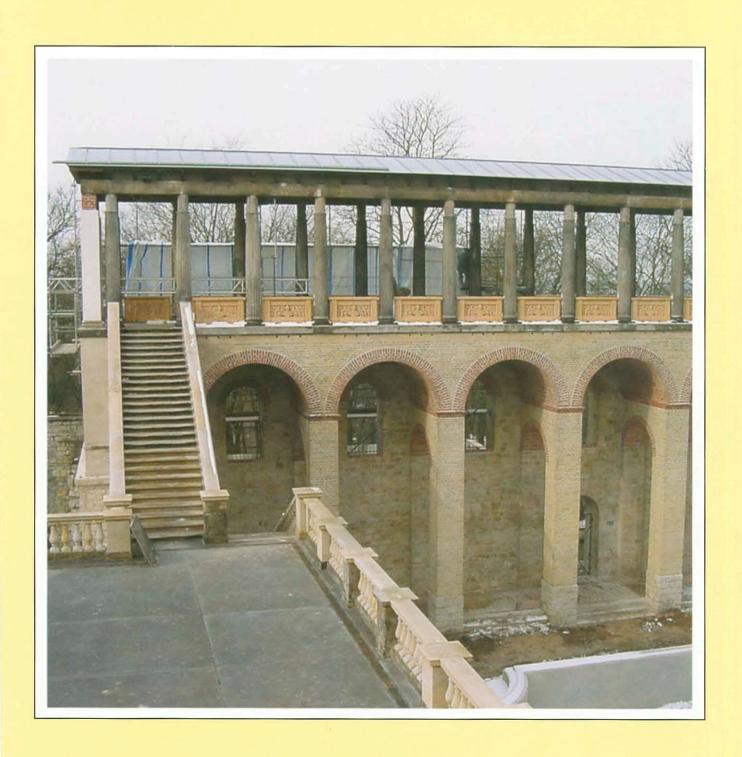


1/2 2002

Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge



	INHALT	CONTENTS	Seite
Holger Müller, Joachim Luckert & Detlef Röper	Sandsteinverwitterung durch bauschädliche Salze – Ergebnisse der Säulensanierung des Belvedere auf dem Pfingstberg / Potsdam	Sandstone weathering by stonedamaging salt – Results of the restauration of columns of the Belvedere on the Pfingstberg / Potsdam	1
Angelika köthe, Wolfgang Weiss & Rainer Zwirnger	Die oligozäne und miozäne Schichtenfolge im mittleren Teil der Saltzstruktur Gor- leben-Rambow	Bio- and lithostratigraphical subdivision of the Oligocene and Miocene sedi- mentary cover of the Gorleben-Rambow salt structure, middle part	17
Jaqueline Strahl & Rainer Zwirner	Lithologische und pollenanalytische Untersuchungen an holstein- bis fuhnezeitlichen Ablagerungen im Gebiet Dömitz-Lenzen (NW-Brandenburg)	Lithological and palynological studies on Holsteinian to Early Saalian ("Fuhne") sediments in the area Dömitz-Lenzen (NW-Brandenburg)	33
MARGOT BÖSE, MARION MÜLLER, ARTHUR BRANDE & MICHAEL FACKLAM	Jungdünenentwicklung und Siedlungs- geschichte auf der Glindower Platte (Brandenburg)	The development of the younger dunes and the history of settlement on the plate of Glindow (Brandenburg)	45
VOLKER MANHENKE	Hydrostratigrafische Gliederung der känozoischen Lockergesteine von Brandenburg	The hydrostratigraphical subdivision of the Cenozoic loose sediments of Brandenburg	59
ALEXANDER LIMBERG & JENS THIERBACH	Hydrostratigrafie von Berlin – Korrelation mit dem Norddeutschen Gliederungsschema	The hydrostratigraphy of Berlin – a correlation with the subdivision of northern Germany	65
GERHARD GINZEL & MARTIN HANNEMANN	Hohe Phosphatbelastung in Gewässern des Schlaubegebietes (Südostbrandenburg) und deren geogene Ursachen	High phosphorus pollutionsin waters of the Schlaube region (SE-Brandenburg) and their geogenic causes	69
FRANK KOCKEL & REINHARD BALDSCHUHN	Osning-Tektonik – einst und jetzt	The tectonics of Osnig – past and present	77
OLAF JUSCHUS & MIROSLAW BŁASZKIEWICZ	Zur Genese fossilführender Sedimente in Nordpolen und Brandenburg – die Gniewer Folge (Seria gniewska) und der Rixdorfer Horizont	The genesis of sediments containing fossils in northern Poland and Brandenburg – the Gniew series (Seria gniewska) and the Rixdorf horizon	85

Titelbild:

Westliche Arkade des Belvedere auf dem Pfingstberg (siehe Beitrag MÜLLER, LUCKERT, RÖPER)

Herausgeber: © Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Direktor: Dr. Werner Stackebrandt Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow
Tel. (033203) 36600, Fax (033203) 36702, e-mail: lgrb@lgrb.de, http://www.lgrb.de

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

Redaktion: Dr. Wolfgang Bartmann (verantwortlicher Redakteur), Dipl.-Geophys. Anneliese Andreae, Dr. Hans Ulrich Thieke Hinweise zur Abfassung der Manuskripte sind auf der 3. Umschlagseite des Heftes angegeben. Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Layout und Satz: A. Andreae

Erscheinungsweise: Die Schriftenreihe erscheint jährlich mit 1 bis 2 Heften. Preis dieses Heftes: 18 €

Druck: Digital- & Offsetdruck Grabow, Teltow

Printed in Germany ISSN 0947-1995

Sandsteinverwitterung durch bauschädliche Salze - Ergebnisse der Säulensanierung des Belvedere auf dem Pfingstberg / Potsdam

HOLGER MÜLLER, JOACHIM LUCKERT & DETLEF RÖPER

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Pünktlich zur Eröffnung der Bundesgartenschau in Potsdam konnte mit dem Belvedere auf dem Pfingstberg ein weiteres architektonisches Kleinod der preussischen Geschichte zur teilweisen Nutzung übergeben werden. Nach 7-jährigen Instandsetzungsarbeiten des schwer beschädigten Bauwerks sind gegenwärtig der Westturm, der Westflügel sowie der

Innenhof mit Torhalle und Freitreppen zugänglich. Sie gewähren dem Besucher einen herrlichen Blick auf das Bornimer Feld (mit BUGA-Gelände) und auf die einzigartige Potsdamer Parklandschaft, ganz im Sinne ihrer geistigen Väter um den preußischen König Friedrich Wilhelm IV (1840 bis 1858). Errichtet wurde das Belvedere in den Jahren 1847 bis 1852 nach Plänen der Architekten Ludwig Persius, Ludwig

Ferdinand Hesse und Friedrich August Stüler. In einer zweiten Bauphase von 1860 bis 1863 wurde das Ensemble komplettiert.

Durch seine exponierte Lage auf dem 76 m hohen Pfingstberg war das Bauwerk seit seiner Fertigstellung, also über einen Zeitraum von 150 Jahren, intensiven Witterungseinflüssen ausgesetzt. Wie die Baugeschichte zeigt, mussten des Öfteren umfangreiche Instandsetzungsarbeiten insbesondere an der Nordwand und an den Türmen durchgeführt werden (Selle 1998). Deutliche Verwitterungsspuren wiesen auch die korinthischen Sandsteinsäulen der ca. 4,5 m hohen Kolonnaden auf, die sich über den seitlichen Arkaden erheben (Titelbild und Abb. 1). Diese Säulen zeigten typische Schadensbilder wie Absandungsflächen, Schalenbildung und punktuell kavernöse Verwitterung mit cm-starken Abplatzungen. Die Stege zwischen den Kanneluren (senkrechte Rillen am Säulenschaft) und die Säulenfüße waren an den Kanten stellenweise zugerundet bis hin zur völligen Zerstörung der ursprünglichen Form. Außerdem wurden schwarze Beläge und Salzausblühungen an den unbehandelten Säulen beobachtet.

Eine im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung bedeutsame Besonderheit der Säulen bestand darin, dass sie im Jahre 1852 korinthische Kapitelle aus Zinkguss erhielten. Zu Beginn der Sanierungsarbeiten 1999 waren bereits zwei Drittel dieser Kapitelle durch Vandalismus zerstört, die restlichen befanden sich in einem stark korrodierten Zustand (Abb. 2). Im Zuge der weiteren Re-



Abb. 1 Detailansicht der entsalzten Sandsteinsäulen (ohne Metallkapitelle)

staurierung sollen die Säulen bis zum Jahre 2003 neue Kapitelle erhalten.



Abb. 2 Originales Kapitell aus Zinkguss in stark korrodiertem Zustand

Voruntersuchungen hatten ergeben, dass die Säulen eine hohe Belastung an bauschädlichen Salzen aufwiesen. Vor weiterführenden Restaurierungsmaßnahmen bestand somit die Notwendigkeit, die Salzbelastung dauerhaft zu beseitigen. Dazu waren zwei unterschiedliche Entsalzungsmethoden von Sandsteinsäulen mittels Kompressen hinsichtlich ihrer Effektivität, d. h. der Vollständigkeit der Entfernung bauschädlicher Salze zu bewerten. Um eine neutrale Begutachtung zu gewährleisten, erteilte die Stiftung Preussische Schlösser und Gärten Berlin Brandenburg als Bauherr dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg diesen Auftrag.

Bevor auf die durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse eingegangen wird, ist es notwendig, einige grundlegende Ausführungen zum Naturwerkstoff Sandstein, zu dessen Verwitterungsverhalten unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung bauschädlicher Salze sowie zu den Ursachen für die Entstehung der beschriebenen Schadensbilder an den Säulen zu machen.

2. Verwitterungsprozesse an Sandstein

2.1 Sandstein als Baumaterial

Sandsteine sind klastische Sedimentgesteine, die vorwiegend aus Quarz- oder Silikatkörnern mit einem Durchmesser zwischen 0,063 und 2 mm bestehen (Füchtbauer 1988). Die mengenmäßig wesentlichsten Komponenten sind Quarz, Feldspat und Gesteinsbruchstücke. Daneben treten Tonminerale und Karbonate sowie akzessorisch Schwerminerale auf. Entsprechend der von Füchtbauer verwendeten Klassifikation handelt es sich bei dem für die Säulen auf dem Pfingstberg verwendeten Sandstein mit einem Anteil von < 10% Feldspat + Gesteinsbruchstücken um einen Quarzsandstein.

Die hier interessierenden Werkstoffeigenschaften des Sandsteins sind das Ergebnis diagenetischer bis geringmetamor-

pher Veränderungen der sandigen Sedimente. Diese Prozesse führen zu einer Kompaktion und Zementation der Körner, wobei die Porosität und damit die Permeabilität der Sedimente stark abnimmt.

Grundsätzlich besteht zwischen mittlerer Korngröße und Porosität ein nahezu linearer, umgekehrt proportionaler Zusammenhang. Mit steigender Korngröße nimmt die Porosität ab. Sie nimmt zu, je besser die Sortierung nach Korngrößen (bzw. je niedriger der sogenannte Sortierungswert als Maß für die Breite der Korngrößenverteilung) im Gestein ist. Quarzsandsteine sind in der Regel sehr gut sortiert und weisen daher eine relativ hohe Porosität auf.

Die Durchlässigkeit ist mit der Porosität über die spezifische innere Oberfläche, die ihrerseits eine Funktion der Korngröße ist, nach der Kozeny-Carman-Beziehung verknüpft (FÜCHTBAUER 1988). Die höchsten Durchlässigkeitswerte werden von mittel- bis feinkörnigen Sandsteinen erreicht. Sind Tonminerale als Zement vorhanden, bewirken sie infolge ihrer großen spezifischen Oberfläche eine erhebliche Verringerung der Durchlässigkeit. Tritt Calcit als porenfüllender Zement auf, werden Porosität und Duchlässigkeit ebenfalls geringer. Bei dessen diagenetischer Dolomitisierung kann allerdings die Porosität wieder ansteigen (SCHUH 1987).

Bei Mirwald (1997) finden sich gesteinsphysikalische Kennwerte zu Sandsteinen verschiedenen Alters. Die offene Porosität für Quarzsandsteine wird mit 0,5 bis 25 Vol.-% angegeben. Daraus resultiert eine sehr variable Wasseraufnahme zwischen 1,0 und 12,0 Masse-%. Die große Variationsbreite auch bei Gesteinen gleichen Alters und gleicher Genese ist in erster Linie in der schichtungsbedingten Anisotropie begründet und widerspiegelt die komplexen und kleinräumig wechselnden Bedingungen der Sedimentation sowie der nachfolgenden Diagenese des Gesteins. Auch Schuh (1987) stellt fest, dass die Schwankungen der Porosität innerhalb eines Blocks bis zu 20% betragen können. Die Variationsbreite innerhalb eines Gesteinspakets, kann ebenso groß sein wie die der Sandsteine insgesamt. Dementsprechend differenziert verhält sich das Gestein bei der Verwitterung. Ungeachtet der großen Variabilität können selbstverständlich für kommerzielle Produkte technische Parameter zur Verwitterungsresistenz in bestimmten Toleranzen angegeben werden, wie z. B. Rohdichte, Druckfestigkeit, Wasseraufnahme und Abriebfestigkeit.

Von den Sandsteinen vom Pfingstberg ist lediglich bekannt, dass sie aus dem Elbsandsteingebirge stammen. Es liegen keine gesteinsphysikalischen Kennwerte vor. Auf geochemische und mineralogische Besonderheiten der untersuchten Sandsteine wird in Kapitel 5 eingegangen.

2.2 Verwitterungsverhalten

Gut untersucht wurde das Verwitterungsverhalten verschiedener Bayrischer Sandsteine durch Schuh (1987). Er stellte fest, dass sich durch die Veränderung porenraumbezogener Eigenschaften der unmittelbar der Witterung ausgesetzten

Oberflächenschicht Spannungen zwischen Steinkern und Oberfläche aufbauen, die bei häufigem Temperatur- und Feuchtewechsel letztlich zur Zerstörung des Gesteins führen.

Eine Schlüsselrolle spielt hierbei die hygrische Dehnung (Quellung). Bei schrittweiser Befeuchtung des Gesteins kommt es bei einer relativen Luftfeuchte bis 95% zunächst zu einer hygroskopischen, dann verstärkt zu einer kapillaren Wasseraufnahme, wobei zunächst die Kapillarporen (10² bis 106 nm), später auch die Makroporen (> 106 nm) und schließlich die Sackporen mit Wasser gefüllt werden. Feinkörnige

Tab. I Zusammenstellung der wichtigsten bauschädlichen Salze [aus Weber (1986), Weiss (1992), Grassegger (1997), Lange's (1992), Perry's (1999), Merck (2001), Rösler (1979), u.a.]

Löslichkeit in Wasser Mineralnamen Zusammensetzung (in g/100ml bei 20°C) Sulfate 0,32 Ca[SO₄] · ½ H₂O Bassanit 0,25 Gips Ca[SO₄] · 2H₂O Ca₆Al₂[(OH)₄/SO₄]₃ · 26 H₂O k.A. Ettringit 11.1 $K_2[SO_4]$ Arcanit k.A. 25 1) K₂Ca[SO₄]₂ · H₂O Syngenit K₂Mg[SO₄]₂ · 6 H₂O Pikromerit (Schönit) k.A Glaserit (Aphthitalit) K₃Na[SO₄]₂ $Mg[SO_4] \cdot H_2O$ 36,2 Kieserit Mg[SO₄] · 6 H₂O 42,2 Hexahvdrit Epsomit (Bittersalz) $Mg[SO_4] \cdot 7 H_2O$ 71 Na₂[NO₃/SO₄] · H₂O k.A. Darapskit Na₂[SO₄] 19.5 Thenardit 36 (15°C) Na₂[SO₄] · 10 H₂O (monoklin) Mirabilit (Glaubersalz) Na₂Ca[SO₄]₂ schwer löslich Glauberit Na₂Mg[SO₄]₂ · 4 H₂O leicht löslich Astrakanit (Blödit) $[NH_4]_2[SO_4]$ 75,4 Ammoniumsulfat 60 Zn[SO₄] · H₂O Gunningit 60 1) Zn[SO₄] * 6 H₂O Zinksulfat-Hexahydrat, monoklin 12,5 1) Ammonium-Zinksulfat-Hexahydrat [NH₄]₂Zn[SO₄]₂ · 6 H₂O Chloride 74,5 CaCla Hydrophilit Antarcitit CaCl₂ 6 H₂O 536 Tachyhydrit 160,3 (18,75°C) CaMg₂Cl₆ · 12 H₂O 34.2 Sylvin KCI 167 (54,6 ¹ Bischofit MgCl₂ · 6 H₂O 35.9 Halit (Kochsalz) NaCl Nitrate 102 (0°C) Ca[NO₃]₂ Calciumnitrat Ca[NO₃]₂ · 4 H₂O 129 Nitrocalcit (Kalksalpeter) 31.6 K[NO₃] Nitrokalit (Kalisalpeter, Niter) 69,5 Mg[NO₃]₂ · 6 H₂O Nitromagnesit (Magnesiasalpeter) Na[NO₃] Nitronatrit (Natronsalpeter) 192 Nitrammit (Ammonsalpeter) [NH₄][NO₃] Karbonate Calcit (Kalkspat) CalCO₂ 0.173 Portlandit Ca[OH]₂ 0,032 (18°C) CaMg[CO₃]₂ Dolomit $K_2[CO_3]$ Pottasche 147 K₂[CO₃] · 2 H₂O Kaliumkarbonat, Dihydrat 33,7 KH[CO₃] Kalicinit 0,0106 Magnesit (Bitterspat) Mg[CO₃] Nesquehonit 0.1518 (19°C) $Mg[CO_3] \cdot 3 H_2O$ Mg₅[OH/(CO₃)₂]₂ · 4 H₂O Hydromagnesit k.A. Na₂[CO₃] · 10 H₂O 21,5 (0°C), 238 (30°C) Natrit (Soda) Thermonatrit Na₂[CO₃] · H₂O k.A 13 (0°C), 42 (100°C) Na₃H[CO₃]₂ · 2 H₂O Trona 9.6 Nahcolith NaH[CO3]

Gesteine mit einer großen inneren Oberfläche weisen eine stärkere Quellfähigkeit auf. Entscheidend ist die Anzahl der Kornkontaktstellen. Durch die Ausbildung eines Wasserfilms um die Körner wird der Abstand zwischen ihnen vergrößert und es kommt zu einer Aufweitung des Gefüges und zur Ausdehnung des Körpers.

Bei Anwesenheit von Tonmineralen erhöht sich infolge der Hydratation der Zwischenschichtkationen die Quellfähigkeit erheblich. Versuche am Roten Mainsandstein (Plattensandstein mit 80% Quarz und 10% Feldspat) ergaben, dass bei einer geringfügigen Zunahme des Tongehalts von 2 auf 3%

die Quellung um 700% auf 1,4 mm/m anstieg. Frantz (1990) wies durch Kristallisationsversuche (siehe 2.3.5) nach, dass tonig gebundene Sandsteine bereits nach 5 Beanspruchungszyklen zerstört waren, während quarzitisch gebundene Proben nach 50 Zyklen noch nicht zerstört sind.

Die hygrische Dehnung wird durch die Anwesenheit von leichtlöslichen Salzen, die meist auch stark hygroskopisch sind, erheblich verstärkt. Daher werden sie als bauschädliche Salze bezeichnet. Die Hydratation dieser Salze führt zu einer Volumenvergrößerung und erhöht den Sprengdruck auf die Kornkontakte (siehe auch Tab. 3). Die Gefügeaufweitung des Gesteins wird zudem durch den Kristallisationsdruck verstärkt.

Die thermische Dehnung spielt neben der hygrischen Dehnung insbesondere bei tonhaltigen und schon mit Salzen angereicherten Gesteinen eine untergeordnete Rolle, kann aber dennoch erhebliche Werte erreichen. Die klimatischen Temperaturschwankungen führen zu Volumenänderungen der Minerale und verursachen Druck- und Zugspannungen zwischen den Körnern bzw. zwischen Korn und Bindemittel. Diese Prozesse bleiben auf die oberflächennahe Gesteinsschicht beschränkt, so dass zusätzliche Spannungen zwischen Oberflächenschicht und Gesteinskern entstehen. Da die thermischen Ausdehnungskoeffizienten löslicher Salze we-

¹⁾ Angabe für das wasserfreie Salz

²⁾ metastabiler Bodenkörper

sentlich höher sind als die der gesteinsbildenden Minerale, wird in einem salzbelasteten Gestein – bei entsprechender Porenfüllung – ein zusätzlicher thermischer Effekt eintreten (Weiss 1992).

2.3 Verwitterung durch bauschädliche Salze (Salzsprengung)

2.3.1 Art der Salze

Auf der Grundlage von bauchemischen Untersuchungen an ca. 100 Gebäuden stellt Weber (1986) fest, dass bauschädliche Salze die maßgeblichen Verursacher von umweltbedingten Bauschäden sind. In erster Linie handelt es sich dabei um leichtlösliche Sulfate, Chloride und Nitrate. Daneben treten auch Karbonate auf. In Tabelle 1 sind mehr oder weniger häufig anzutreffende typische bauschädliche Salze aufgeführt. Viele dieser Salze sind auch als natürliche Minerale z. B. aus Evaporitlagerstätten bekannt. Die Angaben zur Wasserlöslichkeit stammen hauptsächlich aus Lange's (1992) und Merck (2001). Die in den Fachpublikationen gefundenen Werte unterscheiden sich teilweise erheblich. Bei Hydraten ist dies aus der Tatsache zu erklären, dass das Kristallwasser unterschiedlich berücksichtigt wurde.

2.3.2 Herkunft der Salze

Die Salze stammen meist nur zu einem geringen Teil aus dem Gestein selbst. So berichtet Weber (1986) von oberbayrischen Tuffen mit einem Gehalt an löslichen Eigensalzen von ca. 2%. Entscheidend sind die durch Immission über den Luftpfad und die Niederschläge, aber auch – bei Grundmauern – über den Boden durch aufsteigende Feuchtigkeit eingetragenen bzw. neu gebildeten Fremdsalze. Weitere Quellen sind Stickstoffverbindungen aus Düngemitteln oder Fäkalien in landwirtschaftlich genutzten Gebäuden, Toilettenanlagen oder an anderen exponierten Gebäudeteilen (Exkremente von Vögeln, Hunden etc.). Im straßennahen Sockelbereich führen Tausalze häufig zu einer erheblichen Schädigung der Bausubstanz (z. B. FRIESE & PROTZ 1994).

Darüber hinaus kann es zur Bildung von bauschädlichen Salzen durch die Verwendung ungeeigneter oder unverträglicher Werkstoffe sowohl im konstruktiven als auch im restaurativen Bereich kommen. So entsteht beispielsweise an Kontakten von Zement und Gips Ettringit, ein Calcium-Aluminium-Sulfat mit hohem Wasseranteil, der durch seine starke Quellwirkung Zerstörungen verursacht und daher auch als Zementbazillus bezeichnet wird (Weber 1986). Metallteile am Bauwerk, wie Eisenanker, Bleirohre, Bleche der Dacheindeckung oder Schmuckelemente stellen ebenfalls potentielle Kationen-Lieferanten dar, wofür die Säulen auf dem Pfingstberg mit ihren Zinkgusskapitellen ein eindrucksvolles Beispiel geben.

Die Problematik der Werkstoffunverträglichkeit wird besonders deutlich bei Betrachtung der historischen Restaurierungsmaßnahmen am Dresdner Zwinger (Arnold 1991). Hier fand 1780-1790 zunächst Gipsmörtel zur Ausbesserung des

schadhaften Sandsteins Verwendung. Später (1860, 1890) wurde Portlandzement benutzt. Die Reste des anschließend aufgebrachten Ölfarbanstrichs (!) wurden 1926 bis 1936 mit der sogenannten Zwingerpaste (Sägespäne, Weißkalk, Schmierseife, NaOH) abgebeizt. Alle diese Maßnahmen führten zu einer enormen auch makroskopisch sichtbaren Salzbelastung des Sandsteins. Bei Analysen wurden Alkalinitrate, Glaserit, Thenardit und Gips gefunden.

Bei Grassegger (1997) finden sich illustrierte Beispiele für Ausblühungen von Salzen, die aus Steinersatzmassen bzw. dem Fugenmörtel stammen.

Reinigungsmaßnahmen von Natursteinoberflächen mit sauer reagierenden Systemen auf HCl- oder HF-Basis führen zur Korrosion von karbonatischen bzw. silikatischen Mineralen unter Bildung von Chloriden und Fluoriden. Auch bei der Anwendung von Laugen kommt es als unerwünschter Nebeneffekt zur Salzbildung in Form von Alkalikarbonaten (Auras, Siedel et al. 1997).

2.3.3 Immissionen als Quelle bauschädlicher Salze

Die Luftverschmutzung ist eine der hauptsächlichen Ursachen für die Zerstörung insbesondere historischer Bausubstanz. Die Intensität der Einwirkung immittierter Luftschadstoffe auf Gebäude und Gebäudeteile sind von zahlreichen Faktoren abhängig, wobei letztendlich die Konzentration der Schadstoffe in der Luft bestimmend ist. Man kann vier Komplexe von Einflussgrößen unterscheiden, zwischen denen es vielfältige Wechselwirkungen gibt:

- die baustoffspezifischen Faktoren, wie Dichte, Porosität, Wasseraufnahme, Durchlässigkeit und chemische Zusammensetzung ("Reaktionsvermögen");
- die klimatischen Faktoren, wie Niederschlagsmenge und -häufigkeit, Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Windstärke und -richtung, Frost-Tau-Wechsel;
- die Expositionsfaktoren, wie r\u00e4umliche Ausrichtung (Himmelsrichtung), Fl\u00e4chenneigung und vertikale Position (H\u00f6he) des Bauteiles und schlie\u00e4lich
- 4. die Immissionsfaktoren, wie Konzentration und Zusammensetzung der Luftschadstoffe.

Von verschiedenen Autoren wurden Depositionsmessungen direkt am Bauwerk vorgenommen (in Grassegger 1997). Sie ergaben, dass die Schadstoffe sowohl durch nassen als auch trockenen Eintrag akkumuliert werden. Die Deposition ist deutlich himmelsrichtungsabhängig, wobei wegen der vorherrschenden westlichen Wetterlagen an den nach Westen gerichteten Flächen die höchsten Raten festgestellt wurden. An vertikalen Flächen werden nur 1,5-3% der Niederschläge und lediglich 10% der an horizontalen Flächen gemessenen Immissionen wirksam.

Die Entstehung bauschädlicher Salze im Werkstein erfolgt durch die Reaktion der sich nach den folgenden Gleichungen bildenden Säuren mit den Gesteinskomponenten. In jedem Falle ist die Säurebildung an das Vorhandensein von Wasser gebunden. Bezüglich ihres Säurepotentials stehen die Schwefelverbindungen an erster Stelle, gefolgt von den Stickstoffverbindungen (FÖRSTNER 1984).

$$SO_{2} + 2 H_{2}O \rightarrow 2 H_{2}SO_{3}$$

 $2 H_{2}SO_{3} + O_{2} \rightarrow 2 H_{2}SO_{4}$
 $2 NO + O_{2} \rightarrow 2 NO_{2}$
 $4 NO_{2} + 2 H_{2}O + O_{2} \rightarrow 4 HNO_{3}$
 $CO_{2} + H_{2}O \rightarrow H_{2}CO_{3}$

Insbesondere Karbonate werden durch die sauren Lösungen angegriffen und zu Gips, Calciumchlorid bzw. Calciumnitrat umgesetzt:

$$\begin{aligned} &\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \\ &\text{CaCO}_3 + 2 \text{ HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \\ &\text{CaCO}_3 + 2 \text{ HNO}_3 \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \end{aligned}$$

Die Anreicherung von Gips führt zur Ausbildung von Krusten an der Gesteinsoberfläche. In Verbindung mit Rußpartikeln und anderen Stäuben entstehen die für Sandsteine typischen schwarzen Beläge. Auch die silikatischen Bestandteile unterliegen einer chemischen Verwitterung durch die sauren Lösungen, die über kapillare Wasseraufnahme und Wasserdampfdiffusion in den oberflächennahen Bereich oder an Schwächezonen (Schichtflächen, Risse, Tonmineralnester o. ä.) auch tiefer eindringen. Die Porenlösungen weisen einen nahezu neutralen pH-Wert auf. Der Neutralisationsprozess der sauren Niederschläge ist mit einer Freisetzung insbesondere von Ca, Mg und K aus den Mineralen verbunden. In der Zone zwischen Gesteinsoberfläche und unverändertem Gestein müssen also stark schwankende pH-Verhältnisse herrschen (pH = 4 bis 12), die auch zu einer Mobilisierung von Al und Fe führen können, was sich erheblich auf die Tonmineralzusammensetzung auswirken kann (Grasseg-GER 1997).

2.3.4 Immissionssituation auf dem Pfingstberg

Die Konzentrationen von Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂), Stäuben, Ozon und anderen Schadstoffen werden durch das bundesweite Luftschadstoff-Messnetz des Umweltbundesamtes bzw. der Länder überwacht. In Tabelle 2 sind die diesbezüglichen Jahresmittelwerte zweier Potsdamer Messstellen in unmittelbarer Umgebung des Pfingstberges zusammengestellt. Die Messstelle Potsdam Hebbelstraße 1 liegt im Stadtzentrum ca. 2 km vom Pfingstberg entfernt, während die Messstelle Hermannswerder einen Bereich mit einem hohen Grünanteil und sehr geringer Verkehrsbelastung repräsentiert (Entfernung vom Pfingstberg ca. 4 km). Die Werte der Messstellen Berlin Parochialstraße und Dresden-Mitte erlauben einen Vergleich mit der Immissionssituation in großstädtischen Zentren. Die Messstelle Neuglobsow repräsentiert ein nahezu unbelastetes Gebiet.

Als unmittelbare Folge des deutlichen Rückgangs der Industrieproduktion im Berliner Ballungsgebiet nach der Wende 1989/90 sowie dank der Ausrüstung der bestehenden Großkraftwerke mit Rauchgasentschwefelungsanlagen und der weitgehenden Umstellung der Gebäudeheizungen auf Erdgas und Fernwärme ist die Entwicklung der SO₂-Immissionen stark rückläufig. Auch die Staubimmissionen sanken seit 1990 um 50%. Der Staubniederschlag an der Messstelle Potsdam, Hebbelstraße betrug im Jahr 1999 222 mg/m²d. Die in erster Linie durch den Straßenverkehr verursachten Stickoxid-Immissionen nahmen dagegen infolge des zunehmenden Verkehrsaufkommens nur unwesentlich ab.

Nach der I_L-Werteskala liegt der Bereich Potsdam mit einem Luftverunreinigungsindex von 0,25 an der Obergrenze der Klasse "niedrige Luftverunreinigung" (Lua 2000). Bei einer weiteren Verringerung der Schadstoffimmissionen insbesondere von Stickoxiden bestehen gute Voraussetzungen für eine lange Bestandsdauer der Restaurierungsmaßnahmen auf dem Pfingstberg und in Potsdam insgesamt.

Tab. 2 Immissionsdaten von Luftschadstoffen für ausgewählte Messstellen (Arithmetischer Mittelwert der Einzelmessungen in µg/m³)
Quellen: Datenbank des Umweltbundesamtes Berlin (www.umweltbundesamt.de),Lua 2000, Senstadtum 2001

1) errechnet aus PM10

			SO ₂					NO_2			Gesamtstaub (TSP)				
	P1	P2	В	DD	N	P1	P2	В	DD	N	P1	P2	В	DD	N
1988	40		64		10								66		39
1989	53	58	106	61	13						64	64		115	40
1990	55		66	-		17	16	38	19	7	45		73	82	
1991	53	29			16	44		-=;			56		78	76	26
1992	34		35	92	9			36	35	10	41		68	67	22
1993	34		29	47	11	26		36	35	8	43		70	65	21
1994	26	24	22	39	7	27	19	35		8	35	38	57	58	20
1995	16	15	19	32	8	26	19	34		9	38	35	54	53	20
1996	18	9	17	28	10			36	31	9	41	36	61	60	21
1997	10		11	23	5	28	17	36	34		37	29	53	52	16
1998	7		8	13	4	23		33	35	10	30		43	43	15
1999	5		6	12	4	28	17	32	32	10	27	20	401)	39	13
2000	5		7	6	4	25		29	33	8	22	-	37 ¹⁾	36	14
Leitwert			40-	-60				50					150		

Messstellen:

- P1 Potsdam-Zentrum, Hebbelstraße 1 (BB021)
- P2 Potsdam, Hermannswerder (BB020)
- DD Dresden-Mitte, Postplatz (SN014)
- N Neuglobsow (UB030)
- B Berlin-Mitte, Parochialstraβe (BE044 MC71)

2.3.5 Mechanismen der Salzsprengung

Die physikalisch-chemischen Mechanismen der Gefügezerstörung durch die Wirkung von löslichen Salzen wurden von zahlreichen Autoren untersucht (u. a. Schuh 1987, Hoffmann & Grassegger 1995). Eine Zusammenstellung der aus der Literatur bekannten Theorien wird von Weiss (1992) gegeben.

Tab. 3 Übergangstemperatur und Volumenexpansion einiger ausgewählter Salzsysteme (aus Weiss, 1992)

System	Übergangs- temperatur [°C]	Volumen- expansion [Vol%]
NaCl / NaCl · 2 H ₂ O	0,2	
CaSO ₄ ½ H ₂ O / CaSO ₄ 2 H ₂ O		31,9
Na ₂ SO ₄ / Na ₂ SO ₄ 10 H ₂ O	32,4	313,7
Na ₂ CO ₃ · H ₂ O / Na ₂ CO ₃ · 7 H ₂ O	35,4	93,7
Na ₂ CO ₃ · H ₂ O / Na ₂ CO ₃ · 10 H ₂ O	32,0	147,4
MgSO ₄ · H ₂ O / MgSO ₄ · 6 H ₂ O	67,5	145,0
MgSO ₄ · H ₂ O / MgSO ₄ · 7 H ₂ O		173,3

Für die normierte Beurteilung der Resistenz eines Baumaterials gegen Salzverwitterung im Rahmen der Materialprüfung werden in der BRD durch die DIN 52 111 und die VDI-Richtlinie 3 797 Kristallisationstests mit Natriumsulfat vorgeschrieben. Wie aus der Tabelle 3 ersichtlich ist, bewirkt der Hydratationsvorgang im System Na₂[SO₄] (Thenardit) / Na₂[SO₄] · 10 H₂O (Mirabilit) eine Volumenzunahme von über 300% und führt daher zu einer starken hygrischen Dehnung. Bei den Tests werden Prüfkörper definierter Form mit einer Natriumsulfat-Lösung (10%ig bis gesättigt) getränkt und anschließend bei 105 °C getrocknet, Dieser Zyklus wird bis zu 100 mal wiederholt. Nach jedem Zyklus erfolgt eine Sichtprüfung des Zustandes des Prüfkörpers sowie die Bestimmung diverser Parameter, wie des Masseverlusts, der Biegezugfestigkeit und des dynamischen Elastizitätsmoduls.

Das Salzsystem Thenardit/Mirabilit spielt zwar auch in der Natur eine große Rolle, aber die extremen Bedingungen bei diesem Prüfverfahren sind sicher nicht mit den realen Witterungverhältnissen zu vergleichen, denen Bauwerke ausgesetzt sind. Extreme Versuchsbedingungen im Labor sollen, wie oft nicht anders möglich, den Zeitfaktor natürlicher Prozesse ausgleichen. Die wissenschaftlichen Untersuchungen anhand von Kristallisationstests an verschiedenen Sandsteinen führten zu wichtigen grundsätzlichen Erkenntnissen:

- Bestimmend für die Salzsprengung ist der durch Hydratation löslicher Salze verursachte Druck auf die Kornkontakte.
 Kristallisationsvorgänge spielen eine untergeordnete Rolle.
- Das Schadensausmaß wird wesentlich durch die porenraumbezogenen Eigenschaften des Gesteins, wie Porenvolumen (bzw. innere Oberfläche) und Porengrößenverteilung beeinflußt. Sie bestimmen einerseits das Kapillarverhalten und damit die Eindringtiefe der Salzlösung, andererseits aber auch das Trocknungsverhalten. Bei grobporigen Gesteinen verläuft der Kapillartransport der Lösungen schneller und intensiver und zwar sowohl in das Gestein hinein

(Durchfeuchtung) als auch in entgegengesetzter Richtung (Trocknung). Bei der Trocknung wird ein Großteil der Salze mit der Lösung wieder zurück in Richtung Oberfläche transportiert, bevor die Kristallisation aus der nun übersättigten Lösung einsetzt. Die Salze finden sich mehr oder weniger gleichmäßig über die gesamte relativ tiefgründige Durchfeuchtungszone verteilt. Die Durchfeuchtung feinporiger Gesteine bleibt auf wenige Millimeter beschränkt. Das Maximum der Salzanreicherung liegt jedoch wegen des erschwerten kapillaren Rücktransports im inneren Bereich dieser Zone. Festigkeitsuntersuchungen an Sandsteinen zeigten, dass Gesteine mit höherer Porosität und höheren Wasseraufnahmekoeffizienten zu oberflächlicher Absandung neigen, während es bei solchen mit einer niedrigen Wasseraufnahmefähigkeit eher zur Schalenbildung kommt (SCHUH 1987).

- Die Kristallisation des Salzes beim Trocknungsvorgang findet vorrangig in den kleineren intergranularen Poren sowie in den Mikrorissen des Gesteins statt, die vollständig ausgefüllt werden. In größeren Poren kommt es lediglich zur Ausbildung von 5 bis 10 µm dicken Schichten an der Porenwandung. Bei Wiederbefeuchtung durch erhöhte Luftfeuchtigkeit oder Niederschlag führt die einsetzende Hydratation nur in den kleinen Poren zur Schwächung der Kornbindungen und zu Gefügeaufweitungen (Weiss 1992).
- Natürliche Porenlösungen stellen in der Regel ein komplexes Multikomponentensystem aus diversen Salzen dar. Die Fällungsabfolge wird streng von den Löslichkeiten dieser Salze bestimmt (Tab. 1).
- Texturelle und mineralogische Besonderheiten, wie Schichtung und die damit meist in Zusammenhang stehende Anwesenheit von Tonmineralen führen zu einer Verstärkung der Salzverwitterung.

Methoden der Behandlung bauschädlicher Salze

Das umfangreiche Wissen um die Wirkung bauschädlicher Salze und die bisherigen Erfahrungen bei Sanierungsarbeiten machen das Erfordernis deutlich, vor Beginn von Restaurierungsmaßnahmen historischer Gebäude Untersuchungen zum Belastungsgrad an löslichen Salzen anzustellen. SNETHLAGE (1997) hebt die Notwendigkeit der Salzbestimmung anhand von Tiefenprofilen hervor, "um Aussagen über die räumliche Verteilung der Salze und damit über Erfolgsaussichten möglicher Entsalzungsmaßnahmen treffen zu können". Nur durch stoffliche Untersuchungen vor und nach der Sanierung kann eine erfolgreiche Entsalzung nachgewiesen werden. Problematisch ist dabei jedoch die zerstörende Probenahme durch die notwendigen Bohrarbeiten, die in vielen Fällen insbesondere bei figürlichen Objekten nicht in Frage kommt. Als Alternative schlägt Friese (1991) die Messung der Leitfähigkeit vor.

Erst eine nahezu vollständige ("quantitative") Entsalzung von Natursteinen bietet die Gewähr für die gewünschte Wirk-

samkeit und Dauerhaftigkeit späterer restaurativer Maßnahmen, wie Festigung, Hydrophobierung oder Steinersatz.

Bei Grassegger (1997) werden Richtwerte für Anionen zur Beurteilung der Schwere von Salzbelastungen in Mauerwerk angegeben (Tab. 4). Diese Werte sind sicher nicht einfach auf Gebäudeteile ohne direkten Kontakt zu den Bodenlösungen übertragbar, bieten aber einen Anhaltspunkt für die Einschätzung der gefundenen Konzentrationen. Wie die im Weiteren dargestellten Untersuchungen zeigen, ist die Salzbelastung der Pfingstberg-Säulen für Sulfat mit bis zu 1,8 Masse-% als hoch und für Chlorid und Nitrat als mittel einzustufen. Schadensrelevante Grenzwerte von löslichen Salzen in Natursteinen werden in dem noch in diesem Jahr als Gelbdruck erscheinenden Merkblatt der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA),,Zerstörungsfreies Entsalzen von Natursteinen und anderen porösen Baustoffen mittels Kompressen" zu finden sein. Ein guter Überblick über die prinzipiellen Möglichkeiten, die Wirkung bauschädlicher Salze zu verhindern, wird von Siedel (in Auras & Siedel 1997) gegeben. Die derzeit am häufigsten angewandte Methode ist die Entfernung der Salze mit Hilfe von Kompressen.

Tab. 4
Beurteilung der Schwere von Salzbelastungen im
Mauerwerk, in Masse-% (aus Grassegger, 1997)

Anion		Belastung	
	gering	mittel	hoch
Chlorid	< 0.05	0.05 = 0.5	>0,5
Sulfat	<0,1	0,1-0,5	>0,5
Nitrat	<0.05	0.05 - 0.15	>0,15

Die Methode der Kompressenentsalzung beruht darauf, dass durch Auflegen von feuchten Kompressen aus saugfähigem Material die Verdunstungszone des im Gestein enthaltenen Porenwassers von der Steinoberfläche an die Oberfläche der Kompresse verlegt wird. Aus der feuchten Kompresse dringt zunächst Wasser in die oberflächennahen Bereiche des Gesteins und löst die dort befindlichen Salze. Bei nachlassender Wasserzufuhr aus der Kompresse migrieren die Salzionen mit den Porenlösungen in Richtung Verdunstungszone und kristallisieren bei Überschreitung der kritischen Konzentration (Löslichkeit) in der Kompresse bzw. an deren Oberfläche. Die Kompressen sind fest mit dem Werkstein verbunden und werden in der anfänglichen Durchnässungsphase feucht gehalten. In Abhängigkeit von der Salzbelastung werden die Kompressen periodisch gewechselt.

Für die Behandlung der Sandsteinsäulen auf dem Pfingstberg standen zwei Verfahren der Kompressenentsalzung zur Auswahl: das herkömmliche Verfahren mittels Zellulosekompressen sowie das Injektionskompressenverfahren nach Friese, das ursprünglich für die Entsalzung von Mauerwerk entwickelt und für diesen Einsatz entsprechend modifiziert wurde (Friese & Hermoneit 1993, Friese & Protz 1994). Bei beiden Verfahren wurden die Sandsteinsäulen komplett mit saugfähigen Kompressen umwickelt. Die Zellulosekompressen wurden während der ca. 2-monatigen Behandlungszeit nach jeweils 3 Wochen gewechselt. Bei dem Injektionskompres-

senverfahren soll die Wirksamkeit der bis zu 3 Monate dauernden Entsalzung durch den Eintrag von destilliertem Wasser in den Säulenkörper über dünne Schrägbohrungen im Kopfbereich der Säule intensiviert werden. Als Kompressenmaterial finden Viskosematten Verwendung. In einer Testphase wurden beide Verfahren an je einer Säule eingesetzt. Beide Säulen wurden vor und nach der Entsalzung beprobt.

4. Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Probenahme und -aufbereitung

Für die Untersuchungen wurden die Säulen mit den Bezeichnungen 9L und 10L ausgewählt und beide im März 2000 vor der Entsalzung beprobt. Säule 9L wurde anschließend mit Zellulosekompressen behandelt und Säule 10L mit Viskosekompressen nach dem Injektionskompressenverfahren. Nach der 2 bis 3-monatigen Behandlung erfolgte im September 2000 erneut eine Beprobung, um den Wirkungsgrad der Entsalzung festzustellen.

Die Gesteinsproben wurden mittels Schlagbohrmaschine aus jeweils drei unterschiedlichen horizontalen Tiefenbereichen (0-2 cm, 2-6 cm, 6-20 cm, bezogen auf die aktuelle Verwitterungsoberfläche) sowohl im unteren (1,0 m über dem Säulenfuß) als auch im oberen Säulenbereich (0,4 m unter Rundstab) entnommen¹. Um die Säulen möglichst wenig zu beschädigen, erfolgte im mittleren Säulenbereich (2,0 m über Säulenfuß) lediglich die Entnahme von lockeren stückigen Proben aus dem Tiefenbereich 0 bis 2 cm. Die Probenahme nach der Entsalzung erfolgte nur wenige Zentimeter unter den Bohrlöchern der ersten Beprobung.

Zur mineralogischen Identifizierung der bauschädlichen Salze wurden zusätzlich eine Probe der weißen Salzkrusten von der Oberfläche der Säule 10L vor der Entsalzung sowie jeweils eine Sammelprobe von Salzausblühungen an den Kompressen der Säulen 14i, 16i und 16L während der Entsalzung entnommen.

Die Entnahme der Proben aus den Zellulosekompressen erfolgte durch Herrn Steinbildhauermeister Andreas Klein bei jedem Kompressenwechsel.

Die Entnahmepunkte der Gesteinsproben wurden nach folgendem Schema bezeichnet. Diese Bezeichnungen (z. B. 9L-U-2) werden in allen betreffenden Tabellen und Diagrammen verwendet.

Säule (9L; 10L) - **Höhe** (Unten, Mitte, Oben) - **Tiefe** (1 = 0-2 cm, 2 = 2-6 cm, 3 = 6-20 cm).

Für die geochemischen Untersuchungen wurden lediglich die stückigen Proben mittels einer Achat-Mörsermühle zerkleinert. Alle anderen Proben lagen als Bohrmehl vor und mussten nicht weiter aufgemahlen werden.

4.2 Analytische Methoden

Sämtliche analytischen Arbeiten wurden in den Laboratorien des LGRB durchgeführt. Die kompletten Untersuchungsergebnisse finden sich bei Müller & Luckert (2000). Bei der

Datenauswertung wurden Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenzen (BG) durch die halbe BG ersetzt.

Folgende Untersuchungsmethoden fanden Anwendung:

- Ionenchromatographie (IC),
- Titrimetrie,
- optische Emissionsspektrometrie mittels induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES),
- wellenlängendispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (WDRFA).
- Röntgenbeugungsanalyse (RBA).

4.2.1 Wässrige Auszüge und lösliche Salze

Zur Bestimmung der Gehalte an leichtlöslichen Salzen wurden von den Sandsteinproben wässrige Auszüge hergestellt. 1 bis 4 g der als Bohrmehl vorliegenden Proben wurden mit 100 bis 200 ml Reinwasser (RO) versetzt und 60 Minuten bei 250 U/min auf einer horizontal rotierenden Schüttelmaschine geschüttelt. Der Verdünnungsfaktor lag zwischen 50 bis 100. Als optimal bezüglich der Konzentrationsbereiche der Analyten bei der anschließenden ionenchromatographischen Bestimmung erwies sich das Verhältnis 4 g Probe: 200 ml Reinwasser. In gleicher Weise wurden auch die wässrigen Auszüge der Zelluloseproben hergestellt.

An den Lösungen erfolgte die ionenchromatographische Bestimmung von Chlorid (Cl⁻), Sulfat (SO₄²⁻), Orthophosphat (oPO₄³⁻), Nitrat (NO₃⁻), Natrium (Na⁺), Kalium (K⁺), Calcium (Ca²⁺), Magnesium (Mg²⁺) und Ammonium (NH₄⁺) an einem Gerät vom Typ DX500 (Firma Dionex) mit separaten Modulen zur Bestimmung von Anionen und Kationen. Hierbei wurden Trennsäulen vom Typ AS14 (4 mm) und CS12A (4 mm) verwendet.

Die Bestimmung der Säurekapazität $K_{S4,3}$ (m-Wert) erfolgte titrimetrisch mit elektrometrischer Endpunktbestimmung an einem Gerät der Firma Metrohm vom Typ 716DMS-Titrino. Aus der Säurekapazität wurde die Konzentration der Hydrogenkarbonat-Ionen (HCO $_3$ -) berechnet.

Die Bestimmung der Elemente Aluminium (Al), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Cadmium (Cd), Blei (Pb) und Zink (Zn) in den wässrigen Auszügen erfolgte mittels ICP-OES an einem Gerät der Firma Fisons (jetzt Thermo Elemental) vom Typ Maxim III mit axial angeordneter Plasmafackel.

4.2.2 Totalgehalte

Die Totalgehalte von 36 Elementen in den Sandsteinproben wurden röntgenfluoreszenzanalytisch bestimmt. Dazu wurden die bei 1000 °C vorgeglühten Proben mit Lithiummetaborat als Schmelzmittel versetzt und bei 1150 °C aufgeschmolzen. Die Messung der Schmelztabletten erfolgte an einem wellenlängendispersiven RFA-Spektrometer der Fa. Philips vom Typ PW2400. Außer den Haupt- und Nebenelementen wurden auch zahlreiche Spurenelemente bestimmt. Die Glühverluste bei 1000 °C beziehen sich auf die bei 105 °C getrockneten Proben.

4.2.3 Mineralogische Untersuchungen

Die quantitativen Mineralbestimmungen wurden mittels Röntgenbeugungsanalyse durchgeführt. Nach der Trocknung bei 40 °C wurde das Bohrmehl für die Anfertigung der Analysenpräparate auf < 32 μm zerkleinert. Die quantitativen Mischungen wurden aus 1 g der Probensubstanz, 50 mg Nickelpulver (< 32 μm) als innerer Standard und 40 mg gereinigtem Korkmehl (< 200 μm) hergestellt. Diese Mischungen wurden in speziellen Langschlitzküvetten aus Glas texturarm präpariert und im Winkelbereich von 3-52 °2 Θ geröntgt.

Die hier angewandte quantitative Mineralbestimmung wurde als Peakhöhenanalyse nach dem Verfahren mit innerem Standard durchgeführt. Für das Erkennen präparativ bedingter Ausreißer und zur Gewährleistung der Reproduzierbarkeit der Analysenwerte waren je Probe stets drei Aufnahmen notwendig, wobei vor jeder Aufnahme die Probe erneut homogenisiert sowie texturarm präpariert wurde. Die quantitative Bestimmung aller nachweisbaren kristallinen Phasen erfolgte auf der Basis einer Auswahl an probenspezifischen Eichkurven. Die Anteile an amorpher Phase können dabei nur indirekt als Differenz zu 100% kristalliner Phase bestimmt werden. Der relative Meßfehler liegt bei diesem Verfahren im Allgemeinen unter 5%. Die Nachweisgrenze der festgestellten Minerale liegt bei 0,5-1 Masse-%. Die Röntgenbeugungsaufnahmen wurden an den Analysegeräten HZG 4 und XRD 3000 TT unter laborspezifischen Standardbedingungen gewonnen.

Zusätzlich zu den Sandsteinproben wurden vier Proben der Salzausblühungen analysiert. Das Material wurde zwei Tage bei Raumtemperatur (25 °C) getrocknet, < 63 μ m pulverisiert und danach im Winkelbereich von 3-70 °2 Θ geröntgt. Die Auswertung der Übersichtsdiagramme erfolgte halbquantitativ.

5. Ergebnisse

5.1 Chemisch-mineralogische Zusammensetzung des unverwitterten Sandsteins

Bei dem aus dem Elbsandsteingebirge stammenden Werkstein handelt es sich um einen fein- bis mittelkörnigen quarzitisch gebundenen Quarzsandstein mit einem mittleren SiO₂-Gehalt von 97%. Die Quarzgehalte variieren zwischen 93 und 96%. An den analysierten Quarzen wurden im Vergleich zu einem idealkristallinen Bergkristall Kristallinitätsdefizite festgestellt, die neben ererbten Defekten vor allem in der transportbedingten Amorphisierung der Quarzkornoberflächen und durch die kryptokristalline Ausbildung der als Bindemittel auftretenden Kieselsäure begründet sein dürften.

Neben Quarz konnten in allen Proben 3-5% Kalifeldspat anhand seines Hauptreflexes bei 3,24 Å festgestellt werden. Aufgrund der geringen Gehalte war eine Zuordnung zu der Varietät Orthoklas bzw. Mikroklin nicht möglich. Das völlige Fehlen von Feldspäten der Plagioklasreihe dürfte auf die im Herkunftsgebiet der Sandsteine kreidezeitlich nachgewiesene intensive Gesteinsverwitterung (Kaolinisierung) zurückzuführen sein. In den meisten Sandsteinproben wurden 1-3% an amorpher Phase als defizitärer Rest zu 100% kristalli-

ner Substanz ausgehalten. Neben geringen Mengen an amorphen Eisenoxidhydraten sowie möglichen Kieselsäureresten sind hier auch Mineralspuren erfaßt, wie z. B. Schwerminerale, die unterhalb der röntgenographischen Nachweisgrenze liegen. Bezüglich der Zementation des Sandsteins kann aus den sehr niedrigen Calciumgehalten (< 0,01% CaO) auf eine weitgehende Karbonatfreiheit geschlossen werden.

Zwischen beiden Säulen bestehen bezüglich der lithogenen Haupt- und Spurenelemente keine signifikanten Unterschiede. In Tabelle 5 sind die gemittelten Totalgehalte (50er Perzentile P50 = Medianwerte) aller Proben aus dem Tiefenbe-

Tab. 5 Chemismus der Sandsteine

5.2 Gehalte an leichtlöslichen Salzen

Die mengenmäßig wichtigsten Komponenten in den Wasserauszügen sind Sulfat, Chlorid, Nitrat, Ammonium, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Zink. Einen deutlichen Effekt bei der Entsalzung zeigen daneben auch Kobalt, Mangan und teilweise Eisen. Hydrogenkarbonat-Ionen spielen wegen der niedrigen pH-Werte keine Rolle. Die Ergebnisse für die genannten Ionen wurden in Tabelle 6 zusammengestellt. Im Interesse einer besseren Vergleichbarkeit stehen die Konzentrationen vor und nach der Entsalzung (0 bzw. E) jeweils für einen Beprobungsbereich direkt untereinander.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K_2O	P_2O_5	LOI
	0/0	%	%	%	%	%	%	96	%	%	%
Pfingstberg (P50, N=11)	97,25	0,11	1,29	0,24	0,004	<0,01	<0,01	0,05	0,5	0,015	0,38
Quarzsandsteine (N=26) 1)	95,4	-	1,1	0,4	L	0,1	1,6	0,1	0,2		
Sandsteine Elbsandstein- gebirge (P50) ²⁾			1,7	3	0,01	0,07	0,07	0,05	0,14	0,009	T

	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	Ga	Hf	La	Mo	Nb	Ni
	mg/kg										
Pfingstberg (P50, N=11)	88	11	<5	17	<10	<5	<5	14	<5	<3	2,5
Clarkwerte Sandsteine 3)	X0	92	0,3	35	X	12	3,9	30	0,2	0,0X	2
Sandsteine Elbsandstein- gebirge (P50) ²⁾	(115)		(1,5)	(17)	(18)			7			(2,5)

	Pb	Rb	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zn	Zr
	mg/kg										
Pfingstberg (P50, N=11)	14	<3	17	<5	18	<3	8	56	14	157	114
Clarkwerte Sandsteine 3)	7	60	20	0,0X	1,7	0,45	20	1,6	40	15	220
Sandsteine Elbsandstein- gebirge (P50) ²⁾	(24)	D			9,64)	2,94)	T a			(15)	

P50 - 50er Perzentilwert, N - Anzahl der Werte, LOI - Glühverlust hei 1000 °C

reich 6 bis 20 cm im Vergleich mit den globalen Clarkewerten sowie den P50-Werten für die sächsischen Elbsandsteine zusammengestellt. Deutlich ist eine Anreicherung mit Zink erkennbar, die mit Sicherheit aus den verwitterten Zinkkapitellen stammt. Die hohen Wolfram-Gehalte sind als Kontamination durch das Bohrwerkzeug während der Probenahme zu erklären. Die anomal niedrigen Gehalte von Rubidium und Zirkonium deuten möglicherweise eine lithogeochemische Besonderheit dieses Sandsteintyps an.

Obwohl zur Problematik der bauschädlichen Salze bereits viele Untersuchungen durchgeführt wurden, finden sich in der Literatur wenige Daten zu ihren lithogenen Gehalten in unbeeinflussten Natursteinen, wie auch Weiss (1992) beklagt. Bei lithogeochemischen Untersuchungen interessieren in der Regel nur die Totalgehalte der Gesteine oder einzelner Minerale. Wie im Weiteren gezeigt wird, ist auch der Tiefenbereich von 6 bis 20 cm deutlich von den Versalzungsvorgängen betroffen. Somit kann man nicht von einem unbeeinflussten Gestein sprechen und die Gehalte an lithogenen löslichen Salzen lassen sich nicht quantifizieren. Sie liegen auf jeden Fall über den Werten der Proben aus dem Bereich 6 bis 20 cm der Säule 10L nach der Entsalzung (Tab. 6, Proben 10L-U-3 und 10L-O-3).

Exemplarisch wurden die Sulfat-Gehalte als Säulendiagramm dargestellt (Abb. 3). Wegen der großen Konzentrationsunterschiede musste eine logarithmische Skaleneinteilung gewählt werden.

Wie die angeführten Ionenbilanzen zeigen, wurden alle wichtigen Ionen bei der Analytik der wässrigen Auszüge erfasst. Nur bei Proben mit geringen Ionensummen (i. d. R. die Proben nach der Entsalzung) ist mit höheren analytischen Fehlern, die sich auch in höheren Ionenbilanzen (prozentuale Überbefunde an Kationen) ausdrücken, zu rechnen. Für alle Proben mit Ionensummen > 20 mmol(eq)/kg beträgt die mittlere absolute Ionenbilanz 13%.

Erwartungsgemäß finden sich die höchsten Salzgehalte vor der Behandlung im äußersten beprobten Tiefenbereich (0-2 cm). Die Salzsumme erreicht hier Werte bis zu 2,52 Masse-%. FRIESE & PROTZ (1994) geben für Mauerwerk einen Richtwert von 1 Masse-% Gesamtsalz an, oberhalb dessen mit Salzschäden zu rechnen ist. Zum Säulenkern hin nimmt die Salzbelastung ab. Besonders deutlich ist dies bei Sulfat, Calcium und Zink zu erkennen. Nachträglich wurde festgestellt, dass der dritte Tiefenbereich zu breit gewählt wurde, um exakt die

¹⁾ aus Füchtbauer (1988) S.103 2) aus Kardel & Rank (1996); bei N < 10 Angaben in Klammern 3) aus Rösler & Lange (1975) 4) Mittelwert

Probenahme-	nhme-															Coly	Cummo	0		
2	zeitpunkt 2)	рH	нсо3-	CI	NO3	SO42-	NH4+	Na+	¥	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe	Mn	3	Zn	summe	Anionen	Kationen	Ionensumme	lonen- bilanz
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Masse-%	mmol(ea)/kg	mmolfeat/kg	mmol(ea)/ka	/0
									-	-	_	_	-	0.0	96	integral / 0	Swiftsham	Suffection	Sw/Cha)romm	%
	0	4,3	9>	335	357	12800	919	159	232	147	1160	0.80	8.60	6.10	4900	2.07	783	790	055	9
	Е	<4,3	3	62,3	15,9	1980	00'6	11,5	61,5	\$	870	1.15	0.50	08.9	29.7	0.30	43	47	000	0
	0	4,5	9>	488		1250		252	121	28.0	75.0	9.0>	8.60	4.10	629	0 34	05	46		0 [
	E	<4,3	۵	64,0	8,01	202		7.50	84.5	\$	58.0	3.45	0.80	0.30	1.65	0.04	9	9		1
	0	<4,3	9>	463	509	451	87.0	216	108	21.0	30.0	1.50	3.70	07.6	210	0.01	3.4	0	CI	0
	E	<4,3	4	74.7	12.7	193		17.5	112	ζ.	14.5	000	1 00	010	200	0.05	+6	17	00	77-
	0	4,3	9>	919		9		591	485	84.0	843	4 10	0.10	0,10	25,70	1 20	101	0	13	= (
	E	<4,3	4	130				59.0	195	18.5	983	0.05	0.70	2,0>	534	0.51	161	191		5 6
	0	4,2	9>	869				553	383	80.0	580	000	8 10	8 20	530	10,0	00	61		13
	н	<4,3	۵	219				180	153	28.0	313	2 30	3 20	4.55	101	0.00	34	96	191	4
	0	3,7	9>	464	622	620		339	231	41.0	0 09	5 70	4 50	3.50	175	77,0	TO V	35	0/	14
	В	3,7	Δ	208	275	345		160	152	20.5	48.0	7.75	1 80	235	0.74	0,20	10	30	0,00	6-
	0	4.3	9>	252	254	300		139	144	15.0	61.0	4 10	0,60	000	0000	0,10	10	20	39	0
	E	3,4	4	278	352	278		203	195	21.0	343	3.70	3.00	1.05	18.3	0,12	10	10	35	-13
										26.1	200		2300	7,000	C*0.1	1,17	17	17	45	7.0-
	0	3,7	9>	404	177	18200	884	112	7.67	211	1150	09.0	7.10	3.90	4000	2.57	394	253	648	13
	E	4,4	9>	15,6	27,4	743	8,18	15,7	109	<10	334	3,60	1,10	<0,2	22.1	0,13	17	22	38	280
	0	2,9	9>	268	136	1540	81,0	75,0	54,0	29,0	0,99	09'0	6,50	4,60	750	0,30	43	38	180	-11
	Ε	4,7	9>	12,3	9,42	75,1	6,92	13,5	8,86	<10	1,69	9,0>	0,30	<0,2	3,30	0,03	2	7	10	117
	0	3,9	9>	143	10,0	335		15,0	49,0	<10	24,0	1,50	1,20	0,70	28,5	90,0	11	9	17	99-
	E	5,4	δ.	65'6	5,68	42,8		8,19	9,09	<>	6,05	<0,3	0,25	<0,1	32,5	0,02	1	9	7	128
	0	3,6	9>	239	307	9250		83,0	310	52,0	1060	8,40	7,30	2,10	3110	1,51	206	203	408	-2
	н (4,3	φ	24,1	33,5	2420		21,2	130	8,11	720	3,55	1,10	<0,1	405	0,38	52	58	109	10
	0	3,2	9>	325	732	12700		162	304	0,69	4840	16,4	10,10	1,00	1990	2,13	289	335	624	15
	ц	4,3	δ.	11,3	20,6	1430	'	7,65	30,9	\$	622	1,00	0,40	<0,1	130	0,23	31	37	89	20
	0	3,4	9>	349	631	2100		145	183	62,0	237	4,40	8,20	8,40	723	0,47	19	63	130	1
	н	4,8	Q	8,91	10,9	156	4,16	7,15	35,9	\$	9,88	14,6	1,00	<0,1	9,45	0,03	4	7	11	99
	0	2,7	9>	224	303	312	44,0	77,0	93,0	21,0	76,0	1,90	2,00	1,30	34,1	0,12	19	15	34	-26
	E	5,2	\$	10,1	10,9	23,9	<2,5	11,3	1,09	\$	31,4	7,05	0,25	<0,1	1,70	0.02	1	5	9	132
Salzausblühungen																				701
	1	ŀ	ı	581	458		24000	<500	422	2940	1190	9>	184	28,5	128000	42,38	5547	5563	11110	0 3
	,	1	1	331	<100		8830	<200		10300	2080	9>	268	54,6	225000	67,54	8905	8327	17231	-7
- 1	1	,	,	437	<100		3	<500		11000	3000	9>	202	8,11	238000	81,69	9055	8545	17599	9
	1	,		461	<100	208000	2810	<500	114	10100	1710	9>	204	6,7	284000	80,74		9771	20349	×
																			200	2

 $^{1)} \textbf{ H\"o} \textbf{ H\"o} \textbf{ enclete} \textbf{ i.l.} \textbf{ 0} = \textbf{ unten , M} = \textbf{Mitte, O} = \textbf{ oben; Tiefenbereiche} \textbf{ : } 1 = \textbf{ 0-2 cm, 2} = \textbf{ 2-6 cm, 3} = \textbf{ 6-20 cm} \textbf{ and } \textbf{$

Ionenkonzentrationen im wässrigen Auszug der Sandsteinproben vor und nach der Entsalzung sowie der Salzausblühungen

 $^{^{2)}}$ 0 = Anfangszustand, d.h. vor der Entsalzung; E = Endzustand, d.h. nach der Entsalzung

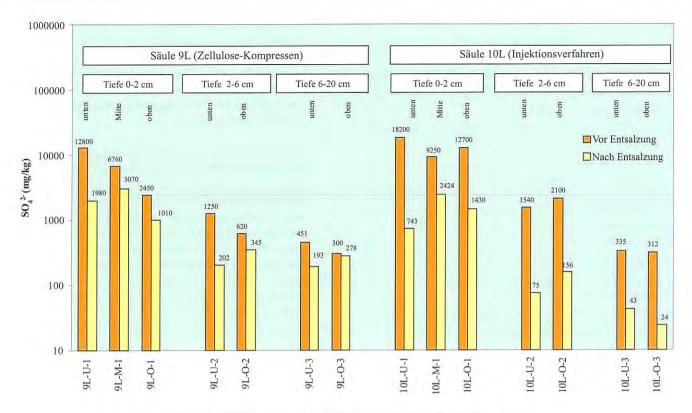


Abb. 4 Sulfatgehalte im Sandstein vor und nach der Entsalzung

Grenze zwischen belastetem und unbelastetem Gestein lokalisieren zu können.

Auffällig ist die sehr ungleichmäßige Verteilung der Salze über die Höhe. Die Gesamtsalzgehalte in der äußeren Zone schwanken zwischen 0,65 und 2,52 Masse-%. Auch die Unterschiede zwischen beiden Säulen, sowohl hinsichtlich der Salzsumme als auch bezüglich der Anteile der verschiedenen Ionen daran sind beträchtlich. Während die Säule 9L höhere Gehalte an Chlorid, Nitrat, Natrium und Kalium aufwies, konnten bei der Säule 10L höhere Konzentrationen an Sulfat, Ammonium, Eisen sowie teilweise Calcium und Zink nachgewiesen werden.

Die hohen Gehalte an Zink sind auf die Korrosion der Säulenkapitelle aus Zinkguss zurückzuführen. Zinksalze haben sich vor allem in den unteren Säulenbereichen und hier im Tiefenbereich 1 (0-2 cm) akkumuliert. Kobalt stammt vermutlich ebenfalls aus dem Metall der Kapitelle. Das Verteilungsmuster unterscheidet sich allerdings erheblich.

Eisen zeigt ein sehr differenziertes Bild ohne deutlichen Trend. Oft liegen die Endgehalte über den Anfangsgehalten. Das Konzentrationsniveau ist insgesamt sehr niedrig. Wie der Vergleich mit den Totalgehalten zeigt, geht nur ein geringer Anteil des Gesamteisens in Lösung. Der überwiegende Teil dürfte in gesteinstypischen Eisenoxidhydraten wie z. B. Limonit gebunden sein. Teilweise wurde Eisen möglicherweise auch durch den Bohrvorgang eingetragen.

Auch die Mangangehalte sind sehr niedrig und tragen wenig zur Gesamtionensumme bei. Im Unterschied zum Eisen können wir jedoch eine deutliche Abnahme der Gehalte infolge der Entsalzungsmaßnahmen und damit eine höhere Mobilität feststellen.

5.3 Mineralogische Analyse der löslichen Salze

Die Gehalte der in den Sandsteinen akkumulierten löslichen Salze liegen unterhalb der röntgenographischen Bestimmungsgrenzen. Zur Identifizierung dieser Verbindungen musste auf die Proben der Salzausblühungen zurückgegriffen werden. In den vier entnommenen Sammelproben konnten sechs verschiedene Sulfate festgestellt werden, die in unterschiedlicher Kombination und Menge auftraten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengefaßt. Für jede kristalline Phase wurde ergänzend die Nummer der jeweiligen PDF-Datei (Powder Diffraction File) angegeben, die der röntgenographischen Identifizierung zugrunde liegt.

Als Hauptbestandteile in den Salzausblühungen wurden vier verschiedene Zinksulfathydrate festgestellt. Zwei von ihnen sind unter den Namen Boyleit und Gunningit auch als seltene Minerale in der Natur bekannt, für die anderen beiden Zinksulfathydrate existieren bisher keine eigenständigen Namen. Außerdem sind in allen vier Proben Gips und höchstwahrscheinlich auch Natroalunit in geringer Menge vorhanden. Bei der Entnahme der sehr dünnen Salzkrusten von der Oberfläche der unbehandelten Säule 10L gelangte außerdem Quarz in größerer Menge als unerwünschte Verunreinigung in die Probe.

Bis auf Natroalunit besitzen diese Sulfate monokline Kristallstruktur. Infolgedessen sind ihre Beugungsspektren sehr li-

Tab. 7 Mineralzusammensetzung der Salzausblühungen nach halbquantitativer Röntgenbeugungsanalyse

Sulfat	-1	unbehandelte	Kompre	ssenoberfläche	der Säule
Mineralname	PDF-Nr.	Säule 10L 1)	14i	16i	16L
1. (Zn,Mg) [SO ₄] · 4 H ₂ O Boyleit	31-0818	++	+	+++	++
2. Zn[SO ₄] H ₂ O Gunningit	33-1476	4	Ÿ	++	13
3. Zn[SO ₄] 6 H ₂ 0	32-1478	1	> +++	-	949
4. [NH ₄] ₂ Zn[SO ₄] ₂ · 6 H ₂ O	35-0767	+.	(+)	(+)	
5. NaAl ₃ [SO ₄] ₂ [OH] ₆ Natroalunit	41-1467	(+)	(+)	(+)	(±).
6. Ca[SO ₄] · H ₂ O Gips	33-0311	(+)	(+)	(+)	(+)

^{+++ -} ca. 40 bis 70 %, ++ - ca.15 bis 40 %, +- ca.5 bis 15 %. (+) -< 5 %

nienreich und erschweren durch gegenseitige Reflexüberlagerungen die sichere Identifizierung aller Phasen.

Die Ergebnisse der mineralogischen Untersuchungen finden ihre Bestätigung in der ermittelten chemischen Zusammensetzung der Salzausblühungen (Tab. 6). Als Hauptkomponenten wurden Sulfat, Zink und Ammonium mit einem Anteil von 98% an der Salzsumme festgestellt.

5.4 Gehalte an löslichen Salzen in den Zellulosekom pressen

Stark schwankende Salzgehalte in den abgenommenen Kompressen widerspiegeln zum Einen die sehr ungleichmäßige Verteilung der Salze im Säulenkörper und zeigen zum Anderen, dass die Salze mit unterschiedlicher Intensität aus dem Gestein gelöst werden. Die Ursache dafür ist in erster Linie im schwankenden Feuchtigkeitsregime der Kompressen zu suchen.

Neben den bereits festgestellten vertikalen und tiefenbezogenen Unterschieden deuten die Ergebnisse der an drei Seiten der Säulen entnommenen Kompressenproben auch auf seiten- d. h. himmelsrichtungsbezogene Verteilungsunterschiede hin. Ein eindeutiger Trend ist dabei allerdings nicht erkennbar. Die höchsten Konzentrationen von Sulfat, Calcium und z. T. auch von Zink finden sich im unteren Säulenbereich aller drei entnommenen Vertikalprofile. Dies entspricht dem Befund, dass hier i. d. R. die höchste Salzkonzentration im Gestein vorhanden war und gleichzeitig auch der beste Entsalzungseffekt erzielt wurde.

5.5 Totalgehalte in den Sandsteinen

Auffällig ist, dass für Calcium zumindest in den Tiefenbereichen bis 6 cm die Werte der Ausschüttlungen sehr gut mit den Totalgehalten übereinstimmen (88 -100%). Nahezu das gesamte Calcium liegt demnach als einigermaßen wasserlösliches Salz vor. Die Entsalzung führt jedoch, im Unterschied

zu anderen löslichen Komponenten, lediglich zu einer Reduktion um durchschnittlich 30% in Säule 9L bzw. 44% in Säule 10L. Die Löslichkeit der vorhandenen Calciumsalze muss demzufolge relativ gering sein. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich hauptsächlich um Gips, der auch röntgenphasenanalytisch nachgewiesen werden konnte.

Die normalen lithogenen Natrium-Gehalte liegen zwischen 100 und 200 mg/kg. Die an wasserlösliche Salze gebundenen Anteile finden sich vor allem in den oberen äußeren Säulenbereichen und schwanken hier zwischen 500 mg/kg in Säule 9L und 150 mg/kg in Säule 10L. Lediglich bis 20% des Kaliums in den unbehandelten Säulen sind an wasserlösliche Salze gebunden. Der lithogene Durchschnittsgehalt im Sandstein liegt bei ca. 2000 mg/kg. Die geringen wasserlöslichen Anteile sind in beiden Säulen nahezu gleich und fallen kontinuierlich von außen nach innen, wobei sich die

höheren Gehalte im mittleren bis oberen Höhenbereich finden.

Ein Vergleich der Totalgehalte von Zink mit den Wasserausschüttlungen zeigt, dass im Tiefenbereich 0-2 cm 80% von durchschnittlich 4000 mg/kg Gesamt-Zink an lösliche Salze gebunden sind. Dieser Anteil verringert sich nach erfolgter Entsalzung auf 65-70% bei einem Konzentrationsniveau von 500 mg/kg. Die weniger löslichen Zinksalze erfahren eine relative Anreicherung. Der Zinkgehalt im äußeren Tiefenbereich liegt auch nach der Entsalzung um das 6-fache über den mittleren Gehalten in den tieferen Bereichen.

5. 6 Effektivität des Entsalzungsprozesses und Methodenvergleich

Als Maß für die Effektivität bzw. Vollständigkeit der Entsalzung werden die **relativen Deltawerte** $\Delta_{\%}$ eingeführt. Sie berechnen sich nach folgender Formel:

$$\Delta_{\%} = (x_0 - x_E) \cdot 100 / x_0$$
wobei
$$x_0 = \text{Anfangsgehalt vor der Entsalzung}$$

$$x_E = \text{Endgehalt nach der Entsalzung}.$$

Hohe Deltawerte stehen für einen starken Entsalzungseffekt. Die Deltawerte gestatten es, von den unterschiedlichen Anfangsgehalten an Salzen in den beiden Säulen bzw. an unterschiedlichen Probenahmepunkten zu abstrahieren. Dies ist angesichts der erwähnten ungleichmäßigen Salzverteilung besonders wichtig. Die Aussagekraft läßt allerdings in den unteren Konzentrationsbereichen nach, wo methodisch und lithogen bedingte Schwankungen (Analytik, Probenahme) einen größeren Einfluss haben und es dazu kommen kann, dass Endgehalte über den Anfangsgehalten liegen. Die sich daraus ergebenden negativen Deltawerte sind in diesem Falle nicht als Umkehr des Entsalzungsprozesses, sondern als Nulleffekt zu interpretieren. Niedrige bzw. negative Deltawerte müssen daher immer im Zusammenhang mit den Gehaltswerten betrachtet werden.

¹⁾ Probe enthält ≥ 50 % Ouarz.

Die relativen Deltawerte wurden für ausgewählte Komponenten sowie die Summen der Anionen und der Kationen in den wässrigen Auszügen der Sandsteinproben berechnet und sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Negative Deltawerte wurden in Klammern gesetzt und gehen mit 0% (kein Entsalzungseffekt) in die Mittelwertbildung ein. Folgendes konnte festgestellt werden:

- Die mittleren relativen Deltawerte für Chlorid, Nitrat, Sulfat, Ammonium, Natrium, Magnesium, Calcium, Eisen, Mangan, Kobalt und Zink liegen für die mit dem Injektionskompressenverfahren nach FRIESE behandelte Säule 10L deutlich über den Werten für die mit herkömmlichen Zellulosekompressen behandelte Säule 9L. Damit können die durch FRIESE & HERMONEIT (1993) dargestellten Vorteile einer Wasseraufgabe mittels Injektion in den Baukörper bestätigt werden.
- Neben dem vertikalen Gradienten fallen Unterschiede im horizontalen Profil (Tiefenbereiche 1, 2, 3) auf. Einen besonders deutlich ausgeprägten horizontalen Gradienten weist die Säule 9L auf. Von außen nach innen nehmen die Deltawerte von Chlorid, Nitrat, Natrium (alle nur im oberen Bereich), Sulfat, Ammonium, Magnesium und Kalium deutlich ab. Die negativen Deltawerte im Probenahmepunkt 9L-O-3 bei relativ hohen Gehalten deuten darauf hin, dass sich hier der Entsalzungsprozess umkehrt und Salze erneut akkumuliert werden.
- Die Deltawerte von Calcium sind weit geringer als bei den anderen betrachteten Komponenten (bis auf Eisen), was darauf zurückzuführen ist, dass Calcium hauptsächlich als Gips vorliegt, ein Salz mit relativ geringer Löslichkeit. Der höchste gefundene Deltawert (87% am Punkt 10L-O-1) ist

Tab. 8	Effektivität	der	Entsalzung	(relative	Deltawerte	in	%)
--------	--------------	-----	------------	-----------	------------	----	----

Probenahme- punkt	Tiefen- bereich	CI	NO ₃	SO ₄ ²	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K,	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe	Mn	Co	Zn	Summe Anionen	Summe Kationen	LOI
9L-U-1		81	96	85	99	93	73	98	25	0 (-44)	94	0 (-11)	99	85	82	84
9L-M-1	0-2cm	86	92	55	86	90	60	78	0 (-16)	77	92	0	79	64	60	33
9L-O-1		69	72	59	76	68	60	65	47	0 (-4,5)	60	45	64	64	60	43
9L-U-2	2-6cm	87	98	84	93	97	30	88	23	0 (-1050)	91	93	100	88	86	24
9L-O-2		55	56	44	45	53	34	50	20	0 (-36)	60	33	62	52	44	0(-10)
9L-U-3	6-20cm	84	98	57	67	92	0 (-4)	84	52	40	73	96	99	81	76	0(-19)
9L-O-3		0 (-10)	0 (-39)	7	0 (-57)	0 (-46)	0 (-35)	0 (-40)	44	10	0 (-400)	0 (-950)	0 (-106)	0 (-13)	0 (-29)	0(-5)
Mittelwert für Säul-	e 9L	66	73	56	66	70	37	66	30	18	67	38	72	62	58	26
10L-U-1		96	84	96	99	72	0 (-36)	98	71	0 (-500)	85	97	99	96	91	n.b.
10L-M-I	0-2cm	90	-89	74	94	74	58	84	32	58	85	98	87	75	72	44
10L-O-I		97	97	89	89	95	90	96	87	94	96	95	93	89	89	90
10L-U-2	2-6cm	95	93	95	91	82	0 (-83)	83	0 (-4,7)	50	95	98	100	95	80	43
10L-O-2		97	98	93	98	95	80	97	63	0 (-231)	88	99	99	94	88	43
10L-U-3	6-20cm	93	43	87	91	45	0 (-24)	50	0 (-112)	90	79	93	0 (-14)	89	0 (-4,9)	29
10L-O-3		95	96	92	97	85	35	88	59	0 (-271)	88	96	95	95	67	35
Aittelwert für Säule	2 10L	95	86	89	94	79	38	85	44	42	88	97	82	90	70	47

- Die Effektivität der Zellulosekompressen-Entsalzung (Säule 9L) weist einen deutlichen Gradienten im vertikalen Profil (Höhenbereiche Oben, Mitte, Unten) auf. Im unteren Säulenbereich ist der Prozess wesentlich intensiver und damit effektiver als im oberen Bereich. Dies wird besonders bei den Komponenten Sulfat, Ammonium, Nitrat, Natrium, Magnesium, Mangan und Zink deutlich, deren relative Deltawerte von unten nach oben kleiner werden. Auch die Summen der Kationen und der Anionen spiegeln den vertikalen Gradienten wider.

Für die Säule 10L ist in abgeschwächter Weise eine andersgerichtete Tendenz erkennbar. Nitrat, Natrium und Kalium deuten mit höheren Deltawerten auf eine intensivere Entsalzung im oberen Säulenbereich hin. Möglicherweise tritt hier eine größere Wassermenge durch die Schrägbohrungen ein und bewirkt einen intensiveren Stofftransport. Die Ionensummen zeichnen diese Tendenz allerdings nicht nach.

nur dadurch begründet, dass in der Anfangsprobe erhöhte Mengen von Gips vorhanden waren, in der Endprobe jedoch nicht. Calcium erfährt eine relative Anreicherung im Gestein. Während vor der Entsalzung der Anteil der Calcium-Ionen durchschnittlich 21% der Kationen-Summe ausmachte, waren es nach der Entsalzung bereits 49%.

- Der Glühverlust bei 1000 °C (LOI) als Maß für den summarischen Masseverlust an wasser- bzw. sauerstoffhaltigen Komponenten infolge der Entsalzung zeichnet zumindest für den Tiefenbereich 0-2 cm mit den höchsten Salzgehalten die Befunde der Ionensummen nach. Es ist daher denkbar, die einfach und sehr billig zu bestimmenden Glühverluste gezielt für die Bewertung der Effektivität von Entsalzungsprozessen zu nutzen.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Restaurierungsarbeiten des Belvedere auf dem Pfingstberg in Potsdam bestand die Notwendigkeit, an den Sandsteinsäulen der Arkaden die bauschädlichen Salze zu entfernen. Dazu wurden zwei Varianten der Kompressenentsalzung an je einer Säule getestet, das herkömmliche Verfahren mittels Zellulosekompressen sowie das Injektionskompressenverfahren nach Friese. Zur Bewertung der Effektivität und Vollständigkeit der Verfahren erfolgten chemische und mineralogische Untersuchungen am Werkstein vor und nach der Entsalzung.

Es wird auf die Problematik der Herkunft und schadensrelevanten Wirksamkeit bauschädlicher Salze in natürlichen Werksteinen und speziell in Sandsteinen eingegangen und dabei die besondere Bedeutung der Schadstoffimmissionen hervorgehoben.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Verteilung der Salze im Säulenkörper sehr ungleichmäßig ist, wobei die höchsten Salzkonzentrationen immer im äußeren Bereich bis 2 cm Tiefe gefunden wurden. Im Ergebnis der Arbeiten kann festgestellt werden, dass das Injektionskompressenverfahren nach Friese deutlich effektiver ist als die Entsalzung mit herkömmlichen Zellulosekompressen. Mit Hilfe des Injektionskompressenverfahrens wird eine nahezu komplette Entsalzung über den gesamten Säulenkörper erreicht, während die Entsalzung mit Zellulosekompressen insbesondere im oberen und inneren Säulenbereich unvollständig bleibt.

Nach den röntgenphasenanalytischen Untersuchungen der Salzkrusten konnten als bauschädliche Salze überwiegend leichtlösliche Zinksulfathydrate verschiedener Zusammensetzung festgestellt werden, die auf die Verwitterung der originalen Zinkguss-Kapitelle an den Säulen zurückzuführen sind.

Summary

This work is dealing with problems of freely water-soluble salts as principal agents of weathering and damaging of porous natural building stones. The sources of these salts and the mechanisms of sandstone decay effects are outlined.

Within the restauration works of the Belvedere on the "Pfingstberg" in Potsdam it was nessessary to remove the stone-damaging salts in the sandstone columns of the arcades. Two methods of desalting by compresses were tested, the common method by compresses of cellulose and the method after Friese, applying additional injection of water into the stone. For an comparative assessment of the effectivity and completeness of the two methods chemical and mineralogical analysis of stone material before and after the desalting were made.

The studies show that the distribution of salts in the columns is irregular. The highest concentration of salts are always to be found in the outer part till 2 cm of depth. In the result of the works it can be stated that the method after Friese is really more effective than the common desalting procedure by cellulose compresses. An almost complete extraction of soluble salts is achieved for the hole column. The

desalination by compresses of cellulose, however remains uncomplete specially in the upper and inner part of the column.

Mainly soluble hydrates of zinc and ammonium sulphates of different composition could be detected by X-ray diffraction of salt crusts. The formation of these salts is caused by atmospheric corrosion of the original cast zinc capitals on the columns.

Literatur

Arnold, B. (1991): Über die Salzbelastung des Dresdner Zwingers. - In: Steinkonservierung - Berichte zu Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland, Bd. 2, S. 36-37, Hannover

Auras, M., Siedel, H. & H. Weber (1997): Reinigung und Steinkonservierung. - In: Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege. - Berufsbildungswerk des Steinmetzund Bildhauerhandwerks e.V., S. 683-716, Ulm (Ebner)

FÖRSTNER, U. (1984): Freisetzung schädlicher Metallverbindungen aus Sedimenten. - In: MERIAN, E. (Hrsg.): Metalle in der Umwelt - Verteilung, Analytik und biologische Relevanz, S. 171-180, Weinheim (Chemie)

Frantz, E. (1990): Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten von Sandsteinen des Mittleren und Oberen Buntsandsteins. - Berichte Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel, 37, 182 S., Kiel

FRIESE, P. (1991): Die Anwendung von Leitfähigkeitsmessungen an salz- und feuchtegeschädigtem Mauerwerk. Teil I, Teil II. - Bautenschutz + Bausanierung 14, S. 125-127, 134-135, Köln

Friese, P. & B. Hermoneit (1993): Entsalzung von Ziegelmauerwerk mit dem Injektionskompressenverfahren. - Bautenschutz + Bausanierung 16, 2, S. 26-27, Köln

Friese, P. & A. Protz (1994): Salzschäden an Ziegelmauerwerk und praktische Erfahrungen mit Entsalzungsverfahren. - Bautenschutz + Bausanierung 17, 8, S. 39-45, Köln

Füchtbauer, H. (1988) (Hrsg.): Sedimentpetrologie Teil II: Sedimente und Sedimentgesteine. - 1141 S., Stuttgart (Schweitzerbart)

Grassegger, G. (1997): Die Verwitterung von Natursteinen an Bauten und Baudenkmälern. - In: Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege. - Berufsbildungswerk des Steinmetz- und Bildhauerhandwerks e.V., S. 433-490, Ulm (Ebner)

KARDEL, K., RANK, G. & W. PÄLCHEN (1996): Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen Teil I: Spurenelementgehalte in Gesteinen. - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 37 S., Radebeul

- Lange's (1992): Lange's Handbook of Chemistry, Dean A. J. (Hrsg.) New York (Mc. Graw-Hill)
- Lua (2000): Luftqualität in Brandenburg, Jahresbericht 1999. Landesumweltamt Brandenburg, 76 S., Potsdam
- MERCK (2001): Der Laborkatalog Chemikalien und Reagenzien. Merck Eurolab GmbH, 1360 S., Fulda (Parzeller)
- MIRWALD, P.W. (1997): Physikalische Eigenschaften der Gesteine. In: Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege. Berufsbildungswerk des Steinmetz- und Bildhauerhandwerks e.V., S. 283-308, Ulm (Ebner)
- MÜLLER, H. & J. LUCKERT (2000): Untersuchung von Sandstein- und Zellulosekompressenproben im Rahmen der Entsalzung von Sandsteinsäulen des Belvedere auf dem Pfingstberg in Potsdam. LGRB Kleinmachnow, 34 S. (unveröff.)
- Perry's (1999): Perry's Chemical Engineers' Handbook, R. H. Perry, D.W. Green New York (McGraw-Hill)
- RÖSLER, H. J. & H. LANGE (1975): Geochemische Tabellen. 700 S., Leipzig (Deutscher Verl. für Grundstoffindustrie)
- Rösler, H. J. (1979): Lehrbuch der Mineralogie. 832 S., Leipzig (Deutscher Verl. für Grundstoffindustrie)
- Schuh, H. (1987): Physikalische Eigenschaften von Sandsteinen und ihren verwitterten Oberflächen. Münchner Geowiss. Abh., R B, 6, 66 S., München (Friedrich Pfeil)
- Selle, M. (1998): Baubeschreibung Belvedere auf dem Pfingstberg zur Generalinstandsetzung. Architekturbüro Manfred Selle, 20 S., Berlin (unveröff.)
- Senstadtum (2001): Luftverunreinigungen in Berlin im Jahre 2000. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, 22 S., Berlin

- SNETHLAGE, R. (1997): Leitfaden Steinkonservierung: Planung von Untersuchungen und Maßnahmen zur Erhaltung von Denkmälern aus Naturstein. 198 S., Stuttgart (Fraunhofer-IRB)
- TUREKIAN, K. K. & K. H. WEDEPOHL (1961): Distribution of the Elements in Some Mayor Units of the Earth's Crust. -Bull. Geol. Geol. Soc. Amer. 72, 172-202
- Weiss, G. (1992): Die Eis- und Salzkristallisation im Porenraum von Sandsteinen und ihre Auswirkungen auf das Gefüge unter besonderer Berücksichtigung gesteinsspezifischer Parameter. Münchner Geowissensch. Abh., Reihe B, 9, 118 S., München (Friedrich Pfeil)
- Weber, H. u.a. (1986): Fassadenschutz und Bausanierung. Der Leitfaden für die Sanierung, Konservierung und Restaurierung von Gebäuden. Kontakt & Studium, Bd. 40: Bauwesen, 505 S., Sindelfingen (Expert)

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 151

Manuskripteingang: 8.11.01

Bildnachweis:

(Titelfoto, Abb. 1 bis 3): Architekturbüro Manfred Selle, Berlin Dipl.-Geol. Holger Müller Dipl.-Geol. Joachim Luckert Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. Detlef Röper

Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg Lennéstr. 9

14471 Potsdam

¹ Für die Unterstützung bei der fachgerechten Beprobung der Sandsteinsäulen sei an dieser Stelle Herrn Steinmetzpolier Frank Ganski gedankt.

BUCHBESPRECHUNG

J. H. Schroeder & F. Brose (Hrsg.) (2000): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 7: Frankfurt (Oder) – Eisenhüttenstadt, XII, 240 S., Berlin (Selbstverl. Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V.)

Mit dem Band "Frankfurt (Oder) – Eisenhüttenstadt" hat der Verein "Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg" der handlichen Serie der "Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg" einen weiteren Band hinzugefügt. Zuvor sind in der gleichen Reihe von Exkursionsführern seit 1993 bereits fünf erschienen, und zwei weitere sind gegenwärtig in Vorbereitung. Bereits die vorliegenden Bände lassen jedoch einige wesentliche gemeinsame Merkmale erkennen, die auch der im Jahre 2000 neu erschienene Band bestätigt. Einesteils ist jeder der bereits erschienenen Bände sowohl nach Inhalt wie Format bestens geeignet als hilfreicher Führer zu den geologischen Gegebenheiten, Besonderheiten und Sehenswürdigkeiten des jeweiligen Exkursionsgebietes. Andererseits lässt die gesamte Reihe nach Auswahl der vorgestellten Exkursionsgebiete wie der inhaltlichen Schwerpunkte erkennen, wie diese Buchreihe schrittweise die Bausteine für eine moderne Geologie des Raumes Berlin und Brandenburg zusammenträgt.

Zwei Besonderheiten bestimmen zusätzlich den Wert der Schriftenreihe: Modernste Forschungsergebnisse stehen in nahezu jedem der Bände neben Kenntnissen, die in den zurückliegenden Jahrzehnten erarbeitet wurden, aber aus unterschiedlichen und häufig genug außerfachlichen Gründen nicht publiziert werden konnten. Jeder der Bände versucht also die Gesamtheit der derzeit verfügbaren Kenntnisse zusammenzufassen und auch alle Autoren zusammenzuführen, die über mehrere Jahrzehnte hinweg zum heutigen Kenntnisstand beigetragen haben. So repräsentiert jeder Band im besten Wortsinn teamwork. Andererseits wird an der Abfolge der Bände über ein knappes Jahrzehnt hinweg auch bereits der Erkenntnisfortschritt zu Einzelthemen, z. B. in der Quartärstratigraphie, deutlich.

Schließlich erfordert ein gemeinsames Merkmal aller bisherigen Bände, unabhängig von regionalspezifischen Besonderheiten des zuletzt erschienenen, ausdrückliche Erwähnung. Es ist der "Blick über den Tellerrand". Mögen Geomorphologie oder Bodenkunde zusammen mit Geologie, Mineralogie, Paläontologie oder Angaben zu Geotektonik und Bergbau noch die Bandbreite des Bemühens um die Geowissenschaften verdeutlichen, so tragen Beiträge aus anderen Disziplinen dazu bei, ein mehr oder minder komplexes Bild der vorgestellten Exkursionsräume erfahrbar zu machen. Geobotanik, Naturschutz und Landnutzung tragen dazu ebenso bei wie ausführliche Angaben zur Archäologie, zu kulturellen Sehenswürdigkeiten, historischen Bezügen und insbesondere der wissenschaftsgeschichtlichen Bedeutung der besprochenen Regionen. Die hieran beteiligten Fachdisziplinen stehen überdies nicht zusammenhanglos nebeneinander, sondern ermöglichen vielmehr gerade im wechselseitigen Bezug ein vertieftes Verständnis der jeweiligen Landschaft. Jeder Band wird so einerseits zum Zeugnis gelungener Interdisziplinarität und belegt andererseits eine intensive Koordinierung der beteiligten Einzelbeiträge, die vor allem dem Herausgeber J. H. Schroeder und seinen Mitstreitern zu danken ist.

Darüber hinaus verdeutlicht aber der vorliegende Band auch eine besonders geglückte Verknüpfung von geowissenschaftlicher Öffentlichkeitsarbeit und fachspezifischer Aktualität. Beispielhaft wird das anhand des dem Quartär gewidmeten Kapitels (I-2) demonstriert. Die zu diesem Kapitel vorgelegte "Allgemeine Einführung" von L. LIPPSTREU bietet eine ebenso knappe und auf wesentliche Sachverhalte orientier-

te wie allgemeinverständliche Darstellung der für das Verständnis der norddeutschen Quartärgeologie maßgeblichen Sachverhalte. Andererseits verfolgt J. H. Schroeder unter der Überschrift "Gliederung - ein schwieriges Problem, nicht nur für Laien" die keineswegs abgeschlossenen und zeitweise noch immer durchaus emotional geführten innerfachlichen Diskussionen um die erdgeschichtliche Gliederung des Quartärs, bei der gerade dem berlin-brandenburgischen Raum eine weit über diesen regionalen Rahmen hinausreichende Bedeutung zukommt, nicht nur im Gebiet der neuen deutschen Bundesländer, sondern mindestens im Bezug auf das gesamte Mitteleuropa. Jüngste Bemühungen, in diesem Fragenkreis bestehende Widersprüche und Unklarheiten durch gezielte fachliche Diskussionsrunden abzubauen, wie beispielhaft anlässlich eines Symposiums an der TU Berlin im Juni 1999, finden dabei ebenso Berücksichtigung wie der Beitrag grenzüberschreitender geowissenschaftlicher Zusammenarbeit, etwa durch das zuständige brandenburgische Landesamt mit polnischen Fachvertretern. Auch die Notwendigkeit derartiger Bemühungen und Kooperationen wird verdeutlicht. Entscheidend ist dabei, dass die Nutzung geowissenschaftlicher Kenntnisse durch Unklarheiten im Kreis der Fachvertreter beeinträchtigt wird. So ist "für den unvoreingenommenen Nutzer von Karten sowie für Studierende und Lehrende ... das Fehlen einer verbindlichen Gliederung bzw. Legende ein erhebliches Defizit" (S. 26). Folgerichtig ist das Bemühen, in beigegebenen Tabellen (S. 27-28) nicht einfach einem früheren Kenntnisstand zu folgen, sondern möglichst dem aktuellen Stand der innerfachlichen Diskussion gerecht zu werden. Die vielfältige praktische Relevanz fundierter quartärgeologischer Kenntnisse, verdeutlicht auf den vorangehenden Seiten, bekräftigt nur den bestehenden Klärungsbedarf. Andererseits erleichtern gelungene graphische Darstellungen das Verständnis der erörterten Sachverhalte über den Kreis sachkundiger und probleminvolvierter Fachvertreter hinaus. Ein Wort der Anerkennung für die hier hilfreich wirksam gewordene Graphikerin (B. DUNKER, Berlin) erscheint in diesem Zusammenhang mehr als angemessen.

Eine weitere wesentliche Hilfe bei der Nutzung des Bandes ist das beigegebene und von M. Müller bearbeitete Glossar, das den Band beschließt, allerdings wohl doch noch erweiterungsbedürftig ist.

Naturgemäß ist der Hauptteil des Bandes, wie bei seinen Vorgängern, der geowissenschaftlichen Orientierungshilfe im Gelände, gewidmet. Dieser Teil gewinnt besonders einerseits durch die reichliche bildliche Ausstattung, bei der Karten, Profile und Profilschnitte und Diagramme ebenso vielfältig beteiligt sind wie fotografische Belege für Aufschlüsse, Landschaftssituationen und Fundgut (z. B. Geschiebe). Von dieser Ausstattung profitieren übrigens wieder in fairer Kooperation auch die am Band beteiligten Nachbardisziplinen, und einzelne Fotos erlangen dabei zugleich den Wert historischer Dokumente, wie z. B. Aufnahmen zum großen Oder-Hochwasser 1997 (S. 149) oder vom Bruchfeld Brieskow-Finkenheerd über auflässigem Braunkohlentiefbau (Aufnahmedaten gleichfalls 1997; S. 166). Die Verwendbarkeit im Gelände wird übrigens bei der gesamten Reihe von Exkursionsführern nicht nur durch den Inhalt gefördert, sondern ebenso auch durch das handliche Format.

Die Verbindung zur Fachliteratur stellt indessen ein nahezu abschließender Literaturnachweis her, der dem Buchumfang angemessen, nur eine thematisch geordnete Literaturauswahl bieten kann.

Das Bändchen ist damit nicht nur inhaltsreich und informativ, sondern zugleich auch für einen breiten Leserkreis ausgesprochen nutzerfreundlich gestaltet. Auch in dieser Hinsicht repräsentiert es die ganze Schriftenreihe der geowissenschaftlichen Exkursionsführer durch Berlin und Brandenburg in typischer Weise.

K.-D. Jäger

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 17–31	7 Abb., 1 Tab., 37 Lit.
----------------------------------	--------------	----------------------	----------	-------------------------

Die oligozäne und miozäne Schichtenfolge im mittleren Teil der Salzstruktur Gorleben-Rambow

ANGELIKA KÖTHE, WOLFGANG WEISS & RAINER ZWIRNER

Einleitung

Die geowissenschaftliche Erkundung des Salzstocks Gorleben begann 1979 zunächst im Untersuchungsgebiet "Gorleben-Süd". Nach der Wiedervereinigung wurde auch das nördlich gelegene Gebiet "Dömitz-Lenzen" in die Untersuchung einbezogen. Dieses Gebiet liegt im Übergangsbereich zwischen dem Salzstock Gorleben und dem Salzstock Rambow. Die gesamte Struktur wird als die Salzstruktur Gorleben–Rambow bezeichnet.

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms "Dömitz-Lenzen" wurden in den Jahren 1996 und 1997 für die geologische und die hydrogeologische Erkundung des Deckgebirges im Bereich der Salzstruktur Gorleben–Rambow und der beiderseiti-

gen Randsenken nördlich der Elbe und südlich des Rudower Sees 22 hydrogeologische Aufschlußbohrungen mit bis zu vier Nebenbohrungen zur Errichtung von Grundwassermeßstellen sowie fünf strukturgeologische Bohrungen abgeteuft (Abb. 1). Die Endteufen der Bohrungen lagen zwischen 174 m und 446 m. Bei der geowissenschaftlichen Auswertung wurden Ergebnisse neuer flachseismischer Untersuchungen (ZIRNGAST 2000) sowie älterer Tiefbohrungen, vorwiegend der Erdölindustrie, berücksichtigt.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über den mittleren Bereich der SW-NE streichenden Salzstruktur Gorleben-Rambow, wobei die Aufschlußbohrungen im Wesentlichen in der NW-Randsenke und nur eine Bohrung in der SE-Randsenke

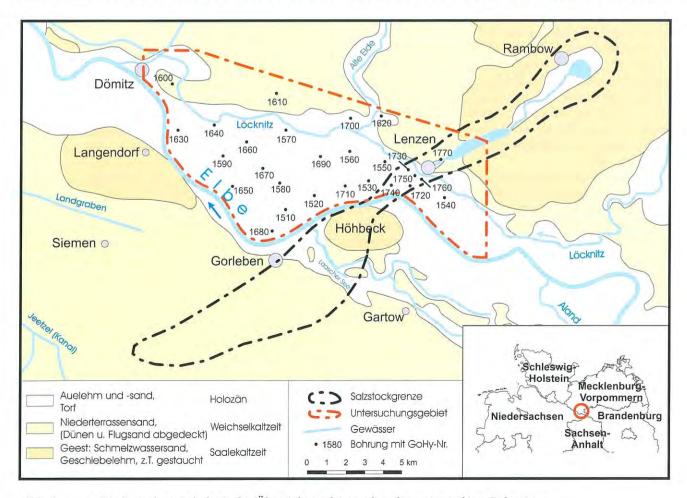


Abb. 1 Geologisch-morphologische Übersicht und Lageplan der untersuchten Bohrungen

Tab.1	Anzahl	der	biostratigraphisch	und	sedimentol	logisch	bearbeiteten	Proben
-------	--------	-----	--------------------	-----	------------	---------	--------------	--------

	Olig	gozän		Miozän		
	Rupelton	Chatt- Schichten	Untere Braun- kohlensande	Hamburg- Ton	Obere Braun- kohlensande	
Foraminiferen	80	199	29	36	-	
Dinozysten	11	14	32	111	1	
Kalknannoplankton	24	5	-	9		
Siebanalyse	T ~	25	42	9	5, 7	
Kombinierte Sieb-/ Sedimentationsanalyse		9		11	(4)	
Karbonatgehalt	-	16		- 8		
Organischer Kohlenstoff	2-		8	14	7+)	

der Salzstruktur abgeteuft wurden. Die Aufschlußbohrungen durchteuften quartäre Deckschichten und Schichten des Miozäns und des Ober-Oligozäns und wurden mit dem Erreichen des Rupeltons bzw. der Chatt-Schichten eingestellt. Hinzu kamen fünf Bohrungen auf der Salzstruktur, die das ältere Tertiär und das Hutgestein durchbohrten und mit dem Erreichen des Steinsalzes eingestellt wurden. Die Bohrungen wurden als Spülbohrungen mit offener Bohrkrone zur regelmäßigen Entnahme von Stoßkernen (Durchmesser 3 cm, Länge 5-50 cm) sowie mit einem komplexen Meßprogramm geophysikalischer Bohrlochmessungen durchgeführt. Die Stoßkernentnahmen erfolgten vorzugsweise in den Schichten vom Hamburg-Ton bis zum Rupelton. An 13 Standorten wurden in ausgewählten Teufenbereichen der Nebenbohrungen längere Kernstrecken mit einem Durchmesser von 101 mm erbohrt.

Es wurden ca. 550 Stoßkerne und gekernte Sedimentproben aus dem Oligozän und Miozän für die Altersbestimmung ausgewählt und mit Hilfe verschiedener Mikrofossilgruppen wie Foraminiferen, Dinozysten (Dinoflagellatenzysten mit organischer Wandung) und Kalknannoplankton biostratigraphisch bearbeitet (Tab. 1). Die Kerne wurden teilweise sehr eng beprobt (dm-Abstand), zum Teil jedoch auch in einem weiten Abstand (bis ca. 50 m).

Die angewandten Tertiär-Zonierungen der einzelnen Mikrofossilgruppen sind eingehängt in die Gliederungen für die nordwesteuropäischen Tertiärbecken, die im IGCP-Projekt 124 "The Northwest European Tertiary Basin" (VINKEN 1988) aufgestellt wurden.

Besondere Aufmerksamkeit bei den sedimentologischen Untersuchungen galt der Korngrößenverteilung in den Unteren Braunkohlensanden und den Schichtfolgen des Hamburg-Tons wegen ihrer Bedeutung als Hauptgrundwasserleiter bzw. als Grundwassergeringleiter bis Grundwasserhemmer. Ein Teil der biostratigraphischen und lithologischen Untersuchungen aus quartären Schichten werden in Strahl & Zwirner (dieses Heft) vorgestellt.

Grundlagen der biostratigraphischen Einstufungen

Eine Gegenüberstellung der verschiedenen Mikrofossil-Zonierungen gibt Abbildung 2.

Im Endlagerprojekt Gorleben wird die internationale Tertiär-Gliederung, die eine Zweiteilung des Oligozäns in die Stufen Rupel und Chatt vorsieht, angewendet.

Benthische Foraminiferen

Da planktonische Foraminiferen nur selten vorkamen und unter diesen keine Leitfossilien der internationalen Tertiär-Gliederung gefunden wurden, erfolgte die Alterseinstufung der oligozänen Sedimente mit benthischen Foraminiferen. Sie basiert auf Arten der B-Zonen-Gliederung für die nordwesteuropäischen Tertiärbecken (v. Daniels & Gramann 1988b). Die Rupel-Stufe des **Unter-Oligozäns**, die B 5-Zone, war durch die Leitarten *Cassidulina carapitana*, *Rotaliatina bulimoides* und *Turrilina alsatica* charakterisiert, deren erstes und letztes Vorkommen (EV, LV) auf diese Stufe beschränkt ist (Abb. 3).

Die Chatt-Stufe des **Ober-Oligozäns**, die B 6-Zone, war durch folgende Leitarten charakterisiert: *Asterigerina guerichi guerichi* (EV), *Cribrononion subnodosum* (EV bis LV), *Protelphidium roemeri* (EV bis LV), *Fursenkoina acuta* (= *F. schreibersiana*) (EV).

Die B 7-Zone, die der Vierlande- und der Hemmoor-Stufe des Unter-Miozäns von Norddeutschland (vgl. Abb. 2) entspricht, konnte aufgrund der Verlandung im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen werden. Typische Leitarten des Unter-Miozäns, wie Asterigerina guerichi staeschei, Virgulinella pertusa, Uvigerina tenuipustulata und Elphidium inflatum, kamen nicht vor.

Feinstratigraphisch wurde im Untersuchungsgebiet die Rupel-Stufe des Unter-Oligozäns gegliedert in (a) unteres Rupel (Rupel-Zonen 1-3), und (b) oberes Rupel (Rupel-Zone 4) (Spiegler 1965).

In der **Chatt-Stufe** wurden in Anlehnung an Spiegler (1974) und Müller & Rusbült (1981) die Zone des Eochatt (a) und

Abs. Alter (Ma)	Se	erie	Stufen- gliederung (international)	(N	Stufen- gliederung W-Deutschland)	Lithostra Gorleben	atigraphie SW-Mecklenburg NW-Brandenburg	Lithologie im UG Dömitz-Lenzen (vereinfacht)	Fo ①	Senthische oraminiferen	Kalknanno- plankton	Dinozyste																
BERGGREN et al. (1995)		HARDEN	BOL et al. (1998)	HINSCH & ORTLAM (1974), SPIEGLER (1986)		KOCKEL (1988), BOEHME (1991)	LOTSCH (1981). MENNING (1991)	(diese Arbeit)	v. DANIELS & GRAMANN (1988)		MARTINI (1971)	KÖTHE (1990 mod.)																
		11.2								U. saxonica	11.8 NN 7																	
15 —		MIDDLE	SERRAVALLIAN		NGENFELDIUM				В9	U. langeri	NN 6																	
			14.8				A			U, brunnensis	NN 5	Zone nich																
	.001	Σ	LANGHIAN		REINBEKIUM		Pritzierer Schichten	nicht abgelagert	В8	U. macro- carinata	15.6	definiert (oberes Mit																
	Z		16.4		_	Oberer Glimmerton Obere Braunkohlen-				U. acuminata		bis mittlere Unter-Mioza																
	H H					sande	Obere Malisser Sch.	fS-mS, u2, kf		U. tenuipustu-	NN 3-4	17.95																
	MIOCENE	>	BURDIGALIAN	HEMMOORIUM .		Hamburg-Ton	Untere Malisser Schichten	fS-mS, u2, kf wl U/fS-mS, kf U, zt T, s2,^brk, kf		lata	19.0	17.93																
	_	EARLY	20.52				3. Laus. FH Mölliner Schichten	fS-mS, gs2-gs3, ^brk, kf	В7	U. hemmoor- iensis		D16																
		ш	AQUITANIAN			Untere Braunkohlensande	Brooker Schichten	IS-ms2-ms3, u2-u3, kf		Vir. pertusa- Ast. guerichi staeschei	NN 1-2																	
			23.B			U. Glimmerton	1	U, fs4, kf		V. crista	23.9																	
25 —	1	OLIGOCENE RLY LATE	L	OZÄN	NEOCHATTIUM	Neochatt Schichten	Rogahner Schichten	fS. u-u4, lag (U), k		S. magna		D15																
	빙		CENE	LATE	NE LATE	NE LATE	NE LATE	LATE	LATE	LATE	LATE	NE LATE	LATE	LATE	LATE I	LATI	LAT	LATI	CHATTIAN	OBER-OLIGOZÄN	CHATTIUM	Eochatt Schichten	Sülstorfer Schichten	15. u4. k U, fS, 12, k	В6	A. osnabrug- ensis	NP 25	
-	円 円			28.5	OB	233(0)((1)2)(Plater Schichten	fS, u3-u4, gk3-gk4', k	4	P. oblonga Ast. g. guerichi	77																
30 —	900			EF	OBERES 4			10,00 11,110,111		B5	NP 24 29.9	'n																
30 —	OLI	EARLY	RUPELIAN	MITTEL-	RUPELIUM 3 UNTERES 2	Rupelton	Rupel Schichten	T, zt u, k-kf	B5		NP 23	D14 n																
T	7	ш	ш		32.3	1		20.00				32.3 32.8 NP 22																
		33.7		LATDORFIU		Neuengammer Gassand	Rupel Basissand	fS, zt U, "gk", kf			NP 21	_{33.5} D13																
35 —	EO- CENE	ATE	PRIABONIAN		BER-EOZÄN	Obereozäne Tonfolge	Obere Schönewalder	wi U-T, k-kf	B4 (pars)	B4 (pars)	NP 19-20 36.0	D12 n																
	C		37.0		(OE)	forfloige	Schichten	7.7	(Para)		37.0 NP 18	r																

Zonierung f
 ür NW-Europa

Abkürzungen

Lithologie nach PREUSS et al. (1991)

Benthische Foraminiferen: A. = Almaena, Ast. g. = Asterigerina guerichi, P. = Palmula, S. = Saracenaria, U. = Uvigerina, V. = Vaginulinopsis, Vir.. = Virgulinella

2. bzw. 3. Laus. FH; 2. bzw. 3. Lausitzer Flözhorizont

Die absoluten Altersangaben in den Spalten Kalknannoplankton und Dinozysten beziehen sich auf HARDENBOL et al. (1998)

Im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen

Nicht untersucht

Abb. 2 Biostratigraphische und lithostratigraphische Gliederung des Ober-Eozäns bis Mittel-Miozäns

die Zone des Neochatt (b) unterschieden. Die Zone des Eochatt ist charakterisiert durch vorwiegend kalkschalige, benthische Foraminiferen mit den Leitfossilien Asterigerina guerichi guerichi, Palmula oblonga und Almaena osnabrugensis. Die Zone des Neochatt ist durch relativ arme Foraminiferenfaunen mit Vaginulinopsis crista als Leitfossil charakterisiert, die äquivalent zur Saracenaria-magna-Zone ist (vgl. Spiegler 1974). Eine entsprechende Abfolge wurde für das Eochatt und das Neochatt in Ostdeutschland angewendet (Müller & Rusbült 1981).

Dinozysten

Im Paläogen wird eine modifizierte Version der Dinozysten-Zonierung von Costa & Manum (1988) und Köthe (1990) angewendet (Abb. 4).

Die absoluten Altersangaben stammen aus HARDENBOL et al. (1998, Chart 3).

Zone D 14 (modifiziert)

Subzone D 14 na = Intervall vom ersten Vorkommen

(EV) von *Chiropteridium galea* bis zum letzten Vorkommen (LV) von

Enneadocysta pectiniformis.

Subzone D 14 nb = Intervall vom letzten Vorkommen

(LV) von Enneadocysta pectiniformis bis zum letzten Vorkommen (LV)

von Rhombodinium draco.

Bemerkungen: Die Grenze D 14 nb/D 15 ist, weil der Index-Marker *Rhombodinium draco* selten und nicht kontinuierlich vorkommt, schwierig zu fassen. Vermutlich ist das nur sporadische Vorkommen von *Rhombodinium draco* stark durch die Fazies kontrolliert. Trotz ihres sporadischen Auftretens werden das letzte Vorkommen (LV) von *Chiropteridium lobospinosum* und von *Wetzeliella gochtii*, nicht aber von *Pentadinium lophophorum*, *Wetzeliella symmetrica* oder

⁽²⁾ Zonierung für den Raum "Weser-Aller-Elbe"

Abs. Alter (Ma) BERGGREN et al. (1995)		erie HARDENE	Stufen- gliederung (international) OL et al. (1998)	1	Stufen- gliederung V-Deutschland) PIEGLER (1986)	F	Benthische oraminiferen . DANIELS & AMANN (1988)	Index-Arten im Untersuchungs- gebiet Dömitz-Lenzen
25 —	CENE	LATE	23.8 CHATTIAN	OBER-OLIGOZĂN NEOCHATLINM EOCHATLINM		В6	V. crista S. magna A. osnabrugensis P. oblonga Ast. g. guerichi	Cribrononion subnodosum, LV Protelphidium roemeri Vaginulinopsis crista, EV Saracenaria magna, EV Almaena osnabrugensis, EV Palmula oblonga, EV
	OLIGOCENE	EARLY	RUPELIAN	UNT SE MITTEL-	OBERES 4 RUPELIUM 3 UNTERES 2 1	B5	B5	Asterigerina guerichi guerichi, EV Subbotina angiporoides, LV Rotaliatina bulimoides, EV Cassidulina carapitana, EV
	EO- CENE	LATE	933.7 PRIABONIAN	34.2	LATDORFIUM		B4 (pars)	Turrilina alsatica, EV

- 1) Zonierung für NW-Europa
- (2) Zonierung für den Raum "Weser-Aller-Elbe"

Abk.: A. = Almaena, Ast. g. = Asterigerina guerichi, P. = Palmula, S. = Saracenaria, V. = Vaginulinopsis

Abb. 3

Biostratigraphische Gliederung des Oligozäns nach benthischen Foraminiferen (nach v. Daniels & Gramann 1998, Müller & Rusbült 1981) und die im Raum Dömitz-Lenzen benutzten Index-Arten

Deflandrea phosphoritica, als Hilfsmarker für die Grenze D 14 nb/D 15 benutzt.

Alter: Mittleres Unter-Oligozän (Subzone D 14 na), oberes Unter-Oligozän bis unteres Ober-Oligozän (Subzone D 14 nb)

Zone D 15 (modifiziert)

Intervall vom letzten Vorkommen (LV) von *Rhombodinium draco* bis zum letzten Vorkommen (LV) von *Chiropteridium galea*.

Bemerkung: Aus pragmatischen Gründen wird im Untersuchungsgebiet als Marker für den Top der Zone D 15 das letzte Vorkommen (LV) von *Chiropteridium galea* benutzt, da diese Art im Oligozän relativ kontinuierlich vorkommt. Alter: Unteres Ober-Oligozän bis unteres Unter-Miozän

Zone D 16 (modifiziert)

Intervall vom letzten Vorkommen (LV) von *Chiropteridium* galea bis zum letzten Vorkommen (LV) von *Cordosphaeridium* cantharellum.

Korrelation mit anderen stratigraphischen Gliederungen: Powell (1992, Abb. 4.10) gibt das letzte Vorkommen (LV) von Cordosphaeridium cantharellum an der Grenze Unter-Miozän/Mittel-Miozän an. Da Cordosphaeridium cantharellum im oberen Unter-Miozän der Bohrung Nieder-Ochtenhausen (Strauss, Lund & Lund-Christensen im Druck) nicht mehr vorkommt, wird bezüglich der Korrelation der Zone D 16 der Auffassung von Haq et al. (1987, Abb. 2) und Hardenbol et al. (1998, Chart 3) gefolgt.

Alter: Unteres bis mittleres Unter-Miozän

Im Untersuchungsgebiet konnten jüngere Sedimente anhand von Dinozysten nicht zoniert werden. Mittleres Unter-Miozän bis oberes Mittel-Miozän ist durch das Fehlen von Cordosphaeridium cantharellum und das Vorkommen von Systematophora placacantha und/oder Apteodinium tectatum (Powell 1992, Abb. 4.10) charakterisiert, die ihr letztes Vorkommen (LV) im oberen Mittel-Miozän haben.

Kalknannoplankton

Kalknannoplankton wurde in den miozänen Schichten des Untersuchungsgebietes nicht nachgewiesen. Es werden deshalb nur die festgestellten Zonen des Oligozäns, die Zone NP 24 sowie die Zone NP 25 vorgestellt, die nach der Standardzonierung von MARTINI (1971) in der Modifikation von MÜLLER (1978) und MÜLLER & KÖTHE (1988) angewendet (Abb. 5) wurden.

Zone NP 24 (Sphenolithus-distentus-Zone), modifizierte Definition (MÜLLER 1978)

Intervall vom ersten Vorkommen (EV) von *Cyclicargolithus* abisectus, *Helicosphaera* ("*Helicopontosphaera*") recta bis zum ersten Vorkommen (EV) von *Pontosphaera* ("*Discolithus*") enormis.

Bemerkung: Da *Helicosphaera recta* in Norddeutschland nur selten vorkommt, beruht die Datierung der Basis dieser Zone auf dem ersten Vorkommen (EV) von *Cyclicargolithus abisectus*.

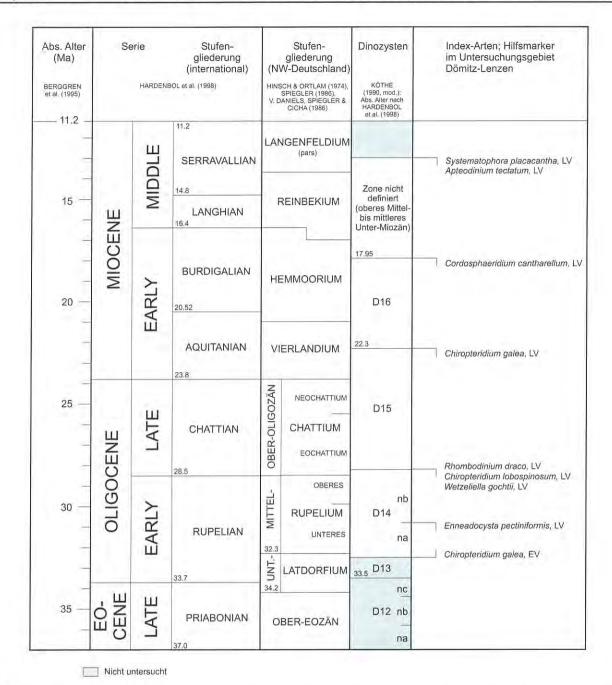


Abb. 4
Biostratigraphische Gliederung des Oligozäns und Unter-Miozäns nach Dinozysten (Köthe 1990, modifiziert) sowie die im Raum Dömitz-Lenzen benutzten Index-Arten und Hilfsmarker

Alter: Oberes Unter-Oligozän bis unteres Ober-Oligozän (HARDENBOL et al. 1998)

Zone NP 25 (Sphenolithus-ciperoensis-Zone), modifizierte Definition (MÜLLER & KÖTHE 1988)

Intervall vom ersten Vorkommen (EV) von *Pontosphaera* ("Discolithus") enormis bis zum letzten Vorkommen (LV) von *Helicosphaera recta*.

Bemerkung: *Helicosphaera recta* ist im Untersuchungsgebiet sehr selten. Untersuchungen in Italien (FORNACIARI & RIO 1996) haben gezeigt, dass das letzte Vorkommen (LV) von *Helicosphaera recta* nicht zuverlässig ist. Das letzte Vorkommen (LV) von *Zygrhablithus bijugatus* wird deshalb als Hilfsmarker benutzt.

Alter: Mittleres bis oberes Ober-Oligozän (Haq et al. 1987, Hardenbol et al. 1998)

Die Oligozän-Miozän-Grenze fällt nach der Kalknannoplankton-Zonierung mit der Grenze NP 25/NN 1 zusammen (Martini 1971, Müller 1978, Müller & Köthe 1988).

Gliederung der tertiären Schichtenfolge

Im Untersuchungsgebiet lassen sich drei geomorphologische Einheiten unterscheiden: die Talauen von Elbe und Löcknitz, die weichsel-kaltzeitliche Niederterrassenebene und die hügeligen Geestgebiete der Saale-Kaltzeit. Das wenig gegliederte Relief der Oberfläche verbirgt einen komplizierten, salinartektonisch gesteuerten Strukturbau im Untergrund.

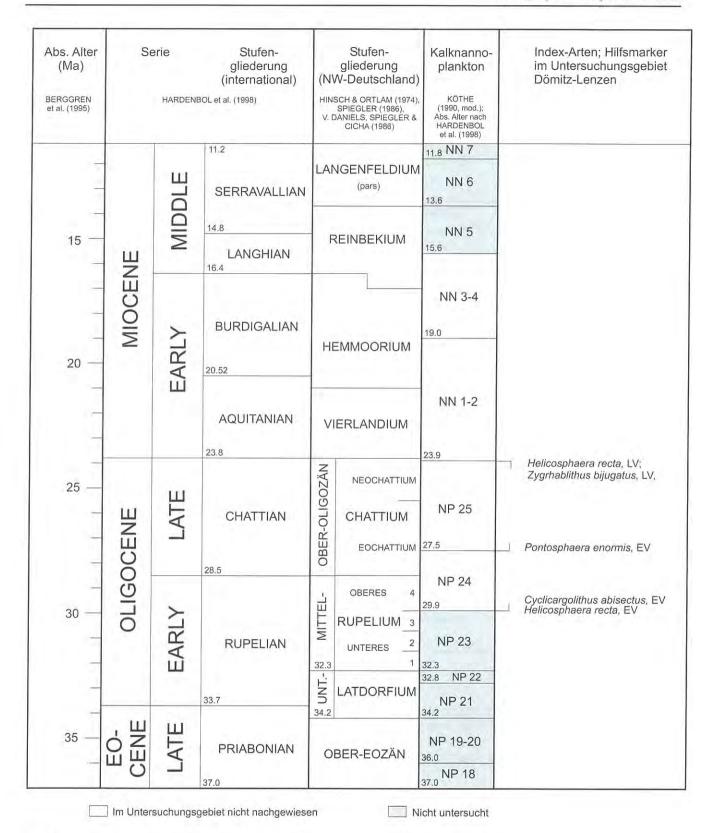


Abb. 5
Biostratigraphische Gliederung des Oligozäns nach Kalknannoplankton (Martini 1971, Müller 1978, Müller & Köthe 1988, modifiziert) sowie die im Raum Dömitz-Lenzen benutzten Index-Arten und Hilfsmarker

Er ist geprägt von der Salzstruktur Gorleben-Rambow und den sie auf beiden Seiten begleitenden sekundären Randsenken (Abb. 1). Im Untersuchungsgebiet schwankt die Breite der Struktur zwischen ca. 1 km und 1,3 km.

Die tertiäre Schichtenfolge ist sehr stark beeinflusst durch die regionale Position des Untersuchungsgebietes am Südrand des nordwesteuropäischen Tertiär-Beckens. Infolge epirogener Hebungen und Senkungen sowie von Meeresspiegelschwankungen und den damit verbundenen Verlagerungen des Beckenrandes verzahnen sich hier seit dem Ober-Oligozän zunehmend marine Ablagerungen mit kontinentalen Sedimenten, die von NE und S geschüttet wurden.

Ausführliche lithostratigraphische, petrographische und biostratigraphische Darstellungen des nordwest- und nordostdeutschen Tertiärs sind in Vinken (1988) enthalten. Darin beschreiben v. Daniels & Gramann (1988a) die regionale Lithostratigraphie des östlichen Niedersachsens. Die Paläogeographie und Lithostratigraphie des nordostdeutschen Tertiärs sind bei Lotsch (1969, 1981) zusammenfassend erläutert. Das jüngere Tertiär in Nord- und Nordost-Niedersachsen im Detail behandelt zuletzt Kuster (im Druck).

Oligozän

Eine im **Unter-Oligozän** einsetzende weltweite Transgression führte zu einer weit über das Untersuchungsgebiet hinaus nach Süden und Südosten reichenden marinen Sedimentation. An der Basis der oligozänen Schichtenfolge liegt meist ein wenige Meter mächtiger Feinsand-Schluff-Horizont, die <u>Neuengammer Gassande</u> bzw. die <u>Rupel-Basissande</u>.

Diese Ablagerungen sind in den Bohrungen GoHy 1730, 1740, 1750 und 1770 aufgeschlossen worden. In allen vier Bohrungen handelt es sich um einen schluffigen durchweg kalkfreien Feinsand. Der Glaukonitgehalt variiert und ist in Schlieren angereichert, entsprechend wechselt die Farbe zwischen graugrün, olivgrün und grüngrau.

Nach älteren Erdölbohrungen sind diese sandig-schluffigen Ablagerungen generell in der NW- und SE-Randsenke verbreitet. Die Mächtigkeit ist mit 6,5 m bis 12,3 m der Schichtmächtigkeit in den Strukturbohrungen des Projektes vergleichbar. In der NW-Randsenke liegt das tiefste Vorkommen bei -579 m NN, in der SE-Randsenke bei -415 m NN.

Die Neuengammer Gassande wurden biostratigraphisch nicht näher untersucht. Einzeldatierungen nach Dinozysten ergaben, wie auch aus Gorleben-Süd bekannt (Köthe 1990), eine Einstufung in die Zone D 13 (unteres Unter-Oligozän).

Die sandige Fazies der Neuengammer Gassande weicht zum Hangenden schnell der monotonen Lithofazies des küstenferneren Beckenbereiches. In dieser kam als relativ einförmige Folge der Rupelton zur Ablagerung, der den höchsten Meeresspiegelstand während des gesamten Tertiärs in dieser Region dokumentiert. Die Sedimentation beginnt mit schwach schluffigen, teils fetten, graugrünen bis olivgrünen Tonen. An der Basis sind diese kalkfrei, zum Hangenden setzt ein schwacher Kalkgehalt ein, der nach oben mit kalkfreien Partien wechselt. Etwa im oberen Drittel beginnen stärker schluffige Partien, die zum Hangenden der gesamten Folge in tonige Schluffe übergehen. Dieser Bereich ist überwiegend kalkhaltig, selten auch kalkfrei.

Typisch für die gesamte Schichtenfolge ist das Auftreten von Pyrit in Form von Schlieren, Nestern und Konkretionen sowie Grabgängen und pyritisierten Fossilien (Foraminiferen). Vereinzelt sind Fischreste enthalten und selten treten sideritisch-kalzitische Konkretionen (Septarien) bis zu dm-Durchmesser, vorwiegend in den hangenden Bereichen, auf. Auf der Salzstruktur sind die Profile nach Stratigraphie und Mächtigkeit reduziert und repräsentieren nur den unteren Rupelton. Die in den Randsenken geteuften Bohrungen er-

schlossen dagegen Schluffe und Tone des unteren und oberen Rupels.

Die auf der Salzstruktur nachgewiesenen Mächtigkeiten liegen zwischen 16 m (Scheitelposition) und 107 m (Flankenposition). In den Randsenken steigen die Mächtigkeiten und wurden mit maximal 211 m in der NW-Randsenke und 150 m in der SE-Randsenke erbohrt.

Die Rupel-Einstufung nach Foraminiferen ist in ein unteres Rupel und ein oberes Rupel zweigegliedert. Der Top des unteren Rupels ist durch das Aussetzen von *Subbotina angiporoides* (planktonische Foraminiferenart) gekennzeichnet (vgl. Spiegler 1986), die in mehreren Bohrungen jeweils in Einzelproben nachgewiesen wurde.

Das untere Rupel ist durch seine Dominanz von Sandschaler-Foraminiferen und von Fischresten gekennzeichnet sowie durch das häufige Vorkommen von charakteristischen Kalkschaler-Foraminiferen, wie Cibicides sulzensis und Ceratobulimina contraria. Charakteristische Sandschaler-Foraminiferen sind Ammodiscus incertus, Cyclammina placenta, Glomospira charoides und Haplophragmoides latidorsatus.

Das obere Rupel ist durch reiche Kalkschaler-Foraminiferenfaunen charakterisiert, durch das häufige Vorkommen von Cibicides ungerianus und durch auffällig reiche Dentalinen-Vergesellschaftungen (Dentalinen-Horizont) und reicht bis zur Asterigerina-guerichi-guerichi-Zone des Eochatts.

Die in den untersuchten Bohrungen identifizierten Foraminiferen-Vergesellschaftungen sind weniger reich an Arten als in Spiegler (1965) und in v. Daniels et al. (1994) angegeben. Die auf Dinozysten untersuchten Proben aus dem Rupelton wurden als Subzonen D 14 na und D 14 nb (mittleres Unter-Oligozän bis unterstes Ober-Oligozän) datiert. Charakteristisch sind das Vorkommen von *Chiropteridium galea* und *Chiropteridium lobospinosum*.

Die aus dem Rupelton auf Kalknannoplankton untersuchten Proben enthielten davon wenig und wiesen eine geringe Artenanzahl auf. Dies, sowie die schlechte Erhaltung der Kalknannofossilien, ist vermutlich durch diagenetische Kalklösung bedingt - ein Umstand, der die biostratigraphische Einstufung erschwerte. Es wurde die Zone NP 24 (oberstes Unter-Oligozän bis unteres Ober-Oligozän) sowie ein nicht genauer als NP 24 bis NP 25 (oberstes Unter-Oligozän bis Ober-Oligozän) einzustufendes Intervall bestimmt. Charakteristisch sind das Vorkommen von *Cyclicargolithus abisectus* und *Reticulofenestra scissura*.

Die hochmarinen Tone des Unter-Oligozäns werden im **Ober-Oligozän** durch zunächst tonige und anschließend feinsandige Schluffe und zum Hangenden durch schluffige Feinsande abgelöst, die unter zunehmend flachmarinen Verhältnissen gebildet wurden.

Für das geologisch-hydrogeologische Untersuchungsprogramm waren die Grenzen Rupel-Eochatt, Eochatt-Neochatt sowie die Grenze Neochatt-Miozän von besonderer Bedeutung. Deshalb sind die Chatt-Schichten der im Tertiär biostratigraphisch am intensivsten bearbeitete Komplex (Tab. 1). Da die genannten Grenzen anhand von Foraminiferen am besten zu fassen sind (Köthe 1990), basierte die Untersuchung der Proben fast ausschließlich auf dieser Fossilgruppe.

Die Eochatt-Schichten setzen mit stark schluffigen Feinsanden ein, die in stark feinsandige und glaukonitführende Schluffe übergehen. Diese Basisschichten werden 5,2 m bis 17,3 m mächtig, sind kalkfrei und von olivgrauer bis graugrüner Farbe, Eine "Hardground"-Fazies, wie sie v. Bülow (1970) in gleicher stratigraphischer Position über dem Rupelton in den Plater Schichten SW-Mecklenburgs beschrieb, konnte im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen werden. Es bleibt daher offen, ob es sich bei den erbohrten Schichten um eine als Glaukonitsand ausgebildete fazielle Vertretung der Plater Schichten handelt oder ob die Plater Schichten im Untersuchungsgebiet generell fehlen. Biostratigraphisch ist dieser Horizont durch die Asterigerina-guerichi-guerichi-Zone (Asterigerinen-Horizont) nachgewiesen und damit in das untere Eochatt zu stellen. Er ist durch das massenhafte Vorkommen von Individuen der genannten Art charakterisiert. Seltene Vertreter von Cibicides, einige Nodosariidae (Dentalina, Lenticulina/Robulus) und Cribrononion subnodosum kommen gelegentlich hinzu.

Über den feinsandigen Basisschichten des Eochatts folgen vorwiegend braungraue bis olivgraue, häufig grünstichige, wechselnd tonige und feinsandige Schluffe. Der Feinsandgehalt nimmt kontinuierlich nach oben hin zu. Der hangende Bereich ist in vielen Bohrungen als schluffiger Feinsand mit Mächtigkeiten zwischen 4 m und 15 m ausgebildet. Sowohl Schluff als auch Feinsand sind stark kalkhaltig, führen Glaukonit, häufig Molluskenschalenreste und sind schwach glimmerführend.

Die Mächtigkeit des Eochatts einschließlich der Basisschichten erreicht im Zentrum der NW-Randsenke 100 m bis 115 m und in der SE-Randsenke 68 m.

Sedimentologische Untersuchungen zeigen Schluff und Ton als die Hauptkomponenten (Schluff 30-40 %, Ton 15-25 %, Feinsand 10-30 % und Mittelsand 8-20 %), daneben Feinsandspektren (Feinsand 55-60 %, Mittelsand 25 %, Grobsand 5-8 %, Schluff 10-12 %). Der Kalkgehalt schwankt zwischen 2.8-5.5 %.

Der obere Teil des Eochatts ist nach Foraminiferen durch die *Palmula-oblonga-*Zone und die *Almaena-osnabrugensis-*Zone repräsentiert, die sich faziell vertreten können.

Anhand von Dinozysten wurden die Eochatt-Schichten – ebenso wie die Neochatt-Schichten und der untere Teil der Unteren Braunkohlensande – in die Zone D 15 eingestuft. Charakteristisch für diesen Abschnitt sind das Vorkommen von Chiropteridium galea und Cordosphaeridium cantharellum.

Nur sehr wenige Proben wurden aus den Eochatt- und Neochatt-Schichten auf Kalknannoplankton untersucht, das fehlt oder mäßig häufig ist und als NP 25 datiert wurde. Charakteristisch sind das gemeinsame Vorkommen von *Pontosphaera enormis*, *Zygrhablithus bijugatus* und *Reticulofenestra scissura*. Des Weiteren sind umgelagerte Arten aus der Kreide relativ häufig vorhanden.

Im <u>Neochatt</u> setzt sich die sandige Fazies des oberen Teils des Eochatts fort. Es erfolgt eine weitere Abnahme des Schluffanteils. In der petrographischen Zusammensetzung dominieren grüngraue bis olivgraue, braune, wechselnd glimmer- und glaukonithaltige, schluffige Feinsande. Im mittleren und hangenden Teil sind lagenweise feinsandige Schluf-

fe eingeschaltet. Der Kalkgehalt wechselt zwischen schwach bis stellenweise stark, selten sind Molluskenschalen im Sediment eingebettet. In einigen Bohrungen wurden wenige dm-starke sideritische bis kieselige Verfestigungen zu Feinsandstein erbohrt.

Nach sedimentologischen Untersuchungen liegen die Feinsandgehalte zwischen 50-75 %, die Mittelsandanteile bei 13-30 % und die Schluffgehalte zwischen 5-10 %. Gelegentliche Schluffeinschaltungen von 1,2 m bis 1,8 m Mächtigkeit weisen Schluffgehalte von 42-61 % auf. Der Kalkgehalt schwankt zwischen 0,1 und 1,0 % und ist damit deutlich geringer als im Eochatt.

Die Mächtigkeiten des Neochatts liegen zumeist zwischen 10 m und 25 m. Der höchste Wert wurde in der Bohrung GoHy 1670 mit 27 m ermittelt. Nur 6 m beträgt die Mächtigkeit in der Bohrung GoHy 1720 auf der südöstlichen Hebungszone der Salzstruktur.

Der höchste Abschnitt des Ober-Oligozäns, das Neochatt, ist nach Foraminiferen durch die *Vaginulinopsis-crista*-Zone repräsentiert, die zur *Saracenaria-magna*-Zone äquivalent ist. *Vaginulinopsis crista* tritt im Neochatt zum ersten Mal auf (vgl. Spiegler 1974). Die Index-Art *Saracenaria magna* wurde in den untersuchten Bohrungen nicht nachgewiesen (vgl. LANGKUTSCH et al. 1996: 14).

Vaginulinopsis crista kommt allerdings selten vor und wurde in der Regel zusammen mit chatt-typischen Arten, wie z. B. Protelphidium roemeri und/oder Cribrononion subnodosum, gefunden. Die zuletzt genannten Arten, d. h. gesicherte Chatt-Hinweise, fehlen in den höchsten Nachweisen der Vaginulinopsis-crista-Zone aufgrund der mikrofaziellen Entwicklung. Die Mikrofauna wird hier immer seltener und verschwindet dann ganz. Diese Proben mit Vaginulinopsis crista und ohne Protelphidium roemeri und ohne Cribrononion subnodosum gehören vermutlich noch dem Neochatt an. Die Grenze Neochatt Schichten-Untere Braunkohlensande

konnte anhand von Dinozysten nicht festgelegt werden. Im Unterschied zu den Unteren Braunkohlensanden enthielten alle aus den Chatt-Schichten untersuchten Proben Dinozysten, wenn auch in einigen Proben mit geringem Gehalt.

Unter-Miozän

Die im jüngeren Ober-Oligozän einsetzende regressive Tendenz verstärkte sich im Unter-Miozän und führte im Untersuchungsgebiet zur Sedimentation vorwiegend fluviatiler bis limnischer Sedimente. Die kalkfossilfreien Ablagerungen lassen sich vom Hangenden zum Liegenden in Obere Braunkohlensande, Hamburg-Ton und Untere Braunkohlensande unterteilen.

Für das Gebiet von NW-Brandenburg/SW-Mecklenburg führte Lotsch (1981) für den gleichaltrigen Bereich die lithostratigraphischen Bezeichnungen Bockuper, Mallisser, Mölliner und Brooker Schichten ein. Dabei wurden besonders die Ergebnisse der Kartierungsbohrungen "Neogen SW-Mecklenburg" berücksichtigt (v. Bülow 1970). Die Korrelation der stratigraphisch/lithostratigraphischen Einheiten ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Nach stratigraphischen Untersuchungen eines Bohrprofils in SW-Mecklenburg wird die gesamte Schichtenfolge in das Unter-Miozän eingestuft (Rusbült & Strauss 1992).

Die <u>Unteren Braunkohlensande</u> können in einen unteren, überwiegend nur feinsandigen Teil und einen oberen, vorherrschend mittel- bis grobsandigen Bereich mit eingelagerten Braunkohlenflözen unterteilt werden. Wie Langkutsch et al. (1996) deutet auch Kuster (im Druck) eine mögliche Parallelisierung der unteren feinkörnigen Fazies der Braunkohlensande mit den Brooker Schichten und des oberen gröberen Bereichs mit den Mölliner Schichten NW-Brandenburgs/SW-Mecklenburgs an.

Der untere Teil der Unteren Braunkohlensande beginnt in den meisten Bohrungen mit einem bis 6 m mächtigen dunkelbraunen, glimmerigen, feinsandigen Schluff, der teilweise durch Zunahme von Feinsandlagen und -schmitzen in stark schluffige Feinsande übergeht. Vereinzelt tritt schwacher Kalkgehalt auf, selten kommen Mollusken- und Gastropodenschalen wie im liegenden Neochatt vor. Lithologisch besteht eine große Ähnlichkeit mit dem während des Vierland abgelagerten "Unteren Glimmerton" im weiter nordwestlich gelegenen Raum.

Darüber folgen graue, teilweise graubraune, wechselnd glimmerführende, schluffige Feinsande. Vereinzelt sind in die kalkfreien Sande dünne Schlufflagen eingeschaltet. Im oberen Abschnitt treten partienweise auch Mittelsande auf, so dass eine Abgrenzung vom hangenden oberen Teil der Unteren Braunkohlensande mitunter erschwert ist. In der Bohrung GoHy 1603 liegen aus 16 Proben über die gesamte Sandfolge Korngrößenanalysen vor. Danach zeigt sich ein sehr gleichmäßiges und gleichkörniges Korngrößenspektrum mit 70-77 % Feinsand, 20-27 % Mittelsand und 3-8 % Schluff.

Im unteren Teil der Sandfolge treten vereinzelt mehrere dmstarke bräunliche kalkig-sideritische Feinsandsteine auf. Die Mächtigkeit der Sande beträgt in der NW-Randsenke maximal 74 m.

Nach Langkutsch et al. (1996: 15 f.) sind im unteren Teil der Unteren Braunkohlensande, den Brooker Schichten, Mikrofossilien selten. Die biostratigraphischen Untersuchungen im Untersuchungsprogramm Dömitz-Lenzen haben diesen Befund bestätigt. Das Fehlen bzw. die Armut an Dinozysten zeigt zeitweilige brackische bis fluviatil/limnische Ablagerungsbedingungen an.

Nach Dinozysten konnte im unteren Teil der Unteren Braunkohlensande die Zone D 15, die vom unteren Ober-Oligozän bis ins untere Unter-Miozän reicht, datiert werden. Charakteristisch für diesen Abschnitt sind das Vorkommen von Chiropteridium galea und Cordosphaeridium cantharellum. Arten wie z. B. Tuberculodinium vancampoae und Labyrinthodinium truncatum, die im Unter-Miozän bzw. bereits im obersten Ober-Oligozän ihr erstes Vorkommen haben, wurden in den unter-miozänen Schichten nicht beobachtet.

Der <u>obere Teil der unteren Braunkohlensande</u> setzt sich vorwiegend aus hellgrauen bis braungrauen, schluff- und glimmerarmen Fein- bis Grobsanden zusammen. Ein nennenswerter Kalkgehalt oder marine Faunenführung konnten nicht nachgewiesen werden. Insgesamt verstärkten sich die kontinentalen Sedimentationsbedingungen. In der unteren Hälfte treten häufig Mittelsande bis Grobsande auf. Vereinzelt sind auch Feinkiese eingestreut. Die vorliegenden elf Korngrößenanalysen aus der Bohrung GoHy 1603 bestätigen das wechselnde Korngrößenspektrum: bis zu 70 % Feinsand, bis

zu 58 % Mittelsand und auch bis zu 55 % Grobsand. Der Sand besteht ausschließlich aus Quarz, daher die ältere Bezeichnung "Quarzsand-Gruppe" für diese Schichtfolge.

In die Sandfolge sind bis zu drei, z. T. mehrere Meter mächtige Braunkohlenflöze eingeschaltet. Die Verbreitung und Parallelisierung der selten auftretenden beiden liegenden Flözhorizonte ist infolge intra-miozäner Abtragung und Aufarbeitung und fazieller Aufspaltung in mehrere Einzelflöze flächenhaft nicht leicht zu verfolgen. Nach Lotsch et al. (1982) und Langkutsch et al. (1996) werden die beiden unteren Flöze dem 4. Lausitzer Flözhorizont zugeordnet.

Der obere Flözhorizont zeigt dagegen mit Ausnahme der im Quartär erodierten Bereiche eine fast geschlossene Verbreitung und horizontbeständige Lage ca. 10 m unterhalb des hangenden Hamburg-Tons. Die Mächtigkeit liegt im Durchschnitt zwischen 1,5 m und 3 m, maximal werden 7,5 m erreicht. Stellenweise ist das Flöz durch ein geringmächtiges Sandmittel (ca. 1 m) in zwei Flözbänke aufgespalten.

Auf die analoge stratigraphische Position und die zusammenhängende Verbreitung des Braunkohlenflözes im Liegenden des Hamburg-Tons im Wendland weist Kuster (im Druck) hin. Lotsch et al. (1982) parallelisieren dieses Flöz mit dem 3. Lausitzer Flözhorizont und weisen ebenfalls auf seine große Verbreitung und sein Übergreifen auch auf Salzkissenstrukturen im nördlichen Brandenburg hin. Dies kann auch für das Untersuchungsgebiet bestätigt werden, wo dieses Flöz in den Bohrungen GoHy 1740 und GoHy 1760 über dem Top der Salzstruktur durchteuft wurde.

Die größte Mächtigkeit des oberen Teils der Unteren Braunkohlensande mit 61 m bis 69 m liegt im Zentrum der NW-Randsenke. Die maximale Gesamtmächtigkeit der Unteren Braunkohlensande beträgt in der Bohrung GoHy 1580 130 m. Der obere Teil der Unteren Braunkohlensande ist ohne Mikrofauna (Foraminiferen, Ostrakoden) und enthält keine bzw. fast keine Dinozysten. Eine Altersdatierung war nicht möglich.

Über den Unteren Braunkohlensanden setzt mit scharfer Grenze der <u>Hamburg-Ton</u> mit einer Ton/Schluff-Sedimentation ein, in die sich nach oben zunehmend sandige Bildungen einschalten. Die Mächtigkeit und Fazies unterliegen stark wechselnden Bedingungen. Die Schichtmächtigkeiten sind abhängig von der jeweiligen Position in den Randsenken und vom Tiefgang der quartären Erosion. Die Fazies spiegelt den wiederholten Wechsel zwischen limnisch-brackischem und fluviatil-terrestrischem Milieu mit zunehmend kontinentalen Einflüssen zum Hangenden wider. Kuster (im Druck), der vergleichbare Bildungen aus dem Gebiet des nordöstlichen Niedersachsens beschreibt, spricht daher von einem "Hamburg-Ton-Komplex".

In SW-Mecklenburg/NW-Brandenburg wird diese Folge, ausgehend von der Beschreibung des Braunkohlentertiärs von Malliß (GEHL 1966), als Mallisser Schichten bezeichnet. Es werden Untere Mallisser Schichten unterschieden, die in Langkutsch et al. (1996) mit dem Hamburg-Ton und Obere Mallisser Schichten, die mit den Oberen Braunkohlensanden parallelisiert werden. Die Unteren Mallisser Schichten schließen mit der obersten Bank des 2. Lausitzer Flözhorizontes (Mallisser Oberflöz?) ab (Lotsch et al. 1982).

Im Untersuchungsgebiet bietet sich als obere Grenze für die

als Hamburg-Ton zusammengefaßte Schichtenfolge ein in der westlichen Hälfte verbreitet auftretendes Flöz an, das mit dem 2. Lausitzer Flöz (Mallisser Oberflöz?) altersgleich gesetzt werden kann. Über die Bohrungen GoHy 290 und GoHy 310 ist eine Korrelation mit dem Gebiet südlich der Elbe gegeben.

Innerhalb dieses Schichtkomplexes sind fünf Horizonte auszuhalten:

Mallisser Oberflöz? obere Sandfolge Schluff/Sand-Wechselfolge untere Sandlage Ton/Schluff-Unterbank.

Der Hamburg-Ton enthält im Untersuchungsgebiet keine Foraminiferen bzw. keine kalkige Mikrofauna und auch kein Kalknannoplankton. Dieses Ergebnis entspricht früheren Befunden (Langkutsch et al. 1996: 17). Der Gehalt an Dinozysten ist gering. Die vom Liegenden zum Hangenden zunehmende Verarmung an Dinozysten im Hamburg-Ton sowie das Vorkommen von Süß- und Brackwasseralgen, wie Pediastrum und Botryococcus, wird als allmählicher Übergang von brackischen zu limnischen Ablagerungsbedingungen interpretiert.

Die Ton/Schluff-Unterbank besteht aus dunkelgraubraunen, selten hellgraubraunen, glimmerhaltigen, wechselnd tonigen Schluffen bis schluffigen Tonen. Im allgemeinen bilden die Tonbereiche die Liegendpartien. Sie sind durch mm-dünne, helle Schlufflagen undeutlich geschichtet. Im schluffigen Bereich wird die Schichtung dichter, die Lagen etwas stärker und häufiger treten glimmerreiche Feinsandlagen hinzu, so dass eine Art Bänderstruktur entsteht. Stellenweise führen die Tone/Schluffe Pyrit und weisen ein bioturbates Gefüge auf. Die Basis der Unterbank ist überwiegend stark kohlig. In der Hälfte der Bohrungen liegt in diesem Bereich ein geringmächtiges Kohleflöz.

Die Korngrößenanalysen aus der Bohrung GoHy 1584 bestätigen den generellen Aufbau. Die untere Probe weist 51 % Ton und 49 % Schluff auf, im höheren Teil wurden 17 % Ton, 30 % Schluff und 43 % Feinsand ermittelt. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff liegt im Flöz bei 52 %, in den kohligen Tonen und Schluffen bei 4-33 %. Die Mächtigkeiten der Ton/Schluff-Unterbank betragen 6 m bis 19 m.

Dinozysten sind im untersten Bereich des Hamburg Tons nicht vorhanden. Einige Meter oberhalb der Basis des Hamburg-Tons konnte die Zone D 16 (unteres bis mittleres Unter-Miozän) datiert werden. Charakteristisch für diese Zone sind das Vorkommen von Cordosphaeridium cantharellum, Distatodinium spp. und Systematophora placacantha sowie das Fehlen von Chiropteridium galea.

Über der kompakten Ton/Schluff-Unterbank läßt sich im gesamten Untersuchungsgebiet eine klastische Einschüttung verfolgen, die im Gamma-Ray-Log einen markanten Intensitätsrückgang zeigt. Diese <u>untere Sandlage</u> besteht überwiegend aus grauen, teils graubraunen, vereinzelt glimmerführenden, schluffigen Feinsanden. Stellenweise sind dm-starke bis zu 4 m mächtige feinsandige Schlufflagen eingeschaltet. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt 2 m bis 14 m. Nach oben wird die Körnung häufig gröber bis zur Ausbildung von Grobsanden. Nach Korngrößenanalysen variiert das

Korngrößenspektrum von 78 % Feinsandanteil bis zu 69 % Grobsandgehalt. Die Sande sind durchgehend kalkfrei.

Wie in der Ton/Schluff-Unterbank wurde auch in der unteren Sandlage die Dinozysten Zone D 16 (unteres bis mittleres Unter-Miozän) datiert.

Den größten Anteil an der Folge des "Hamburg-Ton-Komplexes" nimmt die als Schluff/Sand-Wechselfolge bezeichnete Serie ein. Ihre Mächtigkeit schwankt je nach Position in der NW-Randsenke und der Erosionstiefe des Quartärs zwischen 6,5 m und 64 m. Im beckentieferen Bereich der Randsenke beträgt die durchschnittliche Mächtigkeit 45 m bis 60 m. Hier kam eine Folge von graubraunen bis dunkelbraunen, glimmerhaltigen, unterschiedlich feinsandigen und tonigen Schluffen in Wechsellagerung mit hellgrauen bis braungrauen, glimmerigen, schluffigen Feinsanden, gelegentlich auch Mittelsanden zur Ablagerung. Die Schluffpakete überwiegen und werden durchschnittlich 7 m bis 20 m mächtig. Sie sind unterbrochen von Sandhorizonten mit Schichtstärken von 3 m bis 12 m. Partienweise ist die beschriebene Wechselfolge auch innerhalb der größeren Pakete im Bereich von einigen dm bis cm ausgebildet. Dann zeigen die Schluffe, verstärkt durch Schlieren, Schmitzen und dünne Lagen von Feinsand bis Grobschluff einen Bänderschluffhabitus. Mitunter treten kohlige Partien bis hin zur Flözbildung auf, so z. B. in den Bohrungen GoHy 1560, 1570, 1580 und 1690. Die Flözmächtigkeiten können bis zu 4,2 m betragen. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um erste Bildungen des 2. Lausitzer Flözhorizontes. Nach sedimentologischen Untersuchungen einzelner Proben aus der Bohrung GoHy 1584 schwankt innerhalb der Schluffpakete der Tongehalt zwischen 10-26 %, der Schluffgehalt zwischen 63-83 % und der Sandgehalt von 8-23 %. Der Anteil an organischem Kohlenstoff liegt im Braunkohlenflöz bei 34 % bzw. 37 %. Die Wechselfolge ist insgesamt kalkfrei.

Aus der Schluff/Sand-Wechselfolge wurden 35 Proben auf Dinozysten untersucht, wovon ein Drittel als Zone D 16 (unteres bis mittleres Unter-Miozän) und als "mittleres Unter-Miozän bis oberes Mittel-Miozän" eingestuft werden konnte. Das "mittlere Unter-Miozän bis obere Mittel-Miozän" enthält eine arten- und individuenarme Dinozysten-Flora und ist durch das Vorkommen von *Systematophora placacantha* und durch das Fehlen von *Cordosphaeridium cantharellum* charakterisiert. Zwei Drittel der Proben enthielten keine bis fast keine Dinozysten.

Die Ausgliederung einer <u>oberen Sandfolge</u> ist problematisch, da sowohl in der Petrographie als auch in den Logs der geophysikalischen Bohrlochmessung zu den Oberen Braunkohlensanden keine nennenswerten Unterschiede bestehen. Die Unterscheidung erfolgt aufgrund der Trennung von Unteren und Oberen Mallisser Schichten im Bereich des 2. Lausitzer Flözhorizontes (Mallisser Oberflöz). Unterhalb des genannten Flözes wurden in vier Bohrungen 16 m bis 25 m mächtige hellgraue bis braungraue schluffige Feinsande durchteuft, in die einige dm- bis 2 m starke Schlufflagen eingeschaltet sind. Die Sandserie ist schwach glimmerführend und kalkfrei.

Aus der oberen Sandfolge konnte eine Probe anhand von Dinozysten als "mittleres Unter-Miozän bis oberes Mittel-Miozän" datiert werden.

Gleichfalls nur in wenigen Bohrungen nachgewiesen wird ein 1,6 m bis 5 m mächtiges Braunkohlenflöz am Top des "Hamburg-Ton-Komplexes". Dieses Flöz wird mit dem 2. Lausitzer Flözhorizont bzw. dem Mallisser Oberflöz? parallelisiert. Lithologisch handelt es sich um schluffige, mit Feinsandlagen durchsetzte, xylitische Braunkohle bzw. stark kohlige Schluffe mit Lagen von Braunkohle. Infolge quartärer Ausräumung ist das Flöz nur lückenhaft vorhanden und auf den nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes beschränkt.

Die Unterteilung des Hamburg-Tons in fünf Horizonte ist ein hier vorgestellter Versuch, die faziell stark wechselnde Folge des Sedimentpaketes in Einzelabschnitte zu gliedern. Damit besteht eine Möglichkeit, die durch quartäre Erosion später stark reduzierten bzw. durch halokinetische Prozesse in der Mächtigkeit beträchtlich schwankenden Schichtserien zu parallelisieren.

Die gesamte Folge des Hamburg-Tons erreicht im Zentrum der NW-Randsenke Mächtigkeiten zwischen 80 m bis 102 m. Im Bereich der NW-Flanke der NW-Randsenke sind in fünf Bohrungen <u>Obere Braunkohlensande</u> aufgeschlossen worden. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 5 m und 18 m. Es sind graue, schwach glimmerführende, mittelsandige, schluffige und einzelne Schlufflagen führende, kalkfreie Feinsande. Auch im sich südwestlich der Elbe anschließenden Gebiet sind die Oberen Braunkohlensande in ähnlich feinkörniger Ausbildung nachgewiesen (GoHy 290 und GoHy 9002). Die Gesamtmächtigkeit der Schichten ist wahrscheinlich durch die darüber folgenden quartären Ablagerungen reduziert worden.

Die Oberen Braunkohlensande sind das jüngste erhalten gebliebene Schichtglied des Tertiärs im Untersuchungsgebiet Dömitz-Lenzen.

Aus den Oberen Braunkohlensanden wurden zwei Proben

auf Dinozysten untersucht. Die biostratigraphische Einstufung ergab mittleres Unter-Miozän bis oberes Mittel-Miozän und entspricht der Altersdatierung der oberen Sandfolge des Hamburg-Tons. Biostratigraphisch sind die Oberen Braunkohlensande nicht vom Hamburg-Ton zu unterscheiden: Das Vorkommen von *Systematophora placacantha* und das Fehlen von *Cordosphaeridium cantharellum* sind charakteristisch. Die untersuchten Proben enthalten fast keine Dinozysten und wurden vermutlich unter brackischen bis limnischen Bedingungen abgelagert.

Lagerungsverhältnisse

Die Lagerungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet werden durch die Salzstruktur Gorleben-Rambow und den sie im NW und SE begleitenden sekundären Randsenken bestimmt.

Das Senkungszentrum der NW-Randsenke reicht im Untersuchungsgebiet von der Elbe bis ca. 1 km südwestlich der Löcknitz. Die Randsenkenflanken steigen vom Senkenzentrum rascher nach SE in Richtung Salzstruktur als nach NW in Richtung der Antiklinale von Dömitz-Gorlosen an.

Die SE-Randsenke der Salzstruktur Gorleben-Rambow ist erheblich flacher als die NW-Randsenke. Das Senkenzentrum erstreckt sich aus dem Raum Gartow über den Raum südlich Lenzen (GoHy 1540) und verläßt in Richtung NE das Untersuchungsgebiet. In beiden Randsenken haben sich die Lage und Konturierung des jeweiligen Senkenzentrums seit dem Beginn des Tertiärs nicht wesentlich verändert.

Zwischen der Elbe und dem Rudower See liegt die Hutgesteinsoberfläche, die der Tertiär-Basis entspricht, auf der Salzstruktur in einer Tiefe von 200 m bis 250 m unter NN. In den Randsenken dagegen ist die Basis des Tertiärs auf tiefer als -1100 m NN (NW-Randsenke) bzw. tiefer als -750 m NN (SW-Randsenke) abgesenkt.

Die Basis der Rupel-Schichten liegt in der nordwestlichen

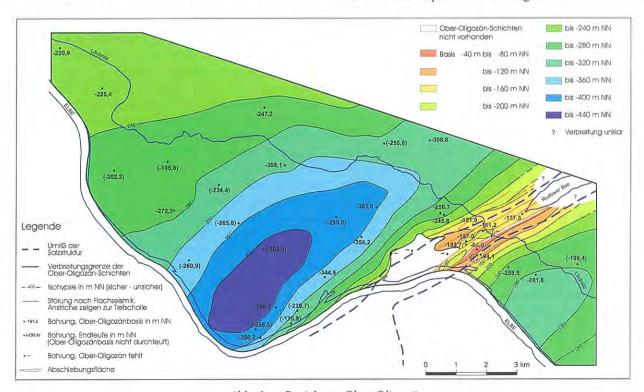


Abb. 6 Basiskarte Ober-Oligozän

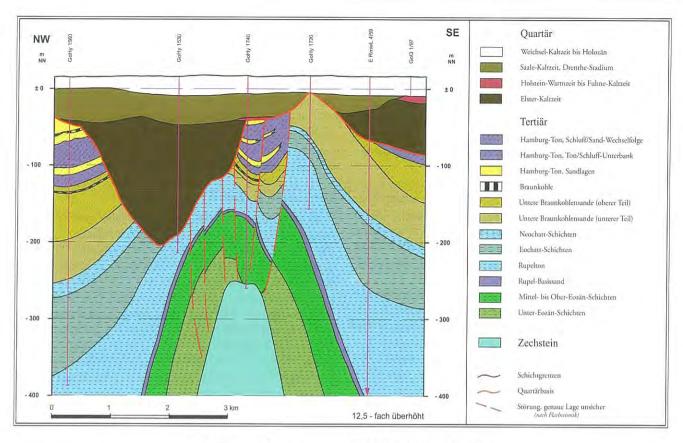


Abb. 7 Geologischer Schnitt durch die Salzstruktur

Randsenke bei -670 m NN und in der südöstlichen Randsenke bei -510 m NN. Während der großräumigen Senkungsphase der Rupelzeit erreichen die Schichtmächtigkeiten in den Randsenken 240 m bzw. 220 m. Das Vorkommen der Basissande der Rupel-Schichten (Neuengammer Gassande) sowohl in den Randsenken als auch auf der Salzstruktur und die darüber folgenden Rupeltone belegen für das gesamte Untersuchungsgebiet marine Faziesverhältnisse. Infolge späterer Hebung und Erosion wurde die primär größere Schichtmächtigkeit der Rupel-Schichten auf der Salzstruktur auf Werte von 16 m (GoHy 1760) bis 92 m (GoHy 1750) reduziert.

Die Lagerungsverhältnisse sind in den Abbildungen 6 und 7 veranschaulicht.

Die tiefsten Bereiche des Ober-Oligozäns liegen in der NW-Randsenke bei -430 m NN. In der SE-Randsenke liegt die Basis dieser Schichten etwa 140 m höher. Die höchste Basisposition der ober-oligozänen Schichten im Hebungsbereich der Salzstruktur wurde am Südostrand bei -64,0 m NN erbohrt. Diese Teufe entspricht der Basis des Ober-Oligozäns auf dem Randwulst oder Ringwall, der am südöstlichen Rand der Salzstruktur von der Elbe bis zum Rudower See ausgebildet ist. Am Nordwestrand der Salzstruktur ist die randliche Aufschleppungszone mit höchsten Basiswerten des Ober-Oligozäns zwischen -130 m und -140 m NN weniger deutlich ausgeprägt und nach SW auf breiter Erstreckung von der quartären Gorlebener Erosionsrinne durchbrochen (Abb. 6). Nach den Bohrergebnissen verringert sich die Mächtigkeit des Ober-Oligozäns von 85 m bis 120 m aus den Randsenken auf 40 m bis 60 m im Randwulst.

Zwischen der Elbe und dem Rudower See liegen in der Achse der Salzstruktur die Basiswerte der ober-oligozänen Schichten erheblich tiefer als auf den beiderseitigen Randwülsten. Nach den Ergebnissen der Flachseismik (ZIRNGAST 2000) und gestützt durch die Bohrergebnisse kann dieser Bereich als zentraler Scheitelgraben gedeutet werden. Die Höhendifferenz der Ober-Oligozänbasis zwischen dem südöstlichen Randwulst und dem tiefsten Grabenbereich beträgt 100 m bis 120 m. Zum nordwestlichen Hebungskranz ist die Amplitude mit 50 m bis 60 m geringer (vgl. Abb. 7). Basierend auf den flachseismischen Profilschnitten sind die Scheitelgrabenstörungen am SE-Rand mit größeren Sprunghöhen ausgebildet als am NW-Rand. Die Verwerfungen über dem Strukturscheitel weisen ein steileres Einfallen und größere Sprunghöhen auf als die Störungen über der NW-Flanke. Die Störungen klingen schon über der Salzstruktur aus, ein charakteristisches Merkmal für Abschiebungen, die durch Aufwölbung entstanden sind.

Bei der Bildung des zentralen, tiefsten Teils des Scheitelgrabens hat ebenfalls Subrosion eine Rolle gespielt. Gegen eine starke Ablaugung des Tops der Salzstruktur spricht, dass in den Bohrungen GoHy 1740, 1750, 1760 und 1770 das Hutgestein mit 1,5 m bis 4,3 m Mächtigkeit nur gering ausgebildet ist. Da relativ vollständige Abfolgen ober-oligozäner Schichten nicht nur an den Rändern der Salzstruktur, sondern auch in Teilen des Scheitelgrabensystems erhalten geblieben sind, ist anzunehmen, dass sie primär die gesamte Salzstruktur bedeckten. Danach könnte das Störungssystem erst nach dem Ober-Oligozän entstanden sein.

Die Basis der Unteren Braunkohlensande, also die Basis des

Miozäns, liegt in der NW-Randsenke bei -305 m NN und in der SE-Randsenke bei -205 m NN. Im Anstieg zur NW-Flanke der Salzstruktur steigt die Basis auf -200 m bis -100 m NN an. Im Erosionsbereich der quartären Gorlebener Rinne mit Basiswerten des Pleistozäns unter -200 m NN fehlen daher diese Ablagerungen. Die höchsten Positionen der Unteren Braunkohlensande wurden ähnlich wie beim Ober-Oligozän in den beiderseitigen Randwülsten erbohrt: -70 m NN im NW-Randwulst und -64 m NN im südöstlichen Hebungskranz. Nach den Ergebnissen der Flachseismik befindet sich das höchste Niveau der Unteren Braunkohlensande am SE-Rand zwischen -60 m bis -40 m NN. Im zentralen Bereich der Scheitelgrabendepression sind die Unteren Braunkohlensande zusammenhängend im Basisniveau zwischen -100 m und -140 m NN mit Mächtigkeiten von 20 m bis 40 m verbreitet. Die tiefe Einsenkung der Schichten im Bereich der Bohrung GoHy 1740 könnte mit durch subrosive Prozesse verursacht sein.

Die unter-miozänen Schichten des Hamburg-Tons sind in beiden Randsenken weitflächig in Normalmächtigkeit erhalten. In der NW-Randsenke befindet sich die Basis in Tiefen bis -195 m NN, in der SE-Randsenke bei -105 m NN. Die Schichten des Hamburg-Tons, die primär im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet waren, sind im östlichen Teil des Arbeitsgebietes nur noch fleckenhaft erhalten geblieben. Ursachen sind die quartäre Erosion in der Gorlebener und Gartow-Klüsser Rinne sowie jungtertiäre Abtragungen im Bereich des südöstlichen Randwulstes der Salzstruktur. Der zentrale Scheitelgraben über der Salzstruktur zeichnet sich auch in den Schichten des Hamburg-Tons deutlich ab. Während sich Mächtigkeit und Basislinien von der Löcknitz bis zum Rudower See zur NW-Flanke der Salzstruktur mit geringen Sprunghöhen absenken bzw. angleichen, ist der Bereich um die Bohrung GoHy 1740 um über 50 m abgesenkt und durch größere Mächtigkeiten des Hamburg-Tons ausgewiesen. Wie bereits bei der Basis des Ober-Oligozäns und der Unteren Braunkohlensande beschrieben, haben hierbei subrosive Prozesse die erhebliche Absenkung mitgesteuert. Die Oberen Braunkohlensande sind nur auf der NW-Flanke der Nordwest-Randsenke in Erosionsresten erhalten geblieben. Die Basislinien deuten auf ein Absinken zum Zentrum der Randsenke hin. Danach würde sich die Senkungstendenz in der NW-Randsenke zumindest bis in diesen Zeitabschnitt des obersten Unter-Miozän fortsetzen.

Die Verwerfungsbeträge an den Scheitelgrabenstörungen (Abb. 7) zeigen deutlich, dass die Bewegungen auch nach der Ablagerung der Schichten des Hamburg-Tons anhielten. Nach den Bohrergebnissen werden die unter-miozänen Ablagerungen erst wieder von quartären Sedimenten, größtenteils saalezeitlichen Schmelzwassersanden, diskordant überlagert. Deshalb kann nicht eingeschätzt werden, über welchen Zeitraum die Einsenkung des Scheitelgrabens bis in das jüngere Tertiär bzw. Altquartär andauerte.

Fazit

Das Untersuchungsprogramm Dömitz-Lenzen lieferte neue Erkenntnisse über den geologischen Aufbau des Deckgebirges im nördlichen Teil der Salzstruktur Gorleben-Rambow sowie Unterschiede im Untersuchungsgebiet "Gorleben-Süd". Im Untersuchungsgebiet Dömitz-Lenzen

- reichte die quartäre Erosion bis maximal in den Rupelton,
- sind auf der Salzstruktur unter-miozäne Sedimente vorhanden,
- ist ein zentraler Scheitelgraben auf der Salzstruktur nachgewiesen.

Die vorgestellten Ergebnisse sind Teil des Unterprogramms Gorleben. Eine vereinheitlichte Darstellung der Geologie des Deckgebirges "Gorleben-Gesamt" wird derzeit erarbeitet und zu einem späteren Zeitpunkt publiziert werden.

Zusammenfassung

Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes Dömitz-Lenzen als Bestandteil des Endlagerprojektes Gorleben wurden nördlich der Elbe für die geologische und die hydrogeologische Erkundung des Deckgebirges in den Randsenken der Salzstruktur Gorleben-Rambow sowie auf der Salzstruktur 27 Bohrungen abgeteuft. Unter quartären Sedimenten wechselnder Mächtigkeit folgen tertiäre Schichten des Unter-Miozän und Oligozän. Während im Oligozän vorwiegend grüngraue Schluffe und Tone zur Ablagerung kamen, bestimmen seit dem Miozän Glimmer- und Quarzsande, wechselnd tonige und feinsandige dunkle Schluffe sowie Braunkohle die Schichtenfolge. Die entsprechenden Sedimente dieser Bohrungen wurden biostratigraphisch mit Foraminiferen, Dinoflagellatenzysten, Kalknannoplankton und sedimentologisch mit Korngrößenanalysen, Bestimmungen des Gehaltes an Kalk und organischem Kohlenstoff bearbeitet.

Es wurden die Rupel-Eochatt-Grenze und die Eochatt-Neochatt-Grenze des Oligozäns biostratigraphisch sicher nachgewiesen. Die Grenze Oligozän-Miozän konnte in den untersuchten Profilabschnitten aufgrund ungünstiger Faziesbedingungen bzw. fehlender Leitfossilien biostratigraphisch nicht eindeutig festgelegt werden.

Summary

27 boreholes drilled in the vicinity of the Gorleben–Rambow salt structure, north of the Elbe river, reached Oligocene and Miocene sediments. The sediments have been studied sedimentologically by grading analysis, calcimetry, organic carbon chemistry and biostratigraphically with benthic foraminifers, dinoflagellate cysts and calcareous nannoplankton.

The Oligocene consists of silts to clays of the Rupelian or Septarian clay Formation and silts or fine sands of the Chattian sand Formation. The thickness of the Oligocene deposits reaches about 300 m in the rim syncline and 25-140 m on the salt structure. The subdivision of the Rupelian stage according to the foraminifers distinguishes a lower and an upper part based on benthic foraminiferal zones. The dinoflagellate cyst subzones D 14na and D 14nb as well as the NP 24 zone of the calcareous nannoplankton zonation have been recognized. The Chattian part of the sections shows three benthic foraminiferal zones, the dinoflagellate cyst zone D 15 and the calcareous nannoplankton zone NP 25. The upper part of the Chattian is barren of calcareous microfossils. The Oligocene-Miocene boundary is within a carbonate free, sandy part and could not be characterized by microfossils.

The Miocene part of the sections consists of fine-grained mica sands, medium quartz sands with thin seams of brown coal and silty to clayey deposits (Lower Browncoal Sands, Hamburg Clay Member, Upper Browncoal Sands). The thickness of the Miocene reaches up to 210 m in the NW-rim syncline and 50-100 m on the salt structure. Benthic foraminifers as well as calcareous nannoplankton were not found in these sediments. The dinoflagellate cysts record is poor and indicates an Early Miocene age.

A central rift valley exists on the salt structure where the layers of the Oligocene and the Miocene shift at about 100 m. The base of the Oligocene drops down from the salt structure to the centre of the NW-rim syncline at approximately 500 m, the base of the Miocene drops down at approximately 140 m.

Literatur

- Berggren, W. A., Kent, D.V., Swisher, C. III & M.-P. Aubry (1995): A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: Berggren, W.A., D.V. Kent, M.-P. Aubry & J. Hardenbol (Hrsg.): Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation. SEPM Special Publ. 54, S. 129-212, Tulsa
- BOEHME, J. (1991): Tertiär. In: BGR (1991): Übertägige geowissenschaftliche Erkundung des Standortes Gorleben Zusammenfassender Bericht: Stand 01.01.1990, S. 174-175. Archiv-Nr. 108880, BGR, Hannover
- Bülow, W. von (1970): Abschlußbericht Neogen Südwest-Mecklenburg. - In: Schwarz, B. (1972): Ergebnisbericht über hydrogeologische Erkundungsarbeiten im Objekt Hagenow 1971/72. VEB Hydrogeologie, Außenstelle Schwerin. - Archiv-Nr. 4 100 689, BGR, Hannover
- Costa, L. & S.B. Manum (1988): The description of the interregional zonation of the Paleogene (D 1-D 15) and the Miocene (D 16-D 20). In: Vinken, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No. 124, Geol. Jb. A 100, S. 321-330, Hannover
- Daniels, C.H. von & F. Gramann (1988a): Lower Saxony. In: Vinken, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No. 124. Geol. Jb. A 100, S. 68-77, Hannover
- Daniels, C.H. von & F. Gramann (1988b): Benthic Foraminifera of the Federal Republic of Germany (Lower Rhine Embayment, Lower Saxony, Schleswig-Holstein). In: Vinken, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No. 124, Geol. Jb. A 100, S. 201-208, Hannover
- Daniels, C.H. von, Gramann, F. & A. Köthe (1994): The Oligocene "Septarienton" of Lower Saxony. Biostratigraphy of an equivalent of the Boom Formation of Belgium, with

- special considerations to its upper and lower boundaries. Bull. Soc. belge Géol. **102**, 1-2, 1993, S. 79-89, Brussels
- Daniels, C.H. von, Spiegler, D. & I. Cicha (1986): Korrelation von Neogen-Stufen Nordwestdeutschlands und der Paratethys durch Uvigerinen (Foram.) und Bemerkungen zum *Orbulina*-Datum. In: Tobien, H. (Hrsg.): Nordwestdeutschland im Tertiär. Beiträge zur Regionalen Geologie der Erde 18, S. 192-209, Stuttgart
- FORNACIARI, E, & D. RIO (1996): Latest Oligocene to early middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. Micropaleontology 42, 1, S. 1-36, New York
- Gehl O. (1966): Ausbildung und Gliederung des Braunkohlentertiärs von Malliß, Südwest-Mecklenburg. Geologie 16, 4/5, S. 484-495, Berlin
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & P. R. VAIL (1987): Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic. - Science 235, S. 1156-1167, Washington
- HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M.B., DE GRACIANSKY P.-C. & P. R. VAIL (1998): Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins. In: DE GRACIANSKY, P.-C., HARDENBOL, J., JACQUIN, T. & P. R. VAIL (Hrsg.): Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. Soc. Sedim. Geol. Spec. Publ. 60, S. 1-786, Tulsa
- HINSCH, W. & D. ORTLAM (1974): Stand und Probleme der Gliederung des Tertiärs in Nordwestdeutschland. Geol. Jb. A 16, S. 3-25, Hannover
- INDANS, J. (1965): Mikrofaunistisches Normalprofil durch das marine Tertiär der Niederrheinischen Bucht. - Forschungsber. des Landes Nordrhein-Westfalen, 1484, S. 1-85, Köln, Opladen
- KING, C. (1983): Cainozoic micropalaeontological biostratigraphy of the North Sea. - Inst. Geol. Sci. 82, 7, S. 1-40, London
- KOCKEL, F. (1988): Interregional lithostratigraphical correlation. In: VINKEN, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No. 124, Geol. Jb. A 100, S. 104-113, Hannover
- Köthe, A. (1990): Paleogene Dinoflagellates from Northwest Germany - Biostratigraphy and Paleoenvironment. - Geol. Jb. A 118, S. 3-111, Hannover
- KUSTER, H. (im Druck): Das jüngere Tertiär in Nord- und Nordostniedersachsen. - Geol. Jb. A 157, Hannover
- Langkutsch, U., Lotsch, D. & H. Ziermann (1996): Sachstandsbericht zu den geologisch-hydrogeologischen

- Kenntnissen über das jüngere Känozoikum im zukünftigen Untersuchungsgebiet Gorleben-Nord und angrenzenden Gebieten: Kenntnisstand Oktober 1991, 2. Auflage. Archiv-Nr. 115584, BGR, Hannover
- LOTSCH, D. (1969) in Zusammenarbeit mit KRUTZSCH, W., MAI, D., KIESEL, Y. & E. LAZAR: Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der Deutschen Demokratischen Republik. - Abh. Zentr. Geol. Inst., 12, S. I-XIV u. 1-438, Berlin
- Lotsch, D. (1981): Korrelationstabelle der lithostratigraphischen Einheiten des Tertiärs der DDR zum Fachbereichsstandard Stratigraphie. Stratigraphische Skala der DDR, Tertiär. TGL 25234/08, Berlin
- LOTSCH, D., HELLWIG, D., JORTZIG, H. & M. LANGE (1982): Ergebnisbericht Braunkohlenressourcen DDR, Objekt Gransee-Storkow, Teil 1. Zentrales Geologisches Institut, Berlin. Archiv-Nr. 4 104 022, BGR, Hannover
- Martini, E. (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: Farinacci, H. (Hrsg.): Proc. II. plankt. Conf. Roma 1970, 2, S. 739-785, Rom
- Menning, M. (1997): Geologische Zeitskala der Mark Brandenburg. In: Stackebrandt, W., Енмке, G. & V. Manhenке (Hrsg.): Atlas zur Geologie von Brandenburg. - S. 74-75, Kleinmachnow
- Müller, C. (1978): Remarks on biostratigraphic useful nannofossils in the Paleogene of the northern hemisphere. - Newsl. Stratigr. 7, 1, S. 45-52, Berlin
- MÜLLER, C. & A. KÖTHE (1988): The description of the interregional zonation (NP zones, NN zones). In: VINKEN, R. (Hrsg.): The Northwest European Tertiary Basin Results of the International Geological Correlation Programme Project No. 124. Geol. Jb. A 100, S. 253-261, Hannover
- Müller, S. & Rusbült, J. (1981): Mikropaläontologische Spezialbearbeitung Tertiär. 18 S., ZGI, Berlin (unveröff.)
- POWELL, J. (1992): Dinoflagellate cysts of the Tertiary System. In: Powell, J. (Hrsg.): A Stratigraphical Index of Dinoflagellate Cysts, S. 155-251, London
- Preuss, H., Vinken, R., Voss, H.-H. (1991): Symbolschlüssel Geologie Symbole für automatische Datenverarbeitung ADV-geologischer Feld- und Aufschlussdaten. 328 S., Hannover
- Rusbült, J. & C. Strauss (1992): Mikrofossilien des Unterund Mittelmiozäns in der Braunkohlenbohrung Lübtheen 46/84 (Südwest-Mecklenburg). - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 3, S. 150-170, Stuttgart
- Spiegler, D. (1965): Biostratigraphie des Rupels auf Grund von Foraminiferen im nördlichen Deutschland. Geol. Jb. 82, S. 447-486, Hannover

- SPIEGLER, D. (1974): Biostratigraphie des Tertiärs zwischen Elbe und Weser/Aller (Benthische Foraminiferen, Oligo-Miozän). - Geol. Jb. A 16, S. 27-69, Hannover
- Spiegler, D. (1986): Gliederung des nordwestdeutschen Tertiärs (Paläogen und Neogen) aufgrund von planktonischen Foraminiferen. In: Tobien, H. (Hrsg.): Nordwestdeutschland im Tertiär Beiträge zur regionalen Geologie der Erde 18, S. 213-299, Stuttgart (Bornträger)
- STRAHL, J. & R. ZWIRNER (2002): Lithologische und pollenanalytische Untersuchungen holstein- und fuhnezeitlicher Ablagerungen im Gebiet Dömitz-Lenzen (NW-Brandenburg). - Brandenburgische Geowiss. Beitr. 9, S. 33-43, Kleinmachnow
- STRAUSS, C., LUND, J.J., & J. LUND-CHRISTENSEN (im Druck): Miocene dinoflagellate cyst biostratigraphy of the RCNNS research well Nieder Ochtenhausen, NW Germany. - Geol. Jb. A 152, Hannover
- VINKEN, R. (Hrsg.) (1988): The Northwest European Tertiary Basin. Results of the International Geological Correlation Programme Project No. 124. - Geol. Jb. A 100, S. 7-508, Hannover
- ZIRNGAST, M. (2000): Flachseismik Gorleben, Begleitung und Auswertung. - Archiv-Nr. 120158, BGR, Hannover

Anschrift der Autoren:

Dr. A. Köthe, Dr. W. Weiss Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Stilleweg 2 30655 Hannover

Dipl.-Geol. R. Zwirner Golder Associates GmbH Vorbruch 3 29227 Celle

BUCHBESPRECHUNG

M. Succow & H. Joosten (Hrsg.) (2001): **Landschaftsökologische Moorkunde**. - 622 S., 136 Tab., Anh., 2., völlig neu bearb. Aufl., Stuttgart (Schweitzerbart)

Mit dem vorliegenden Buch ist es den Herausgebern gelungen, die im Jahre 1988 im Gustav Fischer Verlag erschienene Erstauflage wesentlich zu erweitern und ihre naturräumliche Sicht auf das Ökosystem Moor um zahlreiche neue Aspekte zu bereichern. Ausschlaggebend hierfür sind zum einen die Ergebnisse der Moorforschung der letzten zehn Jahre, zum anderen aber auch der wesentlich erweiterte Autorenkreis um überwiegend junge Greifswalder Wissenschaftler.

Das Buch gliedert sich in neun Kapitel, die ein breites Themenspektrum behandeln. Es werden anschaulich die Prozessfaktoren zur Torfgenese, zum Stoffhaushalt, zur pedogenen Veränderung und zum Torfschwund erläutert. Einen zentralen Platz nimmt die abiotische und vegetationskundliche Charakterisierung und Kennzeichnung von Moorstandorten bzw. Moorlandschaften ein. Hervorzuheben ist auch die eingehende Diskussion der anthropogenen Veränderungen der Moore und den sich daraus ableitenden Forderungen zur Nutzung und zum Schutz von Moorstandorten und Moorlandschaften.

Als sehr positiv ist hervorzuheben, dass das Prozessgefüge von Moorstandorten immer unter Berücksichtigung ihrer landschaftlichen Dimension diskutiert wird. Hier werden die Herausgeber ihrem landschaftsökologischen Anspruch mehr als gerecht.

Leider bekamen aber die Aspekte des Edaphons in den Darstellungen wenig Raum. Gleiches gilt für die Betrachtungen des "paläoklimatischen und archäologischen Wissens" von Mooren. Kenntnisse zu diesen Themenkreisen sind zum Verständnis der rezenten Genese und Ökologie der Moore nicht minder von Bedeutung.

Sehr gelungen ist aus Sicht der bodenkundlichen und geologischen Landesaufnahme der Versuch der Gegenüberstellung und Parallelisierung der verschiedenen Systematiken zur Kennzeichnung von Torf- und Muddearten, Substraten und Horizonten. So ist es auch zu begrüßen, dass sich die TGL 24 300/04 (Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte - Moorstandorte) zu Dokumentationszwecken im Anhang befindet. Dadurch wird es Interessenten erleichtert, sich die Dokumentationen zu den Moorkartierungen in den östlichen Bundesländern zu erschließen, die zum überwiegenden Teil vor 1989 erfolgten und somit nach den Kennzeichnungsregeln der TGL 24 300 aufgenommen worden sind. Die Abhandlungen zu den systematischen Kennzeichnungsregeln von Mooren offenbaren aber auch eine Reihe von offenen Fragen. Insbesondere bei der stofflichen und systematischen Kennzeichnung von Mudden existiert noch ein erheblicher Forschungsbedarf.

Als gelungen können ebenfalls die Abhandlungen zur Kennzeichnung und Typisierung von Moorlandschaften herausgestellt werden. Dieser Abschnitt vermittelt einen Überblick zur Verbreitung und Struktur der Moore in den verschiedenen Klimaräumen. Er lebt von über hundert, sehr illustrativen Farbaufnahmen, die es dem Interessenten erleichtern, sich in Moorlandschaften hineinzudenken .

Der "Landschaftsökologischen Moorkunde" ist ein breiter Leserkreis nicht nur von Studierenden und Fachleuten der Agrar-, Forst-, Bio- und Geowissenschaften, sondern auch von interessierten Laien zu wünschen. Dieses Buch vermittelt den Lesern in verständlicher und illustrativer Form das sensible wie interessante Gefüge von Moorstandorten und Moorlandschaften und lässt die Begeisterung der Autoren an ihrem Forschungsmedium erkennen.

Albrecht Bauriegel

Brandenburgische Geowiss. Be	tr. Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 33–43	4 Abb., 1 Tab., 16 Lit.	
------------------------------	------------------	---------------	----------	-------------------------	--

Lithologische und pollenanalytische Untersuchungen an holstein- bis fuhnezeitlichen Ablagerungen im Gebiet Dömitz-Lenzen (NW-Brandenburg)

JAQUELINE STRAHL & RAINER ZWIRNER

Die folgenden Ergebnisse resultieren aus Arbeiten im Rahmen des Untersuchungsprogramms Dömitz-Lenzen, dass als Bestandteil des Endlagerprojektes Gorleben zur geologischen und hydrogeologischen Erkundung des Deckgebirges über dem Salzstock in den Jahren 1996-1999 realisiert wurde. Zum Umfang des Erkundungsprogramms sowie zur Lage der Bohrungen und zur geologisch-geomorphologischen Situation vgl. Köthe et al., S. 17 ff. und Abbildung 1 (dieses Heft). Bestimmend für die Verbreitung elsterkaltzeitlicher und holsteinwarmzeitlicher Ablagerungen war die Gorlebener Rinne. Sie erstreckt sich mit ca. 2 km Breite über die Bohrungen GoHy 1620, 1550, 1530 und 1710 und deren z. T. gekernte Meßstellenbohrungen (z. B. GoHy 1553, 1623) in NNE-SSW-Richtung und quert unter dem westlichen Rand des Höhbecks und östlich von Gorleben die Salzstruktur Gorleben-Rambow.

Die dargestellten Ergebnisse basieren im Wesentlichen auf lithologischen und biostratigraphischen Untersuchungen an den Bohrungen GoHy 1542, 1553 und 1623. In 50 bis 110 m langen Kernstrecken mit einem Durchmesser von 101 mm wurde der Bereich vom elsterkaltzeitlichen Lauenburger Ton bis in die frühe Saale-Kaltzeit einschließlich der Holstein-Warmzeit und der Fuhne-Kaltzeit durchteuft. Von den entnommenen Proben wurden 62 sedimentologisch (Korngrößenanalyse, Bestimmung des Kalk- und Corg-Gehaltes), ca. 300 palynologisch sowie 61 auf Mollusken und Ostrakoden untersucht.

1. Geologische Untersuchungen

1.1 Holstein-Warmzeit

Die Ablagerungen der Holstein-Warmzeit sind für die Einstufung quartärer Sedimente ein wichtiger stratigraphischer Leithorizont, der aus dem Untersuchungsgebiet bis weit nach SW-Mecklenburg bzw. NW-Brandenburg und nach Niedersachsen hinein verfolgt werden kann. Darüber hinaus ermöglicht er in den biostratigraphisch untersuchten Profilen wichtige fazielle und paläogeographische Aussagen.

In elsterkaltzeitlich nicht vollständig verfüllten Rinnen und Hohlformen kamen limnische, schluffig-organogene Bildungen zum Absatz. Teils entwickelte sich die Sedimentation ohne Hiatus aus dem unterlagernden Lauenburger Ton, teils sind Erosionslücken an der Basis vorhanden.

Bildungen der Holstein-Warmzeit wurden in sechs Projektbohrungen mit Mächtigkeiten zwischen 5,3 m bis 27,4 m durchteuft. Zwei weitere Vorkommen sind aus den älteren Bohrungen Hy Dom 26/69 und Brk Grs 6/81 bekannt.

Die Bohrungen GoHy 1553 und GoHy 1623 liegen nordwestlich der Salzstruktur in der elsterkaltzeitlich angelegten Gorlebener Rinne. In beiden Bohrungen vollzieht sich der Übergang vom Lauenburger Ton zur Holstein-Warmzeit allmählich. Der Tongehalt verringert sich zu Gunsten des Schluffanteils und organische Einschaltungen in Form von Schmitzen, Schlieren und Lagen nehmen zu. Die Grenze zwischen beiden stratigraphischen Einheiten war durch die Kernaufnahme nicht fixierbar, sondern erfolgte anhand der Pollenanalyse (siehe dort). Über dem Lauenburger Ton folgen 2,7 m bis 4,3 m mächtige, schwach fein- bis mittelsandige, vereinzelt grobsandige, kalkhaltige Schluffe und Schluffmudden. Sie enthalten in Schlieren und Lagen organisches Material (z. T. Pflanzenreste bis 5 cm Länge) und sind fossilführend (Gastropoden, Lamellibranchiaten und Ostrakoden). Partienweise tritt H₂S-Geruch auf. Die Farben wechseln zwischen dunkelolivgrau und z. T. bläulichgrau bis hellolivgrau.

Die Schichten sind anhand der Ergebnisse der Pollenanalysen in die Pollenzonen (PZ) 1-4 nach Erd (1973) einzustufen, d. h. in die erste Hälfte der Warmzeit. In der Bohrung GoHy 1553 treten an der Basis zwischen 80,70 m bis 80,85 m Schalen und Schalenfragmente von vermutlich marinen Lamellibranchiaten auf (Köthe et al. 1999). Es könnte sich hierbei um eine frühe Meeresingression in nach NW offene, tiefe Rinnenteile handeln, wie sie Hinsch (1993) im spätglazialen Lauenburger Ton des elsterzeitlichen Rinnensystems im Hamburger Raum beschreibt. Aufgrund der von Köthe et al. (1999) geäußerten Zweifel an der Autochthonie der Mollusken könnte es sich aber auch um Umlagerungen an der Basis der Holstein-Warmzeit handeln. In der Bohrung GoHy 1623 sprechen die eingelagerten Kalkschaler in den unteren Profilbereichen für Süßwasserbedingungen.

In der ausgehenden PZ 3 begann das Übergreifen des Holstein-Meeres aus dem Gebiet der Unterelbe auf das Untersuchungsgebiet, wobei die tiefe elsterzeitliche Gorlebener Rinne offensichtlich als Transgressionsbahn fungierte. Es kam zur Ablagerung von marinen, wechselnd fein- und grobsandigen Mittelsanden (GoHy 1623) bzw. schluffigen, mittelsandigen Feinsanden (GoHy 1553). In den Sanden der Bohrung GoHy 1623 treten häufig *Cardium*-Schalen sowie dickschalige Schloß- und Schalenfragmente weiterer mariner Lamellibranchiaten auf. Die marine Sedimentation währte bis in den unteren Abschnitt der PZ 5. Die größere Mächtigkeit errei-

chen die Sande in der Bohrung GoHy 1623 mit 7,0 m gegenüber nur 1,2 m in der GoHy 1553.

Mit dem Umschlag von marinen zu limnischen Sedimentationsverhältnissen im oberen Abschnitt der PZ 5 kamen wieder Schluffmudden sowie untergeordnet Schluffe, in ähnlicher Ausbildung wie in der unteren Hälfte der Warmzeit zum Absatz. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen liegt bei 9,4 m (GoHy 1553) bzw. 6,7 m (GoHy 1623). Die Schichtenfolge ist wechselnd feinsandig, wiederholt kalkfrei bis kalkhaltig, lagenweise geschichtet, führt deutlich organische Substanz und häufig treten Vivianitflecken auf. Limnische Faziesverhältnisse werden durch die eingelagerten Gehäuse von Valvata piscinalis und Deckel von Bithynia tentaculata sowie Klappen von Süßwasserostrakoden angezeigt. Biostratigraphisch ist die Abfolge bis zur PZ 6 (GoHy 1553) bzw. bis zum Ende der Holstein-Warmzeit mit der PZ 7 (GoHy 1623) belegt. In diesem Zeitraum erfolgte eine kontinuierliche Verfüllung der Rinnengewässer, die bis in die untere Saale-Kaltzeit andauerte (vgl. Kap. 1.2). Gleichzeitig zeichnet sich eine Verflachung der Sedimentationsräume ab, die neben den beträchtlich ansteigenden Pediastrum-Gehalten auch indirekt über den nun verschwindend geringen Umlagerungsanteil dokumentiert wird.

Südöstlich der Salzstruktur lag der Sedimentationsraum zu Beginn der Holstein-Warmzeit offensichtlich höher. Am Standort der Bohrung GoHy 1542 liegt der Sedimentationsbeginn zeitlich erst in der Mitte der Warmzeit, im Zeitraum der PZ 4. Die unterlagernden elsterkaltzeitlichen Schmelzwassersande sind entkalkt, was als Indiz für eine mögliche Bodenbildung angesehen werden kann. Die Ablagerungen beginnen mit dem Aufwachsen eines 10 cm mächtigen, stark zersetzten Flachmoortorfes, abgelöst durch eine geringmäch-

tige (30 cm) Einschüttung fluviatiler Mittelsande. Darüber setzt die limnische Sedimentation mit 4,9 m mächtigen, wechselnd tonigen und feinsandigen, grünlichgrauen, vereinzelt vivianitfleckigen, kalkfreien Schluffen bis Schluffmudden ein. Diese Serie umfaßt den Zeitraum bis zum Ende der Warmzeit (PZ 7). Marine Anzeiger in Form von Kalkschalern fehlen. Die Ergebnisse der Pollenanalyse geben ebenfalls keine Hinweise auf marine Bildungsbedingungen in dem entsprechenden Profilabschnitt.

1.2 Saale-Kaltzeit

Zwischen den glazialen Serien der Saale-Kaltzeit, die in das Drenthe- und Warthe-Stadium untergliedert wird, und den Bildungen der Holstein-Warmzeit liegt der Zeitabschnitt des unteren Saale-Komplexes bzw. der frühen Saale-Kaltzeit, der die Schichten der Fuhne-Kaltzeit und der Dömnitz-Warmzeit umfaßt. Im Untersuchungsgebiet sind bisher nur Ablagerungen der Fuhne-Kaltzeit nachgewiesen worden.

1.2.1 Fuhne-Kaltzeit

Zum Ende der Holstein-Warmzeit setzte sich in den nur unvollständig verfüllten Sedimentationsräumen die limnische und limnisch-fluviatile Sedimentation, anscheinend ohne größere Rezession, unter den kaltzeitlichen Bedingungen des frühen Saale fort. Die Mächtigkeit der in die Fuhne-Kaltzeit gestellten Schichtenfolge beträgt in den untersuchten Bohrungen 9,0 m bis 10,8 m.

Eine nahezu vollständige Überlieferung fuhnezeitlicher Sedimente liegt in den Bohrungen GoHy 1623 und 1542 vor. Im Bereich der Bohrung GoHy 1553 fehlt der Übergang vom Stadial Fuhne A in das Pritzwalk-Interstadial A/B. Auf Grund

Tab. 1 Korngrößenverteilung, Kalk- und $C_{\rm org}$ -Gehalt [Probenzahl in ()] aus Sedimenten der Holstein-Warmzeit und der Fuhne-Kaltzeit

Bohrung	Teufe	Korngrößenverteilung [Gew%]							Kalk-Gehalt	Corg-Gehalt	Stratigraphie
		T	U	fS	mS	gS	fG	Proben -zahl	[Gew%]	[Gew%]	Strangrapme
GoHy 1542	23,60-26,65	0,0	1,1	46,4	47,9	4,3	0,3	2	n.b.	n.b.	qsFN(B)
GoHy 1542	30,35-30,45	19,2	42,3	16,4	10,8	11,3	0,0	1	n.b.	0,88 (1)	qsFN(B)
GoHy 1623	51,78-56,18	24,9	50,3	17,6	7,2	0,0	0,0	3	5,9 (4)	1,54 (4)	qsFN(B)
GoHy 1542	32,30-32,40	47,6	32,7	6,9	6,5	6,3	0,0	1	n.b.	0,99 (1)	qsFN(A)
GoHy 1623	57,78-60.05	16,8	73,4	3,8	4,6	1,4	0,0	2	2,2 (2)	1,41 (2)	qsFN(A)
GoHy 1542	34,30-36,40	21,8	58,1	8,6	6,7	3,6	1,2	2	n.b.	3,02 (2)	qhol; PZ 5-7
GoHy 1623	61,78-66,05	25,1	59,8	9,3	5,1	0,7	0,0	3	2,1 (6)	3,37 (6)	qhol; PZ 5-6
GoHy 1623	67,78-72,05	0,0	1,4	22,9	67,8	7,2	0,7	3	3,5 (7)	n.b.	qhol; PZ 4-5
GoHy 1623	73,78-78,05	25,6	56,8	9,1	6,7	1,8	0,0	3	16,3 (5)	n.b.	qhol; PZ 1-2
GoHy 1623	78,58-78,85	23,9	62,3	6,7	5,0	2,1	0,0	1	25,8 (1)	n.b.	qL

seiner geringen Mächtigkeit (0,2 m bis 0,8 m) ist das Pritzwalk-Interstadial A/B pollenanalytisch nur mit sehr wenigen Proben je Bohrung erfaßt und wird daher als fraglich eingestuft.

In den Bohrungen GoHy 1542, 1553 und 1623 setzt sich ohne makroskopisch erkennbaren lithologischen Hiatus die Schluffsedimentation aus dem hangenden Teil der Holstein-Warmzeit in das Stadial Fuhne A fort. Die Mächtigkeit der abgelagerten Schluffe erreicht während dieses Zeitraums 1.6 m bis 2.7 m. Im Verlauf des Stadials Fuhne B kommt es dann zunehmend zum Eintrag fein- bis mittelklastischer Sedimente, die zu wechselnd limnisch-fluviatilen bis fluviatilen Ablagerungsbedingungen überleiten. Im oberen Teil des Stadials Fuhne B überwiegt in den Bohrungen GoHy 1542 und GoHy 1553 schließlich die sandig-fluviatile Fazies mit hellgrauen bis grauen, quarzreichen, gut gerundeten, kalkfreien Fein- bis Mittelsanden. Vereinzelt sind darin dünne, wenige cm starke, grüne, kalkfreie Ton-Schluff-Lagen eingeschaltet. Die Sande werden 6,4 m (GoHy 1542) bzw. 3,6 m (GoHy 1553) mächtig und von Schmelzwasserablagerungen des Drenthe-Stadiums überlagert.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der sedimentologischen Untersuchungen für die Sedimente der Holstein-Warmzeit und Fuhne-Kaltzeit zusammengefaßt. Für das Holstein weisen die Ergebnisse der Korngrößenanalyse in den Bohrungen GoHy 1542 und GoHy 1623 eine vergleichsweise einheitliche Ausbildung der Schluffe und Schluffmudden mit über 80 % Pelitanteil aus. Der Gehalt an organischem Kohlenstoff bleibt relativ gering und beträgt im Durchschnitt aus acht Proben beider Bohrungen 3,3 % $\rm C_{org}$ bei einer Schwankungsbreite zwischen 2,9 % und 3,6 % $\rm C_{org}$. Aus 18 Proben der Bohrung GoHy 1623 ergaben Kalkgehaltsbestimmungen für den

Bereich oberhalb der marinen Sande im Durchschnitt 2,1 %, für die marinen Sande durchschnittlich 3,5 % und die liegenden kalkhaltigen Schluffe bis Mudden 16,3 %. Zum Vergleich sind die Ergebnisse einer Probe des liegenden Lauenburger Tons mit dargestellt.

Die Schluffe des Stadials Fuhne A zeigen in der Korngrößenzusammensetzung noch ein ähnliches Spektrum wie die liegenden Holsteinbildungen, weisen aber einen geringeren Anteil an organischem Kohlenstoff auf. Im Fuhne B werden die Schluffe deutlich sandiger und gehen in der Bohrung GoHy 1542 oben in einen gleichkörnigen Fein- bis Mittelsand über.

1.3 Lagerungsverhältnisse

Verbreitung, Tiefenlage sowie Lagerungsverhältnisse der holsteinzeitlichen Ablagerungen zeigen die Abbildung 1 und 2. Das Hauptverbreitungsgebiet der beschriebenen Sedimente befindet sich in der Gorlebener Rinne mit Basiswerten der untersuchten Bohrungen von 59,7 m bzw. 64,6 m. Weitere Vorkommen nordwestlich der Salzstruktur Gorleben–Rambow liegen in der Rinne von Siemen–Wootz, die von der Gorlebener Rinne abzweigt. Die Reduzierung der Verbreitung sowie die Auflösung in einzelne Vorkommen ist auf eine Erosion durch das saalezeitliche Inlandeis zurückzuführen. Weiter nordwestlich der dargestellten Verbreitungsgebiete kamen Holstein-Schichten wahrscheinlich nicht zur Ablagerung. Vor allem trifft dies für das nordwestliche Untersuchungsgebiet mit hochliegendem Tertiär zu.

Südöstlich der Salzstruktur liegt die Holstein-Basis größtenteils höher. Die Sedimentation beginnt nach den palynologi-

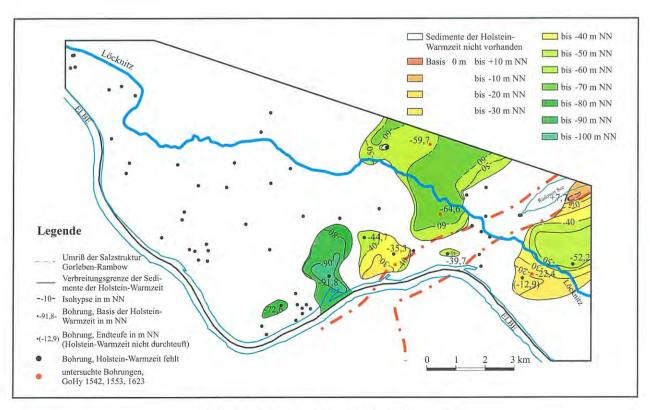


Abb. 1 Basiskarte der Holstein-Warmzeit

schen Untersuchungsergebnissen erst in der Mitte der Warmzeit (Brg. GoHy 1540), und zwar nach der marinen Ingression.

Ablagerungen der Holstein-Warmzeit bedecken im Untersuchungsgebiet nur randliche Teile der Salzstruktur (Abb. 1). Das Vorkommen östlich des Rudower Sees (Brg. Hy Dom 26/69) ist nach der Mächtigkeit (5,0 m) und dem palynologischen Ergebnis (Einsetzen der Sedimentation nach der Warmzeitmitte) mit der Bohrung GoHy 1542 vergleichbar. Die hohe Position zu NN ist durch saalezeitliche Stauchung bedingt oder als Hinweis auf eine randliche Aufwölbung über der Salzstruktur zu interpretieren (Reinhardt 1967). Während der Holstein-Warmzeit lag östlich der Elbe im Bereich der Salzstruktur Gorleben-Rambow größtenteils ein Hochgebiet, das die o. g. Sedimentationsräume trennte (Abb. 2). Zeugen geringmächtiger Sedimentation sind erst aus dem Zeitraum der Fuhne-Kaltzeit mit 1,5 m Schluff über untermiozänem Hamburg-Ton in der Bohrung GoHy 1740 überliefert.

Ausgehend von sogenannten Local Pollen Assemblage Zones (LPAZ), orientierte sich die pollenanalytische Gliederung insbesondere der holstein- und frühsaalezeitlichen Ablagerungen im Gebiet Dömitz-Lenzen wegen der sehr guten Übereinstimmung mit den brackisch-marin beeinflußten Profilen Granzin und Pritzwalk an der Pollenzonierung von ERD (1969, 1973). Im Unterschied zum Sachstandsbericht von LANGKUTSCH et al. (1996) wurde sowohl aus litho- als auch biostratigraphischer Sicht prinzipiell auf die Verwendung des Begriffs "Holstein-Komplex" für den genannten Zeitraum verzichtet. Vielmehr folgt die Abgrenzung der Holstein-Warmzeit von der Elster-Kaltzeit bzw. vom unteren Saale-Komplex einschließlich der Fuhne-Kaltzeit und der Dömnitz-Warmzeit den letzten Empfehlungen der Subcommission of European Quaternary Stratigraphy (SEQS, LITT & TURNER 1993). Die Holstein-Warmzeit wird aufgrund der Untersuchungsergebnisse an der Typuslokalität Bossel (Müller & Höfle 1994) als eigenständige Warmzeit aufgefaßt und vom nachfolgen-

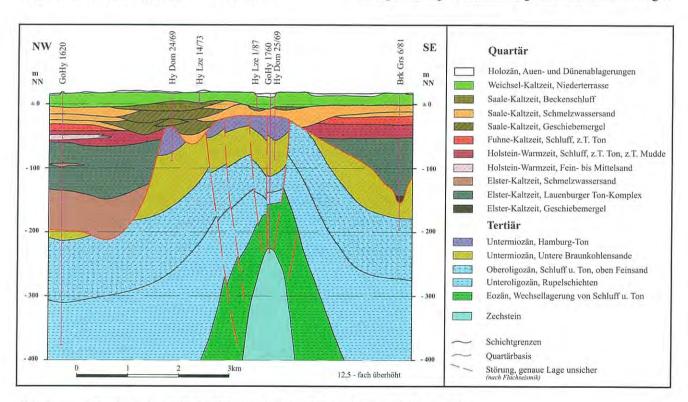


Abb. 2 Geologischer NW-SE Schnitt über die Salzstruktur Gorleben-Rambow

In den drei pollenanalytisch detailliert untersuchten Bohrprofilen GoHy 1542, 1553 und 1623 (s. ff.) gibt es in Bezug auf die Holstein-Warmzeit keine Hinweise auf Stauchungen oder Lagerungsstörungen. Diese Aussagen decken sich mit dem lithologischen Befund des nahezu vollständigen und ungestörten Sedimentverbandes vom liegenden Lauenburger Ton über die Holstein-Warmzeit bis in die hangende Fuhne-Kaltzeit.

2. Pollenanalytische Untersuchungsergebnisse

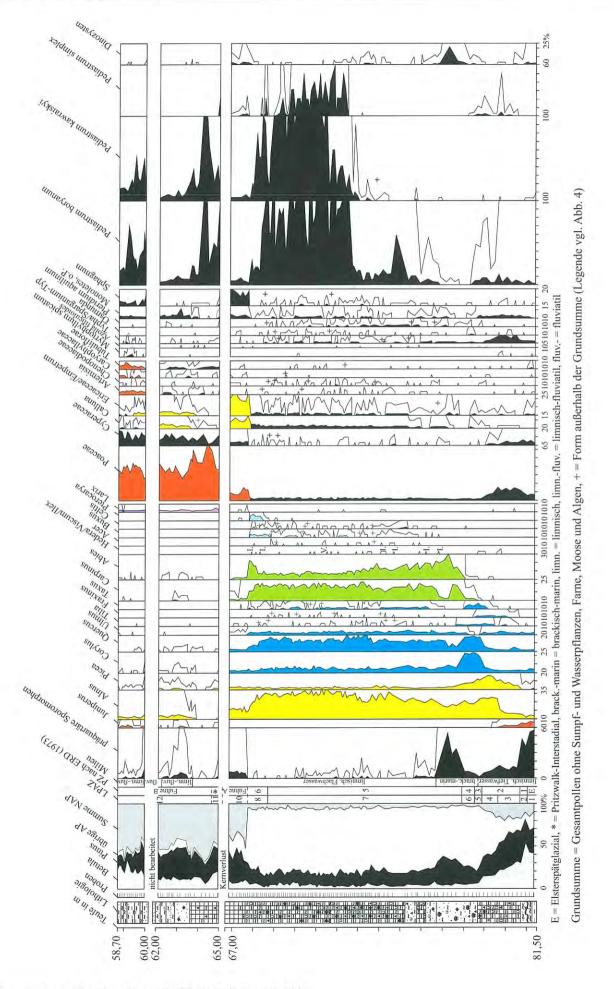
Exemplarisch sollen hier die Untersuchungsergebnisse zu den Bohrungen GoHy 1553 (Abb. 3) und GoHy 1542 (Abb. 4) vorgestellt werden.

den unteren Teil des Saale-Komplexes (hier Stadiale Fuhne A und B, Pritzwalk-Interstadial A/B, ERD 1973) abgetrennt. Der Übergang von der Spätelster-Kaltzeit in die Holstein-Warmzeit liegt in Dömitz-Lenzen in der PZ 1 (= Kiefern-Birken-Zeit) sensu ERD (1973; s.ff.).

2.1 Holstein-Warmzeit s. str.

PZ 1 - Kiefern-Birken-Zeit (ERD 1973) LPAZ 2 - Betula-Pinus-Juniperus-Poaceae-Cyperaceae

Für die an der Basis der Holstein-Warmzeit nachgewiesenen spätelsterkaltzeitlichen Ablagerungen in der Gorlebener Rinne



Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1/2-2002

Abb.

ist neben Birke (Betula) und Wacholder (Juniperus) das Vorkommen der Kiefer (Pinus; verschiedene Typen, überwiegend resedimentiert) und ein extrem hoher Anteil an tertiären Umlagerungen kennzeichnend. Abgesehen von Süß- (Poaceae) und Sauergräsern (Cyperaceae) war die übrige Kräuterflora qualitativ und quantitativ nur gering entwickelt (Abb. 3). Die sehr niedrigen bzw. nahezu fehlenden Anteile der Süßwasseralge Pediastrum boryanum (indirekter Flachwasseranzeiger) deuten auf ein zumindest noch anfangs tiefes, limnisches Ablagerungsmilieu innerhalb erhaltener elsterkaltzeitlichen Rinnenbereiche hin.

Die bereits recht hohen Birken-Werte in den spätelsterkaltzeitlichen und frühholsteinwarmzeitlichen Profilabschnitten der Bohrungen GoHy 1553 (Abb. 3) und insbesondere GoHy 1623 weisen wie in Bossel (Müller & Höfle 1994), hier allerdings deutlich weniger ausgeprägt, auf eine bereits progressive Wiederbewaldung hin. Es herrschte jedoch bis in die Holstein-Warmzeit hinein ein offener Vegetationstyp mit Süßund Sauergräsern (soweit keine Bindung an Sumpfstandorte besitzend) vor, durchsetzt mit zunächst strauchförmigen Wacholder- und Birkenbeständen. Die übrige Kräuterflora feuchter bzw. lichtintensiver Standorte wurde dabei im Wesentlichen durch Wiesenraute (Thalictrum), Labkraut (Galium), Ampfer (Rumex), Doldengewächse (Umbelliferae), Heidekrautgewächse (Calluna und andere Ericaceae), Korbblütler (Tubuliflorae) sowie seltener durch Beifuß (Artemisia) und Sonnenröschen (Helianthemum) aufgebaut.

obere Grenze zur PZ 1: Steilanstieg von *Betula*, Rückgang von *Pinus* und tertiären Umlagerungen

Der vegetationsgeschichtliche Übergang von der Spätelster-Kaltzeit in die frühe Holstein-Warmzeit ist durch die Einwanderung bzw. Ausbreitung von Baumbirken sowie des Wacholders vorrangig in der GoHy 1623 gut zu fassen. Da der Rückgang der Kiefern-Kurve mit dem Absinken der Kurve tertiärer Umlagerungen koinzidiert, ist mit Sicherheit davon auszugehen, dass die Kiefern-Anteile in den spätelsterkaltzeitlichen Ablagerungen, neben einem möglichen Fernflugeintrag in das Untersuchungsgebiet, ebenfalls auf Umlagerung zurückzuführen sind. Die tatsächliche Ausbreitung des borealen Nadelgehölzes erfolgte erst zu Beginn der PZ 2 (s. ff.). Die bis in die PZ 3 hinein zu beobachtenden hohen tertiären Umlagerungsanteile könnten sowohl mit frühen marinen Einbrüchen (vgl. Kap. 1.1, wobei die geringen Dinozysten-Gehalte dagegen sprechen) als auch mit subaquatischen Rutschungen in Verbindung zu bringen sein.

Die Einstellung limnischer Sedimentationsverhältnisse äußert sich neben dem lithologischen Befund auch über den erstmaligen Nachweis von Wasserpflanzen, wie Laichkraut (Potamogeton), Ähren-Tausenblatt (Myriophyllum spicatum), Mummel (Nuphar) und Hornblatt (Ceratophyllum), Algen (Pediastrum boryanum, P. kawraiskyi, Spirogyra) sowie von Strudelwurm-Resten (Turbellaria). In den Uferrandbereichen bildeten sich Röhrichtareale mit Rohr-bzw. Igelkolben (Typha/Sparganium-Typ), Breitblättrigem Rohrkolben (T. latifolia), Hahnenfuß (Ranunculus acer-Typ) und Gilbweiderich (Lysimachia) sowie Sumpfstandorte mit Schachtelhalm (Equisetum) und Sauergräsern heraus. Drückt bereits die Zunahme von Baumbirkenbeständen eine höhere

Klimagunst als in der ausgehenden Spätelster-Kaltzeit aus, so wird diese durch die stetige Ausbreitung wärmeliebender Röhrichtgesellschaften unterstrichen.

Verglichen mit Bossel (MÜLLER & HÖFLE 1994) umfaßt die für Pritzwalk (ERD 1973) ausgewiesene PZ 1 zumindest in ihrem unteren Teil noch die spätelsterkaltzeitlichen Vegetationsverhältnisse vor dem Steilanstieg der Birken-Kurve. Insofern ist die für das Untersuchungsgebiet Dömitz-Lenzen angewendete Grenzziehung zwischen Spätelster-Kaltzeit und Holstein-Warmzeit s. str. mit den Verhältnissen in Bossel korreliert worden!

obere Grenze zur PZ 2: Anstieg bzw. Einsetzen von *Pinus*, *Alnus* und *Picea*, Rückgang von *Juniperus* und *Betula*

- PZ2 Kiefern-Erlen-Birken-Fichten-Zeit (ERD 1973)
- LPAZ 3 Pinus-Betula-Alnus-Picea-Ulmus-Corylus-Quercus-Fraxinus-Tilia-Juniperus
- LPAZ4 Pinus-Betula-Alnus-Picea-Quercus-Corylus-Ulmus-Tilia-Fraxinus-Taxus

Der ältere Teil der PZ 2 (LPAZ 3) reflektiert eine noch von der Birke sowie nun auch der Kiefer dominierte Bewaldung, in die vor allem Erle (Alnus) und auch Fichte (Picea) sukzessive vordrangen. Die Birke wurde dabei, soweit nicht an ufernahe Feuchtstandorte gebunden, im Verlauf der PZ 2 mehr und mehr zurückgedrängt. Verbliebene waldfreie Standorte erlaubten das Überdauern von Wacholderbeständen bis zum Beginn der LPAZ 4, in der sich Erle und Fichte vollständig etablierten sowie thermophile Gehölze einwanderten. Mit der Ausbreitung thermophiler und bessere Böden beanspruchender Gehölzarten zeichnet sich für das Untersuchungsgebiet eine höhere Klimagunst ab. Neben den oben genannten vier wichtigsten Waldbildnern waren Esche (Fraxinus), Ulme (Ulmus) und Hasel (Corylus) bereits während der gesamten PZ 2 sowie erst während der LPAZ 4 Linde (Tilia) und Eibe (Taxus) wesentliche Waldkomponenten.

Die PZ 2 repräsentiert auch den Verbreitungsschwerpunkt wärmeanspruchsvoller Röhrichtgesellschaften [neben dem Typha-/Sparganium-Typ seltener Binsen-Schneide (Cladium mariscus) und Köngsfarn (Osmunda)]. Unter den Wasserpflanzen ist der Algenfarn (Azolla) hervorzuheben. Der Stillwasser anzeigende Algenfarn tritt in allen holstein-warmzeitlichen Profilen des Untersuchungsgebietes Dömitz-Lenzen nur sehr selten auf und ist in den wenigsten Fällen durch die meistenteils fehlende Überlieferung der artkennzeichnenden Glochidien als Großer Algenfarn (Azolla filiculoides) zu identifizieren. Ursache für seine Seltenheit ist das zu tiefe und vermutlich auch noch zu unruhige Ablagerungsmilieu. obere Grenze zur PZ 3: Steilanstieg von Quercus und Corylus sowie Taxus, Rückgang von Ulmus und Picea

PZ3 - (Kiefern-Erlen-) Fichten-Eiben-Hasel-Eichen-Zeit (Erd 1973)

LPAZ 5 - Alnus-Pinus-Picea-Corylus-Quercus-Taxus-Tilia-Fraximus-Betula

Mit dem Beginn der PZ 3 trat die Waldentwicklung nach und nach aus der warmzeiteinleitenden Lichtholzphase heraus. Dementsprechend ist ein merklicher Rückgang der Birke und der Kiefer, aber auch der Fichte zu verzeichnen. In sich herausbildenden Mischwaldbeständen dominierte die Eiche

(Quercus) absolut. Daneben waren Hasel, Eibe und Linde häufiger. Die bei unter 25 % liegenden Hasel-Werte zeigen eine reine Beschränkung auf Unterholzstandorte (HUNTLEY & BIRKS 1983) an. Die Esche zog sich bis zum Ende dieser Waldphase völlig und die Ulme zumindest vorübergehend aus dem Gebiet zurück. Als Anzeiger eines warmen, wintermilden und hinsichtlich der am Ende der PZ 3 erfolgenden Transgression des Holstein-Meeres auch feuchteren Klimas, trat der Efeu (Hedera) regelmäßig auf. Ein älterer Birken-Kiefern-Vorstoß (PZ VIII, MÜLLER 1974) als Zeuge eines ersten innerholsteinwarmzeitlichen Klimarückschlags ist weder im zeitlich adäquaten oberen Teil der PZ 3 der vollständig überlieferten Diagramme von Granzin und Pritzwalk (ERD 1969, 1973) noch in den hiesigen Pollendiagrammen auszumachen. Lokal fällt er offenbar mit der marinen Überflutung zusammen und ist damit aufgrund der wieder immens ansteigenden tertiären Umlagerungsrate nicht mehr fixierbar bzw. fehlt durch eine mögliche Aufarbeitung entsprechender Ablagerungen durch das Holstein-Meer.

Wegen der hohen Walddichte erreichte der Anteil der Kräuterflora einen Tiefstand und blieb bis zum Wiedereintritt der Waldentwicklung in eine erneute Lichtholzphase am Ende der Warmzeit (PZ 7), abgesehen von Heidekräutern, bedeutungslos.

Sowohl in den Ufer- als auch in den offenen Wasserbereichen des Sedimentationsraumes zeichnet sich infolge des Zuflusses salinarer Wässer ein Rückgang der noch in der PZ 2 reichlich vertretenen Röhricht- und Schwimmblattgesellschaften ab.

obere Grenze zur PZ 4: Einsetzen der geschlossenen Kurve von Carpinus, weiterer Anstieg von Quercus und Corylus, Ausfall von Fraxinus, Rückgang von Picea

PZ4 - (Kiefern-Erlen-) Hainbuchen-Hasel-Zeit (Erd 1973) LPAZ6 - Alnus-Pinus-Quercus-Corylus-Picea-Taxus-Carpinus-Tilia-Ulmus

Das Eindringen des Holstein-Meeres in das Untersuchungsgebiet führte insbesondere im Bereich der Bohrung GoHy 1623 zu einer umfangreichen Aufarbeitung älterer holsteinwarmzeitlicher Sedimente. So sind die PZ 3 gar nicht und die PZ 4 nur reliktisch überliefert. Der aufgrund seiner höheren NN-Position in der Sedimentation bisher inaktive Bereich südöstlich der Salzstruktur (GoHy 1542, Abb. 4) wurde jetzt indirekt durch die marine Transgression beeinflußt, die neben der Flutung der Gorlebener Rinne einen generellen Grundwasseranstieg verursachte und somit auch in diesem Gebiet eine Akkumulation ermöglichte (Bildung von Erlenbruchwaldtorfen und anschließende Ablagerung fluviatiler Sande).

Vegetationsgeschichtlich liegt in der PZ 4 der Verbreitungsschwerpunkt von Hasel, Eiche und letztmalig der Eibe. Infolge der Unterwanderung der Waldbestände durch Eiche und Hasel verloren insbesondere die Esche und die Linde ihre Bedeutung (Ausklingen während PZ 4 bzw. PZ 5). Charakteristischstes Merkmal ist jedoch der Einzug der Hainbuche (*Carpinus*) in das Untersuchungsgebiet. Erstmals wurde auch der Zürgelbaum (*Celtis*) nachgewiesen, der ein warmgemäßigtes Klima mit einer Jahresmitteltemperatur um 15,0 °C bevorzugt (Optimum 15,3 °C, KIRCHNER 1987). Weiterhin ist

das Auftreten von Königsfarn und Stechpalme (*Ilex*) neben dem Efeu ein Indiz für die Einstellung eines ozeanischen, wintermilden und sommerwarmen Klimas.

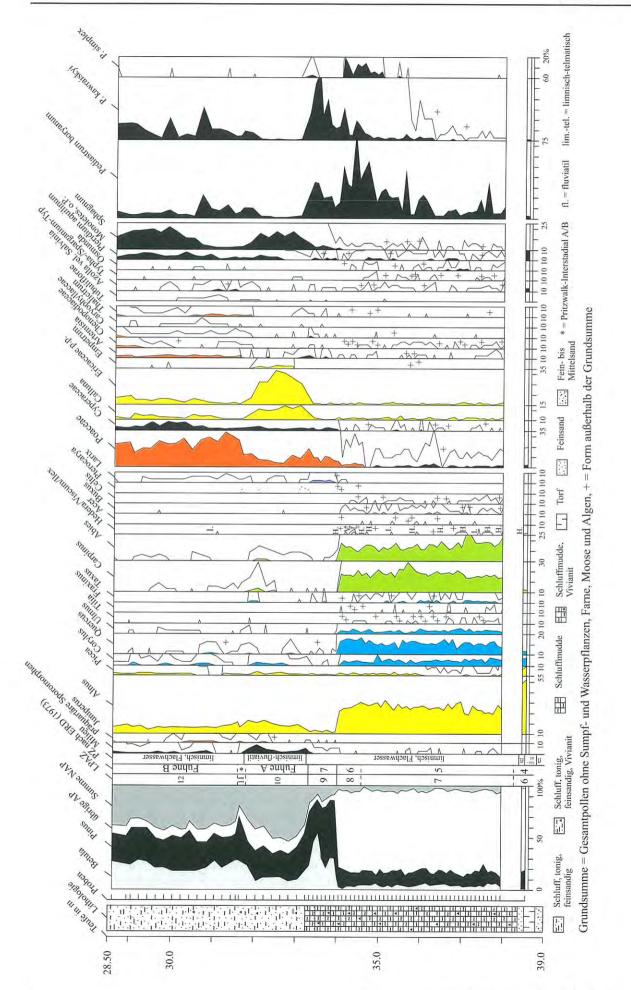
Zeigt der Königsfarn eine Bindung an stickstoffarme bis dystrophe, saure Feuchtstandorte, etwa im Bereich von Erlenbruchwäldern, so tritt der Adlerfarn (Pteridium aquilinum) als Waldbegleiter an bodensauren Standorten innerhalb von Eichenbeständen oder auch Moorwäldern auf. obere Grenze zur PZ 5: Steilanstieg von Carpinus, Einsetzen und Steilanstieg der geschlossenen Abies-Kurve, Rückgang von Corylus, Alnus, Picea, Ausklingen von Tilia

PZ5 - (Kiefern-Erlen-) Hainbuchen-Tannen-Zeit (Erd 1973)

LPAZ 7 - Carpinus-Abies-Alnus-Quercus-Corylus-Ulmus-Taxus-Picea-Pinus-Betula-Buxus-Celtis

Vegetationsgeschichtlich erfolgte während der PZ 5 ein markanter Wechsel von Eichenmisch- zu Hainbuchen-Tannen-Wäldern, die den Beginn der warmzeitlichen Schattholzphase markieren. Dieser Waldumbau ist in beiden Sedimentationsgebieten in gleicher Weise erfolgt [in GoHy 1542 (Abb. 4) nur höherer Teil der PZ 5 oberhalb eines fluviatilen Sandpaketes erhalten]. Infolge des bis in den älteren Teil der PZ 5 anhaltenden marinen Einflusses in der Gorlebener Rinne erscheint der entsprechende Diagrammabschnitt der Bohrung GoHy 1553 (Abb. 3) durch die hohen Anteile von präquartären Sporomorphen, aber auch der Kiefer und der Tanne (Abies) verzerrt. Analog wird ein Kurvenabfall bei Hainbuche, Erle und Eiche deutlich, der jedoch nur scheinbar zugunsten von Kiefer und Tanne ausfällt. Eine zeitliche Korrelation mit der bei MÜLLER (1974) ausgehaltenen Hainbuchen-(Erlen-Kiefern-) Zeit (PZ X) und einem jüngeren Kiefern-Birken-Vorstoß (PZ XI) als zweitem innerholsteinwarmzeitlichen Klimarückschlag scheint zwar möglich, bleibt aber aufgrund der gleichzeitig hohen Umlagerungsanteile in Dömitz-Lenzen spekulativ. Durch die eindeutige Bindung der absinkenden Hainbuchen-Kurve an maximale Umlagerungsanteile wird auch der wohl eher sekundäre Charakter der Peaks von Kiefer und Tanne unterstrichen. Einerseits gehen die stark erhöhten Werte beider Nadelgehölze zumindest teilweise auf Resedimentation, andererseits aber auch auf die mögliche Ausbildung von Spülsäumen zurück, in denen sich die sehr schwimmfähigen Luftsackpollenkörner anreichern konnten. Bei der Interpretation der Pollendiagramme aus den Bohrungen GoHy 1553 und 1623 muß dies entsprechend berücksichtigt werden, da eine möglicherweise nur vorgetäuschte Überrepräsentanz der beiden Gattungen eine weitere Unterteilung der PZ 5 fraglich erscheinen läßt. Ferner wird sichtbar, dass der bei der Eiche zu beobachtende, vor der Hainbuche erfolgende Kurvenabfall und der anschließende erneute Anstieg offensichtlich an das Kurvenverhalten der Hasel und nicht an das der Kiefer und Tanne gebunden ist.

Für den jüngeren Abschnitt der PZ 5 zeigt sich nach dem nordwärtigen Rückzug des Holstein-Meeres und der damit verbundenen Wiedereinstellung eines limnischen Milieus ein recht monotoner Verlauf der Pollenkurven in beiden Ablagerungsgebieten. Außer Hainbuche und Tanne behielten Eiche und Erle (Bruchwaldstandorte) neben Ulme und Eibe die größte Bedeutung. Für die Fichte ist ein Polleneintrag aus



Pollendiagramm der Bohrung GoHy 1542 (ausgewählte Taxa)

entfernteren Gebieten wahrscheinlich, da ihre Werte unter 5 % bleiben (Lang 1994).

Als thermophile Exoten sind, verglichen mit der Zusammensetzung der rezenten potentiellen Vegetation, Buchs- (Buxus) und Zürgelbaum aufzufassen. Die hinsichtlich seiner erhöhten Pollenfrequenzen weitflächige Verbreitung des Buchsbaums (entomogam, daher nur geringe Pollenproduktion) sowie häufige Nachweise von Stechpalme, Efeu, Mistel (Viscum), Ahorn (Acer) und Zürgelbaum bezeugen die Beständigkeit des wintermilden, humiden und sommerwarmen Klimas.

Wegen des daran gebundenen erhöhten Niederschlagsangebotes unterlagen die Böden im Untersuchungsgebiet einer zunehmenden Versauerung, die die Ausbreitung von Heidekräutern förderte.

Die Einstellung limnischer Sedimentationsverhältnisse führte zu einer sprunghaften Zunahme der Algenflora mit den Arten *Pediastrum boryanum*, *P. kawraiskyi* und *P. simplex*. Bezüglich der extrem hohen Prozentwerte ist von der Herausbildung perennierender Süßwasserflachseen auszugehen. obere Grenze zur PZ 6: Einsetzen der geschlossenen Kurve von *Pterocarya* bei gegenüber der PZ 5 gleichbleibender Vegetationszusammensetzung

PZ 6 - (Kiefern-Erlen-) Tannen-Zeit (ERD 1973)

LPAZ 8 -Abies-Carpinus-Alnus-Quercus-Corylus-Ulmus-Taxus-Picea-Pinus-Betula-Pterocarya-Buxus-Celtis Während der PZ 6 vollzogen sich im Untersuchungsgebiet keine grundlegenden Veränderungen im Waldaufbau. Es trat lediglich eine Verschiebung der Tannen-Anteile gegenüber den Hainbuchen-Anteilen in den bestimmenden Waldgemeinschaften ein. Neben der Arealerweiterung der Tanne ist die Einwanderung der Flügelnuß (Pterocarya) hervorstechendstes Merkmal der PZ 6. Die Flügelnuß wird wie der Zürgel- und auch der Buchsbaum als Tertiärrelikt aufgefaßt und gedeiht heute in unseren Breiten, soweit winterhart (z. B. P. fraxinifolia), lediglich als Kulturform (keine natürliche Verbreitung seit der Dömnitz-Warmzeit mehr, vgl. u. a. Erd 1973). Ihre Anteile fallen besonders markant für die holsteinwarmzeitliche Bewaldung nordwestlich der Salzstruktur aus. Für die Bohrung GoHy 1542 lagen ausschließlich Einzelnachweise vor. Als mögliche Vegetationsgemeinschaften kommen auf trockneren Standorten Eichen-Hainbuchen-Wälder und in Vergesellschaftung mit der Erle Niederungs- (?Auen-)wälder in Frage. Wichtigste Voraussetzungen für eine Ansiedlung sind eine hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeit (MAI & WALTHER 1988). Diese Tatsache erlaubt einen Rückschluß auf die großklimatische Situation, die als ein generell feuchtwarmes, sehr niederschlagsreiches Klima zu charakterisieren ist. Die hohe Klimagunst wird außerdem durch die weiterhin hohen Pollenfrequenzen des ozeanischen Buchsbaums unterstrichen, der karbonatführende Substrate bevorzugt und nach Ellenberg (1979) ein ausgesprochener Wärmezeiger

obere Grenze zur PZ 7: Steilanstieg der Kurven von *Pinus* und *Betula*, Rückgang aller thermophilen Gehölze, Kuvenschluß bei *Larix*, Wiederausbreitung von Kräutern

PZ7 - Kräuter-Erlen-Kiefern-Birken-Zeit (Erd 1973)

ist.

LPAZ 9 - Pinus-Betula-Alnus-Larix-Poaceae-Cyperaceae-Calluna-Ericaceae-Sphagnum

In Dömitz-Lenzen verlief die Vegetationsumstellung am Ende der Holstein-Warmzeit nahezu deckungsgleich u. a. mit dem Raum Granzin (ERD 1969), Pritzwalk (ERD 1973) und Neuruppin (CEPEK & ERD 1975). Es breiteten sich erneut Kiefern und Birken im Untersuchungsgebiet aus. Aufgrund der einsetzenden Klimaverschlechterung verschwanden die bis zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Waldgemeinschaften völlig. Lediglich Fichte und Erle wurden noch regelmäßig nachgewiesen. Als bereits kontinental ausgerichtetes Element erschien die Lärche (Larix). Infolge der Waldöffnung entstanden Areale mit hoher Lichteinstrahlung und erlaubten die Ausbreitung heliophiler Kräutergemeinschaften mit vor allem Süßgräsern und Beifuß. Ausdruck der am Warmzeitende verstärkt fortschreitenden Bodenversauerung ist neben dem Auftreten von Heidekräutern das Einsetzen der geschlossenen Torfmoos (Sphagnum)-Kurve. Insbesondere die Ausbreitung von Heidekräutern fällt dabei wesentlich geringer als vergleichsweise in der ausgehenden Eem-Warmzeit aus, sie verlagert sich hier in die anschließende Fuhne-Kalt-

obere Grenze zum Fuhne A: Abfall der *Pinus-*, *Betula-* und *Larix-*Kurve, Steilanstieg von *Calluna* und Ericaceae sowie Anstieg von *Empetrum* und Poaceae

2.2 Frühe Saale-Kaltzeit

Stadial Fuhne A (ERD 1973)

LPAZ 10 - Poaceae-Calluna-Ericaceae-Empetrum-Cyperaceae-Artemisia-Betula-Pinus

Die Akkumulation zunehmend feinklastischer, fluviatiler Sedimente zu Beginn des Fuhne A wurde durch die klimatisch bedingte Öffnung der Vegetation begünstigt. Mit dem fluviatilen Eintrag gelangten wiederholt tertiäre Umlagerungen, aber auch aufgearbeitete jüngere Holsteinablagerungen in die Sedimentationsräume. So dürften auch die erhöhten Kiefern-Anteile größtenteils auf Umlagerung bzw. auf Einwehung aus weiter entfernten, noch bewaldeten Gebieten zurückgehen. Durch die weit fortgeschrittene Entwaldung des Gebietes breiteten sich von Kräutern beherrschte Vegetationsgemeinschaften aus. Signifikantes Merkmal ist die Herausbildung von Heidegesellschaften (Calluna u. a. Ericaceae), in denen die Krähenbeere (Empetrum) nicht selten war. Eine Resedimentation aus Abschnitten der ausgehenden Holstein-Warmzeit kommt nicht in Frage, da die genannten Taxa in diesem Zeitraum lediglich mit max. 2-3 % vertreten waren. In Zusammenhang mit den sich ebenfalls stark ausbreitenden Torfmoosen wird hier ein hoher Grad der Bodenversauerung angezeigt.

Im limnischen Bereich zeichnet sich ebenfalls ein offensichtlich temperaturgesteuerter Niedergang der Algenflora ab, die jetzt vor allem durch das kühlezeigende *Pediastrum kawraiskyi* sowie *P. boryanum* beherrscht wird. Die im jüngeren Holstein recht häufig nachgewiesene *P. simplex* var. *simplex* (synonym *P. clathratum*) als wärmeanspruchsvolle Form bleibt hier völlig aus. Ebenso lag die Hauptverbreitung von *P. simplex* in den PZ 5-6 und zeigt damit auch eine stärkere

Temperaturbindung als *P. boryanum* und *P. kawraiskyi*. obere Grenze zum Pritzwalk-Interstadial A/B: erneuter Anstieg von *Pinus* und *Betula*, Rückgang der Kräuter

Pritzwalk-Interstadial A/B (ERD 1973)

LPAZ 11 - Betula-Pinus-Poaceae

Aufgrund seiner geringen Mächtigkeit und der damit verbundenen minimalen Probenzahl je Bohrung ist das Pritzwalk-Interstadial A/B als solches in den Pollendiagrammen (Abb. 3, 4) unter Vorbehalt ausgewiesen.

Den Diagrammabschnitten (Abb. 3, 4) ist ein erneuter Vorstoß der Birke und der Kiefer, verbunden mit einem Rückgang bzw. Ausfall tertiärer und warmzeitlicher Umlagerungen, aller Kräuter, insbesondere von Heidekräutern und Torfmoosen, gemein. Gleichzeitig steigen die *Pediastrum*-Gehalte gegenüber dem Fuhne A wieder erheblich an. In Pritzwalk (ERD 1973) weist das Interstadial einen markanten Wacholder-Gipfel auf, der den hiesigen Diagrammen fehlt.

obere Grenze zum Fuhne B: Rückgang von Betula und Pinus, Steilanstieg von Poaceae, Einsetzen und Anstieg der geschlossenen Kurve von Artemisia

Stadial Fuhne B (ERD 1973)

LPAZ 12 - Poaceae-Artemisia-Cyperaceae-Calluna-Erica ceae-Chenopodiaceae-Caryophyllaceae-Tubuliflorae-Juniperus-Betula-Pinus

Während des stadialen Fuhne B stellten sich wieder deutlich kältere und nun vor allem trockenere Klimabedingungen im Untersuchungsgebiet ein. Dafür spricht, übereinstimmend mit den Befunden von Pritzwalk (Erd 1973), die erhebliche Zunahme von Süßgräsern und insbesondere Beifuß. Heidegesellschaften sind gegenüber dem Fuhne A deutlich schwächer vertreten, die Wacholder-, Birken-, Kiefern- und Erlen-Werte dagegen merklich erhöht. Eine tatsächliche Anwesenheit insbesondere der Kiefer und der Erle ist jedoch aufgrund des hohen Kräuteranteils fraglich. Sollte die Erle vorgekommen sein, so bestand ihrerseits vermutlich eine ausgesprochene Bindung an Feuchtstandorte, beispielsweise im Uferrandbereich der Sedimentationsräume.

Insbesondere in der Bohrung GoHy 1553 zeigen sich nach einer fluviatilen Phase zu Beginn des Fuhne B steigende Werte bei *Pediastrum boryanum* und *P. kawraiskyi*, die die erneute Einstellung von Flachwasserbedingungen unterstreichen. In diesem Abschnitt häufen sich auch die Funde von Wasserpflanzen, wie Ähren-Tausendblatt und Laichkraut.

Zusammenfassung

Es wird ein Überblick zur heutigen Verbreitung, zum lithologischen Aufbau der Schichtenfolge und zur Paläogeographie holsteinwarmzeitlicher bis fuhnekaltzeitlicher Ablagerungen im Gebiet zwischen Dömitz und Lenzen (NW-Brandenburg) gegeben.

Die sedimentologischen und biostratigraphischen Untersuchungen waren insbesondere auf die gekernten Profile der Bohrungen GoHy 1553, 1623 und 1542 ausgerichtet. Pollenanalytisch konnte eine mehr oder weniger lückenlose Sequenz von der ausgehenden Spätelster-Kaltzeit über die Holstein-Warmzeit bis hinein in die Fuhne-Kaltzeit nachgewiesen werden.

Nordwestlich der Salzstruktur Gorleben–Rambow, bevorzugt in der Gorlebener Rinne, wurde eine kontinuierliche Sedimentation von der ausgehenden Elster-Kaltzeit über die Holstein-Warmzeit bis zur Saale-Kaltzeit mit einem marinen Meeresvorstoß in der Mitte der Holstein-Warmzeit nachgewiesen. Südöstlich der Salzstruktur liegt die Holstein-Basis größtenteils höher. Die Sedimentation beginnt nach den palynologischen Untersuchungsergebnissen erst nach der marinen Ingression etwa in der Mitte der Warmzeit. Die Salzstruktur Gorleben–Rambow war östlich der Elbe während des Holstein größtenteils ein Hochgebiet, das beide Sedimentationsräume trennte.

Summary

The occurences of Holsteinian to Early Saalian ("Fuhne") deposits and their lithology and palaeogeography are presented. The sedimentological studies and pollen analyses were focused on the cores of boreholes GoHy 1553, 1623 and 1542. These analyses showed a nearly complete sequence of Late Elsterian, Holsteinian and Early Saalian sediments.

North-west of the Gorleben–Rambow salt structure, principally in the Elsterian "Gorleben channel", a continuous sedimentation sequence was found covering the time from the Late Elsterian period through the Holsteinian Interglacial to the Saale cold period, and including a marine incursion in the middle of the Holsteinian Interglacial. The base of the Holsteinian deposits became generally higher to the south-east of the salt structure. The results of the palynological investigations show that sedimentation began in about the middle of the interglacial, after the marine incursion. During the Holsteinian the Gorleben–Rambow salt structure was mainly an elevated area, separating the two areas of sedimentation.

Literatur

CEPEK, A.G. & K. ERD (1975): Das Holstein-Interglazial im Raum Neuruppin - ein neues pollenstratigraphisches Richtprofil und seine quartärgeologische Bedeutung. - Z. geol. Wiss. 3, S. 1151-1178, Berlin

Ellenberg, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica IX, S. 1-122, Göttingen

ERD, K. (1969): Das Holstein-Interglazial von Granzin bei Hagenow (Südwestmecklenburg). - Geologie, 6, 5, S. 590-599, Berlin

Erd, K. (1973): Pollenanalytische Gliederung des Pleistozäns der Deutschen Demokratischen Republik. - Z. geol. Wiss. 1, S. 1087-1103, Berlin

Hinsch, W. (1993): Marine Molluskenfaunen in Typusprofilen des Elster-Saale-Interglazials und des Elster-Spätglazials. - Geol. Jb. A 138, S. 9-34, Hannover

HUNTLEY, J.B. & H.J.B. BIRKS (1983): An atlas of past and

- present pollen maps for Europe: 0-13 000 years ago. 667 S., Cambridge (Cambridge University Press)
- KIRCHNER, M. (1987): Ein kurzer Abriß der Mikroflora von Steinheim am Albuch. Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. 27, S. 105 121, München
- Köthe, A., Strahl, J. & W. Weiss (1999): Einzelprojekt Gorleben, Untersuchungsgebiet Dömitz-Lenzen, Biostratigraphie Dömitz-Lenzen Ergebnisse der biostratigraphischen Untersuchungen des tertiären und quartären Deckgebirges, unveröff, Endbericht, Anhang 1. BGR, Archiv-Nr. 117 391, Hannover
- Köthe, A., Weiss, W. & R. Zwirner (2002): Die oligozäne und miozäne Schichtenfolge im mittleren Teil der Salzstruktur Gorleben-Rambow. Brandenburgische Geowiss. Beitr. 9. S. 17-31. Kleinmachnow
- Lang, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. 462 S., Jena (Fischer)
- LANGKUTSCH, U., LOTSCH, D. & H. ZIERMANN (1996): Sachstandsbericht zu den geologisch-hydrogeologischen Kenntnissen über das jüngere Känozoikum im zukünftigen Untersuchungsgebiet Gorleben-Nord und angrenzenden Gebieten Kenntnisstand Oktober 1991, 2. Aufl. Unveröff. BGR-Bericht, Projekt Gorleben, Archiv-Nr. 115584, Hannover
- Litt, T. & C. Turner (1993): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie: Die Saalesequenz in der Typusregion. Eiszeitalter u. Gegenwart 43, S. 125-128, Hannover
- Mai, D. H. & H. Walther (1988): Die pliozänen Floren von Thüringen/Deutsche Demokratische Republik. Quartärpaläontologie 7, S. 55-297, Berlin (Akademie-Verlag)
- Müller, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählungen an der holsteinzeitlichen Kieselgur von Munster-Breloh. Geol. Jb. A 21, S. 107-140, Hannover
- Müller, H. & H.-C. Höfle (1994): Die Holstein-Interglazialvorkommen bei Bossel westlich Stade und Wanhöden nördlich Bremerhaven. - Geol. Jb. A 134, S. 71 - 116, Hannover
- Reinhardt, H.-G. (1967): Hinweise der Prospektionsseismik auf rezente Salzbewegungen im Norden der DDR. Geologie 16, S. 95-100, Berlin

Anschrift der Autoren:

Dr. Jaqueline Strahl Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Dipl.-Geol. Rainer Zwirner Golder Associates GmbH Vorbruch 3 29277 Celle

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 152

LANDESAMT

Neue Daten zur Altersstellung des Rixdorfer Horizontes von Niederlehme

NORBERT HERMSDORF

Mit dem Auffinden einer autochthonen Molluskenfauna innerhalb des Rixdorfer Horizontes von Niederlehme (siehe Herms-DORF 2000) bot sich erstmals die Möglichkeit, das Alter dieser Schüttung mit absoluten Altersbestimmungen einzugrenzen. Das Molluskenmaterial wurde im Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (GGA) in Hannover von Frau Dr. Oezen thermionenmassenspektrometrisch mit der ²³⁰Th/U-Ungleichgewichtsmethode datiert. Um Kontamination durch allochthones an Detritus gebundenes ²³⁰Th vernachlässigen zu können, wurde eine Korrektur mittels des sogenannten Isochronen-Verfahrens durchgeführt. Dazu wurden insgesamt 3 Proben mit unterschiedlichen Detritusgehalten mit folgenden Resultaten analysiert:

TIMS-Hv	$^{234}U/^{238}U$ $\pm 2\sigma$	²³⁰ Th/ ²³² Th	U/Th-Alter [ka] ±2σ	"Isochronen"- U/Th-Alter [ka] ±2σ	Uran- Gehalt [ppm]	Thorium-Gehalt [ppm]
404	1,085 ± 0,005	1,2	> 500		0,33	1,4
405	1,134 ± 0,002	1,2	> 500	26.8 ± 13.2	0,30	1,4
406	1,157 ± 0,009	1,2	> 500	26.8 ± 10.6	0,28	1,1
Isochrone				$26,8 \pm 8,2$		

Das ermittelte korrigierte Isochronen- 230 Th/U-Alter von 26,8 \pm 8,2 ka (2 σ) ist nach Auskunft von Frau Dr. Oezen (schriftl. Mitt. vom 10.04.01) jedoch als nicht eindeutig gesichert anzusehen, da kleine Änderungen des Korrekturfaktors das 230 Th/U-Alter auf 15 ka bzw. 50 ka verschieben.

Da das ermittelte Alter jedoch relativ jung ist, bestand die Möglichkeit, die Ergebnisse mit ¹⁴C-Analysen zu überprüfen. Diese von Dr. Techmar (ebenfalls GGA Hannover) durchgeführten Untersuchungen brachten folgendes Ergebnis:

Hv	δ ¹³ C ‰	¹⁴ C-Alter in Jahre v.h.
24290	- 4,6	29760 ± 860

Das ermittelte 14 C-Alter mit 29760 \pm 860 Jahren vor heute stimmt im Rahmen der Fehlerintervalle mit dem Ergebnis der 230 Th/U-Analyse überein, so dass methodisch bedingte Fehler weitestgehend ausgeschlossen werden können.

Die gute Übereinstimmung der Th/U-Analysen mit den ¹4C-Analysen berechtigt zu der Schlussfolgerung, dass das ermittelte Alter als relativ gesichert betrachtet werden kann.

Demnach wäre die Schüttung des Rixdorfer Horizontes von Niederlehme in das Deenekamp-Interstadial zu stellen. Unabhängig davon ist das Alter der in ihm enthaltenen Großsäugerreste zu betrachten, dahingehende Untersuchungen laufen zur Zeit.

Anschrift des Autors: Dipl.-Geol. Norbert Hermsdorf Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 153

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 45–57	6 Abb., 3 Tab., 57 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	----------	-------------------------

Jungdünenentwicklung und Siedlungsgeschichte auf der Glindower Platte (Brandenburg)

MARGOT BÖSE, MARION MÜLLER, ARTHUR BRANDE & MICHAEL FACKLAM

1. Einleitung

Die Genese und Entwicklung von Binnendünengebieten im Jungmoränengebiet des mitteleuropäischen Tieflandes aufzuklären, gehört zu den interessanten Aufgaben der geomorphologischen Forschung dieses Raumes. Flugsande reagieren besonders sensibel auf klimatische und anthropogene Veränderungen, die zugleich auch Art und Zusammensetzung der Vegetation im Laufe des Spätpleistozäns und Holozäns beeinflußt haben. Größere Dünenfelder finden sich im

Norddeutschen und Polnischen Tiefland vornehmlich auf den Talsandebenen und Sanderflächen, vereinzelt auch auf Grundmoränenplatten. Neuere Untersuchungen und Übersichten zur Formungs- und Entwicklungsgeschichte der Binnendünen sind von Kozarski (1991) und Nowacyk (1995) sowie von Schlaak (1993, 1997) und de Boer (1995) vorgelegt worden.

Die nachfolgend dargestellten Befunde von Bliesendorf sind im August 1995 auf der INQUA-Exkursion B 20 (Böse et al. 1995) und im August 1998 im Rahmen der INQUA-Exkursion

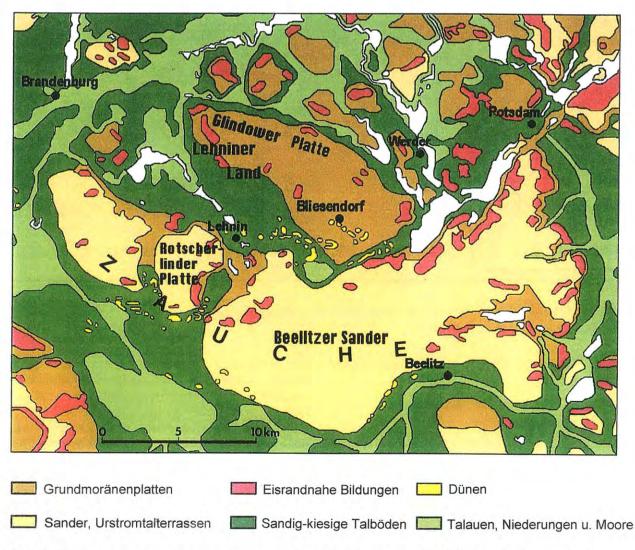


Abb. 1 Geomorphologische Einheiten der Zauche (nach Ergenzinger et al., 1969, Ausschnitt, verändert).

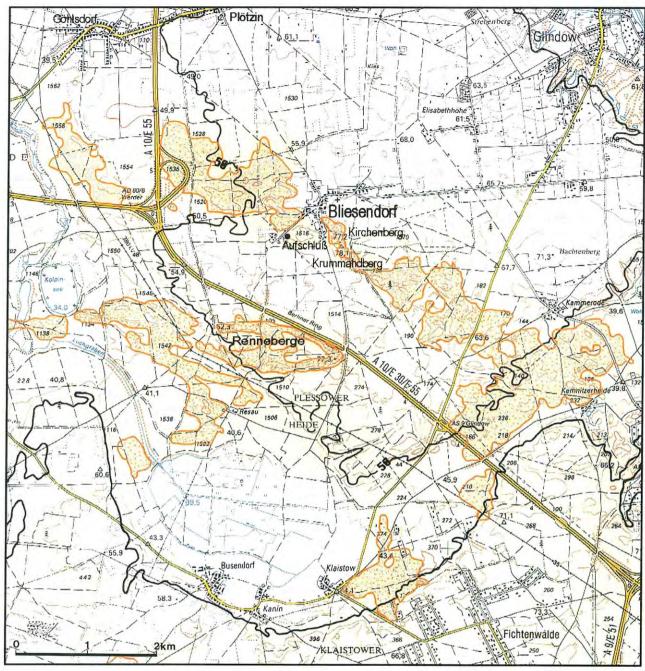


Abb. 2
Flugsand- und Dünengebiete in der Umgebung von Bliesendorf (Topographische Karte 1:50 000, Werder (Havel), Blatt L 3742, 1994, Ausschnitt, verändert).

"Dunes and Fossil Soils" (Böse et al. 1998) vorgestellt und diskutiert worden.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im weichselzeitlich geprägten Landschaftsraum der Zauche (von slawisch/polabisch: such = trocken) zwischen den Städten Potsdam, Brandenburg und Beelitz. Es gliedert sich in Grundmoränenflächen (Lehniner Land mit der Glindower Platte), Endmoränen des weichselzeitlichen Maximalstadiums, Sander - besonders zu erwähnen ist der Beelitzer Kegelsander - und Schmelzwasserbahnen (Abb. 1).

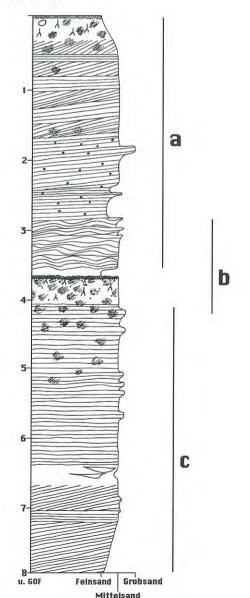
Die Untersuchungen wurden auf der Glindower Grundmoränenplatte durchgeführt. Die oberflächennahen Ablagerungen der Glindower Platte sind auf der neuen Geologischen Übersichtskarte von Berlin und Umgebung 1: 100 000 (1995) überwiegend als warthezeitlicher Geschiebemergel, stellenweise mit Überlagerung von Vorschüttsanden (ohne Altersangabe), dargestellt. Auf der Geologischen Karte, 1: 25 000, Sect. Werder (1891) ist hingegen in größeren Flächenanteilen oberer Diluvialmergel eingetragen. Nach Franz (1961) gehört diese Platte zum Jungmoränengebiet. Folglich ist zumindest mit einer dünnen, wenn auch recht lückenhaften Auflage von weichselzeitlichem glazigenen Material zu rechnen (vgl. Weisse 1997); der komplizierte innere Aufbau der

Grundmoränenplatte mit Stauchungs- und Pressungsstrukturen und Durchspießungen von saalezeitlichem Material ist von Weisse (1982a, b; 1997) näher beschrieben worden.

Die Glindower Platte wird im Norden durch eine scharfe NW-SE verlaufende Geländekante gegen die seendurchsetzte Brandenburger Havelniederung abgegrenzt. Im Osten bildet das NE-SW gerichtete dünenbesetzte Kaniner Tal, eine Umfließungsrinne der glazialen Schmelzwässer an der Westflanke des Beelitzer Sanders, die Grenze. Dieses Schmelzwassertal biegt dann in einem fast rechten Winkel nach NW und verläuft als seenreiche, von vermoorten Rinnen und Niederungen durchzogene weite Talung zwischen der Glindower Platte und der südwestlich begrenzenden Rotscherlinder Platte in Richtung auf die Haveltalung (Scholz 1972). Den über dem Grundwassereinflußbereich liegenden Talsandflächen sind an vielen Stellen Dünenfelder aufgesetzt.

Auch auf der südlichen Glindower Platte ist ein unregelmäßiges, WNW-ESE verlaufendes, etwa 3 km² großes Flugsand-

70 m NN



und Dünengebiet vorhanden (Abb. 2), das heute von Wald bestanden ist. Die Grundmoränenplatte selbst liegt hier zwischen 50 und 60 m NN, die Dünen erreichen ihre höchsten Erhebungen im Kirchenberg (77,2 m) und im Krummahdberg (78,1 m) am südlichen Ortsrand von Bliesendorf. Diese Dünen haben Kupstenform¹, westlich und südlich des Ortes lassen sich parabeldünen-ähnliche Formen erkennen. Ein weiteres Dünengebiet erstreckt sich südlich des Kolpinsee im Talsandgebiet und zieht von dort nach Osten die Grundmoränenplatte randlich herauf, wo es das Gebiet der Renneberge, morphologisch eine große Parabeldüne, bildet. Beide Dünengebiete stehen in spitzem Winkel zueinander.

In einer lokalen Sandentnahmestelle südwestlich des Ortskernes von Bliesendorf ist ein fossiler Bodenhorizont aufgeschlossen (TK 25, Werder, Blatt 3643, 1941; R 4557630 / H 5800375), der sich durch Sondierungen weiter verfolgen ließ. Der Frage nach der Altersstellung dieses Bodens wurde durch detaillierte Untersuchungen nachgegangen. Im Berliner Raum und seiner Umgebung sind wiederholt in Dünenkörpern spätglaziale Bodenbildungen aus dem Bölling-Alleröd-Komplex gefunden worden, die eine erneute, meist

flach liegende Schichtung

wellige Schichtung

Durchwurzelung

Humus / Holzkohlehorizont des rezenten / fossilen Bodens

Linsen

Holzkohle

Fleckung

flachwinkelige Kreuzschichtung

kleinräumige Umlagerung von äolischen Sanden in der Jüngeren Dryas erfahren haben (Liedtke 1957/58, Schlaak 1993, de Boer 1995, Brande 1995a). Aber auch holozäne, in der Regel siedlungsbedingte Sandumlagerungen sind bekannt (Böse & Brande 1986, Teschner-Steinhardt & Müller 1994, de Boer 1995).

3. Das Profil Bliesendorf

Der Aufschluß liegt an der SW-Seite des oben beschriebenen Dünenkomplexes und verläuft von WNW nach ESE. Er ist ca. 50 m breit, die



Foto: M. Müller, 1996, nachbearbeitet

Abb. 3 Gesamtansicht des Aufschlusses Bliesendorf mit Lage des fossilen Bodens und der Probeentnahmestellen a - c

links: Profil des Aufschlusses Bliesendorf, schematisiert, mit Lage der Probeentnahmebereiche a – c (siehe oben) Oberfläche ist gewölbt und der höchste Teil des Aufschlusses liegt rund 8 m über der Aufschlußsohle (Abb. 3). Folgende Gliederung war im Gelände erkennbar:

- die oberen Sande mit dem rezenten Boden
- der begrabene Boden (Rostbraunerde)
- die unteren Sande (Ausgangsmaterial der fossilen Bodenbildung).

3.1 Die oberen Sande

Der rezente Boden auf den oberen Sanden ist aufgrund der Horizontfolge Ah - Ahe - Ahe/Bsv - B(s)v - Bv - C als podsolierte Braunerde anzusprechen (AG Boden, 1994). Für diesen Bodentyp ist in Ostdeutschland die Bezeichnung Rostbraunerde üblich. Im Bereich der oberen Horizonte kam es durch Pflügen bei der Aufforstung der heute etwa 25-jährigen Kiefernmonokultur zu Störungen im Profilaufbau.

Gekennzeichnet ist das Profil durch intensive Horizontdifferenzierung bei geringer bis mittlerer Entwicklungstiefe. Die oberen Horizonte weisen pH-Werte um 3 auf, erst ab einer Tiefe von mehr als 100 cm steigt der pH-Wert deutlich über 4. Das C/N-Verhältnis ist mit Werten um 30 sehr weit. Die dithionitlöslichen Eisengehalte zeigen eine schwache Verarmung im Ahe- sowie eine Anreicherung im Ahe/Bsv-Horizont. Eine intensivere Al-Verlagerung kann aus der Verteilung des oxalatlöslichen Aluminiums abgeleitet werden (Tab. 1). Derartige podsolierte Braunerden auf Dünensanden unter Kiefernforst sind aus dem angrenzenden Berliner Talsandgebiet (z. B. Spandauer Forst) eingehend untersucht worden (BLUME 1981). Die feinsandigen Mittelsande des Bodens sind entschichtet. Darunter folgen rund 1,4 m mittelsandige Feinsande mit

Beprobung einer makroskopisch nicht klar erkennbaren Grobsandlage zurückzuführen.

In den Sanden sind kleine Holzkohlepartikel gleichmäßig verteilt. Eine Schichtung der Sande liegt vor, ist jedoch nicht überall deutlich erkennbar. Wo sie gemessen werden konnte, lagen die Einfallswinkel zwischen 10° und 15° nach WNW. Offensichtlich handelt es sich durchweg um Luvhangsedimente. Im unteren Meter ist eine wellige Bänderung erkennbar, wohl zurückzuführen auf übersandete Windrippeln. Stellenweise treten unregelmäßige Einsinkstrukturen zwischen Mittelsanden und schluffigen Feinsanden auf. Es könnte sich um kleinräumige Verspülungen oder Trittspuren durch Vieh handeln, die bei der Siedlungsnähe des Profils nicht auszuschließen sind.

3.2 Der fossile Boden

Die Basis der oberen Sande besteht aus mittelsandigen Feinsanden. Neben vereinzelt vorkommenden feinen Holzkohlestücken zeigt sich in den untersten 11 cm ein deutlich höherer Anteil an organischem Kohlenstoff, der auf Vermischung mit dem im Liegenden anstehenden fAh-Horizont zurückzuführen ist (Tab. 1, Abb. 5).

Es folgt der ca. 6 cm mächtige fossile Ah-Horizont. Der Übergang zu diesem Horizont ist deutlich, im cm-Maßstab etwas fransig ausgebildet. Die Korngrößenanalysen zeigen durchweg deutliche Unterschiede zu denen der hangenden Sande: Die Sortierung ist in den betreffenden Proben mäßig und die Körnung hat eine bimodale Verteilung (Abb. 4).

Die feinsandigen Mittelsande dieses Horizontes sind durch organische Substanz, die einen Gehalt von 2,3 Gew.-% er-

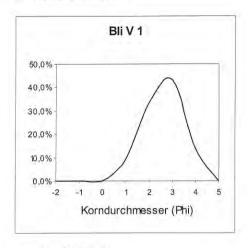
Tab. 1 Physikalische und chemische Parameter des rezenten und des fossilen Bodens im Aufschluß Bliesendorf.

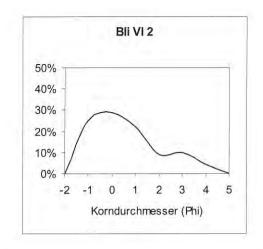
Tiefe (cm und GOF)	Horizont	Bodenart	Rohdichte g/ccm	C org g/kg	pH CaCl ₂	Fe (d) mg/kg	Fe (o) Mg/kg	Fe (o)/Fe (d)	Al (o) Mg/kg
Rezenter Boden									
0 - 2	Ah	fSms	n. b.	28.4	2.79	n. b.	n. b.	n. b.	n.b.
2 - 4	Ahe	fSms	n. b.	5.9	3.23	560	200	0.35	177
4 - 9 - 20	Ahe + B(s)v	fSms	n. b.	3.9	3.43	720	285	0.39	190
20 - 50	B(s)V	fSms	1.601	< 1	3.91	615	198	0.32	340
50 - 100	Bv	fSms	1.585	n. b.	4.09	620	185	0.29	361
> 100	C	fSms	1.527	n. b.	4.13	653	165	0.25	335
Dünenbasis			•						
> 354	C	fSms	1.555	0.4	4.80	270	1950	7.22	485
354 - 365	C	fSms	1.550	0.8	4.88	253	1950	7.70	550
Fossiler Boden									
365 - 371	fAh	mSfs	1.534	13.4	4.86	1090	668	0.61	600
371 - 400	f Bsv	mSfs	1.515	2.4	4.74	1375	870	0.63	1828
400 - 415	fBy	mSfs	1,586	1.1	4.88	845	348	0.41	1136
415 -> 465	fCv	mSfs	1.602	0.3	4.82	445	173	0.39	380

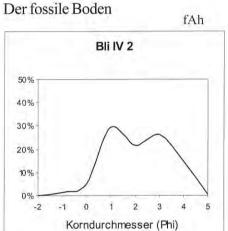
einer schwachen Marmorierung und einer undeutlichen Schichtung mit wechselndem Einfallen zwischen 10° und 18° nach WNW.

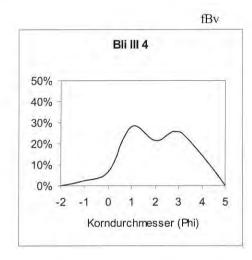
Die liegenden 2 m mächtigen Schichten bestehen aus Feinund Mittelsanden mit einzelnen, vor allem im oberen Meter vorkommenden Grobsandlagen. Die granulometrischen Analysen von sieben Proben zeigen sechs mit unimodaler und eine mit bimodaler Verteilung (Abb. 4); letztere ist auf die reicht, dunkel gefärbt. Es kommen wiederholt über die gesamte Breite des Aufschlusses feine Holzkohlestückehen und -flitter vor. Auffällig sind kreisförmige, mehr oder weniger gebleichte Flecken als Spuren ehemaliger Wurzelbahnen, deren Durchmesser von einem bis zu mehreren em schwankt. Stellenweise sind in ihren randlichen Bereichen Rostflecken zu erkennen, die vereinzelt ebenso in der Bodenmatrix zu finden sind.

Die oberen Sande

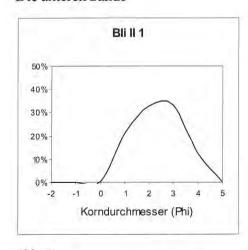








Die unteren Sande



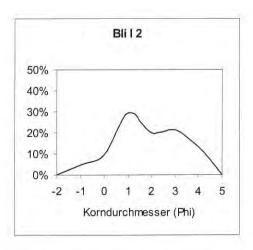


Abb. 4 Ergebnisse granulometrischer Analysen aus den drei Sedimentkomplexen des Aufschlusses Bliesendorf (zur Probenauswahl s. Text)

Die Grenze zu dem sich anschließenden fBsv-Horizont ist deutlich ausgeprägt. Die Mächtigkeit des Horizontes beträgt ca. 20-30 cm. Er besteht ebenfalls aus feinsandigen Mittelsanden mit einem nach unten zunehmenden Grobsandanteil, wobei eine Schichtung nicht vorhanden ist. Eine deutliche Braunfärbung liegt vor. Gleichzeitig treten hier wie im fAh-

Horizont kreisförmige gebleichte Flecken auf, so dass der Horizont einen marmorierten Eindruck macht. Vereinzelt sind auch hier noch Holzkohleflitter zu finden. Der fBsv-Horizont geht diffus in einen ca. 15 cm mächtigen fBv-Cv-Horizont über, dessen Farbe deutlich heller ist. Neben einer schwachen Marmorierung treten vereinzelt gebleichte ehemalige

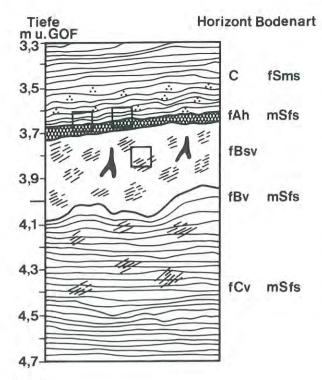


Abb. 5
Profilausschnitt im Bereich des fossilen Bodens.
Horizonte und Bodenart vgl. Tabelle 1.
Signaturen wie in Abbildung 3.
Quadrate: Lage der ¹⁴C Proben (vgl. Tab. 3).

Wurzelbahnen von mehreren cm Durchmesser auf. Unterhalb des fBv-Cv-Horizontes schließt sich der fCv-Horizont an, der wiederum aus feinsandigen Mittelsanden besteht. Die Korngrößenverteilung ist dementsprechend sowohl bimodal (Abb. 4) als unimodal.

Die pH-Werte der beschriebenen Horizonte liegen zwischen 4,7 und 4,9, ohne dass ein vertikaler Trend zu erkennen ist (Tab. 1). Gründe für die Höhe und die geringe Spannweite der pH-Werte sind durch Einstellung des Gleichgewichtes der Protonenkonzentration des Sickerwassers und der Bodenmatrix zu erklären. Der anzunehmende ursprünglich niedrigere pH-Wert wurde somit überprägt. Der Gehalt organischer Substanz nimmt vom fAh- über den fBv- zum fCv-Horizont ab. Inwiefern diese Gehalte vor allem im fAh-Horizont identisch mit Humus oder hauptsächlich durch die Holzkohle bedingt sind, wurde nicht untersucht. Die Gesamteisengehalte sowie die dithionit- und oxalatlöslichen Eisenfraktionen zeigen die höchsten Gehalte im fAh- und fBsv-Horizont, wobei das Maximum im fBsv liegt. Die Gesamtphosphorgehalte zeichnen dieses Maximum nach. Bei makroskopischer Betrachtung ist eine Umverteilung des Eisens innerhalb des fAh-Horizontes durch Auflösung der Fe-Hüllen der Sandkörner und Konzentrierung des Eisens in koproformen Aggregaten (Blume 1981) erkennbar. Die Verteilung der oxalatlöslichen Aluminiumfraktion zeigt eine deutliche Verarmung im fAh-Horizont gegenüber einer entsprechenden Anreicherung im fBsv- und fBv -Horizont.

Aufgrund der Geländebefunde und Analysenergebnisse ist der beschriebene Boden in die Klasse der Braunerden einzuordnen (Blume 1981). Eine schwache Eisen- sowie eine deutliche Aluminiumverlagerung im Sinne einer Podsolierung kann aus den Analysen abgeleitet werden. Somit dürfte es sich bei dem fossilen Boden ursprünglich um eine podsolierte Braunerde (Rostbraunerde) gehandelt haben. Eine eindeutige Beziehung zwischen Entwicklungsdauer und Intensität der Bodenentwicklung kann aus dem beschriebenen Bodenprofil nicht abgeleitet werden. Aus den Werten von Magnesium und Kalium an mittelholozän umgelagerten Dünensanden in West- und Mittelpolen (Kowalkowski 1995, 1998) ergibt sich, dass zumindest von einer mehrtausendjährigen Entwicklung ausgegangen werden muß.

Aus dem fAh und dem fBsv wurden 4 Proben für die Pollenanalyse entnommen. Die Pollenführung in diesem trockenen Substrat ist erwartungsgemäß infolge starker Korrosion und selektiver Zersetzung sehr gering, besonders in dem durch feinste Laubholz-Kohlepartikel charakterisierten fAh. Das Ergebnis aller untersuchter Proben ist dementsprechend in einem Sammelspektrum wiedergegeben (Tab. 2).

*Tab. 2*Sammelspektrum von Pollen und Sporen aus der fossilen Rostbraunerde im Profil Bliesendorf (TK 25, Werder, Blatt 3643, 1941; R 4557630 / H 5800375). Berechnung in % der Gesamtpollen- und -sporensumme (n = 297) excl. Moose *(Sphagnum)*. BP: Gehölze, NBP: Krautige incl. Farne.

Pinus	20.2	Dianthus-Typ	0,3
Betula	4.7	Lychnis-Typ	0,3
Alnus	11,5	Caryophyllaceae p.p.	0,3
Quercus	8,4	Geraniaceae	0.3
Ulmus	0,3	Ranunculus acris-Typ	0,3
Tilia	0,3	Rubiaceae	0,3
Fagus	0,7	Umbelliferae	
Carpinus	0,3	Poaceae p.p.	3.4
Corylus	0,7	Cyperaceae	
BP	47,1	Polypodiaceae p.p.	14,1
		Pteridium	5,1
Calluna	1,0	Botrychium	1,4
Cerealia p.p. + indet.	1.0	Lycopodium clavatum-T	yp 0,7
Cerealia cf.	1,7	Varia	0,3
Secale cf.	1,4	Indeterminata	13,1
Artemisia	1,0	NBP	52,9
Liguliflorae	4,7		
Tubuliflorae p.p	0,7	Sphagnum	7,7

Durch die Anwesenheit von *Fagus* (Rotbuche) und *Carpinus* (Hainbuche) ist das Pollenspektrum in das Subboreal bis Subatlantikum (700 v. Chr. bis Gegenwart) zu stellen. Cerealia-Pollen (Getreide), besonders *Secale* cf. (Roggen), sprechen für jüngeres Subatlantikum (im Berlin-Potsdamer Raum überwiegend ab dem 12. Jh. n. Chr., vgl. Brande 1996).

Aus den an feinverteilter Holzkohle vergleichsweise reichsten Partien des fAh wurden zwei Proben für ¹⁴C-Datierungen entnommen, die von M. A. Geyh (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung) durchgeführt wurden (Tab. 3). Mit diesem Material ist das Waldbrand-Ereignis datiert, das die Bodenbildung zum Abschluß gebracht und die nachfolgende Flugsandüberdeckung ausgelöst hat. Mit einer Altersstellung zwischen 1015 und 1390 n. Chr. wird das

pollenanalytisch ermittelte Alter bestätigt und weiter präzisiert. Im November 1999 wurden zusätzlich im fBsv-Horizont, 15 bis 30 cm unter dem fAh, auf einer 15 x 40 cm großen Fläche der Aufschlußwand mehrere cm bis dm große Holzkohlestücke angetroffen (Abb. 5). Nach der holzanatomischen Untersuchung handelt es sich um Kiefer (*Pinus sylvestris*). Die umgebenden Sande wiesen eine leicht rötliche Färbung auf, die als Relikt einer Frittung beim Ausglühen

4. Diskussion

4.1 Die Geländebefunde

Die unteren Sande, auf denen sich die fossile Rostbraunerde entwickelt hat, sind sowohl von ihrer Körnung als auch von den Sedimentstrukturen her als Kamessande zu deuten. Kames sind eine im weiteren Potsdamer Raum mehrfach auftre-

Tab. 3

¹⁴C-Analysen von Proben aus dem fossilen Boden in Bliesendorf (M. A. Geyh briefl., Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Hannover). Zur stratigraphischen Position der Proben siehe Abbildung 6.

Profil	Tiefe cm und GOF	Labor- Nummer	δ ¹³ C [%0]	Konventionelle ¹⁴ C-Alter [Jahre vor 1950] ¹	Kalenderalter ²
Bliesendorf	368	Hv 19880	- 25.6	735 ± 110	AD 1220 - 1390
Bliesendorf	368	Hv 19881	- 26.4	850 ± 170	AD 1015 – 1300
Bliesendorf	400	Hv 23698	keine Angabe	2835 ± 60	BC 1040 - 905

Radiokarbonjahre vor 1950 n. Chr. im 68 % - Fehlerbereich, δ ¹³C-korrigiert.

eines Wurzelstockes gedeutet werden kann. Die Radiokarbondatierung dieser Holzkohle ergab ein deutlich höheres Alter als die der zwei Proben aus dem fAh (vgl. Tab. 3).

3.3 Die unteren Sande

Die unteren Sande zeigen zunehmend wieder primäre Sedimentstrukturen und horizontale Schichtungen. Die Differenzierung der Korngröße erfolgt in z. T. mächtigeren Lagen als in den oberen Sanden. Der Anteil an Grobsand nimmt vereinzelt zu, und es treten auch Feinkieslagen auf. Gelegentlich wurden in der Horizontalschichtung Rutsch- und Einsinkstrukturen beobachtet, die auf Ablagerung in einem wassergesättigten Milieu hindeuten. In großen Abständen sind gebleichte ehemalige Wurzelbahnen erkennbar. Ein liegendes feinsandiges Mittelsandpaket ist grobsandfrei und überlagert mit einer Erosionsdiskordanz schräggeschichtete Sande mit vereinzelten Grobsandlagen.

Die granulometrischen Ergebnisse von 9 Proben aus den liegenden Sanden spiegeln diese unterschiedlichen Sedimentpakete gut wider; sechs Proben haben eine unimodale, drei eine bimodale Verteilung (vgl. Abb. 4).

Unmittelbar an der Aufschlußbasis wurde bei einer Sondierung in 1,5 m Tiefe Geschiebemergel angetroffen. Etwa 200 m weiter südlich auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche, dem Kolpiner Feld, bildet er die Oberfläche. Er zieht demnach söhlig unter den Sanden durch.

tende Gelände- und Ablagerungsform (Weisse 1977), die auf eine Eiszerfallslandschaft im äußersten Bereich des Brandenburger Stadiums hinweist. Verbreitete Schuppen- und Stapelstrukturen führt Weisse (1982a, b, 1997) im wesentlichen auf Basalstauchungen in der vorletzten Eiszeit zurück. Nach einem relativ kraftlosen Vorstoß des weichselzeitlichen Inlandeises, das nur geringmächtige Basissedimente hinterließ und auch weiter südlich keine deutlichen Endmoränen schuf, bildete sich ein Toteisgürtel. Aufgrund der geringen Aktivität des Eises wurde wenig Toteis in den Untergrund eingelagert, so dass die Glindower Platte arm an Pfuhlen und Söllen ist. Andererseits weist Weisse (1997) hier auf bodentrockene Kleinsenken hin. Ferner wurden durch die Schmelzwässer beim Niedertauen des Eises Kames in Eisrissen und löchern aufgeschüttet, die nach dem völligen Niedertauen als Kuppen im Gelände zurückblieben. Weisse beobachtete "fast horizontal abgelagerte Kamessande der Niedertauphase" bei Glindow und wenig östlich von Bliesendorf. Diese Kuppen wurden im Spätglazial nur geringfügig überprägt. Unter Waldbedeckung bildete sich dann im Spätglazial und Holozän die hier beschriebene Rostbraunerde mit einem über 80 cm mächtigen Bodenprofil. Dieser Befund schließt im vorliegenden Fall eine auf das Spätglazial beschränkte Bodenbildung aus. Spätglaziale Interstadialböden sind in der Regel höchstens 10 cm mächtig, wie beispielsweise der allerödzeitliche Finowboden bei Eberswalde (Schlaak 1993).

Es ist also bemerkenswert, dass im Bliesendorfer Dünengebiet nur ein einziger fossiler Boden nachgewiesen ist, wäh-

² Dendrochronologisch korrigiertes ¹⁴C-Alter im 95 % - Fehlerbereich, nach STUIVER & REIMER (1993).

rend anderenorts in Brandenburg und Berlin (Schlaak 1993, Teschner-Steinhardt & Müller 1994, de Boer 1995, Krüger 1995) und angrenzenden Regionen derartige Bodenbildungsphasen mit äolischen Aktivitätsphasen im Spätpleistozän und Holozän unter natürlichen bzw. anthropogenen Bedingungen mehrfach wechseln können. In Bliesendorf markiert die Jungdünenbildung über der Rostbraunerde folgerichtig die ersten sehr starken und zugleich flächenhaften anthropogenen Veränderungen durch die intensive landeskulturelle Erschließung im Hochmittelalter. Dieser Landesausbau fand auf der Glindower Platte etwa von 1160 bis 1250 n. Chr. statt (Mangelsdorf 1983).

Die Rodung der eichenreichen Wälder auf dem Bliesendorfer Kames (Laubholzkohle im fAh) ging mit Waldbrand einher (vermutlich Brandrodung) und löste so die anhaltenden Sandbewegungen aus, die ihrerseits - vermutlich verstärkt durch Weidegang der Haustiere und andere Extensivnutzungen die spontane Wiederbesiedlung der Sande wirksam verhinderten. Die Pollenführung repräsentiert im fBsv die naturnahe spätholozäne Waldzusammensetzung auf den verschiedenen Standorten des Kames und seiner näheren Umgebung (z. B. die kiefern-eichenreichen Wälder auf den grundwasserfernen sandigen Substraten sowie auf den frischeren bzw. feuchteren und nährstoffreichen Böden mit Rot- bzw. Hainbuche und nur wenig Linde). Hinzu kommt durch eine gewisse, aber begrenzte Pollenperkolation aus den hangenden Sanden eine jüngere Komponente, nämlich aus der beginnenden Jungdünenphase selbst. Zwar fehlt vermutlich korrosionsbedingt der Pollen typischer Arten der Trockenrasen auf Dünensand (z. B. Jasonie, Scleranthus perennis), jedoch ist als indirekter Indikator für örtliche Offenheit am Untersuchungspunkt der prozentual recht hohe Pollen- bzw. Sporenanteil von den weiter entfernt gelegenen Naßstandorten (Alnus und Sphagnum aus den Talbereichen, die die Glindower Platte allseitig umgeben) zu werten.

Aus den aufgelichteten Waldrandbereichen und/oder dem vorrodungszeitlichen Unterwuchs der trockensten bzw. lichtesten Waldpartien stammt der Pollen- bzw. Sporengehalt von Calluna, Botrychium und weiteren hier erfaßten Pflanzensippen. Ebenso kann der recht beträchtliche Sporenanteil von Pteridium (Adlerfarn) sowohl aus einem feuchten Eichen-Birkenwald am Kamesfuß und entsprechender Wald-standorte der näheren Umgebung aus der Vorrodungszeit stammen als auch infolge Ausbreitung durch die örtliche Brandrodung und nachfolgende Viehweide unmittelbar gefördert worden sein. Ebenso ist im Berliner Raum eine entsprechende rodungsbedingte Massenausbreitung des Adlerfarns für diese Zeit um 1200 n. Chr. nachgewiesen (Brande 1985).

Über das Ausmaß des Ackerbaus im Umkreis der Bliesendorfer Düne, besonders des Roggenanbaus, der mit Beginn der deutschen Zeit (d.h. für den Bereich der Zauche ab 1160) in den Landschaften Brandenburgs stark zunimmt und entsprechend in den Pollenspektren durch einen Anstieg der Secale-Werte charakterisiert ist (Lange 1971a, b, 1976; Brande 1996; Wolters 1996), lässt sich wegen der schlechten Pollenführung und -erhaltung (Tab. 2) keine Aussage treffen.

Jedoch ist zu vermuten, dass die bei aller Einschränkung der Auswertungsmöglichkeiten doch recht geringen Secale-Werte (einschließlich Cerealia p.p. + indet. und Cerealia cf.) darauf hinweisen, dass der großflächige Roggenanbau noch nicht erfasst ist. Somit liegt in Übereinstimmung mit den 14C-Datierungen und den archäologisch-historischen Daten zur landeskulturellen Entwicklung der Glindower Platte auch ein gewisses pollenanalytisches Indiz dafür vor, dass die Kappung und Überdeckung der Rostbraunerde durch die Dünenbildung noch in den Beginn der frühdeutschen Zeit fällt. Dadurch ist dieses Ereignis etwa zeitgleich mit der kräftigen Flugsandüberlagerung eines Moores im Südwestteil Berlins (Böse & Brande 1986). Dort ist sie auf 1210 - 1330 n. Chr. durch zwei 14C-Analysen datiert und durch die bessere Pollenerhaltung in den liegenden, sandüberdeckten Torfen (Anstieg von Siedlungszeigern incl. Secale von 2 - 4 auf 8 - 21 %) als hochmittelalterlicher anthropogener Effekt eindeutig belegt. Offensichtlich hat es auch schon vor der mittelalterlichen Brandrodung mindestens einen Waldbrand gegeben, der nach der 14C-Datierung der Kiefern-Holzkohle in das ausgehende Subboreal gehört. Ob dieser Waldbrand auf eine natürliche oder anthropogene Ursache zurückgeht, ist nicht feststellbar. Jedenfalls hatte er keine Sandumlagerung nennenswerten Ausmaßes zur Folge, da der Boden sich danach weitgehend ungestört entwickelte.

4.2 Der geschichtliche Hintergrund

Die nutzungsgeschichtlichen Bedingungen für die Bildung und weitere Entwicklung der Jungdünen werden erst aus dem historisch-geographischen Gesamtzusammenhang verständlich. Folgende Prozesse lassen sich erschließen:

Der südwestliche Teil der Glindower Platte, auf dem das Bliesendorfer Dünengebiet liegt, lieferte bisher keine archäologischen Zeugnisse einer Besiedlung und Landnutzung in urund frühgeschichtlicher Zeit (Geisler & Mangelsdorf 1992). Vor der Landnahme durch die Askanier in der Mitte des 12. Jahrhunderts lag am 4 km entfernten Kolpinsee eine jungslawische Siedlung (Mangelsdorf 1983), während die Glindower Platte immer noch siedlungsleer war (Brather 1993). Für das 12. Jahrhundert ist eine Zunahme der slawischen Siedlungsplätze in den Niederungsgebieten südlich von Bliesendorf zu verzeichnen, die bereits im Zusammenhang mit der deutschen Ostsiedlung und dem damit verbundenen Landesausbau steht. Diese Siedlungsplätze weisen in der Regel jungslawische Funde in Verbindung mit frühdeutschen auf.

1180 stiftete Markgraf Otto I. von Brandenburg das Zisterzienser-Kloster Lehnin, das erste Kloster im askanischen Teil Brandenburgs. Dieses Kloster liegt rund 7,5 km WSW von Bliesendorf. Mangelsdorf (1980) schreibt, dass "erst den Mönchen des Klosters (...) eine Erschließung und Durchsiedelung des bis dahin kaum berührten Landes" gelang. Die Dörfer der Umgebung von Lehnin wie Göhlsdorf, Plötzin, Netzen, Rädel, Schwina (seit 1937 Emstal) und Michelsdorf sind demnach kurz vor 1200 entstanden. Außerdem wurden die Dörfer Cistecal, Göritz, Kolpin, Eken und Lütkendorf gegründet, die jedoch zumeist schon im frühen 13. Jahrhundert

wieder wüst fielen, Lütkendorf erst im 15. Jahrhundert (Mangelsdorf 1983, Falk 1992). Ihre Namen sind z. T. in den Flurnamen überliefert. Während der Ort Kolpin (von slawisch/polabisch kolp = Schwan) am gleichnamigen See (Geisler & Mangelsdorf 1992) gelegen hat, ist der Name um 1875 als "Der hohe Kolpin" und im "Kolpin-Feld", der landwirtschaftlich genutzten Geschiebemergelfläche direkt südlich des Aufschlusses bei Bliesendorf, belegt (Krausch 1992).

Die älteste überlieferte Karte aus diesem Gebiet ist die von v. SUCHODOLETZ (1683). Vergleicht man das heutige Flurstück Kolpiner Feld mit dem bei v. Suchodoletz eingetragenen Flurstück gleichen Namens, so lag dieses damals offenbar etwas weiter westlich. Die Waldgrenze der Lehniner Heide westlich von Bliesendorf verlief zu dieser Zeit am Westufer des Kolpin-Sees und entlang dem sich nördlich anschließenden Langen Luch. Östlich davon erstreckten sich in Nord-Süd-Richtung die "Colepin Matten" und die "Gehlsdorffsche Feldmarck", zum heutigen Dorf Göhlsdorf gehörig. Diese Flurstücke lagen zum Teil noch auf den Talsanden. Daran grenzt der Plattenrand, der bei v. Suchodoletz als "Hohe Colepin Duncken" verzeichnet ist und auch noch auf der TK 25, Blatt Lehnin (1882/1941) den Flurnamen "Hoher Kolpin" trägt (Abb. 6). In Richtung Bliesendorf folgte dann die Feldflur "Colepin Stükke". Zwischen dieses Flurstück und den Ort Bliesendorf schiebt sich ein Gebiet, das von der Signatur her eine offene Vegetation anzeigt und sich südlich des Straßendorfes in südöstlicher Richtung fortsetzt; dieses gibt ungefähr das Gebiet der heute morphologisch so deutlichen Dünen an. Das Gebiet ist westlich von Bliesendorf mit dem Begriff "Sandschebung" auf der Karte versehen; möglicherweise handelt es sich hier um einen Abschreibfehler, und das Wort soll Sanderhebung bedeuten. Die Erhebungen des Kirchenund Krummahdberges südlich von Bliesendorf (Abb. 2) tragen zusammen den Namen "Kießberg". Erst deutlich weiter südöstlich geht dort, wo heute flachere Flugsanddecken liegen, die Signatur in eine Waldsignatur über. Dieses Gebiet ist mit "Bliesendorffsche Kabelheyde" (Kabel oder Kavel = randlich gelegenes Losteil der Gemeindeflur) benannt; der neuere Flurname ist "Die Kabeln" (Geologische Specialkarte, Sect. Werder, 1882).

Der Besitz des Klosters Lehnin reichte im 12. und 13. Jahrhundert in nordöstlicher Richtung bis zum Rand der Niederung einschließlich dem Kolpiner See, aber nicht auf die Glindower Platte. Aufgrund des vermutlich von einem Personenkurznamen slawischen Ursprungs (Bliz, Bliza) abgeleiteten ersten Teils des Namens Bliesendorf (Fischer 1967) ist die Gründung des Straßendorfes auf dem bis dahin siedlungsleeren Teil der Grundmoränenplatte wohl in eine frühe Phase des Landesausbaus im 12. Jahrhundert zu stellen. Erstmalig indirekt urkundlich erwähnt wird der Ort 1236 durch einen Wilhelmus de Blisendorp als Zeuge in Belzig (ROHRLACH 1977, FALK 1986, GEISLER & MANGELSDORF 1992). Bliesendorf selbst hat nicht zum Besitz des Klosters Lehnin gehört, sondern wird eher dem Besitz des Markgrafen von Brandenburg (Brather 1993) bzw. dem Grafen von Belzig (1201-1251) zugeordnet. Wahrscheinlich in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts gelangte es in den Besitz der Familie von Rochow.

Als Folge des hochmittelalterlichen Siedlungs- und Landesausbaues ist es zu großflächigen Rodungen gekommen. Den annähernden Zustand dieser Rodungsflächen zeigt die Karte von v. Suchodoletz (1683), die aus der Zeit vor den systematischen Aufforstungen seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts stammt. Aus dieser Karte ist zwar die Entwaldung der Glindower Platte während der hochmittelalterlichen Rodungs- und Siedlungszeit wegen der spätmittelalterlichen Wüstungsphase nicht direkt ersichtlich, aber in ihren Hauptauswirkungen auch nach dem 30-jährigen Krieg noch erschließbar. Sowohl die ackerbaulich genutzten Talsandflächen als auch die Hochflächensande, d. h. vor allem die glazifluvialen Sande, die südlich von Göhlsdorf und Plötzin parallel zum Plattenrand in einem rund 1,5 km breiten und 3 km langen Streifen auftreten, boten bei landwirtschaftlicher Nutzung ein Deflationsgebiet für die überwiegend aus westlichen Richtungen wehenden Winde. Die Schüttungsrichtungsmessungen und die Erstreckung des äolisch überprägten Gebietes selbst deuten eine Windrichtungsdominanz aus Nordwesten an. Überwiegend westliche Winde gibt auch DE Boer (1996) für die spätglazialen Dünen an. Er schreibt: "Dass diese Windrichtungen sehr wahrscheinlich auch für das Holozän angenommen werden können, wird aus den äußeren Formen der holozänen Dünen und holozänen Überwehungen ersichtlich."

Wahrscheinlich sind die der Platte aufgesetzten Kameskuppen aufgrund ihres Reliefs und der schlechten Bodenqualität nicht zum Ackerbau genutzt worden. Der fAh zeigt demzufolge keinerlei Pflugspuren; aber die ortsnahen Waldbestände wurden durch Holzeinschlag, Feuer und Weidewirtschaft stark geschädigt. Diese dann mit offenen Sandtrokkenrasen und Kiefernheide bestandenen Hügel boten sich als Sandfang für die weiter westlich ausgewehten Sande, so dass es zu einer mächtigen äolischen Auflagerung von Sanden kommen konnte. Gleichzeitig bot dieses Gebiet aber auch eine Art Schutz für den im Lee gelegenen Ort Bliesendorf.

Durch die Aufforstungen großer Flächen seit der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts bietet sich heute ein völlig anderes Landschaftsbild: Die Talsande sowie das Gebiet der Plattenkante des Hohen Kolpin sind überwiegend mit Kiefernforsten, z. T. auch mit Robinien- und Mischbeständen bestockt. Insgesamt ist es dabei zu einer ostwärts gerichteten Namenswanderung des Kolpin, ausgehend von Kolpinsee, gekommen (Abb. 6).

Auch die zuvor landwirtschaftlich genutzten glazifluvialen Sandgebiete sind zumindest in dem ortsferneren Teil südlich von Göhlsdorf aufgeforstet worden (Flurnamen: Plötziner Forst oder Fichten, Bliesendorfer Forst oder Fichten; Fichten bedeutet Kiefernforst). Damit hat sich spätestens 1839 ein Flurname, der sich auf Bliesendorf bezieht, nach Westen, also in das ehemaliger Kolpiner Flurgebiet, ausgedehnt. Diese Aufforstungen betreffen flächendeckend vor allem jene Gebiete nordwestlich von Bliesendorf, auf denen äolische Sande als Deckschichten vorkommen (TK 50, Werder, Blatt N-33-122-D, 1988). Auf dem Meßtischblatt (TK 25, Lehnin, Blatt 1972, 1880/1920) sind ebenfalls kleine Kupsten als Reli-

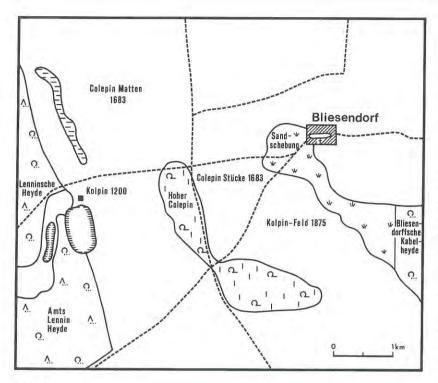


Abb. 6 Wanderung der Kolpin - Toponyme vom 12./13. bis zum 19./20. Jahrhundert.

efelemente eingetragen. Teile des südlich anschließenden Geschiebemergelgebietes sind wegen der besseren Bodenqualität und anhaltender Ackernutzung von der Aufforstung ausgenommen. Sie ziehen nach Osten bis zum heutigen Kolpiner Feld südlich von Bliesendorf herüber.

5. Schlußfolgerung

Großflächige Sandumlagerungen sind zwar im Berlin-Potsdamer Raum im Zusammenhang mit der Sandschellenproblematik² wiederholt beschrieben worden (erstmals ausführlich bei GLEDITSCH 1767 und vor allem 1782, sowie bei KLÖDEN 1832; beide Autoren zitiert bei Krausch 1977), jedoch ist die Ausbildung von Jungdünen hier, etwa im Gegensatz zu Niedersachsen (Pyritz 1972), nur sporadisch untersucht worden. Die Bodenüberwehung bei Bliesendorf hat vermutlich zwischen 1200 und 1250 eingesetzt. Beachtliche Sandumlagerungen als Folge der mittelalterlichen Walddegradation durch den Menschen sind in einem gleichfalls ursprünglich dünenfreien Gebiet auch in Berlin östlich der Havel am "Alten Hof" auf dem Glienicker Werder nachgewiesen worden (BÖSE & BRANDE 1986), ebenso in dem rund 50 km südöstlich von Potsdam gelegenen Baruther Urstromtal (DE BOER 1995). Eine systematische und flächenhafte Abgrenzung von Altund Jungdünengebieten steht aber für Mittelbrandenburg noch aus, besonders vor dem Hintergrund der spätpleistozänen Klima- und Vegetationsgeschichte (Böse 1991, Bran-DE 1995b) und ihrer Auswirkung auf die Altdünengenese. Die Bildung von Jungdünen und deren nutzungsgeschichtliche Entwicklung konnte im vorliegenden Fall am Beispiel der Glindower Platte mit einem breiten Methodenspektrum rekonstruiert werden.

Zusammenfassung

Die Glindower Grundmoränenplatte ist der nördliche Teil der Zauche (d.h. trockenes Land) und wird stellenweise von Dünen überdeckt. In einer Sandgrube WSW von Bliesendorf ist eine fossile podsolierte Braunerde am Top eines Kames aufgenommen und geochemisch untersucht worden. Pollenanalysen und Radiokarbondatierungen ergaben, dass dieser Bliesendorf-Boden sich seit dem Weichselspätglazial durch das gesamte Holozän unter Ausschluß der letzten 700 bis 800 Jahre entwickelt hat. Die Fossilisierung des Bodens erfolgte im Hoch-bis Spätmittelalter als Folge von großflächigen Rodungen im Zusammenhang mit der Gründung des Klosters Lehnin und dem Beginn der intensiven Landwirtschaft auf der bis dahin weitgehend siedlungsleeren Grundmoränenplatte. Beträchtliche äolische Sandumlagerungen waren die Folge. Das Ausmaß dieser Rodungen ist noch weitgehend auf der Karte von v. Suchodoletz (1683) dokumentiert. Spätere Kartenwerke zeigen Aufforstungen sowohl in der glazialfluvia-

len Niederung als auch auf der Glindower Grundmoränenplatte. Die Namenswanderung eines Flurnamens mit slawischem Ursprung als Folge der sich verändernden Feld-Wald-Verteilung wird beschrieben.

Summary

The Glindow till plain belongs to the Zauche (dry land) landscape and is partly covered by sand dunes. In a sand pit WSW of Bliesendorf a fossil podzolic brown soil occurs on top of kame deposits and beneath aeolian sands. It was analysed by geochemical methods, pollen analysis and radiocarbon dating. This Bliesendorf soil is of Late Weichselian to Holocene age, excluding the last 700 to 800 years. No further soil of Late Glacial age, especially of Alleröd time, exists in this section; Younger Dryas aeolian sands are absent. Fossilisation of the soil occurred in high to late mediaeval time and was triggered by woodland clearance connected with the foundation of the Lehnin monastery and the onset of German intensive and large-scale land use on the hitherto settlement-free till plain. Considerable aeolian sand transport was thus induced. The distribution of open land after woodland clearance is documented on a map from 1683; later maps show afforestation on the glaciofluvial valley and the Glindow till plain. The shifting of an originally Slavic field name as a consequence of the changing field-forest distribution is described.

Literatur

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover
- BLUME, H.-P. (Red.) (1981): Exkursionsführer zur Jahrestagung der DBG und eines internationalen Symposiums über bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume in Berlin (West). Typische Böden Berlins.- Mitteilungen d. Deutschen Bodenkdl. Ges., 31, 352 S., Berlin
- Boer, W. M. de (1995): Äolische Prozesse und Landschaftsformen im mittleren Baruther Urstromtal seit dem Hochglazial der Weichselkaltzeit. - Berliner Geogr. Arb. 84, Berlin
- Boer, W. M. DE (1996): Paläowindrichtungen in Brandenburg Feststellungen anhand geologischer und geomorphologischer Daten. Biologische Studien Luckau 25, S. 29-32, Luckau
- Böse, M. & A. Brande (1986): Zur Entwicklungsgeschichte des Moores "Alter Hof" am Havelufer (Berliner Forst Düppel). In: Ribbe, W. (Hrsg.): Einzelveröffentlichungen der Historischen Kommission zu Berlin. Berlin-Forschungen I, S. 11-42, Berlin
- Böse, M. (1991): A palaeoclimatic interpretation of frost wedge casts and aeolian sand deposits in the lowlands between Rhine and Vistula in the Upper Pleniglacial and Late Glacial. In: Kozarski, S. (ed.): Late Vistulian (=Weichselian) and Holocene Aeolian Phenomena in Central and Northern Europe. Z. für Geomorph. N. F., Suppl. 90, S. 15-28, Stuttgart
- BÖSE, M., BRANDE, A., FACKLAM, M. & M. MÜLLER (1998):
 Dune section on the Glindow morainic plain southwest
 of Bliesendorf. In: JÄGER, K.-D., KOWALKOWSKI, A., NOWACZYK, B. & W. SCHIRMER (ed.): Dunes and Fossil Soils of
 Vistulian and Holocene Age between Elbe and Wisla. Guide-Book of Excursion, S. 22-26, Poznan
- Böse, M., Brande, A., Müller, M. & Rowinsky, V. (1995): B
 20: Landschaftsentwicklung im Randbereich des Brandenburger Stadiums (Weichsel-Glazial) südlich von Potsdam.
 In: Schirmer, W. (ed.): Quaternary field trips in Central Europe, Vol. 4: Exkursionen in Berlin und Umland, S. 1313-1314, München
- Brande, A. (1985): Mittelalterlich-neuzeitliche Vegetationsentwicklung am Krummen Fenn in Berlin-Zehlendorf. - Verh. Berl. Bot. Ver. 4, S. 3-65, Berlin
- Brande, A. (1995 a): Moorgeschichtliche Untersuchungen im Spandauer Forst (Berlin). - Schr.-R. Vegetationskunde 27, S. 249-255, Bonn
- Brande, A. (1995 b): Younger Dryas Vegetation Gradient in Northeast-Germany. - Terra Nostra 2, S. 35, Bonn

- Brande. A. (1996): Type Region D-s, Berlin. In: Berglund, B. E., Birks, H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa, M. & H. E. WRIGHT: Palaeoecological Events During the Last 15 000 Years, S. 518-523, Chichester, New York
- Brather, S. (1993): Hochmittelalterliche Siedlungsentwicklung um Kloster Lehnin. - Veröffentlichungen des Brandenburgischen Landesmuseums für Ur- und Frühgeschichte 27, S. 128-178, Potsdam
- FALK, G. (1986): Abriß der Ortsgeschichte von Bliesendorf. -In: 750 Jahre Bliesendorf, S. 8-11, Potsdam
- FALK, G. (1992): Gesellschaft, Teil 2. In: SCHMIDT, W. (Hrsg.): Havelland um Werder, Lehnin und Ketzin. Werte der deutschen Heimat, 53, S. 16-22, Leipzig
- FISCHER, R. (1967): Die Ortsnamen der Zauche. Brandenburgisches Namenbuch, Teil I, Weimar
- Franz, H.-J. (1961): Morphogenese der Glaziallandschaft südlich von Potsdam. Geographische Berichte **20/21**, 3/4, S. 214-231, Berlin
- GEISLER, H. & G. MANGELSDORF (1992): Ur- und Frühgeschichte; Einzeldarstellung, Gesellschaft. In: SCHMIDT, W. (Hrsg.): Havelland um Werder, Lehnin und Ketzin. Werte der deutschen Heimat 53, S. 14-16, 183-184, Leipzig
- JÄGER, K.-D., KOWALKOWSKI, A., NOWACZYK, B. & W. SCHIRMER (Hrsg.) (1998): Dunes and Fossil Soils of Vistulian and Holocene Age between Elbe and Wisla. Guide-Book of Excursion, 107 S., Poznan
- Kowalkowski, A. (1995): Chronosequence of holocene podsols on aeolian sands at Troszyn, NW Poland. - Quaternary studies in Poland, 13, S. 31-41, Poznan
- Kowalkowski, A. (1998): Soil sequences in the Jasien dune.
 In Jäger, K.-D., Kowalkowski, A., Nowaczyk, B., & W. Schirmer (Hrsg.): Dunes and Fossil Soils of Vistulian and Holocene Age between Elbe and Wisla. Guide-Book of Excursion, S. 65-73, Poznan
- Kozarski, S. (Ed.) (1991): Late Vistulian (=Weichselian) and Holocene Aeolian Phenomena in Central and Northern Europe. - Z. für Geomorph. N. F., Suppl. -Bd. 83, 149 S., Stuttgart
- Krausch, H.-D. (1977): Das Wirken von Johann Gottlieb Gleditsch auf dem Gebiete der Landeskultur. Gleditschia 5, S. 5-35, Berlin
- Krausch, H.-D. (1992): Colpinsee. In: Schmidt, W. (Hrsg.): Havelland um Werder, Lehnin und Ketzin. - Werte der deutschen Heimat, 53, S. 14-16, Leipzig

- Krüger, H. (1995): Geologische Streifzüge. Die Entwicklung des Havellandes und des Elbhavelwinkels im Eiszeitalter und nach der Eiszeit. - 99 S., Borken
- LANGE, E. (1971 a): Beitrag zur frühgeschichtlichen Vegetationsentwicklung im Flachland der DDR. - Petermanns Geographische Mitteilungen 115, S. 16-24, Gotha
- LANGE, E. (1971 b): Botanische Beiträge zur mitteleuropäischen Siedlungsgeschichte. Schriften zur Ur- u. Frühgeschichte, 27, 185 S., Berlin
- LANGE, E. (1976): Zur Entwicklung der natürlichen und anthropogenen Vegetation in frühgeschichtlicher Zeit, Teil 2:
 Naturnahe Vegetation. Feddes Repert. 87, S. 367-442,
 Berlin
- LIEDTKE, H. (1957/58): Einige Beobachtungen an norddeutschen Dünen. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin., math.-nat. R. 7, Nr. 4, S. 445-448, Berlin
- Mangelsdorf, G. (1980): Aus der Ur- und Frühgeschichte des Lehniner Wald- und Seengebietes. In: Beiträge zur Geschichte von Kloster und Ort Lehnin (1180-1980), S. 10-16, Brandenburg
- MANGELSDORF, G. (1983): Mittelalterliche Wüstungen zwischen Havel und Flämingnordrand. Veröff. d. Museums f. Ur- und Frühgeschichte Potsdam 17, S. 231-260, Potsdam
- Nowacyk, B. (1995): The Age of Dunes in Poland Selected Problems. - Quaestiones Geographicae, Special Issue 4, S. 233-239, Poznan
- Pyritz, E. (1972): Binnendünen und Flugsanddecken im Niedersächsischen Tiefland. Göttinger Geogr. Abh. 61, 143 S., Göttingen
- ROHRLACH, P. P. (Bearb.) (1977): Historisches Ortslexikon für Brandenburg, Teil V, Zauche-Belzig. Weimar
- Schlaak, N. (1993): Studie zur Landschaftsgenese im Raum Nordbarnim und Eberswalder Urstromtal. - Berliner Geographische Arbeiten, 76, Geogr. Inst. Humboldt - Univ. Berlin, 145 S., Berlin
- Schlaak, N. (1997): Äolische Dynamik im brandenburgischen Tiefland seit dem Weichselspätglazial. - Arbeitsberichte Geographisches Institut Humboldt - Univ. Berlin, 24, 58 S., Berlin
- Schmidt, W. (Hrsg.) (1992): Havelland um Werder, Lehnin und Ketzin. Werte der deutschen Heimat, 53, 222 S., Leipzig
- STUIVER, M. & P. J. REIMER (1993): Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. Radiocarbon **35**, S. 215-230, New Heaven

- TESCHNER-STEINHARDT, R. & M. MÜLLER (1994): Zur Genese und dem Alter der Dünen im Bereich der Havel-Niederung, Berlin-Tegeler Forst. Die Erde 125, S. 123-138, Berlin
- Weisse, R. (1977): Struktur und Morphologie von Kames und Endmoränen in den mittleren Bezirken der Deutschen Demokratischen Republik. - Z. für Geomorph. N.F., Suppl. 27, S. 29-45, Stuttgart
- WEISSE, R. (1982 a): Verallgemeinerte Ergebnisse zum inneren und äußeren Bau von Grundmoränenplatten im Potsdamer Raum. - Petermanns Geographische Mitteilungen 126, 2, S. 103-112, Gotha
- Weisse, R. (1982 b): Bau und Genese lagerungsgestörter Grundmoränenplatten bei Potsdam. - Z. geol. Wiss. 10, S. 759-770, Berlin
- WEISSE, R. (1997): Oberflächennahe Glazialgeologie und Geomorphologie. - In: Schroeder, H.-J. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 4. Potsdam und Umgebung, S. 29-66, Berlin
- Wolfers, St. (1996): Palynologische Untersuchung zur Vegetationsgeschichte im Bereich der Fercher Berge südwestlich von Potsdam (Langes Fenn bei Kemnitzer Heide). Diplom-Arbeit Univ. Potsdam, 121 S., Potsdam

Karten

- Topographische Karte 1: 50 000, DDR, Beelitz, N-33-134-B, Stand 1985, Ausgabe 1988
- Topographische Karte 1: 50 000, DDR, Werder (Havel), N-33-122-D, Stand 1985, Ausgabe 1988
- Topographische Karte 1:50 000, Werder (Havel), Blatt L 3742, Landesvermessungsamt Brandenburg, 1. Aufl. 1994
- Topographische Karte 1: 25 000, Lehnin, Blatt 1972 (=3642), Preußische Landesaufnahme 1880, Nachträge 1920
- Topographische Karte 1: 25 000, Lehnin, Blatt 3642, Preußische Landesaufnahme 1882, Ausgabe 1942
- Topographische Karte 1: 25 000, Werder, Blatt 1973 (=3643), Preußische Landesaufnahme 1901, berichtigt 1919
- Topographische Karte 1:25 000, Werder, Blatt 3643, Preußische Landesaufnahme 1903, Ausgabe 1941
- ERGENZINGER, P., HÖVERMANN, J. & G. JANSSEN: Geomorphologie 1:500 000 Historischer Handatlas von Brandenburg und Berlin, Lieferung 28, 1969, Berlin
- Suchodoletz, S. v. (1683): Ichnographia oder Eigentlicher Grundriß der Churfürstlichen Herschafft Potsdamb undt darzu Gelegenen Ampt Saarmund und Wittbrützen Wie auch der Herschafft Capput nebenst allen darzu gehörigen Höffen, Dörffern ca. 1:12 500; Blatt 19

Geologische Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten 1: 25 000, Gradabtheilung 44, No. 39, Blatt Lehnin. - Geognost. und agronom. bearbeitet durch LAUFER, E. 1886 und KEILHACK, K. 1889, hrsg. Kgl. Preuss. geolog. L.-A. 1891

Geologische Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten 1: 25 000, Gradabtheilung 44, No. 40, Sect. Werder. - Geognost. und agronom. aufgen. durch BERENDT, G., DULK, L. und LAUFER, E. (Erläuterungen 1882); topographisch aufgen. durch den Königl. Preuss. Generalstab 1867, Nachträge 1876

Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung 1:100 000. - Hrsg.: Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin, Abt. IV; Bearb.: Lippstreu, L., Hermsdorf, N. & A. Sonntag, Kleinmachnow und Berlin 1995

Scholz, E. (1972): Geomorphologische Übersichtskarte der Bezirke Potsdam, Frankfurt/Oder und Cottbus 1: 500 000. - In: Kramm, H. J. (Hrsg.): Der Bezirk Potsdam - Geographische Exkursionen, Gotha/Leipzig

Anschrift der Autoren:
Prof. Dr. Margot Böse
Dipl.-Geogr. Marion Müller
Institut für Geographische Wissenschaften, FR Physische
Geographie, Freie Universität Berlin
Malteserstr. 74-100
12249 Berlin

Dr. Arthur Brande Institut für Ökologie und Biologie, FG Ökosystemkunde/ Pflanzenökologie, Technische Universität Berlin Schmidt-Ott-Str. 1 12165 Berlin

Dipl.-Ing. agr. Michael Facklam Institut für Ökologie und Biologie, FG Bodenkunde, Technische Universität Berlin Salzufer 11-12 10587 Berlin

Kupstendüne: Unregelmäßig gestaltete, in Umbildung befindliche Düne

² Sandschellen: Vegetationsfreie, sandige Flächen, meist anthropogen



Professor Dr. Wolfgang Gotte

* 3.01.1929 + 13.03.2002

Mit Prof. Dr. Gotte hat die Gemeinschaft der deutschen Geologen einen Kollegen verloren, der nicht nur ein profunder Kenner seiner Materie war, sondern auch in seiner Verantwortung für die staatliche Geologie der DDR wichtige Forschungsvorhaben, wie die Lithofazieskarten Quartär, das Hydrogeologische Kartenwerk, die Höffigkeitseinschätzung Braunkohle, die Erdöl-Erdgas-Prognose, die Ressourcenhöffigkeit der Grundgebirgseinheiten, den Geothermieatlas u. a. initiiert, begleitet und durchgesetzt hat. Diese Ergebnisse werden noch den nachfolgenden Generationen von Nutzen sein. Sowohl Methodik als auch Inhalt dieser Forschungsarbeiten werden national und international geschätzt.

Am 03.01.1929 in Radeberg/Sachsen geboren, hatte er nach Abschluss des Abiturs in der unmittelbaren Nachkriegszeit seine Berufsentscheidung zu treffen, die sicher von den familiären bergmännischen Traditionen im Brand-Erbisdorfer-Revier beeinflusst wurde.

Während des Praktikums als Bergschüler in der Allertal-Steinsalzgrube "Marie" fasste er unter dem Einfluss von E. Fulda und E. Krzywicki den Entschluss zum Geologiestudium in Berlin. Er diplomierte 1954 mit einem Thema über Stratigraphie und Tektonik des Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirges.

Während seines Studiums und in den ersten Berufsjahren wurde er in seiner persönlichen Entwicklung durch Begegnungen mit H. Stille, S. v. Bubnoff, P. Ramdohr, C. Correns, K. Scheumann und K. Pietzsch beeinflusst. Sie formten sein Denken, setzten Maßstäbe für ihn und lebten vor, dass man nur mit hohen Anforderungen an sich selbst in solche wissenschaftliche Höhen gelangen kann.

Besondere Prägung erfuhr er durch K. Pietzsch, unter dessen Leitung er auch seine berufliche Laufbahn bei der Außenstelle Freiberg der Staatlichen Geologischen Kommission als objektführender Erkundungsgeologe im Freiberger Blei-Zink-Revier begann (1954 - 1960). Hier liegen auch die Wurzeln der lebenslangen Beschäftigung mit dem Gneisproblem.

Seine Fachkompetenz und sein Vermögen, im wissenschaftlichen Meinungsstreit andere zu überzeugen, führte zu einer beruflichen Entwicklung, deren wichtigste Stationen

- 1961 Chefgeologe des VEB Geologische Forschung und Erkundung Freiberg, dem Nachfolger des Geologischen Dienstes Sachsen
- 1967 Stellvertreter des Staatssekretärs für Geologie der DDR
- 1974 Staatssekretär im Ministerium für Geologie
- 1983 Direktor des Zentralen Geologischen Institutes, Direktor für Geologie und wissenschaftlicher Berater waren.

1967 promovierte Wolfgang Gotte mit einer Arbeit über Bildungsfaktoren von Lagerstätten an der Bergakademie Freiberg und wurde 1981 zum Honorarprofessor für Erkundungsgeologie berufen.

In vielen Gremien, wie im Forschungsrat der DDR, im Beirat des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen u. a. war seine Fachkompetenz gefragt. Die eingangs genannten Forschungsvorhaben sowie zahlreiche Konzeptionen zur Rohstofferkundung in Ostafrika, Zentral- und Südostasien tragen seine Handschrift.

Bei einer solchen Vielzahl von Aktivitäten und einem so umfassenden Wirken können Konflikte im familiären und dienstlichen Bereich nicht ausbleiben. Sich daraus ergebende Spannungsfelder haben Wolfgang Gotte sehr belastet. Den Zwiespalt zwischen selbstgewählten Pflichten, seinen Anlagen und geologischen Neigungen hat er nicht immer erfolgreich überwinden können.

Sein Leben war von seinem Beruf dominiert und die vorzeitige Beendigung seiner Berufstätigkeit am 31.10.1990 hat ihn tief getroffen. Die damalige Zeit sah keine Möglichkeit, das Erfahrungspotenzial und die Kompetenz von Menschen mit einer solchen Berufsbiographie zu nutzen und ihnen eine Perspektive zu geben. Die Rückgewinnung seines Selbstwertgefühls, die Wiedererlangung seiner Aktivität, die Rückkehr in den Fachdialog, die Weitergabe seines unerschöpflichen historischen, naturwissenschaftlichen insbesondere geologischen Wissens an Fachkollegen und die jüngere Generation hat er einer neuen Lebenspartnerschaft und dem Dialog mit alten und neuen Freunden der Berliner Umgebung zu verdanken.

Nach kurzer schwerer Krankheit, die sich unmittelbar im Verlauf einer Exkursion ankündigte, verstarb Prof. Dr. Gotte am 13. März 2002. Alle, die ihn schätzten, haben mit Achtung und Respekt für seine Lebensleistung von ihm Abschied genommen.

K. Erler

Brandenburgische Geowiss. Beitr	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 59–64	4 Abb., 1 Tab., 11 Lit.	
---------------------------------	--------------	---------------	----------	-------------------------	--

Hydrostratigrafische Gliederung der känozoischen Lockergesteine von Brandenburg

VOLKER MANHENKE

Einleitung

Die hydrogeologische Kartierung Brandenburgs im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) erfasst seit 1995 die oberen beiden Grundwasserleiterkomplexe in Karten und den dritten tieferen Grundwasserleiterkomplex in hydrogeologischen Schnitttafeln (MANHEN-KE, HANNEMANN et al. 1996). Die Grundwasserleiterkomplexe umfassen jeweils mehrere stratigrafische Grundwasserleiter (Manhenke, Hannemann et al. 1995).

Im Rahmen von Kartierungsarbeiten zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie war darüber hinaus die Abstimmung hydrostratigrafischer Gliederungen zwischen den Staatlichen Geologischen Diensten Deutschlands erforderlich.

Der Arbeitskreis (AK) Hydrogeologie der Geologischen Dienste erarbeitet in vier Unterarbeitsgruppen Nomenklaturen für die Gesteine des Känozoikums Nord- und Mitteldeutsch-

lands, des Känozoikums Süddeutschlands und des Mesozoikums und Paläozoikums von Mittel- und Süddeutschland.

Im Folgenden werden die Entwicklung der hydrostratigrafischen Gliederung für die bis mehrere 100 m mächtigen Lokkergesteine des Landes Brandenburg und ihre Integration in die abgestimmte Gliederung für Nord- und Mitteldeutschland dargestellt.

2. Gliederung und Kartierung nach Grundwasserleierkomplexen in Brandenburg

Im Hydrogeologischen Kartenwerk der DDR sind 8 stratigrafisch differenzierte quartäre Grundwasserleiter auf einzelnen Karten und eine Grundkarte mit 7 tertiären Grundwasserleitern dargestellt. (Voigt et al. 1980-87). Für das Pleistozän ist es jedoch typisch, das jüngere Schichten neben älte-

ren liegen. Durch die Einzeldarstellung jeder stratigrafisch differenzierten Leiterschicht im Kartenwerk lassen sich diese Zusammenhänge nur schwer erkennen. Die Nutzbarkeit wird auch dadurch beeinträchtigt, dass keine hydrogeologischen Schnitte vorhanden sind.

Das Kartenwerk dokumentiert außerdem natürlich - in analoger Darstellungsform und nicht fortschreibbar- den Erkundungs- und Erkenntnisstand von vor 20 Jahren.

Im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg wie u. a. auch seit langem in Nordrhein-Westfalen werden hydrogeologische Schnitttafeln im Maßstab 1:25 000 als Bestandteil eines flächendeckenden hydrogeologischen Kartenwerkes erarbeitet (u. a. Breddin 1956, Han-NEMANN & MANHENKE 1995).

In Brandenburg werden anhand der Schnitttafeln die zusammenhängenden Grundwasserleiter als Grundwasserleiterkomplexe zusammengefasst. Es werden drei wasserwirtschaftlich wichtige Grundwasserleiterkomplexe (GWLK) ausgehalten (Manhenke, Hannemann et al. 1995, s. Abb. 1).

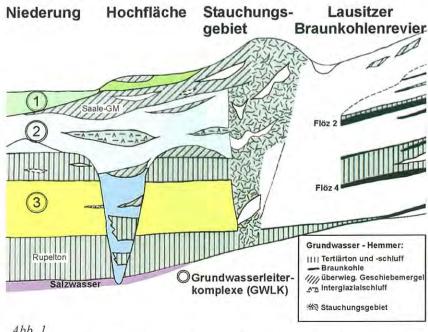


Abb. 1

Nomenklatur der Grundwasserleiterkomplexe (GWLK) für Brandenburg GWLK 1: oberer, meist nicht von bindigen Sedimenten bedeckter Grundwasserleiterkomplex,

GWLK 2: weitgehend von Geschiebemergel bedeckter Hauptgrundwasserleiterkomplex,

GWLK 3: tieferer, oberhalb des Rupeltons gelegener Grundwasserleiterkomplex.

Im Haupt-GWLK 2 sind spätelsterkaltzeitliche bis innersaalekaltzeitliche Leiter und aufragende tertiäre Leiter zusammengefasst.

Die Grundwasserleiterkomplexe sind identisch mit Modellgrundwasserleitern, wie sie bei einer hydrogeologischen Modellierung zu bilden sind, so dass Grundwasserleiterkomplex-Karten auch Modellgrundlagen liefern. Derartige hydrogeologische Berechnungsmodelle wurden zuerst in der Braunkohlenindustrie entwickelt. Die Abbildung 2 zeigt als Beispiel in einem Schnitt zum hydrogeologischen Großraummodell Leipzig-Nord die Bildung eines Modellgrundwasserleiters, bestehend aus frühsaalekaltzeitlichen Flussschottern (GWL 1.5), elsterkaltzeitlichen Schmelzwassersanden (GWL 1.7) und limnischen tertiären Feinsanden (GWL 2.1).

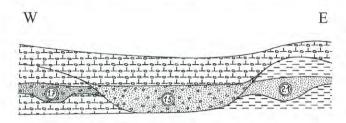


Abb. 2 Bildung von Modellgrundwasserleitern (Beispiel aus Manhenke & Häber 1990)

Gegenwärtig sind im Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg 18 Blätter (Abb. 3) des Hydrogeologischen Kartenwerkes im Maßstab 1:50 000 fertiggestellt, die bei Anforderung als Plot abgegeben werden können. Das Musterblatt L 3744 Potsdam (Hermsdorf & Berner 1999) ist als Druck erhältlich.

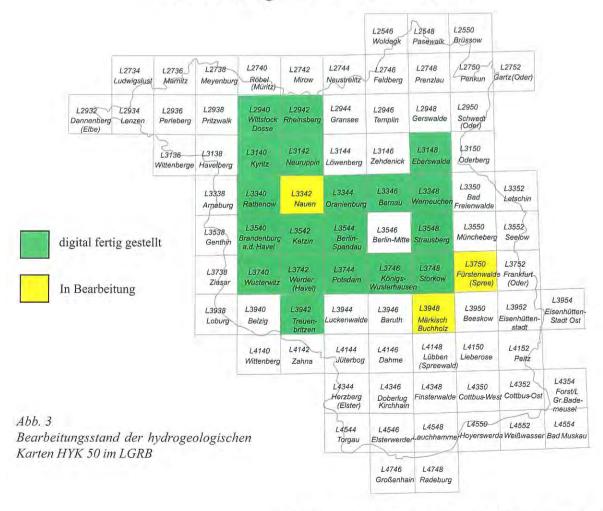
3. Erste Versuche einer Gliederung über Brandenburg hinaus

Erste über Brandenburg hinaus gehende Betrachtungen zur Gliederung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein ganz Norddeutschlands wurden von Manhenke & Hahn (1996) vorgestellt.

Es zeigte sich einerseits, dass sowohl in Brandenburg als auch in Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern mit anteiligem norddeutschen Quartär und Tertiär in der vertikalen Gliederung drei, bisweilen vier wasserwirtschaftlich wichtige Grundwasserleiter bzw. Grundwasserleiterkomplexe ausgehalten werden oder werden können.

Andererseits zeigte sich, dass diese Grundwasserleiterkomplexe stratigrafisch nicht überall identisch sind. So sind innerhalb der quartären Schichten in Mecklenburg weichselkaltzeitliche Grundwasserleiter bedeutend, südlicher sind es saalekaltzeitliche Grundwasserleiter.

Bearbeitungsstand der HYK-50



Einheit	k _r - Wert m/s	Gesteinsart	Lithologische / Lithogenetische Einheit	Stratigrafie
0	<10.9-10-2	Abraum, Schutt, Müll	Künstliche Aufschüttung oder Auffüllung, Tagebau verfüllt	Holozän
H	<10.9-10-5	Torf, Schluff, Lehm	Auenlehm, Hoch- und Niedermoor, Anmoor, Klei	Holozán
LI	>10-5-10-2	Sand, Kies,	Auensande, Dünensande, Flugsande, Flussschotter, Niederungssande, Nachschüttsande der Weichselkaltzeit, Schmelzwasserablagerungen	Holozän, Pleistozän, Weichsel
H2	>10-9-10-2	Geschiebemergel, Löss, Rutschmassen	Weichsel-Grundmoränen, periglaziäre Ablagerungen (Löß, Fließerden)	Pleistozän, Weichsel
L2	>10-5-10-2	Sand, Kies,	Schmelzwasserablagerungen der Nachschüttphase Saale bis Vorschüttphase Weichsel, Flußschotter	Pleistozän, Saale bis Weichsel
Н3	<10.9-10-3	Geschiebemergel, Schluff, Ton	Saale-Grundmoränen, Beckenablagerungen; mächtige Schmelzwassersande zwischen Warthe- und Drenthemoräne bilden den LH3	Pleistozän, Saale
L3	>10-5-10-2	Sand, Kies,	Schmelzwasserablagerungen der Nachschüttphase Elster bis Vorschüttphase Saale, Flussschotter; z. T. eingelagerte holsteinzeitliche Schluffe teilen den L3 in L3.1 und L3.2	Pleistozän, Elster bis Saale
H4	<10-9-10-5	Geschiebemergel Schluff, Ton,	Elster-Grundmoränen, Beckenablagerungen, Lauenburger Ton	Pleistozän, Elster
L4.1	>10-5-10-2	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen, Flussschotter	Pleistozän, Alt/Unterpleisto- zän bis Elster
L4.2	>10-5-10-2	Sand, Kies	Sandige Schmelzwasserablagerungen in tiefen Rinnen	Pleistozän, Elster
L4.3	>10-5-10-2	Sand	Sande der Rauno-Folge, Kaolinsande, Glimmerfeinsand des Pliozän und Ober-Miozän, Gößlow-Schichten, Hauptkiesschichten, Sande der Inden-Schichten	Tertiär, Pliozän, Miozän
Н5	<10-9-10-5	Ton, Schluff, Braunkohle	1. Lausitzer Flözhoriz., Schluffe der Rauno-Folge, 2. Lausitzer Flözhoriz., Oberer Glimmerton, Schluffe/Tone Pritzier-Folge, Bockup-Schicht., Dingden-, Bislich-Schicht., Inden-Schicht. (Oberflözgruppe), Flöz Garzweiler der Ville-Sch.; zwischen dem 1. Laus. Flöz mit Raunoer Schluffen und dem 2. Laus. Flöz liegen die Oberen Briesker Sande LHS	Tertiär, Miozän
LS	>10-5-10-3	Sand	Sande der Unteren Briesker-Schichten, Untere Malliß-Folge, Obere Braunkohlensande / marine Sande, Sande der Oxlund-Schichten, Neurath-Sand der Ville-Schichten	Tertiär, Miozän
ЭН6	<10-9-10-5	Ton, Schluff, Braunkohle	3. Lausitzer Flözhorizont mit Hangend- und Liegendschluffen, Schluffe der Mittenwalde/Spremberg- Schichten, Hamburg- Ton, Schluffe derOxlund-Schichten, Frielendorf-Sch. Flöz Ob u. Basalt Hauptflözgruppe/Flöze Morken, Frimmersdorf der Ville-Schichten, Flöze jeweils mit Hangend- und Liegendschluffen	Tertiär, Miozän
Pe	>10-5-10-3	Sand	Möllin-Schichten (Quarzsandhorizont), Sande der Mittenwalde/Spremberg- Schichten, Untere Braunkohlensande/ marine Sande, Brooke- Schichten, Frielendorf-Schichten, Liegendsand Flöz Ob, Hoerstgen-, Kakert-Schichten, Sande der Köln-Schichten (Unterflözgruppe)	Tertiär, Miozän
Н7	<10-9-10-5	Ton, Schluff, Braunkohle	Bitterfelder Deckton, Bitterfelder und 4. Lausitzer Flözhorizont mit Hangend- und Liegendschluffen, Unterer Glimmerton, Decktonfolge, Ton1 der Köln-Schichten, Frielendorf-Schichten, Liegendton Flöz Oa,	Tertiär, Miozän, Oberoligozän
L7	>10-5-10-3	Sand	Cottbus-Folge, Glimmersande, Marine Chatt-Sande, gröbere Quarzsande, Frielendorf- Liegendsande (Nordhessische Flözgruppe 1-3), Sande unter Ton 1 der Köln-Schichten	Tertiär, Oligozän
8Н	<10.9-10.5	Ton, Schluff, Braunkohle	Rupelton, Calauer/Gröberser Flözhorizont, Chatt-Schluffe, Sülstorf-Sch., Lintfort-, Ratingen- Schichten, Melanienton, Flöz IV (Böhlen-Schichten), Flöze jeweils mit Hangend und Liegendschluffen	Tertiär, Oligozän
L.8	>10-5-10-3	Sand	Rupelbasissand, Obere Schönewalde- Schichten, Neuengammer Gassand, Obere Conow- Folge, Domsen-, Haina- Sande, Borna- Sande (Folge C), Silberberg-Schicht., Untere Zörbig/Beckwitz- Schicht, Walsum-, Ratheim-Schichten	Tertiär, Oligozän,
Н9	>10.9-10.5	Ton, Schluff, Braunkohle	Untere Schönewalde- und Serno- Schicht, Tonmergelgruppe Unt. Conow-Sch, Thüringer Unter- u. Hauptflöz, Amsdorf- Flözgruppe, Flöz I-III Weißelsterbecken (Borna-Folge), Flöze Bruckdorf, Wallendorf, Löderburg, Nachterstedt, Hauptfl. Harbke u. Egeln (Flöz III), Flöze mit Hangend- und Liegendschluff, Großalmerodeton, Landen-, Gelinden-Schichten	Tertiär, Eozän, Paläozän
1.9	>10-2-10-3	Sand, Kies,	Dragun-, Genthin- Schichten, Untere Borna- Folge A u. weitere sandige u. kiesige Liegendsedimente, z.T. verfestigt, Geiseltalkies, Einsturzgebirge, Grünsande, Sande der Helmstedt- bis Schöningen-Schichten, Basissand Borkenflözgruppe, Antweiler-, Heers-, Hückelhoven- und Houthem-Schichten	Tertiär, Eozän, Paläozän

Tab. 1 Hydrostratigrafie des nord- und mitteldeutsches Känozoikum Grundtabelle der Staatlichen Geologischen Dienste (nach Manhenke, Reutter et al. 2001)

In den tertiären Schichten führen Faziesgrenzen von marinen bis terrestrischen Bildungen zu unterschiedlichen Zuordnungen gleicher stratigrafischer Horizonte, einenorts zu Grundwasserhemmern, andernorts sind darin auch wichtige nutzbare Grundwasserleiter vorhanden.

Eine Gliederung in nur drei bis vier **stratigrafisch identische**, wasserwirtschaftlich wichtige Grundwasserleiterkomplexe ist für den nord- und mitteldeutschen Gesamtraum nicht möglich. Deshalb müssen für diese großräumige Gliederung wieder die einzelnen Grundwasserleiter betrachtet werden.

4. Die abgestimmte nord- und mitteldeutsche hydrostratigrafische Gliederung

Das Ergebnis der hydrostratigrafischen Gliederung für den Teilraum des Känozoikums Nord- und Mitteldeutschlands (Manhenke, Reutter et al. 2001) soll im Folgenden wiedergegeben werden.

Das känozoische Süßwasserstockwerk Norddeutschlands aus bis mehrere 100 Meter mächtigen, vor allem aus Sanden und Kiesen bestehenden Sedimenten unterschiedlicher Genese als bedeutende Grundwasserleiter und eingelagerte Geschiebelehme und -mergel, Tone, Schluffe, auch Braunkohleflöze als Grundwasserhemmer wird in 9 Grundwasserleiter (L1-L9) und 9 jeweils darüber liegende Hemmer (H1-H9) untergliedert (Tab. 1).

Die Gliederung reicht regional von Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg einschließlich der Bundesländer Berlin, Hamburg und Bremen bis Sachsen-Anhalt, Nordsachsen, Nordthüringen und Nordrhein-Westfalen.

Da nur die Hauptkomplexe in die Grundgliederung aufgenommen worden sind, wurden bei lokaler weiterer Untergliederung vereinbart: Bei lokalen Hemmeruntergliederungen wird der eingelagerte nutzbare Leiter mit einem vorangestellten L gekennzeichnet. Bei lokalen Leiteruntergliederungen wird die bindige Einlagerung im Leiter mit einem vorangestellten H gekennzeichnet.

In der Tabelle 1 sind die brandenburgischen Schichten jeweils vorangesetzt und auch typische Untergliederungen zugefügt worden.

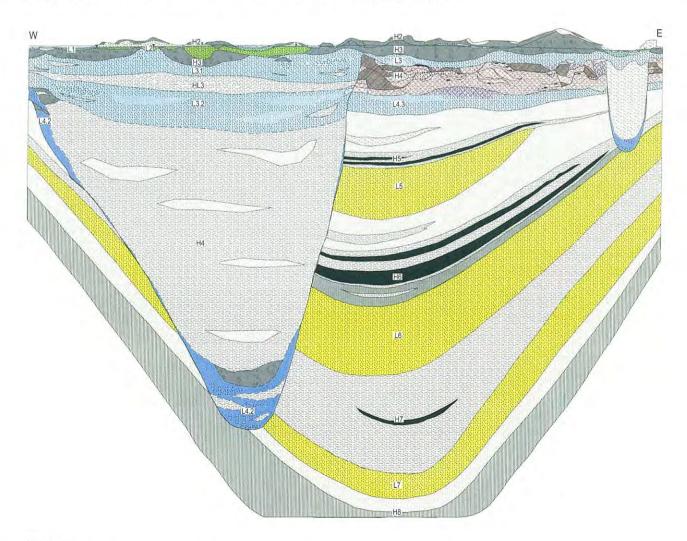


Abb. 4
Schnitt 5800 der Hydrogeologischen Schnitttafel Blatt L 3746 Königswusterhausen, verkleinert (nach Reyes 2000, überarbeitet)

5. Einige wichtige Untergliederungen für Brandenburg

Für Brandenburg sind so wichtige Grundwasserleiter wie z. B. die saalezeitlichen Schmelzwassersande als Leiter **LH3** zwischen der ersten und zweiten saalezeitlichen Grundmoräne H3 zu nennen.

Bei den Sanden der Oberen Briesker Schichten im H5 der Lausitz ist z.B. zu untergliedern in H5.1=1. Miozäner Flözhorizont und Schluffe der Raunoer Schichten, LH5= sandige Obere Briesker Schichten, H5.2=2. Miozäner Flözhorizont. Bei lokalen Leiter-Untergliederungen, wie z. B. bindiges Holstein im L3 wird untergliedert in: L3.1= spätholsteinzeitliche bis frühsaalekaltzeitliche Sande, HL3= bindiges Holstein, L3.2= spätelsterkaltzeitliche bis frühholsteinzeitliche Sande.

Für den Gesamtraum Brandenburg ist bereits im gegenwärtigen Kartierungsstadium erkennbar, dass aufgrund spezifischer hydrogeologischer Gliederungen von Teilräumen Unterschiede zwischen dem Zentralgebiet, dem Niederlausitzer Braunkohlengebiet, der Uckermark und dem Odertalraum auftreten.

6. Integration in die Grundwasserleiterkomplexgliederung Brandenburgs

Die Abbildung 4 zeigt einen hydrogeologischen Schnitt, der im Rahmen der hydrogeologischen Kartierung im LGRB generell erarbeiteten Hydrogeologischen Schnitttafel mit Eintragung der brandenburgischen Grundwasserleiterkomplexe und der bundesweit abgestimmten hydrostratigrafischen Einzel-Nummerierung aus dem Zentralgebiet Brandenburgs angefertigt wurde.

Der obere Grundwasserleiterkomplex **GWLK 1 umfasst den L1 und zumindest weitgehend unbedeckte L2 – Horizonte** der für Nord- und Mitteldeutschland abgestimmten Gliederung.

Der Grundwasserleiterkomplex GWLK 2 kann im Wesentlichen die einzelnen Leiter L3H, L3, z. T. aufgegliedert in L3.1 und L3.2, und aufragende Bereiche des LH4 und L4.3 sowie gegebenenfalls des L5 umfassen.

Als tieferer **GWLK 3** werden bei der neuen hydrogeologischen Kartierung des LGRB, die sich gegenwärtig noch außerhalb der Randsenkenbildung der Lausitz bewegt, der mitunter bereits wasserwirtschaftlich genutzte **Quarzsandhorizont des L6 sowie die in dieses Niveau reichenden Schmelzwassersande der tiefen Rinnen** (L4.2) ausgehalten. Im Lausitzer Braunkohlenrevier sind gegebenenfalls Ergänzungen erforderlich, so dass die Zuordnung auch in der Abbildung 1 noch offen gelassen wurde.

Hydrostratigrafische Prinzipschnitte, z. T. mit der Zusammenfassung zu Grundwasserleiterkomplexen, wurden auch in den anderen norddeutschen Bundesländern erarbeitet (z. B. Abb. 7 für NE-Niedersachsen in Manhenke, Reutter et al. 2000).

Zusammenfassung

Die vom AK Hydrogeologie der Staatlichen Geologischen Dienste entwickelte einheitliche Nomenklatur für die hydrostratigrafische Gliederung der känozoischen Schichten des nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebietes und ihre Beziehung zur Grundwasserleiterkomplexgliederung von Brandenburg werden erläutert.

Summary

The uniform hydrostratigraphical nomenclature for the Cenozoic deposits of the northern and central German soft rock areas was developed by the working group "hydrogeology, of the State Geological Surveys. Their relations to the classification of the ground water complexes valid for Brandenburg are explained.

Literatur

Breddin, H. (1954): Ein neuartiges hydrogeologisches Kartenwerk für die südliche niederrheinische Bucht. - Z. dtsch. Geol. Ges. 106, 1, S. 94-112, Stuttgart

HANNEMANN, M & V. MANHENKE (1995): Hydrogeologische Schnittafeln für das Lockergesteinsstockwerk des Landes Brandenburg. - Brandenburg. Geowiss. Beitr. 2, 1, S. 89-95, Kleinmachnow

HERMSDORF, A. & K. BERNER (1999): Hydrogeologische Karte Blatt Potsdam L 3744 Maßstab 1:50 000. - Brandenburg. Geowiss. Beitr. 6, 1, S. 113-115, Kleinmachnow

Manhenke, V. (1999): Überblick über das Geopotential des Landes Brandenburg. - Brandenburg. Geowiss. Beitr. 6, 1, S. 5-20, Kleinmachnow

Manhenke, V. & K. Häber (1990): Hydrogeologische Großraummodelle eines Braunkohlenabbauzentrums der DDR - Zielstellung und Methodik. - Neue Bergbautechnik 20, 1, S. 19-22, Leipzig

MANHENKE, V. & J. HAHN (1996): Die Gliederung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein Norddeutschlands.
- Vortrag Jahrestagung 1996 DVWK, Landesverband Nordost, 17. - 18.10.1996

Manhenke, V., Hannemann, M., Eckhardt, G., Pawlitzky, M. & B. Rechlin (1996): Geologische Kartierung der mineralischen Rohstoffe und der Grundwasserlagerstätten in Brandenburg. - Geol. Jb A 144, S. 367-379, Hannover

Manhenke, V., Hannemann, M. & B. Rechlin (1995): Gliederung und Bezeichnung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein des Landes Brandenburg. - Brandenburgische geowiss. Beitr. 2, 1, S.12, Kleinmachnow

Manhenke, V., Reutter, E., Hübschmann, M., Limberg, A., Lückstädt, M., Nommensen, B., Peters, A., Schlimm, W., Taugs, R. & H.-J. Voigt (2001): Hydrostratigrafische Glie-

derung des nord- und mitteldeutschen känozoischen Lokkergesteinsgebietes. - Z. angew. Geol. 47, 3/4, S. 146-152, Hannover

REYES, S. (2000): Hydrogeologische Karte von Brandenburg 1:50 000, Blatt L 3746 Königswusterhausen. - 2 Karten, Deckblatt u. Schnitttafel, LGRB, Kleinmachnow

Voigt, H.-J. et al. (1980-87): Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR 1: 50 000. - KGFE Halle

Anschrift des Autors: Dr. Volker Manhenke Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 154

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 65–68	1 Abb., 2 Tab., 3 Lit.
In contrast of the second of the				

Hydrostratigrafie von Berlin - Korrelation mit dem Norddeutschen Gliederungsschema

ALEXANDER LIMBERG & JENS THIERBACH

1. Einleitung

Zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie müssen die Staatlichen Geologischen Dienste kurzfristig eine flächendeckende hydrogeologische Karte im Maßstab 1: 200 000 für die Bundesrepublik Deutschland erarbeiten. Eine wichtige Grundvoraussetzung zur Erstellung dieses gemeinsamen Kartenwerks ist eine Länder übergreifende einheitliche Benennung hydrogeologischer Einheiten.

Von den Staatlichen Geologischen Diensten der nördlichen Bundesländer wurde deshalb eine Grundtabelle der Hydrostratigrafie Norddeutschlands entwickelt, die als "Master-Liste" alle regional weit verbreiteten hydrogeologischen Einheiten des Känozoikums mit einer eindeutigen Bezeichnung versieht. Diese Grundtabelle sieht die Möglichkeit einer lokalen Erweiterung nach regionalen Gegebenheiten vor.

Für den kleinräumig sehr gut untersuchten und wasserwirtschaftlich intensiv genutzten Berliner Raum wurde bereits 1997 eine Gliederung der känozoischen Grundwasserleiter erarbeitet, die im tertiär-quartären Süßwasserstockwerk vier Einheiten des Känozoikums mit einer Bezeichnung versehen wurden (Manhenke et al. 2001).

Der Grundgedanke bestand darin, nur die aus wasserwirtschaftlicher Sicht nutzbaren Grundwasserleiter, die durch überregional aushaltende Grundwasserhemmer getrennt sind, zu gliedern.

Es wurden neun (vier quartäre und fünf tertiäre) Grundwasserhemmer (H) und die dazugehörigen Grundwasserleiter (L) unterschieden und vom Hangenden zum Liegenden durchnummeriert.

Bei nur lokal vorkommenden Grundwasserleitern oder Grundwasserhemmern kann die Gliederung regional erweitert werden: So kann ein Grundwasserleiter innerhalb eines Grundwasserhemmers (z. B. Sand im Geschiebemergel) mit LH oder ein Hemmer innerhalb eines Leiters (z. B. Ton im Sand) mit HL bezeichnet werden.

Den hydrogeologischen Einheiten wurden zusätzlich zur Petrografie, lithogenetischen Einheit sowie Stratigrafie noch die Durchlässigkeitsklassen (Tab. 1) zugeordnet.

Tab. 1 Durchlässigkeitsklassen

	Grun	dwasserhemm	er		Grundwa	sserleiter	
Durchlässigkeitsklasse	7	6	5	4	3	2	1
Durchlässigkeit	äußerst gering	sehr gering	gering	mäßig	mittel	hoch	sehr hoch
k-Wert - Grenzen (m/s)	≤10 ⁻⁹	>10 ⁻⁹ -10 ⁻⁷	>10 ⁻⁷ -10 ⁻⁵	$>10^{-5}-10^{-4}$	>10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	$>10^{-3}-10^{-2}$	>10-2

Grundwasserleiter mit weiteren – allerdings nur lokal verbreiteten – Untergliederungen unterscheidet.

In der vorliegenden Arbeit wird die notwendig gewordene aktuelle Korrelation der neuen hydrostratigrafischen Gliederung Norddeutschlands mit der bestehenden Berliner Gliederung vorgenommen. Eine hydrostratigrafische Tabelle und ein hydrogeologischer Schnitt veranschaulichen diese aktualisierte Berliner Gliederung.

2. Hydrostratigrafie Norddeutschlands

Die Staatlichen Geologischen Dienste von Berlin, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein haben ein abgestimmtes Gliederungsschema der hydrostratigrafischen Einheiten Norddeutschlands erarbeitet, in dem alle überregional verbreiteten hydrogeologischen

3. Hydrostratigrafie Berlins

Die von LIMBERG & THIERBACH (1997) aufgestellte Gliederung für das tertiär-quartäre Süßwasserstockwerk in Berlin unterschied bisher vier durch Grundwasserhemmer getrennte und weitflächig verbreitete Grundwasserleiter, die lokal durch weitere bindige Schichten in maximal elf Untereinheiten differenziert wurden.

Im benachbarten Brandenburg unterschieden Manhenke et al. (1995) drei wasserwirtschaftlich wichtige "Grundwasserleiterkomplexe" mit Grundwasserleitern als Untereinheiten.

Zur notwendigen Korrelation der Norddeutschen mit der Berliner Gliederung mussten folgende Erweiterungen bzw. Änderungen vorgenommen werden. Sie sind in der Tabelle 2 dargestellt:

 Der saalezeitliche Grundwasserhemmer (H 3) der Norddeutschen Gliederung wird für Berlin in einen warthezeitlichen (H 3.1) und einen drenthezeitlichen (H 3.2)

Hydrostratigrafische Einheiten H: Grundwasserhemmer L: Grundwasserleiter	Durch- lässigkeits- klasse s. Tab. 1	Petrografie (überwiegend)	Lithologische / Lithogenetische Einheit	Kürzel	Stratigrafie	Hydraulisch unterscheidbare Einheiten (GWL)
0	2-7	Abraum, Erdaushub Bauschutt, Müll	Künstliche Aufschüttung oder Auffüllung	Å	Holozăn	
H1	2-6	Torf, Schluff	Niedermoortorf, Anmoor, limnische Bildungen	gh	Holozan	GWL 1
L1.1	2-3	Sand, Kies	Nachschüttsande der Weichsel-Kaltzeit, Niederungssande, Dünensande	aw. ah		dw-dh
L 1.2	2-3	Sand, Kies	Talsande des Panketals, Niederungssande	gw, gh	Pleistozăn, Weichsel-	
L 1.3	2-3	Sand, Kies	Talsande des Warschau-Berliner Urstromtals, Niederungssande	qw	Kaltzeit bis Holozän	
Н2	ν.	Geschiebemergel	Grundmoräne der Weichsel-Kaltzeit	dw	Pleistozän, Weichsel- Kaltzeit	
L2	3	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen der Nachschüttphase Saale (Warthe)- bis Vorschüttphase Weichsel-Kaltzeit	qsWA-qw	Pleistozän, Saale- bis Weichsel-Kaltzeit	
H3.1	9-9	Geschiebemergel	Grundmoräne der Saale-Kaltzeit, Warthe-Stadium	qsWA	Pleistozän, Saale-Kaltzeit	
гн3	2-3	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen der Saale-Kaltzeit, Nachschüttphase Drenthe- bis Vorschüttphase Warthe-Stadium	qsD – qsWA	Pleistozän, Saale-Kaltzeit	GWL 2
Н 3.2	5-6	Geschiebemergel / Schluff, Ton	Grundmoräne der Saale-Kaltzeit, Drenthe-Stadium / Beckenschluffe	dsD	Pleistozän, Saale-Kaltzeit	wp – lohp
L 3.1	2 - 3	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen der Vorschüttphase Saale-Kaltzeit, Drenthe- Stadium, bis Flussschotter der Holstein-Warmzeit	qhol – qsD	Pleistozän, Holstein- Warmzeit bis Saale- Kaltzeit	
нгз	2-6	Ton, Schluff	Limnische Tone und Schluffe der Holstein-Warmzeit	lohol	Pleistozän, Holstein- Warmzeit	
L 3.2	2-3	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen der Nachschüttphase Elster-Kaltzeit bis Flussschotter der Holstein-Warmzeit	de - qhol	Pleistozän, Elster-Kaltzeit bis Holstein-Warmzeit	
H4	5-6	Geschiebemergel / Schluff, Ton	Grundmoräne der Elster-Kaltzeit, Beckenschluff	de	Pleistozän, Elster-Kaltzeit	GWL 3
L 4.1	2-3	Sand, Kies	Schmelzwasserablagerungen der Elster-Kaltzeit außerhalb der Rinnen	de	Pleistozän, Elster-Kaltzeit	tmi – qhol
L 4.2	2-4	Sand, Kies	Sandige Schmelzwasserablagerungen der Elster-Kaltzeit in tiefen Rinnen	ab	Pleistozän, Elster-Kaltzeit	
L 4.3	3-4	Sand	Sande der Oberen Briesker Schichten	tmiBRo	Tertiär, Miozän	
Н5	5-6	Ton, Schluff	Schluffe der Unteren Briesker Schichten	tmiBRu	Tertiär, Miozän	
LS	3-4	Sand	Sande der Unteren Briesker Schichten	tmiBRu	Tertiär, Miozän	
9Н	5-6	Ton, Schluff	Schluffe der Unteren Mittenwalder Schichten	tmiMIu	Tertiär, Miozän	GWL 4
T 6	3-4	Sand	Mölliner Schichten (Quarzsandhorizont), Sande der Mittenwalder Schichten	tmiMO, tmiMI	Tertiär, Miozän	tolCO - tmi
L7	4	Sand	Chatt-Sande, Cottbuser Schichten, Glimmersande	tolo, tolCO, tolCOo	Tertiär, Oligozän	
Н 8	5-7	Ton, Schluff	Rupelton, Chatt-Schluffe	tolRT, tolo	Tertiär, Oligozän	
L8	3-4	Sand	Rupelbasissand, Obere Schönewalder Schichten, Sande des Eozäns	tolRa, tolSWo, teo	Tertiär, Oligozän, Eozän	GWL 5

Hydrostratigrafie des Känozoikums von Berlin

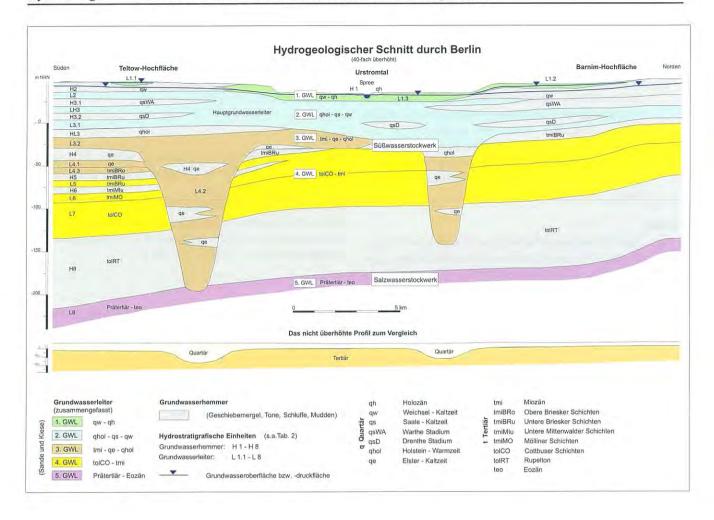


Abb. 1 Schematischer hydrogeologischer Schnitt durch Berlin Erläuterung zu den Grundwasserhemmern H 1 - H 8 und Grundwasserleitern L 1.1 - L 8 (s. Tab. 2)

Grundwasserhemmer unterteilt. Dazwischen liegt der drenthe- bis warthezeitliche Grundwasserleiter (L H 3).

- Der elster- bis drenthezeitliche Grundwasserleiter (L 3) muss ebenfalls unterteilt werden, da das bindige Holstein-Interglazial (H L 3) für weite Teile Berlins eine bedeutende hydraulisch trennende Funktion besitzt. Im Hangenden befindet sich der holstein- bis drenthezeitliche Grundwasserleiter (L 3.1), im Liegenden der elsterbis holsteinzeitliche Grundwasserleiter (L 3.2). Der bei LIMBERG & THIERBACH (1997) noch eigenständige holsteinzeitliche Grundwasserleiter wurde aufgrund seiner geringen Verbreitung aufgegeben und geht in den Grundwasserleitern (L 3.1 bzw. L 3.2) auf.
- Die Sande der Oberen Briesker Schichten (L 4.3) sind nur in der sekundären Randsenke im Nordwesten Berlins ausgebildet.
- Die Schluffe der Unteren Briesker Schichten (H 5) bilden zusammen mit den Schluffen der Mittenwalder Schichten (H 6) die miozänen Grundwasserhemmer.
- Zwischen dem miozänen Grundwasserleiter (L 6) mit den Sanden der Mölliner Schichten (Quarzsand-Horizont) und dem oberoligozänen Grundwasserleiter (L 7) mit den Glimmerfeinsanden der Cottbuser Schichten ist der

- Grundwasserhemmer (H 7) in Berlin nicht ausgebildet.
- Der Rupelton (H 8) stellt wie in ganz Norddeutschland
 die wichtigste hydraulische Barriere zwischen dem Salzwasser im Liegenden und dem Süßwasser im Hangenden dar.

In Abbildung 1 sind die hydrostratigrafischen Einheiten in einem schematischen Nord - Süd Schnitt für Berlin dargestellt. Dabei wird deutlich, dass Grundwasserhemmer nicht flächendeckend ausgebildet sind. In Berlin werden jeweils mehrere hydrostratigrafische Einheiten zu fünf übergeordneten, hydraulisch unterscheidbaren Grundwasserleitern (GWL) zusammengefasst (vgl. Tab. 2):

1. GWL

Der weichselzeitliche bis holozäne Grundwasserleiter ist im Urstromtal großflächig (L 1.3) ausgebildet. Auf den Hochflächen dagegen kommt er in einzelnen (isolierten) schwebenden (L 1.1) bzw. in einem größeren zusammenhängenden Vorkommen im Nordwesten von Berlin, im Panketal, (L 1.2) vor. Im Urstromtal ist der Grundwasserleiter (L 1.3) meist mit dem liegenden saalezeitlichen kurzgeschlossen.

2. GWL

Der überwiegend saalezeitliche Grundwasserleiter mit geringen Anteilen an jüngeren holsteinzeitlichen Flussschottern (L 3.1) und weichselzeitlichen Vorschüttsanden (L 2) stellt in Berlin den Hauptgrundwasserleiter dar. Er ist nahezu flächendeckend ausgebildet. Aus ihm wird zum größten Teil die Wasserversorgung der Stadt bestritten. Im Urstromtal ist die Grundwasseroberfläche ungespannt, während sie unter den Hochflächen meist gespannt vorliegt.

3. GWL

Der überwiegend elsterzeitliche Grundwasserleiter ist flächenhaft hauptsächlich im Süden des Berliner Raumes im Liegenden der bindigen Holsteintone (H L 3) ausgebildet. Im Norden kommt er überwiegend in den elsterzeitlichen Rinnen (L 4.2) vor. Im Nordwesten zählen die Sande der Oberen Briesker Schichten (L 4.3) noch dazu.

4. GWL

Der oberoligozäne bis miozäne Grundwasserleiter findet im gesamten Berliner Raum im Liegenden der Unteren Briesker Schichten (H 5) seine Verbreitung. In Berlin fehlt der andernorts ausgeprägte Grundwasserhemmer (H 7) zwischen den Glimmerfeinsanden der oberoligozänen Cottbuser Schichten (L 7) im Liegenden und den miozänen Sanden der Mittenwalder und Mölliner Schichten (Quarzsand-Horizont) (L 6) im Hangenden.

5. GWL

Der Grundwasserleiter (L 8) im Liegenden des Rupeltons (H 8) führt bereits Salzwasser. Die Rupelbasissande, die Oberen Schönewalder Schichten sowie die Sande des Eozäns sind nur sehr lokal ausgebildet. Unmittelbar im Liegenden des Rupeltones folgen überwiegend Ablagerungen der Kreide, des Juras oder des Keupers.

An mehreren Stellen im Berliner Stadtgebiet haben die Gletscher der Elster-Kaltzeit das Tertiär mit dem Rupelton vollständig erodiert (Abb. 1), so dass hier Salzwasser aus dem Liegenden in die süßwasserführenden Grundwasserleiter (GWL 1 - 4) migrieren kann. Dadurch können großräumige geogene Kontaminationen auftreten. Um eine Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung durch aufsteigendes Salzwasser zu vermeiden, ist eine dauernde Überwachung und sorgsame Bewirtschaftung aller Grundwasserleiter notwendig.

Zusammenfassung

Zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie haben die Staatlichen Geologischen Dienste eine einheitliche Nomenklatur für die hydrostratigrafische Gliederung in Deutschland entwickelt.

Für den Berliner Raum wird diese Gliederung nach den regionalen Gegebenheiten angepasst und mit lokalen Erweiterungen versehen. Die hydrostratigrafischen Einheiten werden fünf hydraulisch unterscheidbaren Grundwasserleitern zugeordnet (1. GWL - 5. GWL).

Summary

The Geological Surveys developed an uniform hydrostratigraphical nomenclature in Germany in order to realize the European Water Directive.

This nomenclature is adapted corresponding to regional facts of the area of Berlin. Local extensions are supplied. The hydrostratigraphic units are assigned to five hydraulic distinguishable aquifers (1. GWL - 5. GWL).

Literatur

LIMBERG, A. & J. THIERBACH (1997): Gliederung der Grundwasserleiter in Berlin. - Brandenburg. Geowiss. Beitr. 4, 2, S. 21 - 26, Kleinmachnow

Manhenke, V., Hannemann, M. & B. Rechlin (1995): Gliederung und Bezeichnung der Grundwasserleiterkomplexe im Lockergestein des Landes Brandenburg. - Brandenburg. Geowiss. Beitr. 2, 1, S. 12, Kleinmachnow

Manhenke, V., Reutter, E., Hübschmann, M., Limberg, A., Lückstedt, M., Nommensen, B., Peters, A., Schlimm, W., Taugs, R. & H.-J. Voigt (2001): Hydrostratigrafische Gliederung des nord- und mitteldeutschen känozoischen Lokkergesteinsgebietes. - Z. angew. Geol. 47, 3/4, S. 146-152, Hannover

Anschrift der Autoren: Dipl.-Geol. Alexander Limberg Dipl.-Geol. Jens Thierbach Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Am Köllnischen Park 3 10179 Berlin

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 69–75	5 Abb., 2 Tab., 12 Lit.

Hohe Phosphatbelastungen in Gewässern des Schlaubegebietes (Südostbrandenburg) und deren geogene Ursachen

GERHARD GINZEL & MARTIN HANNEMANN

1. Veranlassung

Erhöhte Phosphoreinträge in Oberflächenwässer und oberflächennahe Grundwässer sind in dem zum Norddeutschen Tiefland gehörenden Land Brandenburg keine Seltenheit, sie lassen meist auf anthropogen verursachte Einträge schließen. Der Anfall von Abwässern, die Anwendung von Düngemitteln im Rahmen einer intensiv betriebenen Landwirtschaft sowie Sickerwässer aus verschiedenen Industrien und Deponien spielen dabei die Hauptrolle. Dass erhöhte Phosphorgehalte auch unabhängig von anthropogen bedingter Eutrophierung auftreten, wird häufig nicht in Betracht gezogen.

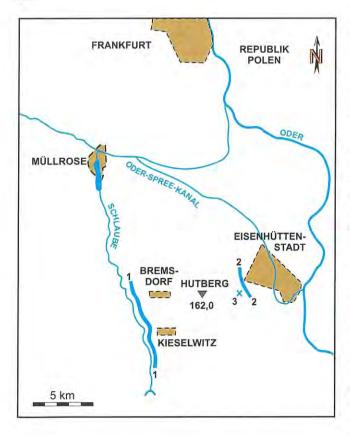


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes und der Probenahmestellen

- 1 1 70 Quellen am Rande des Schlaubetals
- 2 2 4 Quellen westlich von Eisenhüttenstadt
- 3 Aufschluß ehemalige Ziegelei Grosse

Zusammen mit älteren Untersuchungen führten neue Datenerhebungen im Schlaubegebiet westlich Eisenhüttenstadt (Abb. 1) zu der Vermutung, dass unter bestimmten geologischen und hydrogeologischen Voraussetzungen Phosphor verstärkt aus dem Sediment gelöst wird und es so zu einem beachtlichen geogenen Beitrag zur Eutrophierung der Gewässer kommt. Diese Vermutung bedarf einer Überprüfung. Verwendete Analysen stammen aus dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) und dem Institut für Ökologie, Bereich Bodenkunde, der Technischen Universität Berlin. Weiterhin wurden Altanalysen aus hydrogeologischen Erkundungsberichten des ehemaligen VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Berlin, ausgewertet und verwendet. Außerdem ist auf Altanalysen des ehemaligen VEB Forstprojektierung Potsdam, Labor Eberswalde, zurückgegriffen worden.

2. Hydrochemische Untersuchungsergebnisse

2.1 Ouellen im Schlaubetal

Das Schlaubetal mit seinen Seen und zahlreichen randlichen Ausbuchtungen ist das Kernstück des "Naturparks Schlaubetal" und reich an Quellen. Sie werden aus dem Grundwasser der angrenzenden Fünfeichener Höhen gespeist. Ständig speisende Quellen unterschiedlicher Ergiebigkeit befinden sich im Gebiet südlich des Großen Treppelsees, also im Oberlauf der Schlaube. Hier werden die Fünfeichener Höhen (max. 162 m NN) besonders tief von der Schlaube (hier bis auf rund 55-60 m NN) durchschnitten.

Die Ergebnisse der Analysen auf einer etwa 7 km langen Talstrecke zwischen Grossem Treppelsee im Norden und Wirchensee im Süden (Abb. 1) ermöglichen nachfolgende Charakteristik der Schlaubequellen in diesem Talabschnitt (Tab. 1).

Bemerkenswert sind große Unterschiede in den oft nahe beieinander gelegenen Quellen. In mehr als der Hälfte wurden Konzentrationen von SRP (Soluble Reactive Phosphorus) von mehr als 50 µg/l gemessen (Abb. 2). Die hohen Gehalte treten im anaeroben Quellwasser auf, das in der Regel Fe(II) im molaren Überschuß enthält. Bei Luftzutritt vermindert sich SRP durch Sorption an ausfallenden Fe(III)hydroxid/oxidhydraten auf Gleichgewichtskonzentrationen von 15 bis 35 µg/l. Da es in dem Einzugsgebiet der Quellen nur wenige Anhaltspunkte für eine lokale, anthropogen verursachte Eutrophierung des Grundwassers gibt, kann man bis zu 35 µg/l als geogenen

Tab. 1 Chemische Charakteristik der Quellwässer von 70 jeweils einmal beprobten Quellen (nach Gelbrecht et al. 1999)

Parameter	Einheit	Mittel	Min	Max
SRP	[µg/l]	79,0	3,0	391,0
NH ₄ ⁺	[mg/l]	0,09	<0,02	1,3
NO ₃	[mg/l]	1,85	<0,01	10,1
Fe(II)	[mg/l]	1,3	<0,03	6,77
Cl ⁻	[mg/l]	17,0	4,0	71,0
SO_4^{2-}	[mg/l]	52,0	7,0	131,0
Ca ²⁺	[mg/l]	52,0	28,0	247,0
Mg ²⁺	[mg/l]	5,0	2,4	8,6
DIC	[mg/l]	17,1	3,1	36,8
DOC	[mg/l]	1,5	0,5	4,8
Dsi	[mg/l]	7,0	4,8	12,7
Na ⁺	[mg/l]	6,7	3,9	15,8
K ⁺	[mg/l]	1,7	0,3	17,1
0_{2}	[mg/l]		0	9,8
Leitf.	[µS/cm]	348,0	177,0	681,0
рН	57	6,9	5,6	7,8

Background für dieses Gebiet betrachten (Gelbrecht et al. 1999). Vergleichbar hohe Gehalte in anderen Flussgebieten des Nordostdeutschen Tieflandes werden durch anthropogene Beeinflussung verursacht.

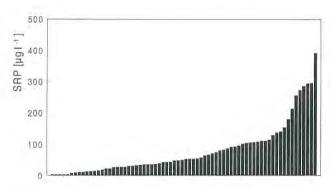


Abb. 2
70 Quellen im Schlaubetal in aufsteigender Reihe von SRP geordnet (nach Gelbrecht et al. 1999).

Eine Erklärung für diese ungewöhnlich hohen geogen bedingten Phosphoreinträge wird durch die nachfolgend dargestellten neuen Untersuchungen möglich.

2.2 Quellen bei Eisenhüttenstadt

Auch auf der Ostseite der Fünfeichener Höhen gibt es Quellen (Abb. 1). Sie werden ebenfalls aus dem Grundwasser der Höhen gespeist – hier aus westlicher Richtung. Vier Quellen liegen am Hangfuß der Höhen am westlichen Stadtrand von Eisenhüttenstadt: Quellen 1, 2 und 3 im Ortsteil Schönfließ und Quelle 4 rund 200 m nordwestlich der Straße von Eisenhüttenstadt nach Diehlo (Quelle des Gartenfließes). Die durch sie gespeisten Fließe sind nur 1 bis 2 km lang und versickern in den groben Sedimenten des Berliner Urstromtals. Allen vier Quellen gemeinsam sind sehr hohe bis extrem hohe Phosphorgehalte (Tab. 2).

Tab. 2
P-Gehalte in vier Quellen am Hangfuß der Fünfeichener Höhen (Raum Eisenhüttenstadt), Lage siehe Abbildung 1:

1.	Ortsteil Schönfließ, Quellteich:	1,91 mg/l bis 4,49 mg/l
2.	Ortsteil Schönfließ, Hanggraben:	2,25 mg/l bis 5,65 mg/l
3.	Ortsteil Schönfließ, Drainage:	3,45 mg/l bis 4,97 mg/l
4.	Straße nach Diehlo (hinter dem	
	Rosengarten), Gartenfließ:	2.56 mg/l bis 4.56 mg/l

Bei diesen relativ hohen Werten liegt zunächst die Vermutung nahe, dass ein starker Nährstoffeintrag aus kommunalen Abwässern erfolgt. Diese Möglichkeit wird jedoch durch die gemessenen N-Werte ausgeschlossen, sie liegen bei allen 4 Quellen unter den Grenzwerten für Trinkwasser. Das Ergebnis dieser Untersuchungen führt zusammen mit einer lokalen hydrogeologischen Bestandsaufnahme der Einzugsgebiete der beprobten Quellen zu der These, dass die Ursache der hohen P-Belastung in der lithochemischen Beschaffenheit des vom Sicker- und Grundwasser durchströmten geologischen Untergrund zu suchen ist.

2.3 Grundwasser im Raum Eisenhüttenstadt

Die Problematik der Bestimmung von Phosphat und SRP im Grundwasser aus Beobachtungsrohren besteht darin, dass bei der herkömmlichen Probenahme durch Abpumpen oder Schöpfen ein Zutritt von Sauerstoff erfolgt. Dadurch wird das fast immer im anaeroben Grundwasser enthaltene zweiwertige Eisen oxidiert, fällt als Eisen(III)hydroxid/oxihydrat aus und sorbiert Phosphor. Deshalb sind die in Altanalysen des anaeroben Grundwassers angegebenen Werte für Phosphat zu niedrig. Trotzdem wurden bei der Auswertung von Altunterlagen (insbesondere hydrogeologische Ergebnisberichte) im Bereich der Fünfeichener Höhen stark erhöhte Phosphatgehalte im Grundwasser gefunden (MEINERT 1985), z.B.:

Bhg. Hy Eh 23/67	3,17 mg/l (60,0 bis 63,0 m unter Gelände)
Bhg. Hy Eh 3/75	1,13 mg/l (122,9 bis 130,0 m unter Gelände)
Bhg. Hy Eh 7/75	2,31 mg/l (166,5 bis 170,5 m unter Gelände)

Diese hohen Phosphatgehalte können nur geogenen Ursprungs sein, da in diesen Tiefen, weit unter dem Bereich des oberflächennahen Wasserkreislaufs, der im Liegenden durch das Niveau der Schlaube begrenzt wird, ein anthropogener Einfluss ausgeschlossen werden kann.

Eine Interpretation dieser für das Norddeutsche Tiefland aussergewöhnlichen Befunde kann nur auf der Basis einer geologischen und hydrogeologischen Analyse des Schlaubegebietes erfolgen.

Geomorphologische, geologische und hydrogeologische Situation des Schlaubegebietes

3.1 Besonderheiten der geomorphologischen Verhältnisse und deren Ursachen

Die Landschaft des Schlaubegebietes und seiner Umgebung ist das Ergebnis saale- und weichselkaltzeitlicher und in vergleichsweise geringem Maße auch nachkaltzeitlicher Prozesse. In diesem Zeitraum entstanden als saalekaltzeitlicher Stauchendmoränenrest die hoch aufragenden Fünfeichener Höhen mit dem 162 m NN erreichenden Hutberg.

Für den in der Weichselkaltzeit aus nordöstlicher Richtung vorstoßenden Gletscher hat der saalekaltzeitliche Stauchendmoränenrest als Strompfeiler gewirkt und damit ein gleichmäßiges Vordringen verhindert. So ist es zur Bildung von Gletscherteilströmen (Gletscherloben) gekommen, die die Höhen zunächst umflossen haben und sich dann, beim weiteren Vordringen nach Süden, auf der Linie des heutigen Schlaubetals vereinigt haben. Erhöhte Zerrungen und wachsende Spalten und Risse im Gletschereis haben dann zur Bildung einer Längsmulde entlang der Berührungslinie der beiden Gletscherloben, des späteren Schlaubetals, geführt. Dort sind die Gletscherwässer zusammengeflossen, herabgestürzt und nach Süden abgeflossen. Südlich des Wirchensees, also am Südende des Schlaubetals, haben die Schmelzwässer den geschlossenen Gletscher verlassen und einen weit verbreiteten Sander (Reicherskreuzer Sander) aufgeschichtet (Hannemann 1969). Im Talverlauf gelegene Senken und Verbreiterungen, die heute vielfach von Seen und Mooren eingenommen werden, sind das Ergebnis des Tauens von seinerzeit schuttbedecktem Toteis, das in Hohlformen zögernd niedergetaut ist. Typisch ist das Fehlen von Talterrassen und eines durchgehenden Talbodens.

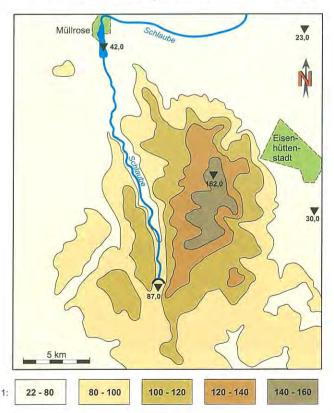
Das Schlaubetal durchschneidet den Stauchendmoränenrest der Fünfeichener Höhen tiefreichend. Seine Entstehung ist auf Gletschereinwirkungen während der jüngsten Vereisung, der Weichsel-Kaltzeit, zurückzuführen.

Im Weichsel - Hochglazial und unter periglaziären Klimaverhältnissen war dieser Komplex eng beieinander gelegener unterschiedlicher genetischer Einheiten prädestiniert für eine starke Zertalung, so dass eine für norddeutsche Verhältnisse ungewöhnlich wechselvolle Landschaft mit hoher Reliefenergie entstanden ist (Abb. 3).

3.2 Schichtenfolge und Lagerungsverhältnisse

Der aus Festgestein der Oberkreide (Mergelstein) bestehende tiefere Untergrund wird von durchschnittlich etwa 250 m mächtigen Lockersedimenten des Tertiärs und Quartärs bedeckt.

Das Tertiär besteht überwiegend aus Schluffen und Tonen des Unteroligozäns (Rupel) sowie aus Sanden, Braunkohlenschluffen und Braunkohlenflözen des Miozäns. Das Quartär umfaßt eine sehr wechselhafte Abfolge aus Sanden, Ge-



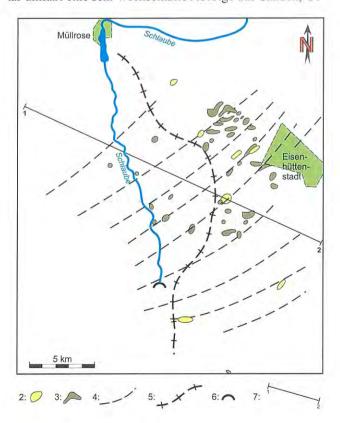


Abb. 3
Höhenschichten, geologische Strukturen und Grundwasserscheide
1: Höhenschichten (m NN); 2: oberflächig anstehende Sedimente des Tertiärs; 3: oberflächig anstehende Sedimente des Holstein-Interglazials; 4: Streichrichtungen tiefreichender glazigener Dislokationen; 5: Grundwasserscheide; 6: Schlaubequellgebiet; 7: Schnittlinienspur (vgl. Abb. 4)

schiebemergel, Schluffen und Tonen. Ablagerungen aus mindestens vier Vergletscherungen (Elster-, Saale 1-, Saale 2- und Weichsel- Kaltzeit) sind nachgewiesen.

Vor allem die quartären, aber auch die jungtertiären (miozännen) Ablagerungen sind in ihrer Lagerung stark glazigen gestört. Es treten sowohl plastische als auch rupturelle Deformationen auf, die zu Falten, Faltenüberschiebungen, Überkippungen, Aufpressungen sowie allochthonen Schuppen, Schuppenstapeln und Schollen geführt haben. Die glazitektonischen Deformationen sind saalezeitlichen Alters. Sie bildeten sich an der SE-Flanke einer von \pm N heranrückenden Gletscherzunge. Demzufolge streichen die tiefreichenden Störungen ziemlich einheitlich Südwest-Nordost (Abb. 3).

Zwischen den verschieden alten kaltzeitlichen Sedimenten treten z. T. warmzeitliche Bildungen auf, von denen die holsteinwarmzeitlichen große Mächtigkeiten und Verbreitung haben. Die Ablagerungen der Holstein-Warmzeit im Raum Schlaubetal-Eisenhüttenstadt sind überwiegend limnischer Entstehung. Sie sind in einer weiträumigen Fluß- und Seenlandschaft entstanden, die sich vom Hamburger Raum über die Prignitz, den Berliner Raum und den Raum Schlaubetal-Eisenhüttenstadt bis weit nach Polen hinein erstreckte. Ihre Verbreitung lehnt sich stark an den Verlauf älterer elsterkaltzeitlicher Depressionen an. So weit sie glazigen ungestört sind, lagern sie im Raum des Schlaubetals gewöhnlich zwischen +/- 0 und -40 m NN. Im Gebiet des Stauchendmoränenrestes der Fünfeichener Höhen einschließlich des Schlaubetals finden wir holsteinwarmzeitliche Ablagerungen fast immer disloziiert in weit höherer Position. Häufig streichen sie oberflächig aus (Abb. 3 und 4 sowie Geologische Karte im Maßstab 1: 25 000).

Infolge starker glazigener Beanspruchung ist die wahre ungestörte Schichtenfolge und Mächtigkeit der holsteinwarmzeitlichen Ablagerungen meist nicht festzustellen. Mit gro-Ber Wahrscheinlichkeit kann im Raum Eisenhüttenstadt auf maximale Mächtigkeiten von über 40 m geschlossen werden. Anhaltspunkte gibt die von Grosser & Hannemann (1960) vorgestellte Aufnahme der in einer ehemaligen Ziegeleigrube westlich von Eisenhüttenstadt anstehenden Schichtenfolge, ergänzt durch Bohrergebnisse auf der Grubensohle. Danach enthält die holsteinwarmzeitliche Abfolge hier eine sich wiederholende kalkfreie Folge von Diatomeenerde, Schluff und Sand mit vier Diatomeenerde-Bänken. Alle vier Diatomeenerde-Bänke zusammen haben eine Mächtigkeit von 13,8 m. Bisherige Beobachtungen sprechen dafür, dass Sedimentaufbau und Mächtigkeiten im Schlaubegebiet ähnlich sind.

Die Diatomeenerde führt in schichtweise stark wechselnden Mengen Vivianit (Blaueisenerz; Fe₃ (PO₄)₂ · 8H₂O), der oftmals in Verbindung mit Faunenresten, insbesondere Fischschuppen und Mollusken vorkommt. Häufig tritt ein beachtlicher Muddegehalt auf, der manchmal in schwärzlichen Lagen (Gehalt an Pflanzenmudde) konzentriert ist. In den begleitenden Schluffbänken sind organogene Reste sowie Vivianit- und Mudde-Gehalte gering.

3.3 Hydrogeologische Situation

Die hydrogeologischen Verhältnisse des Schlaubegebietes sind durch ein mäßig dichtes Netz von Bohrungen, Grundwasserstandsmessungen und Grundwasseranalysen in den Grundzügen bekannt. Danach verläuft die östliche Einzugsgebietsgrenze der Schlaube etwa in N-S -Richtung über den

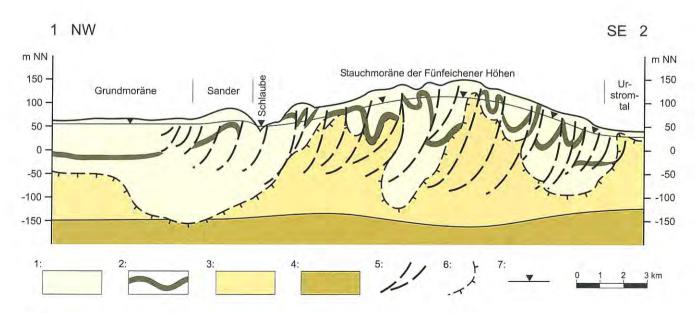


Abb. 4
Geologischer Schnitt, vereinfacht (Lage, siehe Abb. 3)
1: überwiegend Sand und Geschiebemergel (Quartär); 2: überwiegend Schluff und Diatomeenerde (Holstein-Interglazial, (Quartär); 3: Feinsand, Braunkohle, Schluff und Ton (Tertiär); 4: Mergelstein (Kreide); 5: glazigene Lagerungsstörungen; 6: Grenze Quartär/Tertiär; 7: Grundwasserspiegel

Stauchendmoränenrest der Fünfeichener Höhen hinweg (Abb. 3). Die ober- und unterirdischen Einzugsgebietsgrenzen stimmen im Wesentlichen überein.

Die Tiefenlage des Grundwasserspiegels und die Grundwasserfließrichtungen sind, bedingt durch den lagerungsgestörten Bau des Untergrundes, im Detail sehr wechselhaft und kompliziert. Das NE-SW gerichtete Streichen der glazigenen Dislokationen hat auch eine in Fließrichtung häufig wechselnde Abfolge von Grundwasserleitern und Grundwassergeringleitern zur Folge. Somit folgt das Grundwasser meist komplizierten, bevorzugten Fließpfaden. Westlich der Grundwasserscheide wird der Grundwasserstrom demzufolge nach Südwesten und östlich davon nach Nordosten gelenkt, was insbesondere für Detailbetrachtungen bedeutsam ist. Auf beiden Seiten der Grundwasserscheide befinden sich disloziierte holsteinwarmzeitliche Ablagerungen über und auch unter dem Grundwasserspiegel. Sowohl bei der Bildung des Grundwassers als auch bei seinem unterirdischen Abfluss hat das Wasser Berührung mit holsteinwarmzeitlichen Sedimenten; zuerst in der Aerationszone und dann in der Grundwasserzone. In allen Fällen, in denen diese Sedimente durchsickert und durchflossen werden, können Stoffkomponenten des Substrates in das Wasser diffundieren.

Sieht man von der tief eingeschnittenen Schlaube ab, sind oberirdische Abflüsse im Stauchendmoränenkomplex schwach entwickelt. Das liegt an dem hier besonders hohen Anteil von Sanden am oberflächigen Aufbau. Manche von den kleinen Quellbächen sind nur periodisch in Funktion, andere versickern nach nur kurzen Fließwegen.

4. Lithochemische Untersuchungsergebnisse

Die höchsten Gehalte an SRP wurden in den Quellen bei Eisenhüttenstadt gefunden (s. 2.2). Hier bei Eisenhüttenstadt stehen, mehr noch als in anderen Gebieten der Fünfeichener Höhen, Bildungen der Holsteinwarmzeit oberflächennah und auch unmittelbar an der Oberfläche an. Deshalb wurde für lithochemische Untersuchungen dieses Gebiet ausgewählt. In Aufschlüssen gut zugängliche anstehende Schichten ermöglichen hier eine gezielte Entnahme von stratigraphisch zuordenbaren Proben. Am besten ist das derzeitig noch in auflässigen alten Ziegeleigruben westlich Eisenhüttenstadt, OT Schönfließ, im Gebiet der ehemaligen Ziegelei Grosse möglich.

Weitere Gesichtspunkte für die Entnahme von Sedimentproben aus holsteinwarmzeitlichen Schichten gerade hier sind das Auftreten von Quellen (Analysen s. Tab. 2) unterhalb der auflässigen Gruben. Diese werden mit Gewissheit von Sickerwasser und oberflächennahem Grundwasser gespeist, welche durch holsteinwarmzeitliche Schichten gesickert oder geströmt sind. Es ist gewährleistet, dass die Wässer den Bereich der analysierten Schichten durchflossen haben.

Aus drei lithologisch unterschiedlichen Bereichen der holsteinwarmzeitlichen Folge wurden Proben entnommen und analysiert (Abb. 5). Diese Aufeinanderfolge tritt im Raum Eisenhüttenstadt, OT Schönfließ, an verschiedenen Stellen auf. Sie ist insbesondere durch die meist 5 bis 10 cm, teilweise jedoch auch bis zu ca. 30 cm mächtige eisenschüssige und stark verfestigte braune Sandschicht leicht wiederzuerkennen.

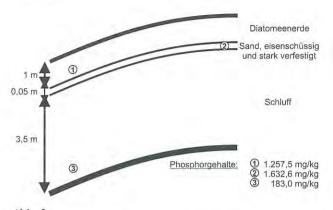


Abb. 5 Entnahmepunkte der Sedimentproben in der ehemaligen Ziegeleigrube Grosse (vereinfachte Darstellung und Analysenergebnisse)

In zwei der beprobten und untersuchten Horizonte (Diatomeenerde und eisenschüssiger Sand) treten stark erhöhte P-Gehalte von 1257,5 und 1632,6 mg/kg auf. Auffällig ist in diesen Horizontbereichen makroskopisch erkennbarer Vivianit. Weiterhin sind in der Diatomeenerde Lagen und Nester von Mudde zu erkennen sowie – wenn auch selten – Fischreste, meist in Form von Schuppen. Die verfestigte Sandschicht enthält neben Fischresten örtlich sehr zahlreich Fossilien in Form von Vivipariden, manchmal auch von Unioniden (Grosser & Hannemann 1960). Es liegt daher nahe, die Phosphatgehalte im Sediment – und letztlich auch im Grund- und Quellwasser – auf die im Sediment vorhandenen organischen Reste zurückzuführen. Vivianit ist zwar schwer löslich, über geologische Zeiträume hinweg erfolgt dennoch eine Lösung, die man sich nach Pearson (1992) wie folgt vorstellen kann:

$$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O = 3Fe^{2+} + 2PO_4^{3-} + 8H_2O$$

Neben Vivianit ist in den holsteinwarmzeitlichen Ablagerungen auch mit dem Auftreten von Phosphorit zu rechnen. Es entsteht unter anderem bei Anreicherung von tierischen Exkrementen oder Knochenrelikten. Darüber hinaus ist das häufigste Phosphormineral, der Apatit, als mögliche weitere geogene Phosphorquelle anzusehen.

Bemerkenswert sind die Ergebnisse der Forstlichen Standortkartierung der DDR im Bereich der Fünfeichener Höhen.
Durch sie wurden – weitgehend unabhängig vom lithologischen Untergrund – deutlich höhere Durchschnittsgehalte
an P als in anderen Gebieten des Norddeutschen Tieflandes
ermittelt. Hier liegen die Phosphorgehalte in den C-Horizonten zwischen 570 und 1210 mg/kg. Die normalerweise im Jungmoränengebiet gemessenen Werte bewegen sich zwischen
300 und 650 mg/kg (Scheffer et al. 1989). Neuere Untersuchungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen östlich
von Berlin ergaben sogar nur Gehalte zwischen 120 und
240 mg/kg Phosphor (Tischner 2000) auf weichselkaltzeitlichen Schmelzwassersanden.

5. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen im Schlaubegebiet (Südostbrandenburg) lassen zusammen mit älteren Untersuchungsergebnissen die Schlussfolgerung zu, dass die hier in Quellen nachgewiesenen Phosphatbelastungen geogenen Ursprungs sind. Nennenswerte anthropogene Ursachen der Eutrophierung sind nicht festzustellen.

Gründe für die geogen bedingte Eutrophierung sind in den geologischen Schichten, den geologischen Lagerungsverhältnissen und in den hydrogeologischen Verhältnissen zu finden.

Das Schlaubetal und angrenzende Gebiete waren in der Holstein-Warmzeit Teil eines großen limnischen Sedimentationsbeckens, des Fünfeichener Beckens (Hannemann 1969). In ihm kam es auch zur Sedimentation von Schichten, die primär phosphatreich sind. Der Phosphatreichtum (visuell erkennbar: Vivianit) geht auf einen See zurück, der insbesondere Pflanzen, Mollusken und Fischen sehr lange Zeit gute Lebensbedingungen bot.

Die phophatreichen holsteinwarmzeitlichen Schichten wurden in der Saalekaltzeit intensiv glazigen gestaucht, in Falten und Schuppen gelegt und häufig in ein höheres Niveau verfrachtet. Heute befinden sich holsteinwarmzeitliche Ablagerungen daher fast immer in allochthoner Position. Aus ihrem Sedimentationsniveau zwischen 0 und -40 m NN sind sie teilweise bis höher als +120 m NN verfrachtet worden.

Die glazigenen Prozesse in der Saalekaltzeit waren auch der Grund für die Entstehung der Fünfeichener Höhen, die einen saalekaltzeitlichen Stauchendmoränenrest darstellen und die mit dem Hutberg bis 162 m NN reichen. Da der stauchende saalekaltzeitliche Gletscher aus nordwestlichen Richtungen vordrang, streichen die Störungen und die mulden- und sattelartigen Strukturen NE-SW.

In der Weichselkaltzeit sind die Fünfeichener Höhen vom Gletscher zunächst lobenförmig umflossen worden. Die beiden Gletscherloben trafen sich auf der sich etwa N-S erstrekkenden Linie des heutigen Schlaubetals. Entlang der Berührungslinie beider Loben kam es zu Scherbewegungen und Zerrungen zwischen den Eismassen. Supra- und inglaziäre Schmelzwässer stürzten in den sich bildenden Spalten tief herab, flossen nach Süden ab und bildeten durch Erosion das Schlaubetal in seinen Grundzügen.

Der Grundwasserabfluß ist durch den Verlauf der Stauchfalten weitgehend vorgegeben: westlich der Grundwasserscheide nach SW in das Schlaubetal und östlich der Grundwasserscheide nach NE in das Gebiet des Berliner Urstromtals und in die Oder-/Neißeaue. Bei der Bildung des Grundwassers wie bei seinem unterirdischen Abfluss hat das Wasser Berührung mit den phosphorhaltigen holsteinwarmzeitlichen Sedimenten sowie mit Schichten, in denen sich aufgearbeitete holsteinwarmzeitliche Ablagerungen befinden. Ein Teil der löslichen Stoffkomponenten des Substrates, z. B. Phosphor, wird vom Wasser aufgenommen und mitgeführt. Folg-

lich sind das Grundwasser und die im Schlaubetal und im Raum Eisenhüttenstadt austretenden Quellen reich an Phosphor.

Das untersuchte Beispiel aus dem Schlaubegebiet zeigt, dass die Eutrophierung der Quellen und anderen Gewässer hier im Wesentlichen geogen ist und dass bei Kenntnis der geologischen Schichtenfolge, der Lagerungsverhältnisse und der Fließverhältnisse im Grundwasserbereich eine Vorhersage geogener Eutrophierungsanteile möglich ist. Diese These konnte durch exemplarische Untersuchungen und durch die Auswertung von Altunterlagen belegt werden. Es wird weiteren Untersuchungen vorbehalten sein, die einzelnen dabei ablaufenden Prozesse zu analysieren.

Zusammenfassung

Erhöhte Phosphorgehalte in Quellen des Schlaubegebietes (Südostbrandenburg) gaben Anlass zu der Vermutung, dass unter bestimmten Voraussetzungen Phosphor in grösserem Umfang aus dem Sediment gelöst wird und es zu einer geogen bedingten Eutrophierung von Gewässern kommt. Die hier vorgelegten Untersuchungen bestätigen diese Vermutung.

Ursache der geogen bedingten Eutrophierung sind hier phosphatreiche holsteinwarmzeitliche Sedimente, die sich überwiegend auf sekundärer Lagerstätte im Einzugsgebiet der Quellen befinden. Bei deren Durchsickerung treten Stoffkomponenten des Substrates in das Wasser über. Verallgemeinernd wird gefolgert, dass abhängig von der geologischen Schichtenfolge, den Lagerungsverhältnissen sowie den Fliessverhältnissen Eutrophierungen des Wassers auch geogene Ursachen haben können.

Summary

The phosphorus concentrations of springs in the river Schlaube basin (SE-Brandenburg) ranged from 10 to 400 $\mu g/l$ (median 51 $\mu g/l$). It seems a likely supposition that this eutrophication is caused by Pleistocene deposits. The studies confirmed our supposition. The reason for the high level of phosphorus in the springs are limnic sediments of the Holstein-interglacial in the catchment area of the Schlaube river. The groundwater transports the phosphorus from the deposits to the springs. The result of our studies is that under specific geological and hydrological conditions a geogenic eutrophication of surface water is possible.

Literatur

GELBRECHT, J., DRIESCHER, E., EXNER, H.-J., & J. KÖHLER (1999): Wasserbeschaffenheit, Nährstoffeinträge und -dynamik im Schlaubegebiet (Ostbrandenburg) - bisherige Ergebnisse und Forschungsvorhaben. - Berichte des Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei 9, S. 143 - 170, Berlin

Ginzel, G. & M. Hannemann (2000): Eutrophierung von Gewässern durch warmzeitliche Sedimente. - DEUQUA 2000, Tagungsband, S. 86, Bern

- GINZEL, G. & M. HANNEMANN (2000): Geogen bedingte Eutrophierung der Gewässer im Einzugsgebiet der Schlaube. Schriftr. Dt. Geol. Ges. 12, S. 97, Hannover
- GROSSER, P. & M. HANNEMANN (1960): Ein neues Interglazialvorkommen im Raum Fünfeichen, westlich Fürstenberg (Oder). Geologie 9, 3, S. 299-307, Berlin
- Hannappel, S. (1996): Die Beschaffenheit des Grundwassers in den hydrogeologischen Strukturen der neuen Bundesländer. Berliner Geowiss. Abh., R. A, Bd. 182, Berlin
- HANNEMANN, M. (1969): Saale- und weichselkaltzeitliche glazigene Dynamik und Alter der Lagerungsstörungen im Jungmoränengebiet Brandenburgs. Geologie 18, 2, S. 168 187, Berlin
- Hannemann, M. (1995): Über Intensität und Verbreitung glazigener Lagerungsstörungen im tieferen Quartär und im Tertiär Brandenburgs. Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2, 1, S. 51-59, Kleinmachnow
- MATSCHULLAT, J., TOBSCHALL, H. J., & H.-J. VOIGT (Hrsg.) (1997): Geochemie und Umwelt Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre. 442 S., Berlin (Springer)
- MEINERT, N. (1985): Ergebnisbericht mit Grundwasservorratsermittlung, Objekt Eisenhüttenstadt. - VEB Hydrogeologie Nordhausen (unveröff.)
- Pearson (1992): zitiert in DVWK (1993): Stoffeintrag und Grundwasserbeschaffenheit. - DVWK-Schriften, 104, 275 S., Hamburg (Parey)
- Scheffer, F., Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Hartge, K.-H. & U. Schwertmann (1989): Lehrbuch der Bodenkunde. 12. Aufl., 491 S., Stuttgart (Enke)
- TISCHNER, T. (2000): Untersuchungen zur Phosphatverlagerung und Phosphatbindung in Boden und Grundwasser einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. In: Bodenökologie und Bodengenese 33, TU Berlin, Berlin

Anschrift der Autoren: Dr. Gerhard Ginzel Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Müggelseedamm 310 12587 Berlin e-mail: ginzel@igb-berlin.de

Dr. Martin Hannemann Gernotstr. 4 10365 Berlin

BUCHBESPRECHUNG

EISSMANN, L, & A. RUDOLPH (Hrsg.) (2002): Metamorphose einer Landschaft - Die aufgehenden Seen um Markkleeberg. - 88 S., 99 Fotos, 1 Kt., 1 Tab., 4 geol. Schnitte, Beucha (Sax-Verl.)

Pappeinband, Format 25x28,5 cm, ISBN: 3-934544-27-4, Preis: 24,50 Euro

Nur zwei Jahre nach dem Erscheinen von Eissmanns "Die Erde hat Gedächtnis - 50 Millionen Jahre im Spiegel mitteldeutscher Tagebaue" legt Lothar Eissmann nun - im gleichen Format, jedoch diesmal zusammen mit Armin Rudolph, einen neuen, reich bebilderten Band zum Thema der Braunkohlen-Großtagebaue vor, der sich jedoch verstärkt mit der Wandlung der Tagebaulandschaften zu wertvollen Naherholungsgebieten und Naturoasen beschäftigt. Am Fallbeispiel dreier großer "aufgehender" Seen südlich von Leipzig, dem Cospudener, Störmthaler und Markkleeberger See, erhält der Leser und Betrachter einen grandiosen Eindruck, wie sich das Bild einer über Urzeiten gewachsenen und stabilen Landschaft in nur wenigen Jahrzehnten unter dem Druck des Menschen, der inzwischen selbst zu einem erstzunehmenden geologischen Faktor geworden ist, völlig verändert hat.

Nach einer kartographischen Übersicht der Region um Markkleeberg und einer Einleitung beschäftigt sich der erste Abschnitt des dreigeteilten Buches mit den Braunkohlentagebauen Cospuden und Espenhain. Der Leser erhält nicht nur
Einblicke in die geologische Situation sowie einen geschichtlichen Abriss des Abbaugeschehens, auch findet er hier die
sonst eher seltenen Hinweise auf Bemühungen des Naturschutzes im Vorfeld und nach Beendigung der Kohlenförderung. Ausführlich wird die Wasserqualität der neuen Seen
diskutiert. Dabei reicht die Betrachtung vom Versauerungspotenzial über die Einleitung von Fremdwasser bis hin zur
Lebensdauer der Seen. Kritisch wird parallel auf den heutigen Umgang des Menschen mit vielen natürlichen Seen hingewiesen, bei dem auch in Regionen wirtschaftlicher Hochkulturen Seen zu Kloaken verkommen.

Der zweite Teil ist gleichzeitig Hauptteil des Bandes und besteht aus einer vierzigseitigen Fotodokumentation mit 46 stimmungsvollen, gut ausgeleuchteten Farbbildern. Die sehr nützliche, am unteren Bildrand eingeblendete Jahresangabe, veranlasst den Betrachter Bildinhalte zu vergleichen, um selbst Entwicklungsetappen einer sich schnell verändernden Landschaft auszumachen. Leider sind derartige Vergleiche, wie z. B. auf den Seiten 44/46, aufgrund veränderter Fotostandorte und Bildausschnitte zu selten. Denn gerade durch die Aneinanderreihung zeitlich versetzter Momentaufnahmen vom gleichen Fotoobjekt wird man sich der Metamorphose bewusst, die dem Tagesbesucher für gewöhnlich verschlossen bleibt. Dem gelungenen, kommentierten Bild-

teil gehören außer den immer gern gesehenen, weil aussagekräftigen Luftaufnahmen auch einige selten zu sehenden Motive an, welche die bizarre winterliche Schönheit dieser Landschaft zeigen.

Im dritten Teil erhält der Leser einen kurzen Überblick über die Erd- und Urgeschichte der Region. Die Darstellung reicht vom geologischen Fundament der Gesteine des Erdaltertums über die tertiären Geschehnisse mit der Entstehung der heutigen Braunkohlenflöze - den Objekten der Begierde - bis schließlich zur Ablagerung der quartären Sedimente. Durch die in den Tagebauvorfeldern durchgeführten archäologischen Grabungen, wurde eine Vielzahl von Funden gemacht, die zahlreiche Daten zu den Besiedlungsphasen des Raumes erbrachten. Um der Bedeutung jener Funde gerecht zu werden, wurde der Altsteinzeitforschung von Markkleeberg ein eigener Abschnitt gewidmet.

Das sorgfältig aufbereitete und in ansprechender Form zusammengestellte Material ergibt ein wertvolles Mosaik, welches die Problematik der Braunkohlentagebaue in umfassender und dennoch kurzweiliger Weise darstellt und dabei auch langjährige Tabuthemen, wie das der Überbaggerung vieler Ortschaften, nicht ausspart. Schließlich fasst eine Tabelle am Ende des Buches alle Daten zu den schon bestehenden und zukünftigen Seen des Leipziger Seenlandes übersichtlich zusammen.

Die aufgehenden Seen um Markkleeberg sind Teil der sich entwickelnden sogenannten "Neuen Mitteldeutschen Seenplatte". Die dargestellte Landschaft wird von Fachleuten aus allen Erdteilen nicht zu Unrecht als einmaliges anthropogenes Landschaftsmuseum mit hohem Bildungswert bezeichnet. Sie wird künftig zum Standard naturkundlicher und kulturgeographischer Exkursionen in Mitteleuropa gehören, wobei das vorliegende Buch mit Sicherheit zur gefragten Begleitliteratur werden wird.

Norbert Schlaak

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 77–84	13 Abb., 19 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	----------	------------------

Osning-Tektonik - einst und jetzt

FRANZ KOCKEL & REINHARD BALDSCHUHN

Zusammenfassung des Vortrags, gehalten anlässlich des 75. Geburtstags von Karl Bernhard Jubitz in Berlin am 23. 11. 2000

Das Gronau-Waldhügel-Osning-Lineament ist ein komplexes Störungs- und Überschiebungsbündel von überregionaler Bedeutung in Nordwestdeutschland, das die Münsterland-Scholle im S von der invertierten Niedersachsen-Scholle im N trennt. Stille et al. (1925) erkannte hier vor fast einem Jahrhundert zum ersten Mal die Mechanik der Becken-Inversion, die er als "Osning-Tektonik" oder "saxonische Tektonik" bezeichnete. Als Schüler von H. Stille und F. Lotze war K. B. Jubitz (1952a, b, 1953) an der Entschlüsselung der Begleitstrukturen des Osning-Lineaments in den 50er Jahren beteiligt.

In den vergangenen Jahren haben die Autoren eine Revision aller Geodaten im Umfeld des Osning-Lineaments - moderne Oberflächenkartierungen des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen und der Hochschulen, Tiefbohrungen, alte, analog registrierte Reflexionsseismik aus den 50er Jahren und wenige, digital registrierte seismische Linien der deutschen Erdölindustrie - vorgenommen und eine Reihe von Tiefenschnitten bis zur Zechsteinbasis konstruiert (Abb. 1, Abb. 2-5 und 7-13). Diese Regionalschnitte werden vorgestellt und der Versuch gemacht, einen dieser Schnitte auf den Horizont Top Turon abzuwickeln (Abb. 6). Besonders hilfreich war dabei die Neuauswertung der alten analog registrierten seismischen Linien, die als identifizierbaren Reflektor die Zechsteinbasis erkennen lassen. Die Ergebnisse dieser Neuinterpretation - eine Kombination aus Oberflächenbefunden und geologischer Auswertung reflexionsseismischer Messungen, sind in den Abbildung 2 bis 13 wiedergegeben. Die Lage der Schnitte findet sich in Abbildung 1. Die in den Schnitten verwendeten stratigraphischen Symbole beruhen auf den Festlegungen durch Preuss et al. (1991). Aus den Schnitten und der Rekonstruktion des Paläo-Strukturschnittes läßt sich ein dynamisches Bild der Entwicklung des Südrandes der Niedersachsen-Scholle entwerfen:

Bewegungen am Osning-Lineament vor der Obertrias werden zwar von verschiedenen Autoren postuliert, sind aber schwer beweisbar. Vor Beginn des Steinmergelkeupers entwickelte sich ein Bündel nordabschiebender Schollenrandstörungen, die schmale Streifenschollen begrenzten. Abschiebende Bewegungen an diesen Störungen lassen sich deutlich für den Lias, den Dogger, den Oberjura und die Unter-

kreide bis zum Apt belegen. Die zentrale Grabenscholle war die Ibbenbüren-Scholle, die am Ende der Riftbewegungen ca. 8000 m abgesunken war, einer der Gründe für die hohe Inkohlung dieses Raumes. Im Zeitraum Coniac und Santon, in einem kompressiven Stressfeld, kehrten sich die Bewegungen um und die ehemaligen Abschiebungen wurden zu Auf- und Überschiebungen sowie Phäno-Abschiebungen umgewandelt. Dabei wurde an mehreren südvergenten Aufschiebungen die Füllung des Niedersachsen-Grabenbeckens auf die Münsterlandscholle aufgeschoben. Die Einrumpfung der bei diesem Inversionsakt entstandenen Strukturen begann bereits im Santon und war zu Beginn des Tertiärs abgeschlossen. Als Gegenstück zu der sich in der Oberkreide hebenden Nordwestfalen-Lippe-Schwelle bildete sich südlich des Osning-Lineamentes der Vorosning-Trog, der bis zu 2000 m Oberkreide enthalten kann (Randtrog vor Schollenrand im Sinne Voigts 1963). Die Nordwestfalen-Lippe-Schwelle war demnach über lange Zeit bis zum Turon ein sich grabenförmig einsenkendes Depocenter und wurde erst in der höheren Oberkreide zum Abtragungsgebiet.

Anzeichen für horizontale oder wrench-Bewegungen größeren Ausmaßes am Osning-Lineament lassen sich aus verschiedenen Gründen ausschließen. Besonders die Durchdringung des Osning-Lineaments durch NNW- bis N-streichende Strukturelemente wie dem keuperzeitlichen Ems-Lineament im W und dem in der Oberkreide invertierten Egge-Bad Meinberg-Lineament im E sprechen gegen bedeutende Horizontalversätze, da sie das Osning-Lineament unversetzt durchschneiden.

Die geologischen Schnitte zeigen sehr klar das Wesen der saxonischen Tektonik. Charakteristisch ist die Mehrfach-Überprägung der Strukturen – "erst Zerrung, dann Pressung", die Stille und auch Jubitz erkannten. Allerdings fehlt eine wichtige Komponente des saxonischen Baustils – das Salz des Zechsteins, das im Osning aus paläogeographischen Gründen (Hunte-Schwelle) nur sehr geringmächtig entwikkelt ist. Die relativ steilen Sockelstörungen pausen sich hier unmittelbar in den Oberbau durch. Würde Salz die Sockelstrukturen gegen den Oberbau abpuffern, wie dies in weiten Teilen Niedersachsens der Fall ist, würden bei gleichem Bewegungsmuster ganz andere Strukturformen entstehen (z. B. Salzstöcke mit dünnen Stielen und großen Überhängen, Salz-

keile im Röt-Niveau, flache Abscherungsbahnen im Zechstein- und Röt-Niveau, deutlicher Stockwerksbau) (Вадовснин et al. 1998).

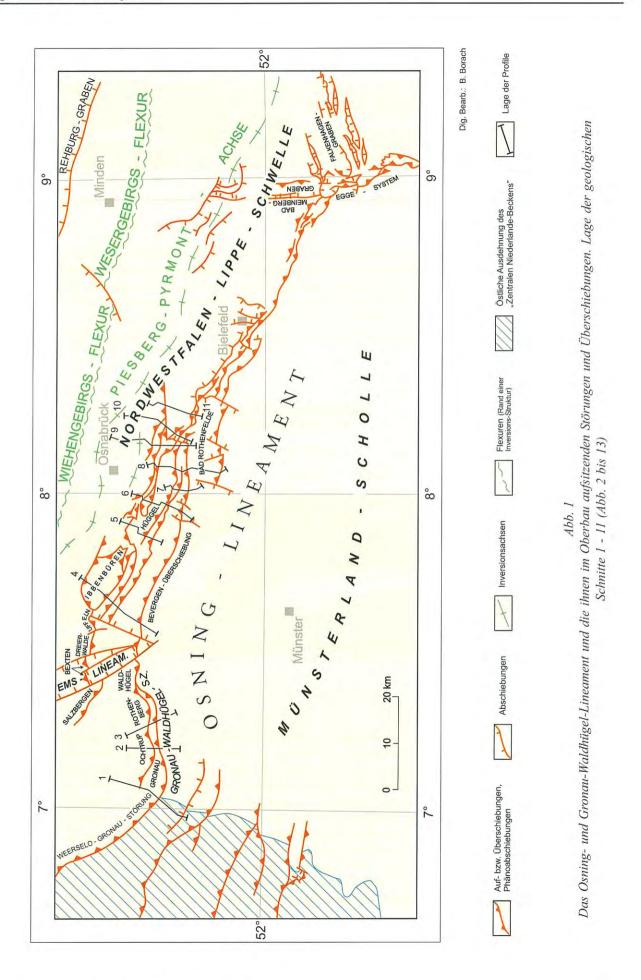
Literatur

- BALDSCHUHN, R. & F. KOCKEL (1999): Das Osning-Lineament am Südrand des Niedersachsen-Beckens. - Z. dtsch. geol. Ges. 150, 4, S. 673-695, Stuttgart
- Baldschuhn, R., Frisch, U. & F. Kockel (1998): Der Salzkeil, ein strukturelles Requisit der saxonischen Tektonik. Z. dtsch. geol. Ges. 149, 1, S.59-69, Stuttgart
- Drozdzewski, G. (1985): Tiefentektonik der Ibbenbürener Karbonscholle. In: Drozdzewski, G., Engel, H., Wolf, R. & V. Wrede (Hrsg.): Beiträge zur Tiefentektonik westdeutscher Steinkohlenlagerstätten, S.189-216, Krefeld
- HAACK, W. (1930): Geologische Karte von Preußen etc. 1: 25 000, Erläuterungen zu Blatt **3814** Bad Iburg. 95 S., Berlin
- HAACK, W. (1935): Geologische Karte von Preußen etc.1: 25 000, Erläuterungen zu Blatt 3813 Lengerich. 48 S.,Berlin
- HARMS, F.-J. (1980): Hüggel Geologischer Exkursionsführer. 70 S., Hasbergen
- HARMS, F.-J. (1981): Zur Geologie und Tektonik des Hüggelund Silberberg-Gebietes bei Osnabrück (West-Niedersachsen). - Osnabrücker naturwiss. Mitt. 8, S. 19-62, Osnabrück
- JUBITZ, K.-B. (1952a): Feinstratigraphisch-petrographische Untersuchungen in der Trias zwischen Osnabrück und Melle in Hannover (Raum der Piesberg-Pyrmonter und Holter Achse). Dipl. Arb. Humboldt-Universität, Berlin (unveröff.)
- Jubitz, K.-B. (1952b): Der tektonische Bau des Gebietes zwischen Osnabrück und Melle in Hannover. Z. dtsch. geol. Ges. 104, S. 523-525, Hannover
- JUBITZ, K.-B. (1953): Zum tektonischen Bau zwischen Osnabrück und Melle in Hannover (Raum Piesberg-Pyrmonter und Holter-Achse). Diss. Univ. Münster, Münster (unveröff.)
- MESTWERDT, A. (1930): Geologischen Karte von Preußen etc. 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt **3815** Borgholzhausen. 84 S., Berlin
- Preuss, H., Vinken, R. & H.-H. Voss, unter Mitarb. von Barkhausen, J., Beckmann, A., Hennig, E.-W., Hinze, C.; Homann, H. H. & G. Reuter (1991): Symbolschlüssel Geologie Symbole für die Dokumentation und Automatische Datenverarbeitung geologischer Feld- und Aufschlußdaten. 318 S., Hannover (NLfB, BGR)
- STILLE, H. (1911): Geologische Karte von Preußen etc., Erläuterungen zu Blatt **4119** Horn-Sandebeck (1. Aufl.). 63 S., Berlin

- Stille, H. (1924): Die Osning-Überschiebung. Abh. preuß. geol. L.-A., NF 95, S.32-56, Berlin
- STILLE, H. (1925): Die saxonischen Brüche (Schlußwort zu den "Göttinger Beiträgen zur Saxonischen Tektonik" 1923-25). Abh. preuß. geol. L.-A., NF, **95**, S. 149-207, Berlin
- THIERMANN, A. (1970): Geol. Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 25 000, Erläuterungen zu Blatt **3712** Tecklenburg. 243 S., Krefeld
- Voigt, E. (1963): Über Randtröge vor Schollenrändern und ihre Bedeutung im Gebiet der Mitteleuropäischen Senke und angrenzender Gebiete. Z. dtsch. geol. Ges. 114, 2,S. 378-418, Hannover
- Wolburg, J. (1952): Der Nordrand der Rheinischen Masse. -Geol. Jb. 67, S.83-114, Hannover
- Wolburg, J. (1954): Schwellen und Becken im Emsland-Tektogen mit einem paläogeographischen Abriß. Beih. Geol. Jb. 13, S. 1-115, Hannover
- Weitere Schriften bei BALDSCHUHN & KOCKEL (1999)

Anschrift der Autoren: Dr. Franz Kockel Eiermarkt 12B 30938 Burgwedel

Reinhard Baldschuhn Ernst-Pflüger-Str. 7 30938 Burgwedel (Wettmar)



Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1/2-2002

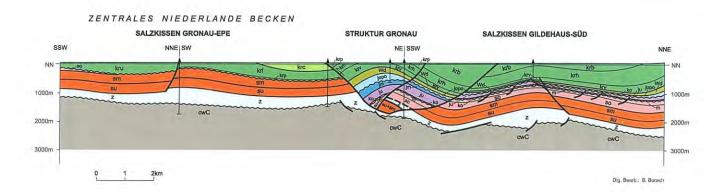


Abb. 2
Schnitt Nr. 1. NNE-SSW-Schnitt durch die Struktur Gronau im W-Abschnitt der Gronau-Waldhügel-Strukturzone. Komplexer, stark abgesenkter Graben mit relativ vollständigem und mächtigem Jura, Wealden und Unterkreide nördlich der Münsterland-Scholle. Im SSW (Gronau-Epe 1, krp auf sm) und in der lokalen Schwellenregion Gildehaus Süd im NNE Zechstein 1-Salzkissen. Der Graben wurde während des Santons invertiert und an der südlichen, im Sockel wurzelnden Randstörung des Niedersachsen-Beckens, der Gronau-Überschiebung, während der Oberkreide gegen SSW überschoben. In der höheren Oberkreide und im Tertiär wurde die Struktur flächenhaft abgetragen.

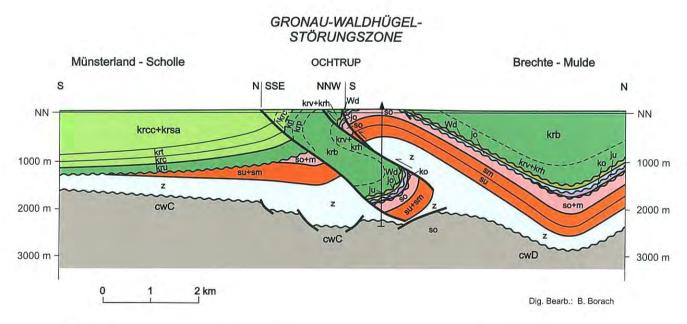


Abb. 3
Schnitt Nr. 2. N-S-Schnitt durch die Struktur Ochtrup im Mittelabschnitt der Gronau-Waldhügel-Strukturzone. Der einstige Unterkreide-Graben der S-Scholle ist an der Randstörung des Niedersachsenbekkens, der Gronau-Waldhügel-Überschiebung, im Coniac-Santon auf die sich einsenkende Münsterland-Scholle überschoben worden. Dabei wurde die Grabenfüllung aus mächtiger Unterkreide in eine komplexe Falte gelegt. Die Münsterland-Scholle im S zeichnet sich durch tiefgreifende Abtragung und auf Buntsandstein transgredierende geringmächtige Unterkreide aus. Im Coniac-Santon senkte sich an ihrem N-Rand ein Randtrog ein. An einer Parallel-Störung, der ehemaligen N-Randstörung des Grabens, wurde die von einem Salzkissen gebildete Grabenschulter ebenfalls gegen S überschoben. Zwischen der Struktur Ochtrup und der Inversionsstruktur Bentheim noch weiter im N senkte sich zur Unterkreide-Zeit die Brechte-Mulde ein. Infolge spätkretazischer und tertiärer Abtragung wurde im Scheitelbereich der Struktur Ochtrup-Rothenberg der Obere Buntsandstein angeschnitten und die Oberkreidefüllung der Brechte-Mulde abgetragen.

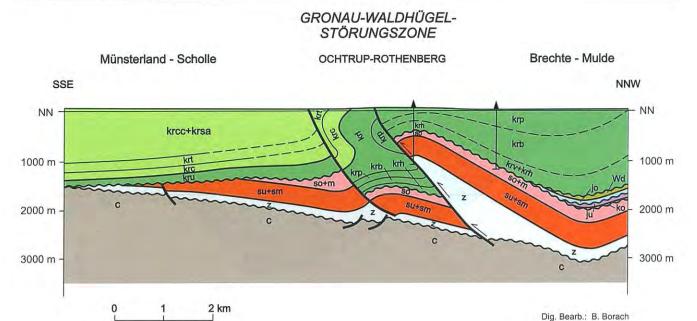


Abb. 4
Schnitt Nr. 3. NNW-SSE-Schnitt durch die Struktur Ochtrup-Rothenberg im E-Abschnitt der Gronau-Waldhügel-Strukturzone. Im S transgrediert auf der Münsterland-Scholle Unterkreide über Buntsandstein, Zechstein und Oberkarbon. Darüber ist ein mächtiger Oberkreide-Randtrog entwickelt. Nördlich davon ist der Ochtrup-Gronau-Graben mit mächtiger und stark gefalteter Unterkreide-Füllung auf die Münsterland-Scholle aufgeschoben. Die S-Flanke der mit mächtiger Unterkreide gefüllten Brechte-Mulde wird von einem Salz-Halbkissen gebildet. An einer zu der Gronau-Waldhügel-Überschiebung parallelen Bahn ist dieses Salzkissen auf den überkippten Unterkreide-Graben von Gronau-Ochtrup aufgeschoben. Auf dem tiefen S-Flügel der Brechte-Mulde dünnen Jura und Wealden bereits stark aus oder werden von Unterkreide gekappt, im Firstbereich liegt Hauterive auf Röt. Die Überschiebungen des Gronau-Ochtrup-Grabens und der Brechte-Mulde gegen S sowie die Überkippung und Steilstellung in höheren Teilen der Zwischenscholle erfolgte während der oberkretazischen Inversion. Der Scheitel der Struktur Ochtrup-Rothenberg ist post-oberkretazisch stark erodiert. Das Apt steht hier unter Quartär an.

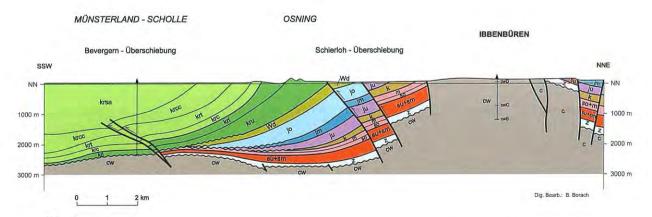
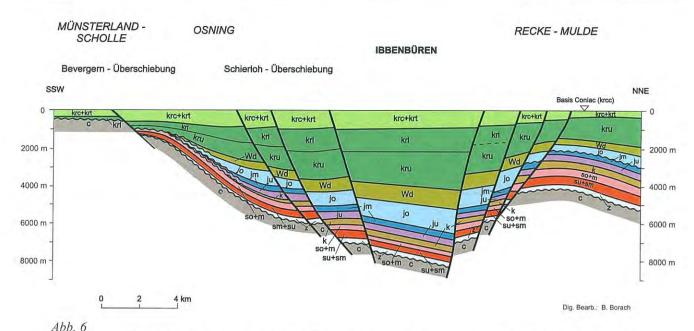


Abb. 5
Schnitt Nr. 4 (z. T. nach Thiermann 1970). NNE-SSW-Schnitt durch die Struktur Ibbenbüren, Osning- und Bevergern-Überschiebungen. Die intensivsten Inversionsbewegungen ereigneten sich im NW-Abschnitt des Osning im Bereich der Struktur Ibbenbüren. Die während der Unterkreide besonders tief versenkte Ibbenbüren-Scholle (Abb. 6) wurde so stark herausgehoben, dass heute Karbon (Westfal C und D) und Zechstein an der Erdoberfläche ansteht. Die südlichste der Osning-Überschiebungen ist durch die Bohrung Bevergern 1 erfaßt (Verdreifachung des Turons). Sie tritt nicht zutage, da sie von Santon überdeckt wird. Die im Bereich des Osning oberflächlich austretende Schierloh-Überschiebung ist in zwei Bahnen aufgelöst und recht steil. Sehr steil bis senkrecht sind die Randstörungen des Ibbenbüren-Karbonhorstes im NNE und SSW (Drozdzewski 1985). Man beachte die bedeutenden Mächtigkeiten des Coniacs und Santons im Vorosning-Randtrog SSW der Bevergern-Überschiebung und die Abnahme der Mächtigkeiten der tieferen Oberkreide in gleicher Richtung. Das bedeutet, dass die Ibbenbüren-Scholle noch zur Zeit des Cenomans und Turons tiefer versenkt war als die Münsterland-Scholle.



Schnitt Nr. 4. Der gleiche Schnitt wie Abbildung 5, verkleinert und rekonstruiert auf das Ende des Turons. Die Mächtigkeiten von Oberjura, Wealden und Unterkreide über der Ibbenbüren-Scholle sind angenommene Werte, lassen sich aber aus den beobachteten Mächtigkeitszunahmen in Richtung NNE im Osning-Höhenzug und im Bereich der Schierloh-Überschiebung extrapolieren. Eine Mächtigkeitszunahme gegen die Ibbenbüren-Scholle wurde für die Schichtenfolge Trias-Dogger nicht angenommen, ist aber ebenfalls möglich. Diese Rekonstruktion zeigt, dass die heutigen Überschiebungen prä-coniac nordgerichtete Abschiebungen waren, an denen sich das Niedersachsen-Becken im N gegen die ehemalige Hochlage der Münsterland-Scholle stark absenkte. Subsidenz-Zentrum war die Ibbenbüren-Scholle, die heute als Folge der Inversion in der Oberkreide am stärksten herausgehoben ist. Ein ehemaliger Gesamtabsenkungsbetrag für die Basis Zechstein von ca. 8000 m im Bereich Ibbenbüren ist wahrscheinlich und auch mit ein Grund für die hier beobachtete sehr hohe Inkohlung an der Prä-Perm-Oberfläche.

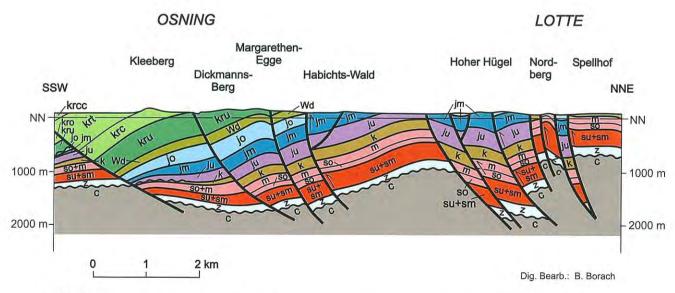


Abb. 7
Schnitt Nr. 5 (z. T. nach Haack 1930). NNE-SSW-Schnitt von Lotte nach Lengerich. Das Osning-System besteht hier im NW-Abschnitt aus drei bis vier listrisch gegen NNE einfallenden Überschiebungen bzw. Phäno-Abschiebungen. Die Bevergern-Störung ist am linken Rand des Schnittes angedeutet. Im NNE schließen sich südöstlich der Struktur Ibbenbüren die extrem zerstückelten Schollen von Lotte, Gehrenberg und Gesmold an. Dieser Strukturzug leitet in den Südrand der Nordwestfalen-Lippe-Schwelle über. Die heute südvergenten Randstörungen der schmalen Streifenschollen waren im Zeitabschnitt Lias bis Turon nordabschiebende Staffelränder, an denen sich das Niedersachsen-Becken bruchhaft eintiefte.

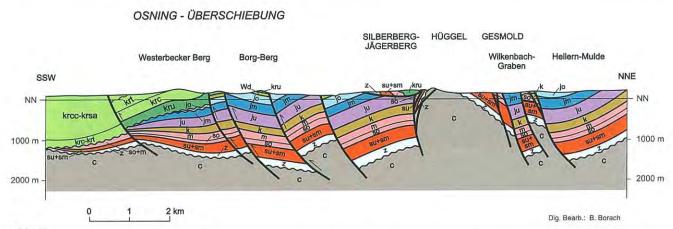


Abb. 8
Schnitt Nr. 6 (z. T. nach Haack 1935). NNE-SSW-Schnitt zwischen Hüggel und Westerbecker Berg im Mittelabschnitt des Osnings. Die Osning-Überschiebungszone i. e. S. setzt sich hier aus drei listrischen Flächen zusammen. Der Westerbecker Berg wird im SSW an der Verlängerung der Bevergern-Überschiebung auf den oberkreide-gefüllten Vorosning-Randtrog überschoben. Die Inversionsstrukturen Hüggel und Gesmold-Sutthausen bilden das südliche Vorland der Nordwestfalen-Lippe-Schwelle. Südlich des Hüggels erkennt man die vom Hüggel-Horst flachgründig abgeglittenen Zechstein-Buntsandstein-Unterkreide-Decken des Silberberges und Jägerberges (Harms 1980, 1981). Diese "Decke" wird als oberflächennahe gravitative Gleitdecke gedeutet, die mit dem im Sockel verwurzelten Osning-Störungssystem nichts zu tun hat.

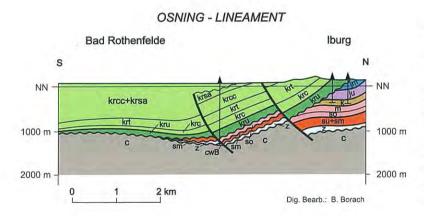


Abb. 9
Schnitt Nr. 7 (z. T. nach HAACK 1930). N-S-Schnitt durch den Mittelabschnitt des Osnings bei Bad Iburg mit den Bohrungen Iburg 1 und 2 und Ostbevern 2. Die Bohrung Ostbevern 2 hat wahrscheinlich die Bevergern-Überschiebung erbohrt (Befund Röt über Karbon). Die Nordscholle (Iburg 1 und 2) ist an einer in der Oberkreide revers bewegten, teilkompensierten Randstörung gegen S aufgeschoben. Die Bohrungen Iburg 1 und 2 markieren den alten Bekkenrand des ehemaligen Niedersachsen-Beckens durch die beckenwärts auf Lias und Dogger transgredierende Unterkreide.

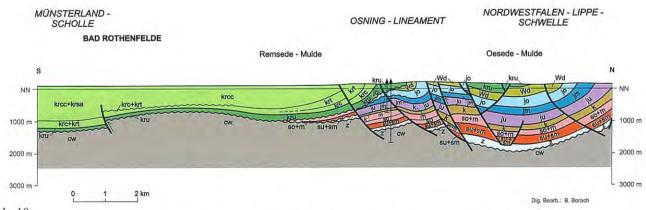


Abb. 10
Schnitt Nr. 8 (z. T. nach Haack 1930). N-S-Schnitt durch den Mittelabschnitt des Osnings vom Südrand der Nordwestfalen-Lippe-Schwelle über die Bohrungen Bad Iburg 3 und 4 zum Bad Rothenfelde-Sattel. Das Osning-Lineament hat sich in mindestens drei listrische Bahnen aufgespalten, im Bereich der mittleren Streifenscholle kam es während der Inversion zur Überkippung des Oberjuras und Wealdens. Der südlichsten Überschiebung, der Bevergern-Überschiebung folgt im SSW die Remsede-Oberkreide-Mulde und der bereits zur Münsterland-Scholle gehörende Bad Rothenfelde-Sattel (kru auf Westfal), der während der Inversion ebenfalls an einer listrischen Störung gegen S aufgeschoben wurde.

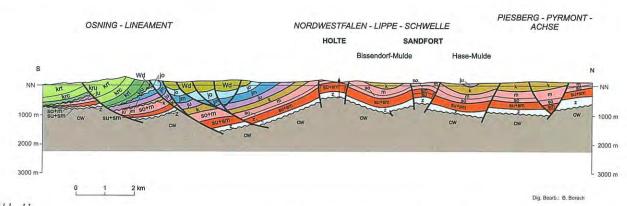


Abb. 11
Schnitt Nr. 9 (z. T. nach HAACK 1930 und JUBITZ 1952 a, b, 1953). N-S-Schnitt von der Piesberg-Pyrmont-Achse über den Sandfort- und Holte-Horst zum Mittelabschnitt des Osning-Lineaments. Die Bevergern-Überschiebung streicht im Turon an der Oberfläche unter Quartär aus. Sie ist als unterkompensierte Aufschiebung zu deuten, ist also eine "Phäno-Abschiebung". Das eigentliche Osning-Lineament besteht aus zwei relativ flach gegen S einfallenden Überschiebungen bzw. "Phäno-Abschiebungen". Die südlichste Aufschiebung der Struktur Bad Rothenfelde wird vom Schnitt nicht mehr überdeckt. Die Randstörungen des Holte- und Sandfort-Horstes fallen sehr steil ein, analog zu den Randstörungen des Ibbenbüren-Horstes (Schnitt Nr. 4).

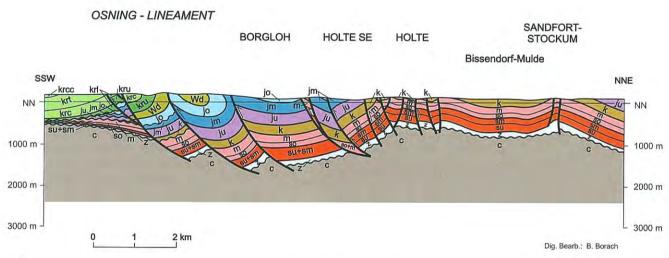


Abb. 12
Schnitt Nr. 10 (z. T. nach Mestwerdt 1930 und Jubitz 1952 a, b, 1953). NNE-SSW-Schnitt von der Nordwestfalen-Lippe-Schwelle über die Randstrukturen Sandfort-Stockum, Borgloh und Holte SE zum Osning. Das Osning-Lineament hat sich in drei listrisch gegen NNE einfallende Überschiebungen bzw. "Phäno-Abschiebungen" aufgespalten. Holte und Holte SE bilden ein komplexes Horstsystem am Südrand der Nordwestfalen-Lippe-Schwelle, der Sandfort-Stockum-Horst ist relativ einfach gebaut.

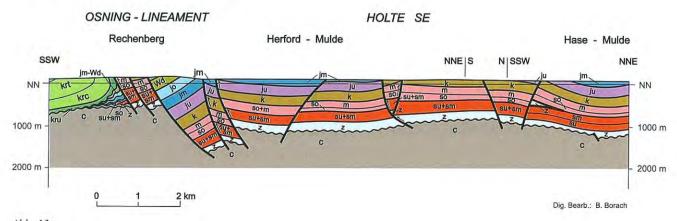


Abb. 13
Schnitt Nr. 11 (z. T. nach Mestwerdt 1930 und Jubitz 1952 a, b, 1953). NNE-SSW-Schnitt von der Hase-Mulde über Holte SE zum Mittelabschnitt des Osning-Lineaments mit dem Rechenberg. Das Osning-Lineament ist hier in fünf Überschiebungsbahnen ("Phäno-Abschiebungen") aufgesplittert. Die südlichste Überschiebung östlich Bad Rothenfelde wird vom Schnitt nicht überdeckt. Der Holte SE-Horst erscheint in diesem Schnitt relativ einfach gebaut.

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 85–96	14 Abb., 2 Tab., 24 Lit.

Zur Genese fossilführender Sedimente in Nordpolen und Brandenburg – die Gniewer Folge (Seria gniewska) und der Rixdorfer Horizont

OLAF JUSCHUS & MIROSLAW BŁASZKIEWICZ

1. Einführung

Fundpunkte fossilführender Sedimente im nördlichen Tiefland Mitteleuropas rückten schon frühzeitig in das Zentrum geowissenschaftlichen Interesses. So wurden bereits 1834 von Klöden fossile Säugerknochen aus Sanden und Kiesen der Berliner Umgebung beschrieben, für die sich die Bezeichnung "Rixdorfer Horizont" durchsetzte. Berendt (1865) erwähnte an der unteren Weichsel zwischen Torun und Gdansk sandige Sedimente mit einer marinen Fauna, die von einer "Sandmergelschicht" überlagert werden.

Vor der Durchsetzung der Vereisungstheorie hoffte man, mit Hilfe der fossilführenden Sedimente das "Chaos" der diluvialen Ablagerungen zu entwirren. In der Folgezeit wurden sie als wichtige Hilfsmittel der Quartärstratigraphie benutzt, obwohl sowohl beim "Rixdorfer Horizont" als auch bei den fossilführenden Sanden an der unteren Weichsel die stratigraphische Zuordnung und die Genese nach wie vor umstritten sind.



Abb. 1 Die Lage von Gniew an der unteren Weichsel

Mit Hilfe des Studiums der vorliegenden Literatur sowie eigener Gelände- und Laborarbeiten (Lithofazies-, Schwermineral-, Geschiebeanalysen) wurde versucht, die Entstehungsbedingungen der fossilführenden Ablagerungen zu beleuchten. Die Gniewer Folge steht in mehreren Aufschlüssen in der Nähe von Gniew an. Die besten Aufschlüssverhältnisse wurden in den Gruben Gniewskie Mlyny (Nordpolen) und SMW Niederlehme (Brandenburg) vorgefunden. Bei günstigen Abbauverhältnissen ist der Rixdorfer Horizont auch in der Kiesgrube Haniel Niederlehme und Mattigka Pätz/Neubrück aufgeschlossen.

2. Die Gniewer Folge

2.1 Bisheriger Kenntnisstand

Der Aufschluss Gniewskie Mlyny (von Berendt 1865 als Jakobsmühle bei Meve erwähnt), liegt etwa 1 km westlich der

Stadt Gniew im Rückland der Pommerschen Eisrandlage. Es werden dort in erster Linie Schalenreste von Mollusken gefunden. In der weichselzeitlichen Stratigraphie Nordpolens nimmt dieser Aufschluss eine besondere Rolle ein.

Frühe Bearbeiter (z.B. Galon 1934 und 1938) gingen von einer *in situ*-Fauna aus. Heute besteht kein Zweifel mehr an der sekundären Umlagerung der marinen Fauna (Kotanski 1956; Makowska 1979; Drozdowski 1986). Die Schalenreste sind ausschließlich einschalig bzw. zerbrochen; viele zeigen Spuren einer geringen Abrollung. Die zeitliche Zuordnung sowie die Genese der Ablagerungen wurden allerdings kontrovers diskutiert.

Makowska (1979) interpretierte die Ablagerungen als fluvial und rechnete sie dem Krastudy-Interglazial¹ zu. Der überlagernde Geschiebemergel wurde vom selben Autor (Макоwska 1986, 1990, 1991, 1992) dem Swiecie-Stadial zugeordnet. Drozdowski (1986) führte erstmals TL-Datierungen an den Sedimenten durch. Er stellte den überlagernden Till in das Leszno-Stadium und die Fauna in das vorhergehende Grudziadz-Interstadial.

¹ Nach Makowska (1979) gliedert sich die frühe Weichselvereisung in Nordpolen in das zweigeteilte Torun-Stadial (B I und B II) und das anschließende Krastudy-Interstadial. Mittelweichsel wird vom selben Autor in das Swiecie-Stadial (B III) und das Grudziadz-Interstadial unterteilt. Spätweichsel entspricht dem Leszno- (B IV) und dem Pommerschen Stadium (B V). Diese Stratigraphie ist in Polen umstritten.

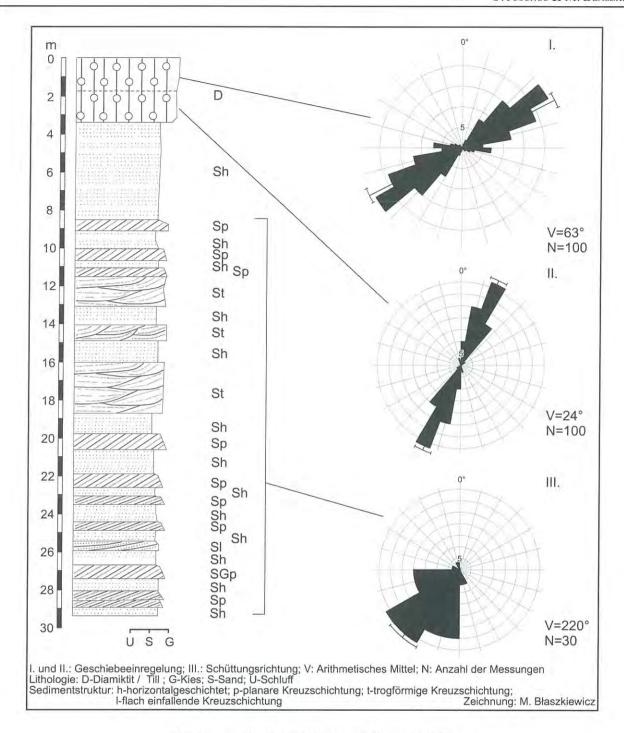


Abb. 2 Profil des Aufschlusses Gniewskie Mlyny

2.2 Schichtenfolge Die fossilführenden Sande

Der Aufschluss Gniewskie Mlyny legt zur Zeit sandige Ablagerungen mit einer Mächtigkeit von 29 m (18 - 47 m ü. NN) frei. Unterhalb der Grubensohle setzt sich die Sandfolge noch bis in eine Tiefe von 18 m (0 m NN) fort. Im Aufschluss wechseln sich meist Fein- und Mittelsande ab. Gelegentlich sind Grobsande und Feinkiese eingeschaltet. Der Feinsand liegt meist in Horizontalschichtung vor, die gröberen Sande in Kreuzschichtung (Abb. 2). Messungen entlang des gesamten Profils belegen eine einheitliche Schüttung des Sedimentkörpers in südwestliche Richtung.

Die geologische Position der Sande, ihre Fazies und ihre Schüttungsrichtung sind sichere Indizien für ihre glazifluviale Genese. Allerdings belegen die Schalenreste sowie der hohe Gehalt an gut gerundeten Schwermineralen, der sonst untypisch für glazifluviale Ablagerungen der Region ist, die Aufnahme mariner Sedimente durch das Inlandeis.

Die glazifluviale Abfolge kann als Ablagerung im distalen Bereich eines *braided river*-Systems, bei relativ geringen Wassertiefen gedeutet werden. Die Wechsellagerung der horizontalgeschichteten Sande mit kreuzgeschichteten wird dabei auf eine rhythmische Sedimentation bei wechselnden Abflussverhältnissen zurückgeführt.

Die Auswertung der Bohrarchive und Aufschlüsse belegt eine Verbreitung der Sande in einem schmalen Streifen entlang der unteren Weichsel. In dem Dorf Janiszewo, 3 km westlich von Gniew, lagert der Geschiebemergel des Leszno-Stadiums bereits direkt auf dem Till des Swiecie-Stadials.

Die marine Fauna

In den Sanden von Gniewskie Mlyny konnten bisher 12 Molluskenarten nachgewiesen werden (2 Gastropoden und 10 Bivalvien). Eine aktuelle Bestimmung der Schalen nahm freundlicherweise Dr. Jarmila Krzyminska vor. Die am häufigsten vorkommenden Arten sind Cerastoderma glaucum (Poiret), Nassarius reticulatus (Linnaeus) und Dosinia lincta (Pulteney). Weniger häufig oder selten werden die Schalen von Macoma balthica, Acanthocardia echinata (Linnaeus), Spisula Subtruncata (Da Costa), Corbula Gibba (Olivi), Bittium reticulatum (Da Costa) juv., Ostrea odulis (Linnaeus), Abra nitida (Müller), Cuspidaria sp. und Divarcella sp. gefunden.

Alle aufgeführten Arten fehlen zur Zeit in der südlichen Ostsee. Sie kommen erst ab einem Salzgehalt von 16 - 35 ‰ in der westlichen Ostsee, der Beltsee und der Nordsee vor.

Teile des Materials wurden mit der U-Th Methode im Labor des Polnischen Geologischen Institutes in Warschau datiert. Die gemessenen Alter ergaben für *Nassarius reticulatus* 15,3 ± 0,95 ka (Mindestalter) und 31,4 ± 2 ka (Höchstalter), für *Cerastoderma glaucum* 64 ± 3 ka und 138 ± 10 ka sowie für eine nicht identifizierbare Molluskenart 42,9 ± 1,3 ka und 93 ± 5 ka (Tomczak, Krzyminska, Pazdur 1999). Trotz der hohen Fehlerwerte kann die Bildung der meisten Fossilien in die Weichselkaltzeit nach dem Ende des Eem bis zum Grudziadz-Interstadial gestellt werden. Es handelt sich um eine Mischfauna unterschiedlichen Alters.

Eine seltene Ausnahme bildet der Fund eines Molaren von *Mammuthus primigenus* in der benachbarten Grube von Gniew-Cegielnia, die eine vergleichbare Schichtenfolge wie in Gniewskie Mlyny aufweist. Der Zahn lagerte in einer mit Grobsanden und Kiesen gefüllten Rinne innerhalb der auch hier molluskenführenden Sande. Der Fund unterstreicht den Charakter der Fauna als Mischfauna. Die U-Th-Datierung des Zahnes lieferte allerdings ungenaue Altersangaben (Tab. 1). Nach Rücksprache mit Dr. Hercman kann man für den Molaren ein Alter zwischen 10 und 40 ka annehmen.

Tab. 1 Ergebnisse der U-Th-Datierung eines Molaren von Mammuthus primigenus (Fundort: Gniew Cegielnia); Analyse: Dr. Helena Hercman (Geologisches Institut der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Warschau)

Probe	EU-Alter	LU-Alter	
W 295	$16,7 \pm 3,5 \text{ ka}$	$39 \pm 16 \mathrm{ka}$	
W 337	$10,6 \pm 1,5 \text{ ka}$	$28 \pm 11 \text{ ka}$	

Der Geschiebemergel

Im Hangenden der Sande folgt ein etwa 3,5 m mächtiges, zweigeteiltes Tillpaket. Die liegenden 1,8 m des Paketes bestehen aus graubraunem bis grauolivem Till. Der sandige Geschiebemergel ist im Allgemeinen massiv. Lediglich an der Basis finden sich Sandeinschlüsse, kleine Faltungen und große Geschiebeblöcke. Die Messung der Geschiebeeinregelung ergab eine Herkunft des Eises aus NNE (24°; Abb. 2). Die Strukturen im liegenden Teil des Tillpaketes zeigen, dass es sich um einen *lodgement till* handelt.

Der obere, olivgraue Teil des Geschiebemergelpaketes lässt sich aufgrund seiner Farbe und seines erhöhten Schluffgehaltes vom unteren unterscheiden. In seinem liegenden Abschnitt wurden dünne, subhorizontale Feinsand- und Schlufflagen nachgewiesen. Letztere treten zum Teil als *clayball*-Lagen auf. Die Geschiebeeinregelung weicht mit ENE (63°) sehr deutlich von der Einregelung des unteren Abschnittes ab. Der obere Teil wird als *meltout till* interpretiert. Aufgrund der Aufschlusssituation ist es nicht möglich zu entscheiden, ob das Tillpaket während zweier Eisvorstöße abgelagert wurde oder ob es lediglich einem Fazieswechsel innerhalb eines Eisvorstoßes entstammt.

Die Kleingeschiebezählung (gemäß TGL 25 232) lieferte für beide Teile sehr ähnliche Quotienten bei nordischem Kristallin, paläozoischen Kalksteinen und Sandsteinen. Wichtigster Unterschied zwischen beiden Proben ist der Gehalt an mesozoischen Gesteinen (vor allem grüngraue glaukonitische Kreidesandsteine). Im unteren Teil des Tillpaketes beträgt er 30,9 % im oberen nur 9,0 %. Da die Kreidesandsteine in der südlichen Ostsee anstehen, repräsentieren sie das in der Nähe abgetragene Material. Nordisches Kristallin, paläozoische Tonsteine und Kalke, Dolomite und Sandsteine vertreten die weiteren skandinavischen und baltischen Herkunftsgebiete. Der untere Till wird daher vom lokalen Material dominiert, währenddessen beim oberen der Ferntransport der Geschiebe überwiegt. Für die Abfolge lodgement till/ meltout till entspricht die Zunahme der ferntransportierten Geschiebe dem typischen Verteilungsmuster.

Die Kleingeschiebeanalyse lässt den Schluss zu, dass das gesamte Tillpaket während eines Eisvorstoßes abgelagert wurde.

Die Zusammensetzung der Leitgeschiebe wird von den Graniten der Åland-Inseln (17) beherrscht. Dazu kommen noch 3 Åland-Quarzporphyre. Auch die anderen Leitgeschiebe – Ostseekalk (7), Beyrichien-Kalk (6), Dolomit (2), Palaeoporellen-Kalk (2), Uppsala-Granit (1) und Perniö-Granit (1) – belegen die Herkunft des Gletschers aus Norden.

Die Datierung der Fossilien aus den liegenden Sanden lässt für das Tillpaket nur ein weichselhochglaziales Alter zu. Sie sind daher als Vorschüttsedimente des maximalen weichselzeitlichen Eisvorstoßes (Leszno-Stadium) anzusprechen. Im Vergleich mit Aufschlüssen der Umgebung von Gniew entspricht der liegende Teil des überlagernden Geschiebemergels dem Till des Leszno-Stadiums. Dabei kann zur Zeit nicht sicher entschieden werden, ob der obere Teil des Tillpaketes während des Leszno- oder während des Pommerschen Stadiums abgelagert wurde.

2.3 Der Rixdorfer Horizont

2.4 Einführung

Unter dem Namen Rixdorfer Fauna bzw. Horizont wurden im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Funde

Tab. 2	Ergebnisse	ler Kleingeschiebeanalysen	Gniewskie Mlyny
--------	------------	----------------------------	-----------------

	NK	PK	D	PS	F	MK	S	Q	So	ges.	Nb
oberer Till	27,6%	41,9%	4,3%	0,3%	1,2%	8,9%	8,6%	5,6%	1,6%	677	0
unterer Till	18,5%	28,7%	4,8%	0%	3,2%	30,9%	5,3%	5,6%	3,0%	627	20

fossiler Säugerknochen im Berliner Umland zusammengefasst. Nach der Überbauung der Rixdorfer (Neuköllner) Kiesgruben wurde von v. Koenigswald & Heinrich (1996) die Kiesgrube der SMW Niederlehme als Typlokalität eingeführt. Außer der Kiesgrube Haniel Niederlehme ist den Autoren derzeit nur die Kiesgrube Pätz/Neubrück als Aufschluss des Rixdorfer Horizontes bekannt.

Schüttungsrichtung des Horizontes. CEPEK (1986) datierte den Horizont sowie die überlagernden Sande in eine Zeitspanne, die vom jüngeren Teil der Saale-Kaltzeit bis in den frühen Teil der Weichsel-Kaltzeit reicht. Der liegende Geschiebemergel wurde von ihm aufgrund des Kleingeschiebespektrums als elsterzeitlich, der hangende als weichselzeitlich eingestuft. Böse (1997) belegte für die den Horizont

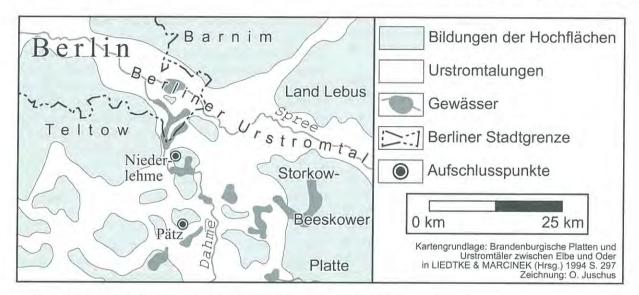


Abb. 3 Aktuelle Aufschlusspunkte des Rixdorfer Horizontes in der Berliner Umgebung

Die früheren Fundpunkte des Horizontes und seiner Fauna konzentrieren sich auffällig auf die Zone der mittelbrandenburgischen Platten und Urstromtäler. Während frühere Bearbeiter (z.B. Wahnschaffe 1910) unter dem Begriff der Rixdorfer Fauna Fundpunkte unterschiedlichen Alters zusammenfassten, wurde der Begriff in der Folgezeit auf die Fundpunkte eingeengt, die in ihrer Ausbildung weitgehend den Typlokalitäten entsprechen. Nach Hermsdorf (2000, S. 173) kennzeichnet der Begriff Rixdorfer Horizont "Sand- und Schotterablagerungen, die in der Regel von Geschiebemergel unter- sowie überlagert werden und Knochen eiszeitlicher Großsäuger führen."

Trotz zahlreicher Arbeiten lässt die Genese des Rixdorfer Horizontes nach wie vor Fragen offen. Wahnschaffe (1910) erwähnte bereits, dass die Knochenreste von Tieren stammen, die nicht zusammen gelebt haben, der Rixdorfer Horizont demnach eine aufgearbeitete Mischfauna darstellt. Er stellte den Horizont in eine lange Interglazialzeit und korrelierte ihn mit dem Eemvorkommen von Motzen. Woldtstedt (1929) bemerkte, dass der Rixdorfer Horizont jünger ist als das Eem-Interglazial. Nach Dietrich (1932) entstand der Horizont in einem weichselzeitlichen Interstadial vor dem Brandenburger Stadium. Er beschrieb erstmals die nordwestliche

überlagernden Sande einen engen Zusammenhang mit dem weichselzeitlichen Eisvorstoß. Auch für den Rixdorfer Horizont selbst wird vom gleichen Autor eine Entstehung kurz vor dem Brandenburger Stadium vermutet. Eine aktuelle Darstellung des Kenntnisstandes nimmt Hermsdorf (2000) vor. Der Rixdorfer Horizont ist nach den Befunden sicher jünger als das Eem-Interglazial und wahrscheinlich auch jünger als das Brörup-Interstadial. Eiskeilpseudomorphosen und Geschiebemergelgerölle innerhalb des Horizontes belegen seine Entstehung unter kaltklimatischen Bedingungen. Der unterlagernde Geschiebemergel wird aufgrund des Vorkommens von *Viviparus diluvianus* (Kuhnt) in die Saale-Kaltzeit, der überlagernde in die Weichselkaltzeit gestellt.

2.5 Die Schichtenfolge und ihre Altersstellung

Die liegenden Sedimente

Der Rixdorfer Horizont kappt diskordant die liegenden Ablagerungen (Abb. 4). Meist handelt es sich innerhalb der Kiesgruben bei Niederlehme um Till, vereinzelt wurden intensiv gestörte Sande angetroffen. In der Kiesgrube Pätz sind es meist Sande.

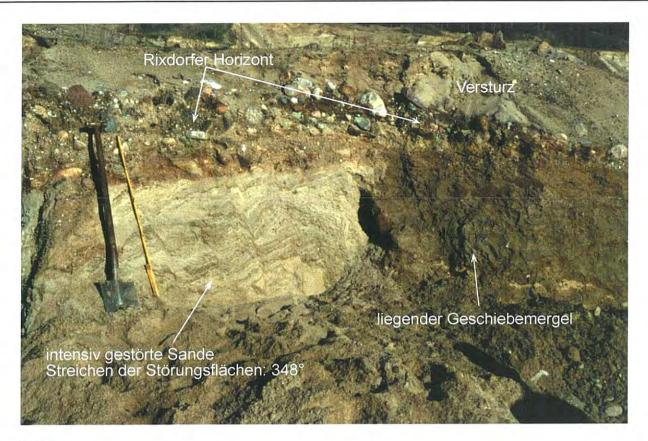


Abb. 4
Geschiebemergel und Sande, die vom Rixdorfer Horizont gekappt werden (Kiesgrube SMW Niederlehme, Oststoß)

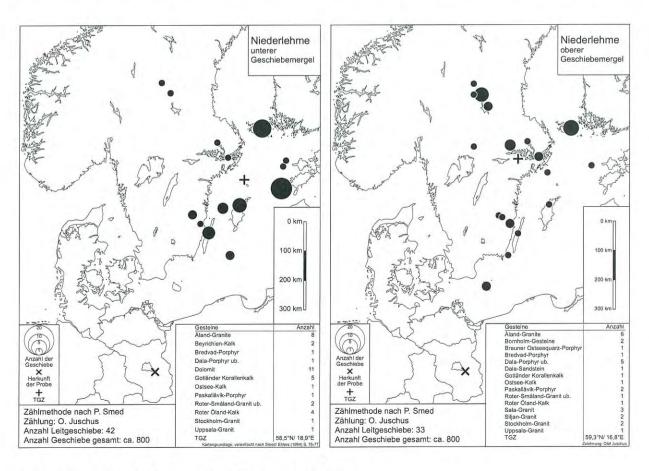


Abb. 5 Ergebnisse der Leitgeschiebezählungen Niederlehme

Der untere Till in den Kiesgruben Niederlehme führt in seinen hangenden Bereichen z.T. intensiv deformierte Schluffund Sandlagen. Die vorgefundenen Rutschungsstrukturen
lassen eine Deutung als flow till zu. Aus einem massiven
Vorkommen des unteren Tills am Nordstoß der Kiesgrube
SMW Niederlehme wurden Proben für eine Leitgeschiebeanalyse entnommen. Die Auszählung erfolgte nach Smed (SMED
& Ehlers 1994 und mdl. Mitteilung SMED 1999). Gezählt wurden alle Geschiebe > 2 cm und alle bestimmbaren Kalksteine.
Die Zählung ist daher nur bedingt mit den Zählungen von
Lüttig (1958) und Meyer (zuletzt 2000) vergleichbar.

Bei den Leitgeschieben dominiert baltisches Material (Abb. 5). Auch der hohe Gehalt an Paläozoischem Kalkstein und Dolomit belegt die nordöstliche Herkunft des Materials. Die Kleingeschiebeanalyse ergab für diesen Till ebenfalls einen hohen Gehalt an paläozoischem Kalkstein und Dolomit, der nach den Erkenntnissen von Lippstreu et al. (1994) dem Warthe-Spektrum entspricht. Es handelt sich bei diesem Till um ein inselartiges Restvorkommen. Kleingeschiebeanalysen des unteren Geschiebemergels ergaben im Umfeld der Probe das feuersteinreiche und karbonatarme Spektrum, wie es von Cepek (1986) und Hermsdorf (2000) beschrieben wurde. In der Kiesgrube SMW Niederlehme lassen sich damit im Liegenden des Rixdorfer Horizontes zwei saalezeitliche Geschiebespektren nachweisen.

Für die Entstehungszeit des Rixdorfer Horizontes muss davon ausgegangen werden, dass die liegenden Sedimente gefroren waren. Der Transport von Geschiebemergel- sowie Sandgeröllen aus dem liegenden Material funktioniert bei der vorgefundenen Größe der Gerölle nur im gefrorenen Zustand (Abb. 6).

Der Rixdorfer Horizont

Der Rixdorfer Horizont greift über die älteren Ablagerungen unterschiedslos hinweg. Er befindet sich stets an der Basis der weichselzeitlichen glazialen Sedimente. Die Auflagefläche ist als Erosionsfläche zum Teil messerscharf ausgebildet. Es muss allerdings davon ausgegangen werden, dass von der präexistenten Landoberfläche nur wenige Meter abgetragen worden sind. Sowohl die zahlreichen angewitterten Geschiebe (Hermsdorf 2000) als auch die kaum abgerollten Windkanter (Abb. 7) auf der Oberfläche des liegenden Geschiebemergels sind Überreste der alten Landoberfläche. Außerdem können auch die Knochenreste nur einen Transport über geringe Entfernungen überstehen.

Des Weiteren bleibt die Auflagefläche des Rixdorfer Horizontes innerhalb der Kiesgruben Niederlehme relativ beständig in einem Niveau von 34 - 36 m ü. NN. Der Horizont ist im Untergrund der Niederlehmer Platten großflächig ausgebildet.

Die extrem groben Schotter des Horizontes, die Fußballgröße erreichen können, lagern meist in Horizontalschichtung. Die kiesigen und grobsandigen Bereiche wurden sowohl in Horizontal- als auch in Kreuzschichtung beobachtet. Die Schüttung des Horizontes erfolgte nach den Messungen in nördliche bis nordwestliche Richtung (Abb. 8). Die Ergebnisse stimmen weitgehend mit den von Dietrich (1932) und Cepek (1986) erzielten Werten überein, obwohl der Abbaubetrieb seitdem enorme Fortschritte erzielte. Die Schüttungsrichtung des Horizontes bleibt demnach großflächig konstant.



Abb. 6 Im gefrorenen Zustand transportiertes Sandgeröll im Rixdorfer Horizont der Kiesgrube Pätz



Abb. 7 Leicht abgerolltes windgeschliffenes Geschiebe im Rixdorfer Horizont der Kiesgrube SMW Niederlehme

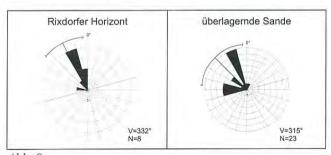


Abb. 8 Schüttungsrichtungen in den Kiesgruben Niederlehme

Die überlagernden Sande

Mit der deutlichen, von Hermsdorf (2000) beschriebenen Diskordanz schließen im Hangenden des Rixdorfer Horizontes die sandigen Vorschüttsedimente des weichselzeitlichen Eisvorstoßes an. Sie bestehen in Niederlehme meist aus Feinund Mittelsanden, in die vereinzelt kiesige bzw. schluffige Lagen eingearbeitet sind. Die Sande wurden sowohl in Horizontalschichtung als auch in Schräg- und Rippelschichtung vorgefunden (Abb. 9). Innerhalb der Schluffschichten sind meist Kleinrippeln, vor allem climbing ripples, ausgebildet. Messungen im gesamten Profil und in beiden Niederlehmer Kiesgruben ergaben einheitlich eine nordwestliche Schüt-

tung der Sedimente. Sie stimmt gut mit der Schüttungsrichtung des Rixdorfer Horizontes überein.

Wie in Gniewskie Mlyny so wird auch hier die Sandfolge als Ablagerung innerhalb eines braided river-Systems gedeutet. Die horizontalgeschichteten Sande und die Schluffbänke bilden dabei die Ablagerungen im distalen Bereich. In den Sanden können häufig Störungen, vor allem Überschiebungen beobachtet werden (Abb. 10). Sie gehen auf eine glazigene Einengungstektonik zurück, die in ihrer Richtung gut mit der Geschiebeeinregelung im oberen Till korreliert (Abb. 11). Die Bruchtektonik in den Sanden wird mit dem synsedimentären Gefrieren des Sedimentpaketes erklärt

Die glazigenen Störungen in den hangenden Sanden sind im Allgemeinen gering bis moderat ausgebildet. Nur im zentralen und westlichen Bereich des Nordstoßes der Grube SMW Niederlehme kam es zu großräumigen Überschiebungen, die nicht nur die Sande, sondern auch den Rixdorfer Horizont erfasst hat.

Der obere Geschiebemergel

(vgl. auch Böse 1997).

Die Sandfolge wird in allen drei Aufschlüssen von einem lückenhaft ausgebildeten, sandigen Till überlagert. An seinem weichselzeitlichen Alter besteht kein Zweifel. In allen Fällen füllt er Einmuldungen der präexistenten Landoberfläche aus. Maximal erreicht er in der Kiesgrube Pätz 6 m Mächtigkeit; meist sind es aber nur 2 – 3 m. Die Einregelung der Geschiebe belegt mit einem – allerdings undeutlichen – Ergebnis eine lokale Bewegungsrichtung des jüngsten Eises aus Nordosten.

Innerhalb der Kiesgruben Niederlehme und Pätz tritt der obere Geschiebemergel in 4 Faziestypen auf. Deformation, lodgement, meltout (siehe Abb. 12) und flow till konnten nachgewiesen werden.

Die Geschiebefracht des oberen Tills weicht von der des unteren deutlich ab (Abb. 5). Bestimmbare Karbonatgeschiebe treten gegenüber den schwedischen Geschieben deutlich zurück. Auch die Bornholm-Gesteine sind Indizien für die nördliche Herkunft des weichselzeitlichen Gletschers. Der lückenhaft ausgebildete obere Till bildet meist den Abschluss der glazialen Schichtenfolge. Nur kleinräumig wird er von Schmelzwasser- bzw. Dünensanden überlagert. Bei der flachwelligen Oberfläche der Niederlehmer und Pätzer Platten, die sich inselartig aus den umgebenden Urstromtalungen erheben, handelt es sich geomorphologisch um ein Grundmoränenrelief bei lückenhaft ausgebildetem Geschiebemergel.

2.6 Zur Genese des Rixdorfer Horizontes

Die Eigenschaften des Rixdorfer Horizontes erfordern ein sehr wasserreiches, relativ schnell fließendes, verwildertes Gewässer mit einer ausgedehnten Talsohle bei einer Abflussrichtung von Süd/Südost nach Nord/Nordwest. Diese Eigenschaften erfüllte im Untersuchungsgebiet der Urstrom des vorrückenden bzw. zurückschmelzenden Gletschers.

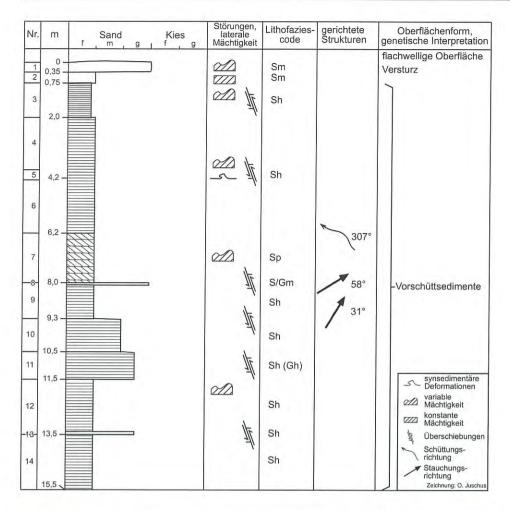


Abb. 9
Profil der hangenden
Sande in der Grube
SMW Niederlehme
(Oststoß); Abkürzungen der Lithologie
und Sedimentstrukturen siehe Abbildung 2

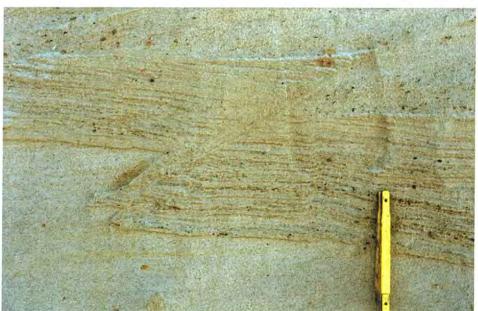


Abb. 10 Glazigene Überschiebung in den hangenden Sanden der Kiesgrube SMW Niederlehme (Nordoststoβ)

Beim Abschmelzen des weichselzeitlichen Inlandeises bildete sich bei dem allmählichen Übergang der Schmelzwässer vom Baruther zum Berliner Urstromtal südlich von Berlin ein Geflecht nacheinander oder zeitgleich in Betrieb befindlicher Urstromtalungen (Abb. 14). In den Abflussbahnen um die

Niederlehmer Hochflächen hatte dieses System eine nördliche bis nordwestliche Abflussrichtung.

Ein vergleichbares System muss beim Vorrücken des weichselzeitlichen Gletschers auf die Brandenburger Eisrandlage ebenfalls existiert haben. So ist anzunehmen, dass ein Vorläufer des Berliner Urstromtales auch beim Vorstoß des Gletschers existierte. Mit der Blockierung des Urstromtalvorgängers durch das vorrückende Eis bei Fürstenwalde musste der Urstrom die präexistenten Hochflächen der Rauenschen Berge und Fünfeichener Höhen im Süden umfließen. Der Urstrom durchfloss das tiefgelegene Gebiet Mittelbrandenburgs von Süd nach Nord und

arbeitete dabei die vorhandene Landoberfläche, bestehend aus den periglazial überprägten Schmelzwassersanden und Geschiebemergeln auf. Die Knochenreste sind zwar eine häufige, aber dennoch zufällige Begleiterscheinung der Aufarbeitung.

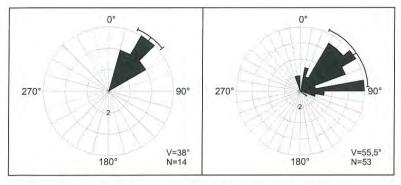


Abb. 11
Stauchungsrichtung in den hangenden
Sanden (links) und Geschiebeeinregelung
im oberen Till (rechts) in den Kiesgruben
Niederlehme



Abb. 12 Geschichteter oberer Till (meltout till) in der Kiesgrube Pätz

Mit dem weiteren Vorstoß des Eises verlagerte sich auch der Urstrom nach Süden. Der Rixdorfer Horizont lag dann für eine kurze Zeitspanne trocken an der Oberfläche, bevor nach diesem Hiatus die "normale" glazifluviale Entwässerung den Niederlehmer Raum erreichte und die hangende Sandfolge ablagerte. Ihre Feinkörnigkeit und Abflussrichtung kann mit einer relativen Beckenlage erklärt werden.

Der Rixdorfer Horizont wird als glazifluvialer Aufarbeitungshorizont der präexistenten periglazialen Landoberfläche durch den Urstrom des vorrückenden weichselzeitlichen Inlandeises gedeutet.

3. Vergleich der fossilführenden Ablagerungen

Die sandigen, fossilführenden Ablagerungen entlang der unteren Weichsel und der Rixdorfer Horizont besitzen auffallende Gemeinsamkeiten. In beiden Fällen handelt es sich um eine umgelagerte eem- bis weichselhochglaziale Mischfauna von Tieren, die nicht zusammen gelebt haben. Es wurden ältere quartäre Sedimente durch proglaziale Fließgewässer des vorstoßenden Eises aufgearbeitet.

Gemeinsam ist auch die Überlagerung durch den Geschiebemergel des Brandenburger (Leszno-) Stadiums.

Der wichtigste Unterschied besteht in der Faunenzusammensetzung. Die relative Nähe der Ostsee und ihrer Vorläufer bedingt, dass in Gniewskie Mlyny in erster Linie Schalen von marinen Mollusken vorkommen. Nur selten tritt terrestrische Fauna auf. In Niederlehme ist marine quartäre Fauna bisher nicht nachgewiesen. Es wurden meist terrestrische und vereinzelt limnische Tierreste geborgen. Damit wird die Bedeutung des lokalen Untergrundes für die Zusammensetzung der glazialen Ablagerungen deutlich.

Auch wenn die Fossilien in beiden Untersuchungsgebieten in glazifluvialen Sedimenten lagern, so bestehen deutliche Unterschiede im Milieu. An der unteren Weichsel handelt es sich um Vorschüttbildungen der von Nord nach Süd gerichteten proglazialen Entwässerung. Der zugehörige Urstrom floss deutlich weiter südlich. Der Rixdorfer Horizont stellt die Ablagerung bzw. den Aufarbeitungshorizont des Urstromes dar. Der Eisrand stand in Mittelbrandenburg zum Teil in unmittelbarem Kontakt mit dem Urstrom.

Zusammenfassung

Untersucht wurden fossilführende Sedimente in Nordpolen und Brandenburg.

In Nordpolen werden in Sanden vor allem marine Molluskenreste gefunden. Die Struktur der Sande, ihre Schüttungsrichtung und die Datierung der darin enthaltenen Fossilien belegen eine glazifluviale Genese als Vorschüttbildungen des weichselhochglazialen Eisvorstoßes (Leszno-Stadium).

Der Rixdorfer Horizont in Brandenburg enthält vor allem Säu-

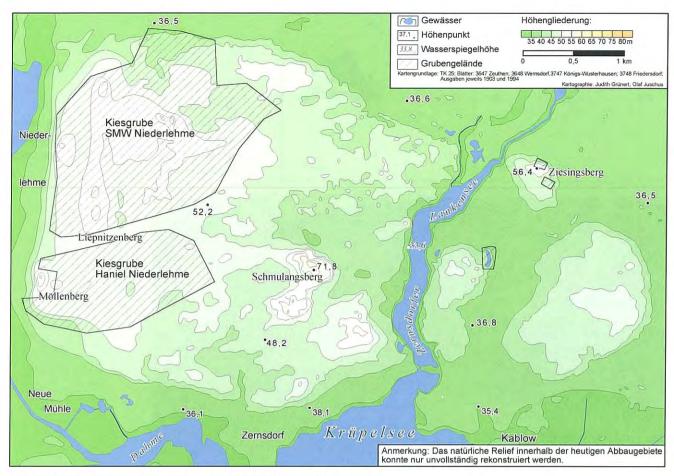


Abb. 13 Höhenschichtenkarte der Niederlehmer Platten

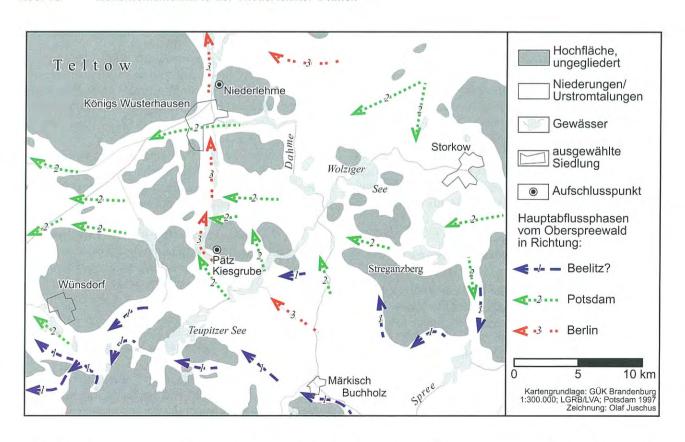


Abb. 14 Entwicklung der Urstromtalungen zwischen dem Baruther und Berliner Urstromtal südöstlich von Berlin

gerknochen. Seine Genese wird mit der Aufarbeitung der präexistenten periglazialen Landoberfläche durch den Urstrom des vorrückenden weichselzeitlichen Inlandeises erklärt. Das verbindende Merkmal beider Untersuchungsgebiete ist der allochthone Charakter der in den Sedimenten vorkommenden Fossilien und ihre Überlagerung durch den Till des Brandenburger (Leszno-) Stadiums.

Summary

Outcrops with sediments containing fossils were investigated in northern Poland and Brandenburg.

Shells of marine molluscs can be found in sands in northern Poland. The structure of the sands, their transport direction and the dating of fossils found within determine their fluvioglacial genesis. The sand deposition is connected with the anaglacial period of Leszno ice stage.

The Rixdorf horizon found in Brandenburg contains bones of quaternary mammals. Its genesis can be explained with the outwash of the preexisting surface by the ice marginal stream (Urstrom) during the ice advance of the Weichselian glacier.

The common feature of both outcrops is the redepositional character of the fossils and their burial by Weichselian till of the Brandenburg (Leszno-) ice stage.

Danksagung

Für die freundliche Unterstützung der Geländearbeiten bedanken sich die Autoren bei den Mitarbeitern der Firmen Prefabet Gniew (insbesondere Herrn Olszewski), SMW Niederlehme (insbesondere bei Herrn Kaden), Haniel Niederlehme und Mattigka Pätz/Neubrück.

Für die Bestimmung der Mollusken gilt der Dank Frau Dr. Jarmila Krzyminska vom Polnischen Geologischen Institut in Gdansk.

Für Hinweise und Diskussionen zum Thema Rixdorfer Horizont sei Herrn Dipl.-Geol. Norbert Hermsdorf (LGRB Kleinmachnow) ebenfalls herzlich gedankt.

Literatur

- TGL 25232/01-05+6 (1980): Fachbereichsstandard Geologie, Analyse des Geschiebebestandes quartärer Grundmoränen. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- Berendt, G. (1865): Marine Diluvialfauna in Westpreussen. -Schriften d. Physik. Oek. Ges. zu Königsberg, VI, S. 203-209, Königsberg
- Böse, M. (1997): Beobachtungen zu Eiskeilpseudomorphosen im Hangenden des Rixdorfer Horizontes in der Sandgrube Niederlehme. Brandenburg. Geowiss. Beitr. 4, 2, S. 45-51, Kleinmachnow
- CEPEK, A. G. (1986): Schichtenfolge und Position des "Rixdorfer Horizontes". Kurzreferate und Exkursionsführer, 25 Jahre AK "Quartärgeologie", Ges. Geol. Wiss. DDR, S. 19-21, Berlin

- Dietrich, W. O. (1932): Über den Rixdorfer Horizont im Berliner Diluvium. Z. dtsch. Geol. Ges. 84, 4, S. 193-221, Berlin
- Drozdowski, E. (1986): Stratygrafia i geneza osadów zlodowacenia wistulianu w pólnocnej czesci dolnego Powisla. Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania IG PAN 146, S. 1-90, Warszawa
- Galon, R. (1934): Dolina dolnej Wisly, jej ksztalt i rozwój na tle budowy Dolnego Powisla. - Badania Geograficzne nad Polska Zachodnia 12/13, S. 1-111, Poznan
- GALON, R. (1938): Stratygrafia dyluwium wzdluz prawego brzegu doliny Wisły od Gardei do Malborka oraz w okolicy Elblaga. - Sprawozdanie Poznanskiego Towarzystwa Przyjaciól Nauk 2, S. 12-13, Poznan
- HERMSDORF, N. (2000): Die Sandgrube Niederlehme ein klassischer Aufschluß des Rixdorfer Horizontes. Brandenburg. Geowiss. Beitr. 7, 1/2, S. 173-181, Kleinmachnow
- KLÖDEN, K. F. (1834): Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, insbesondere diejenigen, welche sich in den Rollsteinen und Blöcken der südbaltischen Ebene finden. 378 S., Berlin
- Königswald, W. v. & W.-D. Heinrich (1996); Kurze Charakterisierung der Veränderungen in der Säugertierfauna des Jungquartärs in Mitteleuropa. Tübinger Monographien zur Urgeschichte 11, S. 437-448, Tübingen
- Kotanski, Z. J. (1956): Budowa geologiczna zachodniego brzego Zulaw. - Biuletyn Instytutu Geologicznego 100, 7, S. 291-354, Warszawa
- 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, S. 15-35, Kleinmachnow
- LÜTTIG, G. (1958): Methodische Fragen der Geschiebeforschung. Geologisches Jahrbuch 75, S. 361-418, Hannover
- Makowska, A. (1979): Interglacjal eemski w dolinie dolnej Wisly. - Studia Geologica Polonica 63, S. 1-90, Warszawa
- Makowska, A. (1986): Morza plejstocenskie w Polsce osady, wiek i paleogeografia. Prace Instytutu Geologicznego 120, S. 1-74, Warszawa
- Макоwsка, А. (1990): Nowe stanowisko plejstocenskich osadów Morza Krastudzkiego na Dolnym Powislu. Kwartalnik Geologiczny 34, 3, S. 465-488, Warszawa

- MAKOWSKA, A. (1991): Profil geologiczny otworu w Pagórkach kolo Elblaga oraz znaczenie wyników badan pylkowych jego osadów dla stratygrafii młodszego plejstocenu w Polsce. Przeglad Geologiczny 39, 5/6, S. 262-268, Warszawa
- Makowska, A. (1992): Stratigraphy of the Younger Pleistocene in the Dolne Powisle and the Elblag Elevation based on mapping and boreholes. Kwartalnik Geologiczny **36**, 1, S. 97-120, Warszawa
- MEYER, K. D. (2000): Geschiebekundlich-stratigraphische Untersuchungen im Hannoverschen Wendland (Niedersachsen). Brandenburg. Geowiss. Beitr. 7, 1/2, S. 115-125, Kleinmachnow
- SMED, P. (1994): Steine aus dem Norden (Übers. J. Ehlers). 194 S., Berlin (Bornträger)
- Томсzak, A., Krzyminska, J., & A. Pazdur (1999): Problemy interpretacji dat radioweglowych fauny morskiej z utworów górnego czwartorzedu. Geochronologia górnego czwartorzedu Polski w swietle datowania radioweglowego i luminescencyjnego, Wrocław
- Wahnschaffe, F. (1910): Die Eiszeit in Norddeutschland. 48 S., Berlin
- WOLDTSTEDT, P. (1929): Das Eiszeitalter Grundlinien einer Geologie des Diluviums. 406 S., Stuttgart

Manuskripteingang: 18.09.01

Anschrift der Autoren:
Dr. Miroslaw Błaszkiewicz
Polnische Akademie der Wissenschaften/Geographisches
Institut
Abt. Geomorphologie und Hydrologie des polnischen Tieflandes
ul. Kopernika 19
Pl-87-100 Torun
e-mail: mirek@geopan.torun.pl

Dr. Olaf Juschus Humboldt-Universität zu Berlin Geographisches Institut Unter den Linden 6 Sitz: Chausseestr. 86 10099 Berlin e-mail: olaf.juschus@rz.hu-berlin.de

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 97–103	2 Abb., 6 Tab., 14 Lit.

Regional-genetische und mineralogisch-geochemische Betrachtungen zum miozänen Lausitzer Flaschenton im Bereich des Braunkohlentagebaus Nochten (Sachsen)

DIANA WÜSTRICH, HOLGER FISCHER & REINHARD F. HÜTTL

1. Einleitung

Im Rahmen der Braunkohlenförderung im Tagebau Nochten wird in den nächsten Jahren das Gebiet der Trebendorfer Hochfläche abgebaut werden. Dieser Bereich ist durch quartäre Schichten von 0 bis 10 m Mächtigkeit und angrenzende tertiäre Schichten von maximal 50 m Mächtigkeit gekennzeichnet (Abb. 1). Die tertiären Materialien setzen sich aus vier Tonhorizonten zusammen, die von Kiessandhorizonten umschlossen werden (Raunoer Folge), so dass mit dem Vorschnitt auf einer Fläche von ca. 2 243 000 m² der Abbau von jungtertiärem Flaschenton * erfolgen wird. Bei einer natürlichen mittleren Lagerungsdichte von ca. 2,09 t m³ (d_{feucht}) umfasst das geologische Vorkommen 14,55 Mio t bzw. 6,961 Mio m³ (KLINGBEIL et al. 1999). Der Vorschnitt, dessen geförderte Substrate größtenteils als Abschlusskippe die-

Mischsubstrate sind regional-genetische sowie mineralogisch-geochemische Besonderheiten des Flaschentons von basaler Bedeutung.

2. Material und Methoden

Mineralogisch-geochemische Untersuchungen wurden am anstehenden Nochtener Flaschenton des vierten Horizontes [Koordinaten (Bezugssystem: Gauß-Krüger): ⁵⁷03 300; ⁵⁴74 600] durchgeführt, wobei ausschließlich der Bereich im Hangenden der Tonschicht untersucht wurde, während im Liegenden ca. 1/3 der Schicht wegen teilweise vorhandener Kohleführung unberücksichtigt blieb. Des Weiteren sind Referenzproben des Welzower Flaschentons (aus der Tondeponie Nochten stammend) untersucht worden. Da beide

Tab. 1 Zusammensetzung des Vorschnitts in Mio m³ (Berechnungen aus KLINGBEIL et al. 1996, 1999)

Mio m ³	2002	2003/4	2005/6	2006/7	2007/8	2008/9	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Bindig gesamt	8,6	18,4	16,5	18,7	17,8	14,3	15,6	17,3	19,2	19,7	17,3
Rollig gesamt	26	28,0	19,5	25,2	27,2	28,9	27,6	27,3	24,3	23,9	21,5

nen, weist somit ein durchschnittliches Verhältnis zwischen bindigen und rolligen Materialien zwischen 1:3 bis teilweise 1:1,2 (Tab. 1) auf. Über seine industriellen Nutzungsmöglichkeiten hinaus wird der Flaschenton daher in zunehmendem Maße auch für die Rekultivierung von Kippenflächen von Bedeutung sein. Für Flaschentone der Raunoer Schichten, die aus dem Tagebaubereich Welzow-Süd stammen, liegen bereits erste Erfahrungen zur Rekultivierbarkeit der Bergbaufolgelandschaft sowie umfangreiche Kenntnisse hinsichtlich der Förderungs- und Verkippungstechnologie vor. Noch ungeklärt ist, inwieweit der Flaschenton aus dem Tagebau Welzow-Süd mit dem Flaschenton aus dem Tagebau Nochten mit Blick auf seine bodenökologischen Eigenschaften als Ton-Sand-Mischsubstrat der Abschlusskippe vergleichbar ist. Vor dem Hintergrund der Rekultivierung stark toniger

Proben lediglich einen Standort repräsentieren, wurden zusätzlich Mittelwerte aus großflächigen Tonerkundungen der Lagerstätten in die Auswertung miteinbezogen. Zweckdienlich waren insbesondere rohstofftechnologische Gutachten, die im Rahmen mehrerer Braunkohlenerkundungsphasen durchgeführt wurden. Die umfangreichsten Daten wurden in diesem Kontext im Rahmen der Erkundung Nochten Ost II (1991) erhoben.

Alle Untersuchungen der Referenzproben erfolgten jeweils zweifach. Die Korngrößenzusammensetzung wurde in Anlehnung an DIN 19 683, Blatt 1 und 2 mit Hilfe einer kombinierten Sieb- und Sedimentationsanalyse nach Köhn bestimmt. Geochemische Parameter des Flaschentons wurden nach DIN 51 001, Teil 1 mittels Röntgenfluoreszenzanalyse

^{*} Flaschenton: meist hellgrau bis grauer Ton; Namensgebung historisch bedingt, da dieses Material seit über 100 Jahren als Rohstoff für die Bau- und Grobkeramik genutzt wird; aus diesem Ton hergestellte Steinzeugflaschen führten zur Bezeichnung "Flaschenton"

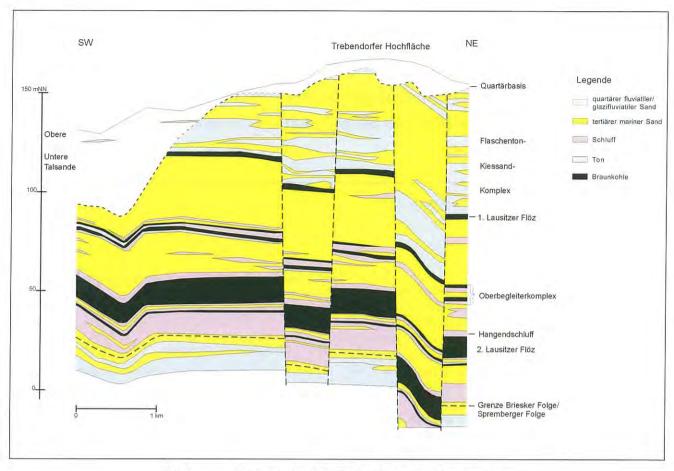


Abb. 1 Geologischer Schnitt durch den Tagebau Nochten

ermittelt. Die Messung erfolgte am Spektrometer Philips PW 1404 nach Herstellung von Schmelztabletten aus Flaschenton (<50 µm, ungeglüht) und Merck Spectromelt A12. Tonmineralogische Untersuchungen erfolgten mit Hilfe eines Röntgendiffraktometers Philips PW 1820 und anschließender semiquantitativer Auswertung der Röntgendiffraktogramme. Gesamtgehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel wurden an gemahlenen, lufttrockenen Proben gaschromatografisch nach oxidativem Aufschluss am CNS-Analysator (Vario EL, Fa. Heraeus) bestimmt. Die Ermittlung des pH-Wertes erfolgte potentiometrisch mit einem pH-Meter (Glaselektrode, Multilab 540) in einer wässrigen Bodensuspension im Verhältnis Boden: Lösung = 1:2,5. Die elektrische Leitfähigkeit wurde im Anschluss an die Bestimmung des pH-Wertes mit Hilfe eines Konduktometers (Multilab 540) nach Filtrieren der Lösung bestimmt. Gesamtnährstoffe (Ca, Mg, P und K) wurden in 10 %-igem HCl-Auszug in Anlehnung an Thun (1955) mittels der ICP-AES-Methode simultan bestimmt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Geologie

Die Braunkohlenlagerstätte Nochten liegt im Freistaat Sachsen, im Südosten des Landkreises Weißwasser und gehört damit zum Niederlausitzer Braunkohlenrevier. Sie wird dem südlichen Teil des Lausitzer Urstromtals zugeordnet (Nowell et al. 1994). Der Bereich der Trebendorfer Hochfläche weist

Geländehöhen zwischen 135 und 170 m über NN bei einem flachwelligen Geländerelief mit vereinzelten Hängen auf. Im mittleren und oberen Miozän führten tektonisch bedingte Hebungen des Lausitzer Granodioritmassivs, des Görlitzer Schiefergebirges sowie der Sudeten und damit verbundene Abtragungs- und Sedimentationsprozesse periodisch zur verwitterungsbedingten Kaolinisierung der paläozoischen Gesteine und zur Ablagerung in nördlich angrenzenden Geländedepressionen in Form von Staubeckenschluffen und tonen (Lasch 1973, Meier et al. 1991, Nowel et al. 1994). Hebungen und Senkungen bewirkten, in Verbindung mit Trans- und Regression des Meeres, Schichtungen tertiärer Sedimente in Abhängigkeit von der räumlichen und zeitlichen Variabilität. Es bildeten sich charakteristische horizontale Schichtungen (Abb. 1) zum einen überwiegend rolliger und zum anderen überwiegend bindiger Materialien, so dass insgesamt vier sogenannte Flaschentonhorizonte, umschlossen von Kiessandhorizonten, entstanden (Raunoer Schichten).

Unterschiede in der Zusammensetzung der einzelnen Horizonte sind genetisch bedingt. Vermutlich fiel im Bereich der Trebendorfer Hochfläche das damalige Becken nach Ablagerung des vierten Flaschentonhorizontes teilweise trocken (MEIER et al. 1991). Im Hangenden bewirkte zunehmende Sedimentationsenergie eine Zunahme des Grobkornanteils der sandigen Materialien. Fluviatile Materialeintragungen sowie Gezeitenauswirkungen des Meeres prägen den dritten Fla-

schentonhorizont. Mit Erhöhung der Sedimentationsenergie sowie mit zunehmendem fluviatilem Einfluss nimmt im Hangenden vor allem der Rundungsgrad der Partikel zu.

Bei vergleichsweise ruhigen Sedimentationsverhältnissen kann in flachen Ablagerungsbecken zum einen von teilweise großflächigen Korrelationen der Einzelhorizonte in ihrer Zusammensetzung ausgegangen werden. Zum anderen kann im Korngrößenspektrum eine ausgeprägte Heterogenität aufgrund von Schwemmkegelbildungen und hierdurch verursachte vielfache Gliederungen, beispielsweise durch Entwässerungspriele, Sandbankbildungen und Anwehungen, vorliegen. Lagerungsstörungen können sowohl endogentektonisch, beispielsweise durch Grabenbrüche, als auch glazial-dynamisch, beispielsweise durch glazigene Stauchungszonen, bedingt sein. Im Bereich der Trebendorfer Hochfläche sind die Raunoer Schichten in ihrer Lagerung partiell über weite Teile unbeeinflusst geblieben.

Nach Lotsch (1969) existieren insgesamt 17 Verbreitungsgebiete der Raunoer Folge, wobei sich neben der Trebendorfer

Rahmen dieser Arbeit wurden deshalb ausgewählte Kennwerte zweier Referenzproben des derzeit anstehenden Nochtener Flaschentons (4. Horizont, oberer Bereich) sowie des in Nochten deponierten Welzower Flaschentons erhoben und mit mittleren Werten der Nochtener* und Welzower** Flaschentone verglichen (Tab. 2 - 5).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Tonhorizonte der Raunoer Folge mit Blick auf ihre mittlere Korngrößenzusammensetzung eine hohe Variabilität aufweisen (Tab. 2). So stellt sich der Nochtener Flaschenton mit mittleren Tongehalten (Fraktion <2 μm) zwischen 11 und 99 Gew.-% als sandiger Lehm (bei Durchmischung mit Sandnestern), als schluffiger Ton oder auch als Kohleton dar. Mit dem Ziel industrieller Nutzung wird der Flaschenton des vierten Horizontes von Schulze (1999) in Bezug auf seine Korngrößenzusammensetzung, mineralogisch-geochemische Eignung und in Bezug auf sein technologisches Verhalten als einheitlich charakterisiert; ungeachtet einer Streuungsbreite von 17 bis 99 Gew.-%, bei einem mittleren Tongehalt von 60 Gew.-%. Im Hangenden des vierten Flaschentonhorizontes verschiebt sich das Korn-

Tab. 2 Korngrößenzusammensetzung der Nochtener und Welzower Flaschentone; Angaben in Gew.-%

	Sand /I	Kies			Schlu	ff		Ton	Bodenart	
	>2mm	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	Bodenart	
Referenzproben: Flaschenton aus N		Tonho	rizont, k	ohlefrei)	und aus	Welzow	(Tondep	oonie Nochten)		
Nochtener Flaschenton	0	0,1	1,0	13,9	11,7	7,6	4,6	61,1	TI	
Welzower Flaschenton	0	0,1	1,0	14,0	13,3	7,2	4,2	60,2	TI	
Nochtener Flasch Mittlere Sand- un		ehalte;	Minima,	Maxima	und Mit	telwerte	_ (x) der	Tonfraktion		
1. Tonhorizont	10				35			2386 (x 55)		
Tonhorizont	22				29			1585 (x 49)		
2. Tonhorizont3. Tonhorizont	22 36				29 21			1585 (x 49) 1191 (x 43)		
3. Tonhorizont 4. Tonhorizont Welzower Flasch	36 12 nenton**:				21 28			1191 (\bar{x} 43) 1799 (\bar{x} 60)		
 Tonhorizont Tonhorizont 	36 12 nenton**:	lte (\bar{x}) sowie N	Лinima u	21 28	ma der F	raktione	1191 (\bar{x} 43) 1799 (\bar{x} 60)		

Hochfläche auch die Welzower Hochfläche im offenen Tagebaubereich befindet.

Korngrößenverteilung

Verschiedene Autoren (Anke & Knuth 1982, Schulze 1999) weisen auf größere Schwankungen in Bezug auf Zusammensetzung und Eigenschaften des Flaschentons hin. Diese Variabilität erscheint jedoch nicht eindeutig lokalisierbar. Im

größenspektrum zugunsten sandiger und kiesiger Anteile, so dass im dritten und zugleich mächtigsten Horizont ein höherer Grobkornanteil (mS, gS) vorliegt. Vom zweiten und ersten Flaschentonhorizont liegen mangels industrieller Bedeutung weniger Untersuchungsergebnisse vor. Auffällig sind tonig sandige Wechsellagerungen und teilweise hohe Schluffgehalte, insbesondere im ersten Tonhorizont. Die Ergebnisse der Korngrößenanalyse der Referenzprobe ergeben mit einem Tongehalt von 61 Gew.-% und einem Schluff-

^{*} KLINGBEIL et al., 1999: Tonerkundung 1988/90 (G.E.O.S. Freiberg); 321 Bohrungen mit insgesamt 15.893 Bohrmetern

^{**} Lehmann, H., 1990: Rohstofftechnologischer Bericht; Ton Proschim; 157 Einzelproben aus insgesamt 15 Bohrungen

gehalt (2 - 63 μ m) von 23 Gew.-% einen lehmigen Ton und sind annähernd mit den Angaben zur mittleren Korngrößenverteilung des vierten Horizontes (KLINGBEIL et al. 1999) vergleichbar.

Der Welzower Flaschenton zeigt mit einem Tongehalt von 12 bis 91 Gew.-% bei einem Mittelwert von 55 Gew.-% eine ähnlich hohe Variabilität. Analog zum Nochtener Flaschenton konnte die Referenzprobe des Welzower Flaschentones, mit lediglich 1 % höherem Tongehalt und 1 % geringerem Schluffgehalt, dem lehmigen Ton zugeordnet werden.

Chemische Zusammensetzung

Aufgrund hoher Variabilität in der Korngrößenzusammensetzung liegt bei Betrachtung der mittleren geochemischen Eigenschaften ebenfalls eine hohe Variabilität vor (Tab. 3).

Mineralogische Zusammensetzung

Der miozäne Lausitzer Flaschenton stellt in Bezug auf seine mineralogische Zusammensetzung einen kaolinitischen Ton dar (Tab. 5). Im Gegensatz zur Korngrößenverteilung und geochemischen Charakterisierung deutet die Mineralzusammensetzung auf entscheidende Unterschiede zwischen beiden Lagerstätten hin. Ein Vergleich von Tonmineralen und Quarz in den Referenzproben ergibt im Nochtener Flaschenton 20,7 % Quarz und insgesamt 79,3 % Tonminerale, wobei 71,7 % als Kaolinit vorliegt. Dieses Substrat weist somit gegenüber dem Welzower Flaschenton einen signifikant höheren Anteil an Kaolinit von über 40 % auf, bei entsprechend geringeren Anteilen an Quarz sowie Dreischicht- und Wechsellagerungsmineralen.

Die mittleren Werte der Mineralzusammensetzung beinhalten zusätzlich Angaben zu Plagioklas, Feldspat, Siderit, Py-

Tab. 3
Chemische Zusammensetzung des Nochtener und Welzower Flaschentons; Angaben in Gew.-% des Feinbodens

	SiO ₂	Al_2O_3	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Glühverlust
Referenzprob Flaschenton au		n (4. Ton	horizont, k	ohlefrei) u	nd aus We	zow (Tonc	leponie No	chten)	
Nochtener Flaschenton	68	18	2,1	1,3	0,6	0,5	<0,2	1,6	8,2
Welzower Flaschenton	68	18	2,1	1,3	0,5	0,5	<0,2	1,6	8,2
<u>Welzower un</u> Minima, Maxi									
Nochten	5877	1227	1,44,3	0,91,7	0,21,1	0,10,7	0,00,2	0,21,9	510
(4. Horizont)	(x 64)	$(\bar{x} 20)$	$(\bar{x} 2,6)$	$(\bar{x} 1,4)$	$(\bar{x} 0,6)$	$(\bar{x} 0,3)$	$(\bar{x} 0,1)$	$(\bar{x} 1,4)$	$(\bar{x}8)$
Proschim	5274	1326	1,83,4	0,91,6	0,41,0	0,20,7	0,10,4	0,92,2	514
	$(\bar{x} 64)$	$(\bar{x} 20)$	$(\bar{x}^2,4)$	$(\bar{x} 1,2)$	$(\bar{x} 0.7)$	$(\bar{x} 0.3)$	$(\bar{x} 0.3)$	$(\bar{x} 1.7)$	$(\bar{x}8)$

Hingegen sind die Mittelwerte des Nochtener und Welzower Flaschentons nahezu identisch. Eisengehalte (Fe₂O₃) zwischen 1,4 und 4,7 Gew.-% sowie Gehalte an TiO₂ zwischen 0,3 und 1,7 Gew.-% deuten auf ein granodioritisches Ausgangsgestein hin (vgl. Meier et al. 1991). Analog weisen beide Referenzproben eine nahezu identische chemische Zusammensetzung auf, sowohl im Gehalt der Haupt- als auch der Spurenelemente, (Tab. 3 und 4). Um 4 % höhere Gehalte an SiO im Vergleich zu den Mittelwerten sind vor allem durch höhere²mittlere Gehalte der Sandfraktion von ca. 3 % begründet.

rit, Anatas bzw. vom Welzower Flaschenton ebenfalls zu Calcit, Dolomit und Rutil, so dass sich der prozentuale Tonanteil bzw. der Anteil an Kaolinit im Vergleich zu den Referenzproben verringert. Jedoch besitzt auch hierbei der Nochtener Flaschenton des dritten und vierten Horizontes prozentual deutlich geringere Kaolinitgehalte im Vergleich zum Welzower Flaschenton. Zum zweiten Horizont liegen keine Untersuchungen der Mineralzusammensetzung vor. Im ersten Nochtener Flaschentonhorizont sind hingegen die mittleren Gehalte an Kaolinit von 26 % und an Dreischicht- und Wechsellagerungsmineralen von 31 % annähernd mit der

Tab. 4 Spurenelemente der Referenzproben; Angabe in ppm

As	Ba	Bi	Ce	Co	Cu	Ga	Hf	La	Mo	Nb	Nd	Pb	Rb	Sc	Sr	Th	U	Y	Zn	Zr
Flas	chent	on au	s Noc	hten	(4. To	nhori	zont,	kohl	efrei)	- Refe	erenzp	robe								
14	410	11	50	28	<20	31	9	42	<7	28	27	27	105	<15	66	<20	<9	31	41	351
Flas	chente	on au	s Wel	lzow	(Tond	eponi	e No	chten) - Re	ferenz	zprob	9								
12	390	10	77	<20	<20	32	9	<40	<7	27	30	22	110	<15	66	<20	<9	28	32	340

Tab. 5
Mineralzusammensetzung ausgewählter Tonhorizonte der Raunoer Folge im Tagebau Nochten in Gew.-%;
Angabe der Minima, Maxima und der Mittelwerte (\bar{x})

	Quarz		Kaolinit			Smectit		Illit		
Referenzprobe	en:									
Nochtener Flaschenton	20,7		71,7			1,0		6,5		
Welzower Flaschenton ¹⁾	32,5		50,5		3	2,1		14,9		
Nochtener Fla	schenton	:								
	Quarz	Plagio- klas	Kalifeld- spat	-Siderit	Pyrit	Anatas	Kaolinit	Smectit	Illit	WL ²
1. Tonhorizont	t 3352 (40)	01 (0)	13 (2)	0	0	01 (1)	2120 (26)	1524 (18)	516 (11)	05 (2)
3. Tonhorizont (\bar{x})	(38)	01 (0)	03 (1)	04 (1)	03 (1)	13 (2)	2260 (45)	012 (6)	05 (4)	05 (2)
4. Tonhorizont	(37)	03 (1)	03 (2)	0	0	13 (2)	3060 (40)	319 (8)	014 (9)	05 (2)
Welzower Flas	chenton									
	Quarz	Feldspa	t Cal		mit, Rut	il, Anatas	Kaolinit	Smectit	Illit, Glim.	WL ²⁾
Ton Proschim	1565 (36)	112 (7	04		02	2	1040 (21)	Sp10 (5)	<530 (9)	535 (20)

¹⁾ Zusätzlich Spuren (< 2 %) einer Illit-Smectit-Wechsellagerung (R=1, 60 % Illit)

²⁾ Nach Schulze (1999): Illit-Smectit-Wechsellagerung sowie teilweise Chlorit-Smectit-Wechsellagerung

Mineralzusammensetzung des Welzower Flaschentones vergleichbar.

Einfluß regional-genetischer und mineralogisch-geochemischer Charakteristika auf bodenökologisch relevante Eigenschaften

Die Dominanz des Kaolinits bestimmt entscheidend die bodenökologischen Eigenschaften der Flaschentone. Kaolinite mit einer Größe von teilweise über 2 µm besitzen lediglich an den äußeren Oberflächen austauschfähige Ionen. Wie bei allen Tonmineralen gehört die Kationenaustauschkapazität zu den charakteristischen Eigenschaften, während das Anionenaustauschvermögen gering ist. Die Kationenaustauschkapazität wird zudem größtenteils von der permanenten Ladung der Schichtsilicate bestimmt. Der pH-Wert (H₂O) liegt zwischen pH 5 im Nochtener und pH 7 im Welzower Flaschenton. In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass Oxisole (Kaolinit) ihren Ladungsnullpunkt, d. h. den Wert mit gleicher Anzahl positiver wie negativer Ladungen (Nettoladung = 0), bei pH 6 haben, während dieser bei den smectitgeprägten Vertisolen bis auf pH 4 abfallen kann (JASMUND & LAGALY 1993). Zu berücksichtigen ist des Weiteren das Versauerungspotenzial kohleführender Tone (Heinkele et al. 1999, WÜSTRICH 2000 a).

Im Welzower Flaschenton sowie im ersten Tonhorizont der Raunoer Folge in Nochten führt ein geringerer Kaolinitanteil zugunsten von Dreischicht- und Wechsellagerungsmineralen zu höheren Nährstoffgehalten, wobei insbesondere im

Welzower Flaschenton hohe Kalziumgehalte vorliegen (Tab. 6). Während der Nochtener Flaschenton an pflanzenverfügbarem Kalzium mit 95 mg /100 g mittlere Werte aufweist, können die Gehalte im Welzower Flaschenton mit 327 mg/100 g als vergleichsweise hoch eingestuft werden. Hingegen sind die Konzentrationen an Kalium, Phosphor und Magnesium, bedingt durch die Dominanz des Kaolinits, in beiden Substraten niedrig. Magnesium liegt vorwiegend in Silicaten vor, wobei sich der Anteil aus dem Gehalt an magnesiumreichen Tonmineralen (Montmorillonit / Smectit insbesondere im Welzower Flaschenton) und Karbonaten ergibt. Kalium liegt im Nochtener Flaschenton mit 12 mg/ 100 g Boden in geringerer Konzentration als im Welzower Flaschenton mit 80 mg/100 g Boden vor. Kaliumgehalte nehmen bei fortschreitender Verwitterung ab, wobei Schacht-SCHABEL et al. (1998) für Smectit und Vermiculit 10 mg /100 g Boden und Kaolinit 0 mg/100 g Boden angeben.

Im Vergleich zu quartären Kippsanden weist der miozäne Lausitzer Flaschenton jedoch höhere Gehalte an Kalzium und teilweise an Kalium auf. Wüstrich (2000 b) ermittelte im Tagebau Nochten für Kipp-Reinsand (quartären Ursprungs, kohlefrei) 23 mg Kalzium /100 g Boden, 41 mg Magnesium / 100 g Boden, 3 mg Phosphor /100 g Boden sowie 15 mg Kalium /100 g Boden.

Werden bodenphysikalische und -mechanische Eigenschaften näher betrachtet, besitzt der Nochtener im Vergleich zum Welzower Flaschenton ebenfalls bodenökologisch relevante Nachteile. Dieser weist aufgrund geringerer Anteile an

<i>Tab.</i> 6	Ausgewählte	Eigenschaften	des	Nochtener und	Welzower	Flaschentons
---------------	-------------	---------------	-----	---------------	----------	--------------

C_{t}	S_t	N_t	pH (H ₂ O)	EC	Pflanzenverfügbare Nährstoffe [mg/100g]			
[%]	[%]	[%]		[µS/cm]	Ca	Mg	P	K
Flasche	nton aus No	chten (4. To	nhorizont, koh	lefrei) - Ref	erenzprob	e		
0,06	0,07	0,06	5,1	55	95	15	4	12
Flasche	nton aus We	lzow (Tonde	eponie Nochter	n) - Referen	zprobe			
0,15	0.10	0.07	6.7	489	327	35	3	80

Quarz sowie an Dreischicht- und Wechsellagerungsmineralen verminderte Quellungs- und Schrumpfungseigenschaften auf. Aufgrund dessen bedingen Verwitterungsprozesse eine erheblich weniger ausgeprägte Lockerung und Bildung von Krümelstrukturen. Hingegen ist dieses Substrat bei Austrocknung durch hohe Eindringwiderstände gekennzeichnet (Wüstrich 2000 b). Stellenweise ist darüber hinaus mit Verfestigungen infolge von Eisenverbindungen und Siderit zu rechnen. Weitere bodenphysikalische und -mechanische Eigenschaften miozäner Flaschentone, so insbesondere die Gefahr der Entstehung sogenannter Minutenböden, wurden vor dem Hintergrund einer forstlichen Rekultivierung von Wüstrich (2000 b) beschrieben. Dies betrifft neben dem Einfluss auf Bodenwasserhaushalt und Luftkapazität vor allem das Problem der Verschlämmungsneigung, die Gefahr der Bildung von Stauwasserflächen und Erosionsrinnen bei Niederschlagsereignissen sowie die Bildung von Rissstrukturen in Trockenperioden (Abb. 2).

Zusammenfassung

Im Tagebau Nochten wird in den nächsten Jahren der Abbau von Flaschenton erfolgen. Hinsichtlich der Korngrößenverteilung und der geochemischen Zusammensetzung sind Nochtener und Welzower Flaschenton nahezu vergleichbar. Hingegen liegen deutliche Abweichungen in der mineralogischen Zusammensetzung vor. Diese sind vermutlich regional-genetischer Natur. Trotz gleicher Korngrößenverteilung und gleicher geochemischer Zusammensetzung müssen daher unterschiedliche bodenökologisch relevante Eigenschaften postuliert werden. So bewirkt im Welzower Flaschenton die Verschiebung des Tonmineralanteils von Kaolinit zugunsten von Dreischicht- und Wechsellagerungsmineralen eine Veränderung in der Verfügbarkeit von Nährstoffen. Bei gleichem CaO-Gehalt ist der Anteil an pflanzenverfügbarem Kalzium somit um das 3,4 -fache höher.



Abb. 2 Trockenrisse auf einer forstlichen Rekultivierungsfläche im Tagebau Nochten; Substrat: Kipp-Gemenge aus Nochtener Flaschenton und kohlefreiem Sand quartären Ursprungs

Summary

In the Lusatian mining district Miocene clays (Flaschenton) will be mined within the next years related to large scale open-cast mining activities. With regard to the grain size distribution and the geochemical composition, the clay of Nochten and the clay of Welzow are almost comparable. On the other hand, clear differences are shown in mineralogical composition. These are traced back presumably to regional-genetic differences. In spite of same grain size distribution and same geochemical composition, different soil-ecology qualities are ascertainable. The clay of Welzow is characterized by lower content of kaolinite and higher content of three-layer minerals and mixed layer minerals. This is the reason for modifications in availability of nutrients. Therefore, the content of plant-available calcium is 3.4 -times higher in clay of Welzow at same CaO-content.

Literatur

- Anke, S. & M. Knuth (1982): Gewinnung einheimischer Rohstoffe aus dem Deckgebirge des Braunkohle-Tagebaus Klettwitz. Z. f. angew. Geologie 28, 12, S. 600-604, Berlin
- Heinkele, Th., Neumann, C., Rumpel, C., Strzyszcz, Z., Kögel-Knabner, I. & R. F. Hüttl (1999): Zur Pedogenese pyrit- und kohlehaltiger Kippsubstrate im Lausitzer Braunkohlerevier. - In: Hüttl, R. F., Klem, D. & E. Weber: Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften - Das Beispiel des Lausitzer Braunkohlereviers, S. 25 - 44, Berlin (de Gruyter)
- JASMUND, K. & G. LAGALY (Hrsg.) (1993): Tonminerale und Tone - Struktur, Eigenschaften, Anwendungen und Einsatz in Industrie und Umwelt. - 490 S., Darmstadt (Steinkopff)
- KLINGBEIL, J., SONNTAG, V., GAILUS, D. & J. VETTE (1999): Studie zum Kulturwert der Deckgebirgsschichten des Tagebaus Nochten. 59 S., Halle (unveröff.)
- Kurze, R. (1993): Geologie Flaschenton, Welzow-Süd Ergebnisbericht, Lausitzer Braunkohle Aktiengesellschaft. 8 S., Senftenberg

- LASCH, G. (1973): Geochemisch-mineralogische Untersuchungen an tertiären Tonen der Lausitz. Freiberger Forsch. H. C 290, 76 S., Freiberg
- LEHMANN, H. (1990): Ton Proschim II (Flaschenton) Bericht zur labortechnischen Untersuchung zum Erkundungsvorhaben Welzow-Süd. 27 S., Dresden (unveröff.)
- MEIER, J., SCHÜPPEL, D., HORTENBACH, R. & G. RUDOLPH (1991): Braunkohle Nochten-Ost II, Bericht, Ton Nochten-Ost II 1991. - 58 S., Freiberg (unveröff.)
- Nowel, W., Bönisch, W., Schneider, W. & H. Schulze (1994): Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers. - 102 S., Senftenberg (Starke & Sachse)
- RADKE, H. (1963): Geologisch-lagerstättenkundliche Ergebnisse aus dem Raum der östlichen Lausitz. Z. f. angew. Geologie 9, S. 482-486, Berlin
- Schulze, H. (1999): Flaschenton Welzow-Süd und Nochten im Vergleich der chemisch-mineralogischen und keramischen Grunddaten; Arbeitsbericht, 10 S., (unveröff.)
- Thun, R. (1955): Die Untersuchung von Böden. 3. Aufl., Berlin (Neumann)
- WÜSTRICH, D. (2000a): Einfluß humoser Decksubstrate auf sandige Kippenböden am Beispiel der Bergbaufolgelandschaft Reichwalde. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung 13, 141 S., Cottbus
- WÜSTRICH, D. (2000b): Untersuchungen zur Rekultivierung auf stark tonigen Kippsubstraten des Tagebaus Nochten. - Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung 14, S. 35 - 76, Cottbus

Anschrift der Autoren:

Dr.-Ing. Diana Wüstrich Ingenieurbüro Berlin Brandenburg (IBB) Rüdnitzer Zeile 24 13509 Berlin

Dr. H. Fischer Prof. Dr. R. F. Hüttl Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung Brandenburgische Technische Universität Cottbus PSF 101344 03013 Cottbus

LANDESAMT

Jubiläen

Ihren 60. Geburtstag begingen folgende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Frau Jutta Scholz (11. 07. 2001) Mitarbeiterin im Dezernat Rohstoffgeologie

Herr Dieter Hiepka (23. 08. 2001) Mitarbeiter im Dezernat Rohstoffgeologie, RB Cottbus

Frau Ursula Stracke (28. 05. 2002) Mitarbeiterin im Dezernat Archive/Bibliothek/Vertrieb, RB Cottbus

Herr Dr. Hans Ulrich Thieke (01, 07, 2002) Dezernatsleiter Sedimentuntersuchungen (Ehrenkolloquium am 04, 07, 2002)

Frau Anka Kratsch (29. 08. 2002) Mitarbeiterin im Dezernat Sanierungsgeologie, RB Frankfurt (Oder)

Seinen 70. Geburtstag beging unser ehemaliger Mitarbeiter (Dezernatsleiter Umweltgeologie) Dr. Martin Hannemann (18. 07. 2002)

Dr. habil. A. O. Ludwig ein Weggefährte unseres 1. Direktors Herrn Dr. habil. G. Schwab feierte am 09.05.2002 seinen 75. Geburtstag

Karl Friedrich von Klöden, ein brandenburgischer Geowissenschaftler

WALTER SCHIRRMEISTER

1. Einleitung

Karl Friedrich von Klöden (21.5.1786 - 9.1.1856), im folgenden KFK genannt, war ein brandenburgischer Geowissenschaftler, Historiker, Lehrer und Schulreformer. Der moderne Begriff "Geowissenschaftler" charakterisiert hervorragend seine Tätigkeit. Er war einer der »vorzüglichsten Kartographen« seiner Zeit (1815), begründete die Wetterbeobachtungen in Potsdam (1821), schrieb über die » Grundlinien zu einer neuen Theorie der Erdgestaltung …« (1824), beschrieb die Geologie Brandenburgs, arbeitete als Paläontologe, Stratigraph (1830-1837), schrieb über Natursteine und ihre Verwendung, entdeckte die ersten Braunkohlenlagerstätten Brandenburgs und veröffentlichte über Astronomie (1832-51) und Höhenmessung (1831).



Abb. 1 Dr. h. c. Karl Friedrich von Klöden nach einem Gemälde von Kalchbrenner

Seine großen Aktivitäten fallen in die Zeit von der napoleonischen Besetzung bis zum Tode 1856. In der biographischen Literatur werden seine Leistungen sporadisch gewürdigt. Grundlage sind immer seine »Lebenserinnerungen«, die er

für die ersten 38 Lebensjahre aufgeschrieben und die sein Enkel 1874, mit Ergänzungen versehen, herausgegeben hat. Alle späteren Neuauflagen sind mehr oder weniger gekürzte Auszüge. Die ausführliche Biographie ist in [15] beschrieben worden.

Von seinen zahlreichen Veröffentlichungen sind 14 historische und 36 topographische Karten sowie 27 astronomische, 27 geowissenschaftliche, 16 sonstige naturwissenschaftliche, 38 historische, 16 pädagogische Arbeiten und 5 Biographien derzeit nachweis- und nachlesbar.

2. Geowissenschaften

2.1 Kartographie

Die kartographischen Arbeiten beginnen 1811 mit Korrekturen der sich schnell ändernden politischen Grenzen an Übersichtskarten von Reimann und aktuellen Ergänzungen an Karten des verstorbenen Jäck. Allerdings versucht er sich bereits an einem methodischen Problem, der Darstellung der Höhenverhältnisse eines Gebirges durch Längs- und Querprofile. Ebenfalls 1811 bearbeitete er für die römische Geschichte von Niebuhr zwei historische Italienkarten {L2}, {L3}. Dieser erwähnt ihn lobend im Vorwort des Buches und KFK erzielt dadurch seinen Anerkennung als Kartograph. Hauptbeschäftigung der nächsten Jahre war die Fortsetzung der Gotthold'schen Karte von Europa, eine Arbeit, die sich bis zum Jahr 1815 hinzog. Bei der Bearbeitung des nordwestlichsten Blattes beschäftigte sich KFK auch mit den hypothetischen Inseln und Klippen im Atlantik. Das Resultat seiner Untersuchungen stellte er in dieser Karte dar. »Später habe ich diese Untersuchungen in einer Sitzung der geographischen Gesellschaft zu Berlin vorgelesen, zu welcher Herr Leopold v. Buch noch den Nachtrag gab, daß an der von mir erwähnten Felsklippe Rokoll¹ westlich von Irland in der Tat in neuerer Zeit ein Schiff gescheitert und daß er selber auf diesem Felsen gewesen sei, der aus Diorit bestehe«.

Es muss angemerkt werden, dass noch im Verkaufskatalog der Firma Schropp von 1848 [1] drei "Wegekarten" von KFK enthalten waren.

2.2 Geologie

KFK war Autodidakt in der Kartographie; doch »allein das Studium der Gebirge nach Büchern zeigte mir, daß ich geognostische Kenntnisse zu erwerben suchen müsse. Diese aber waren wieder nicht ohne Kenntnis der Mineralogie zu erlangen, und mein Hauptaugenmerk war jetzt auf letztere gerichtet«.

Ab 1813 belegte er deshalb Vorlesungen bei Samuel C. Weiß als Externer. Ab 1814 studierte er mit großem Einsatz, neben seiner Tätigkeit als Kartograph und Lehrer, bis 1817 an der Berliner Universität. Bei Weiß hörte er »*Mineralogie, Kristal*-

lographie, Geognosie und philosophische Naturlehre, bei Tourte Physik und Chemie, bei Ermann ein Kolloquium über Licht und Wärme und bei Zeune Geographie«.

Für KFKs praxisbezogenes Denken schon in seiner geognostischen Anfangszeit ist diese Anekdote typisch:

»Professor Weiß wünschte sehr eine recht genaue Bestimmung der Winkel des Bergkristalls, und fragte mich, ob ich eine bessere Methode als die vermittels des gewöhnlichen Goniometers vorzuschlagen wüßte. Das Wollastonsche Reflexionsgoniometer war hier noch nicht bekannt². Ich glaubte, die Sache müsse durch den Spiegelsextanten möglich sein, und suchte mir zu Hause eine Methode auf, ... Ich erhielt so eine Reihe nahe übereinstimmender Winkel, und Weiß war mit dem Resultate sehr zufrieden.«

2.2.1 Geologisch kosmologische Grundlagen

KFK konnte neben seiner Lehrtätigkeit die Zeit aufbringen, ein grundlegendes Buch von 383 Seiten, die "Grundlinien zu einer neuen Theorie der Erdgestaltung, in astronomischer, geognostischer, geographischer und physikalischer Hinsicht" {L7} zu schreiben, für das er vom König die "Grosse goldene Medaille für Wissenschaft" erhielt, eine sehr seltene und sehr hohe Auszeichnung, auf die er noch Jahrzehnte später stolz war. Das Buch hatte aber in Wissenschaftlerkreisen kaum Resonanz. Schon 1829 ließ er es, deutlich umfangreicher in zweiter Auflage {L9} erscheinen. Während die erste Auflage noch streng neptunistisch war, fügt er in die zweite plutonistische Ergänzungen ein. Am Schluss stellt er lapidar fest:

»Nach den neuesten Forschungen bleibt es ungewiß, ob die Erde in ihrem ursprünglichen Zustande in Wasser aufgelöst war, oder ob sie nicht vielmehr als eine durch Wärme geschmolzene metallische Masse gewesen ist. Das Letztere ist wahrscheinlicher. «³ Im Wernerschen Sinne wird in dem Buch aber "Geologie" getrieben, denn KFK handelt spekulativ das gesamte Spektrum von den Planeten und Kometen, über Erdform und Schichtenfolge bis zur Herkunft »der menschlichen Race« ab.

2.2.2 Definitionen

Historisch interessant sind auch seine Definitionen, z. B.: »Ein Thon, der theils durch Sand, theils durch Mergel oder vielmehr Kalkerde sich nicht mehr im Zustande der Reinheit befindet wird in der Mark Lehm, in anderen Gegenden wohl auch Leimen genannt«.

Den erfahrenen Lehrer aus der "Erwachsenenbildung" erkennt man, wenn er versucht, mit einfachen Beispielen und Vergleichen Gefüge und Textur zu erklären:

Ungleichartige Gesteine sind »aus einer Menge eckiger Körner zusammengesetzt. Sie liegen ähnlich zusammen, wie die Theile einer Schlackwurst«

oder:

»Im körnigen Kalk sind die Körner verbunden wie weißer [Hut-] Zucker«.

oder:

»...ein grünlich- oder gelblichweißes Gestein vom Aussehen wie weiße Seife ist Diorit oder Grünstein«.

Er definiert aber auch, ohne diesen Begriff schon zu nennen, ein Handstück:

»Die Untersuchungen sollen an einzelnen Bruchstücken vorgenommen werden, etwa 4-6 Zoll (10-15 cm) lang. Die Breite

und Dicke ist beliebig. Die Stücke sollten eckig sein und einen frischen Bruch haben. «

2.2.3 Sedimentologie

Seine petrographische Systematik entstammt hauptsächlich "v. Leonhardts Beschreibung der Fels-Arten" (KFK sagt hier noch Fels, dann aber immer Gestein, schließlich auch «Lose Gesteine»). Anmerkenswert ist, dass zu der Zeit nicht verdünnte Salzsäure, sondern "Scheidewasser", d. h. Salpetersäure zum Karbonatnachweis benutzt wurde.

Während der Arbeit an den Beiträgen zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg wurden Großgeschiebe aus den Rauenschen Bergen für "Kunst am Bau" aufgearbeitet. Schon 1830 schreibt KFK einen langen Artikel "Über die Gesteinsart der großen Berliner Granitschale" {L11} in der "königlich priviligirten Berlinischen Zeitung von Staats- und gelehrten Sachen" (Vossische Zeitung Nr. 128 v. 5. Juni). An dieser Stelle erwähnt er auch das dritte Großgeschiebe in den Rauenschen Bergen. Den Text dieses Artikels wiederholt er in wesentlichen Zügen im 5ten Stück (1832) seiner "Beiträge".

Die Genauigkeit der Klödenschen Gesteinsansprache wird deutlich, wenn man sie mit der von Zwenger [16] vergleicht (Tab. 1).

2.2.4 Quartärgeologie

Klödens Beiträge zur "Quartärgeologie" beginnen mit Zitaten, die seine überraschenden Einblicke in die Geologie zeigen.

»Die Fundorte der Gesteingeschiebe reichen in langen Bögen von England her«.{L10}

»[In den brandenburgischen Geschieben]...ist Turmalin in den Graniten vorhanden. Er fehlt in allen polnischen, preußischen⁵ und litthauischen Geschieben.... mdl. Mitteilung von Prof. Pusch.... er fand aus Vergleichungen der Geschiebe, welche die Sammlung der Gewerbeschule enthielt, mit jenen erwähnten, dass die Geschiebe der Mark mit schwedischen Gesteinsarten, die meiste Ähnlichkeit haben, während die Geschiebe Polens, Preußens und Litthauens finnischen Gebirgsarten gleichen....« {L10}

»Man muß notwendigerweise annehmen, dass die mit nordischen Gesteinstrümmern beladenen Eisschollen gen Süden geschwommen sind, ja man ist genöthigt, anzunehmen, dass sie sich fächerförmig verbreitet haben, und auf der östlichen Seite nach Südost und auf der westlichen Seite nach Südwest geschwommen sind«.{L13}

Mit der ersten Feststellung erkannte er die bogenförmige Struktur der noch nicht bekannten Eisrandlagen in der norddeutschen Tiefebene; leider gab er die Quelle seiner Kenntnisse nicht preis – Keferstein und Buch können es nicht sein.

Die letzte Erkenntnis stimmt mit den aktuellen Ansichten über die Richtung der Eisströme im Pleistozän überein.

In "Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, in Sonderheit diejenigen, welche sich in den Rollsteinen und Blöcken der südbaltischen Ebene finden"{L13} schrieb er unter anderem

»Zu läugnen ist es nicht, dass ein großer Theil der plutonischen Felsarten, aus welchen die Geschiebe der südbaltischen

Tab. 1 Vergleich der Beschreibung der "Großen Granitschale" von Klöden und Zwenger

		Klöden (1830)	Zwenger (2000)		
Gei	füge	Das Gestein ist ein großkörniger Granit, der zum Theil gneisartig gebildet ist, was auf den großen Bruchstücken des Blockes besonders gut zu erkennen war, durch die großen eingemengten Krystalle aber zum Theil porphyrartig wird.	Es handelt sich dabei um einen grobkörnigen Granit. Se porphyrische Struktur wird geprägt von bis zu 6 cm lan und 2 cm breiten Kalifeldspaten. Sie nehmen ca. 60 70 Vol -% des Gesteines ein, wodurch eine rötli Grundfarbe hervorgerufen wird.		
Qu	arz	Quarz hat eine blassnelkenbraune Farbe, Glasglanz, und ist ziemlich durchsichtig. Er tritt gegen den Feldspat nur untergeordnet auf und bildet keine großen Partien	Quarze beobachtet man als weißgraue bis blassviolette unregelmäßige Körnchen mit 1-3 mm Durchmesser. Sie sind mit 10-14 Vol-% am Gesteinsaufbau beteiligt.		
Feldspat Plagioklas	Mikroklin, rot	Die eine hier vorherrschende Art ist durchgängig kristally- nisch und rein ausgeschieden, von blaßfleischrother Farbe und gewöhnlichem Perlmutterglanze. Außer bloß krystallini- schem, die Theile verbindenden Feldspate, finden sich in Menge ausgebildete, aber mit der Masse fest verwachsene Krystalle, welche überwiegend Zwillingskrystalle sind Ihre Größe ist selten unter einem Zoll, oft aber von 3 " Länge und 1 ½" Dicke	Seine porphyrische Struktur wird geprägt von bis zu 6 cm langen und 2 cm breiten Kalifeldspaten. Dabei handelt es sich um rosa bis hellrote Mikroklinkristalle mit häufigen Zwillingsbildungen nach dem Karlsbader Gesetz. Sie nehmen ca. 60 bis 70 Vol-% des Gesteines ein, wodurch eine rötliche Grundfarbe hervorgerufen wird. Die idiomorph ausgebildeten Mikroklinkristalle zeigen im mikroskopischen Bild die typische Zwillingsgitterung.		
Fel	Mikroklin, weiß	Weit untergeordnet findet sichein zweiter Feldspatein, und vorzugsweise in der Nähe des Glimmers, von spargelgrüner Farbe und weniger blättrigem Gefüge, der sehr wahrscheinlich dem sogenannten Natron-Spodumen ⁴ angehört.	Weißgrüne Plagioklaskristalle nehmen 9-11 Vol-% ein.		
	Albit		Albit, der mit wurmförmigen, undulös auslöschender Quarzen verwachsen ist (Myrmekit)		
Bio	otit	Der Glimmer ist dunkelnelkenbraun, fast schwarz, erscheint in dünnen Partien und drängt sich oft flaserig in breiten wellenförmig gebogenen Platten ein, wodurch ein gneisartiges Ansehen im Großen entsteht. In einzelnen Stellen wird der Glimmer vorherrschend und drängt alle anderen Bestandtheile zurück.	Die Matrix enthält außerdem gut erkennbare Biotitkristalle (zusammen mit Hornblende 7-8 Vol-%). Ihre lagenweise Anordnung ist möglicherweise der Anlass für die Ansprache als gneisartiger Granit bzw. Gneis durch einige Autoren		
Amphibole, Pyroxene			Hornblende zusammen mit Biotitkristallen 7-8 Vol-%.		
Pyrit		An der Grenze des Glimmers mit den übrigen Graniten zeigt sich Eisenkies, höchstens von der Größe einer Erbse eingesprengt, Doch erscheint er hier und da auch an anderen Stellen			
Mag		in größeren oder kleineren Körnern, im Ganzen aber seltener als jener (Schwefelkies)	akzessorische Mineralien		
Tita			akzessorische Mineralien		
An	atit		akzessorische Mineralien		

Ebene hauptsächlich bestehen, eine grosse Ähnlichkeit mit nordischen Gebirgsarten hat, und dass sich Einschlüsse darin finden, welche, soweit unser Kenntnisstand reicht, nur in den Gesteinen der skandinavischen Halbinsel vorkommen.

Man wird deshalb die Geschiebe der südbaltischen Ebene nur dann aus Schweden ableiten können, wenn man zugleich annimmt dass:

nur ein Theil der Geschiebe von daher, ein anderer aber von anderswoher zu uns gelangt sei, oder

dass ganze Lager und Formationen in Schweden zerstört, und in den südbaltischen Gegenden abgesetzt worden sind, welche eben deshalb dort nicht mehr gefunden werden«.

Er stellte weiterhin fest, dass die Geschiebe nicht so abgerundet sind, wie sie es im Wasser sein sollten und fasste seine Erkenntnis dann zusammen:

»So zeigt sich durch meine Arbeit mit Entschiedenheit, dass das Phänomen der Geschiebe und Blöcke in der südbaltischen Ebene nicht durch einen einfachen Vorgang zu erklären ist, und dass viel complicirtere Ursachen und Kräfte dabei mitgewirkt haben müssen, als man bisher glaubte. Mit eben so grosser Evidenz ergiebt sich, dass wir von der Lösung des Problems weiter entfernt sind als zu vermuten ist, und dass anscheinend der Schlüssel zu dem großen Rätsel noch nicht gefunden ist, welches unerforschter dasteht als jemals«.

Das ist auch kein Wunder, denn erst 1841 erschien Agassiz'

"Untersuchungen über die Gletscher", die KFKs Sohn Gustav-Adolph im gleichen Jahr vor der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin referierte. Er schreibt unter andern: "Die meisten Phänomene, welche großen Diluvialströmungen zugeschrieben werden, …, sind ohne Zweifel vom Eis hervorgebracht. … aber … so hat doch Herrn von Buchs Ansicht über den Grund der erwähnten Phänomene, bei seiner genauen Kenntnis der schweizerischen Localitäten und namentlich der Verteilung der Blöcke und deren Beziehung zu dem Urgebirge ein zu großes Gewicht, als dass sie durch die Meinung der genannten Forscher (Studer, Buckland, Lyell) beseitigt erscheinen könnte«.

2.2.5 Praktische Gesteinskunde

Während "die Erdgestaltung" vom Inhalt rein "geologisch" ist und nur noch naturhistorischen Wert hat, sind die folgenden "geognostischen" Arbeiten in den nach KFK folgenden Jahrzehnten von praktischem Interesse gewesen. Die Feldarbeiten dazu wurden jahrelang in "Frühjahrsfahrten" durchgeführt. Dabei bildete sich eine enge mineralogische Zusammenarbeit mit Wöhler heraus, der in diesem Zusammenhang 1825 an Berzelius schrieb:

»Mit dem Direktor der Anstalt, Herrn Klöden, stehe ich in

recht gutem Verhältnis. Er beschäftigt sich etwas mit Mineralogie und interessiert sich vorzüglich auch für die Geschiebe, deren Zahl hier, wie Sie sich vielleicht erinnern, Legion ist. Er hat viel hinsichtlich der darin vorkommenden Mineralien gesammelt, aber die interessantesten nicht erkannt. Er hat sich nun zu dieser Untersuchung mit mir verbunden.«

Die Ergebnisse sind in "Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg" {L8} niedergelegt, die, wie viele seiner weiteren Arbeiten als Beilage zum "Programm der städtischen Gewerbeschule" erschienen. Einer Artikelserie in Crelles Journal für die Baukunst gab er den Titel: "Anleitung zur Kenntnis der wichtigsten natürlichen Bausteine und ihrer Anwendung: Für Architekten, die früher keinen Unterricht in Mineralogie genossen haben" {L12} und schreibt einleitend:

»Um so mehr ist es zu bedauern, dass es dem Architekten früher fast ganz und zu Theil auch noch jetzt noch nur schwer möglich war, sich die erforderlichen mineralogischen Kenntnisse zu erwerben. Die Gelegenheiten dazu sind selten, und ohne eine solche ist ein Studium schwierig und kostbar [kostenaufwendig], fordert auch, wenn es in ganzer Ausdehnung betrieben werden soll, weit mehr Zeit als ein Meister darauf verwenden könnte.«

Diese Veröffentlichung ist sowohl ein Bestimmungsbuch für Gesteine, als auch ein technologisches Handbuch für die Verwendung der Natursteine. Dafür sollen zwei Beispiele stehen: Gesteinsansprache

- Lithographischer Stein: wie vorher, aber in geraden Platten mit vielen pflanzlichen und tierischen Versteinerungen.
- Muschelkalk: feinsplittrig, muschlig im Bruch, gelblich grau bis weiß

Verwendung

- Körniges Quarzgestein: ungeschichtet, häufig bankig (5-7°), zerklüftet. Verbindet sich gut mit Kalk, deshalb gut im Grundbau einsetzbar, auch Mühlsteine
- Körniger Kalk: geklüftet, gebankt, massig. Massig = Marmor (nur Marmor mit körnigem Gefüge). In Deutschland: Crottendorf bei Schwarzenberg; Grünhay, fast wie Carrara; Gr. Kunzendorf in Schlesien.

2.2.6 Lagerstättenkunde

KFK ist der Entdecker der märkischen Braunkohlenlagerstätten, sowohl der in den Rauenschen Bergen, die ab 1841 erkundet wurden – die ersten Mutungsfelder trugen die Namen Klöden und Karl Friedrich – , als auch der Oberflözlagerstätten in der Niederlausitz [6], in der »...Nähe von Senftenberg, ...auf der Gebirgsfläche bei Klettwitz, Särchen, Saalhausen, Wormlage. etc., unter welchen sich ein Lager von bituminösen Holze befindlich ist, dessen Ausgehendes sich an mehreren, am Abhange der Bergfläche entspringenden Schluchten zeigt,...«

Er gab erste Untersuchungen dieser Kohle wieder, wobei er wohl Lignitstücke untersucht hat, wie aus der angegebenen Dichte hervorgeht:

100 Kubikzoll (1,789 l) trockner bituminöser Holzerde, 23 ½ Loth (343 g) wiegend (Dichte 192 kg·m³), gaben:

 11 Kubikfuβ 961 Kubikzoll (357,26 l)
 Wasserstoff

 14 Loth (204 g)
 Kohlenstoff

 3,750 Loth (55 g)
 Asche (16%)

100 Kubikzoll (1,789 l) nasser bituminöser Holzerde, 17,750 Loth (259 g) wiegend (Dichte 145 kg·m³), gaben:

8 Kubikfuß 1251 Kubikzoll (269,71 1) Wasserstoff 18,535 Loth (271 g) Kohlenstoff 4,964 Loth (72 g) Asche (28%) KFK stellte den bereits zu seinen Zeiten historischen Bergbau auf weitere Rohstoffe in den meist quartären Stauchungszonen dar, wie den Abbau von Alaunton und Sandstein. Bei dem erwähnten Sandstein »...zwischen Falkenberg und Cöthen«⁶ handelt es sich um silifizierte miozäne Sande [5]. Sicher sind diese Gesteine schon im 12. Jh. zum Bau des "Stolper Grütztopps", wahrscheinlich auch 1721-22 beim Wiederaufbau der "Berliner Garnisonskirche" und beim Schleusenbau des Finowkanals im 18. Jh. benutzt worden.

2.2.7 Stratigraphie und Paläontologie

1833 machte er mit seiner Familie eine Ferienreise an die Ostsee, beschrieb und untersuchte dort die Kalkschollen im Pleistozän bei Divenow (Dziwnów), die damals abgebaut wurden und ordnete sie dem oberen Jura (Malm) zu. Dazu Deecke: "Die ersten Angaben über das Auftreten der Juraformation in Pommern gehen auf Klöden zurück, der 1834 das Kalklager von Fritzow als oberen Jura erkannte und F. A. Roemer die Versteinerungen zur Bearbeitung übergab". Die Fossilien wurden von Römer bearbeitet, wobei dieser mindestens 8 neue Formen fand. Eine, als Isocardia conuta bezeichnete Muschel geht auf Klöden zurück.

Ebenso geht die Zuordnung des »Rüdersdorfer Kalkgebirges« zum Muschelkalk auf ihn zurück.

Bleibend mit KFK verbunden ist die Bezeichnung Stylolithes sulcatus (das bedeutet etwa "gefurchter Säulenstein"), die er, wenn auch nur nach der äußeren Form und mit Einschränkungen

»nämlich [für] die Abdrücke eines "gallert-artigen Thieres" (insbesondere einer Qualle), deren im weichen Kalkschlamm eingebetteter Hautsack als zylinderförmiger Steinkern erhalten geblieben sei.« hielt. Gleichzeitig räumte KFK ein, er habe diesen Begriff »nur nach der äußeren Form nicht aber aus einer Hypothese über dieselbe« gewählt. Für die jetzt als Drucklösungserscheinung gedeutete Struktur blieb der Name erhalten.

Mit der Bearbeitung der Silurgeschiebe der ehemaligen Klödenschen Sammlung in der Geologischen Landesanstalt ist offensichtlich das häufige Auftreten des Wortteils "kloeden" in der Systematik der Ostrakoden verbunden (Kloedenia, Cornikloedenia, Kloedenella, Eukloedenella usw.).

2.2.8 Hydrogeologie

Die hydrogeologischen Arbeiten konzentrierten sich auf die Erfassung der Salz- und Mineralquellen aus der vorhandenen Literatur und aus den Archivakten. Sie begannen schon bald nach seinem Amtsantritt in Potsdam 1818.

»Ein Einwohner der Berliner Vorstadt bei Potsdam, ein ehemaliger Kaufmann, hatte auf seinem Grundstück an der Havel einen Brunnen und in diesem ein unangenehm riechendes und schmeckendes Wasser gefunden. ... Er brachte mir eine Flasche desselben und bat mich, es zu untersuchen, denn ich war nun einmal in den Augen vieler der Naturkundige Potsdams. «

Als Ergebnis Klödens persönlichen Einsatzes

»... bewilligte der König die Baugelder zur ersten Einrichtung des Bades und erteilte ihr die Benennung des "Potsdamer Brunnens"«.

Dieser Brunnen wurde etwa von 1821 bis zum Jahr 1828 genutzt.

...Die ganze Sache war, übrigens von mir betrieben worden,

auch alle Schreiben an die Behörden, an den König, wie die Bekanntmachungen habe ich gefertigt. Eingebracht hat sie mir zwei Metzen Kirschen. «

Diese Mineralquelle lag nach Klödens Angaben am Tiefen See, etwa auf halben Weg zwischen der Glienicker Brücke und dem »Thor« (wahrscheinlich "Kellertor", das ist die Mündung des Stadtkanals in die Havel), ca. 35 m vom Ufer entfernt. Heute müssen wir den Punkt etwa in Höhe der Einmündung der Helmholtzstraße in die Berliner Strasse suchen. Die Berlin-Brandenburger Hydrogeologen der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts haben, wie Schliemann mit dem "Homer", mit dem "Klöden" in der Hand die Salzwasseraustritte kartiert. Sie bauten auf eine Reihe von Erfahrungsträgern auf, in der Klöden der Zentralpunkt war und die über Ascherson [2] bis Müller-Stoll [11] ging, so wie KFK auf Bekmann [3] Oeynhausen [12] und Osann [13] zurückgriff. KFK beschrieb oder erwähnte die meisten Gebiete mit Salzwasserquellen. Das sind: Beelitz (Salzbrunn), Brandenburg, Uetz, Saarmund, Tremsdorf, Schiaß, Trebbin, Pessin, Selbelang, Brädikow, Biesenbrow, Greiffenberg, Storkow, und außerhalb Brandenburgs: Koblentz, Staw bei Mysliborz/Polen.

Interessant sind Klödens Schlussfolgerungen zu den Salzwasseraustritten:

- Die Salzquellen umgeben »das ältere Flözgebirge der Mark in größerer oder geringerer Entfernung in einem länglichem Kreise«.
- Man kann Salzstellen unterscheiden, die dem Tertiär und die der älteren Flözformation (dem Mesozoikum) angehören; vielleicht auch der Diluvialformation, letztere wahrscheinlich nur am Meer.

Klödens Auffassung, die Salzquellen dem älteren Flözgebirge, also dem Mesozoikum und oberen Paläozoikum zuzuordnen erscheint logisch; er liegt in seiner Auffassung dicht bei Deecke, der sie in seiner Geologie von Pommern (1907) dem Zechstein zuordnet und sie auf Störungen aufdringen lässt. Darum ordnete KFK sie um Rüdersdorf an. Man muss sich natürlich fragen, warum er Sperenberg nicht in Betracht gezogen hat

KFK zählte eine ganze Reihe von Mineralquellen auf. Meist zeichnen sie sich durch einen höheren Eisengehalt aus und liegen dementsprechend meist in Gebieten mit aufgestauchten tertiären Braunkohlen. Es sind in alphabetischer Reihenfolge: Bentwisch, Berlin - Charlottenburg, Berlin - Gesundbrunnen, Blumberg, Bukow, Eberswalde, Frankfurt/Oder, Freienwalde, Fürstenwalde, Gerswalde, Guben, Hennickendorf, Kabel, Katerbow, Lebus, Lübben, Oderberg, Prenzlau, Puttlitz, Storkow, Werben, Wusterhausen/Dosse, Ziesar.

KFK fasst das Kapitel Mineralwasser zusammen:

»Man darf eben ... bei allen diesen Quellen nicht auf eine nie wechselnde Beständigkeit der Bestandteile rechnen. Sie werden sich bald reicher bald ärmer an denselben zeigen, und es ist möglich daß es für jede von ihnen, wenigstens innerhalb eines gewissen Zeitraums, ein Maximum und Minimum geben wird. In Gleißen wie in Freienwalde haben Quellen, die früher nur gewöhnliches Wasser gaben, später eisenhaltiges geliefert«.

Mit dem siebzehnten Jahrhundert oder vielmehr mit dem dreißigjährigen Kriege, sind die Salzbrunnen aufgegeben; es bricht nach ihnen eine neue Zeit an, und mit ihr erscheinen Mineralbrunnen, die Gnadenbilder der neuen Zeit, und zahlreiche Wallfahrten zu ihnen, die bis heut zu Tage fortdauern.

KFK hat seine Kenntnisse bekanntlich durch ein intensives

Aktenstudium erworben. Es ist auch kaum anzunehmen, dass ihm etwas Wesentliches entgangen ist. Turnheißer wies aber 1572 auf eine heiße Quelle in Zootzen bei Friesack hin; und auch in den Ortsakten von Zootzen sei zu lesen [10]:

»Um den Wald gehet ein Moos, aus dem so starke minerische Dämpfe gehen, dass auch die Menschen davon krank werden und nicht essen mögen. Es mag auch über ganzen Tag kein Mensch ohn Ohnmacht der enden ... bleiben, ob er gleich Speis und Trank genug hat. Es muß ein grausam Bergwerk der enden vorhanden sein, vieler Anzeigung halben. Wann aber und welchen Gott die Gnad geben wird, der es öffnet, stehet zu der ewigen Weisheit«.

Vielleicht hat er nichts über die "Thermalquelle" bei Zootzen geschrieben, weil sie ihm unwahrscheinlich vorkam.

2.3 Die Sammlungen

KFK hat schon etwa 1812 mit dem Aufsammeln von Brandenburger Geschieben begonnen. Diese "Mineralien"-Sammlung vergrößerte er bis zum Jahr 1824. Als er dann Direktor der Gewerbeschule wurde, verboten die Einstellungsbedingungen "des öffentlichen Dienstes" unter anderem auch den Besitz von Sammlungen.

In späteren Jahren hat er sich im Zusammenhang mit seinen regionalen geologischen Arbeiten und seinen Reisen in Mitteleuropa und Italien wieder Sammlungen, eine Fossiliensammlung mit Geschieben der Mark Brandenburg und eine »Mineraliensammlung«, angelegt. Nach seinem Ausscheiden aus der Gewerbeschule im Jahr 1855 und seinem Umzug in eine kleinere Wohnung musste er seine Sammlungen drastisch reduzieren. Die Sammlung »der Versteinerungen aus der Diluvialformation der Mark Brandenburg« erwarb das preußische Handelsministerium, von wo aus sie an die Preußische Geologische Landesanstalt gelangte. Die Mineraliensammlung war schon vorher der Gewerbeschule übereignet worden; damit verliert sich ihre Spur.

Zum hundertsten Geburtstag von KFK stellte Berendt fest: "Die Klöden'sche Sammlung von Versteinerungen aus märkischen Geschieben bildet noch heute nicht nur ein wichtiges Glied in dem reichen Sammlungsschatze der Königlichen Geologischen Landesanstalt, in deren Besitz sie übergegangen ist, sie birgt auch so manches seltene Stück, deswegen nicht nur der Geognost, sondern auch insbesondere der Paläontologe immer wieder auf diese Sammlung zurückzukommen genötigt ist, so dass auch sie ein dauerndes Andenken an Klöden bleiben wird [4]."

Im Hause der PGLA in der Invalidenstraße 44 verblieb die Sammlung bis etwa 1950. Etwa mit Gründung der Staatlichen Geologischen Kommission 1950 wurden Sammlungsteile ausgesondert, die "für die geologische Erkundung in der DDR ohne Bedeutung" waren. Dazu gehörte auch die "Klöden-Sammlung". Sie wurde dem Museum für Naturkunde übergeben und in der Folgezeit in die Hauptsammlung eingearbeitet. Später wurden Teile davon neu zusammengestellt, so dass heute im Museum eine Vitrine mit Fundstücken existiert, die KFK zugeschrieben werden.

2.4 Meteorologie

KFK wurde von der preußischen Regierung 1821 mit meteorologischen Beobachtungen beauftragt {L6}. Sie wurden mit eigenen Geräten »namentlich einem Heberbarometer«

durchgeführt. Diese Tätigkeit wurde von seinem Nachfolger im Amt, Löffler, bis 1841 weitergeführt, dann bis 1862 vom Hofgärtner Willi Legeler fortgesetzt, jetzt auch mit Niederschlagsmessungen. Damit ist KFK der Erste, der in Brandenburg systematische Wetterbeobachtungen durchführte.

Zusammenfasung

Karl Friedrich von Klöden war ein brandenburgischer Geowissenschaftler, Historiker, Lehrer und Schulreformer. Er war einer der »vorzüglichsten Kartographen« seiner Zeit (1815), begründete die Wetterbeobachtungen in Potsdam (1821), schrieb über die » Grundlinien zu einer neuen Theorie der Erdgestaltung ...« (1824), beschrieb die Geologie Brandenburgs, arbeitete als Paläontologe, Stratigraph (1830-1837), schrieb über Natursteine und ihre Verwendung und entdeckte die ersten Braunkohlenlagerstätten Brandenburgs, veröffentlichte über Astronomie (1832-51) und Höhenmessung (1831).

Von seinen zahlreichen Veröffentlichungen konnten 14 historische und 36 topographische Karten, sowie 27 astronomische, 27 geowissenschaftliche, 16 sonstige naturwissenschaftliche, 38 historische, 16 pädagogische Arbeiten und 5 Biographien eingesehen werden.

Summary

Karl Friedrich von Klöden (1786-1856) was a famous Brandenburgian cartographer, geologist, historian and teacher of the 19th century.

As a part of his numerous publications were detected and reviewed 36 topographical (1811-39), 38 historical (1811-40) maps, 27 astronomical (1832-51), 27 geological (1823-48), 5 biographical (1840-55), 16 educational (1822-35) and 38 historical papers.

Literaturauswahl

- [1] Anonymus (1848): Verlagsverzeichnis der Fa. Simon Schropp, Schropp & Co., Berlin
- [2] ASCHERSON, P. (1913): Verzeichnis der in ihrer Flora bekannten Salzstellen der Provinz Brandenburg. - In: Jb. preuß, geol. Landesanst. 32 (1), S. 493-496, Berlin
- [3] Bekmann, J. Ch. [Hrsg.] (1751): Historische Beschreibung der Chur und Mark Brandenburg. Bd. 1. Salzquellen. S. 610-615, Berlin (Voß)
- [4] Beringuier, R. (1888): Karl Friedrich von Klöden. In: Vermischte Schriften im Anschluß an die Berlinische Chronik und das Urkundenbuch. Bd. 1 Namhafte Berliner. - 130 S., Berlin (Mittler)
- [5] BROSE, F. (1973): Sandstein bei Bad Freienwalde. In: Heimatkalender 1973 f
 ür den Kreis Bad Freienwalde/ Oder, S. 67-69, Bad Freienwalde
- [6] CRAMER, H. (1876): Beiträge zur Geschichte des Bergbaues in der Provinz Brandenburg, Heft V - Die Nieder-

- lausitz, Verlag der Buchhandlung des Waisenhauses, Halle/S.
- [7] HITZIG, J. E. & BUCHNER (1826): Das gelehrte Berlin: Verzeichnis im Jahre 1825 in Berlin lebender Schriftsteller und ihrer Werke. 182 S., Berlin (Ferdinand Dümmler)
- [8] HOFF, C. E. A. v. (1822): Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. - Gotha (Perthes)
- [9] HOFFMAN, F. (1708): Kurtze doch gründliche Beschreibung des Saltz-Wercks in Halle ..., Im Verlag des Waysenhauses, Halle, [Reprint 1990 von der Gesellschaft für Umwelt- und Wirtschaftsgeologie mbH Berlin]
- [10] Krüger, H. (1995): Geologische Streifzüge vom Havelland bis Arendsee. - NaBu Kreisverband Havelland
- [11] MÜLLER-STOLL, W. R. & H. G. GÖTZ (1962): Die märkischen Salzstellen und ihre Salzflora in Vergangenheit und Gegenwart. - In: Wiss. Z. Pädag. Hochschule Potsdam, Math. -Nat. R. 7, S. 243-296
- [12] OEYNHAUSEN, C. A. L. VON (1827): Bemerkungen auf einer mineralogischen Reise durch Vor- und Neuvorpommern. Archiv für Bergbau- u. Hüttenwesen 14, 2, S.280 –284, Berlin (Reimer)
- [13] OSANN, E. (1829): Physicalisch-medicinische Darstellung der bekanntesten Heilquellen der vorzüglichsten Länder Europas
- [14] Rat d. Stadt Bad Freienwalde [Hrsg.] (1966): Schrift zur 650-Jahr-Feier, Bad Freienwalde
- [15] Schirrmeister, W. (2002): Karl Friedrich von Klöden, ein brandenburgischer Kartograph, Geognost, Historiker und ein Schulmann. - In: Geohist. Blätter 5, 1, S. 19-39, Berlin
- [16] ZWENGER, W. H. (2000): Petrographie und Heimat der Markgrafensteine in den Rauener Bergen bei Fürstenwalde (Spree). - In: Arch. f. Geschiebekunde 2, 12, S. 897-903, Hamburg

Zitierte Werke Klödens

1. Karten

- {L1} (1809): Plan von Wien, dessen Vorstädten und benach barten Auen., 1 Bl., Verl. Simon Schropp & Co.
- {L2} (1811): Italien nach den Völkerstämmen in der ersten Hälfte des dritten Jahrhunderts der Stadt. - 1 Bl., In: Römische Geschichte (Niebuhr)
- {L3} (1812): Italien nach den Staaten um das Jahr Roms 417. C. Mare gest ..., 1 Bl., In: Römische Geschichte (Niebuhr)

- {L4} (1813): Gebirgs- und Gewässerkarte von Europa, West-Asien und Nord-Afrika, nach den vorzüglichsten Hülfsmitteln bearbeitet. - 2. Ausgabe mit Schrift., 1 Bl., Verl. Simon Schropp & Co, Berlin
- {L5} (1829): Postkarte der königlich preußischen Staaten, nach authentischen Quellen bearbeitet - in 6 Theilen und einer Übersichtskarte. - Verl. Kgl. Generalpostamt

2. Bücher und Artikel

- {L6} (1823): Beobachtungen aus Potsdam von Director Klöden. In: Nachrichten über den neuesten Fall eines außerordentlich tiefen Sinkens des Barometers, (2. Febr. 1823) ...; Zusätze zu den vorstehenden Beobachtungen aus Mitteilungen an Gilbert., Annalen der Physik und physikalischen Chemie, Hrsg. Ludwig Wilhelm Gilbert, Joh. Ambros. Barth, Leipzig
- {L7} (1824): Grundlinien zu einer neuen Theorie der Erdgestaltung, in astronomischer, geognostischer, geographischer und physikalischer Hinsicht. Mit illum. Kupfern. - 1. Aufl. - In: Magazin für Kunst, Geographie und Musik, G. C. Nauck's Buchdruckerei, Berlin
- {L8} (1828-1837): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg. Erstes bis zehntes Stück. - In: Programm der städtischen Gewerbeschule, Dieterici, Berlin

- {L9} (1829): Ueber die Gestalt und die Urgeschichte der Erde, nebst den davon abhängenden Erscheinungen in astronomischer, geognostischer, geographischer und physikalischer Hinsicht. Mit 8 illum. und schw. Kupfern. - Zweite um das Doppelte vermehrte Auflage, 387 S., G. C. Nauck's Buchdruckerei, Berlin
- {L10} (1830): Über die Gesteingeschiebe in naturhistorischer und technischer Hinsicht. In: Journal für die Bau kunst 2, 1, S. 31 35, Berlin (Reimer)
- {L11} (1830): Über die Gesteinsart der großen Berliner Granitschale. - In: Kgl. priviligirte Berlinische Zeitung von Staats- und gelehrten Sachen Nr. 128 v. 5. Juni 1830, Berlin
- {L12} (1830-1833): Anleitung zur Kenntnis der wichtigsten natürlichen Bausteine und ihrer Anwendung; für Architekten, die früher keinen Unterricht in der Minera logie genossen haben. - In: Journal für die Baukunst 2, Berlin (Reimer)
- {L13} (1834): Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, in Sonderheit diejenigen, welche sich in den Rollsteinen und Blöcken der südbaltischen Ebene finden. Mit Abbildungen. - C. G. Lüderitz, Berlin

Anschrift des Autors: Dipl.-Geol. Walter Schirrmeister Zechliner Str. 24 13055 Berlin

¹ Rockall Island, ca. 57° 35' n. Br., 13° 40' w. L.

Obwohl bereits 1809 erfunden. Ein Beispiel der wissenschaftlichen Abschottung Kontinentaleuropas durch die napoleonische Kontinentalsperre (1799-1815).

Der Streit zwischen Neptunisten und Plutonisten fand erst mit der Publikation der Principles of Geology (3 Bde.; 1830, 1831, 1833) des schottischen Geologen Sir Charles Lyell ein Ende.

Synonym f
ür Oligoklas. Als Spodumen wird heute ein Alkalipyroxen bezeichnet.

Damit ist ost- und westpreußisch gemeint.

[&]quot;Als im Jahre 1714 Gottlieb Wenzel aus Schneeberg sich mit seiner Familie in Freienwalde niederließ, entdeckte der ehemalige Erbauer von Bergwerken im Erzgebirge in den "Falkenbergschen Bergen" Sandsteine. Er fertigte daraus Mühlsteine und erbat sich vom König ein Privilegium exclusivum, einen Steinbruch und einen Eisenhammer anzulegen. Die Erlaubnis wurde am 25. Januar 1716 erteilt..." [14]

BUCHBESPRECHUNG

ALBERTZ, J.: Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. - Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2. überarb. und ergänzte Aufl., 2001, 250 Seiten, 68,- DM ISBN 3-534-14624-7

Nach nunmehr zehn Jahren ist die zweite Auflage des Buches erschienen. Der dynamischen Entwicklung in diesem Fachgebiet wurde nicht nur durch die Modifizierung des Haupttitels "Einführung in die Fernerkundung" Rechnung getragen, sondern auch durch die umfassenden Aktualisierungen und Ergänzungen des Inhaltes. Trotz dieser umfangreichen Erweiterungen legt der Autor Wert darauf, dass das vorgelegte Buch keine Konkurrenz zu den bereits vorhandenen Lehr- und Handbüchern darstellen soll. Vielmehr soll es die Grundlagen und Methoden der Fernerkundung allen denen nahe bringen, die bisher noch nicht auf diesem Gebiet gearbeitet haben. Das Buch ist so aufgebaut, dass keine speziellen Vorkenntnisse der Mathematik und Physik notwendig sind. Wenn einer der Leser tiefer in die Grundlagen der Fernerkundung und der Photogrammetrie einsteigen will, sind im Buch ausreichende Literaturhinweise, auch auf die Lehrbücher dieser Fachgebiete gegeben.

Das Buch gliedert sich in 6 Abschnitte. Nach einer kurzen Einleitung, die sich mit der Begriffsbestimmung der Fernerkundung und einem historischen Abriss befasst, werden im nachfolgenden Abschnitt die Grundlagen für die Entstehung von Luft- und Satellitenbildern gelegt. Dabei wird zwischen photographischen und abbildenden Systemen unterschieden. Hervorzuheben ist, dass neben den technischen Angaben zu den gegenwärtig genutzten Aufnahmesystemen auch auf verschiedene, die Wirksamkeit der Systeme beeinflussende Faktoren eingegangen wird.

In einem gesonderten Punkt werden Hinweise zur Beschaffung von Luft- und Satellitenbildern gegeben.

Der anschließende Abschnitt "Eigenschaften von Luft- und Satellitenbildern" befasst sich mit den geometrischen, radiometrischen Eigenschaften der Bilder sowie der Erkennbarkeit von Objekten darin. Mit dem Vergleich von Bildern der oben genannten Aufnahmesysteme und Karten wird auf die Unterschiede beider Abbildungsformen hingewiesen.

In einem gesonderten Abschnitt wird auf die Möglichkeiten der Bildverarbeitung eingegangen. Einführend wird der Unterschied analoger und digitaler Bilddaten hinsichtlich ihrer Entstehung dargestellt. Entsprechend der abnehmenden Bedeutung folgen die kurzen aber vollkommen ausreichenden Erläuterungen zu den analogen Methoden der Bildverarbeitung. Mehr Raum nehmen dagegen die Ausführungen zu den geometrischen Transformationen, radiometrischen Verbesserungen, der Bildverbesserung mit den üblichen Fil-

terverfahren und zur Verarbeitung von Farbbildern sowie zur Kombination von Aufnahmen unterschiedlicher Sensoren ein.

Die Ausführungen zur Auswertung von Luft- und Satellitenbildern sind umfassend. Beginnend von der visuellen Interpretation, über deren beeinflussende Faktoren bis zum Prinzip des stereoskopischen Messen und Sehens werden die für diesen Abschnitt notwendigen Grundlagen gelegt. Nachfolgend werden, beginnend bei einfachen Geräten und Auswertemethoden bis hin zu den Verfahren der photogrammetrischen Stereoauswertung und der Differentialentzerrung, die Möglichkeiten der analogen und digitalen Verfahren vorgestellt. Auch in diesem Abschnitt sind Angaben zu den die Genauigkeit von Auswerteergebnissen beeinflussenden Faktoren und zur Definition unterschiedlicher Begriffe enthalten. Für die Methoden der digitalen Bildauswertung werden die verschiedenen Klassifizierungsverfahren vorgestellt.

Der abschließende Abschnitt "Anwendungen von Luft- und Satellitenbildern" deckt das gesamte Spektrum der nennenswerten Anwendungsbereiche ab. Beginnend mit der ursprünglichen Aufgabe, Karten zu aktualisieren, werden nacheinander die Möglichkeiten in der Geographie, Geologie und Geomorphologie, Bodenkunde und Altlastenerkundung, Forst- und Landwirtschaft, Regional- und Siedlungsplanung, Archäologie sowie Gewässerkunde und Ozeanographie behandelt. Die Anwendungsmöglichkeiten sind mit sorgfältig ausgewähltem und aussagefähigem Bildmaterial illustriert.

Für Leser, die sich noch intensiver mit den theoretischen Grundlagen der Photogrammetrie und Fernerkundung befassen wollen, sind in jedem Abschnitt die Hinweise auf die entsprechenden Standardwerke angegeben.

Insbesondere sei darauf verwiesen, dass das Ziel des Autors, hauptsächlich die Leser anzusprechen, die die Fernerkundung als Hilfsmittel für die Lösung ihrer fachspezifischen Aufgaben einsetzen wollen, aus meiner Sicht vollständig geglückt ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Buch mit seinem guten methodischen Aufbau, der anschaulichen Gestaltung, dem umfangreichen Literaturverzeichnis und der guten Illustration jedem zu empfehlen ist, der sich beruflich oder gerade in der Ausbildung befindend mit der Fernerkundung befasst. Beachtenswert ist auch die gute Aufmachung des Buches und der vergleichsweise geringe Preis dafür.

Eckardt Seyfert

EHRUNGEN

Workshop "Euro-Sibirische Vergletscherungsgebiete" ehrt Professor Joachim Marcinek aus Anlass seines 70. Geburtstages

Vom 08. bis 10. Oktober 2001 fand am Institut für Geographie der Universität München der 2. Münchener Workshop zur Hochgebirgsforschung statt. Mit seinem Symposiumsthema "Euro-Sibirische Vergletscherungsgebiete" war er gleichzeitig das Festkolloquium zum 70. Geburtstag von Herrn Prof. Dr. Joachim Marcinek. Ausgerichtet wurde die Tagung von seinen ehemaligen Schülern und Mitstreitern aus der einige Diplomanden- und Doktorandengenerationen umfassenden Forschungsperiode der physischen Geographie an der Humboldt-Universität zu Berlin, die seit dem 1. November 1956 mit dem Namen Jochen Marcinek untrennbar verbunden ist.



Foto: N. Schlaak

Der Jubilar auf einer Studentenexkursion 1997 an der Teufelsmauer (Nördliches Harzvorland)

So nimmt es nicht wunder, dass das zweitägige Vortragsprogramm beispielhaft der großen Forschungsbreite entsprach, auf die der Jubilar zurückblicken kann. Nach der herzlichen Laudatio von Herrn Prof. Baume berichteten und diskutierten Fachkollegen aus dem In- und Ausland über quartärgeologische, glazialmorphologische und bodengenetische Themen. Ausgewogen war die Zusammenstellung der überregionalen Problemkreise und präsentierten Befunde aus verschiedenen morphologischen Einheiten, Klimazonen und Höhenlagen. Neben den Partnern einer zum Teil jahrzehntelangen Zusammenarbeit (u. a. Prof. Kowalkowski, Kielce, Prof. Liedtke, Bochum, Dr. Brose, Berlin) referierte auch der wissenschaft-

liche Nachwuchs (u. a. Dr. Juschus, Berlin, Dr. Kaiser, Dr. P. Kühn, beide Greifswald) über interessante Ergebnisse, von denen etliche auch für die geologische Landesaufnahme Brandenburgs Bedeutung haben.

Der Emeritus ließ es sich nicht nehmen, über die Bedeutung Albrecht Pencks für die Entwicklung der Glazialmorphologie im nord- und süddeutschen Vergletscherungsgebiet in seiner lebhaften und anschaulichen Art zu sprechen. Das war schon ein Prolog für die 2002 zu begehende hundertjährige Wiederkehr der Einführung des quartärgeologischen Schlüsselbegriffs "glaziale Serie", der von A. Penck 1902 in Penck & Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter. - Leipzig 1901-1909, 2. Lfg. Februar 1902, erstmals in dieser Diktion verwendet wurde. Als krönender Abschluß führte eine eintägige glazialmorphologisch-bodengeologische Exkursion in das Alpenvorland, die von den Herren Dr. Grottenthaler, Prof. Jerz (beide Bayerisches Geologisches Landesamt) und Dr. Bussemer (Uni München) geleitet wurde.

Durch gemeinsame Anstrengungen des Herausgebers und des Verlages erschien pünktlich die Marcinek-Festschrift "Erbe der Eiszeit". - S. Bussemer (Hrsg.) (2001), 148 S., Langenweißbach (Beier & Beran), ISBN 3-930036-60-6, ca. 25 Euro, die über diesen Anlaß hinaus für alle mit der genannten Materie Vertrauten von Interesse sein dürfte und zur Einsicht empfohlen wird.

Den zahlreichen Glückwünschen für den Jubilar schließen sich die Fachkollegen des LGRB gern an und setzen auf eine lange gedeihliche Zusammenarbeit mit ihm.

H. U. Thieke

EHRUNGEN

Prof. Dr. sc. Karl-Bernhard Jubitz beging seinen 75. Geburtstag¹

Zeitmarken

- 1925 Karl-Bernhard Jubitz wird am 14. November in Berlin geboren
- 1946 Studienbeginn (Geologie) am Geologisch-Paläontologischen Institut der Humboldt-Universität zu Berlin
- 1952 Staatsexamen als Diplom-Geologe mit der Arbeit "Feinstratigraphisch-petrographische Untersuchungen in der Trias zwischen Osnabrück und Melle in Hannover"
- 1953 Dissertationsschrift "Zum tektonischen Bau zwischen Osnabrück und Melle in Hannover"
- 1976 Promotion zum Dr. sc., mit einer Arbeit über "Zielfunktionen, Hauptergebnisse und Trends tektonisch-struktureller Forschungen an der Akademie der Wissenschaften der DDR". Im gleichen Jahr Ernennung zum Professor für Geologie an der AdW DDR.

Stille, Bubnoff und Lotze weiterentwickelte, räumlich-stoffliche Betrachtungen in die geologisch-tektonische und zeitliche Analyse von Tafeldeckgebirgsaufschlüssen integrierte und bei aller Detailarbeit den Blick für das Ganze wahrte. Seine paläotektonischen Ableitungen zeichnen sich noch heute dadurch aus, dass sie keine Widersprüche zwischen lokalem Aufschlußbefund und überregionalem Modell aufweisen, und ein vom Betrachtungsmaßstab quasi unabhängiges, geschlossenes und logisches System bilden. Von dieser kompilatorischen Tätigkeit legen zahlreiche regionale und teils internationale Kartenwerke Zeugnis ab. Die hier gewonnene Erfahrung kommt der komplexen und dynamischen Interpretation kleinerer geologischer Strukturen, wie der Struktur Rüdersdorf, sehr zugute.

Wesentliches Rüstzeug – vielleicht das entscheidend handwerkliche – erwarb Karl-Bernhard Jubitz bei und im Institut von Franz Lotze in der Universität Münster. Es ist dies die für Geologen so überaus wichtige Fähigkeit des räumlichen Veranschaulichens von kompliziert gebauten Strukturen durch exaktes Beobachten und Skizzieren des Wesentlichen.

Seit 1952 Mitarbeiter des von Hans Stille gegründeten Geotektonischen Instituts der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, wird Karl-Bernhard Jubitz 1961 dessen kommissarischer Leiter, bevor er 1965 zu seinem Direktor berufen wird. Die wissenschaftliche Ausrichtung des Geotektonischen Instituts hatte Hans Stille schon vor dem Weltkrieg konzipiert. Sie ist auch bestimmend für die Tätigkeit

des Jubilars selbst. Im Gefolge der sogenannten Hochschul- und Akademiereform geht das Geotektonische Institut 1969 in das Zentralinstitut für Physik der Erde der AdW der DDR (ZIPE, Hauptsitz in Potsdam) über, das weit vor dem heutigen Potsdamer GeoForschungsZentrum den Ansatz einer komplexen Interpretation von Geophysik, Geodäsie und Geologie versucht. Als Bereichsdirektor Geologie gestaltet hier Karl-Bernhard Jubitz den Übergang von dem eher elitären und auch kleineren Geotektonischen Institut in eine breiter strukturierte Forschungseinrichtung innerhalb des neu gegründeten Zentralinstituts für Physik der Erde.



Prof. K.-B. Jubitz als Exkursionsleiter im Tagebau Rüdersdorf

Mit dem Namen Karl-Bernhard Jubitz verbinden die Geologen Mitteleuropas den profunden Kenner der Deckgebirgsgeologie der Norddeutsch-Polnischen Senke, der die klasischen Vorstellungen zur saxonischen Tektonik seiner Lehrer

Die im Geotektonischen Institut und später im ZIPE durchgeführten Arbeiten des Jubilars und seiner Mitarbeiter waren zwar im ersten Ansatz der Grundlagenforschung verpflichtet, doch getreu dem Motto der Gründer der bereits

Auszüge aus einer Laudatio, gehalten am 25. November 2000 anläßlich des gemeinsam vom FG Sedimentologie der Technischen Universität Berlin, dem Verein Geowissenschaftler von Berlin und Brandenburg e.V. und dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg durchgeführten Ehrenkolloquiums für Prof. Dr. sc. Karl-Bernhard Jubitz

1700 gegründeten Berliner Societät der Wissenschaften: *theoria cum praxi* geht es dem Jubilar auch immer um die Anwendung, um den Nutzeffekt der Forschungsergebnisse. Ohne zu sehr auf Details einzugehen, sollen die folgenden Beispiele genannt sein:

- strukturgeologische und stratigraphische Untersuchungen in den Zementwerken Schwanebeck im Subhercyn, Karsdorf und Rüdersdorf zur Rohstoffsicherung und zur Abbauführung
- umfangreiche Kartensätze zur Charakterisierung der Tafeldeckgebirgsfolgen der Norddeutschen Senke, die in Zusammenarbeit mit dem Zentralen Geologischen Institut Berlin und den späteren Kombinatsbetrieben wichtige Befunde für die Suche und Erkundung von Erdöl und Erdgas in der Norddeutschen Senke lieferten, wie dem sogenannten Dikenstejn-Projekt, oder dem aus ca. 37 Einzelkarten bestehenden Lithologisch-Paläogeographischen Kartenwerk zum Nordteil der DDR im Maßstab 1: 500 000, ebenfalls in enger Kooperation mit dem ZGI Berlin.
- strukturgeologische Untersuchungen im Top des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM), die auf exemplarische Weise den Nutzen der modernen und detaillierten strukturgeologischen Bearbeitung für die Analyse des Bewegungsstatus der Erdkruste aufzeigte.

Neben den Leitungsaufgaben bildete die Analyse der Dynamik des Tafeldeckgebirges das Hauptbetätigungsfeld von Karl-Bernhard Jubitz. Diese wurde später gemeinsam mit Günter Schwab zur Beckendynamik weiterentwickelt. Die Beckendynamik bildete auch das zentrale Arbeitsthema der Abteilung Deckgebirge des Bereiches Geologie. Hier wurden im kreativen Zusammenwirken mit Günter Schwab und Mitarbeitern Ergebnisse erzielt, die den Kenntnisstand zur Norddeutschen Senke ganz wesentlich bestimmten und die zu Basisinformationen für zahlreiche Folgeuntersuchungen wurden.

Meilensteine hierfür waren u. a. die Herausarbeitung der stadialen Entwicklung der Norddeutsch-Polnischen Senke, wie die Unterscheidung von Anlage-, Hauptabsenkungs-, Differenzierungs-, und Stabilisierungsstadium, die Erkenntnis der Bedeutung von sogenannten empfindlichen Formationen, also von sensiblen Horizonten, die über die Beckendynamik besonders gut Auskunft geben, die weitere Verfeinerung von Vorstellungen zum historischen Stockwerkbau, zum Postumitätsprinzip in der Geologie und zur feinstratigraphischen Untersuchungsmethode, etc. Wichtige methodische Grundlage hierfür bildete die Übertragung der Erfahrungen aus der feinstratigraphischen Aufschlußinterpretation auf Bohrkerne bzw. die entsprechende Interpretation der bohrlochgeophysikalischen Befunde.

Direktor einer Forschungseinrichtung in der immer komplizierter werdenden DDR zu sein, war ein steter Balanceakt, zumal als Leiter einer wissenschaftlichen Institution. Als Nichtgenosse konnte dies nur über besondere Leistungsbereitschaft und Selbstdisziplin sowie taktisches Geschick er-

reicht werden. Zu diesem taktischen Geschick rechnet u. a. der Ausbau enger fachlicher, auch freundschaftlicher Beziehungen zu Akademiker A. L. Janschin, Moskau und Novosibirsk. Die fruchtbare fachliche Kooperation mit ihm hatte auch die Funktion eines Sicherheitsankers und war außerordentlich wichtig für die Stabilität der Arbeiten der Bereichs Geologie. Sie ermöglichte die vergleichenden tektonischen Studien, aus denen sich später multilateral die sogenannte Problemkommission IX, die Zusammenarbeit der Akademien der sozialistischen Länder, entwickelte.

Nach der Verabschiedung aus dem eigentlichen Berufsleben hat sich K.-B. Jubitz mit bewundernswürdiger Hingabe mit dem Schlüsselaufschluß Rüdersdorf beschäftigt. Zahlreiche Exkursionsführungen, auch schriftlich niedergelegt, Publikationen und eine ihresgleichen suchende Geofotothek Rüdersdorf, bestehend aus 7 Bänden mit 729 Fotos auf 653 A3-Seiten, beinhaltet eine einmalige Dokumentation und Bewertung eines Großaufschlusses über die Zeit von mehreren Jahrzehnten. In exemplarischer Weise wird hier die Sicht eines komplex denkenden Geowissenschaftlers auf eine geologische Einzelstruktur im geologisch mobilen Mitteleuropa nachvollziehbar.

Nehmen Sie hochverehrter Herr Prof. Jubitz unsere besten Wünsche für Ihr weiteres persönliches Wohlergehen im engen familiären Bereich wie auch im weiten Kreise Ihrer Sie schätzenden Freunde und Fachkollegen entgegen.

Mit herzlichem Glück Auf!

Werner Stackebrandt

LANDESAMT

Dr. habil. Fritz Brose in den Ruhestand verabschiedet

Am 31. Mai 2002 wurde Dr. habil. Fritz Brose, Abteilungsleiter für die Geologische Landesaufnahme im LGRB, feierlich aus dem Landesdienst verabschiedet. Charakterisierungen wie 'Kenner der Geologie von Ostbrandenburg', 'Experte für die Entwicklung des Odertales', 'Autorität für die Untersuchung der Jungmoränenlandschaften' sind Ausdruck der hohen Wertschätzung, die Fritz Brose nicht nur unter den brandenburgischen Fachkollegen genießt. Sie lassen zugleich die mit seiner Verabschiedung verbundene Lücke erahnen, die nun von jüngeren Erfahrungsträgern im LGRB geschlossen werden muß. Gewürdigt wurde auch seine Fähigkeit, durch eine intensive Zusammenarbeit mit Nachbarwissen-

schaftsdisziplinen, wie der Geographie und Archäologie, zu neuen Vorstellungen zur Geologie und Landschaftsgenese Brandenburgs zu gelangen.

Auch an dieser Stelle spreche ich Ihnen, sehr geehrter Herr Dr. Brose, meinen herzlichen Dank für Ihr Engagement für die Geologie Brandenburgs aus und wünsche Ihnen für den neuen Lebensabschnitt auch im Namen der Mitarbeiter des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe eine stabile Gesundheit, Wohlbefinden im Kreise Ihrer Familie und uns brandenburgischen Geologen die eine oder andere interessante Wortmeldung aus Ihrer Feder.



Foto: N. Schlaak

Der Jubilar in der Kiesgrube Chełm Górny (Blockpackung der Pommerschen Randlage) mit Dr. A. Piotrowski (Mitte), PIG AS Szczecin, und Dipl.-Geol. F. Ludwig (links), LGRB RB Frankfurt (Oder).

Dr. Werner Stackebrandt Direktor

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 117–122	1 Tab., 1 Taf., 27 Lit.
	10 10 10 10 11			

Jungpleistozäne Kleinsäugerreste von Zachow bei Ketzin in Brandenburg

Vorläufige Mitteilung

WOLF-DIETER HEINRICH & NORBERT HERMSDORF

Einleitung

Seit vielen Jahren ist in einer Sandgrube am Nordhang des Kahlen Berges bei Zachow eine fossilführende Schicht aufgeschlossen, aus der im Jahre 2000 erstmals pleistozäne Säugetierreste geborgen werden konnten. Die erste Durchsicht des Materials zeigte, dass nicht nur Skelettreste von Großsäugern, sondern auch von Kleinsäugern vorkommen. Während pleistozäne Großsäugerfunde in Mittelbrandenburg seit langem bekannt sind und immer wieder beschrieben wurden (z. B. Weiss 1829, Klöden 1834, Dietrich 1932), ließen sich Reste von eiszeitlichen Kleinsäugetieren dort bisher nur selten nachweisen. Meist handelte es sich um Einzelfunde, die zufällig entdeckt wurden, wie z. B. in Bornim (Diebel & Pietrzeniuk 1975), Buchow-Karpzow (Серек & Heinrich 1975) und Niederlehme bei Königs Wusterhausen (Hermsdorf 2000).

Demgegenüber konnten in Zachow erstmals durch gezielte Probenentnahme zahlreiche Kleinsäugerreste entdeckt werden, die unsere Kenntnisse über die pleistozänen Säugetierfaunen Brandenburgs beträchtlich erweitern. Dies gilt um so mehr, als in der neuen Fundstelle Zachow zwei Kleinsäugerarten nachgewiesen werden konnten, die aus dem Pleistozän Brandenburgs bisher nicht bekannt waren, darunter der Steppenlemming (*Lagurus lagurus*), der im Pleistozän Mitteleuropas so weit nördlich überhaupt noch nicht beobachtet wurde.

Zur Gewinnung der Kleinsäugetierreste sind dem Profil in der Sandgrube am Kahlen Berg Großproben mit einem Gesamtgewicht von ca. 300 kg entnommen worden, die im Labor über Siebe mit Maschenweiten von 0,5 mm und 1,0 mm ausgeschlämmt und anschließend unter dem Binokular ausgelesen wurden. Dabei konnten nicht nur Skelettreste von Mikromammaliern, sondern auch Knochen und Zähne von Fischen sowie Konchylien, Ostrakoden, Gyronite von Charophyten und Fusit geborgen werden. Großsäugerfunde, die bei Aufschlußbefahrungen gemacht wurden, bereicherten die Aufsammlungen zusätzlich.

Die Bestimmung der Konchylien wurde teils von Prof. Dr. D. Mania (Jena), teils von N. Hermsdorf (Kleinmachnow) vorgenommen. Die biostratigraphische Beurteilung der Molluskenfauna verdanken wir Herrn Prof. Dr. D. Mania (Jena). Die Ostakoden bestimmte Frau Dr. E. Pietrzeniuk (Berlin), bei der Zuordnung der Fischreste war Herr Dr. G. Böhme (Berlin)

behilflich. Erste Angaben zur Fauna finden sich bei HERMS-DORF (2001), Darstellungen zur geologischen Situation am Kahlen Berg bei WEISSE (1997, 2001).

Die im Text verwendeten Abkürzungen haben folgende Bedeutung: i - Schneidezahn (Inzisivus) des Unterkiefers, I - Schneidezahn (Inzisivus) des Oberkiefers, m - Molar des Unterkiefers, M - Molar des Oberkiefers; sin. - sinister (links), dext. - dexter (rechts), n - Anzahl der vermessenen Fundstücke.

Lage des Fundpunktes und geologische Situation

Die Fundstätte befindet sich in einer Sandgrube am Nordhang des Kahlen Berges bei Zachow, der am Südrand der Nauener Platte im Grenzbereich zum Brandenburg-Potsdamer Havelgebiet liegt (Mbl. 3542, Groß Kreutz; R: 4553 500, H: 5818 400). Mit einer maximalen Höhe von 78,9 m über NN überragt der Kahle Berg die durchschnittlich 35 - 50 m hohe, überwiegend flachwellige Grundmoränenplatte deutlich. Er gehört zu den vor allem im Südteil der Nauener Platte häufiger anzutreffenden Erhebungen, die alle als sogenannte Durchragungen älterer Sande kartiert wurden (Laufer & Beushausen 1891).

Landschaftsgeschichtlich gesehen liegt der Fundort Zachow im Bereich des älteren Jungmoränengürtels (Brandenburger Stadium) zwischen der Brandenburger Eisrandlage im Süden und der Pommerschen Eisrandlage im Norden.

Das Liegende der pleistozänen Schichtenfolge der Sandgrube Zachow bildet ein Geschiebemergel, der 1998 im Bereich der Grubensohle zeitweise angeschnitten war, aber auch in mehreren Bohrungen an den Flanken und im Umfeld des Kahlen Berges angetroffen wurde. Seine genauen Lagebeziehungen zur umgebenden Schichtenfolge müssen noch näher untersucht werden. Über dem Geschiebemergel folgen glazifluviatile und limnisch-fluviatile Ablagerungen, die im Wesentlichen aus Feinsanden, Mittelsanden und Schluffen aufgebaut werden. Ihre Mächtigkeit beträgt etwa 10 m. Eingeschaltet in diese Schichtenfolge ist eine 1,0 m - 1,5 m mächtige Bank, die aus schluffig verbackenen Fein- bis Mittelsanden, lagenweise auch aus tonigen und stark schluffigen eisenschüssigen Sanden besteht, die außerordentlich reich an Konchylien sind. Diese Bank, die im Folgenden als Zachow 1 bezeichnet wird, ist die Fundschicht der hier beschriebenen pleistozänen Kleinsäugerreste. Im Aufschluß

sind noch zwei weitere konchylienführende Lagen beobachtet worden (Fundschichten Zachow 2 und 3), die jedoch noch keine Mikromammalier geliefert haben. Die gesamte Folge ist gestaucht, wobei überwiegend Faltenstrukturen auftreten. Die Fundschicht Zachow 1 ist an der Ostflanke einer zerscherten Falte aufgeschlossen, sie fällt mit 40-65° in östlicher Richtung ein.

Die beschriebene Schichtenfolge wird von einem Geschiebemergel diskordant überlagert, der im Gipfelbereich des Kahlen Berges an vielen Stellen durch Erosion abgetragen oder verlagert worden ist. Dieser Geschiebemergel, der auf der Nauener Platte weitflächig verbreitet ist, wird nach Bohrbefunden in der Umgebung des Kahlen Berges bis zu 10 m mächtig.

Kurze Kennzeichnung der Kleinsäugerreste

Im Fundgut der Kleinsäugetiere überwiegen Zahn- und Knochen bruchstücke. Vollständig erhaltene Zähne und Knochen sind selten. Die Knochenfunde sind überwiegend hellbraun bis dunkelbraun, die Schmelzwände der Arvicolidenzähne meist schwarz gefärbt. An einzelnen Knochen treten hin und wieder Abrollungsspuren auf, die bei der Einbettung entstanden. Hinweise auf Umlagerungen von Kleinsäugerresten aus älteren Schichten haben sich nicht ergeben.

In der pleistozänen Kleinsäugerfauna von Zachow 1 sind Insectivoren (Insektenfresser), Lagomorpha (Hasentiere) und Rodentia (Nagetiere) nachgewiesen. Belege für Chiroptera (Fledermäuse) fehlen bisher. Die meisten Funde stammen von Nagetieren; besonders häufig sind Zähne und Zahnbruchstücke von Arvicoliden (Wühlmäuse).

Von Sorex sp. (Insectivora) liegen zwei kleine Unterkieferbruchstücke ohne Zähne vor, die keine Artbestimmung zulassen (Taf. 1, Fig. 1). Die Höhe des Unterkieferastes zwischen den Alveolen von m2 und m3 beträgt 1,3 mm bzw. 1,2 mm. Möglicherweise stammen sie von einem Vertreter der Waldspitzmaus-Gruppe (Sorex ex gr. araneus). Die Lagomorpha (Hasentiere) sind durch einen fragmentarisch erhaltenen M3 dext. belegt, der auf Grund seiner Abmessungen (Länge der Kaufläche: 1,33 mm, Breite der Kaufläche: 1,95 mm) zu Ochotona pusilla (Zwerg- oder Steppenpfeifhase) zu stellen ist (Taf. 1, Fig. 2). Die Schermaus (Arvicola) ließ sich bisher an Hand eines unvollständigen m1 (Taf. 1, Fig. 3) sowie zahlreicher Schneidezahn- und Backenzahnbruchstücke nachweisen. Die vorderen Schmelzwände des m1 sind etwas dicker als die hinteren, was zeigt, dass nicht die mittelpleistozäne Arvicola cantianus, sondern die jungpleistozäne bis holozäne Arvicola terrestris vorliegt. Häufigste Art in der jungpleistozänen Kleinsäugerfauna von Zachow ist die Nordische Wühlmaus (Microtus oeconomus), von der allein fünf teils vollständige (Taf. 1, Fig. 4 und 5), teils bruchstückhaft erhaltene m1 gewonnen werden konnten (Taf. 1, Fig. 6). An den Vorderkappen der m1 ist die 4. Buccalantiklinale regelmäßig unterdrückt. Die Kauflächenlänge der m1 variiert zwischen 2,60 mm und 2,80 mm (n=4), die Kauflächenbreite zwischen 1,10 mm und 1,40 mm (n=4). Die Vorderkappe eines relativ kleinen m1 (Taf. 1, Fig. 7) zeigt Merkmale der ErdmausFeldmaus-Gruppe (*Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis*). Mehrere Bruchstücke von Backenzähnen und ein vollständig erhaltener m2 sin. (Taf. 1, Fig. 8) stammen von *Lemmus lemmus* (Berglemming). Die Länge der Kaufläche beträgt 2,35 mm, die Breite 1,50 mm.

Ein völlig unerwarteter Fund stammt von einem Steppenlemming (*Lagurus lagurus*). Es handelt sich um ein Unterkieferbruchstück mit dem Schneidezahn (i) und den beiden ersten unteren Molaren (m1-m2). Der m1 weist die für Steppenlemminge kennzeichnende Unterbrechung des Schmelzbandes an der 4. Buccalantiklinale sowie die typische Einbuchtung (Indentation) am Hinterlobus auf, die auch am m2 vorhanden ist (Taf. 1, Fig. 9). Der mesiale Zahnabschnitt des m2 ist flaschenhalsartig ausgezogen. Wurzelbildungen und Zementeinlagerungen fehlen an beiden Backenzähnen, was ebenfalls für die Bezahnung von *Lagurus lagurus* typisch ist. Die Länge der Kaufläche des m1 beträgt 2,8 mm, die Breite 0,9 mm. Die Kaufläche des m2 ist 1,6 mm lang und 0,8 mm breit. Darüber hinaus sind in den Schlämmrückständen intermediäre und hintere Molaren von Arvicoliden gefunden wor-

Begleitfauna

tieren (Rodentia indet.).

In der Begleitfauna der Mikromammalier sind Wirbeltiere und Wirbellose vertreten. Bisher konnten folgende Taxa nachgewiesen werden:

den, die keine nähere Bestimmung zulassen sowie zahlreiche

unbestimmbare Zahn- und Knochenbruchstücke von Nage-

Pisces (Fische): *Esox lucius* (Schädelreste, isolierte Zähne), ?*Perca fluviatilis* (Schuppen), Cyprinidae indet. (Schlundzähne), Pisces indet. (Schuppen- und Knochenbruchstükke).

Mammalia (Großsäugetiere): *Mammuthus primigenius* (Zahnstummel-Rest) und *Bison/Bos* sp. (Rückenwirbel)

Lamellibranchiata (Muscheln): Pisidien, Unio sp.

Gastropoda (Schnecken): Valvata piscinalis, Bithynia tentaculata, Gyraulus laevis, Planorbis planorbis, Planorbarius corneus, Hydrobia stagnorum, Lymnaea peregra, Bathyomphalus sp., Succinea oblonga, Vertigo antivertigo und Viviparus sp.

Ostrakoda (Muschelkrebse): Candona candida, Candona neglecta, Candona levanderi, Cypria ophthalmica, Cyclocypris laevis, Metacypris cordata, Cypridea torosa, Cytherina lacustris, Limnocythere inopinata und Limnocythere sanctipatricii

Altersstellung

Anhaltspunkte zur Altersstellung der Fundschicht Zachow 1 liefern die Säugetiere und ihre Begleitfauna sowie geologische Befunde im Aufschluß. Einen oberen stratigraphischen Eckpunkt bildet der Geschiebemergel, der die fossilführende

Tab. 1
Ergebnisse der Geschiebeanalysen (Fraktion 4 - 10 mm); die mit * gekennzeichneten Proben wurden von Herrn Dipl.-Geol. Ziermann (†) bearbeitet

Probe	NK in %	PK in %	PS in %	D in %	F in %	MK in %	S in %	Q in %
Zachow, hangender	33,7	36,1	7,9	0,3	2,7	3,5	12,5	3,3
Gme, Westflanke	223	32.			2.4		11.0	1.0
Zachow, hangender Gme, Ostflanke	38,6	37,1	6,7	0	2,4	1,3	11,9	1,8
Zachow 1/99, 2 - 6 m	37,2	35,6	8,4	0	3,6	1	12,3	1,9
Zachow 2/99, 1 - 7 m	38,2	33,6	7,1	0	2,8	3,7	13,4	1,1
Zachow 4/99, 3,5 - 6 m	41,2	34,1	6,0	0	2,2	3,0	12,6	2,2
Zachow 1/72, 4 - 5 m*	38,2	37,8	6,6	0,8	2,5	1,7	9,9	2,1
Zachow 1/72, 7 - 8 m*	31,6	35,1	10,1	2,1	1,7	2,1	10,8	5,2
Zachow 1/72, 10 - 11 m*	39,7	33,6	6,5	0,7	1,7	1,4	11,0	4,8
Zachow 1/72, 12 - 13 m*	41,0	33,7	6,7	0,6	2,9	1,9	9,6	3,2
Zachow 2/73, 2 - 3 m*	45,8	38,8	7,8	2,6	1,1	0	11,8	2,2
Zachow, liegender Gme	31,7	48,8	1,3	2,5	0,8	0,4	11,3	2,8

fluviatile bis limnische Schichtenfolge mit der Fundschicht Zachow 1 diskordant überdeckt. Geschiebeanalytische Untersuchungen von Proben, die von der West-, Ost- und Nordseite des Kahlen Berges stammen, belegen eindeutig ein weichselzeitliches Alter dieser Grundmoräne (Tab. 1). Sie entstand bei dem Inlandeisvorstoß, der vor etwa 20 000 Jahren (Cepek 1994, Marcinek 1995) zur Herausbildung der Haupteisrandlage des Brandenburger Stadiums führte.

Der im Liegenden der Grube auftretende Geschiebemergel wird nach Bohrbefunden aus dem Umfeld des Kahlen Berges von pollenanalytisch gesicherten Holstein-Sedimenten unterlagert. Dies und seine Kleingeschiebeführung (Tab. 1) belegen ein saalezeitliches Alter.

Einen biostratigraphischen Hinweis auf das erdgeschichtliche Alter der Fundschicht Zachow 1 liefern die Backenzahnreste der Schermaus (Arvicola). Wichtig ist hier, dass der unvollständig erhaltene m1 und die Molarenbruchstücke, die die für Arvicola terrestris typische Schmelzband-Differenzierung aufweisen, welche sich in Mitteleuropa erst mit Beginn der Weichsel-Kaltzeit entwickelte (vgl. dazu HEINRICH 1982, 1987). Daraus ergibt sich, dass die Fundschicht Zachow 1 nicht älter sein kann als die Weichsel-Kaltzeit. Genauere biostratigraphische Aussagen sind den Schermaus-Resten von Zachow vorerst nicht abzugewinnen, da vollständig erhaltene m1, mit denen sich die Evolutionshöhe von Arvicola terrestris präziser bestimmen und das Alter von Zachow 1 genauer ermitteln ließe, bisher fehlen. Immerhin ergibt sich aber bereits jetzt eine Einstufung der Fundschicht Zachow 1 in einen weichselzeitlichen Zeitabschnitt vor dem Brandenburger Stadium, wenn man die geschiebeanalytischen Daten berücksichtigt, die aus dem überlagernden Geschiebemergel gewonnen wurden.

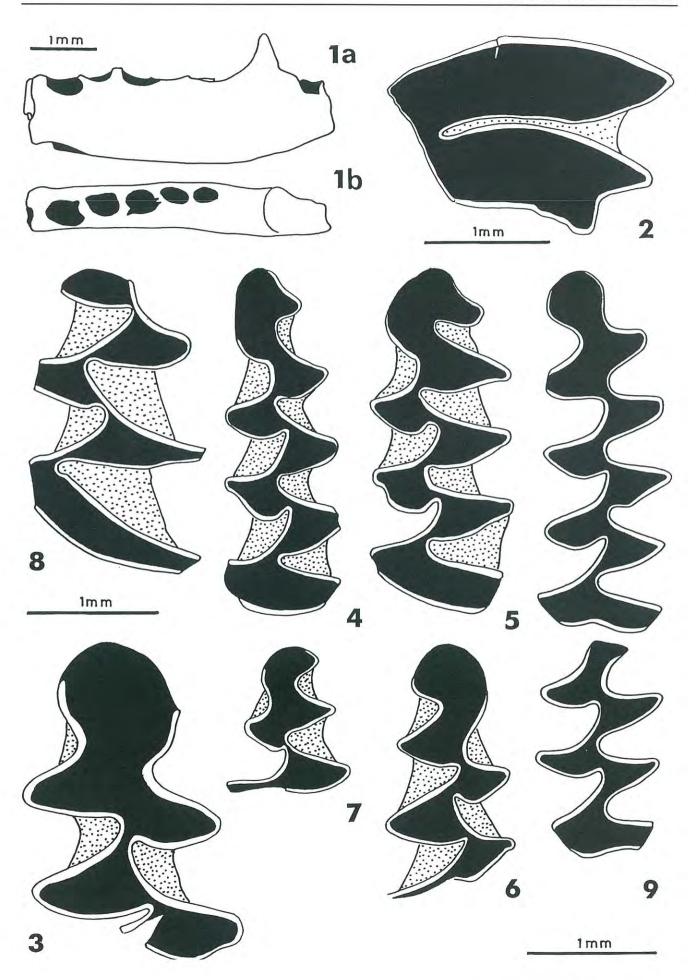
Wesentlich weiterführende biostratigraphische Schlußfolgerungen sind mit den Mollusken zu erreichen. Ihre noch vorläufige Untersuchung ergab, dass die Fundschicht Zachow

1 in "eines der beiden ersten Interstadiale des Frühglazials der Weichsel-Kaltzeit einzustufen ist" (Prof. Dr. D. Mania, Jena, Mitt. v. 23.02.2000). Danach müßten die Faunenreste von Zachow 1 in das Brörup- oder Odderade-Interstadial gehören. Für ein holsteinzeitliches Alter der Fundschicht Zachow 1 (Weisse in Schroeder 1997) haben sich keine Hinweise ergeben.

Paläoökologie

Alle nachgewiesenen Kleinsäugerarten sind noch heute in Eurasien weit verbreitet. Allerdings kommen nur noch zwei in Brandenburg vor (*Arvicola terrestris*, *Microtus oeconomus*). *Sorex* sp. und die Erdmaus-Feldmaus-Gruppe (*Microtus* ex gr. *arvalis-agrestis*) sind zwar ebenfalls noch heute in der Umgebung von Zachow anzutreffen, doch sollen sie von den nachfolgenden Betrachtungen ausgeklammert werden, da die Belege nicht bis zur Art bestimmt werden konnten.

Neben Bewohnern der arktischen Tundra Nordeuropas, wie z. B. Lemmus lemmus (TAST 1982), sind Kaltsteppenbewohner nachgewiesen (Ochotona pusilla, Lagurus lagurus), deren Areale sich heute vom südlichen Osteuropa bis weit hinein nach Asien erstrecken (HEPTNER et al. 1956, BOBRIN-SKIJ et al, 1965, Gromov & Palyakov 1977, Gromov & Erbaeva 1995); sie belegen kontinentale Bedingungen. Die häufigste in Zachow 1 nachgewiesene Art ist die Nordische Wühlmaus (Microtus oeconomus), deren rezenter Verbreitungsschwerpunkt in den borealen Nadelwäldern Nord-Eurasiens und den daran angrenzenden Laubmischwäldern liegt (Bo-BRINSKIJ et al. 1965, GROMOV & PALYAKOV 1977, GROMOV & Erbaeva 1995). Dort werden vorzugsweise nasse und feuchte Habitate außerhalb von geschlossenen Wäldern besiedelt (TAST 1982). Die Art dringt auch in die Tundra vor. Die Schermaus (Arvicola terrestris) ist heute in fast ganz Europa, in Mittelasien bis zur Mongolei und China sowie in Sibi-



rien verbreitet, wo sie auf Grund ihrer ökologischen Valenz in sehr unterschiedlichen Habitaten vorkommt (Bobrinskij et al. 1965, Gromov & Palyakov 1977, Gromov & Erbaeva 1995). Die arktische Tundra, Taiga, Wald- und Trockensteppen werden ebenso besiedelt wie Moore, Sümpfe und bewachsene Uferzonen von Gewässern der Laub- und Mischwaldregionen (Heptner et al. 1958, Gromov & Palyakov 1977, Reichstein 1982).

Die paläoökologischen Aussagen, die mit den nachgewiesenen Kleinsäugetieren zu verknüpfen sind, belegen übereinstimmend kaltzeitliche Verhältnisse. Darauf weist auch der Nachweis von *Mammuthus primigenius* in der Begleitfauna hin. Vieles spricht dafür, dass das damalige Landschaftsbild von stehenden und fließenden Gewässern, angrenzenden feuchtgründigen bis nassen Standorten (Moore, Sümpfe), Waldinseln und einer Kaltsteppe mosaikartig untergliedert war. Bewaldung wird für Zachow 1 durch Fusit, aber auch durch pollenanalytische Daten frühweichselzeitlicher Schichtenfolgen Norddeutschlands wahrscheinlich gemacht, wonach in den frühweichselzeitlichen Interstadialen im Norddeutschen Tiefland weithin borealer Nadelwald verbreitet war (Erd 1978, Behre 1989).

Verbreitungsgeschichte

Ochotona pusilla (Steppenpfeifhase) und Lagurus lagurus (Steppenlemming) sind Erstnachweise für das Pleistozän von Brandenburg. Sie stellen eine wertvolle Bereicherung unserer Kenntnisse über die paläogeographische Verbreitung dieser Taxa dar. Während Ochotona pusilla im Jungmoränengürtel des nordmitteleuropäischen Tieflandes bereits nachgewiesen werden konnte (Alleröd von Nörre Lyngby, Jütland: AARIS-SØRENSEN 1995), fehlten Hinweise auf das Vorkommen von Lagurus lagurus dort bislang völlig. Der Fundpunkt Zachow ist der bisher nördlichste Fundort des Steppenlemmings in Mitteleuropa. Obwohl noch nicht gesagt werden kann, welchem der beiden ersten Interstadiale die Fundschicht Zachow 1 genau angehört, ist bereits jetzt klar, dass Lagurus lagurus während des Frühglazials der Weichsel-Kaltzeit zeitweise in Brandenburg zusagende Lebensbedingungen gefunden haben muß. Funde aus dem Jungpleistozän der Osteifel (van Kolfschoten & Roth 1993) und Thüringens (Heinrich 1990, Heinrich im Druck) belegen, dass Steppenlemminge im Verlauf des Weichsel-Frühglazials mindestens zweimal aus Osteuropa nach Mitteleuropa einwanderten. Im Rahmen weiterer Untersuchungen wird zu klären sein, ob der Fund aus Zachow 1 einer bereits bekannten oder einer noch unbekannten frühweichselzeitlichen Einwanderungswelle von *Lagurus lagurus* angehört.

Zusammenfassung

Aus einer jungpleistozänen limnischen bis fluviatilen Schichtenfolge der Sandgrube am Kahlen Berg bei Zachow werden Kleinsäugerreste beschrieben. Folgende Arten sind nachgewiesen (Fundschicht Zachow 1): Sorex sp., Ochotona pusilla, Arvicola terrestris, Microtus oeconomus, Microtus ex gr. arvalis-agrestis, Lemmus lemmus und Lagurus lagurus. In der Begleitfauna treten Mammuthus primigenius, Bison/ Bos sp., Fische (Esox lucius, ?Perca fluviatilis, Cyprinidae indet.) sowie Mollusken und Ostrakoden auf. Außerdem sind Charophyten und Fusit belegt. Die Kleinsäugerfauna ist kaltzeitlich. Sie gehört nach Aussage der begleitenden Molluskenfauna in eines der ersten Interstadiale des Frühglazials der Weichsel-Kaltzeit (? Brörup, ? Odderade). Die Funde von Ochotona pusilla und Lagurus lagurus sind Erstnachweise für das Pleistozän Brandenburgs. Zachow ist der bisher nördlichste Fundpunkt des Steppenlemmings in Mitteleuropa.

Summary

Small mammalian remains recovered from limnic-fluviatile deposits exposed in the sand pit at Zachow near Ketzin (Brandenburg) are briefly described. The following species are represented: Sorex sp., Ochotona pusilla, Arvicola terrestris, Microtus oeconomus, Microtus ex gr. arvalis-agrestis, Lemmus lemmus and Lagurus lagurus. Remains of Mammuthus primigenius, Bison/Bos sp., Esox lucius, Perca fluviatilis (?) and cyprinid fishes, as well as molluscs, ostracods, charophytes and fusain were also found. The associated molluscan fauna enables the small mammal-bearing deposits (designated as Zachow 1) to be referred to an interstadial of the Early Weichselian (? Brörup, ? Odderade). The specimens of Ochotona pusilla and Lagurus lagurus provide the first evidence for the presence of the dwarf pika and the steppe lemming in the Pleistocene of Brandenburg. Zachow represents the northernmost site with records of Lagurus lagurus in central Europe.

Tafel 1 Skelettreste von Kleinsäugetieren (Insectivora, Lagomorpha, Rodentia) aus dem Jungpleistozän von Zachow bei Ketzin (Land Brandenburg)

Fig. 1 Sorex ex gr. araneus; linkes Unterkieferbruchstück mit den Alveolen von m1-m3; MB.Ma.50514; Zachow 1; 1a: Ansicht von der Seite, 1b: Ansicht von oben

Fig. 2 Ochotona pusilla; M3 dext., MB.Ma.50515; (Zachow 1); Kauflächenansicht

Fig. 3 Arvicola terrestris, Bruchstück eines m1 dext.; MB.Ma.50516; Zachow 1; Kauflächenansicht

Fig. 4 - 6 Microtus oeconomus, m1 sin., MB.Ma.50517 (Fig. 4), m1 sin., MB.Ma.50518 (Fig. 5); m1 dext., MB.Ma.50519 (Fig. 6); Zachow 1; Kauflächenansichten

Fig. 7 Microtus ex gr. arvalis-agrestis; Bruchstück eines m1 sin.; MB.Ma.50520; Zachow 1; Kauflächenansicht.

Fig. 8 Lemmus; m2 sin.; MB.Ma.50521; Zachow 1; Kauflächenansicht

Fig. 9 Lagurus lagurus; m1-m2 sin.; MB.Ma.50522; Zachow 1; Kauflächenansicht

Fig. 2 - 9 im gleichen Maßstab

Literatur

- Aaris-Sørensen, K. (1995): Palaeoecology of a Late Weichselian vertebrate fauna from Norre Lyngby, Denmark. Boreas 24, S. 355 365, Oslo
- Behre, K-E. (1989): Biostratigraphy of the last glacial period in Europe. Quaternary Science Reviews, 8, S. 25-44, London
- Bobrinskii, N. A., Kuznezov, B. A., & A. P. Kuzyakin (1965): Bestimmungsbuch der Säugetiere der SSSR. Prosvecenie, 384 S., Moskva (russ.)
- CEPEK, A. G. (1994): Stratigraphie und Lithofazies. In: Schroeder, J. H. (ed.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Nr. 2: Bad Freienwalde-Parsteiner See. S. 26-39, Berlin (Selbstverl. Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V.)
- CEPEK, A. G. & W.-D. HEINRICH (1975): Ein neuer Kleinsäuger-Fundpunkt im Jungmoränengebiet von Buchow-Karpzow (Bezirk Potsdam). - Z. geol. Wiss. 3, 9, S. 1235 -1248, Berlin
- DIEBEL, K. & E. PIETRZENIUK (1975): Mittel- und jungpleistozäne Ostracodenfaunen des Raumes Potsdam - Brandenburg -Rathenow in stratigraphischer und paläoökologischer Sicht. -Z. geol. Wiss. 3, 9, S. 1197-1233, Berlin
- DIETRICH, W. O. (1932): Über den Rixdorfer Horizont im Berliner Diluvium. Z. d. DGG **84**, S. 193-221, Berlin
- ERD, K. (1978): Pollenstratigraphie im Gebiet der skandinavischen Vereisungen. Schriftenreihe für geol. Wiss. 9, S. 99-119, Berlin
- Gromov, I. M. & M. A. Erbaeva (1995): Säugetierfaunen Rußlands und angrenzender Gebiete. Hasen und Nagetiere. - Nauka, 522 S., St. Petersburg (russ.)
- Gromov, I. M. & I. Ya. Polyakov (1977): Fauna SSSR. Säugetiere, III (8): Wühlmäuse (Microtinae). Nauka, 504 S., Leningrad (russ.)
- Heinrich, W.-D. (1982): Zur Evolution und Biostratigraphie von *Arvicola* (Rodentia, Mammalia) im Pleistozän Europas. Z. geol. Wiss. 10, 6, S. 683 735, Berlin
- Heinrich, W.-D. (1987): Neue Ergebnisse zur Evolution und Biostratigraphie von *Arvicola* (Rodentia, Mammalia) im Quartär Europas. - Z. geol. Wiss. 15, 3, S. 389 - 406, Berlin
- Heinrich, W.-D. (1990): Nachweis von *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773) für das Pleistozän von Neumark-Nord, Kreis Merseburg. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 43, S. 167-175, Berlin
- Heinrich, W.-D. (im Druck): Nachweis von *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773) im Jungpleistozän Norddeutschlands. Lynx, Prag
- HEPTNER, W. G., MOROSOWA, L. G. & W. I. ZALKIN (1956): Die Säugetiere in der Schutzwaldzone. - 344 S., Berlin (Dt. Verl. Wiss.)
- HERMSDORF, N. (2000): Die Sandgrube Niederlehme ein klassischer Aufschluß des Rixdorfer Horizontes. Brandenburg. Geowiss. Beitr. 7, 1/2, S. 173-181, Kleinmachnow

- HERMSDORF, N. (2001): Paläontologische Befunde. In: Schroeder, J. H. (ed.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Nr. 4: Potsdam und Umgebung, S. 199, Berlin (Selbstverl. Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V.)
- KLÖDEN, F. (1834): Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, insbesondere diejenigen, welche sich in den Rollsteinen und Blökken der südbaltischen Ebene finden. - 378 S., Berlin
- KOLFSCHOTEN, T. VAN & G. ROTH, (1993): Die mittelpleistozänen Mollusken und Kleinsäuger von Schlackenkegeln der Osteifel. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 40, S. 27-74, Mainz
- LAUFER, E & L. BEUSHAUSEN (1891): Geologische Spezialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten, Blatt Groß Kreutz 3542. - Berlin
- Lozek, V. (1964): Quartärmollusken der Tschechoslowakei. -Rozpravy Ustredniho Ustavu Geologického 31, 374 S., Praha (Nákl. Státn. Geol. Ustav.)
- MARCINEK, J. (1995): Weichsel-Kaltzeit. In: Benda, L. (ed.): Das Quartär Deutschlands. S. 140-143, Stuttgart (Borntraeger)
- REICHSTEIN, H. (1982): Arvicola terrestris (LINNAEUS, 1758) Schermaus. In: NIETHAMMER, J. & F. KRAPP (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas, Band 2/1: Rodentia II. S. 217-252, Wiesbaden (Akad. Verlagsges.)
- Tast, J. (1982): *Lemmus lemmus* Berglemming. In: Niethammer, J. & F. Krapp (Hrsg.): Handbuch der Säugetiere Europas, Band 2/1: Rodentia II. S. 87-105, Wiesbaden (Akad. Verlagsges.)
- Weiss, C. S. (1829): Ueber das Vorkommen von Ueberresten des fossilen Elephanten oder Mammuths in den Umgegenden von Berlin. - Archiv für Mineralogie, Geogonosie, Bergbau und Hüttenkunde 1, S. 392-399, (Reimer)
- Weisse, R. (1997): Oberflächennahe Glazialgeologie und Geomorphologie. In: Schroeder, J. H. (ed.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Nr. 4: Potsdam und Umgebung, 1. Aufl., S. 29-66, Berlin (Selbstverl. Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V.)
- Weisse, R. (2001): Oberflächennahe Glazialgeologie und Geomorphologie. In: Schroeder, J. H. (ed.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg. Nr. 4: Potsdam und Umgebung, 2. erw. Aufl., S. 43-84, Berlin (Selbstverl. Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)

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

Dipl.-Geol. Norbert Hermsdorf Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 155

Brandenburgische Geowiss. Beitr	. Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 123–129	4 Abb., 4 Tab., 9 Lit.	
---------------------------------	----------------	---------------	------------	------------------------	--

Geostatistische Untergrundmodellierung im glazial geprägten geologischen Umfeld des Zentrums von Berlin

OSWALD MARINONI

1. Einführung

Die Nutzung probabilistischer Ansätze zur Beschreibung der Untergrundgeometrie gehört in der Baugrundmodellierung nicht zu den routinemäßig verwendeten Techniken. Da stochastische Verfahren in den Geowissenschaften zur Risikoabschätzung, zur Entscheidungsfindung oder, wie das vor einigen Jahren in der Geotechnik eingeführte probabilistische Sicherheitskonzept zeigt, auch bei der geotechnischen Bemessung eine immer wichtigere Rolle spielen, wäre die breitere Nutzung von Verfahren, die den Untergrundaufbau auf einer probabilistischen Basis beschreiben, als logische Konsequenz zu betrachten. In den letzten Jahren wurden daher im Zentrum Berlins umfassende geostatistische Studien durchgeführt und die Nutzungsmöglichkeiten einer geostatistischen Untergrundgeometrisierung für die Belange der Baugrundmodellierung ausgelotet.

2. Problematik der Untergrundgeometrisierung

Generell steht die in der Regel hohe Komplexität tatsächlicher geologischer Verhältnisse einer einfachen mathematischen Beschreibung entgegen. Da geowissenschaftliche Fragestellungen in der Regel über den Einschichtfall hinausgehen, nimmt der Grad an Komplexität mit jeder zu berücksichtigenden Schicht zu. Der Schwierigkeitsgrad erhöht sich deutlich durch die notwendige Berücksichtigung strukturgeologischer Aspekte. So gestaltet sich eine Modellierung bei söhligen Lagerungsverhältnissen einfacher als in einem glazial geprägten Gebiet, wo mit der Eisüberfahrung eine enorme Umgestaltung und Störung des Untergrundes einherging.

Neben den durch die Auflast und Bewegung des Eispanzers bedingten Faltungen und Stauchungen des unmittelbaren Untergrundes kam es durch austretende Schmelzwässer auch im Gletschervorland zu erheblichen erosiven Umformungsprozessen. Wechselhafte Strömungsverhältnisse führten aber auch dazu, dass z. T. in engräumigen Bereichen das gesamte Spektrum an klastischen Sedimenten abgelagert wurde. Bei Untergrunderkundungen in solch überprägten Gebieten drücken sich diese sehr wechselhaften Bildungsbedingungen in einer starken Variation z. B. der Schichtmächtigkeiten oder in einem schnellen Wechsel angetroffener Schichtfolgen auf kurzer Distanz aus.

Die Kenntnis der Untergrundgeometrie ist nicht nur für geowissenschaftliche, sondern beispielsweise auch für inge-

nieurgeotechnische Belange einer der wichtigsten Randparameter, bestimmen doch der Schichtenaufbau und der Schichtenverlauf die Grenzen von Homogenbereichen, innerhalb derer beispielsweise ähnliches Durchlässigkeitsverhalten oder auch ein ähnliches Verhalten bei mechanischer Belastung angesetzt wird, Insofern ist es überraschend, dass Veröffentlichungen zur Untergrundgeometrisierung relativ selten sind (Burger 1997).

3. Probleme beim Ansatz geostatistischer Verfahren

Für die Nutzung geostatistischer Verfahren spricht neben ihrer Erprobtheit in verschiedensten Bereichen der Geowissenschaften vor allem die Vielzahl an Modellansätzen, die zur Beschreibung der räumlichen Korrelation zur Verfügung stehen. Damit ist bei der Modellierung des Untergrundes ein auf die vorliegenden geologischen Verhältnisse gut angepasstes Agieren möglich. Ein weiterer wichtiger Grund für die Anwendung geostatistischer Verfahren liegt in der Möglichkeit vorhandene Korrelationsmodelle im Rahmen von Interpolationsverfahren, die in der Geostatistik verallgemeinert als Kriging bezeichnet werden, zu nutzen. Mit Hilfe dieser mathematisch weitgehend objektiven Verfahren kann so der hohe Grad an Subjektivität, der allen auf der Intuition und Erfahrung eines Bearbeiters beruhenden "klassisch" generierten Modellen innewohnt, reduziert werden.

Wie bei anderen statistischen Verfahren auch, sind die Ergebnisse der Geostatistik um so verläßlicher, je mehr Daten zur Verfügung stehen. Der Aufsatz von Blanchin & Chilès (1993), der die Nutzung von geostatistischen Methoden zur Vorhersage des Schichtenverlaufes im Rahmen des Kanaltunnelprojektes beschreibt, aber auch andere Autoren (KREU-TER 1996, MARINONI 2000) haben in diesem Zusammenhang deshalb auf ein wesentliches Dilemma hingewiesen: Die Anwendung geostatistischer Verfahren ist fast ausschließlich auf Projekte beschränkt, die aufgrund ihrer wirtschaftlichen Größenordnung einen besonders großen Datenpool aufweisen und somit erst eine verläßliche geostatistische Auswertung erwarten lassen. Kleinere, weniger bedeutende Projekte können im Regelfall nur einen Datenpool aufweisen, der eine geostatistische Auswertung nicht rechtfertigt oder die Ergebnisse einer solchen Auswertung unzuverlässig erscheinen lassen.

Der Nachteil eines kleinen Datenpools läßt sich nur umgehen, indem die für Kriging-Analysen notwendigen Parame-

ter der räumlichen Korrelation innerhalb eines Gebietes als bekannt vorausgesetzt werden können. Hierzu können Tabellen dienen, die aus vorhergehenden Parameterstudien resultierend, die Korrelationsparameter für zuvor definierte geologische Grundgesamtheiten enthalten. Um zu einer geologischen Grundgesamtheit gezählt zu werden, reicht es allerdings nicht aus, einen ähnlichen Bildungszeitraum mit ähnlichen Bildungsbedingungen zu konstatieren. Vielmehr können nach Auffassung des Autors solche in Tabellenwerken enthaltenen Werte zunächst nur in dem unmittelbaren Umfeld angewandt werden, in denen sie ermittelt wurden.

diverser Verkehrs- und Regierungsbauprojekte, aber auch zahlreicher Großprojekte von Privatinvestoren in den letzten 10 Jahren zahlreiche Neuaufschlüsse erstellt, die zusammen mit vorhandenen Altaufschlüssen im Rahmen der im Folgenden dargestellten geostatistischen Untersuchungen herangezogen werden konnten.

4. Geologie des Arbeitsgebietes

Die folgende Abbildung zeigt eine stark vereinfachte geologische Karte des Berliner Stadtgebietes, welches von quartären Sedimenten dominiert wird.

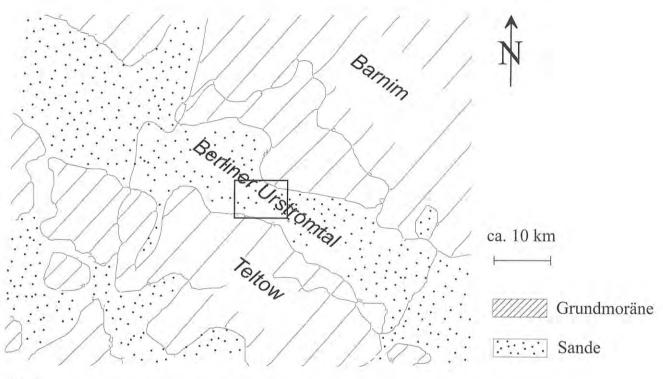


Abb. 1 Oberfächennahe Geologie des Berliner Stadtgebietes. Das Viereck markiert die Lage des Arbeitsgebietes (verändert aus Hermsdorf 1995)

Eine nachträgliche Ausweitung der Gültigkeitsbereiche ist nicht ausgeschlossen, jedoch ist eine Ausweitung nur legitim, wenn die räumliche Korrelation eines betrachteten Merkmals innerhalb der hinzuzufügenden Bereiche als bekannt vorausgesetzt werden kann und keine allzu großen ggf. auf lokale geologische Phänomene zurückzuführende Abweichungen von den bis dahin zur Verfügung stehenden Korrelationsparametern bestehen. Ansonsten wäre eine neue Grundgesamtheit zu definieren und dem bestehenden Gültigkeitsbereich ein weiterer hinzuzufügen.

Das Erstellen solcher Tabellenwerke setzt allerdings die Durchführung umfassender Vergleichs- und Parameterstudien voraus, die, um verläßlich zu sein, auf einem entsprechenden Datenpool basieren müssen. Insofern bleiben verläßliche Parameterstudien auf Gebiete beschränkt, die einen überdurchschnittlich hohen Erkundungsstand aufweisen. Ein solches Areal ist beispielsweise das Berliner Stadtgebiet. Insbesondere im zentralen Bereich Berlins wurden aufgrund

Innerhalb des sich im Berliner Urstromtal befindlichen Arbeitsgebietes treten zuoberst anthropogene Auffüllungen auf, die Mächtigkeiten von z. T. mehreren Metern erreichen. Den Auffüllungen folgen holozäne organische Sedimente oder auch holozäne schluffige Feinsande, die allerdings nur im Umfeld der Spree angetroffen werden. Wo diese holozänen Abfolgen fehlen, liegt die Auffüllung direkt auf den glaziofluviatilen pleistozänen Sanden des Berliner Urstromtales (Obere Talsandfolge), die Mächtigkeiten von mitunter mehreren 10er Metern erreichen und flächendeckend im gesamten Arbeitsgebiet auftreten. Im tieferen Liegenden befinden sich Ablagerungen von Geschiebemergel, die allerdings nicht flächendeckend anstehen, sondern immer wieder lokale Fehlstellen ("Geschiebemergelfenster") aufweisen. Ebenfalls anzutreffen sind, allerdings lokal auf den Bereich des Spreebogens begrenzt, tonig-schluffige Sedimente. Weiter im tieferen Liegenden sind die Talsande der Unteren Talsandfolge anstehend (Abb. 2), die oftmals erbohrt, in der Regel jedoch nicht vollständig durchteuft wurden. Im Rahmen der in den

folgenden Abschnitten erläuterten geostatistischen Analyse der Schichtmächtigkeiten wurde die Untere Talsandfolge deshalb nicht berücksichtigt.

Generell sind die Schichtmächtigkeiten der angesprochenen Schichten aufgrund der glazigenen bzw. glaziofluviatilen Bildung starken Variationen schon bei geringen Distanzen unterworfen.

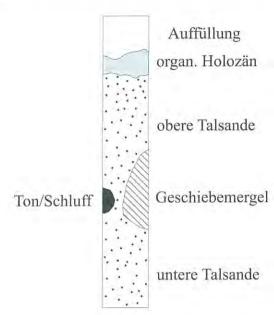


Abb. 2 Profil des Arbeitsgebietes (verändert aus Marinoni & Tie-DEMANN 1998)

5. Geostatistische Parameterstudien

Für die im Folgenden geschilderten Parameterstudien zur räumlichen Korrelation stand die Information von insgesamt 750 Bohrungen zur Verfügung, die über einem Areal von etwa 2,5 km² verteilt waren (s. Abb. 3). Die Gesteinsansprachen dieser Bohrungen wurden zunächst gesichtet und mit einer schichtspezifischen Zuordnung zu einer Grundgesamtheit in einer Datenbank systematisch abgelegt. Dabei wurden den im vorangegangenen Abschnitt genannten Abfolgen entsprechend die folgenden in Tabelle 1 aufgeführten Grundgesamtheiten festgelegt:

Tab. 1 Definierte Grundgesamtheiten im Modellgebiet

Bodenart	Grundgesamtheit
Auffüllung	A
holozäne, schluffige Feinsande	S0
organische, holozäne Folgen	Н
Sande der Oberen Talsandfolge	S1
Schluff-Tonfolgen	U1
Geschiebemergel	Mg1
Sande der Unteren Talsandfolge	S2

Da die Zielsetzung in einer ingenieurgeologischen Baugrundmodellierung bestand, standen bei der Systematisierung der vorhandenen Gesteinsarten ihre bautechnischen Eigenschaften im Vordergrund, die bei den vorhandenen Grundgesamtheiten beträchtlich variierten.

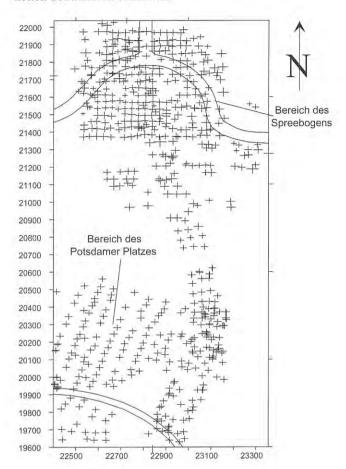


Abb. 3 Lageskizze der zur Verfügung stehenden Aufschlussbohrungen im Bereich des Spreebogens und des Potsdamer Platzes (leicht verändert aus Marinoni 2000)

So weisen die Talsande bei dichter bis sehr dichter Lagerung der Unteren Talsande und lockerer, größtenteils jedoch mitteldichter Lagerung der Oberen Talsande insgesamt gutes Tragfähigkeitsverhalten auf. Hinsichtlich der Tragfähigkeit ist der Geschiebmergel bei steifer bis halbfester, z. T. fester Konsistenz ebenfalls als gut tragfähig einzustufen, er ist allerdings aufgrund seiner niedrigen Durchlässigkeit als Grundwassernichtleiter aber auch als potenzielle natürliche Baugrubensohldichtung von den Sanden deutlich zu unterscheiden. Die Grundgesamtheit der Schluff-Tonfolgen unterscheidet sich von dem Geschiebermergel vor allem durch den fehlenden Sandanteil und die völlige Abwesenheit von nordischen Geschieben. Aufgrund ihres schlechten Tragfähigkeitsverhaltens bildeten die holozänen organischen Folgen und die holozänen schluffigen Feinsande in Spreenähe ebenfalls je eine eigene Grundgesamtheit. Die hinsichtlich ihrer bautechnischen Eigenschaften im allgemeinen schwieriger zu charakterisierende Auffüllungsschicht, die in einer lockeren, teilweise jedoch auch dichten Lagerung vorliegt, wurde aufgrund ihrer anthropogenen Überprägung (auftreten von Bauschutt etc.) ebenfalls als eigene Grundgesamtheit betrachtet.

Für jede der definierten Grundgesamtheiten erfolgten anschließend Parameterstudien zur räumlichen Korrelation des Parameters Schichtmächtigkeit. Dazu wurden die in einer Datenbank abgelegten Bohrungen in einem ersten Schritt nach den Mächtigkeiten der jeweiligen Grundgesamtheit abgefragt. Die Abfrageergebnisse wurden dabei in einem Format abgelegt, welches eine sofort anschließende statistische und geostatistische Analyse durch entsprechende Spezialprogramme erlaubte. Zur Beschreibung der geostatistischen Verfahren sei hier auf Isaaks & Srivastava (1989), Deutsch & Journel (1998) oder Akin & Siemes (1988) verwiesen.

Vor der Analyse der räumlichen Korrelation erfolgte zunächst die deskriptiv statistische Analyse der Abfrageergebnisse. Hier wurden Ausreißerwerte identifiziert, die, sofern sie die anschließenden Parameterstudien störten, aus dem Datenpool entfernt wurden.

Die anschließende Analyse der räumlichen Korrelation erfolgte, um etwaige Anisotropien zu erfassen, in Form von richtungsabhängigen Semivariogrammanalysen. Dabei wurden die Semivariogramme unter Ansatz variierender Analyserichtungen, Schrittweiten und Toleranzkriterien berechnet. Um die Qualität der ermittelten Modelle der räumlichen Korrelation zu überprüfen, wurden diese anschließend im Rahmen einer Kreuzprüfung angesetzt. Hierzu wird aus dem vorhandenen Datenpool jeweils ein Bohrpunkt entfernt und dieser durch die umliegenden Bohrpunkte unter Ansatz der ermittelten räumlichen Korrelation abgeschätzt. Diese Prozedur wird für alle vorhandenen Bohrpunkte wiederholt. Um eine qualitative Einstufung der ermittelten Modelle der räumlichen Korrelation zu ermöglichen, existieren anschließend mehrere Möglichkeiten. So sind die ermittelten Modelle der räumlichen Korrelation umso besser, je kleiner die Streubreite der resultierenden Population aus den Differenzen der Realwerte und deren Schätzungen ist. Möglich ist auch ein Auftragen der Schätzwerte über den Realwerten. Stimmen Schätzwerte und Realwerte im Idealfall zu 100% überein, so liegen die Punkte des Streudiagramms auf der Winkelhalbierenden. Ebenfalls können die Quantile der Realwertpopulation über den Quantilen der Schätzwertpopulation aufgetragen werden. Sind beide Populationen identisch, so ergibt sich eine ebenfalls auf der Winkelhalbierenden liegende Punktwolke.

5.1 Variation der Testgebietsgröße

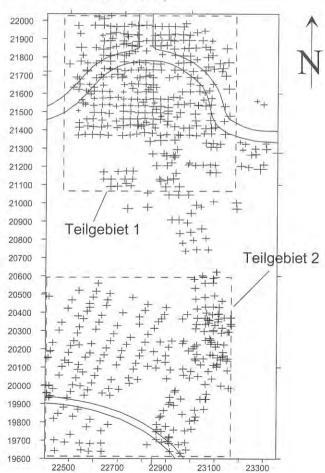
Die Streuung der Mächtigkeiten einer Schicht innerhalb des Projektgebietes muß maßstabsabhängig betrachtet werden. So muß zwischen der globalen Streuung, in die alle vorhandenen Werte einfließen, und lokalen Streuungen, beispielsweise in Bereichen besonders hoher oder auch niedriger Mächtigkeitswerte, unterschieden werden. Insofern kann damit gerechnet werden, dass je nach betrachtetem Maß-

stab lokal zu unterscheidende Muster der räumlichen Korrelation existieren.

Folgerichtig ist es kaum zu rechtfertigen, die räumliche Korrelation unter Angabe absoluter Modellparameter zu beschreiben. Sinnvoller ist vielmehr die Angabe relativer Modellparameter, beispielsweise des prozentualen Anteils der Zufallkomponente am Korrelationsmodell.

Um lokal abhängige Schwankungen der Korrelationsparameter zu untersuchen, wurde das Untersuchungsgebiet deshalb in kleinere Teilbereiche unterteilt (Abb. 4). Diese Studien wurden allerdings nur für die Obere Talsandfolge S1 durchgeführt, da sie die einzige flächendeckende Schicht innerhalb des Untersuchungsgebietes ist. Alle anderen untersuchten Schichten treten innerhalb des Untersuchungsgebietes mehr oder weniger lokal begrenzt auf; insofern wurde bei diesen Schichten keine weitere Gebietsunterteilung vorgenommen.

Abb. 4 Unterteilung des Gesamtgebietes in zwei Teilgebiete (leicht verändert aus Marinoni 2000)



Die statistischen Parameter der S1-Schichtdicken variierten aufgrund der Abhängigkeit von den lokalen Verhältnissen z. T. deutlich, jedoch zeigte sich, dass einige Modellparameter der räumlichen Korrelation sich in engeren Grenzen bewegen (Tab. 2 und Tab. 3).

Tab. 2 Deskriptiv statistische Parameter der untersuchten Mächtigkeiten der Oberen Talsandfolge (Marinoni 2000)

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Gesamtgebiet*
Anzahl:	337	245	659
Mittelwert [m]:	12,79	7,70	10,90
Standardabweichung [m]:	4,76	2,09	4,78
Varianz [m²]:	22,66	4,38	22,84
Variationskoeffizient [-]:	0,37	0,27	0,44
Minimum [m]:	1,30	2,00	0,40
0.25-Quartil [m]:	9,70	6,70	7,55
Median [m]:	12,50	7,70	9,70
0.75 Quartil [m]:	15,40	8,90	13,60
Maximum [m]:	31,90	21,80	31,90

^{*:} Die Summe der Bohrungen der Teilgebiete 1 und 2 ist nicht identisch mit der des Gesamtgebietes

Tab. 3
Parameter der räumlichen Korrelation der untersuchten Mächtigkeiten der Oberen Talsandfolge (Marinoni 2000)

	Teilgebiet 1	Teilgebiet 2	Gesamtgebiet
Nugget-Varianz C ₀ [m ²]:	11,7	1,72	9,66
Schwellenwert C [m ²]:	10,3	2,29	8,27
Gesamtschwellenwert C ₀ +C [m ²]:	22	4,01	17,93
Anteil der Nugget-Varianz am Gesamtschwellenwert [%]:	53	43	53
Reichweite a [m]:	150	140	147
Anisotropieverhältnis [-]:	1	0,73	1
Orientierung der längeren Ansiotropiehauptachse [°] (E-W-Richtung = 0°):	T-e-I	45	
Stichprobenvarianz / (C_0+C)	1,03	1,09	1,27

Diesen in Tabelle 3 hervorgehoben dargestellten Werten kann entnommen werden, dass der Anteil der Nugget-Varianz am Gesamtschwellenwert des Parameters Schichtmächtigkeit der Oberen Talsandfolge in recht engen Grenzen zwischen 43% und 53% schwankt. Die Reichweite der räumlichen Korrelation kann mit Werten zwischen 140 und 150 m angegeben, das Anisotropieverhältnis als isotrop bis schwach anisotrop bezeichnet werden.

Da diese Angaben auf einer umfangreichen Datenbasis beruhen, können sie in angrenzenden Bereichen innerhalb des Berliner Urstromtals für zukünftige, auf geringerem Datenumfang basierende Mächtigkeitsmodellierungen der Oberen Talsandfolge als erste orientierende Basisparameter verwendet werden. Es sei in diesem Zusammenhang allerdings auf die im Abschnitt 3 erläuterten Probleme verwiesen.

6. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der durchgeführten Parameterstudien zur räumlichen Korrelation der Schichtmächtigkeiten der obersten Schichtenfolgen im Urstromtal des zentralen Bereiches von Berlin sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Die dort fehlende Auffüllung wurde als anthropogen beeinflusste bzw. gebildete Abfolge, die keine natürlich ausgebildete räumliche Korrelation aufweist, von den Parameterstudien ausgeklammert. Es wird empfohlen, die räumliche Korrelation von Auffüllungsschichten immer projektgebietsbezogen zu ermitteln.

Die in Tabelle 4 grau hinterlegten Parameter können, da sie auf einem großen Datenpool beruhen und damit für eine gewisse Repräsentanz bürgen, für zukünftige geostatistische Modellierungen im Umfeld des Modellgebietes innerhalb des Berliner Urstromtals als erste orientierende Parameteransätze verwendet werden.

Besonders sei auf das $\sigma^2/(C_0+C)$ Verhältnis hingewiesen, mit dessen Hilfe auf einer vorliegenden Stichprobenvarianz basierende Abschätzungen des Gesamtschwellenwertes erfolgen können.

Tab. 4
Parameter der räumlichen Korrelation der Schichtmächtigkeiten der geotechnisch relevanten Schichtenfolgen im zentralen Bereich Berlins (Marinoni 2000)

Einheit	U1*	H^*	S0*	Mg1*	S1	
Modelltypus (sph. = sphärisch)	sph.	sph.	sph.	sph.	sph.	
Gesamtschwellenwert C ₀ +C	$[m^2]$	7,02	0,99	0,73	9,11	lokal variierend (s.Tabelle 3)
Verhältnis $C_0 / (C_0 + C)$	[-]	0,21	0,26	0,06	0,31	0,43 - 0,53
Reichweite a der längeren Anisotropiehauptachse	[m]	100	154	87	292	140 - 150
Anisotropieverhältnis	[-]	0,44	0,53	0,84	0,54	0,75 - 1
Richtungswinkel der längeren Anisotropiehauptachse (E-W = 0°)	[°]	158	6	14	3	bei Anisotropie ca. 45°
Anzahl n der zugrundeliegenden Bohrungen	[-]	76	108	122	262	> 550 (s.Tabelle 2)
Stichprobenvarianz σ^2	$[m^2]$	7,4	1,46	1	9,42	22,84
Verhältnis $\sigma^2 / (C_0 + C)$	[-]	1,05	1,47	0,73	1,03	1,0-1,3

* über lokale Variationen der aufgeführten Parameter können basierend auf den durchgeführten Untersuchungen (s. Abschnitt 5) momentan nur Angaben zur S1-Folge gemacht werden

Die aufgeführten Parameter ersetzen jedoch keine an das jeweilige Projektgebiet angepaßte Semivariogrammanalyse. Insofern sind sie als Hilfsmittel für frühe orientierende Projektphasen zu verstehen, die mit wachsendem Informationsstand innerhalb eines Projektverlaufes laufend überprüft und gegebenenfalls angepaßt werden müssen. Weiter einschränkend ist zu vermerken, dass die genannten Parameter nur für die Schichtfolgen Gültigkeit besitzen, die nach den Kriterien des Abschnitts 5 zusammengefaßt wurden.

Die vorgestellte Vorgehensweise ist ein erster möglicher Schritt, die Nutzung geostatistischer Verfahren im Rahmen zukünftiger, unter Umständen auch kleinerer Projekte zu ermöglichen. Die damit verbundenen Vorteile bestehen insbesondere in der erhöhten Objektivität und den weitreichenden Möglichkeiten der Modellvisualisierung (vgl. die eingehende Diskussion bei Marinoni 2000).

Es sei abschließend nochmals vermerkt, dass die ermittelten Modellparameter keine endgültigen Wertfestlegungen darstellen, sondern dass eine beständige Präzisierung durch weitergehende Projekt- bzw. Parameterstudien notwendig ist. Des Weiteren sei auf die Möglichkeit hingewiesen, dass sich eine Durchführung analoger Studien auch in anderen dicht aufgeschlossenen Arealen, d. h. insbesondere in innerstädtischen Bereichen, anbietet.

Zusammenfassung

Der Anwendung geostatistischer Techniken steht oftmals der geringe Umfang der zur Verfügung stehenden geologischen Daten im Wege. In diesem Aufsatz werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Parameterstudien zur räumlichen Korrelation des geometrischen Parameters Schichtdicke im dicht aufgeschlossenen Zentrum Berlins zur Herleitung von Modellparametern genutzt wurden, die im Rahmen zukünftiger Untergrundmodellierungen, die auf einem geringen Informationsstand basieren, im nächsten Umfeld des Arbeitsgebietes herangezogen werden können.

Summary

The application of geostatistical methods is often limited to areas with large amounts of geological data. This paper describes the performance of parametric studies of the spatial correlation of layer thicknesses in the central area of Berlin where a lot of investigation sites was available. As a result of these parametric studies, model-parameters of the spatial correlation of the layer thicknesses have been derived. With the help of these model-parameters, the application of geostatistical methods will be facilitated for smaller future projects with sparse geological information.

Danksagung

Für das zur Verfügungstellen der zur Durchführung der präsentierten Parameterstudien notwendigen Daten ist einer Reihe von Institutionen und Organisationen Dank auszusprechen. Hier seien insbesondere die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie von Berlin, die Senatsverwaltung für Bauen, Wohnen und Verkehr

von Berlin so wie die Deutsche Bahn Projekt GmbH Knoten Berlin genannt.

Literatur

- AKIN, H. & H. SIEMES (1988): Praktische Geostatistik. Eine Einführung für den Bergbau und die Geowissenschaften. 304 S., Berlin (Springer)
- BLANCHIN, R. & J.-P. CHILÈS (1993): The Channel Tunnel: Geostatistical Prediction of the Geological Conditions and its Validation by the Reality. Mathematical Geology 25, 7, S. 963-974, Columbia
- Burger, H. (1997): 3D-Modelling of Multi-Layer Deposits under Uncertainty. - Proceedings of the IAMG, S. 433-438, Barcelona
- DEUTSCH, C. V. & A. G. JOURNEL (1998): GSLIB Geostatistical software library and user's guide. 369 S., New York (Oxford University Press)
- Isaaks, E. H. & R. M. Srivastava (1989): Applied Geostatistics. 561 S., New York (Oxford University Press)
- Kreuter, H.. (1996): Ingenieurgeologische Aspekte geostatistischer Methoden. Veröff. d. Inst. f. Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana Karlsruhe, Nr. 138, 140 S., Karlsruhe
- HERMSDORF, N. (1995): Zur quartären Schichtenfolge des Teltow-Plateaus. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge **2**, 1, 27-37, Kleinmachnow
- MARINONI, O. & J. TIEDEMANN (1998): Application of geostatistical methods for optimization of geological models. Proc. IAEG Conference, S. 235-242, Vancouver
- Marinoni, O. (2000): Geostatistisch gestützte Erstellung baugeologischer Modelle am Beispiel des Zentralen Bereiches von Berlin. - Diss. am Fachgebiet Ingenieurgeologie der TU Berlin, 149 S., Berlin (Mensch & Buch Verl.)

Anschrift des Autors:

Dr. Oswald Marinoni
Technische Universität Darmstadt
Institut für Angewandte Geowissenschaften
Fachgebiet Georessourcen und Georisiken
Schnittspahnstraße 9
64287 Darmstadt
email: Marinoni@geo.tu-darmstadt.de

BUCHBESPRECHUNG

ZWAHR, H., DOMMASCHK, S., GERBER, R. & H. BAUERHORST (2002): Die Tonlagerstätte Friedland in Mecklenburg - Geschichte, Gegenwart und Zukunft. - Geohistorische Blätter, Berlin, Beiheft 1, 85 S., 52 Abb., 14 Tab., Ahrensfelde ISSN 1436-3135

Das vorliegende Heft erfüllt nicht nur die Erwartungen derjenigen Leser, die sich über die mehr als 200jährige Tradition der Nutzung des Friedländer Tons informieren wollen, sondern gibt auch einen kompakten Überblick über die vielfältigen Forschungen an diesem Gegenstand.

Es handelt sich hier nicht einfach nur um die Lebensgeschichte einer Tonlagerstätte, sondern aufgrund der früh erkannten besonderen Eigenschaften des Friedländer Tons entwikkelten sich bereits seit dem 19. Jahrhundert größerere rohstoffverarbeitende Unternehmen in der Umgebung der Lagerstätte, deren Produkte auch zunehmend international bekannt wurden. Aufgrund der tonmineralogischen Besonderheiten des Friedländer Tons stellten phasenanalytische Untersuchungen an diesem Ton auch immer eine besondere Herausforderung an Tonmineralogen sowie chemisches und mineralogisches Analysenequipment dar. Diese sehr verschiedenen inhaltlichen Schienen in einer Veröffentlichung zu vereinen, ist den Autoren sehr gut gelungen.

Die Arbeit ist in zwei Hauptabschnitte unterteilt, von denen der erste die historische Entwicklung des Tonbergbaus und der zweite die geologische, mineralogische und anwendungsorientierte Erforschung der Lagerstätte zum Gegenstand hat.

Im ersten Teil werden als Ergebnis umfangreicher Recherchearbeit die einzelnen historischen Abschnitte der Lagerstättennutzung beginnend mit der Salower Ziegelei 1794 bis hin zum neu errichteten Tonmahlwerk Friedland 2001 dargestellt. Kartenausschnitte, Fotos des Tagebaubetriebes zu den verschiedensten Zeiten und vor allem eine große Anzahl von Farbdarstellungen aus historischen Erzeugniskatalogen sorgen für Anschaulichkeit. Details und Fotos aus dem Leben Gustav Caesars, der mit der Entwicklung einer qualitativ hochwertigen Fußbodenplatte der Produktion wohl den größten Innovationsschub bescherte, fehlen ebensowenig wie Fakten aus dem Arbeitsleben der Arbeiter und Angestellten der Tonfabrik.

Natürlich auch bedingt durch die Quellenlage nimmt die Schilderung der Entwicklung nach 1945 den größeren Raum im historischen Abschnitt ein. Der Leser erhält sowohl detaillierte Informationen über die Abbautechnologie als auch über die Produktionsschritte im keramischen Produktionsbereich. Die Gründe für die seit 1960 aufgenommene und stetig ausgebaute Produktion von Tonmehl werden erläutert und die Tonnage der einzelnen Produkte mehrfach gegenübergestellt. Das Kapitel schließt mit dem Ausblick auf die geplante Errichtung eines neuen Fliesenwerkes zur Herstellung der typischen unglasierten frostsicheren Friedländer Platten, die

sich an die jüngst modernisierte Förderung bzw. neu errichtete moderne Tonmehlproduktion (fertiggestellt 2001) der Firmen MSR GmbH bzw. frieTON GmbH anschließen soll

Der zweite Teil der Arbeit widmet sich vor allem der Geologie und Mineralogie des Friedländer Tons. Zunächst wird der Erkundungsprozeß der Lagerstätte bis hin zur Erkenntnis ihrer Schollenstruktur beschrieben, dann ausführlich auf mineralogische, chemische und granulometrische Zusammensetzung eingegangen, die dem Ton seine besonderen Eigenschaften verleihen.

Aufgrund der jahrelangen Beschäftigung mit der Materie, insbesondere von der röntgendiffraktometrischen und elektronenmikroskopischen Seite her, gelingt den Autoren die verständliche Abhandlung dieses schwierigen Themas souverän.

Auch für den keramischen Praktiker interessant sind die verarbeitungstechnischen Schilderungen, die das Zusammenspiel zwischen rohstoffspezifischen Kennwerten und keramischem Versatz für bestimmte Produktgruppen widerspiegeln. Darüber hinaus bestechen immer wieder die weitgespannten Einsatzfelder des Friedländer Tons für bentonitanaloge Applikationen über die keramischen Einsatzfelder hinaus, sei es als Bleicherde, Tierstreu, Pelletiermittel, Stabilisierungsmittel in der Brauindustrie oder anderes.

Die Arbeit schließt mit dem sicher nachzuvollziehenden Ausblick, dass die Kette neu zu entwickelnder innovativer Anwendungsprodukte des Friedländer Tons längst noch nicht am Ende gleichzeitig aber auch eine stärkere Wiederbelebung der traditionellen keramischen Produktion möglich ist. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis, das den tieferen Einstieg in alle angesprochenen Aspekte ermöglicht, rundet die Arbeit ab.

Das Heft spricht somit einen breiten Interessentenkreis an und man kann ihm nur eine weite Verbreitung wünschen.

Bestellungen werden beim Verlag für Geowissenschaften, Rebhuhnwinkel 42, 16356 Ahrensfelde, oder per email: Vertrieb@geohistorische-blaetter.de entgegengenommen.

Thomas Höding

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 131–135	4 Abb., 4 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	------------	----------------

Geodaten aus Brandenburg

FRANK LOCHTER & WOLFGANG CZEGKA

Einführung

Aktuelle Geo-Informationen schneller zu bekommen, ist für Firmen ein entscheidender Wettbewerbsvorteil und für Behörden eine unentbehrliche Entscheidungshilfe. Diesem Bedarf müssen verstärkt auch die öffentlichen Einrichtungen als wichtige Geodatenprovider Rechnung tragen.

Die Nutzbarkeit von digitalen Geodaten war früher nur einem exklusiven Spezialistenkreis möglich, der sich mit der Komplexität dieser Daten auskannte. Um den Nutzerkreis zu erweitern und die Wirksamkeit geowissenschaftlicher Fachdaten zu vergrößern, werden international Bestrebungen zur Standardisierung von Geodaten vorangetrieben. Einheitliche Austauschschnittstellen werden definiert, damit der Zugang, die Erreichbarkeit und der Austausch der Geodaten generell erleichtert werden.

Erfolgsentscheidend für nationale Initiativen ist die exakte Einhaltung von Standards. So wurde im Rahmen der Initiative zum Aufbau einer Globalen Geodateninfrastruktur (Global Spatial Data Infrastructure – GSDI) ein "SDI Cookbook" (vgl. Nebert, et al. 2000) durch eine internationale Autorengruppe erarbeitet, der der Autor dieses Artikels angehörte. Dieses "Kochbuch" gibt Hilfestellung beim Aufbau einer nationalen Geodateninfrastruktur und benennt die wichtigsten Prinzipien und Standards.

Eine Geodateninfrastruktur ermöglicht den nationalen und internationalen Nutzern den Zugang zu sowie den Austausch von Geodaten. Außerdem können Softwaresysteme wesentlich kostengünstiger und arbeitsteilig entwickelt werden. Vor allem aber können solche Infrastrukturen langfristig betrieben werden, da die Wartungskosten durch sinnvolle Planung und Modularisierung in standardisierte Komponenten auf alle Geodatenprovider verteilt werden können.

Im Folgenden werden Projekte skizziert, in denen das LGRB aktiv ist, um die Wirksamkeit seiner Geodaten zu verbessern:

- 1. Katalogservice des LGRB,
- 2. GIB Geodaten Infrastruktur Brandenburg,
- 3. Portal der Geologischen Dienste und das
- 4. UDN Umweltdatennetz

Katalogservice des LGRB

Zum 10. Jahrestag des Landesamts für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg am 09. April 2002 sowie zum "Jahr der Geowissenschaften" hat das LGRB, als erstes geologisches Landesamt der Bundesrepublik Deutschland einen Internet-Katalogservice unter der URL: http://katalog.lgrb.de im Internet verfügbar gemacht. Das System dient primär dem Suchenden. Das Konzept ist auf die Kunden des

LGRB ausgerichtet. Der Kunde soll über einen Standard-Internet-Browser ohne zusätzliche Erweiterungen (Plug-ins) räumlich und inhaltlich nach Geodaten-Produkten des Amtes recherchieren und diese einfach bestellen können.

Dieses Geoportal - vom Design her derzeit bewusst schlicht gehalten - orientiert sich semantisch am internationalen Metadatenstandard ISO 19 115-Draft International Standard und ist ein erster online verfügbarer WWW-Service in der Geodaten Infrastruktur Brandenburg (s. Abschnitt 2).

Das System wird mit Partnern technologisch weiter entwikkelt. Parallel dazu geht der Ausbau des Geodatenangebotes einher. Da derzeitig geologische Informationen nicht flächendeckend für das Land Brandenburg digital vorliegen, wird in zwei Stufen vorgegangen.

Um rasch den Bedarf an Geobasisinformationen abzudekken, werden die bis jetzt nur in analoger (gedruckter) Form vorliegende Blätter der Geologischen Karte im Maßstab 1: 25 000 hochauflösend gescannt, georeferenziert, mit ISO-Metadaten versehen und auf CD gepresst. Diese georeferenzierten geologischen Rasterkarten können in die marktüblichen Geoinformationssysteme eingeladen und dort weiterverarbeitet werden. Aus diesen Rasterkarten können qualitativ hochwertige Ausdrucke einer geologischen Karte erstellt werden ("print on demand"-Service). Da die geologische Basiskartierung für Brandenburg i. M. 1:25 000, bis auf Teilbereiche der Lausitz und Prignitz, 80 % der gesamten Landesfläche abdeckt, liegen bei Abschluss der ersten Phase (voraussichtlich Herbst 2002) geowissenschaftliche Basisinformationen sowohl digital als auch analog fast flächendeckend für das Land Brandenburg vor.

In einer zweiten Phase werden die amtsintern vorhandenen und zukünftig erstellten vektoriellen Geodaten als Geodatenprodukt aufgearbeitet. Außerdem werden dazu geeignete digitale Kartenwerke auch als Internetpräsentation erarbeitet. Bei der Entwicklung des Portals wurden die Standards und Standardentwürfe des Open Gis Consortium (OGC) (www.opengis.org) und der ISO genutzt.

Der Katalogservice besteht aus Modulen, die über klar definierte Schnittstellen miteinander arbeiten. Derzeitig sind folgende Module installiert:

- OGC konformer WWW Map Server (Internet-Landkarten)
- OGC konformer WWW Katalogserver (Haltung/Recherche der ISO Metadaten)
- WWW-Portal (Nutzeroberfläche im Internet).

Als WWW-Mapserver wird ein "Open Source" Standardprodukt eingesetzt, welches völlig frei im WWW verfügbar ist. Dieser WWW-Service ist konform zu den Standards des OGC.

Der Katalogserver ist ein WWW-Service, der über eine international genormte Abfragesprache Recherchebedingungen zu Raum-, Sach- und Zeitbezug über Produkte entgegennimmt, eine Produktrecherche startet und die Treffer konform zu ISO Standards liefert. Er ist das Metainformationssystem zu den Produkten einer Institution. Da ein solcher Katalogserver ein klar definiertes Verhalten hat, kann er nicht nur in der Infrastruktur des LGRB, sondern auch aus anderen Projekten abgefragt werden. So wird am LGRB nur ein Metainformationssystem gepflegt, das aber für mehrere Projekte aus dem WWW heraus abfragbar ist. Diese Projekte sind z. B. die GIB (s. Abschnitt 2), das WWW-Portal der Staatlichen Geologischen Dienste (s. Abschnitt 3), das Umweltdatennetz (s. Abschnitt 3), aber auch das hier nicht beschriebene Deutsche Forschungsnetz Naturkatastrophen. Die Anzahl solcher Projekte ist beliebig.

Aus der beruflichen Erfahrung heraus lässt sich sagen, dass nicht der Aufbau eines Informationssystems das Problem ist, sondern der dauerhafte Betrieb einer informationstechnischen Infrastruktur. Deshalb muss der für die IT-Systeme Verantwortliche sehr detailliert die Gesamtkosten eines IT-Systems (Total Cost of Ownership)einschätzen. Diese Kosten ergeben sich nicht nur aus den Erstellungskosten, sondern auch aus den Betriebskosten für das System. Da IT-Technologie sehr schnell veraltet, ist gerade dieser Kostenanteil besonders zu untersuchen. Ziel des LGRB ist es, die Entwicklung der Technologie von Internet-Produktkatalogen (WWW Katalogservice) für Geodaten weitestgehend arbeitsteilig und unter den Regeln der "Open Source" (freie Softwarequellen) mit Institutionen durchzuführen, die ähnliche Aufgabenstellungen bearbeiten. Die einzelnen Module des LGRB Katalogservice sind als "Open Source" Projekt entwickelt worden. Die Orientierung auf "Open Source" bringt zwei Vorteile. Zum einen können alle Bedenken bezüglich der Datensicherheit ausgeräumt werden, da die Quellcodes der Programme frei vorliegen. Zum anderen können Partner diese Quellen arbeitsteilig nutzen und zusätzliche Module entwickeln. Sind diese dann wieder als "Open Source" angelegt, können sie sehr schnell und kosteneffizient entwickelt, verteilt und zu komplexen Systemen integriert werden. Die Softwaremodule sollen mit Eigen- oder Weiterentwicklungen kombiniert werden (CZEGKA, LOCHTER et al. 2002, BRAUNE, CZEGKA et al. 2001).

Der Katalogservice wurde vom LGRB gemeinsam mit den regionalansässigen Firmen Delphi IMM (Potsdam) und Map-Media (Berlin-Tegel) entwickelt.

2. GIB - Geodaten Infrastruktur Brandenburg

Die Initiative "Geodaten Infrastruktur Brandenburg (GIB)" ist eine Kooperation verschiedener brandenburgischer Forschungsinstitutionen, Fachbehörden und Landesbetriebe. Das Ziel besteht darin, eine Geodateninfrastruktur für die Region Brandenburg zu entwickeln, in operationellen Betrieb zu nehmen und diese auch langfristig zu betreiben. Initiatoren der GIB sind das GeoForschungsZentrum Potsdam, das Landesumweltamt Brandenburg (LUA), der Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) sowie das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB). Die GIB ist offen für alle Firmen, Institutionen und Organisationen, die sich aktiv einbringen wollen. Durch den gemeinsamen Aufbau einer Geodateninfrastruktur in Brandenburg sind erhebliche Synergien bei den beteiligten Einrichtungen sowie folgende Potenziale zu erwarten:

- Aufbau eines transparenten Geodatenmarktes in Brandenburg.
- Schaffung wesentlicher Voraussetzungen f
 ür e-Government.
- Know-How-Transfer zwischen den Einrichtungen und abgestimmte Entwicklung von Technologien mit Effektivierung des Mitteleinsatzes.
- Integration in eine nationale und internationale Geodateninfrastruktur durch die strenge Einhaltung internationaler Standards (OGC, ISO).
- Erschließung neuer nutzerfreundlicher Anwendungen durch die Einbeziehung und Verknüpfung der vielfältigen Fachdaten.

Meta-Informationssystem Ergebnis Recherche Nutzeranfrage Ergebnis Recherche Katalog Abfrageergebnis Digit. Daten Ergebnis Meta-Abfrage Katalog Informations-Antwort Daten Abfrage system * Abb. I Katalog Ein Portal greift auf mehrere Katalog-Literatur server (Metainformationssysteme) zu.

Um diese Potenziale zu realisieren, planen die Mitglieder der GIB WWW Katalogservices nach den Standards der ISO und des OGC (www.opengis.org) aufzubauen und zu vernetzen. Über die beteiligten Portale können sich Kunden über alle Geobasis- und Geofachdaten der angeschlossenen GIB-Mitglieder informieren.

Zum Betrieb der in der GIB vorhandenen und geplanten Katalogserver wurde vom LGRB und dem Landesbetrieb für Geobasisdaten Brandenburg (LGB) Ende des Jahres 2001 eine Metadatengemeinschaft (Metadatencommunity) gebildet und ein

ISO konformes Metadatenmodell entwickelt. Das LGRB/LGB Metadatenmodell ist kompatibel zu den Kernelementen der Vornorm (Draft International Standard, DIS) ISO 19 115 der International Organization for Standardization (ISO) vom September 2001. Die Vornorm hat jedoch eine solche Reife, dass zur Verabschiedung des Standards nur noch mit geringfügigen Änderungen gerechnet wird. Das LGRB/LGB Metadatenmodell benutzt deshalb lediglich Kernelemente und einige weiterreichende Metadatenelemente der ISO-DIS, die als "fest" gelten.

Das ISO-DIS Modell definiert mehr als 300 unterschiedliche Metadatenelemente. Diese Metadatenelemente sind in M = (Mandatory) verpflichtende, O = (Optional) optionale und C = (Conditional) unter bestimmten Umständen verpflichtende Elemente unterteilt.

Das ISO-DIS Metadatenmodell ist aus schalenförmigen Schichten, den Kern (essential profile; core)-Komponenten, den weiterreichenden (comprehensive) und den erweiterten (extended) Metadatenelementen aufgebaut. In der Praxis bildet jede Metadatencommunity ihr spezifisches Community Profile aus (Abb. 2). Die Metadatencommunity LGRB/LGB bewegt sich im Bereich der Kernmetadatenkomponenten. Das vom LGRB und LGB gemeinsam entwickelte Metadatenmodell ist vollständig ISO-DIS 19 115 kompatibel, d. h. es

- vollzieht die von ISO-DIS 19 115 vorgegebene Semantik nach,
- nutzt die in der ISO-DIS 19 115 definierten Datenelemente "eindeutig" (in Nomenklatur und Inhalt) und
- erhält die von ISO-DIS 19 115 definierten Verbindungen innerhalb der "ISO 19 100 Familie".



Abb. 2 Das Schalenmodell des ISO-DIS 19 115

Das LGRB leitet eine SpezielleInteressenGruppe für Metadaten (SIG Metadaten) im Rahmen der GIB-Initiative. In dieser SIG wird der ISO Standard publiziert und weitere Mitglieder in die Metadatencommunity aufgenommen. Mitglieder sind neben dem LGRB und dem LGB z. Z. das Landesumweltamt, das GeoForschungsZentrum Potsdam und die Firma Delphi IMM. In der SIG wurde eine Übereinkunft erzielt, dass alle laufenden Entwicklungen auf das bereits erarbeitete Metadatenmodell aufsetzen. Erst wenn die ISO 19 115 verabschiedet ist, wird es, falls notwendig, zu einer Weiterentwicklung

kommen. Sie wird zweiffellos ohne großen Aufwand durchführbar sein, da die Metadaten im XML-Format vorliegen und Migrationen einfach durch Style-Sheet-Transformationen (XSLT) erfolgen können.

Neben dem Produktkatalog stellt das LGRB auch einzelne Geodatensätze in das Internet ein. So wurde bereits die Hydrogeologische Karte des Landes Brandenburg im Maßstab 1:50 000 (HYK 50) als WWW-Applikation (http:// katalog.lgrb.de/hyk/) implementiert und es werden weitere Geodatenbestände für eine solche Präsentation vorbereitet. Die Bereitstellung komplexer geowissenschaftlicher Sachverhalte, wie z. B. der HYK 50 des Landes Brandenburg ermöglicht dem Nutzer den interaktiven Zugang zu sehr komplexen Informationen (Interaktive Geologie). Im Gegensatz zu einer gedruckten Karte kann eine solche Applikation viel spezifischer auf die Bedürfnisse des Nutzers hin gestaltet werden, indem er die Themen und die Region frei wählen kann. Ein solches Produkt ist dann auch als ein Metadatensatz im WWW-Katalogservice vorhanden und über diesen erreichbar.

Gemeinsames WWW-Portal der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD)

Die IT-Verantwortlichen der Staatlichen Geologischen Dienste (BIS-Steuerungsgruppe) erarbeiten in einer Arbeitsgruppe der Länder Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg und Brandenburg zusammen mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe eine erste Version für ein gemeinsames Web-Portal der SGD. Dort sollen über die Internetadresse www.infogeo.de:

- allgemeine Informationen über die Aufgaben der SGD, aber insbesondere
- Angaben über Leistungen/Produkte der SGD und deren Bezugsbedingungen

bereitgestellt werden. Damit wird dieses Portal zentraler Einstiegspunkt für alle Geologischen Dienste in Deutschland. Die Produkte und Leistungen der SGD sollen über einen WWW-Katalogservice zur Verfügung gestellt werden. Die mögliche Architektur dieser Lösung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Gemeinsames WWW-Portal der SGD (Version 1.0)

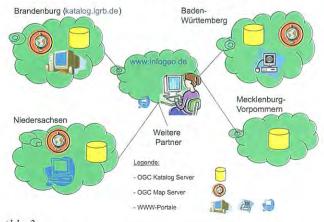


Abb. 3 Architektur des WWW-Portals der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD)

Dabei ist besonders auf die Einhaltung der ISO 19 115 (Mindestdatensatz gemäß "Essential Profile") zur Erstellung der Metadaten zu achten. Der WWW-Katalogservice wird in den Komponenten WWW-Map Server und WWW-Katalogserver konform zu den OGC-Standards implementiert.

Die in Brandenburg entwickelten Module des WWW-Katalogservice werden in diesem Projekt wiederverwendet und daher gemeinsam und kostenteilig weiterentwickelt.

4. Umweltdatennetz UDN

Die Daten aus Geo-, Klima- und Umweltforschung wie auch der Fernerkundung sind heute meist über das Internet erreichbar.

Portale wurden von den einzelnen Institutionen separat organisiert.

Aus ihrer historischen Entwicklung heraus sind diese Systeme hinsichtlich Architektur, Funktionalität und Schnittstellen sehr unterschiedlich. Es fehlen teils Übersichten zu den Angeboten und Beschreibungen, wie auf die Daten zugegriffen werden kann. Der direkte Kontakt zum Datenzentrum ist dann nötig. Die heute zu lösenden Probleme sind oft so komplex, dass Geobasisinformationen und abgeleitete Produkte aus unterschiedlichsten Institutionen (Umwelt. Klima, Fernerkundung etc.) gleichzeitig benötigt werden. Aus diesem Grund bildete sich aus der Arbeitsgruppe Umweltdatenmanagement (http://www.helmholtz.de/forschung/fbereiche/ umweltdaten/fs index.html) der Hermann von Helmholtz Gemeinschaft deutscher Forschungszentren eine Initiative "Umweltdatennetz (UDN)" zum Aufbau eines interoperablen Informationssystems für den einheitlichen Zugriff auf diese heterogenen Datenbestände. Das LGRB stellt dieser Arbeitsgruppe eigene praktischen Erfahrungen beim Aufbau von WWW-Katalogservices zur Verfügung. Zur Recherche über bestehende Umwelt-, Klima- und Geodaten sollen WWW-Katalogservices eingesetzt werden. Diese Systeme erlauben, über beschreibende Information (ISO 19 115 konforme Metadaten) auf relevante Daten und Produkte zuzugreifen.

Ziel des Projektes ist die Vernetzung der in den beteiligten Einrichtungen existierenden Informationssysteme, die teilweise einen sehr hohen Entwicklungsstand aufweisen. Durch einen einheitlichen Zugang kann Nutzern von Umwelt- und Geodaten die zeitaufwendige Suche in einer Reihe von sehr unterschiedlich aufgebauten Informationssystemen erspart werden.

Ein einheitlicher Zugang zum Datenbestand erleichtert den Zugriff und spart Nutzern die Einarbeitungszeit in die Applikation sowie Beratungsmehraufwand auf Seiten des Datenzentrums.

Das System soll über ein WWW-Portal erreichbar sein. Die sogenannte "one shop approach" ermöglicht die zentrale Suche über alle beteiligten Metadatenkataloge. Diese Kataloge sind vom WWW aus erreichbar. Der Zugriff auf Daten soll über deren Metadaten ermöglicht werden. Zusätzlich ist ein Sicherheitskonzept nötig, um u. a. den Urheberrechtsschutz zu gewährleisten bzw. vertrauliche Daten vor unberechtigter Nutzung zu schützen. Ziel ist es nicht, eine e-Commerce-Komponente zu implementieren, wohl aber sollen zum Nachweis der Relevanz der präsentierten Daten und zur Abrechnung der Aufwände der beteiligten Partner die Downloads protokolliert und ausgewertet werden.

Das Umweltdatennetz ist ein sehr wichtiges Projekt, um

- die Wirksamkeit der umfangreichen Geodaten der beteiligten Großforschungseinrichtungen und weiterer Partner zu verbessern und
- dem Datensuchenden eine wertvolle Suchmaschine für Geodaten zu liefern.

Schlußbemerkung

Die Techniker und IT-Verantwortlichen sind fasziniert von vernetzten Produktkatalogen für Geodaten und bestärken die hohen Erwartungen eines breiten Nutzerkreises. Ein gebündeltes Angebot wird generell mehr Möglichkeiten bieten als ein einzelnes Portal. Der Grundsatz der dezentralen Erfas-

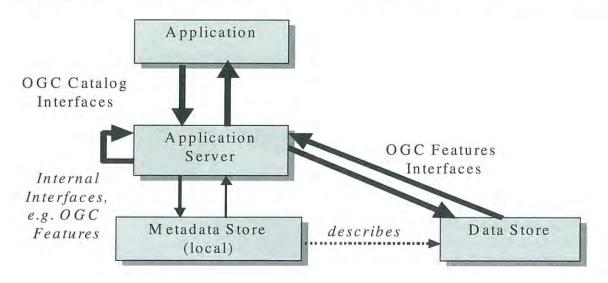


Abb. 4 Zugriff auf Daten über Metadaten

sung aller beschreibenden Produktinformationen (Metadaten) bei den spezifischen und kompetenten Datenprovidern kann eingehalten werden, obwohl der Nutzer über ein zentrales Portal recherchieren kann.

Problematisch gestalten sich die Diskussionen zur Abgleichung der Inhalte der Metadaten und der gemeinsamen Interpretation der ISO-Vornorm für Metadaten. Außerordentlich schwierig ist auch die Finanzierung solcher Projekte. Zum einen sind die Mittel im öffentlichen Bereich stark limitiert und zum anderen ist der Mehrwert, der durch den Aufbau solcher Infrastrukturen geschaffen wird, nicht direkt bei den Erzeugern von Geodaten wirksam, sondern bei den Konsumenten. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muß deshalb ganzheitlich gemacht werden. Andere Länder wie Kanada oder Australien sind auf diesem Sektor erheblich fortgeschrittener als Deutschland und haben den volkswirtschaftlichen Wert von Geodaten erkannt und nationale Initiativen gestartet.

Zusammenfassung

Das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg ist wichtigster Geodatenlieferant für den Untergrund des Landes Brandenburg. Das LGRB füllt und betreibt die Lithothek des Landes Brandenburg und setzt modernste Internettechnologien ein, um als Dienstleister die Wirksamkeit der geowissenschaftlichen Fachdaten zu erhöhen, die wirtschaftliche Entwicklung im Land zu befördern und die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen Brandenburgs zu fördern. Zur Beschreibung der Daten werden ISOkonforme Metadaten erzeugt. Diese Metadaten werden in einen WWW-Katalog importiert und den Nutzern zur Recherche und zur Bestellung der Daten über einfache WWW-Browser zur Verfügung gestellt. Das LGRB engagiert sich in mehreren Initiativen für die Einhaltung von internationalen Standards, um die WWW-Kataloge unterschiedlicher Institutionen miteinander zu vernetzen. Durch Einhaltung international genormter Schnittstellen für WWW-Kataloge kann der Nutzer über die Angebote unterschiedlicher Anbieter mit einer Applikation (einem WWW-Portal) recherchieren. Damit wird die Attraktivität der Portale gesteigert,

Summary

The Brandenburg Geological Survey (LGRB) is the most important geodata provider for the lithospheric underground in the Brandenburg state. We run the lithotheque of the state of Brandenburg. The LGRB as a service provider uses most advanced internet technologies to increase the potency of geodata. Moreover it supports the economic and sustainable development of the natural resources of the state of Brandenburg. ISO compliant meta data are used to describe the geodata. Within standard WWW browsers users can retrieve geodata using the metadata imported in WWW catalog systems. The LGRB is active in several initiatives to increase the usage of international norms to network the WWW catalogs. By using international norms for WWW catalog service systems users can retrieve products of all institutions connected within a network via a WWW portal. That increases the attractiveness of the portal.

Literatur

Braune, S., Czegka, W. & F. Mie (2001): Einsatz von Metaserver und GeoLocator in online Geoinformationssystemen. - Z. geol. Wiss. 29, S. 431 - 438, Ahrensfelde

CZEGKA W., LOCHTER, F. A. & S. FREY (2002): Geo-Daten für Brandenburg. - Das ISO 19 115 konforme Metadatenmodell des LGRB (Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg) und LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg) im Rahmen des Katalogservice der Initiative Geodaten Infrastruktur Brandenburg (GIB). - In: Blaschke, Th., Griesebner, G. & J. Strobl (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV. - S. 93-99, Heidelberg (Wichmann)

Geographic information - Metadata. - Draft international Standard ISO/DIS 19 115 (ISO/TC211) (Version: 2001-09-20), Genève

NEBERT, D. et al. (2000): The SDI Cookbook - Developing Spatial Data Infrastructures. - HTTP://www.GSDI.ORG/PUBS/COOKBOOK/COOKBOOK0515.PDF

Anschrift der Autoren: Dr. Frank Lochter Dipl.-Min. Wolfgang Czegka Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 156

LANDESAMT

Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000 (BÜK 300) Grundkarte Bodengeologie

DIETER KÜHN

Mit der BÜK 300 liegt nun eine aktuelle flächendeckende Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg vor. Im Vergleich zu anderen Landesübersichtskarten ist die BÜK 300 sehr detailliert. Einerseits werden Nutzerinteressen nach einer flächendeckenden Karte befriedigt, andererseits ist der Maßstab von 1:300 000 für Landesaufgaben geeignet, bevor weitere flächendeckende Kartenwerke für Brandenburg in einem größeren Maßstab erstellt sind. Die BÜK 300 ist eine digitale Karte mit Flächendatenbank. In der Regel werden digitale Kartenwerke nicht nur in dem ursprünglichen Zielmaßstab genutzt, sondern auch auf größere mittelmaßstäbige Bereiche projiziert, solange andere Kartenwerke im gewünschten Maßstab fehlen. Deshalb gibt diese Karte nicht nur eine Übersicht, sondern liefert bereits Grundlagen für konkrete Aufgaben, wie z. B. die Landes-, Bodenschutz- oder Raumplanung auf Landesebene. Ferner wurden mit dieser Karte die Voraussetzungen für die Entwicklung einer flächendeckenden BÜK 200 geschaffen. Für die Kartenerstellung wurden alle verfügbaren und mit vertretbarem Aufwand interpretierbaren Quellen verwendet. Inhalt, Qualität und Flächendeckungsgrad dieser sind sehr unterschiedlich und haben deshalb auch in sehr verschiedenem Maße zum Entwurf der Karte beigetragen. Priorität hatten die Aussagen jener Unterlagen, die eine hohe Auflösung auf Basis sehr detaillierter Geländebefunde haben.



Ausschnitt des Deckblattes

Bodenkundlich gut interpretierbare Unterlagen waren nicht flächendeckend in gleicher Qualität vorhanden. Während der Kartenerstellung gewonnene Geländebefunde dienten vor allem in Gebieten mit fehlenden Unterlagen, wie z. B. Bodenschätzung und Geologische Spezialkarte 1: 25 000 einer groben Absicherung der Interpretationen und Legendenzuordnung. Dies wurde insbesondere

in Räumen notwendig, in denen neben älteren auch neuere Geländebefunde selten sind, die nach Regeln der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage (AG-Boden 1994) aufgenommen wurden. Die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standorterkundung 1:100 000 wurde nur zur inhaltlichen Charakterisierung herangezogen, weil sie im Wesentlichen eine Ableitung aus wieder verwendeten Unterlagen mit sehr unterschiedlich intensiven Geländeuntersuchungen war. Luftbilder und die Topographische Karte 1:25 000 lieferten Hinweise zur aktuellen anthropogenen Inanspruchnahme der Böden. Insbesondere der Bebauungstyp und der Flächendeckungs-/Versiegelungsgrad lassen Schlussfolgerungen über die Intensität der anthropogenen Überprägung zu.

Die Interpretation der Unterlagen wurde auf Manuskripten im Maßstab 1:25 000 dokumentiert. Mit diesen Manuskripten erfolgte eine erste grobe inhaltliche Kennzeichnung zur Identifikation von Kartiereinheiten (Einzelflächen).

Insgesamt wurden auf diesem Wege 294 Manuskriptkarten (auf Basis der TK 25 mit Randblättern) bearbeitet, die anschließend generalisiert und verkleinert in das Gesamtmanuskript der Endkarte übernommen wurden. Die Endmanuskripte wurden digitalisiert. Um zu einer Blattrandlegende zu gelangen, wurde ein Zuordnungsregelwerk für die Bildung blattschnittfreier Generallegendeneinheiten entwickelt. Letztere stellen inhaltliche Zusammenfassungen nach feststehenden, vergleichbaren und ergänzbaren Kriterien dar. Durch folgende Schritte wurden die Kartiereinheiten (Einzelflächen) den 99 Blattlegendeneinheiten zugeordnet:

- 1. Schritt: Zuordnung nach der flächenhaft dominierenden Substratgenese innerhalb einer Kartiereinheit
- 2. Schritt: Zuordnung nach einer flächenhaft dominierenden Bodenartenschichtung oder einer vorwiegenden Kombination von Bodenartenschichtungen
- 3. Schritt: Zuordnung nach einer flächenhaft dominierenden Pedogenese oder einer vorwiegenden Kombination von Pedogenesen
- 4. Schritt: Zuordnung nach einer untergeordneten oder flächenhaft begleitenden Pedogenese
- 5. Schritt: Zusammenfassung der Generallegendeneinheiten (Ergebnis Schritt 1 4) nach der stärksten Ähnlichkeit zu Blattlegendeneinheiten

Diese Methode der Zuordnung, verbunden mit dem Bestreben, im Maßstab 1:300 000 darstellbare Inhalte wiederzugeben, hat zu einer flächendeckenden Grundlage für verschiedenste Nutzer geführt. Die Karte wird auch digital vertrieben. Eine zu erarbeitende digitale Flächendatenbank liefert in Kürze die Voraussetzungen für die Anwendung bundesweit abgestimmter Auswertungsmöglichkeiten, die in der Landesplanung Verwendung finden.

Annotation

Bauriegel, A., Kühn, D., Schmidt, R., Hering, J. & J. Hannemann (2001): Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000 – Grundkarte Bodengeologie. - Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt Brandenburg, Kleinmachnow/Potsdam

Vertrieb

Die Karte ist über das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow sowie über den Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 103, 14473 Potsdam zum Preis von 13 Euro zu beziehen.

Anschrift des Autors: Dr. rer. nat. Dieter Kühn Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 157

Geowissenschaftler Berlin - Brandenburg

Traditionelle 1. Mai-Exkursion der Geowissenschaftler der Bundesländer Berlin und Brandenburg

WOLFGANG BARTMANN

Ein wesentlicher Impuls für die persönlichen Kontakte aller Geo-Interessierten aus Berlin und Brandenburg und das Kennenlernen der heimatlichen Region geht von der an jedem 1. Mai durch die "Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e.V." organisierten Exkursion aus. Sie ist ein besonderer Höhepunkt im Vereinsleben der Geowissenschaftler Berlin und Brandenburgs. Die im Heft 1/95 dieser Zeitschrift begonnene Auflistung der stattgefundenen Exkursionen soll hier fortgeführt werden.

Nach 1994 hatte die 1. Mai-Exkursion folgende Ziele:

- 1995 das Gebiet um Biesenthal und den nördlichen Barnim (Führung: Dr. P. Gärtner, Prof. Dr. B. Nitz, Dr. L. Schirrmeister, Dr. I. Schulz, Dr. N. Schlaak)
- 1996 Natursteine im Zentrum von Berlin (Führung: Prof. Dr. J. H. Schröder, Dr. A. Ehling,
- Dr. F. Damaschun, A. Rentmeister, Dr. U. Jekosch)
- 1997 Raum Frankfurt/Oder Eisenhüttenstadt Führung: Dr. F. Brose, R. Schulz, Prof. J. H. Schröder)
- 1998 Westliches Havelland (Prof. R. Weiße, H. Ziermann, Dr. S. Rutter, H. Krüger, A. Wernicke)
- 1999 der Großtagebau Rüdersdorf mit seinem neuen Zementwerk (Wiederholung aufgrund der großen Nachfrage, 1. Exkursion war 1991), (Führung: Prof. Dr. K.-B. Jubitz, Dr. F. Brose, H.-J. Streichan)
- 2000 Jubiläumsexkursion nach Sperenberg und Umgebung mit einer Besichtigung des Bohrkern- und Probenarchivs des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Wünsdorf (1. Exkursion war 1990) (Führung: H. Beer, D. Göllnitz, Dr. Juschus, Dr. J. Kopp, C. Preuss)
- 2001 Oderbruch (Führung: Dr. F. Brose, R. Carls, G. Grützmacher, R. Schulz)
- 2002 Märkische Schweiz (Führung: Dr. F. Brose, G. Grützmacher, Dr. M. Hannemann, H. Jortzig, U. König, Dr. H. Lehrkamp, F. Ludwig, R. Schulz, N. Wedl)

Die Exkursionen erfreuen sich auch bei den Familienangehörigen und Naturbeflissenen großer Beliebtheit. Zur Jubiläumsexkursion nach Sperenberg folgten mehr als 50 Interes-



Einführung in die Geologie der Salinarstruktur Sperenberg in den dortigen Gipsbrüchen

sierte der Einladung (Abbildung, hier stellvertretend für die traditionell hohe Teilnehmerzahl bei allen Exkursionen), um die Gipsbrüche zu sehen und Näheres über die Geologie des Salzstockes Sperenberg sowie der Umgebung zu erfahren.

Die bei einer derart hohen Beteiligung aufwändige Organisation und Leitung der Exkursionen lag in den bewährten Händen des Vorstandes und seinen unermüdlichen Helfern. Ihrem Geschick und der Kompetenz der Exkursionsführer ist die bisherige Erfolgsserie zu verdanken. Dass es zukünftig so bleiben möge, wird auch am aktiven, ehrenamtlichen Mittun möglichst vieler Mitglieder unseres wissenschaftlichen Vereins liegen.

Anschrift des Autors: Dr. Wolfgang Bartmann Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 158

LANDESAMT

10 Jahre LGRB

Anläßlich des 10-jährigen Gründungsjubiläums des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) fand an seinem Hauptsitz in Kleinmachnow am 09. April 2002 eine Festveranstaltung und ein "Tag der offenen Tür" statt. Eine Parallelveranstaltung in kleinerem Rahmen wurde im Regionalbüro in Frankfurt (Oder) durchgeführt.

Dr. Wolfgang Fürniß, Minister für Wirtschaft des Landes Brandenburg, betonte in seinem Grußwort die Leistungsbereitschaft und Kompetenz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LGRB, das durch die Erarbeitung exakter Daten ein zuverlässiger Partner für die Landesregierung ist.



Abb. 1 Der Direktor des LGRB (Mitte) und seine Abteilungsleiter führen den Minister für Wirtschaft des Landes Brandenburg, Dr. Wolfgang Fürnis in das Amtsgebäude der Dienststelle in Kleinmach-

Der Direktor des Amtes, Dr. Werner Stackebrandt, wies in seiner Begrüßung darauf hin, dass in den 10 Jahren des Bestehens der Fachbehörde über 11 000 Beratungsleistungen als Träger öffentlicher Belange erfolgten, mehr als 200 neue geologische und thematische Karten in unterschiedlichen Maßstäben zum Land Brandenburg erarbeitet wurden und dass die Nutzer, Wirtschaft, Bürger und Landesbehörden, auf einen ständig wachsenden Datenfundus des LGRB in Form moderner Datenbanken, Archive und Bibliotheksbestände zurückgreifen können. Mit rechtzeitig verfügbaren geologischen Daten zur Oberfläche und zum Untergrund sollen auch künftig Fehlplanungen vermieden, Kosten reduziert, Ansiedlungschancen verbessert und die wirtschaftliche Landesentwicklung unterstützt werden.

Der Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Herr Prof. Dr.- Ing. Friedrich-Wilhelm Wellmer, betonte in seinem Festvortrag, dass die Staatlichen Geologischen Dienste unabdingbar für die wirtschaftliche Entwicklung der einzelnen Bundesländer Deutschlands sind: "Wenn es diese Geologischen Dienste nicht gäbe, müßte man sie schleunigst erfinden".



Abb. 2
Besucher am Stand "Ingenieurgeologie". Links im Bild das Flachbohrgerät des Amtes.

Zahlreiche Besucher informierten sich am "Tag der offenen Tür" über das Aufgabenprofil und das Dienstleistungsangebot des LGRB. Besondere Aufmerksamkeit fanden unter anderem die Probenahme an der Grundwassermessstelle des Amtes, die technisch-laborativen Verfahren in der Geochemie, Sedimentuntersuchung und Ingenieurgeologie, die Datenbasis des Amtes in Gestalt des Archivs, der Bibliothek und der GeoDaB sowie die aktionsreiche Simulation des Abteufens einer geologischen Flachbohrung.

Großen Interesses erfreute sich ein Videofilm über die Entstehung der eiszeitlichen Landschaft Brandenburgs mit zusätzlichen Erläuterungen durch den Autor und Produzenten. Aufgrund der besonderen Anschaulichkeit des Videofilms gab es für einige Schulen der Region bereits Folgeveranstaltungen zur Unterstützung des Geographie-Unterrichts.

Aus Anlaß des Jubiläums wurde vom Wirtschaftsminister ein IT-gestütztes Katalogsystem des LGRB im Internet eröffnet, mit dem ein weltweites Recherchieren und Bestellen von Produkten der Fachbehörde möglich ist.

Etwa 210 Gäste des LGRB konnten sich davon überzeugen, dass in dem rekonstruierten und erweiterten Amtsgebäude eine gute fachliche Arbeit zum Wohle der Bürger Brandenburgs geleistet wird. Das große Besucherinteresse ließ frühzeitig den Entschluß reifen, die "tiefschürfende" Arbeit der geologischen Fachbehörde Brandenburgs bereits im nächsten Jahr wieder für die breite Öffentlichkeit transparent zu machen.

Autoren:

Dr. W. Bartmann, Dr. W. Stackebrandt Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow

Mitteilung aus dem Landesamt No. 159

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 139–152	7 Abb., 18 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	------------	-----------------

Der "Geopark Muskauer Faltenbogen" – Machbarkeitsstudie als Meilenstein zur Entwicklung eines UNESCO-Geoparks"

Push Moraine "Geopark Muskauer Faltenbogen" – feasibility study for a UNESCO Geopark

"Geopark Łuk Mużakowa" - studium wykonalności kamieniem milowym w tworzeniu geoparku UNESCO

HARTMUT REIN, MICHAEL K. BRUST, JACEK KASIŃSKI, HANNS KASTNER, JACEK KOŹMA, ELLEN KRUKENBERG, MANFRED KUPETZ, JOCHEN RASCHER & ALEKSANDER SCHWIERZY

Am allermerkwürdigsten aber ist das bereits erwähnte halbkreisförmige Stück der Endmoräne, welches von Groß-Kölzig über Weißwasser und Muskau nach Triebel verläuft. Das nach Norden geöffnete Moränenamphitheater besitzt einen Radius von etwa 10 km und die ihn bildende Endmoräne eine sich außerordentlich gleichbleibende Breite von 3,5 km bei einer Länge von 33 km Das geologische Bild dieser Endmoräne im Spezialkartenmaßstabe muß eines der merkwürdigsten werden, die im norddeutschen Flachlande jemals zur Darstellung gelangen werden.

Konrad Keilhack (1858-1944) Professor und Geheimer Bergrat an der Preußischen Geologischen Landesanstalt Berlin

1. Vorgeschichte

Ausgehend von seiner naturräumlichen Ausbildung, ganz wesentlich aber auch wegen seiner historischen Bedeutung für den unter- und übertägigen Braunkohlenbergbau, laufen seit etwa 1994 Bemühungen, den Muskauer Faltenbogen zu einem Geopark zu entwickeln. Von kommunalpolitischer Seite werden die Bestrebungen vom Landkreis Spree-Neiße im Land Brandenburg (Schulze 1998, 2001), dem Niederschlesischen Oberlausitzkreis in Sachsen und der Wojewodschaft Lubuskie in Polen getragen. Der Landkreis Spree-Neiße hat hierzu am 01.07.1998 einen Kreistagsbeschluß gefaßt. Aus Sachsen und Polen liegen Willensbekundungen vor.

Erste maßgebliche Untersuchungen über den Geopark wurden 1999 in einem durch die Gemeinsame Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg beauftragten Geotopschutzgutachten vorgelegt (HÜBNER, F., MEIER, J. & J. RASCHER 1999).

Aus Sicht der Landesplanung hat der Geoparkgedanke in Brandenburg seinen Niederschlag 1997 im Sanierungsplan Döbern (landesplanerisches Ziel: Erhaltung der für den Faltenbogen charakteristischen Glazialmorphologie (Verordnung ... 1997)) und in Sachsen in der gegenwärtig laufenden Braunkohlenplanung zum Objekt "Altbergbau Muskauer Faltenbogen" (Ziel: Einrichtung eines länderübergreifenden Geoparks; Krone 2000, S. 61) gefunden.

Von geowissenschaftlicher Seite wird das Vorhaben durch das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB), das Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen (LfUG) sowie das Panstwowy Instytut Geologiczny (PIG), Warschau befördert bzw. fachlich begleitet. Die Gesellschaft für Geowissenschaften e. V. Berlin (GGW) hat im Vorfeld der Schaffung einer eigenen Geoparkinfrastruktur einen Arbeitskreis "Muskauer Faltenbogen" gebildet, dessen Ziel darin besteht, Einzelaktivitäten zusammenzufassen und eine länderübergreifende Informations- und Diskussionsplattform anzubieten.

Unter <u>www.muskauer.faltenbogen.de</u> sind Informationen im Internet verfügbar.

Zeitparallel zu den ersten planerischen Bemühungen um den Geopark konfigurierte sich die Internationale Bauausstellung (IBA) "Fürst-Pückler-Land", Sitz Großräschen. Bereits frühzeitig fand das Vorhaben Aufnahme in den Projektkatalog der IBA (Kuhn 1999).

2. Veranlassung

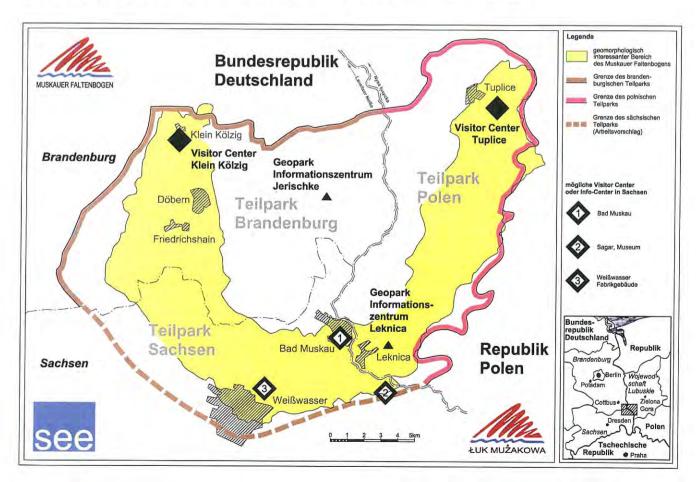
Die Konzipierung des Geoparks hat seine Wurzeln zum einen in seiner Besonderheit als Glaziallandschaft mit einer außerordentlich schön entwickelten Stauchendmoräne, die bereits den "alten Geologen" ins Auge fiel. Hierfür mag das Zitat von Keilhack stehen, das in einem Tätigkeitsbericht

der Preußischen Geologischen Landesanstalt für das Jahr 1904 publiziert worden ist (Keilhack 1907). Zum anderen verbindet sich mit der Entwicklung eines länder- und staats- übergreifenden Geoparks nicht nur die berechtigte Hoffnung auf ein durch Tourismus begünstigtes Wirtschaftswachstum, sondern auch auf eine politisch bedeutsame Kooperation zwischen den brandenburgischen, sächsischen und polnischen Partnern (Schulze 2001).

Von geowissenschaftlicher Seite, fußend auf einer generellen Bewertung der Gesamtstruktur des Muskauer Faltenbogens als Geotop von überregionaler Bedeutung (KUPETZ 1996, KUPETZ & MANHENKE 1997) sowie einer modernen glazialtektonischen Bearbeitung (KUPETZ 1997 sowie KUPETZ & KESS-LER 1997) erfolgte 1999 eine detaillierte Erfassung und Bewertung von Einzelgeotopen im Betrachtungsgebiet sowie eine Beurteilung der generellen Perspektiven für einen Geopark (HÜBNER et al. 1999, RASCHER et al. 2000). Methodisch wurde dabei analog der Ausweisung von Nationalparks. Natur- und Landschaftsschutzgebieten oder Naturparks vorgegangen. Für diese werden i. d. R. naturschutzfachliche Gutachten erarbeitet, die Fauna, Flora und Biotope des Betrachtungsgebietes untersuchen. Entsprechend wurde für den Muskauer Faltenbogen eine Grundlagenermittlung (geographische und geologische Einordnung, Geotoperfassung und -typisierung, geologisch überregionaler Vergleich u. a.) und

deren Bewertung für einen Geopark (Rahmenkonzept) vorgenommen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen konnte die Aufgabenstellung für eine detaillierte Machbarkeitsstudie erarbeitet und durch die Gemeinsame Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg in Zusammenarbeit mit der IBA "Fürst-Pückler-Land" vergeben werden. Entsprechend der gegebenen Rahmenbedingungen bezieht sich diese zunächst im Wesentlichen auf die Länderanteile von Brandenburg und Polen (Abb. 1).

Um das Problem umfassend beleuchten zu können, wurde eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe gebildet (Plan 421/ GEOmontan/proGEOprojects/Panstwowy Instytut Geologiczny), die mit Fachkompetenzen auf den Sektoren Tourismusmanagement und Gesamtleitung (H. Rein), geowissenschaftliche Fragen und Lokalkenntnisse in Brandenburg und Sachsen (J. RASCHER), geowissenschaftliche Fragen und Koordinierung in Polen (J. R. KASINSKI & J. KOZMA), architektonisches Konzept für das Visitor Center Brandenburg (H. KASTNER), Museumspädagogik (M. K. BRUST) sowie Trägermodell für den Geopark (A. Schwierzy) ausgestattet ist. M. KUPETZ war im Auftrag des Arbeitskreises der GGW vermittelnd und beratend tätig. Im Folgenden werden thesenhaft wichtige Ergebnisse der Machbarkeitsstudie (Rein et al. 2001) in Form eines Abrisses, der keinen vollständigen Überblick vermitteln kann, vorgestellt.



- Abb. 1 Die räumliche Konzeption des Geoparkes "Muskauer Faltenbogen/Luk Muzakowa"
- Fig. 1 The area of the Geopark "Muskauer Faltenbogen/Luk Muzakowa"
- Ryc 1 Przestrzenna koncepcja geoparku "Luk Muzakowa"

3. Entwicklungsziele des Geoparks Muskauer Faltenbogen

Der Begriffsbestimmung für Geoparks liegt an dieser Stelle die durch die UNESCO herausgegebene und von der Arbeitsgruppe Geotopschutz der Deutschen Geologischen Gesellschaft (DGG) untersetzte vorläufige Definition zu Grunde. Danach umfaßt ein Geopark geschützte und nicht geschützte Geotope, die als geologisches Erbe von besonderer wissenschaftlicher Bedeutung, besonders selten oder besonders schön sind. Neben die geologische Bedeutung können auch archäologisch, historisch oder kulturell bedeutsame Aspekte treten. Ein Geopark wird von einem Träger geführt und im Sinne der Öffentlichkeitsarbeit, Geodidaktik und Tourismusförderung nachhaltig erschlossen. Ein Geopark stellt keine eigene Schutzkategorie dar. Er kann gesetzlich geschützte Flächen und Objekte einschließen und berücksichtigt deren Schutzausweisung. In einem Geopark werden Methoden des Geotopschutzes praktiziert, wie der Schutz von Aufschlüssen typischer Gesteine, Mineralien, Fossilien und Landschaftsmerkmalen. Ein Geopark dient als Instrument der Umwelterziehung. Er fördert die Ausbildung und Forschung in den Geowissenschaften.

In der Tourismusbranche wird unter dem Begriff Geopark nicht selten im Sinne einer spezifischen Form des Geotourismus ein Themenpark im Sinne des Tourismusmarketings verstanden. Es ist davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren auch Tourismusunternehmen als Geopark entstehen oder entsprechende Namensänderungen bestehender Unternehmen zu erwarten sind, ohne dass diese den Kriterien eines UNESCO-Parkes entsprechen wollen.

Geologischer und geomorphologischer Aufbau des Muskauer Faltenbogens. Das Gebiet umfaßt eine Stauchendmoräne mit einer tiefreichenden (ca. 300 m), glazialtektonischen Großdeformation. Morphologisch bildet sich der Faltenbogen als ca. 45 km langer, hufeisenförmiger Stauchendmoränenbogen mit einem glazilimnischen Becken im Hinterland ab. Im Detail handelt es sich um eine komplex strukturierte Glaziallandschaft mit materiellen Zeugen aller drei nordischen Vereisungen. Die Faltenbogenstruktur selbst, das Bahrener Becken in seinem Hinterland sowie die ihn umrandenden Rinnen sind der Elstereiszeit zuzuordnen. Saaleeiszeitliche Alter (Warthestadium) weisen die weitgehende Verebnung des Faltenbogens, umfangreiche glazifluviatile Kiesablagerungen, Grundmoränen im Hinterland, die Radener Endmoräne und ein Kranz von Sandern an seinem Südrand auf. Der Weichselkaltzeit zugehörig sind schließlich Dünen- und ausgeprägte Windkanterbildungen.

Das morphologisch sanft gegliederte Gebiet hat sich als Ergebnis einer Jahrhunderte langen agrar-, forst- und bergbauwirtschaftlichen Nutzung zu einer dem mitteleuropäischen Raum entsprechenden Kulturregion entwickelt. Der Muskauer Faltenbogen erstreckt sich über Teile der deutschen Bundesländer Brandenburg und Sachsen sowie der Wojewodschaft Lubuskie (Lebuser Land) der Republik Polen. Um den Natur- und Kulturraum Muskauer Faltenbogen als außergewöhnliche Glaziallandschaft mit 95 auskartierten und dokumentierten, größtenteils sehr wertvollen Geotopen ins

öffentliche Bewußtsein zu rücken, soll der gleichnamige Geopark etabliert werden. Seine Fläche beträgt in Brandenburg 166 km² (Kreistagsbeschluß), in Polen 144 km² (Vorschlag) und in Sachsen etwa 106 km² (geomorphologische Grenze, kommunalpolitisch noch nicht bestätigt). Insgesamt ergibt sich ein Gesamtareal von etwa 416 km² (Abb. 2). Seine Thematik "Entwicklung einer Glaziallandschaft im Gebiet der nordischen Vereisungen", ausgestaltet entsprechend des integrativen Ansatzes des UNESCO-Geoparkgedankens, ist unter den existierenden bzw. in Planung befindlichen Geoparks der Welt einmalig.

"Drei-Länder-Geopark" als Leitbild. Entscheidend für eine erfolgreiche Entwicklung ist eine klare Definition der Ziele und Aufgaben. Diese summarisch als Leitbild bezeichnete "Philosophie" des Geoparks dient dazu, die Zielsetzung aller künftigen Entwicklungsmaßnahmen genau zu fassen und definieren zu können. Der Muskauer Faltenbogen soll als "Drei-Länder-Geopark", bestehend aus drei gleichberechtigten Teilparks mit jeweils unterschiedlicher thematischer Schwerpunktsetzung in Brandenburg, Sachsen und Polen entwickelt werden. Damit stellt er strukturell eine Einmaligkeit unter den bisher bestehenden Geoparks der Welt dar. Konzeptionell lehnt er sich an die nordamerikanischen Nationalparks mit einer Besucherinformation im Visitor Center und einer Besucherführung entlang ausgewiesener Wegstrecken an. Die Geoparkwege werden analog diesem Vorbild mit zeitgemäßen Informationstafeln sowie Informations- und entsprechend hergerichteten Rastpunkten ausgestattet. Darüber hinaus wird auf eine überörtliche, das heißt, länder- und staatsübergreifende Vernetzung mit Tourismus- und Freizeitangeboten im regionalen Umfeld des Geoparks angestrebt.

Anders als in den amerikanischen Nationalparks sind die Gemeinden und weiteren Wohn- und Gewerbeansiedlungen sowie die Verkehrsinfrastruktur integriert. Deshalb sind alle direkten und indirekten Aktivitäten der gebietseingeschlossenen Gemeinden inhaltlich und organisatorisch in das Geoparkprogramm einzubinden und, wenn sie erst im Verlaufe der Geoparkausgestaltung aufgenommen werden sollten, umsichtig lenkend einzuschließen. Leitgedanke muss dabei sein, alle Initiativen aufzugreifen und so zu entwickeln, dass Aktivitäten nicht in Konkurrenzkonstellation, sondern in gegenseitiger Ergänzung entwickelt werden. Ziel der Geoparkentwicklung ist schließlich auch die Vermeidung landschaftszerstörender Eingriffe (vgl. Verordnung ... 1997), jedoch keine weiteren über die bereits existierenden Nutzungseinschränkungen hinausgehenden Restriktionen bzw. Verbote.

Umweltpädagogisches (didaktisches) Grundkonzept. Das Besucher- und Informationszentrum (Visitor Center) soll in erlebnisorientierter Form grundlegende Informationen mittels moderner Medien darbieten und möglichst eindringlich (durchaus spektakulär) zu einem oder mehreren Besuchen der dezentralen Einrichtungen animieren. Hierbei müssen sehr unterschiedliche Zielgruppen (Schulklassen, Familien, Einzelbesucher, Reisegruppen) angesprochen werden. Sie sollen optional das eigentliche Visitor Center erleben und

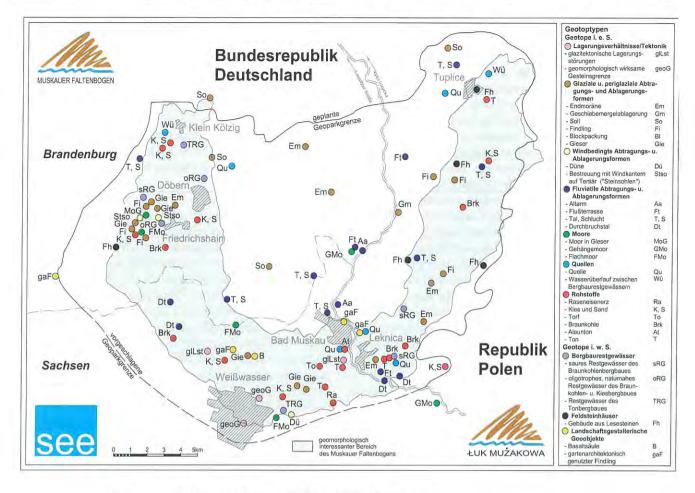


Abb. 2 Erfasste und bewertete Geotope in der Übersicht

Fig. 2 Overview of registered and assessed geotope

Ryc. 2 Przeglad geotopów objetych badaniami i ocena

anschließend weitere Präsentationspunkte des Geoparks aufsuchen oder unter Einbeziehung des Umfeldes zu einem ganztägigen Aufenthalt vor Ort angeregt werden. Ein nachhaltiges Erlebens soll aus touristischer Sicht im Vordergrund der Entwicklung stehen.

Eine Präsentation nach modernen Standards muss dem Besucher zunächst ein ein- bis zweistündiges Bildungs- und Erlebnisereignis bieten, ohne dass es dazu personeller Begleitung oder Betreuung bedarf (Edutainment-Konzept: Kombination von Erlebnis und Bildung). Diese Funktion "interaktive Ausstellung" soll in Brandenburg die ehemalige Ziegelei Klein Kölzig übernehmen (siehe Punkt 4.1). Die Geländepräsentation geologischer Aufschlüsse unter Einbeziehung von Biotopen sowie kultureller und technischer Sachzeugen erfolgt auf Geopfaden. Deren Akzeptanz durch die Besucher hängt sehr stark vom Erfolg fachlich und pädagogisch geschulter, persönlicher Betreuung ab. Das liegt wohl in der Natur des Menschen als einem sozialen, d. h., kommunikativ orientierten Wesen, begründet. Interesse für einen zu vermittelnden Sachinhalt entwickelt sich nicht unwesentlich "in Rede und Gegenrede", durch eine Mittlerfunktion, gepaart mit unmittelbarem Erleben. Die nordamerikanischen Nationalparks entsprechen diesem Phänomen

durch das sog. Rangersystem. Für das Geoparkprojekt Muskauer Faltenbogen ist deshalb bevorzugt eine personelle Besucherbetreuung vorzusehen (vgl. Bühner 1999).

Landesspezifische Schwerpunkte für die Visitor Centers.

In allen drei beteiligten Ländern sollen jeweils eigene Visitor Center eingerichtet werden. Ausgehend vom fachübergreifenden Ansatz des Geoparks sollen diese thematisch entwickelt werden, jedoch in einem inhaltlichen und organisatorischen Verbund stehen. Entsprechend den spezifischen natürlichen, nutzungsbedingten und kulturellen Bedingungen, aber auch dem Engagement der regionalen Akteure Rechnung tragend, wird die folgende Themengliederung empfohlen.

Land Brandenburg: Quartärgeologie (Glazialgeologie, Glazialmorphologie, Glazialtektonik)

Das ca. 5 km² große Waldgebiet zwischen Döbern, Bohsdorf, Reuthen und Friedrichshain stellt das größte zusammenhängende, morphologisch noch weitgehend naturnah erhaltene Gieserareal im Faltenbogen dar. Dementsprechend groß ist das Präsentationspotenzial. Außerdem werden seit 1994 intensive geologische Untersuchungen des Faltenbogen von Brandenburger Seite durchgeführt (M. KUPETZ, unterstützt durch das LGRB Brandenburg).

Republik Polen: Wechselwirkungen zwischen Geotopen und Biotopen (geogene Bedingtheit der Biotopausbildung und vernetzung, Biotopentwicklung in der "Kulturlandschaft" der renaturierten Tagebaurestseen, "klassischer" Naturschutz) Die Ausweisung des Landschaftsschutzgebietes Muskauer Faltenbogen (Park Krajobrazowych, Luk Muzakowa, veröffentlicht im Dziennik urzedowy wojewódswa Lubuskiego, Gorzów Wlkp., dnia 10 pazdziernika 2001 r., Nr. 96, S. 4483-4484) hat den polnischen Teil des Faltenbogens in naturschutzfachlicher Sicht bereits überplant. Dementsprechend hat in dem Gebiet der Schutz von Biotopen sowie der Fauna und Flora einen gesetzlich manifestierten Status. Diesen achtend und gleichzeitig für die Präsentation nutzend, sollten die Zusammenhänge zwischen geologischem Substrat, Bodenbildung und den daraus resultierenden Biotopen dargestellt werden. Breiten Raum sollte dabei auch die Bedeutung der kleingewässerreichen Bergbaufolgelandschaft für die Entwicklung wertvoller Feuchtbiotope einnehmen. Eine paritätische Präsentation von Geotopen und Biotopen würde sowohl den Zielen des Landschaftsschutzgebietes als auch denen des Geoparks gerecht werden können.

Freistaat Sachsen: Bergbaufolgelandschaften und Nutzung der quartären Geomorphologie für die Anlage historischer Park- und Schloßanlagen

Vorangetrieben durch die Stiftung "Fürst-Pückler-Park Bad Muskau" und unterstützt durch die IBA, wird seit März 2000 die Umgestaltung der Bergbaurestgewässerlandschaft zwischen Bad Muskau, Kromlau und Weißwasser vorangetrieben. Im Jahre 1860 hat der Gartengestalter Eduard Petzold ein landschaftlich zerstörtes Alaunbergbaugebiet in Bad Muskau durch Bepflanzung, wie man es heute nennen würde, rekultiviert. Von dieser Pioniertat über die Parkgestaltung im (rechtlich gesehen Ältest)-Bergbaugebiet der Gruben Caroline II und Frieden besteht die Möglichkeit, den Bogen zur Bergbaurekultivierung des 21. Jahrhunderts im Tagebau Nochten zu schlagen.

Entsprechend der vom Land Brandenburg ausgehenden Gesamtinitiative sollte das brandenburgische Visitor Center die Funktion eines Leitzentrums mit Koordinierungsfunktion erhalten. Diese sollte sich im Wesentlichen auf die Aspekte einer einheitlichen Außenwirkung sowie einer "Repräsentativadresse" für länderübergreifende Fragen beziehen und in die Entwicklung der Teilparks nur im Sinne einer inhaltlichen Abstimmung zur Vermeidung von Überschneidungen eingreifen.

4. Entwicklungsstand in den drei Teilnehmerländern

Bezüglich der Trägerschaft des Geoparks sind Untersuchungen in verschiedene Richtungen durchgeführt worden. Auf Grund des länder- und staatsübergreifenden Projektcharakters erscheinen in einem ersten Betrachtungsschritt eine gemeinsame brandenburgisch-sächsisch-polnische Stiftung bzw. eine deutsche und eine polnische Stiftung mit bindenden Kooperationsvereinbarungen als die aussichtsreichsten Modelle. Im Einzelnen besteht weiterer Erörterungsbedarf.

4.1 Der Teilpark in Brandenburg

Aufbauend auf den ersten Entwurf von RASCHER et al. (2000), wurde der brandenburgische Teilpark mit folgenden Gestaltungselementen weiterentwickelt (Abb. 3):

- die Umgestaltung der Ziegelei Klein Kölzig zum Visitor Center.
- ein Aussichtsturm auf dem Brandberg (Überblick über den Nordwestteil des Faltenbogens) und
- Geopfade in drei Tagesarealen (Kölzig, Friedrichshain und Jerischke)

Die Tagesareale wurden hinsichtlich der Aufschlußpunkte durchgearbeitet und diese ausgewählt (bzw. Optionen nach bestimmten Auswahlkriterien festgelegt). Das Tagesareal Kölzig widmet sich der Thematik "Rohstoffpotenziale und -nutzung im Muskauer Faltenbogen". Das Tagesareal Friedrichshain steht unter dem Motto "Landschaftsmodellierung durch das Inlandeis". Das Tagesareal Jerischke ist schwerpunktmäßig auf eine Nutzung durch Schüler (Landschulheim Jerischke) zugeschnitten und steht unter dem Blickwinkel "Drei-Länder-Geopark Muskauer Faltenbogen", "Endmoränen als Waldstandorte" sowie "Die Neiße – ein Fluß von der Quelle bis zur Ostseemündung". Präsentiert werden sollen normale geologische Aufschlüsse und geomorphologische Erscheinungen, einzelne technisch anzulegende Großaufschlüsse sowie sog. virtuelle Aufschlüsse, die sich wichtigen verdeckten Strukturen zuwenden (Abb. 4).

Zur Einrichtung eines Visitor Centers wurde der Gebäudekomplex der ehemaligen Ziegelei Klein Kölzig sowie sein Umfeld näher untersucht. Aus baukultureller Sicht stellt das Objekt ein interessantes Dokument frühindustrieller Nutzung von regionaler Bedeutung dar, dessen Qualität in einer wohlproportionierten Volumetrie als Baukörper im Inneren und als freistehendes Objekt auf der Lichtung besteht. Signifikanter Bestandteil ist der noch vollkommen intakte Ringofen. Die material- und konstruktionsbedingte Atmosphäre der Ziegelei gestattet die Umsetzung eines hohen Architekturanspruches, der eine populäre Attraktivität ohne Verkitschung ermöglicht.

Das Visitor Center hat drei Aufgaben wahrzunehmen:

- 1. die allgemeine Besucherinformation und Besucherlenkung im logistischen Sinne,
- die Vermittlung fachspezifischer, alters- und zielgruppenorientierter Informationen zum inhaltlichen Anliegen des Projektes und
- die Wahrnehmung und Koordinierung der Aufgaben im Innenverhältnis.

Um diese erfüllen zu können, wurden durch das Architekturbüro Schluder/Kastner, Wien und den Museologen (M. K. Brust) gemeinsam die notwendigen Funktionen sowie die gegebenen Möglichkeiten im Gebäude und in dessen Umfeld detailliert erörtert und die Realisierungsmöglichkeiten optimiert. Auf einer Nutzfläche von ca. 2 000 m² wurden Funktionsbereiche für einen Haupteingang als "Gesicht der baulichen Anlage", ein Empfangsbereich, eine gastronomische Einrichtung mit Einkaufsmöglichkeit, Räumlichkeiten für eine

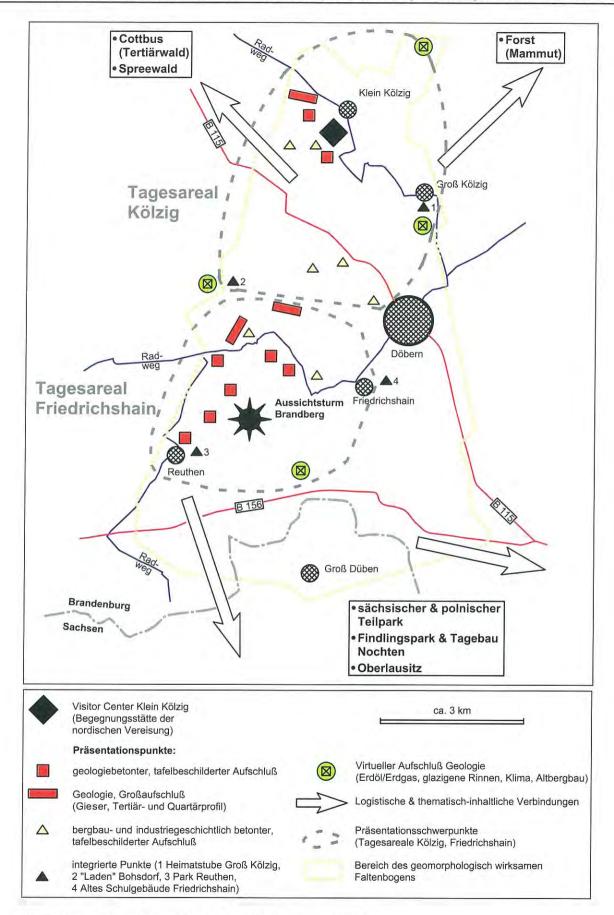


Abb. 3 Präsentationskonzept für den Brandenburgischen Teilpark

Fig. 3 Presentation concept for the Brandenburg part of geopark

Ryc. 3 Koncepcja prezentacji dla brandenburskiej czesci parku



Abb. 4 Mögliche Präsentation eines virtuellen Aufschlusses im Gelände

Fig. 4 Possible presentation of a "virtual geological exposure"

Ryc. 4 Mozliwa prezentacja wirtualnej informacji w terenie

Dauer- sowie eine Wechselausstellung und Veranstaltungen wie z. B. Vorträge, Tagungen, Video- und Multimedia-Präsentationen sowie Büro- und Nebenräume vorgesehen.

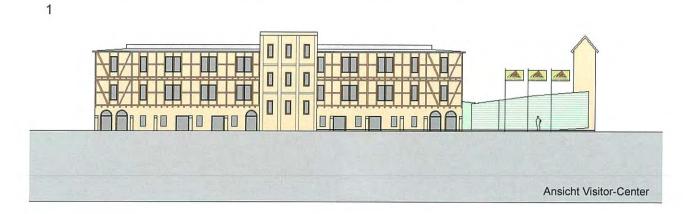
Der Umstand, dass eine Ziegelei – Symbolträger des Elementes Feuer – zum Visitor Center "Begegnungsstätte der nordischen Vereisung" genutzt wird, ist nur ein scheinbarer Anachronismus, in der logischen Folge von wirtschaftlicher Gewinnung und Verarbeitung von Bodenschätzen, die Produkte geologischer Transformationen sind, entsteht jedoch eine schlüssige Ableitung.

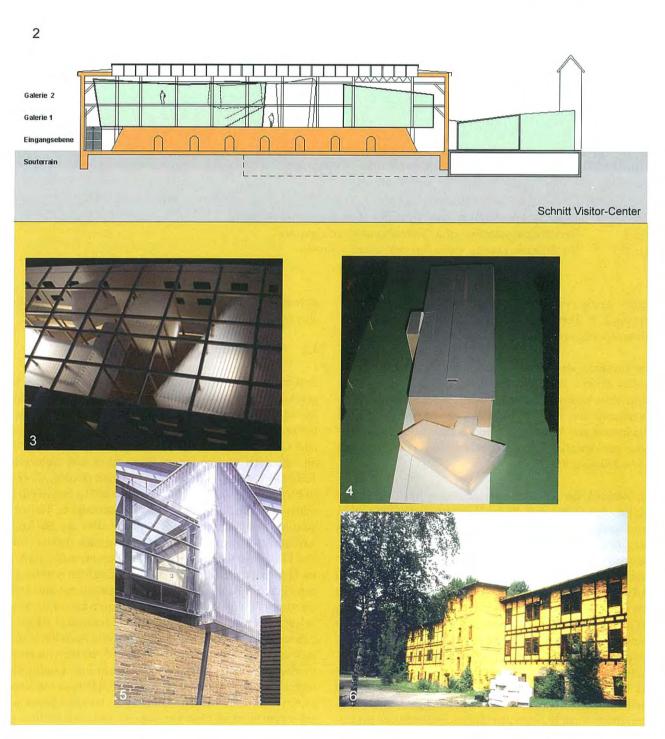
Die Ästhetik der Kombination "Wärme - Ton/Ziegel" und "Kälte - Ice Cube" soll diesen Kontrast überhöhen und in einen spannungsvollen Dialog setzen. Zentrale Elemente sind "Ice Cubes" (Eis-Würfel), Flächen als Raumhüllen aus semitransparentem Material, die mit Licht zum Symbolträger "Eis" inszeniert werden. Diese Ice Cubes sollten als verbindende und das Corporate Identity - bestimmende Elemente auch in den anderen Visitor Centers Verwendung finden, aber auch bei der Gestaltung von Aufschlusspunkten im Gelände, wo sinnvoll, zum Einsatz kommen. Als sicher eindrucksvollstes räumliches Erlebnis wird das Innere des Ringofens so gestaltet, so dass er dem Besucher das unterschwellige Gefühl des Eingeschlossen-Seins im ewigen Eis vermittelt. Einen Eindruck der architektonischen Intension gibt Abbildung 5. Detaillierte Ausführungen zum Ziegeleigebäude und der Ge-

staltung seines Umfeldes liegen vor, können an dieser Stelle aber aus Platzgründen nicht wiedergegeben werden.

4.2 Der Teilpark in Polen

Entsprechend des gegenwärtigen Planungsstandes wird vorgeschlagen, den polnischen Teilpark entlang des geomorphologischen Faltenbogenaußenrandes abzugrenzen. Im September und Oktober 2001 wurde für den polnischen Teilpark eine Geotoperfassung und -bewertung analog der Methodik, die auch für den brandenburgischen und sächsischen Teil angewendet worden ist, durchgeführt (Koźma, J., Gaw-LIKOWSKA, E., BADURA, J. & J. KASIŃSKI 2001). Insgesamt gesehen unterscheidet sich der glazialtektonische Tiefenbau vom brandenburgischen Teil dadurch, dass die Strukturen weniger stark eingeengt sind und wesentlich flacher einfallen. Dieses ist wahrscheinlich die Ursache dafür, dass die im brandenburgischen Teilpark landschaftlich dominierenden Gieser in Polen fehlen. Die Ausstattung mit attraktiven Geotopen für eine öffentliche Präsentation kann als sehr gut bewertet werden. Hervorzuheben sind besonders einige Tagebaurestlöcher, in denen die Braunkohle noch heute übertage ausstreicht, eine relativ weite Verbreitung von großen Findlingen sowie das Auftreten sehenswerter Quellgebiete und geomorphologisch interessante Talbildungen von Seitenarmen der Neiße. Hinzugerechnet zum Geoparkgebiet wird außerdem im nördlichen Vorland eine bedeutende Düne und





- Abb. 5 Architektonischer Entwurf eines Gestaltungskonzeptes für die Ziegelei Klein Kölzig als Visitor Center
 - 1 Ansicht in Längsrichtung des Gebäudes (von Süden her)
 - 2 Konzept der inneren Erschließung der baulichen Hülle
 - 3 räumliche Intervention in der Ziegelei
 - 4 Ice Cube als gestalterisches Eingangselement
 - 5 stilistisches Konzept Alt Neu / Warm Kalt
 - 6 zum Vergleich: aktueller Zustand der Ziegelei (von Südosten her)
- Fig. 5 Architectural design of the Visitor Center "Northern Glaciation Meeting point" in the former brick works building near the village Klein Kölzig in Brandenburg
 - 1 View along the building (looking from south)
 - 2 Interior of the building
 - 3 Room layout inside the brick works building
 - 4 Sculpture (Ice Cube) at the entrance area
 - 5 Stylistic concept to illustrate the contrast between Old New / Warm Cold
 - 6 Recent state-of-repair of the brickworks building for comparison
- Ryc. 5 Projekt koncepcji architektonicznej przeksztalcenia cegielni Klein Kölzig w Visitor Center
 - 1 Widok w przekroju budynku (od poludnia)
 - 2 Koncepcja wewnetrznego zagospodarowania oslony budowlanej
 - 3 Przestrzenne zagospodarowanie cegielni
 - 4 "Ice Cube" (kostka lodu) jako element wstepny
 - 5 Stylistyczna koncepcja "Stare Nowe/Cieple Zimne"
 - 6 Dla porównania: aktualny stan cegielni (widok od poludniowego wschodu)

am Südrand ein Großaufschluss in einem faltenbogenbegleitenden Sander (produzierende Kiesgrube). Ein optischer Eindruck zur Geotop-Situation ist Abbildung 6 zu entnehmen.

Als Standort für das polnische Visitor Center wird die ehemalige Ziegelei in Tuplice empfohlen (Abb. 6/10). Dieser Vorschlag hat den Vorteil, dass das Gebäude im Sinne einer Corporate Identity mit dem in Klein Kölzig korrespondiert und analog gestaltet werden könnte.

Mit der vorliegenden Studie ist auf polnischer Seite in den seit 1998 laufenden Gesprächen über einen gemeinsamen Geopark eine neue Qualitätsstufe erreicht worden. Es sind Planungsprozesse angelaufen, die mittelfristig einen detaillierten Abstimmungsbedarf zwischen den beteiligten Gemeinden, den Landkreisen Zary und Krosno, der Wojewodschaft Lubuskie sowie der Verwaltung des Park Krajobrzowy Luk Muzakowa (des Landschaftsgroßschutzgebietes Muskauer Faltenbogen) der Liga Ochrony Przyrody (Naturschutzliga) und anderer Stellen notwendig machen. Inhaltlich ist es wichtig, das Anliegen des Geoparks mit den Zielen des Landschaftsschutzgebietes in Übereinstimmung zu bringen und eine gedeihliche Zusammenarbeit mit dessen Verwaltung aufzubauen.

4.3 Der Teilpark in Sachsen

Für den sächsischen Teilpark liegen mit dem Geotopschutzgutachten (HÜBNER et al. 1999) die Basisdaten zum geowissenschaftlichen Inventar der Region vor. Das touristische, kulturhistorische und montanhistorische Umfeld ist durch zahlreiche Arbeiten dokumentiert, von denen stellvertretend die geowissenschaftlich-landschaftsgeographisch orientieren Untersuchungen von Göhler (1999 a, b) genannt werden

sollen. Im Rahmen der Braunkohlensanierung wird für das Sanierungsrahmenplangebiet "Trebendorfer Felder" (Krone et al. 2000) eine touristische Nutzung diskutiert und die Realisierung dieses Zieles in der Einbeziehung des Gebietes in einen länderübergreifenden Geopark gesehen. Relativ weit gediehen sind in diesem Zusammenhang Planungen eines bergbauhistorisch angelegten Geopfades verbunden mit der landschaftsarchitektonischen Gestaltung des Altbergbaugebietes zwischen Bad Muskau und Weißwasser durch die Stiftung "Fürst-Pückler-Park Bad-Muskau" in Zusammenarbeit mit der IBA.

5. Touristische Vernetzungen

Die Entwicklung eines länderübergreifenden Geoparks Muskauer Faltenbogen bietet für die strukturschwache Region die Möglichkeit, schrittweise ein touristisches Alleinstellungsmerkmal im Bereich Geotourismus zu schaffen. Geotourismus ist eine interessante Urlaubsform, die nicht nur auf naturwissenschaftlich orientierte Zielgruppen ausgerichtet ist, sondern bei entsprechender Vernetzung mit anderen Themenfeldern auch Zielgruppen wie Familien, Jugendliche und Aktivurlauber anspricht. Wegen der Bezogenheit auf lokale geologische Besonderheiten, die überregionale Aufmerksamkeit erzeugen können, ist Geotourismus nur in einigen wenigen Regionen möglich. Der Muskauer Faltenbogen hat den Vorzug, über diese geologischen Besonderheiten zu verfügen und kann diese naturräumlichen Voraussetzungen gezielt für die Regionalentwicklung nutzen. Zur Zeit hat das Gebiet des Muskauer Faltenbogens eine eher gering entwickelte touristische Bedeutung, dementsprechend unterentwickelt sind Gastronomie-, Beherbergungs- und sonstige Freizeitangebote. Basierend auf dem bereits angelegten und noch zu vervollständigenden umfangreichen Rad- und Wan-

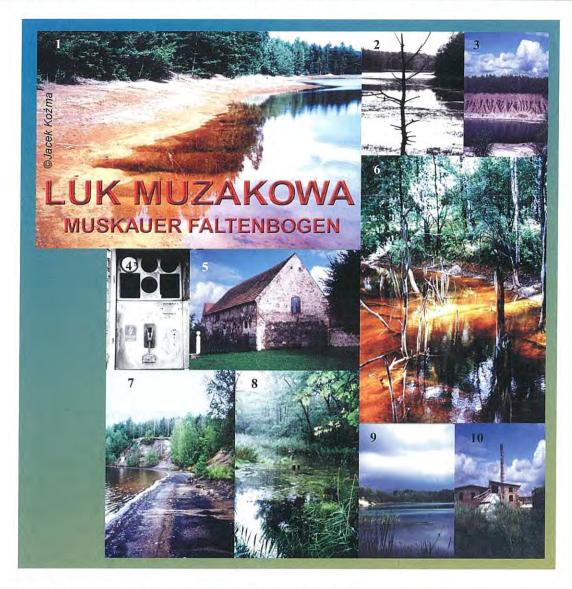


Abb. 6 Optischer Eindruck von Geotopen im polnischen Teilpark (Fotos: J. Koźma)

- 1 saures Tagebaurestgewässer mit großflächiger Eisenhydroxidausfällung im Gebiet der Braunkohlengrube "Babina" östlich von Leknica (Lugknitz; P 33)
- 2 "Impressionen an einem Tagebaurestsee"
- 3 Erosionsformen in der Böschung eines aufgelassenen Braunkohlentagebaus östlich von Bronovice (Braunsdorf, P 28)
- 4 elektrische Armaturen in der Ziegelei Tuplice (Teuplitz; P 20)
- 5 Feldsteinhaus in Tuplice (Teuplitz; P 19)
- 6 wassergefüllte Tagesbrüche im Gebiet der Braunkohlengrube "Babina" östlich von Leknica (Lugknitz; P 32)
- 7 zu Tage tretende Braunkohle an der Böschung eines aufgelassenen Braunkohlentagebaus in der Grube "Babina" östlich von Leknica (Lugknitz; P 29)
- 8 renaturiertes Tongrubenrestgewässer nordöstlich von Tuplice (Teuplitz; P 20)
- 9 renaturiertes Tongrubenrestgewässer auf dem Gebiet der ehemaligen Braunkohlengrube Auguste östlich von Leknica (Lugknitz; P 31)
- 10 Ziegelei in Tuplice (Teuplitz; P 20)

Fig. 6 Geological sites (geotopes) in the Polish part of the geopark (pictures: J. Koźma)

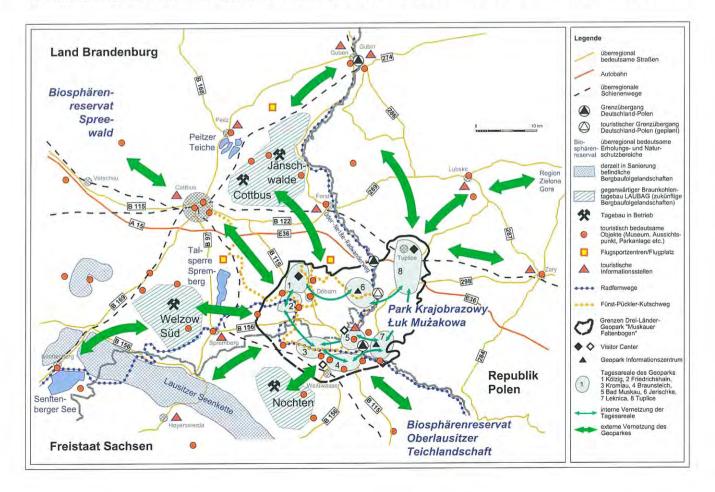
- 1 An acidic end lake with expanded ferrous fall out in the open cast mine "Babina", east of Leknica (Lugknitz; P 33)
- 2 Impressions at an end lake
- 3 Slope erosion in an open cast mine, east of Bronivice (Braunsdorf; P 28)
- 4 Electrical fittings in the old brickworks of Tuplice (Teuplitz; P 20)
- 5 Old barn in Tuplice (Teuplitz; P 20), built of boulders
- 6 End lake (waterfilled subsidence) in the area of brown coal mine "Babina", east of Leknica (Lugknitz; P 32)
- 7 Brown coal seam outcrop on an old pit's slope, open cast mine "Babina", east of Leknica (Lugknitz, P 29)
- 8 Reclaimed clay pit end lake, northeast of Tuplice (Teuplitz; P 20)
- 9 Reclaimed clay pit end lake, area of former brown coal mine "Auguste", east of Leknica (Lugknitz; P 31)
- 10 Old brickworks in Tuplice (Teuplitz; P 20)

Ryc. 6 Walory estetyczne geotopów w polskiej czesci parku (fot. J. Koźma)

- 1 "Kwasne jeziora" w wyrobiskach pogórniczych na obszarze kopalni wegla brunatnego "Babina" na wschód od Leknicy obnizone pH wody pochodzi od zwiazków zelaza zawartych w weglu brunatnym i osadach towarzyszacych (Lugknitz; P 33)
- 2 "Impresje nad jeziorem pokopalnianym"
- 3 Formy erozji na stoku dawnej kopalni odkrywkowej wegla brunatnego na wschód od Bronowic (Braunsdorf, P 28)
- 4 Pozostalosci instalacji elektrycznych w cegielni Tuplice (Teuplitz; P 20)
- 5 Dom z glazów narzutowych w Tuplicach (Teuplitz; P 19)
- 6 Wyrobiska wypelnione woda na terenie kopalni odkrywkowej wegla brunatnego "Babina" na wschód od Leknicy (Lugknitz; P 32)
- 7 Wychodnia wegla brunatnego na stoku wyrobiska dawnej kopalni odkrywkowej wegla brunatnego "Babina", na wschód od Leknicy (Lugknitz; P 29)
- 8 Renaturyzowane akweny w wyrobiskach po eksploatacji ilów ceramiki budowlanej na pólnocny wschód od Tuplic (Teuplitz; P 20)
- 9 Renaturyzowane akweny w wyrobiskach po eksploatacji ilów ceramiki budowlanej w obrebie bylej kopalni wegla brunatnego "Auguste" na wschód od Leknicy (Lugknitz; P 31)
- 10 Cegielnia w Tuplicach (Teuplitz; P 20)

derwegenetz im Landkreis Spree-Neiße und den durch das Gebiet verlaufenden Oder-Neiße-Radfernweg, den Radweg "Tour Brandenburg" und dem "Fürst-Pückler-Rad- und Kutschweg" sowie einer Verknüpfung mit dem Wander- und Radwegenetz im Niederschlesischen Oberlausitzkreis kann das touristische Angebot für naturinteressierte Aktivurlauber mit einem geotouristischen Angebotsbaustein ergänzt werden. Dazu sollen die geologischen Besonderheiten mittels spezieller infrastruktureller Maßnahmen touristisch erlebbar ge-

macht werden. Sehenswürdigkeiten und touristische Angebote der unmittelbaren Region des Muskauer Faltenbogens können in die geologischen Themenpfade integriert werden und interessante Zusammenhänge zur Kulturgeschichte vermitteln. Das Themenspektrum reicht von der Kulturlandschaft mit ihren Parks über das Brauchtum bis hin zu weiteren Landnutzungen durch Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Industrie, Bergbau sowie Handwerk und Gewerbe. Zu den einzubindenden Sehenswürdigkeiten in der Fal-



- Abb. 7 Touristische Vernetzung des Muskauer Faltenbogens zu weiteren Sehenswürdigkeiten und Freizeitangeboten
- Fig. 7 Network of touristic points in the neighbourhood of the Geopark "Muskauer Faltenbogen"
- Ryc. 7 Polaczenie geoturystycznego obszaru luku Muzakowa z dalej polozonymi atrakcjami turystycznymi i oferta rekreacyjna regionu

tenbogen-Region gehören z. B. die Strittmatter-Gedenkstätte "Der Laden" in Bohsdorf, die Heimatstube Groß Kölzig, der Fürst-Pückler-Park in Bad Muskau und der Park Krajobrazowy Luk Muzakowa. Einen Überblick hierzu gibt Abbildung 7.

Zu entfernteren Sehenswürdigkeiten in Brandenburg, Sachsen und Polen, die nicht unmittelbar zur Faltenbogen-Region gehören, sollten touristische Bezüge hergestellt und Koperationen aufgebaut bzw. vertieft werden, z. B. zum Branitzer Park und dem Tertiärwald in Cottbus, dem Mammut von Klinge im Landratsamt in Forst, zum Eemvorkommen von Klinge, zum Eisenhütten- und Hammerwerk Peitz, zu den Aussichtspunkten auf der Bärenbrücker Höhe sowie den Braunkohlentagebauen Cottbus-Nord, Jänschwalde, Welzow-Süd, Nochten und Reichwalde, zum Findlingspark Nochten, zum Bergbaumuseum Knappenrode, zur Glashütte in Zary und zum Feuerwachturm mit der CCD-Kamera der Forstdirektion Zielona Góra.

6. Dank

Es ist den Autoren eine angenehme Pflicht, der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg, insbesondere Frau Edith Lotzmann, für ihr stetes Bemühen um das Vorantreiben des Geoparkprojektes und die Initiierung der vorgelegten Untersuchungen zu danken. Die verantwortlichen Mitarbeiter der IBA "Fürst-Pückler-Land", Herr Prof. Rolf Kuhn und seine Mitbeiter, haben das Projekt stets mit Rat und Tat unterstützt. Herr Dr. Werner Stackebrandt, Direktor des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, beförderte durch seine Koordinierungstätigkeit zwischen den geologischen Diensten der beteiligten Länder die Studie sehr wesentlich. Stellvertretend für viele andere, die aus ihrer Kenntnis des Muskauer Faltenbogens sachdienliche Hinweise beisteuerten, seien Herr Dr. Klaus-Peter Schulze, 2. Beigeordneter des Landkreises Spree-Neiße, und Herr Cord Panning, Geschäftsführer der Stiftung "Fürst-Pückler-Park Bad Muskau" hervorgehoben. Allen Genannten möchten die Autoren herzlich danken.

Zusammenfassung

Die Realisierung eines Geoparks Muskauer Faltenbogen erscheint unter dem Leitbild eines Drei-Länder-Geoparkes mit jeweils unterschiedlicher Schwerpunktsetzung (Profilierung) im Land Brandenburg, im Freistaat Sachsen und der Republik Polen als eine strukturpolitisch sinnvolle und zukunftsträchtige Maßnahme. Seine Thematik "Entwicklung einer Glaziallandschaft im Gebiet der nordischen Vereisungen", ausgestaltet entsprechend des integrativen Ansatzes des UNESCO-Geoparkgedankens, ist unter den existierenden bzw. in Planung befindlichen Geoparks der Welt einmalig. Mit ihm verbindet sich neben der berechtigten Hoffnung auf ein durch Tourismus begünstigtes Wirtschaftswachstum auch eine politisch bedeutsame Kooperation zwischen den brandenburgischen, sächsischen und polnischen Partnern. Der Geopark folgt konzeptionell dem didaktischen Vorbild der amerikanischen Nationalparks mit einer Besucherinformation im

Visitor Center (Ausstellungserlebnis) und einer Besucherführung entlang ausgewiesener Geopfade (Geländeerlebnis). Ein Geopark in einer Industrie- und Bergbaufolgelandschaft trägt zur Identitätsfindung bei und wird sich zugleich auch als ein Ort der Diskussion für Probleme der Gegenwart und Zukunft entwickeln können. Die architektonisch pointierte bauliche Umnutzung einer alten Ziegelei in Brandenburg zum Visitor Center unter dem Motto "Begegnungsstätte der nordischen Vereisungen" materialisiert diesen Gedanken.

Summary

The establishment of a 'Geopark Muskauer Faltenbogen' or Polish "Luk Muzakowa", seems to be a structurally meaningful measure for the times to come, bearing in mind its varying profiles as a 'three country geopark' in the states of Brandenburg, Saxony and the Republic of Poland. Designed according to the integrative approach of the UNESCO geopark idea, its theme 'Development of a glacial landscape in the area of the northern Glaciation' is unique among the existing or planned ones in this world. Apart from the justified hope for economic growth fostered by tourism, this project is a politically significant cooperation between Saxonian, Brandenburgian and Polish partners. The geopark concept is derived from the American national parks with information presented in visitor centers (exhibitions experience) and a guided tour along designated hiking paths (outdoor experience). A geopark in an industrial landscape shaped by open-cast and underground mining contributed to finding identity and will also be able to become a meeting point for discussions on present and future issues. This idea materializes in an architecturally modified and renovated Brandenburg brick works building serving as visitor center under the slogan 'Northern Glaciation Meeting Point'.

Streszczenie

Realizacja programu "Geopark Luku Muzakowa", wedlug wizji zróznicowanej pod wzgledem rodzaju prezentowanych zagadnien, posiada doniosle i perspektywiczne znaczenie dla rozwoju regionalnego obszarów przygranicznych trzech krajów - Brandenburgii, Saksonii i Polski. Program geoochrony pod haslem "rozwój krajobrazu glacjalnego na obszarze zasiegu zlodowacen skandynawskich", opracowany zgodnie z koncepcja integracyjnosci geoparków UNESCO, jest obecnie jedynym wsród istniejacych lub znajdujacych sie w fazie planowania programów geoparków na swiecie. Z jego realizacja wiaze sie, prócz uzasadnionej nadziei na wzrost gospodarczy wspierany przez turystyke, takze rozwój politycznie znaczacej wspólpracy pomiedzy partnerami brandenburskimi, saksonskimi i polskimi.

Idea geoparku opiera sie koncepcjonalnie na dydaktycznym wzorcu amerykanskich parków narodowych i laczy w sobie funkcje "informacyjna" geoparku - dla odwiedzajacych w Visitor Center (wrazenia zwiazane z wystawa) oraz funkcje "turystyczna" zwiazana z oprowadzaniem odwiedzajacych po wyznaczonych sciezkach geologicznych (wrazenia w terenie). "Geopark Luk Muzakowa" utworzony w krajobrazie

poprzemyslowym i pogórniczym wnosi wklad w poszukiwanie nowej tozsamosci regionu, a takze bedzie mógl rozwijac sie jako miejsce interdyscyplinarnych dyskusji o problemach terazniejszosci i przyszlosci procesów przemian krajobrazu. Mysl ta - pod mottem: "Miejsce spotkan z ladolodem pólnocnym" - materializuje architektoniczny projekt przeksztalcenia starej cegielni w Brandenburgii w Visitor Center, przez co stanowi ona równiez wazny element projektu Miedzynarodowej Wystawy Budowlanej "Fürst-Pückler-Land".

Literatur

- Bühner, C. (1999): Ranger erwünscht? Nationalpark 104, 4, S. 16-19, Grafenau
- Göhler, N. (1999a): Die Entwicklung der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen zum touristisch nutzbaren Naturpark unter Beachtung seiner bergbaulichen Vergangenheit. - unveröff. Studienarbeit, TU Dresden, Institut für Physische Geographie, 41 S., Dresden
- Göhler, N. (1999b): Voraussetzungen und Umsetzungsmöglichkeiten für das Projekt Naturpark Muskauer Faltenbogen unter besonderer Beachtung der kulturlandschaftlichen Entwicklung des Raumes. unveröff. Diplomarbeit, TU Dresden, Institut für Physische Geographie, 225 S., 1 sep. Anl.-Band, Dresden
- HÜBNER, F., MEIER, J. & J. RASCHER (1999): Geotopschutzgutachten für den Muskauer Faltenbogen. Abschlußbericht im Auftrage der gemeinsamen Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg. *GEOmontan* Gesellschaft für angewandte Geologie mbH Freiberg, 95 S., Freiberg
- Keilhack, K. (1907): 7. Provinz Sachsen und das Grenzgebiet der Provinz Brandenburg und das Herzogtum Anhalt.
 Jb. Kgl. Preuß. LA und Bergakademie Berlin f. d. Jahr 1904, XXV, S. 672-684, Berlin
- Koźma, J., Gawlikowska, E., Badura, J. & J. Kasiński (2001): Ocena geotopów w polskiej czesci obszaru Luku Muzakowa [Geotopschutzgutachten für den Muskauer Faltenbogen, Polnischer Teil, Geotopkataster]. - Panstwowy Instytut Geologiczny, Oddzial Dolnoslaski im. Henryka Teisseyre, 109 S., Wrocław
- Krone, F. (2000): Braunkohlenplanung im Freistaat Sachsen. Sächsisches Staatsministerium des Innern, 108 S., Dresden (Sächsisches Druck- und Verlagshaus AG)
- Kuhn, R. (1999): Muskauer Faltenbogen. In: Internationale Bauausstellung (IBA) Fürst-Pückler-Land, Projektkatalog. IBA Vorbereitungsgesellschaft mbH, Projekt Muskauer Faltenbogen, S. 34-35, Großräschen

- KUPETZ, M. (1996): Der Muskauer Faltenbogen ein Geotop von europäischer Bedeutung. Brandenburg. Geowiss. Beitr. 3,1, S. 125-136, Kleinmachnow
- KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen, - Brandenburg, Geowiss. Beitr. 4, 2, S. 1-20, Kleinmachnow
- Kupetz, M. & V. Manhenke (1997): Geotope in Brandenburg und der Muskauer Faltenbogen als Beispiel einer bemerkenswerten Glaziallandschaft. Schriftenr. DGG, Heft 5, S. 55-58, Hannover
- Kupetz, M. & M. Kessler (1997): Eismächtigkeitsabschätzung für den Muskauer Gletscher. Freiberger Forschungshefte C 470, S. 53-64, Freiberg
- RASCHER, J., MEIER, J. & M. KUPETZ (2000): Der Geopark Muskauer Faltenbogen Grundlagen, Stand, Perspektiven. Geowiss. Mitt. Thüringen **Beih. 10**, S. 75-85, Weimar
- Rein, H., Krukenberg, E., Kastner, H., Schwierzy, A., Rascher, J., Brust, M. K., Koźma, J., Gawlikowska, E., Badura, J. & J. Kasiński (2001): Machbarkeitsstudie zum "Geopark Muskauer Faltenbogen" Meilenstein zur Entwicklung eines UNESCO-Geoparks. Endbericht im Auftrag der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg. Projektgemeinschaft plan 4 21 European Consulting, Planning, Coordination (EWIV) Berlin, *GEOmontan* mbH Freiberg, proGEOprojects Steinthaleben; Panstwowy Instytut Geologiczny Wrocław, Warszawa
- Schulze, K.-P. (1998): Zur Freiraumentwicklung im Landkreis Spree-Neiße unter besonderer Berücksichtigung der Braunkohlenwirtschaft. Tagungsband zum Deutsch-Polnischen Symposium "Naturraum auf dem Gebiet der Euroregion Spree-Neiße-Bober" in Zielona Góra vom 14.15. Mai 1998. Publikacija zostala przygotowana i wydana dzieki finansowemu wsparciu Unii Europejskiej, S. 119-161, Zielona Góra
- Schulze, K.-P. (2001): Bedeutung des Muskauer Faltenbogens in der Freiraumentwicklung des Spree-Neiße-Kreises und mit seinen grenzüberschreitenden Beziehungen nach Sachsen und Polen. Geopark Muskauer Faltenbogen, Exkursionsführer und Veröffentlichungen der GGW, (Programm und Kurzfassungen zum 1. Treffen des Arbeitskreises "Muskauer Faltenbogen"/zugleich 12. Treffen des Arbeitskreises Bergbaufolgelandschaften in Forst, 12. Oktober 2001) 215, S. 7-8, Berlin
- Strategische Kommission (2000): Internationale Bauausstellung Fürst-Pückler-Land. Der Bericht der strategischen Kommission. 52 S., Großräschen (Eigenverlag der IBA Fürst-Pückler-Land GmbH)
- Verordnung über die Verbindlichkeit des Sanierungsplans Döbern vom 18. Nov. 1997. - Gesetz und Verordnungsbl.

Land Brandenburg, Teil II, Jg. 8, Nr. 34 vom 10. Dez. 1997, S. 874-876 [formuliert als landesplanerisches Ziel im brandenburgischen Teil des Muskauer Faltenbogens den Erhalt der Glazialmorphologie insbesondere der Giesermorphologie], Potsdam

Anschrift der Autoren:

Dr.-Ing. Hartmut Rein, Dipl.-Ing. Ellen Krukenberg, plan 4 21, c/o BTE Tourismusmanagement Regionalentwicklung Berlin + Hannover, Friedbergstraße 19, D-14057 Berlin, rein@btetourismus.de

Dipl.-Museologe (FH) Michael K. Brust, proGEOprojects, Roßschau 114, D-06567 Steinthaleben, info@geopark.org

Dr. Jacek R. Kasinski, Polish Geological Institute, Department of Mineral Resources Geology, jkas@pgi.waw.pl

Arch. Dipl.-Ing. Hanns Kastner, plan 4 21, c/o Architekturbüro Schluder/Kastner, Heinrichsgasse 2/9, A-1010 Wien, office@architecture.at

Jacek Koźma M. Sc., Polish Geological Institute, Lower Silesian Branch, Al. Jaworowa 19, P-53-122 Wrocław, jkoz@pigod.wroc.pl

Dr. Manfred Kupetz, Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., Berlin, Arbeitskreis "Muskauer Faltenbogen", c/o Schulweg 1a, D-03055 Cottbus, <u>manfred.kupetz@t-online.de</u>

Dr. Jochen Rascher, *GEOmontan* Gesellschaft für angewandte Geologie mbH Freiberg, Am St.- Niclas Schacht 13, D-09596 Freiberg, geomontan-fg@mail.freibergnet.de

RA Aleksander Schwierzy, plan 4 21, c/o Dr. Bernd Rödl & Partner, Kancelaria Prawnicza Sp. z o. o. , ul. Garncarska 6, P-61-817 Poznan, <u>aleksander.schwierzy@roedl.pl</u>

Notizen

Notizen

	INHALT	CONTENTS	Seite	
Diana Wüstrich, Holger Fischer & Reinhard F. Hüttl	Regional-genetische und mineralogisch- geochemische Betrachtungen zum miozä- nen Lausitzer Flaschenton im Bereich des Braunkohletagebaus Nochten	Regional - genetical and mineralogic - geochemical considerations in the open - cast lignit mine of Nochten		
Walter Schirrmeister	Karl Friedrich von Klöden, ein branden- burgischer Geowissenschaftler	Karl Friedrich von Klöden a Branden- burgian geoscientist		
Wolf-Dieter Heinrich & Norbert Hermsdorf	Jungpleistozäne Kleinsäugerreste von Zachow bei Ketzin in Brandenburg	Remains of Young Pleistocene micromammals of Zachow near Ketzin in Brandenburg	117	
Oswald Marinoni	Geostatische Untergrundmodellierung im glazial geprägten geologischen Umfeld des Zentrums von Berlin Geostatistical underground modelling i the glacially influenced geology of the central area of Berlin		123	
Frank Lochter & Wolfgang Czegka	Geodaten aus Brandenburg	Geodata from Brandenburg	131	
Hartmut Rein, Michael K. Brust, Jacek Kasiński, Hanns Kastner, Jacek Koźma, Ellen Krukenberg, Manfred Kupetz, Jochen Rascher & Aleksander Schwierzy	Der "Geopark Muskauer Faltenbogen" – Machbarkeitsstudie als Meilenstein zur Entwicklung eines UNESCO-Geoparks	Push Moraine "Geopark Muskauer Faltenbogen" – feasibility study for a UNESCO Geopark	139	
	Aus dem Landesamt	From the Geological Survey		
Norbert Hermsdorf	Neue Daten zur Altersstellung des Rix- dorfer Horizontes von Niederlehme	New facts about the age position of the Rixdorfer Horizont of Niederlehme	44	
Werner Stackebrandt	Dr. habil. Fritz Brose in den Ruhestand verabschiedet	Dr. habil. Fritz Brose went into the retirement	116	
Dieter Kühn	Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000 (BÜK 300) Grundkarte Bodengeologie	Soil general map of Brandenburg 1:300 000 (BÜK 300) Base map soil geology	136	
Wolfgang Bartmann & Werner Stackebrandt	10 Jahre LGRB	10 years Geological Survey of Brandenburg (LGRB)	138	
	Jubiläen	Anniversaries	104	
	Geowissenschaftler Berlin-Brandenburg	Geoscientists Berlin-Brandenburg		
Wolfgang Bartmann	Traditionelle 1. Mai-Exkursion der Geo- wissenschaftler von Berlin und Brandenburg	Remarks on the 1 st May excursions of geoscientists of Berlin and Brandenburg	137	

	INHALT	CONTENTS		
	Buchbesprechungen	Book reviews		
Klaus-Dieter Jäger	J. H. Schroeder & F. Brose (Hrsg.) (2000): Führer zur Geologie von Berlin und Branburg Nr. 7: Frankfurt (Oder) – Eisenhüttenstadt, XII, 240 S., Berlin (Selbstverl. Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)	J. H. Schroeder & F. Brose (Hrsg.) (2000): Führer zur Geologie von Berlin und Bran- burg Nr. 7: Frankfurt (Oder) – Eisenhütten- stadt, XII, 240 S., Berlin (Selbstverl. Geo- wissenschaftler in Berlin und Branden- burg e. V.)		
Albrecht Bauriegel.	M. Succow & H. Joosten (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde 622 S., 136 Tab., Anh., 2., völlig neu bearb. Aufl., Stuttgart (Schweitzerbart)	M. Succow & H. Joosten (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde 622 S., 136 Tab., Anh., 2., völlig neu bearb. Aufl., Stuttgart (Schweitzerbart)		
Norbert Schlaak	EISSMANN, L. & A. RUDOLPH (Hrsg.) (2002): Metamorphose einer Landschaft - Die aufgehenden Seen um Markkleeberg 88 S., 99 Fotos, 1 Kt., 1 Tab., 4 geol. Schnitte, Beucha (Sax-Verl.)			
Eckardt Seyfert	Albertz, J.: Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2. überarb. und ergänzte Aufl., 2001	Albertz, J.: Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2. überarb. und ergänzte Aufl., 2001		
Thomas Höding	ZWAHR, H., DOMMASCHK, S., GERBER, R. & H. BAUERHORST (2002): Die Tonlagerstätte Friedland in Mecklenburg - Geschichte, Gegenwart und Zukunft Geohistorische Blätter, Berlin, Beiheft 1, 85 S., 52 Abb., 14 Tab., Ahrensfelde ISSN 1436-3135	ZWAHR, H., DOMMASCHK, S., GERBER, R. & H. BAUERHORST (2002): Die Tonlagerstätte Friedland in Mecklenburg - Geschichte, Gegenwart und Zukunft Geohistorische Blätter, Berlin, Beiheft 1, 85 S., 52 Abb., 14 Tab., Ahrensfelde ISSN 1436-3135		
	1991 1490-9199	1331 1430-3133	130	
	Ehrungen	Honours		
Hans Ulrich Thieke	Workshop "Euro-Sibirische Vergletsche- rungsgebiete" ehrt Professor Joachim Marcinek aus Anlaß seines 70. Geburts-	Workshop "Euro-Sibiric glaciation" honors Prof. J. Marcinek to celebrate his 70th birthday		
	tages		113	
Werner Stackebrandt	Prof. Dr. sc. Karl-Bernhard Jubitz beging seinen 75. Geburtstag	The 75 th birthday of Prof. Dr. sc. Karl-Bernhard Jubitz		
	Nachruf	Obituary		
Klaus Erler	Zum Gedenken an Prof. Dr. W. Gotte	In Memory of Prof. Dr. W. Gotte	58	

Autorenhinweise

Die Zeitschrift "Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge" widmet sich geologischen und lagerstättenkundlichen Themen von Brandenburg und Berlin sowie dem neuesten Forschungsstand in den geowissenschaftlichen Disziplinen. Die eingereichten Beiträge sollen diesem Profil entsprechen. Es werden Originalarbeiten und wissenschaftliche Informationen veröffentlicht, die noch nicht andernorts publiziert wurden. Die Redaktion behält sich das Recht vor, Manuskripte zur Überarbeitung an die Autoren zurückzusenden.

Ihre Manuskripte senden Sie bitte als Papierausdruck und in digitaler Form an das Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Redaktion z. Hd. Frau A. Andreae Tel.: 033203-36647, e-mail: andreae@lgrb.de. Weitere Anfragen richten Sie bitte ebenfalls an die obige Adresse.

Manuskript

Der Umfang des Manuskripts sollte zehn Seiten (A4, 1,5 zeilig) nicht überschreiten. Wissenschaftliche Kurzinformationen sind einschließlich der Abbildungen auf maximal fünf Seiten zu bemessen. Jedem Beitrag ist eine kurze deutsche und englische Zusammenfassung beizufügen. Bitte übersetzen Sie den Titel des Beitrages, die Unterschriften der Abbildungen, Tafeln und Tabellen ebenfalls ins Englische. Die Textdateien sollten unformatiert sein und in Word abgefasst werden. Absätze bitte mit einer Leerzeile trennen. Bei Einheiten und Maßstäben verwenden Sie bitte das geschützte Leerzeichen. Außerdem wird um ein Originalmanuskript gebeten, in dem alle Sonderzeichen sowie Buchstaben aus anderen Sprachen genau angegeben sind.

Word-Dokumente bitte nicht mit integrierten Abbildungen liefern, d. h. Text und Abbildungen immer in separaten Dateien abgeben.

Abbildungen

Wir empfehlen, die Anzahl von bis zu 7 Abbildungen je Beitrag nicht zu überschreiten. Zu beachten ist, dass Abbildungsvorlagen geringfügig größer als die beabsichtigte Druckgröße sein müssen. Bei Fotos ist der Maßstab als verbaler Ausdruck anzugeben (keine Maßstabsleiste). Zur Beschriftung in den Abbildungen verwenden Sie bitte die Schriftsätze "Times New Roman oder Arial". Jede Abbildung ist separat mit Nummer und Autorennamen zu kennzeichnen (Bleistift) und als einzelne Datei zu liefern. Die Abbildungsunterschriften sind in einer gesonderten Datei beizugeben. Digital hergestellte Zeichnungen und Abbildungen sollten die Formate Adobe Illustrator (.ai), CorelDraw (.cdr) bis Version 9.0, Bitmap (.bmp) oder TIFF (.tif) haben, andere nach Absprache. Das Originalformat und einen Ausdruck bitte immer mitschicken.

Tabellen

Tabellen bitte mit einem Tabellenprogramm schreiben (Word, Excel) und eine separate, scanfähige Vorlage (Papier, Folie) mitliefern.

Zitierweise

Im Text:

WUNDERLICH (1974) bzw. (WUNDERLICH 1974) oder

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

Im Literaturverzeichnis:

BUBNOFF, S. v. (1953): Über die Småländer "Erdnaht". - Geol. Rdsch. 41, S. 78-90, Stuttgart

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

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

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

Autorennamen bitte in KAPITÄLCHEN schreiben, nicht mit Großbuchstaben.

Autorenname(n): Akademischer Titel, Vorname, Name, und Anschrift der Institution oder gegebenenfalls die Privatanschrift.

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

Bisher sind erschienen:

1994,	Heft 1,	128 S.,	51 Abb.,	14 Tab.	Zur Quartärgliederung
1995,	Heft 1,	144 S.,	83 Abb.,	15 Tab.	
1995,	Heft 2,	96 S.,	37 Abb.,	5 Tab.	Neotektonik in Mitteleuropa
1996,	Heft 1,	160 S.,	100 Abb.,	9 Tab.	Geotope
1997,	Heft 1,	96 S.,	57 Abb.,	2 Tab.	Ehrenkolloquium für Dr. G. Schwab
1997,	Heft 2,	96 S.,	61 Abb.,	14 Tab.	
1998,	Heft 1,	84 S.,	74 Abb.,	4 Tab.	Standsicherheit Flußdeiche
1998,	Heft 2,	84 S.,	35 Abb.,	10 Tab.	
1999,	Heft 1,	116 S.,	55 Abb.,	15 Tab.	Geopotentiale
1999,	Heft 2,	80 S.,	34 Abb.,	5 Tab.	Lithofazieskartenwerk Quartär (DDR)
2000,	Heft 1/2,	196 S.,	121 Abb.,	23 Tab.	Quartär, Inlandeistheorie
2001,	Heft 1,	48 S.,	6 Abb.,	8 Kt.	Neogeodynamica Baltica

Geologische Karten zum Land Brandenburg (Auswahl)

Geologische Übersichtskarte des Landes Brandenburg 1: 300 000

- Geologische Grundkarte (GÜK 300); 15,00 €
- Tiefenlinienkarte der Zechsteinoberfläche (GK 300 Z-OK); 10,00 €

Satellitenbildkarte des Landes Brandenburg 1 : 300 000, 7,00 €

Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg 1:300 000

- Bodengeologische Grundkarte (BÜK 300); 13,00 €

Karte der oberflächennahen Rohstoffe Steine und Erden des Landes Brandenburg 1 : 300 000 (KOR 300), 2. überarb. Aufl.; 20,00 €

Geologische Karte von Berlin und Umgebung 1: 100 000

- Geologische Grundkarte (GÜK 100); 8,00 €
- Karte ohne Quartär mit Darstellung der Tiefenlage der Quartärbasis (GKoQ); 13,00 €

Bodengeologische Karte 1: 50 000 (BK 50)

Blatt L 3744 Potsdam; 10,00 €

Hydrogeologische Karte 1:50 000 (HYK 50)

Blatt L 3744 Potsdam, bestehend aus:

- · Hydrogeologischer Schnitttafel (HYK 50-S); 15,00 €,
- · Karte der oberflächennahen Hydrogeologie (HYK 50-1); 15,00 €,
- · Karte des weitgehend bedeckten Grundwasserleiterkomplexes GWLK 2 (HYK 50-2); 15,00 €, Alle weiteren Blatt-Nr. werden als Plots zu einer Gebühr von 10,00 € pro Einzelkarte herausgegeben.

Rohstoffgeologische Karte 1:50 000, Karte der oberflächennahen Rohstoffe (KOR 50),

flächendeckend für das Land Brandenburg, je Plott 15,00 €

Atlas zur Geologie von Brandenburg 1:1000000, 2. erw. Aufl.; 25,00 €

Weitere thematische Karten sowie ältere Unterlagen sind im Archiv des LGRB auf Anfrage verfügbar. Ein vollständiges Vertriebsverzeichnis können Sie im LGRB anfordern oder auf unseren Web-Seiten unter www.lgrb.de finden.

Zu beziehen über:

Landesamt für Geowissschaften und Rohstoffe Brandenburg, Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow, Tel. 033203/36641, Fax 033203/36702

Regionalbüro Frankfurt, Müllroser Chaussee 51, Haus 5, 15230 Frankfurt/Oder, Tel. 0335/5601700, Fax 0335/5601750 Regionalbüro Cottbus, Vom-Stein-Str. 30a, 03050 Cottbus, Tel. 0355/49917120, Fax 0355/49917355

