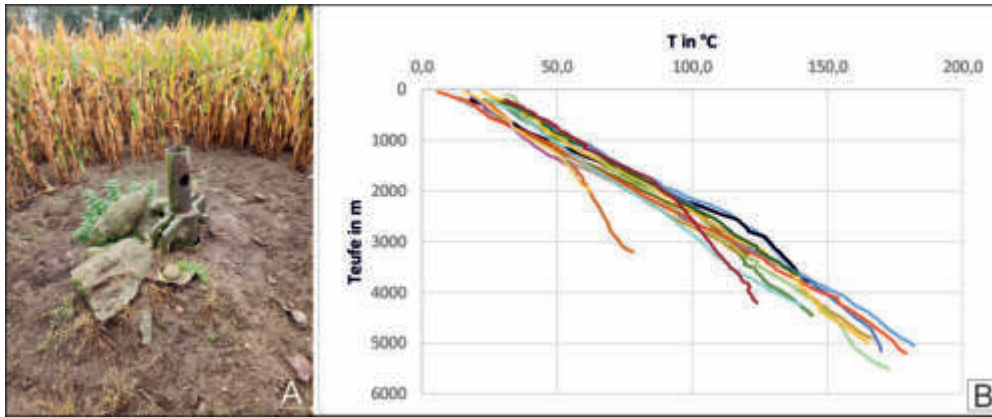


Abb. 2:
A – Foto einer Altbohrung
(SIERON et al. 2023);
B – Gemessene
Temperaturkurven
von ausgewählten
Altbohrungen
(nach HURTIG 1994)

bohrungen unter Berücksichtigung multipler Parameter (technisch, geologisch, sozial) erleichtern soll.

Die am LBGR schon bestehende Bohrdatenbank beinhaltet außer den Stammdaten (Name, BID, Koordinaten etc.) auch die geologischen Schichtenverzeichnisse in PDF oder SEP3-Format. Für Transgeo sind jedoch alle vorhandenen Daten jener Altbohrungen wichtig und interessant: Dazu gehören außer den geologischen Schichtenverzeichnissen, unter anderem auch Temperaturdaten, Daten von Bohrlochmessungen oder anhand extrahierter Proben gemessene Permeabilitäten, um die wichtigsten zu nennen. Aber auch Daten hinsichtlich der technischen bzw. geologisch bedingten Schwierigkeiten beim Bohr- und/oder Förderprozess sind wichtig, um eine Nachnutzung und die damit verbundene Kostenverringerung wirklich erreichen zu können. Technische Daten, wie Typ und Art der Bohrlochauskleidung und -füllung, sind andere Beispiele wichtiger Daten, aber auch Informationen des Bergamtsbereiches am LBGR mit Angaben zum Status der Bohrungen (z. B. offen/verfüllt, Deponienachsorge etc.) sind dabei maßgebend.

Hier präsentieren wir erste Ergebnisse dieser Recherche. Auch wenn während der Projektarbeit alle Daten zu den Altbohrungen genutzt werden, stellen wir jedoch zunächst nur Daten jener Bohrungen vor, die in der Rechtsträgerschaft des Landes Brandenburg stehen (Abb. 1 und 2).

Der erste Schritt der Recherche involviert das Aufsuchen und die Nutzung der schon existierenden digitalen Datensätze, wie die Datenbank des LBGR „GeoDaB“ und die Datenbank des Kohlenwasserstoffverbunds. Die meisten Altbohrungen stammen jedoch aus DDR-Zeiten und sind zum Teil älter als 60 Jahre, was die Recherche aus vielen Gründen kompliziert (unvollständige Bohrakten, alte, nur analog existierende Dokumente, komplizierte Eigentumsverhältnisse etc.). Weiterhin können schon gesammelte Daten, wie die kontinuierlich gemessenen Temperaturdaten von HURTIG (1994), digitalisiert werden um sie auszuwerten (Abb. 2). Die meisten Daten liegen nur analog im geologischen Archiv vor und müssen Bohrung für Bohrung recherchiert und anschließend per Hand in weiter bearbeitbare digitale Formate übertragen werden.

Literatur:

- BUJAKOWSKI, W., BIELEC, B., MIECZNIK, M. & L. PAJĄK, (2020): Reconstruction of geothermal boreholes in Poland. – *Geothermal Energy* **8**, 1, S. 10
- HOFMANN, H., FRIDDELL, J., HÖDING, T., HERRMANN, R., HÖLZEL, M., PHILIPP, R., MÁRTON, G., BORKOVITS, B., BÖDI, K., DRK HUTINEC, K., KUREVIJA, T., VOGRINCIC, B. & I. SASS (2023): TRANSSEO–Transforming abandoned wells for geothermal energy production. – Extended abstract The German Geothermal Congress 2023 Essen, Germany (im Druck)
- HOFMANN, H., FRIDDELL, J., SASS, I., HÖDING, T., SIERON, K., SVETINA, M., HÖLZEL, M., PHILIPP, R., MÁRTON, G., BORKOVITS, B., BÖDI, K., VIŠNJIĆ, A., KUREVIJA, T. & B. VOGRINCIC (2024): TRANSSEO-Transforming abandoned wells for geothermal energy production. – EGU General Assembly 2024 Vienna, Austria (im Druck)
- HURTIG, E. (1994): Zusammenstellung von Temperaturkurven und Temperaturwerten brandenburgischer Bohrungen. – Bericht im Auftrag des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow, 330 S. (unveröff.)
- SIERON, K., WEINERT, S. & T. HÖDING (2023): Das Projekt Transgeo – Konzepte zur Nachnutzung aufgegebener Bohrungen für geothermische Anwendungen. – *Brandenburg. Geowiss. Beitr.* **30**, S. 91–95

Anschriften der Autoren:

Dr. Katrin Sieron
Sebastian Weinert
Dr. Thomas Höding
Landesamt für Bergbau, Geologie und
Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 155–156	1 Abb., 2 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Geologische Kartierung des Grotmoores bei Lentförden – ein Beitrag zur Moortiefenkarte von Schleswig-Holstein

PATRICIA SLABON, BERND BURBAUM & KAY KRIENKE

Schleswig-Holsteins Moore und weitere kohlenstoffreiche Böden setzen aufgrund der vorherrschenden Entwässerung jährlich ca. 3,9 Mt CO₂-Äquivalente frei, entsprechend ca. 16 % der Gesamtemissionen Schleswig-Holsteins (MARTENS et al. 2024). Im Hinblick auf das Klimaschutzpotential durch Wiedervernässung ist daher ein Überblick über die Größe und Mächtigkeit der Moore und des darin gebundenen Kohlenstoffs essentiell. Die flächenhafte Verbreitung der Moore ist weitestgehend bekannt und z. B. in Form der Schutzkulisse der Moor- und Anmoorböden (2014) durch den Geologischen Dienst des Landesamts für Umwelt Schleswig-Holstein (LfU SH) veröffentlicht. Die Gesamtmächtigkeit der Moore und ihr innerer Aufbau sind aber viel weniger bekannt. Dies liegt vor allem an der Erkundungstiefe für die klassische bodenkundliche und geologische Landesaufnahme von nur 2 m unter Geländeoberfläche (GOF). Somit können häufig nur begrenzt Schlüsse auf die tatsächliche Mächtigkeit gezogen werden. Diese Lücke soll durch das laufende Projekt „Moortiefenkarte“ geschlossen werden.

Teil des Projektes ist die geologische Kartierung von bisher schlecht mit Bohrungen belegten Mooren, um die Erkenntnisse zur Modellierung der Basis und Schichtung anderer, wenig erkundeter Moore zu nutzen. Zu den in diesem Zuge kartierten Mooren gehört das Grotmoor bei Lentförden (Abb. 1), ein relativ intaktes, nur randlich von bäuerlichen Torfstichen gestörtes aber landwirtschaftlich genutztes Geest-Hochmoor. Im Sinne einer zügigen Aufnahme zur Erfassung des Moorbodenreliefs sowie des inneren Aufbaus und der damit einhergehenden Kohlenstoffvorräte wurde das Moor in den Jahren 2019 und 2020 durch das LfU SH mithilfe von 604 Schlitzsondierungen und 5 Moorkammerbohrungen klassisch kartiert (Abb. 1). Dabei wurde der Schichtaufbau hinsichtlich Schwarztorf, Weißtorf und amorphem Torf respektive Zersetzungsgrad aufgenommen. An zwei Moorkammerbohrungen wurden Pollenanalysen vorgenommen, die eine zeitliche Einordnung und Kenntnisse über die paläoökologischen Verhältnisse ermöglichen. Die Bohrungen wurden in einem Geoinformationssystem (GIS) zusammengetragen und mit dem aktuellen digitalen Geländemodell (DGM, 1 m Raster) in Bezug zur GOF gesetzt. Die Bohrungen bieten eine um-

fassende Aufnahme des Grotmoors hinsichtlich des Paläoreliefs als auch seiner Entwicklung von einem Moorkern mit Muddebasis und einer von dort ausgehenden Hochmoorentwicklung (Weißtorf über Schwarztorf) zu den Rändern, die dort häufig als wurzelechtes Hochmoor mit ursprünglich mächtiger Weißtorfschicht ausgebildet ist. In der jüngeren Vergangenheit wurde das Relief insbesondere an den Rändern durch Torfstich verändert.

Literatur und Quellen:

LANDESAMT FÜR UMWELT SCHLESWIG-HOLSTEIN (2014): Schutzkulisse der Moor- und Anmoorböden. https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste?lang=de&topic=thegeologie&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&layers=37f1cf0bfd24bf54a5f741c2df5ef8b9&E=557334.96&N=6025073.13&zoom=4 (letzter Zugriff am 08.01.2024)

MARTENS, T., TREPEL, M. & J. SCHRAUTZER (2024): Bedeutung der Moorböden und weiterer kohlenstoffreicher Böden für den Natur- und Klimaschutz in Schleswig-Holstein. – Natur und Landschaft **99**, 1, S.2–9

Anschrift der Autoren:

Dr. Patricia Slabon
 Bernd Burbaum
 Dr. Kay Krienke
 Landesamt für Umwelt
 des Landes Schleswig-Holstein,
 Abteilung Geologie und Boden
 Hamburger Chaussee 25
 24220 Flintbek

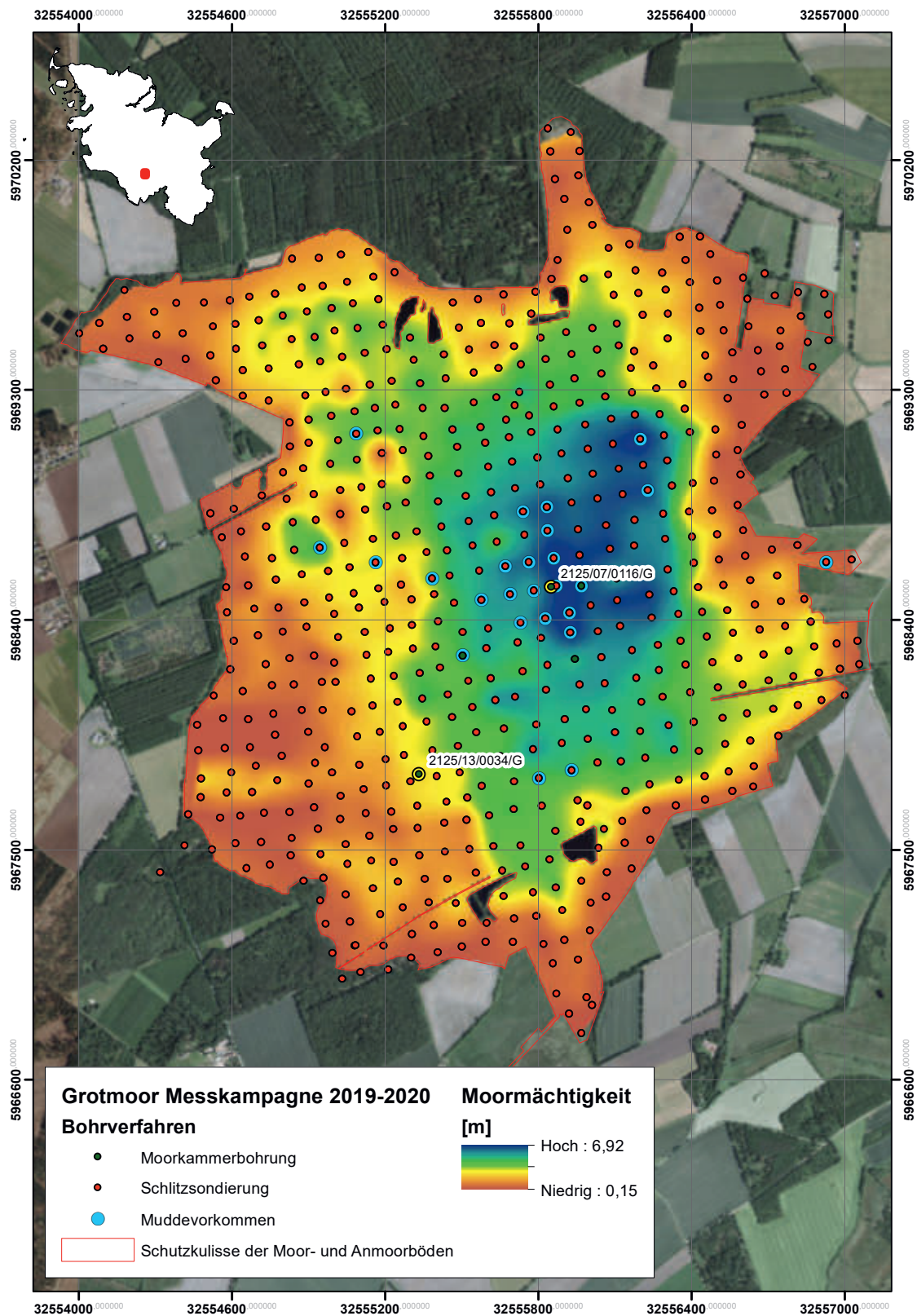


Abb. 1: Übersichtskarte des Grotmoors bei Lentförden mit Bohrpunkten der Messkampagne 2019–2020. Mit einer gelben Randsignatur sind die Bohrungen 2125/07/0116/G und 2125/13/0034/G hervorgehoben, an denen Pollenanalysen vorgenommen wurden. Die Reliefdarstellung verdeutlicht die Moormächtigkeit, die zu den Rändern hin abnimmt; Seen und Wege wurden ausgespart. Mudde (blau hinterlegte Signatur) wurde hauptsächlich im Zentrum des Moors angesprochen. Der Umring der Schutzkulisse der Moor- und Anmoorböden verdeutlicht das Untersuchungsgebiet. Einige torffreie Bohrungen außerhalb des Umrings dokumentieren die Abgrenzung zum Umland.

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 157–160	1 Abb., 5 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Vom Bergbau zum Geopark – Erkundung der Bergbaufolgelandschaft des Braunkohlenbergwerks „Przyjaźń Narodów“ – Schacht Babina

Od górnictwa do Geoparku - badania terenów pogórnicznych kopalni węgla brunatnego “Przyjaźń Narodów - Szyb Babina”

JAROSLAW WAJS, JAN BLACHOWSKI, JACEK KOŹMA, ANNA BUCZYŃSKA, MIŁOSZ BECKER,
NATALIA WALERYSIK, PAULINA KUJAWA & KAROLINA OW CZARZ

In dieser Präsentation werden die Ergebnisse der im Rahmen der Projekte durchgeführten Forschungen vorgestellt: Genese und Verlauf der anthropogenen und natürlichen Deformationen des Geländes in den Nachbergbaugebieten der ehemaligen Braunkohlengrube „Babina“ (2019/33/B/ST10/02975, 2021/43/B/ST10/02157), finanziert aus den Mitteln des Nationalen Wissenschaftszentrums, die von der Fakultät für Geoengineering Bergbau und Geologie der Technischen Universität Wrocław, dem Forschungs- und Entwicklungszentrum der KGHM CUPRUM Centrum Badawczo Rozwojowe sp. z o.o. und dem Staatlichen Geologischen Dienst Polens durchgeführt werden. Ziel der Projekte ist die Untersuchung, Kartierung, Analyse, Rekonstruktion und Modellierung der natürlichen und anthropogenen Veränderungen der Landoberfläche im Gebiet des abgeschlossenen Braunkohlebergbaus im Muskauer Faltenbogen.

Die Geomorphologie des Gebiets ist durch zahlreiche und vielfältige Formen anthropogenen Ursprungs gekennzeichnet, die mit dem in den 1970er Jahren beendeten Braunkohlenbergbau unter Tage und im Tagebau zusammenhängen. Das Untersuchungsgebiet umfasst vier Teilgebiete, die im Pustków-Feld im Muskauer Faltenbogen liegen und in Abbildung 1 dargestellt sind.

Eine Durchsicht der Literatur zeigt, dass sekundäre Verformungen der Erdoberfläche, die nach dem Ende des Bergbaus auftreten, ein bedeutendes wissenschaftliches und praktisches Problem in vielen Bergbaufolgegebieten weltweit darstellen. Geländevertormungen, sowohl kontinuierliche als auch diskontinuierliche, können negative Auswirkungen auf die umgebende Umwelt haben, wie z. B. Schäden an der Infrastruktur, Zerstörung der natürlichen Oberfläche aber auch das menschliche Leben gefährden (KRATZSCH 1983; DE VENT & ROEST 2013; MATHEY 2013; PARK, LEE & LEE 2014; BATESON et al. 2015).

Die für die Präsentation ausgewählten Forschungsarbeiten, die im Rahmen der oben genannten Projekte durchgeführt wurden, umfassten die Analyse sekundärer kontinuierlicher und diskontinuierlicher Verformungen mit Hilfe von geodätischen, Laser- und Satellitenmethoden, die Überwachung des Zustands der Vegetation und die Erstellung einer Karte der durch die Bergbautätigkeit in der ehemaligen Braunkohlengrube „Babina“ veränderten Gebiete. Der Beitrag zeigt Karten von Veränderungen der Erdoberfläche, die in den Jahren 2020–2023 aufgezeichnet und auf der Grundlage von Messungen mit den Methoden der präzisen Nivellierung, des globalen Navigationssatellitensystems GNSS und der satellitengestützten Radarinterferometrie (PS InSAR) interpoliert wurden. Außerdem werden die Ergebnisse von Versatzmessungen in detaillierten Rastern im Bereich potenzieller Oberflächensenkungen vorgestellt, einschließlich der Ergebnisse von Beobachtungen aktueller Bodenbewegungen mittels terrestrischem Laserscanning.

Auf der Grundlage von Langzeitbeobachtungen der Werte ausgewählter Spektralindizes, die auf der Grundlage von Landsat-Daten im Zeitraum 1989–2019 und von Sentinel 2 im Zeitraum 2015–2022 berechnet wurden, wird auf die Veränderungen des Zustands der Vegetation hingewiesen. Schließlich werden die Gebiete aufgezeigt, die infolge der Untertage- und Tagebautätigkeiten im Feld Pustków der ehemaligen Braunkohlengrube „Babina“ umgestaltet wurden.

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind ein ausgewählter Ausschnitt aus den umfassenden Untersuchungen, die in dem Gebiet durchgeführt wurden. Sie zeigen, dass das Gebiet, das derzeit für touristische Zwecke erschlossen wird, aufgrund der festgestellten Auswirkungen früherer Bergbautätigkeiten auf die Oberfläche weiterhin überwacht werden muss.

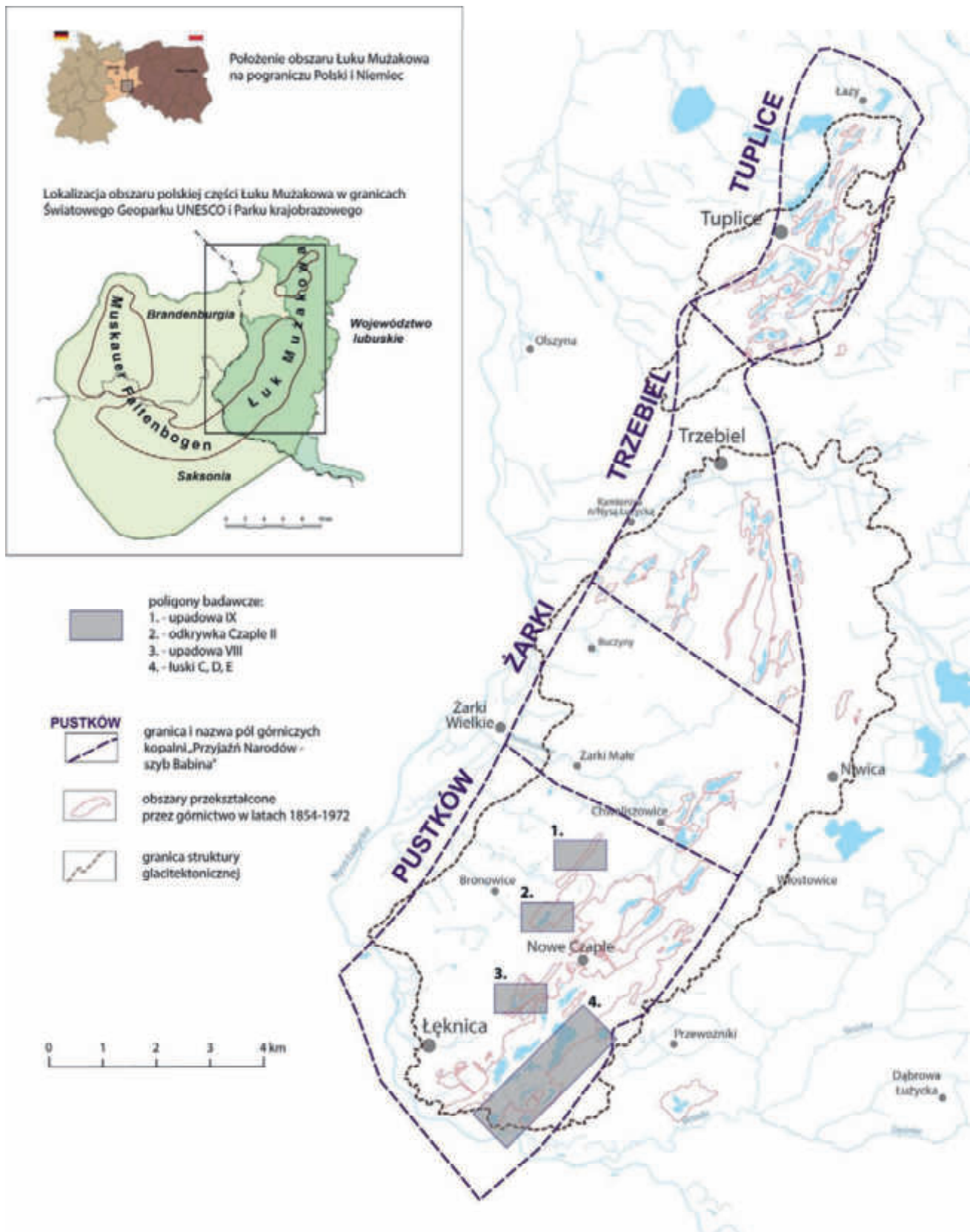


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebiets/ Lokalizacja obszaru analiz

Danksagung:

Die Forschung wurde im Rahmen der Projekte OPUS-17 (Nr. 2019/33/B/ST10/02975) und OPUS-22 (2021/43/B/ST10/02157) des Nationalen Wissenschaftszentrums durchgeführt. Die Autoren danken auch der Regionaldirektion der Staatswälder in Zielona Góra, Forstbezirk Lipinki, für ihre Unterstützung.

W prezentacji przedstawiono wyniki badań prowadzonych w projektach: Geneza i przebieg antropogenicznych i naturalnych deformacji terenu w obszarach pogórnich dawnej kopalni węgla brunatnego „Babina” (2019/33/B/ST10/02975, 2021/43/B/ST10/02157) finansowanych ze środków Narodowego Centrum Nauki, które są realizowane przez Politechnikę Wrocławską, Wydział Geoinżynierii Górnictwa i Geologii, KGHM CUPRUM Centrum Badawczo Rozwojowe sp. z o.o. oraz Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy oddział dolnośląski. Celem projektów jest: zbadanie, kartowanie, analiza, rekonstrukcja i modelowanie naturalnych oraz antropogenicznych przeobrażeń powierzchni terenu w obszarze zakończonego wydobywania węgla brunatnego na obszarze Łuk Mużakowa.

Geomorfologia tego obszaru charakteryzuje się licznymi i zróżnicowanymi formami pochodzenia antropogenicznego związanymi z podziemnym i odkrywkowym wydobywaniem węgla brunatnego, które zakończyło się w latach 70. ubiegłego wieku.

Lokalizacja obszaru objętego badaniami analiz obejmuje cztery obszary badawcze zlokalizowane na polu Pustków w Łuku Mużakowa i przedstawione na Rysunku nr 1.

Przegląd literatury pokazuje, że występowanie wtórnych deformacji górniczych, ujawniających się po zakończeniu wydobywania, stanowi istotny problem naukowy i praktyczny w wielu obszarach pogórnich na świecie. Wtórne deformacje terenu, zarówno ciągłe, jak i nieciągłe, mogą mieć negatywny wpływ na otaczające środowisko, takie jak, uszkodzenia infrastruktury, zniszczenie pokrycia terenu i zagrożenie dla bezpieczeństwa ludzi (KRATZSCH 1983; DE VENT i ROEST 2013; MATHEY 2013; PARK i in. 2014; BATESON i in. 2015).

Wybrane do prezentacji prace badawcze prowadzone w ww. projektach obejmowały analizę deformacji wtórnych ciągłych i nieciągłych metodami geodezyjnymi, laserowymi i satelitarnymi, monitorowanie stanu roślinności, oraz opracowanie mapy obszarów przeobrażonych w wyniku działalności górniczej dawnej kopalni „Babina”. W referacie pokazano mapy przemieszczeń zarejestrowanych w latach 2020-2023 i interpolowanych na podstawie pomiarów prowadzonych metodami niwelacji precyzyjnej, GNSS i satelitarnej interferometrii radarowej metodą stałych rozpraszaczy (PS InSAR). Przedstawiono także wyniki pomiarów przemieszczeń prowadzonych w szczegółowych

siatkach pomiarowych w rejonie potencjalnych obszarów występowania zapadlisk, w tym wyniki obserwacji nowego zapadliska z wykorzystaniem naziemnego skaningu laserowego.

Zwrócono uwagę na zmiany w kondycji roślinności na podstawie wieloletnich obserwacji wartości wybranych wskaźników spektralnych obliczonych na podstawie danych Landsat w okresie 1989-2019 oraz Sentinel 2 w okresie 2015-2022. Wreszcie, wskazano obszary poddane przeobrażeniu w wyniku podziemnej i odkrywkowej działalności górniczej prowadzonej w polu Pustków kopalni „Babina”.

Prezentowane wyniki stanowią wybrany wycinek prowadzonych w tym obszarze kompleksowych badań a ich rezultaty wskazują na konieczność kontynuacji monitorowania terenu ze względu na obserwowany wpływ dawnej działalności górniczej na powierzchnię obszaru, który jest obecnie zagospodarowywany na cele turystyczne.

Podziękowania:

Badania prowadzono w ramach projektów OPUS-17 (nr 2019/33/B/ST10/02975) i OPUS-22 (2021/43/B/ST10/02157) Narodowego Centrum Nauki. Autorzy dziękują także za wsparcie Nadleśnictwu Lipinki Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Zielonej Górze.

Literatur/Bibliografia:

- BATESON, L., CIGNA, F., BOON, D. & A. SOWTER (2015): The application of the Intermittent SBAS (ISBAS) InSAR method to the South Wales Coalfield, UK. – *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **34**, S. 249–257
- KRATZSCH, H. (1983): *Mining subsidence engineering*. – 546 S., Berlin (Springer)
- DE VENT, I. & H. ROEST (2013): Lagging mining damage in the Netherlands? Recent signs of soil movement in the Zuid-Limburg coal district. – In: *Proceedings of the 13th ISM Congress, Aachen, Germany*, S. 27–41
- MATHEY, M. (2013): Addressing the challenges involved with abandoned underground coal mines in South Africa. – In: *Proceedings of the 13th ISM Congress, Aachen, Germany*, S. 113–123
- PARK, I., LEE, J. & S. LEE (2014): Ensemble of Ground Subsidence Hazard Maps using Fuzzy Logic. – *Cent. Eur. J. Geosci.* **6**, 2, S. 207–218 <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0175-y>

Anschrift der Autoren/Adres autorów:

Jarosław Wajs
Jan Blachowski
Anna Buczyńska
Natalia Walerysiak
Paulina Kujawa
Karolina Owczarz
Politechnika Wrocławska
Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii
Katedra Geodezji i Geoinformatyki
Wyb. Stanisława Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław, Polska

Jacek Koźma
Stowarzyszenie Geopark Łuk Mużakowa
ul. Tadeusza Kościuszki 18
68-208 Łęknica, Polska

Miłosz Becker
KGHM Cuprum sp. z o.o.
Centrum Badawczo – Rozwojowe
ul. Gen. Władysława Sikorskiego 2/8
53-659 Wrocław, Polska

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 161–162	2 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

3D-Modelle des tieferen Untergrundes im Geologischen Dienst Brandenburg

SEBASTIAN WEINERT & THOMAS HÖDING

In Brandenburg existieren mit den geologischen 3D-Modellen Brandenburg 3D (B3D; HANSTEIN et al. 2014) und TUNB (Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken; JAHNKE et al. 2021) zwei 3D-geologische Landesmodelle. In beiden Modellen sind geologische Horizonte als 3D-Flächen modelliert und liegen als SKUA-GOCAD-Modell (AspenTech) vor. Modellergebnisse sind über die Website des LBGR (B3D) sowie der BGR (TUNB) abrufbar. Abgeleitet von den Modellflächen des geologischen Modells B3D ist ebenfalls ein Kartenwerk im Maßstab 1:300 000 verfügbar (Karten der reflexionsseismischen Horizonte des Landes Brandenburg 1:300 000; PIKELKE et al. 2023).

Neben den 3D-Flächenmodellen ist am Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) ein Volumenmodell auf Basis der in B3D modellierten reflexionsseismischen Horizonte erstellt worden. Das aus

diesen Modellhorizonten erstellte Volumenmodell basiert auf einem strukturierten Gitter mit einer Voxelauflösung von 50 x 50 x 25 m (Länge x Breite x Höhe). Aufgrund der hohen Voxelauflösung und der damit einhergehend hohen Anforderung an die Rechenleistung, ist das brandenburgische Volumenmodell in insgesamt 13 Modellkacheln untergliedert (Abb. 1). Die Kacheln sind mit alphanumerischen Koordinaten (z. B. A1, B2) kodiert. Mit Ausnahme der Modellkachel C0 erstreckt sich jede Modellkachel über 1 300 x 1 300 x 300 Zellen (65 x 65 x 7,5 km) und umfasst somit ca. 510 Mio. einzelne Zellen (Voxel). Die Modelloberkante ist bei +240 m NHN und die Modellunterkante ist mit -7 235 m NHN definiert. Es ist jedoch anzumerken, dass das geologische Modell unterhalb des stratigraphisch ältesten Modellhorizontes im Rotliegenden (R6) aufgrund fehlender Eingangsdaten nicht weiter aufgelöst werden kann. Eine zusätzliche stratigraphische Untergliederung ist daher unterhalb diesen Horizontes modelltechnisch nicht möglich.

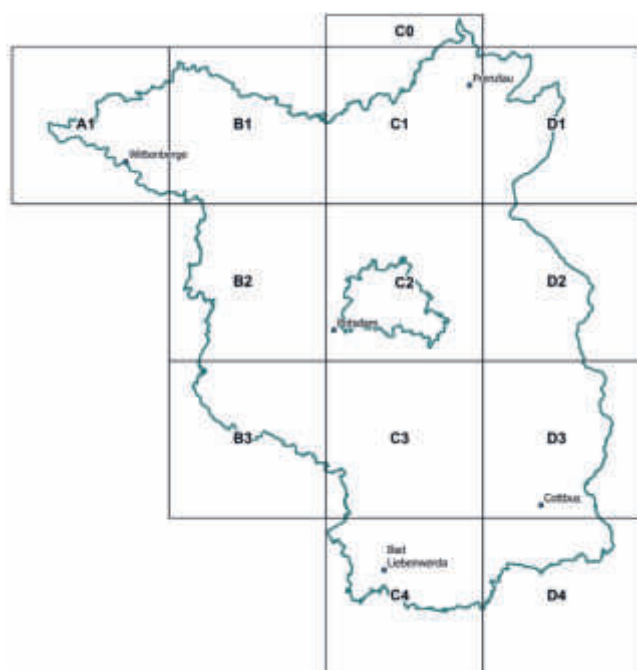


Abb. 1: Modellkacheln für die Voxelmodelle des 3D Landesmodells Brandenburg

Die Volumeneinheiten bilden die Schichtpakete zwischen den reflexionsseismischen Horizonten ab. Insgesamt sind somit folgende Schichtpakete modelliert:

1. GOK–T1: Geländeoberkante bis Transgressionsfläche Cenoman
2. T1–B2/T2 Transgressionsfläche Cenoman bis über Basis Cenoman/Transgressionsfläche Mittelalb - Cenoman
3. B2/T2–T3/T4 Basis Cenoman/Transgressionsfläche Mittelalb - Cenoman bis Transgressionsfläche Hauterive - Unteralb/Diskordanzfläche Wealden oder Valangin
4. T3/T4–E1/E2 Transgressionsfläche Hauterive bis Unteralb/Diskordanzfläche Wealden oder Valangin bis im Kimmeridge/im Oxford
5. E1/E2–L1 im Kimmeridge/im Oxford bis im Toarc
6. L1–K2 im Toarc bis Top Oberer Gipskeuper
7. K2–M1 Top Oberer Gipskeuper bis ca. Top Oberer Muschelkalk
8. M1–S1 ca. Top Oberer Muschelkalk bis Top Salinarröt
9. S1–X1 Top Salinarröt bis Top Zechsteinsalinar
10. X1–Z1 Top Zechsteinsalinar bis in Staßfurt-Formation
11. Z1–Z3 in Staßfurt-Formation bis über Basis Zechstein
12. Z3–R6 über Basis Zechstein bis ca. Basis Havel-Subgruppe
13. Tiefer R6



*Abb. 2:
Detailansicht des Salzstocks
Bad Wilsnack (gelb) mit
umgebendem Buntsandstein
(grün) im nordwestlichen
Brandenburg im Modell
Brandenburg 3D*

In SKUA-GOCAD werden die einzelnen Schichtpakete als Regionen dargestellt (Abb. 2). Eine Parametrisierung des Voxelmmodells ist möglich. Als ein Arbeitsergebnis einer Parametrisierung steht am LBGR bereits ein seismisches Geschwindigkeitsmodell auf der Datengrundlage von REINHARDT (1977) zur Verfügung. Neben dieser Parametrisierung mit seismischen Geschwindigkeiten ist die Parametrisierung mit einem 3D-Temperaturfeld in Arbeit.

Sowohl das Voxelmmodell, wie auch die innerhalb des Voxelmmodells durchgeführten Berechnungen zur seismischen Geschwindigkeit befinden sich aktuell in der Qualitätskontrolle. Ein Grenzübergang mit den benachbarten Bundesländern soll stattfinden. Nach Abschluss dieser Arbeiten sollen das Voxelmmodell sowie die Parametrisierung mit den seismischen Geschwindigkeiten öffentlich zur Verfügung gestellt werden.

Literatur:

HANSTEIN, S., GRÄSSEL, H. & S. DONNDORF (2014): Brandenburg 3D – Abschlussbericht der Modellierarbeiten. – Abschlussbericht DMT, 70 S. (unveröff.)

JAHNKE, C., SCHILLING, M., SIMON, A. & T. HÖDING (2021): Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken (TUNB-Projekt). Teilprojekt 4 Brandenburg 2014–2020. – Abschlussbericht LBGR, 47 S. (unveröff.)

PIKELKE, J.; WEINERT, S. & T. HÖDING (2023): Karten der Reflexionsseismischen Horizonte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 – Ableitungen aus dem 3D-Modell Brandenburg (B3D). – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **30**, S. 85–90

REINHARDT, H.-G. (1977): Ergebnisbericht Regionale Geschwindigkeitsansätze im Nordteil der DDR. – VEB Geophysik Leipzig, 39 S. (unveröff.)

Anschrift der Autoren:

Sebastian Weinert
Dr. Thomas Höding
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 163–164	2 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

Das Geologiedatengesetz – Der Weg der Geologischen Dienste zu zentralen Informations- und Kompetenzzentren für den geologischen Untergrund in Deutschland

SVENJA WENDTLAND

Das Geologiedatengesetz (GeolDG) ist am 30. Juni 2020 in Kraft getreten. Es hat das Lagerstättengesetz (LagerStG) abgelöst und führt zu einer umfassenden gesetzlichen Neuordnung im Bereich der Aufnahme, Archivierung und Veröffentlichung von geologischen Daten.

Lag der Fokus des Lagerstättengesetzes auf der Erschließung des Untergrundes nach Lagerstätten, vorrangig nach Erdöl und Erdgas, mittels geophysikalischer Untersuchungen und Bohrungen, so hat sich das Augenmerk des Geologiedatengesetzes nun mehr auf eine generelle geologische Landesaufnahme gerichtet. Die primären Ziele der Geologischen Dienste liegen jetzt überwiegend in der Sicherung und unter Berücksichtigung von Schutzfristen und anderen Schutzbelangen in der Zurverfügungstellung sowie öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten, zudem in der Gewährleistung des nachhaltigen Umgangs mit dem geologischen Untergrund und im Erkennen und Bewerten von Geogefahren.

Gegenüber dem Lagerstättengesetz enthält das Geologiedatengesetz wesentliche Änderungen, die das Aufgabenfeld der zuständigen Behörde vergrößern:

1. Es erweitert den sachlichen Anwendungsbereich von nutzbaren Lagerstätten auf alle geologischen Daten, die den geologischen Untergrund beschreiben oder bewerten und
2. den räumlichen Anwendungsbereich auf die ausschließliche Wirtschaftszone und den Festlandsockel der Bundesrepublik Deutschland.
3. Es führt eine umfassende Pflicht zur Sicherung geologischer Daten zum Zweck des Erhalts, der dauerhaften Lesbarkeit und Verfügbarkeit dieser Daten für alle bestehenden und künftigen geologischen Aufgaben des Bundes und der Länder ein.
4. Es schafft eine einheitliche Regelung für die öffentliche Bereitstellung geologischer Daten nach den Anforderungen des Geodatenzugangsgesetzes und des Umweltinformationsgesetzes.
5. Es ermöglicht die Zurverfügungstellung geologischer Daten an andere Behörden, an öffentlich-rechtliche Einrichtungen sowie an Dritte zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben.

Das GeolDG stärkt somit die Rolle der Staatlichen Geologischen Dienste als zentrale Informations- und Kompetenzzentren für den geologischen Untergrund in Deutschland, stellt diese jedoch auch vor einige Herausforderungen. Im Folgenden werden die wichtigsten Hürden, die für den Geologischen Dienst Brandenburg bestehen, aufgezeigt.

Der massive Anstieg an geologischem Datenmaterial seit Inkrafttreten des Geologiedatengesetzes stellt das sich im Aufbau befindliche digitale Archiv (Bestandsarchiv) vor große fachliche, technische und organisatorische Herausforderungen. Lag das Augenmerk bisher (nach dem LagerStG) weitestgehend auf geophysikalischen Daten und Bohrungsergebnissen, die angezeigt und übermittelt wurden, so haben seit Juli 2020 auch Daten aus Schürfen, Baugrunduntersuchungen, sonstigen Messungen, Tests, Analysen, Messwerten oder graphischen Darstellungen sowie Bewertungen der zuvor benannten Daten (Studien, Gutachten, räumliche Modelle des geologischen Untergrundes), geologische Daten von Einrichtungen und wissenschaftlichen Institutionen an Bedeutung gewonnen. Hierbei gelangt die bisher verfügbare Kapazität an Speicherplatz an ihre Grenzen. Folglich muss zur Erfüllung der Aufgaben die digitale Archivstruktur erweitert werden, um alle Daten fachgerecht aufnehmen und zuordnen zu können.

Eine weitere große Herausforderung, die das GeolDG mit sich brachte, war die Klassifizierung der geologischen Daten in „staatlich“ und „nicht staatlich“ sowie die Kategorisierung der nicht staatlichen Daten in Nachweis-, Fach- und Bewertungsdaten der Bestandsdaten. Das GeolDG sah zudem vor, dass bei inhaberlosen Daten ein Aufgebotsverfahren durchzuführen ist, nach dessen Abschluss die geologischen Daten anschließend als staatlich oder nicht staatlich klassifiziert werden können. Ferner haben die bei geologischen Untersuchungen anzeigenden Personen die Möglichkeit, eine Beschränkung der Veröffentlichung geltend zu machen, bei der die Geologischen Dienste die Schutzbelange jedes einzelnen Vorhabens prüfen müssen. Alle diese Verfahren erfordern Verwaltungsakte wie Allgemeinverfügungen, Aufgebotsverfahren und Bescheide, die zuvor in diesem Umfang in den Geologischen Diensten nicht nötig waren und nunmehr einen massiven Mehraufwand bedeuten.

Die digitalen geologischen Daten des Bestandsarchivs des Geologischen Dienstes Brandenburg wurden bereits in staatlich und nicht staatlich klassifiziert sowie die nicht staatlichen Daten in Nachweis-, Fach- und Bewertungsdaten kategorisiert.

Mittlerweile hat das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) einen jährlich sich wiederholenden Workflow für die Allgemeinverfügungen von Bohrungen, Baugrundgutachten und für die Aufgebotsverfahren entwickelt, mit Hilfe derer diese Kategorisierungen erfolgen. Ferner werden bei allen anderen geologischen Untersuchungen die daraus resultierenden Daten in Form von separaten Bescheiden kategorisiert.

Die öffentliche Bereitstellung erfolgt nachdem die Datenkategorisierung sowie die Prüfung der Fristen und weiterer Schutzbelange abgeschlossen sind. Die Kategorisierungen sind somit die Grundlage für die öffentliche Bereitstellung und ermöglichen überhaupt erst die Zurverfügungstellung der geologischen Daten an Dritte.

Ferner veröffentlicht das LBGR regelmäßig Berichte und aktualisiert die Karten im Online-Geoportal. Eine besondere Bedeutung im Sinne des Geologiedatengesetzes kommt hierbei der Bohrpunktkarte Brandenburgs zu, auf der innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Fristen und unter Berücksichtigung der Schutzbedürfnisse die Nachweisdaten und Fachdaten von Bohrungen abgefragt werden können.

Literatur:

GeolDG (2020): Gesetz zur staatlichen geologischen Landesaufnahme sowie zur Übermittlung, Sicherung und öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten und zur Zurverfügungstellung geologischer Daten zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben. – Erlassen am 19. Juni 2020, BGBl. I, S. 1387 ff.

LagerStG (1934): Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstätten (Lagerstättengesetz). – G. v. 04.12.1934 RGBl. I, S. 1223; aufgehoben durch § 40 G. v. 19.06.2020 BGBl. I, S. 1387

Anschrift der Autorin:

Svenja Wendtland
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 165	
------------------------------	---------	-------------	--------	--

Landesweites Strömungsmodell für Niedersachsen

MELANIE WITTHÖFT, EVA GONZÁLEZ, GRIT GRIFFEL, TIM HARTMANN & JÖRG ELBRACHT

Die Auswirkungen des Klimawandels stellen das Land Niedersachsen vor die Aufgabe, Anpassungsstrategien zu entwerfen und für die Umsetzung dieser Sorge zu tragen. Die wasserwirtschaftlichen Herausforderungen werden nicht nur in der nationalen Wasserstrategie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) intensiv betrachtet, auch auf Landesebene sind diese Fragestellungen Diskussionsgrundlage. So wurde z. B. im Rahmen der Arbeiten zum Wasserversorgungskonzept Niedersachsen/Bremen und den aktuell laufenden Überlegungen zur Novellierung des „Mengenbewirtschaftungserlasses“ nachdrücklich auf die Notwendigkeit eines Grundwasserströmungsmodells hingewiesen.

Bis Ende 2027 wird das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) ein landesweites Grundwasserströmungsmodell erarbeiten, welches als Beratungsinstrument für verschiedenste wasserwirtschaftliche Fragestellungen dienen soll. In diesem Zeitraum werden zunächst die hydrogeologischen Strukturgrundlagen des wasserwirtschaftlich relevanten Bereiches in Niedersachsen erarbeitet und im Anschluss ein stationäres Strömungsmodell aufgebaut. Mit diesem Beratungsinstrument wird ein wesentlicher Beitrag zur Sicherstellung einer auch unter Klimawandelbedingungen nachhaltigen Wasserversorgung geleistet.

Im Lockergestein werden bestehende Profilschnitte, Bohrungen und 3D-Modelle verwendet, um ein landesweites hydrogeologisches Strukturmodell zu erstellen. Überführt werden diese 3D-Informationen in ein Strömungsmodell, welches geplant aus fünf Layern aufgebaut sein wird (Deckschicht, Oberer Hauptgrundwasserleiter, Grundwassergeringleiter, Unterer Hauptgrundwasserleiter und Basisschicht). Neben dem Strukturmodell werden alle notwendigen Eingangsdaten landesweit akquiriert und modellkompatibel aufgearbeitet. Dazu gehören die Grundwasserneubildung, die Oberflächengewässer und deren Anbindung, die Grundwasserentnahmen und Einleitungen, Drainage- und Sielmengen sowie kf-Werte (Durchlässigkeiten).

Das stationäre Strömungsmodell liefert Bilanzen für den Austausch zwischen Grundwasserkörpern, zwischen

Grundwasser und Oberflächengewässer, zwischen dem Oberen und Unteren Hauptgrundwasserleiter sowie Grundwassergleichenpläne und den Flurabstand.

Zukünftig kann das landesweite Strömungsmodell weiterentwickelt werden, um dann auch instationär die Auswirkungen potentieller Szenarien wie den Meeresspiegelanstieg oder Trockenwetterszenarien zu simulieren.

Anschrift der Autoren:

Melanie Witthöft
Eva González
Grit Griffel
Tim Hartmann
Jörg Elbracht
Landesamt für Bergbau,
Energie und Geologie
Stilleweg 2
30655 Hannover

*Bergbaufolgelandschaft:
Findlingspark Nochten,
rekultivierter Bereich des Tagebaus
(Foto: Sebastian Donke)*



EXKURSIONSFÜHRER

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 169–171	5 Abb., 1 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

E1 – Der Muskauer Faltenbogen als Glaziallandschaft

KERSTEN LÖWEN, EVTZ mbH Geopark Muskauer Faltenbogen

Das Exkursionsgebiet (Abb. 1) umfasst die gesamte Fläche des Geoparks Muskauer Faltenbogen auf deutschem und polnischem Areal. Thematische Schwerpunkte bilden die charakteristischen Landschaftsformen der Glazialland-

schaft Muskauer Faltenbogen, die als Stauchendmoräne im Jahr 2006 als Nationaler Geotop Deutschlands® ausgezeichnet wurde. Seit 2015 ist er einer von vier transnationalen UNESCO Global Geoparks.

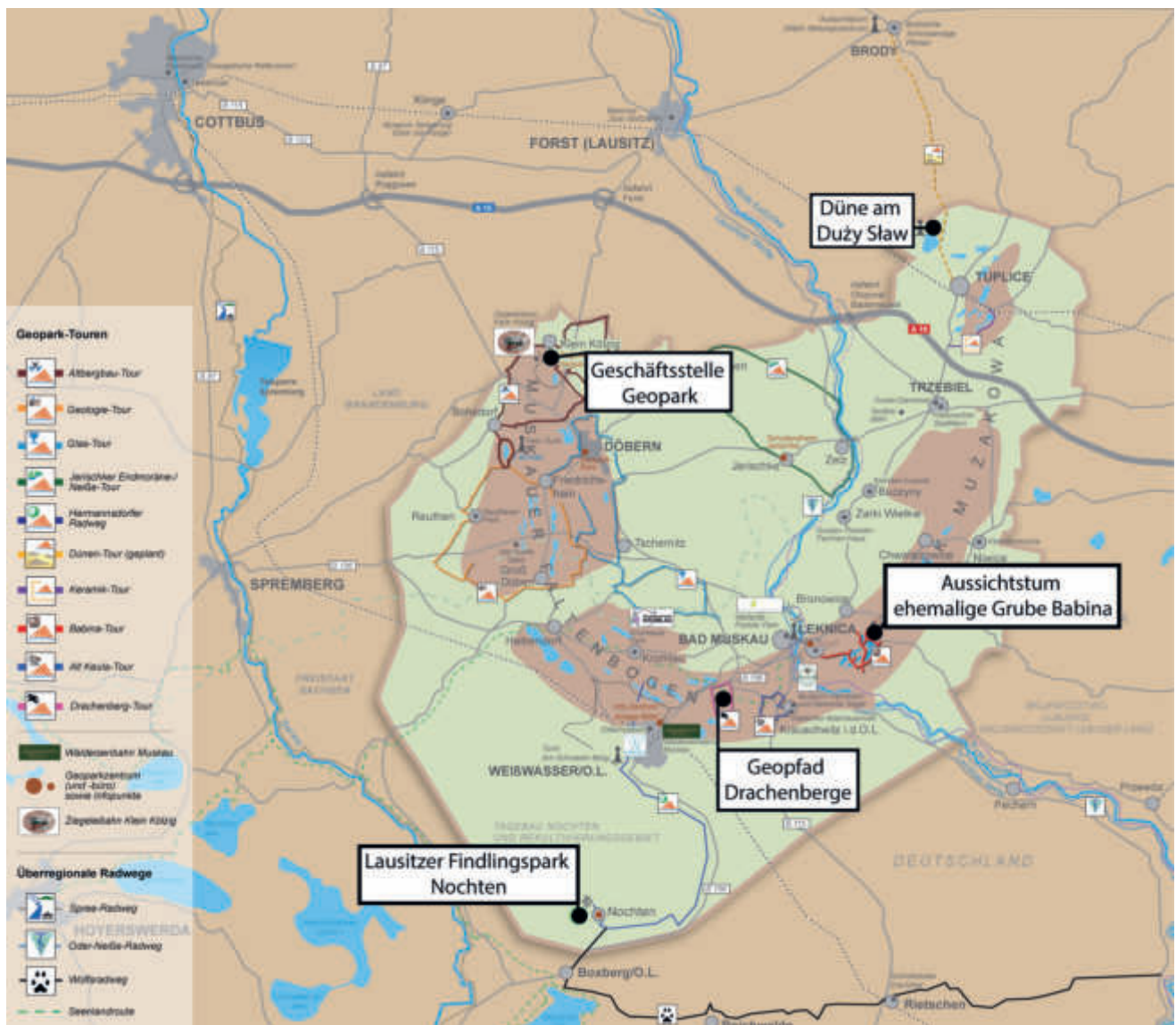


Abb. 1: Exkursionspunkte im Geopark

Der erste Exkursionspunkt führt auf das Gebiet der größten historischen Braunkohlengrube im polnischen Teil des Geoparks, der ehemaligen Grube Babina nahe Łęknica (Abb. 2). Über einen Zeitraum von mehr als einem halben Jahrhundert wurden hier von 1921 bis 1973 die glazigen aufgestauchten Schichten, miozäne Braunkohle und Keramikton, in industriellem Maßstab gefördert. Heute haben sich die ehemaligen Tief- und Tagebaue nach einer Zeit der Renaturierung in eine reizvolle Bergbaufolgelandschaft mit zahlreichen farbigen Gewässern verwandelt. Seit 2013 ist die Grube durch einen geotouristischen Pfad mit Aussichtsturm erschlossen.

Die Exkursionsroute führt weiter Richtung Norden zur Düne von Duży Staw bei Tuplice. Dünen sind als Landschaftselemente im Muskauer Faltenbogen weit verbreitet und treten z. T. in Form kilometergroßer zusammenhängender Gebiete auf. Die Parabeldüne am Duży Staw ist eine Einzeldüne in dem ansonsten flachen Hinterland des Faltenbogens. Als nach Westen geöffnete Parabeldüne ist sie durch vorherrschende Winde aus nordwestlicher Richtung auf etwa 11 m Höhe aufgeweht worden und erstreckt sich auf einer Länge von 400–600 m bei einer Breite von 300 m.

Das nächste Exkursionsziel bildet das historische Gebäude der Alten Ziegelei mit dem Hoffmann'schen Ringbrandofen

im brandenburgischen Klein Kölzig (Abb. 3). Sie dient heute als Geschäftsstelle des Geoparks. Als eine von ehemals über 50 Ziegeleien im Faltenbogen wurden hier über einen Zeitraum von etwa 70 Jahren gelbe Ziegel als charakteristische Bauelemente der Region gebrannt. In der 1. Etage schließt die Geoparkausstellung „Mit Dreck zu Wohlstand“ an die Geschichte der standort- und rohstoffgebundenen Industrieentwicklung im Faltenbogen an (KUPETZ et al. 2023). Sie stellt den Zusammenhang zwischen glazialtektonischer Deformation der Rohstoff-führenden Schichten und der damit verbundenen Nutzung und industrieller Entwicklung der Region anhand authentischer Exponate dar.

Ein weiteres Beispiel glazialer Prägung im Faltenbogen ist die charakteristische Gieserlandschaft im Gebiet der Drachenberge bei Krauschwitz, die über einen Geopfad erschlossen ist (Abb. 4). Die sogenannten Gieser sind tief eingeschnittene, z. T. mehrere Kilometer lange Senkungs-zonen, die im Exkursionsgebiet am morphologisch eindrucksvollsten ausgeprägt sind. Sie verlaufen parallel zu den an der Oberfläche austreichenden Kohleflözen. Ihre Genese steht jedoch nur indirekt mit der glazigenen Aufstauchung in Verbindung, denn sie sind das Ergebnis eines jüngeren Prozesses.

Den Abschluss des Exkursionstages bildet ein Besuch des Lausitzer Findlingsparks Nochten am südlichen Ende des Geoparks nahe dem Kraftwerk Boxberg gelegen (Abb. 5). Auf der Innenkippe des rekultivierten Braunkohlentagebaus Nochten ist hier auf einer Fläche von etwa 20 Hektar eine europaweit wohl einzigartige Parklandschaft entstanden. Unter Verwendung zahlreicher Gehölze und Heidearten sowie etwa 7000 Findlingen aus den umliegenden Tagebauen der Lausitz wurden sieben verschiedene Parkbereiche gestaltet, die über das Jahr hinweg botanische und geologische Highlights zu bieten haben. Eine Besonderheit stellt das Areal „Klein Skandinavien“ dar, eine Nachbildung der skandinavischen Halbinsel unter Einbeziehung von Leitgeschieben der Region.



Abb. 2: Aussichtsturm am Bergbaufolgesee Afryka, ehemalige Grube Babina
(Foto: Geopark Geschäftsstelle)



Abb. 3: Die Alte Ziegelei Klein Kölzig. Geschäftsstelle des Geoparks mit Dauerausstellung
(Foto: Geopark Geschäftsstelle)



Abb. 4: Aufstieg aus einer der tiefsten Gieser am Geopfad Drachenberge bei Krauschwitz (Foto: Geopark Geschäftsstelle)

Literatur:

KUPETZ, M., FLEISCHMANN, A., LÖWEN, K. & U. EPPINGER (2023): Die rohstoff- und standortgebundene Rohstoffproduktion und Industrieentwicklung im Muskauer Faltenbogen in der Dauerausstellung „Mit Dreck zu Wohlstand“. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **30**, S. 99–111



Abb. 5: Blick vom Steingarten des Findlingsparks Richtung Süden auf das Kraftwerk Boxberg (Foto: Förderverein Lausitzer Findlingspark Nochten)



*„Innenleben“ des Felixturms,
Muskauer Faltenbogen
(Foto: Uwe Strahl)*

Gesamtlaufstrecke von 3–4 km. Es wird festes Schuhwerk empfohlen.

1 Drachenberge bei Krauschwitz

Auf einem 0,5 km langen Weg werden mehrere Gieser durchwandert. Diese sind kleine, abflusslose Täler, die glazialtektonische Schuppen und Diapire geomorphologisch abbilden.

Etwa 500 m westlich der Kreuzung der B 156 und der B 115 in Krauschwitz befindet sich nördlich der Straße ein großer asphaltierter Eingangsbereich zu einem Umspannwerk. Hier besteht Parkmöglichkeit.

In den Drachenbergen ist in einem etwa 3 km² großen Kiefernhochwaldgebiet eine Gieserlandschaft ohne anthropogene Veränderung erhalten geblieben. Entlang einer Waldschneise mit Fußweg werden auf einer Strecke von etwa 400 m Länge mehrere Gieser gequert. Man erhält dadurch einen Eindruck zur Größe der glazialtektonischen Einzelstrukturen und eines typischen flächenhaften Giesermusters. Es werden Gieser besucht, die zu den größten und tiefsten im Muskauer Faltenbogen gehören (Breite teilweise um 50 m, vereinzelt bis zu 70 m, Tiefe 3–15 m). In Anlehnung an Strukturformen, die an anderen Stellen im Muskauer Faltenbogen durch geologische Erkundungsergebnisse belegt sind, gibt Abbildung 2 eine Interpretation des glazialtektonischen Tiefenbaus. In den Drachenbergen selbst existieren keine Kenntnisse zum Tiefenbau. Die mittleren beiden Gieser in Abbildung 2 haben eine asymmetrische Morphologie, wie sie typischerweise über glazialtektonischen Schuppen auftritt. Die jeweils flachere Gieserflanke liegt auf der Seite, in deren Richtung hin das Kohlenflöz des 2. Miozänen Flözkomplexes (2. MFK) einfällt. Im südlichen Drittel der Abbildung tritt ein Doppeltgierer auf. Seine beiden Mulden liegen über den steilstehenden Flanken einer aufrechten Flözfalte (Diapir). In dem heute abgetragenen Luftsattel haben die Liegendschichten möglicherweise das Kohlenflöz durchstoßen.

2 Ehemalige Tongrube Irena bei Łęknica (Polen)

Anstehend sind glazialtektonisch aufgerichtete Sande und Schluffe der seria Poznańska (Rauno Formation), die zum Teil verkieselt bzw. als Tertiärquarzite ausgebildet sind.

In der Grube wurden beginnend 1973 Tone für die Ziegelherstellung abgebaut. Die Lagerstätte befand sich in einer großen, mittelsteil- bis steilstehenden glazialtektonischen Schuppe mit nordost-südwestlicher Erstreckung. Nach Beendigung des Abbaus wurde das Restloch mit einer Tonabdichtung versehen und als kommunale Siedlungsabfalldeponie genutzt. Heute ist die Deponie abgedeckt und begrünt. Sie ist frei zugänglich. Entlang der NW-Seite verläuft eine etwa 5 m hohe, fast senkrechte, zweigeteilte ehemalige Grubenwand. Ihre lange Seite (60–70 m) verläuft in NE-SW-Richtung parallel der Schuppe in tonig-schluffigen Sanden und ist geologisch weniger interessant. An ihrem SW-Ende biegt sie fast senkrecht nach NW um und schließt ein 16 m langes, glazialtektonisch verschupptes Schichtenprofil aus einer flach aufgerichteten Abfolge von gemischten, schlecht sortierten miozänen Kiesen, Sanden und Schluffen auf (Abb. 3). Die Schichtlagerung ist nur an einer Stelle deutlich sichtbar. Die weißen, sandigen und tonigen Schluffe sind in größeren Bereichen als schwach verfestigte Tonsteine ausgebildet. Örtlich sind es stark verfestigte Gesteine, die als Tertiärquarzite bezeichnet werden. Es handelt sich dabei um eine Silifizierung (Verkieselung) der ursprünglich lockeren, nicht verfestigten Sedimente. Die Verkieselung erfolgte vor der Aufstauchung des Muskauer Faltenbogens in einer Tiefe von mehreren Dekametern unter der Erdoberfläche.

3 Bergbaufolgesee der Mulde VII in den Trebendorfer Feldern bei Halbendorf

Abgebaut wurde hier eine Verzweigungsstelle zweier glazialtektonischer Schuppen.

Die Mulde VII gehört zum Braunkohlenabbaugebiet der sogenannten Trebendorfer Felder. Sie wurde um 1951 im Tagebau (ca. 350 m lang und maximal 120 m breit) ausgekohlt. Der Tagebau umfasste den Verzweigungsbereich von

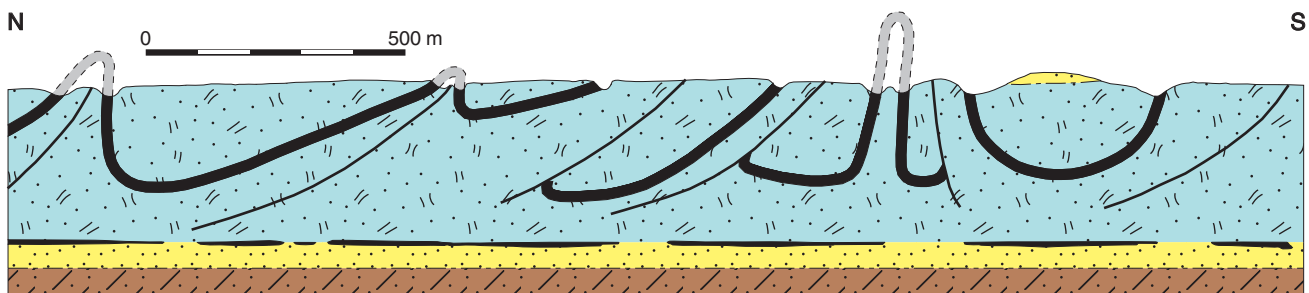


Abb. 2: Geologischer Schnitt durch die Drachenberge entlang des Exkursionsweges. Da keine geologischen Daten zum Bau des Untergrundes vorliegen, handelt es sich um eine Interpretation (Zeichnung ohne Überhöhung!; aus KUPETZ & KUPETZ 2009, S. 204).

NW

SE

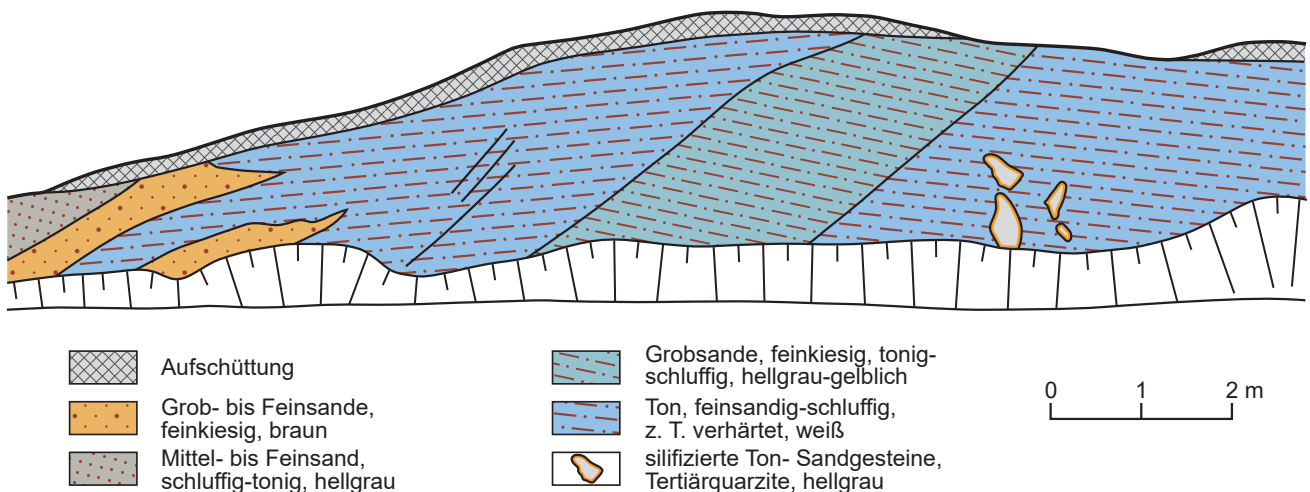


Abb. 3: Ehemalige Tongrube Irena bei Łęknica. Glazialtektonisch aufgerichtete miozäne Schichten der seria Poznańska (Rauno-Formation)

zwei großdimensionalen Schuppenstrukturen (Abb. 4). Von Südosten her streicht eine glazialtektonische Großschuppe in den Bereich des Tagebaus hinein. Hier bildete sich auf der Schuppe eine 30–50 m breite Aufsattelung, die sich zu einer Falte mit gleicher Vergenz wie die Schuppe entwickelte (Abb. 4 oben). Die Falte ist eine Größenordnung kleiner als die Schuppe. Bevor es durch fortschreitende Einengung in streichender Fortsetzung zur Bildung einer liegenden oder überkippten Falte kam, wurde eine Flexur angelegt und es entstand eine Scherfläche. Der kleine, liegende Faltschenkel entwickelte sich zum steilstehenden bis überkippten unteren Teil der neuen Schuppe im Liegenden der alten. Der hangende Faltschenkel stellt das konvex gebogene, obere Ende der neuen, überschobenen oberen Schuppe dar (Abb. 4 Mitte). Im Nordwesten verlassen die beiden neuen Schuppen den Tagebaubereich (Abb. 4 unten). Nach der Einebnung des Muskauer Faltenbogens lag das Erosionsniveau zufällig genau in der Höhe der Schuppenverzweigung, so dass bei der jungholozänen Gieserbildung ein Y-förmiger Gieser entstand. Die „Alten Bergleute“ erkannten die Situation aus der Lage der Gieser heraus richtig und legten den Tagebau so an, dass die erdoberflächennahe Kohle abgebaut werden konnte. Ihr Wissen um die prinzipiellen Lagerungsverhältnisse kommt darin zum Ausdruck, dass sie zur Detailerkun-

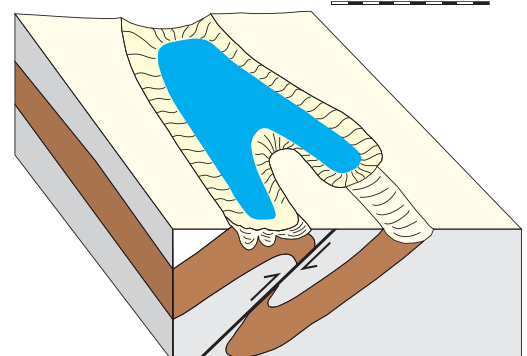
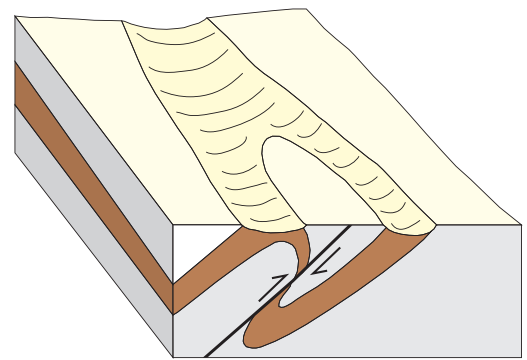
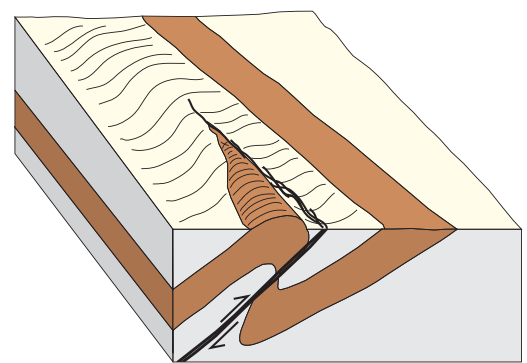


Abb. 4:
Die geologische Situation in der Mulde VII
Oben: Aus einer glazialtektonischen Schuppe entwickelte sich im Streichen ein Schuppenpaar.
Mitte: Über der Schuppenverzweigung bildete sich ein Y-förmiger Gieser.
Unten: Im Tagebau wurde die oberflächennahe Braunkohle abgebaut und hinterließ einen charakteristischen Bergbaufolgesee (Hosenmulde).

derung gezielt 12 geologische Schnitte senkrecht zur Struktur anlegten. Im aufgehenden Grundwasser nach dem Bergbau bildete sich ein See mit einer charakteristischen Form. Wegen dieser Form wird die Mulde VII auch als Hosenmulde bezeichnet. Zurzeit ist die Mulde VII die einzige im Faltenbogen zu beobachtende Schuppenverzeigung und damit eine Besonderheit. Im Liegenden des Kohlenflözes ist der Glassandhorizont aufgeschlossen und bildet einen kleinen Strand. Insgesamt liegt das Braunkohlenflöz (2. MFK) etwa 100 m über dem Niveau, wenn das Flöz glazialtektonisch ungestört wäre. Gleichzeitig enden die drei Gieser abrupt am Ende der Mulde VII. Aus diesen beiden Beobachtungen lässt sich ableiten, dass die Mulde VII eine wurzellose Scholle ist.

4 Alte Ziegelei Klein Kölzig

Die Alte Ziegelei Klein Kölzig von 1892/1894 mit Hoffmann'schem Ringbrandtöfen und Geoparkausstellung mit „Mit Dreck zu Wohlstand“ (historische Rohstoffnutzung im Faltenbogen) ist Sitz der Geoparkgeschäftsstelle.

Es werden Ringbrandtöfen und Ausstellung besucht. Es findet auch eine kurze Kaffee- und Erfrischungspause statt (Abb. 3 in Exkursion E1, dieser Band, S. 170).

5 Braunkohlenschurf bei Bohsdorf südlich des Felixsees

Es handelt sich um einen künstlichen Aufschluss in einem typischen Gieser mit einer jüngeren Sedimentabfolge über der die Gieser bildenden Braunkohle.

2004 wurde unter einem Gieser nach vorheriger Peilstangensondierung das aus Abbildung 5a und b ersichtliche Schichtenprofil aufgeschlossen. Es zeigt unter dem Gieser eine stark verwitterte (vererdete) Braunkohle des 2. MFK überlagert von Abschwemmmassen. Darüber liegt ein ebenfalls stark vererdeter Torfhorizont. Nach pollenanalytischen Untersuchungen an diesem und weiteren Giesern hat der Torf ein jungholozänes Alter (Abb. 5b). Das an dieser Stelle von STRAHL (in KUPETZ & KUPETZ 2009) bearbeitete Profil beginnt im ausgehenden Subbo-

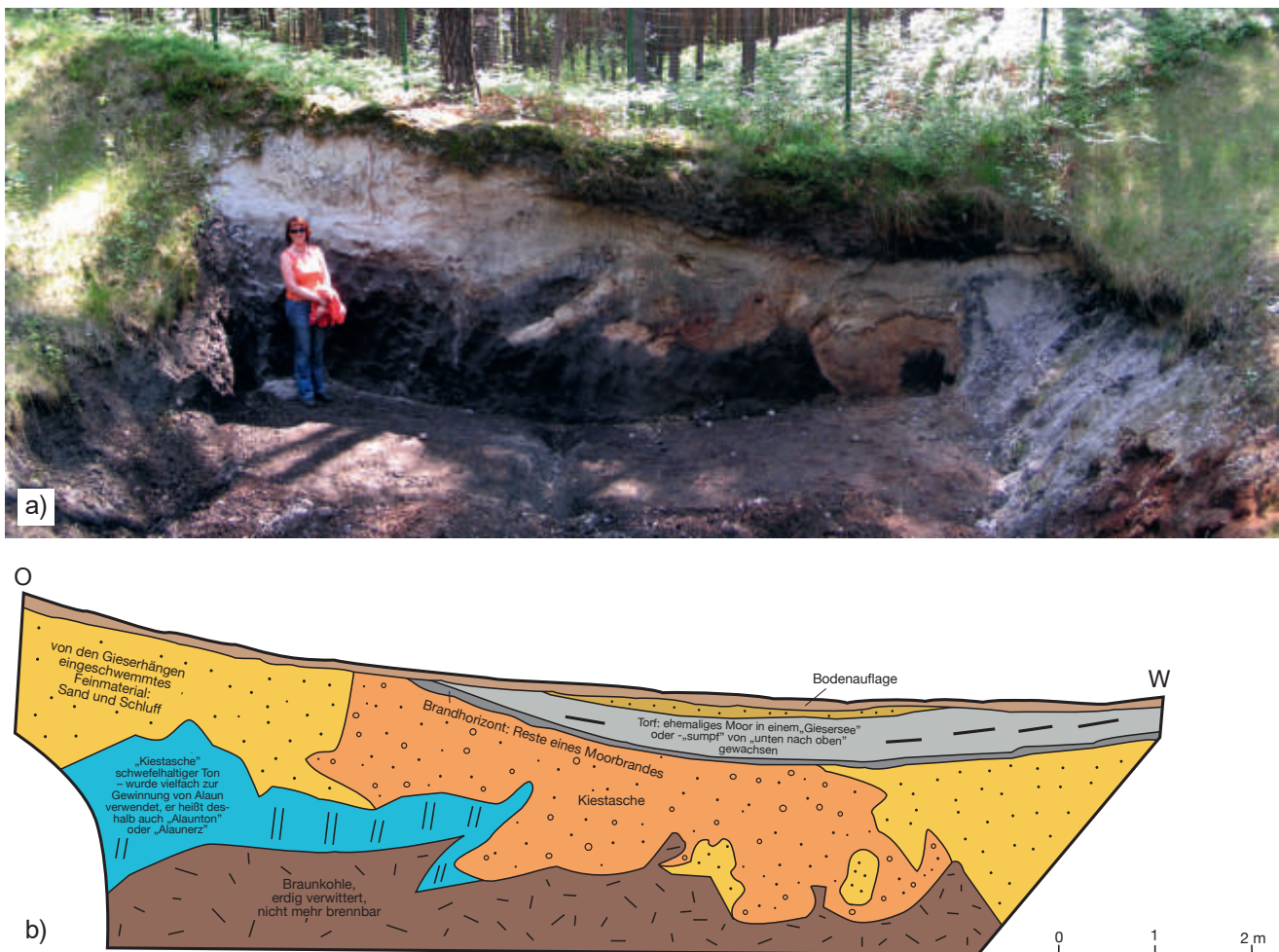


Abb. 5: Braunkohlenschurf in einem Gieser an der Geologie-Tour südlich des Felixsees bei Bohsdorf
a) Frisch abgestochener Schurf 2009
b) Aufschlussdokumentation 2020

real und umfasst das Ältere und Jüngere Subatlantikum. Das Profil ist einer der wichtigsten geologischen Geotope im Geopark. Es wird auf einer dreisprachigen Informationsstafel erläutert. Im Ein- bis Zweijahresabstand wird der Aufschluss mit schwerer Technik senkrecht abgestochen und beräumt. Anschließend erfolgt eine Feinreinigung von Hand.

6 Diapir von Bohsdorf

Er ist der geomorphologisch am besten ausgebildete Diapir des Muskauer Faltenbogens von 1200 m Länge und 200 m Breite. In seinem Inneren befindet sich ein 400 m langer, schmal-elliptisch ausgebildeter Gieser.

Der Bohsdorfer Diapir ist eine aufrechtstehende Falte in der Braunkohle des 2. MFK (Abb. 6a und b). Beeindruckend an diesem Aufschluss ist, dass man vom Rand aus genau auf die Spitze des ellipsoid umlaufenden Giesers blicken kann. Dies ist die am vollständigsten ausgebildete und ästhetisch schönste Gieserstruktur im Muskauer Faltenbogen. Da an

dieser Stelle kein Bergbau umging, ist der geologische Tiefenbau nicht bekannt. Für die Rekonstruktion im Blockbild wurden deshalb Kenntnisse aus anderen Strukturen sinn gemäß auf die hiesige Situation übertragen.

7 Felixturm am Felixsee

Der Turm befindet sich am ehemaligen Braunkohlentagebau der Grube Felix bei Bohsdorf. Abgebaut wurde Braunkohle in einem 720 x 200 m großen Bereich im Top einer Diapirfalte. Die Abbildungen 7a–c erklären die geologische, die aktiv-bergbauliche und nachbergbauliche Situation.

Literatur:

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

KUPETZ, A. & M. KUPETZ. [Ed.] (2009): Der Muskauer Faltenbogen. – Wanderungen in die Erdgeschichte **24**, 266 S., München (Pfeil)

KUPETZ, M., & J. KOŽMA (2015): Europäischer und Globaler Geopark Muskauer Faltenbogen/Geopark Łuk. – EDGG **255**, S. 123–135

KUPETZ, M. (2024): Die glazialtektonische Internstruktur der Grundbruchmoräne Muskauer Faltenbogen. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **31**, S. 23–28

KUPETZ, M. (im Druck): The Ground Failure Moraine Muskau Arch (Muskauer Faltenbogen) – a Special Kind of a Glacio-tectonic Composite Ridge. – In: Migoń, P. & K. Jancewic K (eds): World Geomorphological Landscapes: Landscapes and Landforms of Poland. – S. 483–497 (Springer)

LÖWEN, K. (2024): E1 – Der Muskauer Faltenbogen als Glaziallandschaft. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **31**, S. 169–171

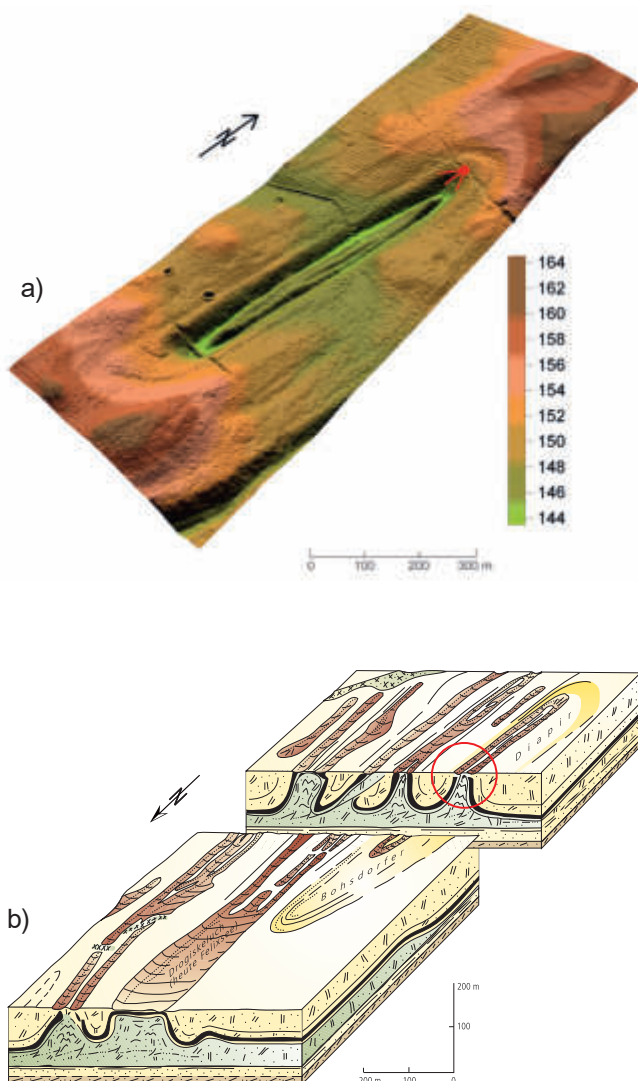


Abb. 6:

Der Diapir von Bohsdorf

a) Ansicht des N–S verlaufenden Diapirs im hochauflösenden DGM-Image, Bildhöhe ca. 1,3 km (aus KUPETZ & KOŽMA 2015)

b) Blockbild des Bohsdorfer Diapirs (roter Kreis). Er wurde aus seinem charakteristischen, ellipsoiden Gieser und einem hochauflösenden DGM rekonstruiert (Zeichnung ohne Überhöhung!; aus KUPETZ, KUPETZ & RASCHER et al. 2004).

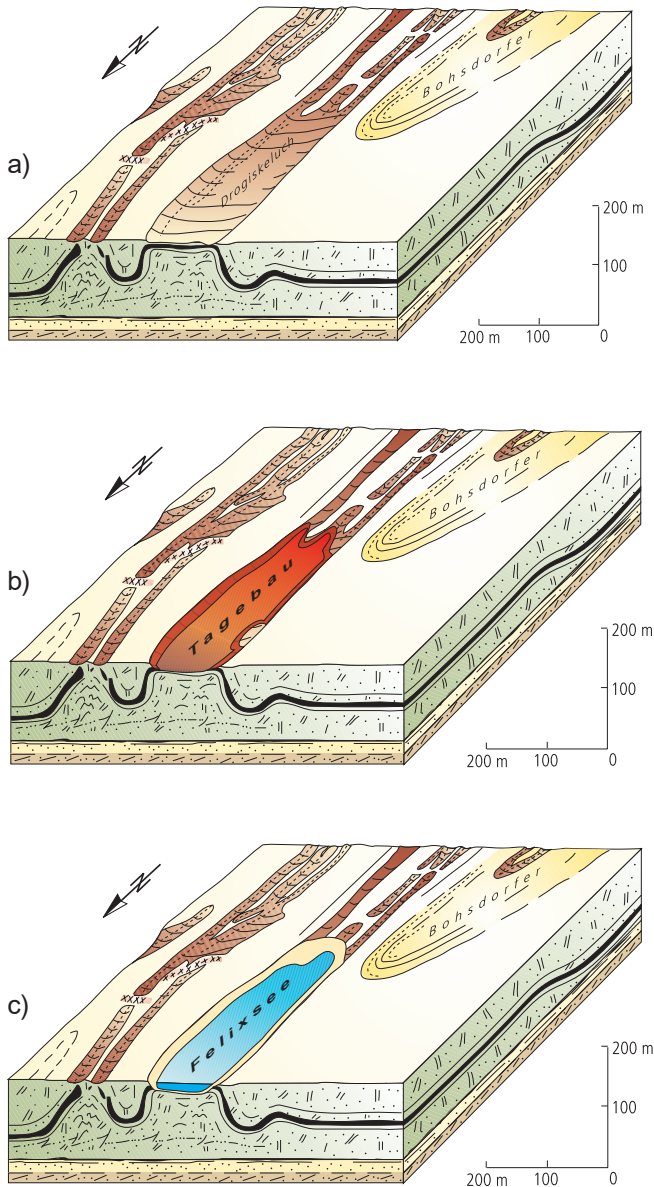


Abb. 7:

Der Felixsee am ehemaligen Tagebau der Grube Felix bei Bohndorf (aus KUPETZ & KUPETZ 2009, S. 127)

- a) *Natürliche Situation vor 1914: Unmittelbar unter der Erdoberfläche liegt das etwa 10 m mächtige Braunkohlenflöz als Top (oberster Teil) einer Kofferfalte. Durch den Einfluss von Luftsauerstoff im Boden und Wasser begann sich die Kohle langsam zu zersetzen (zu oxidieren) und verlor an Volumen. Über dem Top der Braunkohlenfalte entstand eine flache Geländesenke. In ihr staute sich die Feuchtigkeit und es bildete sich ein Moor. In den alten topographischen Karten trägt es den Namen Drogiske-Luch.*
- b) *Tagebaubetrieb 1914 bis 1919: Mit geologischen Erkundungsbohrungen wurde im Jahre 1910 das Kohlefeld unter dem Drogiske-Luch eingehend erkundet, das Grundwasser abgesenkt und anschließend der Gewinnungsbetrieb aufgenommen. Abgebaut wurde ein 10–20 m mächtiges Flöz. Die Größe und Gestalt des Tagebaus entsprachen genau der Form des Drogiske-Luchs.*
- c) *Heutiger Zustand. Nach Beendigung des Gewinnungsbetriebes ließ man das Grundwasser wieder ansteigen. Es stellte sich im Tagebaurestloch eine offene Wasserfläche, der Felixsee, ein.*

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 179–187	8 Abb., 4 Lit.
------------------------------	---------	-------------	------------	----------------

Exkursion E3 und E5 Braunkohlentagebau Nochten

SEBASTIAN DONKE, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

Im Rahmen der 83. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Geologen wird die Befahrung des Braunkohlentagebaus Nochten durchgeführt.

Startpunkt sind die Tagesanlagen des Braunkohlentagebaus Nochten in Mühlrose.

Startzeit: 8:00 Uhr, Befahrungsende ca. 13:00 Uhr

1 Übersicht zum Braunkohlentagebau Nochten

Nochten ist einer von drei noch aktiven Braunkohlentagebauen im Lausitzer Revier. Er liegt etwa 3 km südwestlich der Großen Kreisstadt Weißwasser/O. L. im Nordosten des Freistaates Sachsen im Vorland des Muskauer Faltenbogens (Abb. 1). Sein Abbauggebiet hat eine Größe von ca. 95 km², von denen etwa 59 % der Fläche bereits wieder rekultiviert sind und 15 % noch in Anspruch genommen werden.

Im Braunkohlentagebau werden sechs Exkursionspunkte besucht (Abb. 1). Dort werden jeweils verschiedene Themen ausführlich vorgestellt und auf die Fragen der Exkursionsteilnehmer eingegangen. Daher wird im folgenden lediglich ein allgemeiner Abriss der Geologie und der Technologie für den Braunkohlentagebau Nochten gegeben.

2 Geologischer Überblick

Regionalgeologisch liegt der Braunkohlentagebau Nochten am Nordrand des Lausitzer Urstromtals im Übergangsbereich zum Lausitzer Grenzwall (Warthe-zeitliche Haupteisrandlage) (Abb. 2). Im südlichen Abbauggebiet wurde ein Dünengebiet überbaggert, welches über dem flachen Gelände (132–135 m NHN) mit bis zu 10 m hohen, langgestreckten Dünenzügen (145–150 m NHN) aufragt. Nach Norden steigt das Gelände zur Trebendorfer Hochfläche hin auf 160–167 m NHN an.

Die Trebendorfer Hochfläche als tertiäres Relikt, besteht überwiegend aus Kiessanden und Tonhorizonten der ober-

miozänen Rauno-Formation. Weite Teile der Hochfläche sind frei von pleistozänen Ablagerungen. Am Schweren Berg bei Weißwasser treten örtlich begrenzt frühpleistozäne Kiese und Schotter des Bautzener Elbelaufs auf.

Nach Süden fällt die Pleistozänbasis zum Lausitzer Urstromtal hin ab und die Pleistozänmächtigkeit nimmt zu (Abb. 2). Hier sind glazifluviale Kiese und Sande weit verbreitet, die genetisch dem Sander des Warthe-zeitlichen Gletschervorstoßes zugerechnet werden. Teilweise werden gehäuft nordische Geschiebe angetroffen, die im Tagebauvorfeld beräumt werden müssen.

Hauptgegenstand des Abbaus ist das 2. Miozäne Flöz (2. MF; Brieske-Formation, Untermiozän) mit einer Mächtigkeit von durchschnittlich 10–12 m. Es wird durch ein 70–120 m mächtiges Deckgebirge aus mittelmiozänen bis pleistozänen Schichten überlagert (Abb. 2): Mit einer Schichtlücke folgen über dem 2. MF die Greifenhain-Schichten mit dem Hangendschluffkomplex, die Nochten-Schichten mit dem Oberbegleiterkomplex sowie die Klettwitz-Schichten mit dem 1. Miozänen Flözkomplex (1. MFK) der mittel- bis obermiozänen Meuro-Formation. Aus sequenzstratigraphischer Sicht (GÖTHEL 2018) wird die Meuro-Formation als Bestandteil der Brieske-Formation betrachtet und als Obere Brieske bezeichnet. Der nicht durchgehend ausgebildete 1. MFK wird in abbauwürdigen Bereichen im Vorschnittbetrieb (SRs 6300) mit Mächtigkeiten von 2,0 bis 2,5 m freigelegt. Es schließt sich die Rauno-Formation mit den Flaschentonhorizonten 1–4 (bergmännisch 1–4 vom Hangenden zum Liegenden) an, deren Aufschluss während der Exkursion angefahren wird.

Die Ausbildung der grauen bis graubraunen, aber auch schwarzbraunen Flaschentone ist entsprechend der stark wechselnden Sedimentationsbedingungen sehr unterschiedlich. Der 4. Flaschentonhorizont, der in einigen Gebieten den 1. MFK direkt überlagert, ist ein kompakter, fetter Ton, während der darüber anstehende 3. Flaschentonhorizont sehr inhomogen und stark sandig ausgebildet ist. In lokalen Einmündungen an der Basis des 4. Flaschentonhorizontes findet man in den geschichteten Tonen Blätter und andere Pflanzenfossilien, die von SCHNEIDER (2004) bearbeitet



Abb. 1: Luftbildansicht des Braunkohlentagebaues Nochten mit Lage der Exkursionspunkte. Die Ortslage im NE ist die Große Kreisstadt Weißwasser/O. L. Die langgestreckten Kleingewässer nördlich der Stadt sind Bergbaufolge-Gewässer im Muskauer Faltenbogen (Quelle: Luftbild WMS-Dienst: LVA Sachsen, LGB Brandenburg)
 1 – Tagesanlagen Braunkohlentagebau Nochten; 2 – Grubenarbeitsebene; 3 – Brückenarbeitsebene;
 4 – Vorschnittarbeitsebene; 5 – Rekultivierungsbereich mit Pleistozänhalde; 6 – Turm am Schweren Berg

Abb. 2:
 Geologisches Übersichtsprofil Kohlefeld Nochten (aus: BARTH & DONKE 2010)



wurden. Die oberen Flaschentonhorizonte 1 und 2 sind als geringmächtige, z. T. stark strukturgestörte Lagen in vorwiegend fluviatile Sedimente der Ur-Elbe eingelagert.

Nur in den tektonischen Störungszonen Graben von Nochten und Graben von Weißwasser (Abb. 3) sind über der Flaschentonabfolge auch die Flammentone der pliozänen Weißwasser-Schichten mit bis zu fünf Horizonten erhalten geblieben.

Die Flammentonhorizonte sind ebenfalls nur geringmächtig und nicht aushaltend ausgebildet. Sie sind von hellgrauer bis graubrauner, aber auch schwarzbrauner Farbe und zu den hangenden und liegenden Sanden und Kiesen vielfach durch stark verockerte Lagen und Krusten abgegrenzt. Oft sind die hellen Tone von eisenschüssigen Kluftflächen durchzogen. Die umgebenden Sande enthalten ebenfalls dünne, rostbraune eisenhaltige Lagen.

3 Zur Historie des Braunkohlentagebaus Nochten

Die Vorlaufzeit bis zur Aufnahme der Kohleförderung betrug in Nochten 20 Jahre. 1953 startete die Kohleexploration mit einem Bohrprogramm. Die Grundwasserabsenkung erfolgte ab 1960 zunächst mit dem Abteufen des 1. Schachtes

zur Streckenentwässerung und 1965 wurden die ersten Filterbrunnen zur Feldesentwässerung in Betrieb genommen. Von 1968 bis 1973 wurde die Aufschlussfigur mit einem Volumen von ca. 74 Mio. m³ Größe gebaggert. Die Förderung der Rohbraunkohle aus dem 2. MF begann schließlich am 03.08.1973. Lagerstättengeologisch bedingt wurde zwischen 1974 und 1982 sowie wiederbeginnd ab 2006 zusätzlich das Oberflöz (= Oberbank des 1. MFK) gewonnen. Hauptabnehmer der Kohle sind die Kraftwerke Boxberg und Schwarze Pumpe sowie die Kohleveredlung in Schwarze Pumpe (Braunkohlenbrikettierung und Kohlestaubproduktion).

4 Gewinnungstechnologie

Der Tagebaubetrieb wird durch den Einsatz der Abraumförderbrücke 33 F 60 bestimmt. Sie ist einer der weltweit größten beweglichen Maschinenkomplexe mit einer maximalen Länge von 600 m. Anders als häufig angenommen, dient sie nicht der Kohlenförderung, sondern dem Abtragen ihres Deckgebirges.

Die Entwässerung des Kohlefeldes einschließlich der Rand- und Kippenabriegelung erfolgt mit ca. 450 Filterbrunnen. Insgesamt werden ca. 86 Mio. m³ Wasser pro Jahr gehoben. Davon entfallen ca. 4 Mio. m³ auf die Oberflächenentwäs-



Abb. 3: Geologische Strukturen im Kohlefeld Nochten

serung und ca. 3 Mio. m³ auf die Streckenentwässerung. 12 Mio. m³ Ökowasser werden wieder in die Vorfluter, den Rothwasser- und den Floßgraben eingeleitet. Circa 70 Mio. m³ pro Jahr durchlaufen die drei Grubenwasserreinigungsanlagen in Schwarze Pumpe, Tzschelln und Kringelsdorf. Ziel der Reinigung ist eine Enteisung und die pH-Werterhöhung (Sauerstoffzuführung durch Belüftung sowie Kalkzugabe). Etwa 4 Mio. m³ Wasser pro Jahr versickern, verdunsten und werden für den Eigenbedarf genutzt.

Der Tagebaubetrieb i.e.S. beginnt mit der Vorfeldberäumung (Holzeinschlag, Eisensuche und -bergung, Rückbau baulicher Anlagen). Das eigentliche Abbaugeschehen veranschaulicht Abbildung 4. Das Deckgebirge über dem Oberflöz (1. MFK) wird in zwei Vorschnitten mit Schaufelradbaggern (1510 SRs 6300 und 1571 SRs 2000; Abb. 5) abgetragen. Mittels Bandförderung wird der Abraum auf die Kippenseite des Tagebaus gebracht und dort mit einem Absetzerverband verkippt (Abb. 4). Die Kippe erhält eine Abschlussschüttung mit rekultivierungsfähigem Material und wird anschließend rekultiviert. Die Gewinnung des Oberflözes erfolgt mit kleinen Schaufelradbaggern 340 ERs 710, der Weitertransport der Kohle ins Kraftwerk Boxberg mit einer Bandanlage. Herzstück des Braunkohlentagebaus ist die Abraumförderbrücke 33 F 60 mit ihren angeschlossenen Eimerkettenbaggern. Von der Aufsetzebene aus wird im Hochschnitt und Tiefschnitt gebaggert. Eine Zubringerbrücke verlängert die 33 F 60 auf eine zweite, höher liegende Gewinnungsebene, von der aus nochmals im Hochschnitt gewonnen wird. Insgesamt kann die Brücke 70 m Abraumhöhe abtragen (vertikal gemessen). Auf jeden einzelnen Schnitt entfallen dabei ca. 23 m Abtrags-

höhe. Der Abraum wird mit einem Band über die Brücke transportiert und auf der gegenüberliegenden Kippenseite direkt verstrzt.

Insgesamt werden im Braunkohlentagebau Nochten 130 Mio. m³ Abraum pro Jahr bewegt, davon 50 Mio. m³ im Vorschnitt und 80 Mio. m³ über die Förderbrücke. Die Kohleförderung beträgt ca. 19 Mio. t pro Jahr. Circa 1 Mio. t Kohle stammen aus dem Oberflöz (1. MFK) und 18 Mio. t aus dem 2. MFK.

Der Braunkohlentagebau begann 1973 mit einer Tiefe von 60 bis 70 m, bewegte sich zwischen 100 und 120 m und hat seit 2023 eine Tiefe von ca. 90 m.

Im 1. Brückenschnitt stehen die Schichten der unteren Rauno-Formation an. Dazu gehören die Oberbank (MF13) des 1. MFK in nicht abbauwürdigen Mächtigkeiten und die Schluffe im Niveau der Unterbank (MF15). Zwischen beiden Horizonten liegen durchgehend verbreitet 8–10 m mächtige Fein- bis Mittelsande (Grundwasserleiter – GWL 253 und 254; Abb. 2). Die darunter folgenden Schichten bis zu den stark schluffigen GWL 31-Sanden sind im Abbaubereich sehr wechselhaft ausgebildet. In diesem Niveau treten 2–3 m mächtige Mittel- bis Grobsandlagen der GWL 255 und 256 auf.

An der Südwestflanke des Grabens von Weißwasser am nördlichen Strossenende (Abb. 3) sind die Versetzungsbezüge mit ca. 10 m wesentlich, so dass im Bereich der Kopfböschung der 2. und 3. Flaschentonhorizont der Rauno-Formation anstehen. Quartäre Sande und Kiese sind nur im oberen Bereich der Vorschnittböschung ausgebildet.

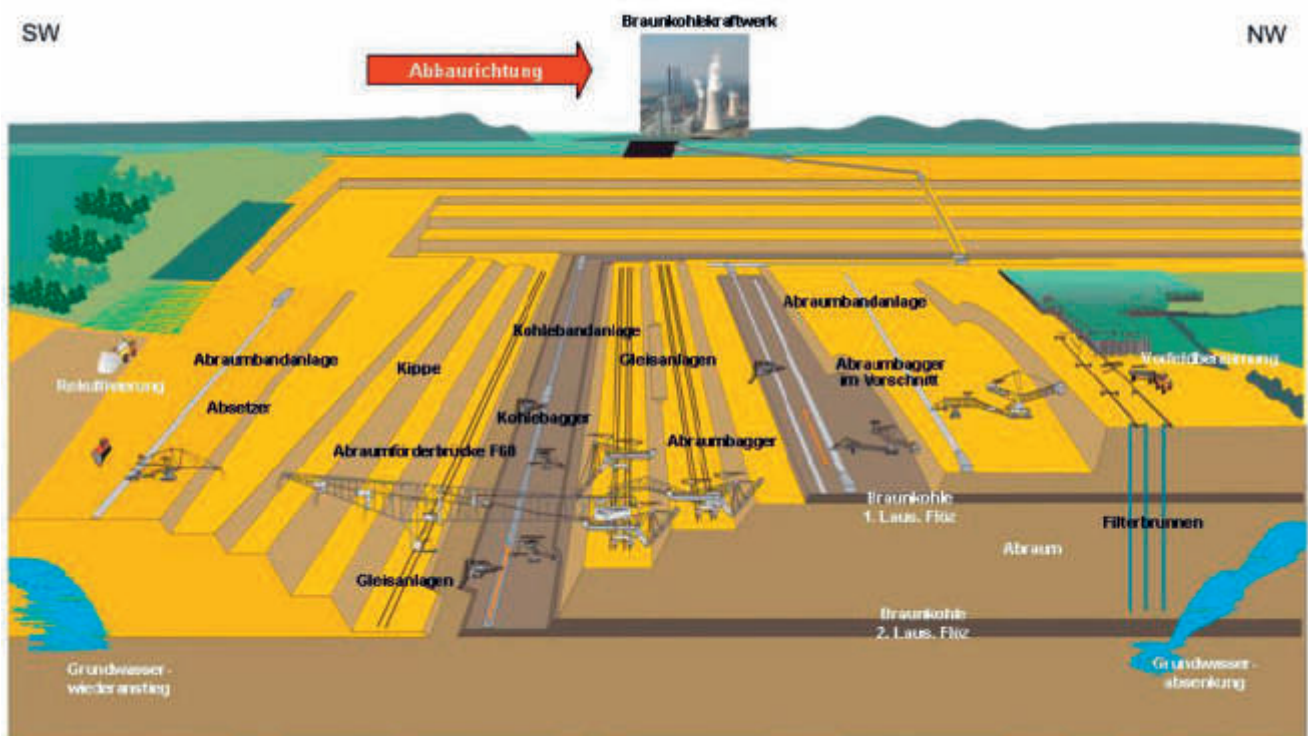


Abb. 4: Technologischer Betriebsablauf im Braunkohlentagebau Nochten (Grafik: LEAG)

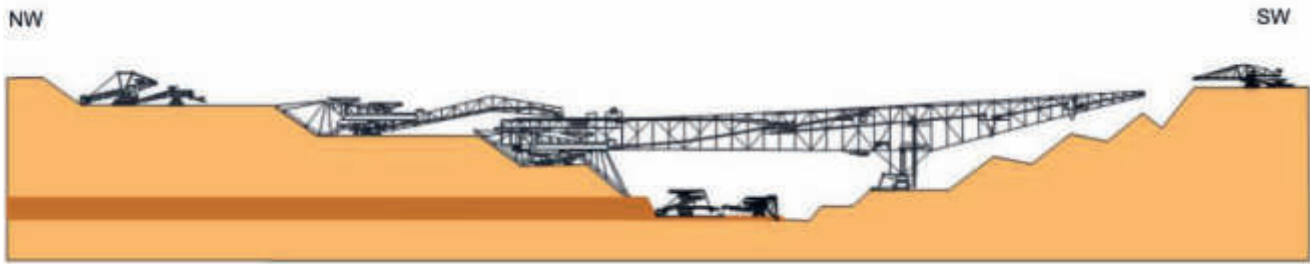


Abb.5: Geräteinsatz im Braunkohlentagebau Nochten (Grafik: LEAG)

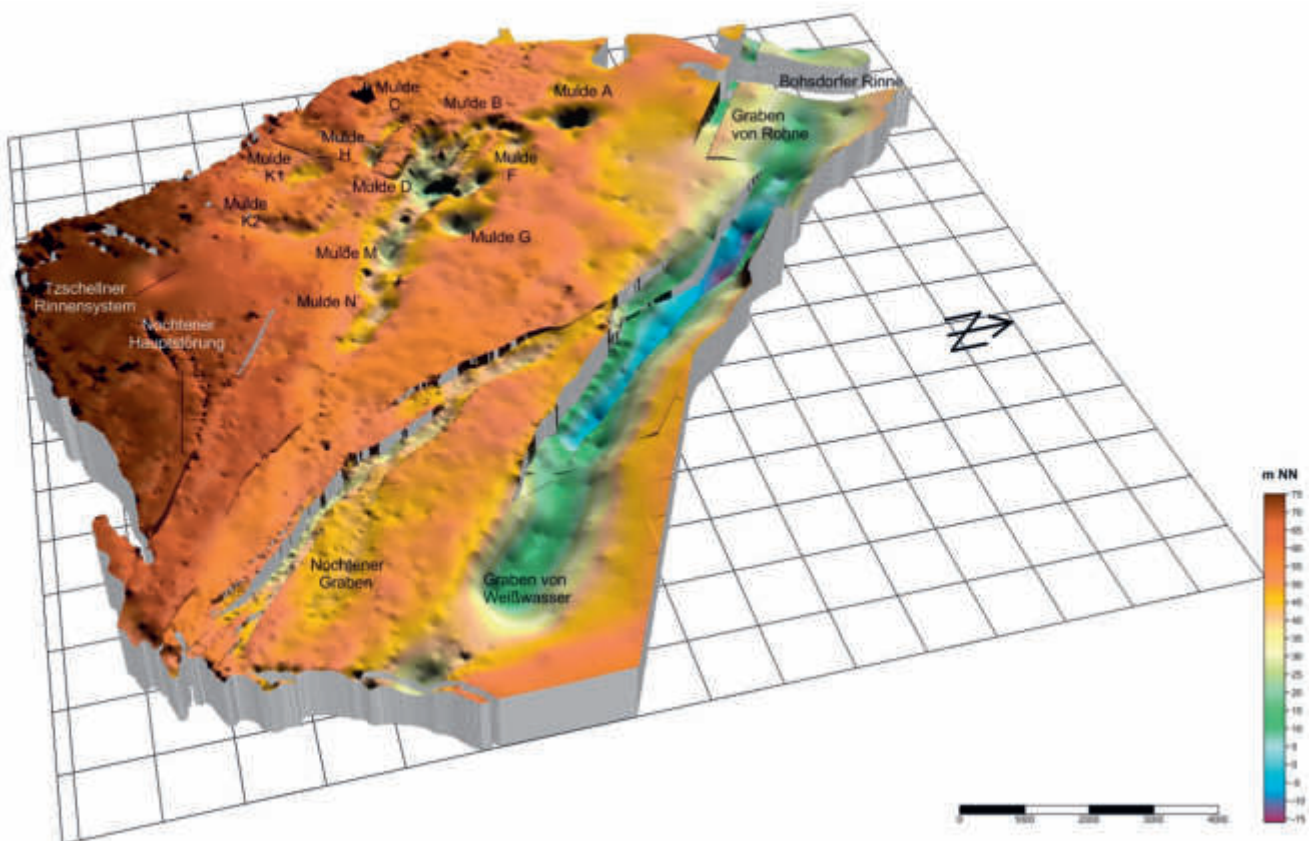


Abb.6: Hangendisoypsen des 2. MF im Braunkohlentagebau Nochten mit den beiden tektonischen Gräben von Nochten und Weißwasser und tektonische Gräben mit Subrosionssenken (aus: BARTH & DONKE 2010)

Im 2. und 3. Brückenschnitt stehen die Schichten der Meuro-Formation vom Oberbegleiterkomplex (Nochten-Schichten) bis zum Hangendschluff (Greifenhain-Schichten) über dem 2. MFK an (Abb. 2). Der Übergangsbereich von den terrestrischen Klettwitz-Schichten zu den darunterliegenden marin-brackischen Sedimenten (Nochten- und Greifenhain-Schichten) liegt im oberen Teil des 2. Brückenschnittes. Als markante Grenzschrift wird der Unterbegleiter des 1. MFK angesehen, der im aufgeschlossenen Tagebau als kohliges Schluff ausgebildet ist. Die darüber liegenden Sande (GWL 31) sind ebenfalls stark schluffig entwickelt und enthalten zahlreiche Grabbauten. Pollenuntersuchungen diagnostizieren ein ausschließlich terrestrisches Ablagerungsmilieu. Die im Liegenden dieser Schichtenfolge ausgebildeten Fein- und Mittelsande (GWL 32) gehören noch zum marinen Sedimentationszyklus der Meuro-Formation.

Der Oberbegleiter (Nochten-Schichten; Abb. 2) setzt sich aus dem Liegendenschluff, zwei Kohlebänken (Oberbank, Unterbank), die durch ein schluffig-toniges Mittel getrennt sind und den über der Oberbank anstehenden Sanden (GWL 322) zusammen. Der Hangendschluff des Oberbegleiters ist im aktuellen Abbaubereich nicht mehr durchgängig ausgebildet.

Im Bereich der Subrosionsmulde N und im Graben von Nochten (Abb. 6) ist der Oberbegleiterkomplex bis in den 3. Betriebsschnitt hinunter abgesenkt. Außerhalb dieser Bereiche werden im Brückentiefschnitt hauptsächlich marine Sande der Greifenhain-Schichten (GWL 4341), die lokal durch schluffig-kohlige Lagen getrennt sind und der Hangendschluff des 2. MFK gebaggert.

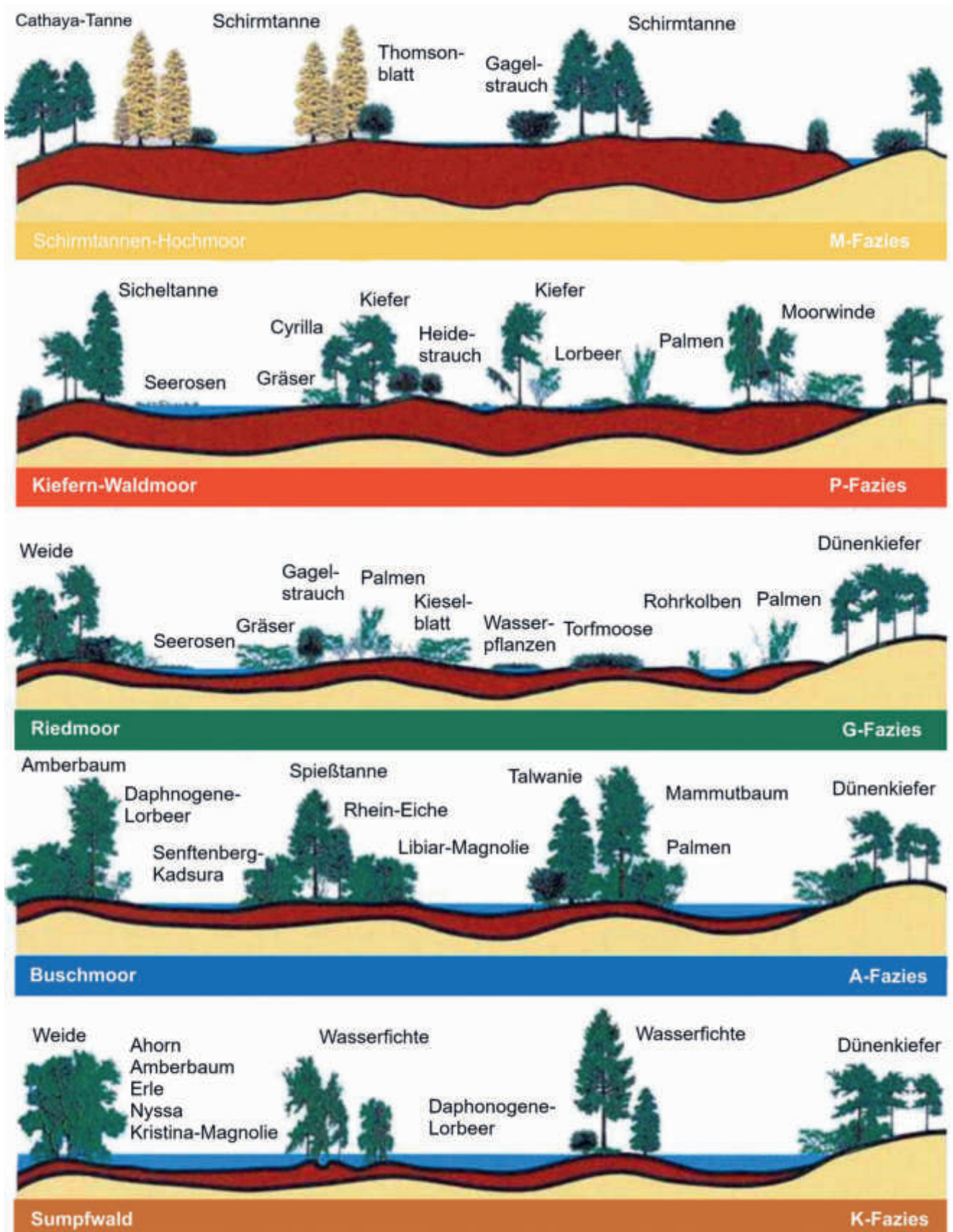


Abb. 7: Moorfazies nach einem Entwurf von SCHNEIDER (1978)

Faziesschnitte 2. Lausitzer Flöz - Tagebau Nochten

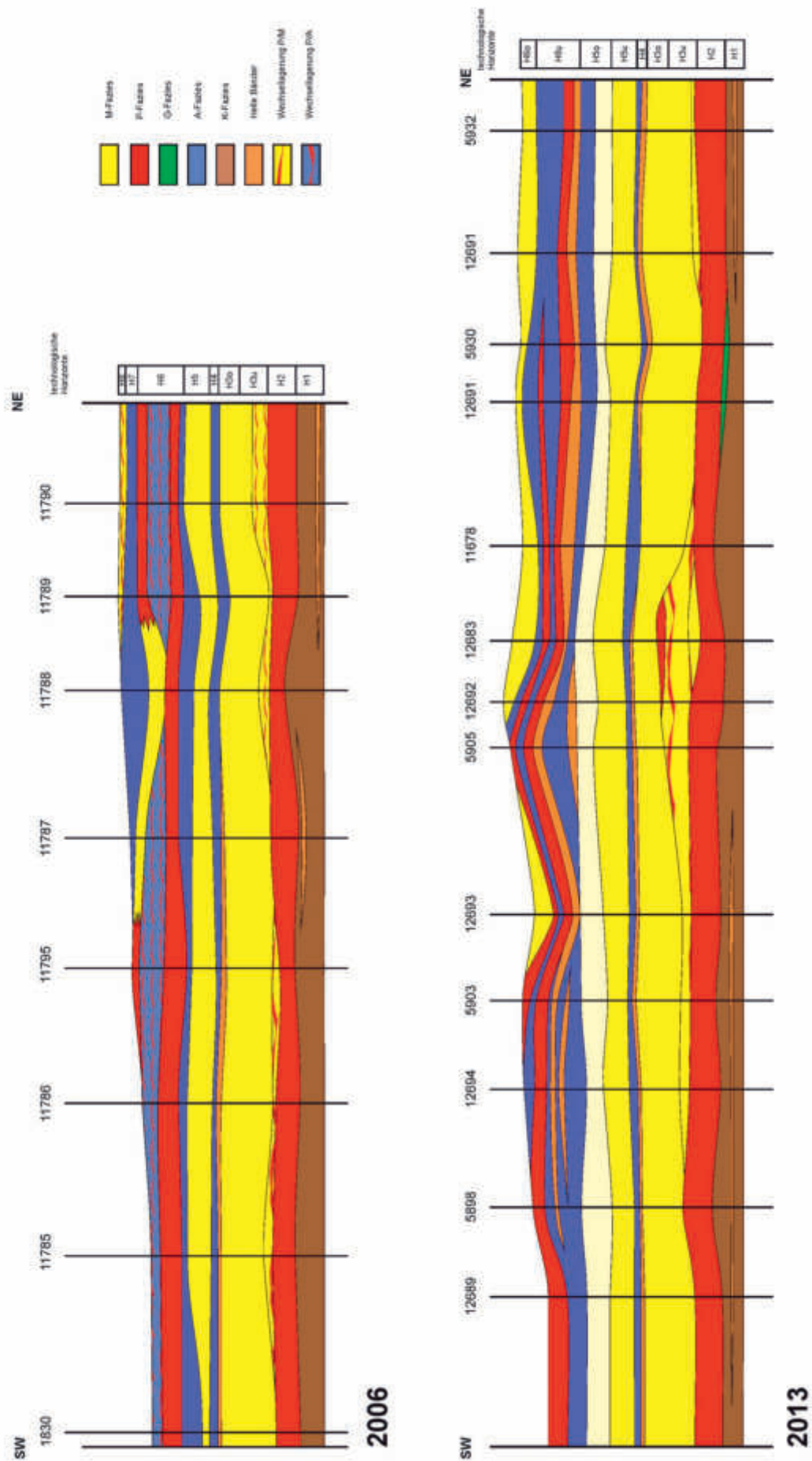


Abb. 8: Kohlefazies-Profile (aus: BARTH & DONKE 2010)

Der Brückentiefschnitt legt das Hangende des 2. MFK frei. Die Flözmächtigkeit beträgt im südlichen Strossenbereich 10–11 m, nach Norden nimmt sie auf 12–13 m zu. Das Kohleflöz besteht aus mehreren Abfolgen (Fazies) in denen sich die verschiedenen Moorstadien und deren Vegetation widerspiegeln (Abb. 7). Auf Grund ihres geringen Inkohlungsgrades enthält die Kohle noch zahlreiche gut erhaltene Pflanzenreste und Baumstubben.

Für die Qualitätsbearbeitung im Tagebau werden die Faziestypen zu Horizonten zusammengefasst (Abb. 8). Im Kohleflöz Nochten sind das acht Horizonte, von denen kontinuierlich der Wassergehalt und die Parameter Asche, Schwefel, Kohlenstoff und Heizwert analysiert werden, um eine qualitätsgerechte Belieferung der Abnehmer zu gewährleisten.

5 Bergbaurekultivierung

Für die Rekultivierung der durch den Bergbau beanspruchten Flächen werden schon im Vorfeld geeignete Substrate selektiv gewonnen und als Depot zwischengelagert. Dieses Material dient später zur Verbesserung bzw. zur Herstellung von Flächen für die Land- und Forstwirtschaft. Um einen möglichst ursprünglichen Zustand wiederherzustellen, werden die dafür notwendigen Baumsetzlinge schon vor Ort vorgezogen und später in die endgültige Fläche umgesetzt. Weitere Maßnahmen zur Wiederherstellung sind die Neuanlage des Alteicher Moores, im Südbereich des Herrmannsdorfer Sees und die flachwellige Profilierung der Kippenoberfläche, in Anlehnung der ehemals vorhandenen Dünengebiete.

Literatur:

- BARTH, W. & S. DONKE (2010): Kohlefeldatlas Nochten (digitale Version). – S. 108, Vattenfall Europe Mining (unveröff.)
- GÖTHEL, M. (2018): Stratigraphie von Brandenburg 2018. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. **25**, 1/2, S. 47–50
- SCHNEIDER, W. (1978): Zu einigen Gesetzmäßigkeiten der faziellen Entwicklung im 2. Lausitzer Flöz. – Z. angew. Geol. **24**, 3, S. 125–130
- SCHNEIDER, W. (2004). Eine blätterführende Taphocoenose im 2. Miozänen Flöz von Nochten (Lausitz): Taxonomie, Taphonomie und Phyt stratigraphie. – Palaeontographica Abteilung **B 268**, 1–3, S. 1–74

*Geologische Besonderheit:
Doppelgieser in den
Drachenbergen,
Muskauer Faltenbogen
(Foto: Sebastian Donke)*



Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 189–190	2 Abb.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

E4 – Der zweite, unbekannte Muskauer Park – Geologie, Bergbau und die Kunst der Landschaftsgestaltung

CORD PANNING, Parkdirektor Stiftung „Fürst-Pückler-Park Bad Muskau

Der südwestliche Teil der binationalen Muskauer UNESCO-Stätte steht für das unkonventionelle Ineinandergreifen so verschiedener Disziplinen und Fachrichtungen wie Gartenkunst, Architektur, Städtebau, Forstwirtschaft, Balneologie und Geologie. In der Summe entsteht eine Kompilation ganz unterschiedlicher Landschaftsfragmente – teilweise bewusst unter ästhetischen Prämissen ausgedeutet und zelebriert, teilweise als profaner Niederschlag wirtschaftlich ausgerichteter Nutzungsaktivitäten, sprich des Bergbaus.

Begrifflich geklammert wird das ungewöhnliche Konglomerat, das seinesgleichen in der Gartenkunstgeschichte sucht, durch die Namensgebung „BERGPARK“. Sein Zentrum – quasi ein runterskaliertes Setting des eigentlichen Schlossparks – bildet das 1823 gegründete „Hermannsbad“. Dessen Eisenvitriolquellen im Verbund mit den ergiebigen Moorvorkommen in der direkten Umgebung führten zu der Ver-

suchung, es dem prosperierenden Marienbad gleichzutun und die dringendst benötigten Einnahmen ausgerechnet im Kurwesen zu erhoffen. Das exaltierte Experiment scheiterte „pückleresk“: In den 1930er Jahren kam der Badebetrieb nach diversen Neuansätzen und wiederholtem Scheitern endgültig zum Erliegen.

Heute prägen größtenteils prächtig restaurierte Kurbauten, die „pleasuregroundartige“ Mitte des Bergparks, wo dann auch die Führung einsetzt. Die Architektur wie auch der kleinteilige Gartenbereich werden in ihrer Genese und funktionalen Determination vor- sowie der Bezug zur historischen Muskauer Waldeisenbahn hergestellt. Im Anschluss geht es über die wichtigste Wegeachse in den südlich anschließenden, ehemaligen Bergbaubereich. Für diesen stellt sich das Rätsel, warum in den 1860er Jahren trotz fabelhafter, europaweit unter Beweis gestellter gar-



Abb. 1:
Das Alaunwerk zu
Muskau. Lithographie
von Gustav Köhler,
1843. Stiftung
„Fürst_Pückler-Park
Bad Muskau“

tenkünstlerischer Exzellenz und durchaus vorhandener finanzieller Ressourcen diese Stätte der Alaungewinnung (Abb. 1 u. 2) nicht gestalterisch überformt und organisch in den Park integriert wurde. So bleibt ein zweites Rätsel aktuell, bei dem die Modellierung des Geländes fortwährend auf ihren Ursprung hin – anthropogen oder glazialtektonisch – befragt werden kann. In etwa auf der Höhe eines historischen Weinbergs führt die Tour hinauf auf die natürliche Reliefkante, von der sich mittelgebirgsähnliche, von Buchenbeständen dominierte Vegetationsbilder erschließen: Weite Sichten (bei idealem Wetter bis zur Schneekuppe im Riesengebirge) und überraschend tief eingeschnittene Täler. Dieser Streckenabschnitt liefert gleichzeitig Anlass sich einem virulenten Thema zu widmen, dem Klimawandel in historischen Gärten, der ausgelöst durch die Dürrejahre 2018 bis 2020 zu einem dramatischen Abriss im historischen Erscheinungsbild, sprich dem verstärkten Abgang von bis zu 200 Jahre alten Buchen, führt.

Über die „Badeberge“ schwingt die Route zurück zum Ausgangspunkt, dem Hermannsbad mit der Villa Bellevue als architektonischen Nukleus. Die aus dem Jahr 1857 stammende Fassadenansicht lädt mit ihrer auch heute noch wahrnehmbaren Kurort-Anmutung ein wenig zum Sinnieren über den ungewöhnlichen Lauf der Geschichte im Bergpark ein, einem weithin unbekannten, in seiner Disparität jedoch hochspannenden Ort inmitten des Muskauer Parks.



Abb. 2: Abbraumhalden der Alaunproduktion Muskau. Stereoaufnahme von Werner Manno, etwa 1880. Sammlung der Stadt Bad Muskau

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 31/2024	S. 191–192	1 Abb.
------------------------------	---------	-------------	------------	--------

E 6 – Der historische Bergbau auf Alaun- und Braunkohleflözen im Muskauer Berg-und Badepark – eine unterschätzte Lokalität?

UWE BARTHOLOMÄUS, Geoparkführer und Gästeführer im „Fürst-Pückler-Park Bad Muskau“

Das Exkursionsgebiet befindet sich südwestlich des Zentrums von Bad Muskau. Die aktuellen Flurbezeichnungen sind Bergpark, der reliefstarke Hangbereich, und Badepark, der auf einer Ausweitung des Neiße-tals liegt (Abb. 1). Beides sind Bestandteile des Muskauer Landschaftsparks, der ab 1815 vom Parkgestalter Fürst Hermann von Pückler-Muskau begonnen worden ist.

Der in der ersten Tagungsinformation angegebene Professor für Naturgeschichte N. G. Leske hat tatsächlich im Juni 1782 das Alaunbergwerk befahren und für die damalige Zeit eine herausragende Beschreibung geliefert. Aber viele andere Fachleute befassten sich in der Historie mit dieser Abbaustelle, die damit zu einer ganz frühen Lokalität der Geologie geworden ist (A. G. Werner, W. A. Lampadius, E. F. Glocker, Fr. Plettner). Historische Ortsbezeichnungen waren um 1850 Weinberg bei Muskau oder Gotthelf-Schacht.

Dieses Wissen ist inzwischen fast verschollen und legte doch mit vielen anderen Erscheinungen eine Grundlage für die Entwicklung der modernen geologischen Wissenschaften und dem Verständnis des Muskauer Faltenbogens.

Bergbaulich ist der Alaunabbau bei Muskau einer der ersten Rohstoffgewinnungen in der Oberlausitz, nachweislich bereits um 1575 betrieben, der dann nach 1800 zum Braunkohlenbergbau überleitete. Eine oft angenommene historische Abgrenzung Alaunbergbau zu Braunkohle gab es nicht; im Gegenteil liegt hier ein Ursprung für die Braunkohlengruben. Der Alaunbergbau führte dann zum Braunkohlenbergbau der Grube „Luise“, auch im Bergpark gelegen, zum Aufschluss der Grube „Friedrich“ zwischen Muskau und Krauschwitz und zur Beteiligung beim Aufschluss der Gruben bei Wolfshain und der ersten westlich von Spremberg in Brandenburg.



Abb. 1:
Der Talgarten am
Übergang vom Badepark
zum Bergpark beim
Kapellenberg
(Foto: U. Bartholomäus,
24.04.2023)

Heute ist am Weinberg und im Bergpark im Gelände davon nur noch wenig zu sehen. Zur Zeit des Prinzen Friedrich der Niederlande, also nach der Pückler-Zeit, wurde ein waldähnlicher Park unter Leitung des weltbekannten Gartengestalters E. Petzoldt angelegt. Hier wachsen neben Eichen und Linden viele Buchen, wegen der geringen Niederschläge an ihrer Verbreitungsgrenze und beeinflusst von der Trockenheit der letzten Jahre.

Gezeigt werden Gieser in Lage zur ehemaligen Grube „Luise“, Trichter der früheren Schächte, ein Bruchfeld, Buchen auf Kohleflöz in der Großen Schlucht, oberflächliche Abbaubereiche auf „Alaunerz“, die vermeintliche Lage eines Alaun-Hauptstollens und der Zusammenhang mit dem Hermannsbad sowie offensichtliche alte Halden des Alaunbergbaus und der Alaunaufbereitung. Man kann das Nebeneinander von Kurbad und Bergbau mit Aufbereitung nachempfinden, wie es 1823 bis 1865 bestanden hat und modernen Umweltkriterien nicht mehr entsprechen würde.

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge

Autorenhinweise

Die Zeitschrift „Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge“ widmet sich dem neuesten Forschungsstand in den geowissenschaftlichen Disziplinen Geologie, Lagerstättenkunde und Bergbau mit besonderem Fokus auf wissenschaftliche und angewandte Projekte aus der Region Berlin-Brandenburg. Es werden Originalarbeiten und wissenschaftliche Informationen veröffentlicht, die noch nicht andernorts publiziert wurden. Die eingereichten Manuskripte werden von mindestens zwei unabhängigen Gutachtern geprüft, welche von der Schriftleitung gewählt werden.

Ihre Manuskripte senden Sie bitte in digitaler Form (e-mail, CD) an das Redaktionsteam BGB des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, PSF 10 09 93, 03009 Cottbus oder per e-mail an: kaenozoikum@lbgr.brandenburg.de; Tel.: 0355-48640-155 (Sebastian Donke). 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 Beitrags, die Unterschriften der Abbildungen, Tafeln und Tabellen ebenfalls ins Englische.
- Die Textdateien sollten unformatiert sein und in Word abgefasst werden (Schrift: Times New Roman 10 pt).
- Absätze bitte mit einer Leerzeile trennen.
- Word-Dokumente bitte nicht mit integrierten Abbildungen liefern, d. h. Text und Abbildungen in separaten Dateien einschicken!

Abbildungen

- Wir empfehlen, die Anzahl von bis zu 7 Abbildungen je Beitrag nicht zu überschreiten.
- Zur Beschriftung in den Abbildungen verwenden Sie bitte den Schriftsatz „Arial“.
- Jede Abbildung ist separat mit Nummer und Autorennamen zu kennzeichnen 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), Corel-Draw (.cdr) oder .pdf und .eps** aus vorgenannten Programmen haben, Fotos hochauflösendes (**mindestens 300 dpi!**) **TIFF (.tif)- bzw. JPG (.jpg)-Format**, andere nach Absprache. Das Originalformat bitte immer mitschicken!

Tabellen

- Tabellen bitte mit einem Tabellenprogramm schreiben (Word, Excel).

Für die Begutachtung bitten wir zusätzlich um ein größenreduziertes PDF inklusive aller Abbildungen und Tabellen.

Zitierweise

Im Text:

- WUNDERLICH (1974) bzw. (WUNDERLICH 1974) oder
- PILGER & STADLER (1971) sowie NÖLDEKE et al. (1977) bei mehr als drei Autoren

Im Literaturverzeichnis:

- BUBNOFF, S. v. (1953): Über die Smäländer „Erdnaht“. – Geol. Rdsch. **41**, S. 78–90
- NIESCHE, H. & F. KRÜGER (1998): Das Oder-Hochwasser 1997 - Verlauf, Deichschäden und Deichverteidigung. – Brandenburg. Geowiss. Beitr. 5, 1, S. 15–22
- 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)
- LBG (2023): LANDESVERMESSUNG UND GEOBASISINFORMATION BRANDENBURG <https://bb-viewer.geobasis-bb.de/> (Stand* 26.09.2023) * Internetlink zuletzt abgerufen am

Autorennamen bitte in **Kapitälchen** schreiben, nicht in Großbuchstaben.

Autorenname(n): Akademischer Titel, Vorname, Name, und Anschrift der Institution oder gegebenenfalls die Privatan-schrift, wenn gewünscht, auch e-mail-Adresse

Grundsätze zu Rechtschreibung und Zeichensetzung

Datum: Entweder 1. März 2011 oder 01.03.2011; **Einheiten**: 2 km, 50 % – Einheitszeichen mit Zwischenraum zwischen Zahl und Zeichen verwenden; **Euro**: ausschreiben; Rechenzeichen: 6 + 2 = 8 mit Zwischenraum zwischen Zahl und Rechenzeichen, ebenso </> mit festem Leerzeichen vor der Zahl **ABER** -2 – Vorzeichen vor der Zahl ohne Zwischenraum; **mehrstellige Zahlen**: 5 350 Gliederung von der Endziffer aus durch Zwischenraum in dreistellige Gruppen; **Schrägstrich**: 2010/11 – ohne Zwischenraum; **Gedankenstrich**: 1999–2011 Gedankenstrich für „gegen“ und „bis“; **Festabstände**: z. B., u. a. – Abkürzungen mit Zwischenraum