

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	13 (2006), 1/2	S. 35-47	14 Abb., 28 Lit.
------------------------------	--------------	----------------	----------	------------------

## Frostbeeinflusste Sedimentation und Deformation am Beispiel eines Tondiapirs im Vorfeld des Tagebaus Nochten (Freistaat Sachsen)

### Kame oder Diapir? – Die Eichbergstruktur von Nochten

#### Frost influenced sedimentation and deformation shown on a clay diapir in the area of a brown coal open cast mine

#### Kame or diapir? – The Eichberg structure of Nochten

HEIDRUN DOMKO & MANFRED KUPETZ

#### 1. Einleitung

Eine als Eichberggrücken bekannte unspektakuläre „Kieshügel-Struktur“ (Kame) von etwa 1 100 m Länge, 200 m Breite und 2-7 m Höhe mit mehreren lokalen Kiesentnahmestellen wurde im Zeitraum vom Herbst 2003 bis zum Frühjahr 2004 durch den Braunkohlentagebau Nochten der Vattenfall Europe Mining AG überbaggert. Beim Anschneiden der südlichen Flanke der Struktur durch den Vorschnitbetrieb erschwerte eine große Anzahl von Geschieben in der oberen Abbauscheibe den Produktionsprozess. Im fortschreitenden Tagebau offenbarte sich in der etwa 30 m hohen Vorschnitböschung unter dem Kame ein Tondiapir. Diese einmalige Möglichkeit, den Tiefenbau eines Kames zu beobachten, wurde als Anlass für die nachfolgende Dokumentation genommen.

Die betrachtete Lokalität befindet sich auf der topographischen Karte TK 25 Blatt 4553 Weißwasser bei HW: 57 03 760 und RW: 54 73 360, das heißt etwa 4 km SSW von Weißwasser (Abb. 1). Regionalgeologisch liegt sie am Nordrand des Lausitzer Urstromtals im Übergangsbereich zum Lausitzer Grenzwall (Warthezeitliche Haupteisrandlage). Inzwischen wurde das Gebiet überbaggert. Bezogen auf das unterlagernde Tertiär (Miozän) gehört der Eichberg und seine Umgebung zur Trebendorfer Tertiärhochfläche (ATANASOW et al. 1985), die in Abbildung 1 mit der Verbreitung der Mühlrose-Schichten der Rauno-Formation (so genannter Lausitzer Flaschenton) abgegrenzt ist (stratigraphische Bezeichnungen nach der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002). Das Gebiet um den Eichberg war eine flach in südliche Richtung einfallende, morphologisch kaum strukturierte Ebene in einer Höhe um +140 m HN, die an der Erdoberfläche durch glazifluviatile Sande und

Kiese gebildet wurde. Da detaillierte Altersuntersuchungen des Pleistozäns in der näheren Umgebung bisher nicht durchgeführt wurden, werden sie bis auf Weiteres einem nicht näher bestimmten Zeitabschnitt der Elster- bis Saalekaltzeit zugeordnet. Im NW und NE wird das Glazifluviatil durch Mooregebiete (Altteicher Moor, Hermannsdorfer Moor) und im W und S durch weichsel- bis spätweichselzeitliche Dünen (Parabeldünen; SCHANZE 1968) überlagert. Die glazifluviatile Ebene wird bis zum generellen morphologischen Anstieg zur Trebendorfer Hochfläche durch zwei Vollformen (Kames: Eichberg und eine nördlich gelegene WNW–ESE streichende Struktur) und einen unregelmäßig begrenzten Hügel (Buchberg) gegliedert. Der Buchberg ist im NW morphologisch an die höherliegenden Teile der Trebendorfer Tertiärhochfläche, die mit altpleistozänen Flussschottern bedeckt sind („Bautzener Elbelauf“), angelehnt, das heißt, er ist ein unselbständiger Teil desselben (Abb. 2). Im Folgenden wird der geologische Aufbau des Eichbergs als Kame-/Diapirstruktur beschrieben und interpretiert.

#### 2. Kenntnisse zum Pleistozän im Betrachtungsgebiet

Die Altersstellung des Pleistozäns im Betrachtungsgebiet ist problematisch. Der zentrale Teil der Trebendorfer Tertiärhochfläche ist mit frühpleistozänen Flussschottern des „Bautzener Elbelaufes“ (Tegelen) bedeckt (WOLF & SCHUBERT 1994 u.a.). Im weiteren Umfeld sind glazifluviatile Kiese und Sande weit verbreitet, die genetisch zum großen Teil dem Sander des Muskauer Faltenbogens zuzurechnen sind. Der Faltenbogen ist eine tief erodierte, früh-elster-2-zeitliche Stauchendmoräne (WOLF & SCHUBERT 1994, KUPETZ 1997). Er gehört als geomorphologisch unselbständiger Teil zur jungsaalezeitlichen Haupteisrandlage



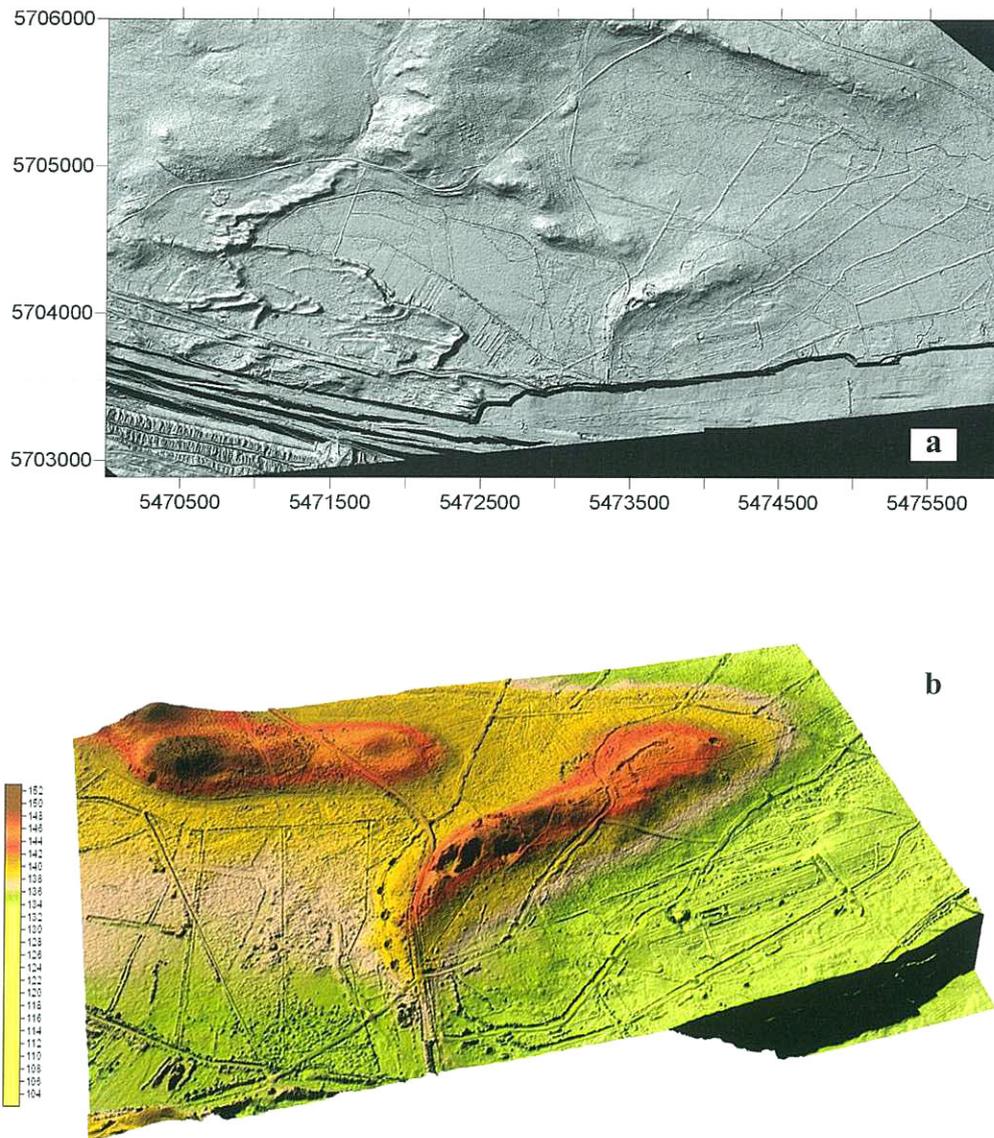


Abb. 2 Die Eichbergstruktur im hochauflösenden digitalen Geländemodell (Digital Terrain Model, DTM) a – Schattenrelief, Bildausschnitt 6,0 x 3,1 km b – räumliche Darstellung, Bildausschnitt 2,0 x 1,5 km, am vorderen rechten Bildrand ist die Tagebaukante sichtbar, 7fach überhöht

Fig. 2 The Eichberg structure in the high-resolution digital terrain model (DTM) a – shadow relief image, display detail 6,0 x 3,1 km b – colour-coded 3D-image, display detail 2,0 x 1,5 km, in front of the right, image border the first cut is to seen, exaggeration 7 x

(Warthe), dem Lausitzer Grenzwall, der wiederum Teil des Südlichen (Märkisch-Schlesischen bzw. Brandenburgisch-Sächsischen) Landrückens ist. Dementsprechend treten mit größter Wahrscheinlichkeit bedeutende Sanderbildungen sowohl elster-2-zeitlichen als auch warthezeitlichen Alters (jüngere Saale) auf (SCHANZE 2005). Hinzu kommt die Existenz von elster-, saale- und weichselzeitlichen fluvialen Ablagerungen (z. B. „Tranitzer Fluvialtil“, Diskussion bei LIPPSTREU u. a 1994).

Im Tagebau Nochten wurden darüber hinaus lokal Geschiebelehne, die deutliche Kennzeichen sekundärer Umlagerung aufweisen, bekannt. Sie werden ohne nähere Untersuchungen dem Warthestadium zugeordnet. Die Schmelzwassersande des „Tranitzer Fluvialtils“ werden nach regional größerflächig angelegten Untersuchungen frühsaalezeitlich (Prä-Drenthe) eingestuft (LIPPSTREU 2002). Der Übersichtskarte in Abbildung 1 wurde auf Grund des Fehlens detaillierter Untersuchungen die Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000 zu Grunde gelegt (LIPPSTREU et al. 2003). Diese

fußt im Betrachtungsgebiet weitgehend auf den Ergebnissen der quartärgeologischen Erstkartierung für die Lithofazieskarte Quartär (HELLWIG & SCHUBERT 1979). Es ist nicht Ziel dieses Artikels, einen Beitrag zur Alterseinstufung der in Rede stehenden Schichten zu leisten.

Die geologische Bearbeitung für die Erkundung des Tagebaus Nochten erfolgte durch SCHANZE (1972). Der Autor hat bei der Bearbeitung des Quartärs auch die genannten morphologischen Hochlagen untersucht. Am W-Ende des Eichbergs befand sich bereits Ende der 1960er Jahre eine kleine Kiesgrube mit „stark glazigen gestauchtem Material von Sandfraktion bis zu Geschieben“. SCHANZE deutet den Höhenzug am Eichberg als lokale Eisrandlage, als den südlichsten Lobus des Muskauer Faltenbogens. Er bezeichnete ihn vorläufig als Eichberglobus (SCHANZE 1972, S. 113). Diese genetische Interpretation ist entsprechend des damaligen Kenntnisstands folgerichtig; wie die Aufschlüsse im Vorschnitt des Tagebaus Nochten heute zeigen, jedoch nicht zutreffend.

### 3. Zum Begriff von Kame und Os

Kames und Oser sind nach heutigem Sprachgebrauch hügelbildende, meist geschichtete glazifluviale Sande, Kiese und Schotter (LIEDTKE 1981, HOHL 1989, MURAWSKI & MEYER 1998, Lexikon der Geowissenschaften 2000, u. a.). Der Begriff Kame ist eine umgangssprachliche, schottische Bezeichnung für einen kleinen Hügel, der allmählich einen wissenschaftlichen Inhalt erhalten hat (HOLMES 1947). Erstmals verwendet wurde er 1865 durch T. F. JAMIESEN, eine Definition nahm jedoch erst 1883 bzw. 1884 T. C. CHAMERLIN vor (MURAWSKI & MEYER 1998). Dem Kame steht in gewisser Weise das Os (Ås, Åser, schwedisch: Hügelzug) mit sehr ähnlicher Bedeutung gegenüber. Der Unterschied zwischen beiden ist morphologischer Natur. Oser sind oft 10-20 km lange, sehr schmale, z. T. gratartige Rücken, die künstlich aufgeschütteten Bahndämmen ähneln. Kames hingegen sind breitere und flachere Formen von 3-6 km Länge und 200-500 m Breite, wobei Kleinformen 100 m lang und 30 m breit sein können (KELLER 1952).

Von ursprünglich morphologisch beschreibenden Termini haben sich Kame und Os hin zu genetisch-interpretierenden Bezeichnungen gewandelt. Wichtig für den Kontext des vorliegenden Beitrags ist, dass durch Kiesgrubenaufschlüsse bekannt wurde, dass Kames und Oser z. T. einen Kern aus (bezogen auf die glazifluviatilen Kiese) älteren Schichten (oft Geschiebemergel oder -lehm, Bändertone, andere Tone) besitzen können. Derartige „kernführende“ Strukturen werden Kernkames und Aufpressungsoser genannt (PHILIPP 1914, KELLER 1952, BRAMER 1961 u. a.).

### 4. Zum Begriff des Diapirs

Der Terminus Diapir (griech: diapeiros – durchstoßen) wurde 1907 durch MRAZEC als beschreibende Bezeichnung für die räumliche Struktur von Salzdomen in die Literatur eingeführt (MURAWSKI & MEYER 1998). Von JACKSON & TALBOT (1991) wird empfohlen, den Diapirbegriff allgemeingültig im Sinne von MRAZEC zu verwenden. Ein Diapir umfasst demnach (S. 7, frei übersetzt)

- (1) eine seitliche oder vertikale Gesteinsintrusionen unabhängig von ihrer Form,
- (2) das Emporquellen intrusionsfähigen oder nicht intrusionsfähigen Gesteins oder
- (3) die Platznahme eines Gesteins in überlagernden, präkinematisch abgelagerten Deckschichten durch passives Durchspießen oder das Aufsteigen an Verwerfungen.

HOHL (1989) zählt zu den Diapiren Vertikalplutone kleinen Durchmessers, besondere Salzstöcke, Tondiapire, Injektionsfalten ..., Ejektivfalten und mantle plumes (Manteldiapire). Aus den praktischen Erfordernissen der Erdölgeologie heraus wurden Salzdiapire von allen Diapirtypen geologisch am intensivsten untersucht. Dabei bildete sich ein relativ eigenständiges Begriffsinventar für ihre Beschrei-

bung und genetische Interpretation heraus, das im „Glossary of Salt Tectonics“ zusammengefasst ist (JACKSON & TALBOT 1991).

### 5. Beschreibung der Eichberg Kame-/Diapirstruktur

#### 5.1 Überblick

Der Eichberg-Hügel ist geomorphologisch ein Kame (Abb. 2). Die Kiesentnahmestellen (Abb. 3) hatten an vier Lokalisationen hellgraue Tone der Rauno-Formation, die die pleistozäne Schichtenfolge unterlagerten, aufgeschlossen. Strukturgeologisch ist das Kame der Top einer darunter liegenden Diapirstruktur. Sie wird im Folgenden weitgehend mit der Terminologie von JACKSON & TALBOT (1991) beschrieben. Der Begriff „Salz“, z. B. salt wall - Salzmauer wird dabei durch den vorliegenden Tondiapirismus ersetzt, so dass es dann Tonmauer heißt.

Der Eichberg ist ein 100 m langer, leicht sigmoidal gebogener Höhenzug mit örtlich variierender Breite zwischen 70 m und 200 m sowie einer Höhe zwischen 2 m und 7 m. Er hat keine durchgehende Kammlinie. Im WSW ist er sehr flach, im W sind zwei undeutliche, schmale, parallel verlaufende Rücken ausgebildet. Erkennbar wird die Detailmorphologie nur im hochauflösenden digitalen Geländemodell, hier mit einer Lagegenauigkeit von besser als 0,5 m und einer Höhengenaugkeit von besser als 0,15 m (Abb. 2). Das DGM ist ein Digital Terrain Model (DTM), bei dem die tatsächliche Erdoberfläche, nicht die Geländeoberfläche mit der Oberkante der Vegetation, Dachhöhen der Häuser u. ä. abgebildet werden. Die technischen Daten des hier verwendeten Modells beschreiben STACKEBRANDT & JANY (2003).

Die narbige Struktur der Erdoberfläche in der Umrandung des Eichberges ist anthropogenen Ursprungs. Eigentlich müsste hier die Erdoberfläche eben und glatt sein. Das Gebiet war mit Mischwald bewachsen, der im Vorfeld des Tagebaus gefällt wurde. Beim Roden der Wurzeln wurden diese auf 1-2 m hohe Haufen zusammengetragen. Gleichzeitig entstanden Sandhaufen und Sandlöcher von etwa 1 m Höhe. Bedingt durch die hohe Auflösung des DTM werden auch Straßen, Wege, Waldschneisen und Brunnengalerien sichtbar, die das Bild zwar optisch beherrschen, aber für die geologische Interpretation keine Rolle spielen.

Der SW-Teil des Eichbergs wurde durch einen kompliziert gebauten, SW-NE-streichenden Tondiapir von 550-600 m Länge unterlagert. Der mittlere und E-Teil des Eichbergs besteht nur aus glazifluviatilen Sanden und Kiesen, die die morphologische Kamestruktur bilden (Abb. 3).

Der Ton der Rauno-Formation lag mit undeformierter, ebener Hangendfläche außerhalb des Diapirs etwa 10 m unter der Oberfläche der Eichbergumgebung. Durch den hier beschriebenen Teil des Eichberges verläuft im Untergrund in NW-SE-streichender Richtung die NE-Flanke der tektonischen Störungszone „Graben von Nochten“, an der die tertiären Schichten um 5-10 m versetzt sind. Die Graben-

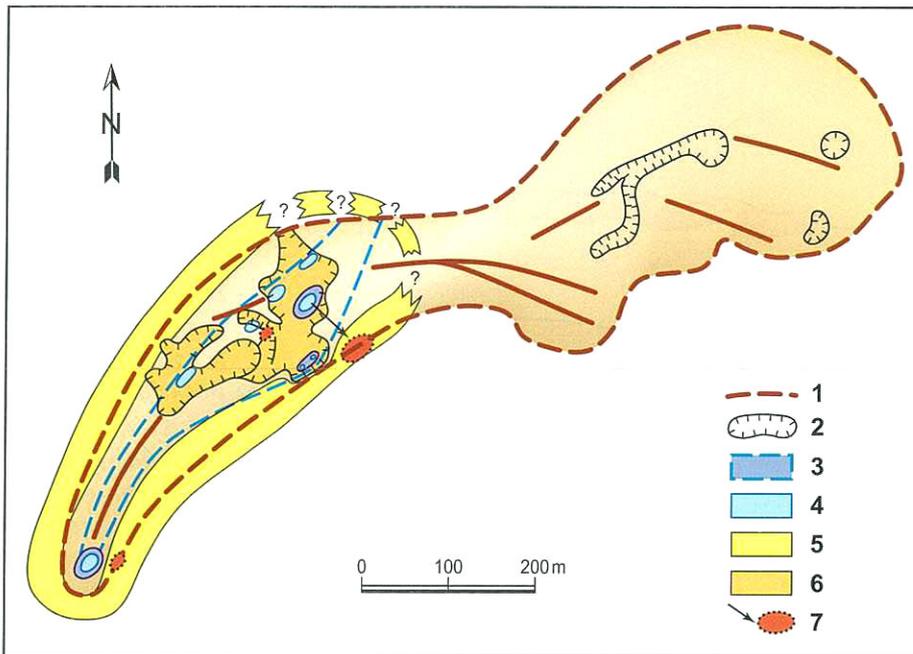


Abb. 3 Strukturskizze der Kame-/Diapirstruktur des Eichbergs bei Nochten

1 – morphologischer Umriss des Eichberges; 2 – Kiesentnahmestellen; 3 – Tonmauer, Diapir der ersten Generation; 4 – Tochterdiapire; 5 – Randsenken der ersten Generation; 6 – Randsenken der zweiten Generation; 7 – wurzellose Tonschollen mit Transportrichtung

Fig. 3 Sketch map of the kame/diapir structure of the Eichberg hill near Nochten

1 – morphological contour of the Eichberg; 2 – gravel pits; 3 – clay wall, diapir of first generation; 4 – daughter diapirs; 5 – rim synclines of first generation; 6 – rim synclines of second generation; 7 – rootless clay rafts with transport direction

tieflage ist ca. 500 m breit. Das Quartär wurde nicht mit verworfen. Lithologisch bestand die Rauno-Formation aus einer Wechsellagerung von hellgrauen bis hellbraunen, plastischen, schichtunglosen Tonen sowie tonigen Kiesen und Grobsanden. Letztere waren in Form von Linsen oder Bänken mit Mächtigkeiten im Meterbereich in den Ton eingeschaltet.

## 5.2 Der Aufbau des Diapirs

Der Tondiapir wurde durch einen Schaufelradbagger (SRS 6300) im Vorschnittbetrieb des Tagebaues flach unter einem Winkel von 25° angeschnitten und überbaggert (Abb. 2b). Die Böschungshöhe betrug in diesem Bereich 29-32 m; die Höhe der einzelnen Baggerscheiben schwankte zwischen 4-8 m. Für die obere Abbauscheibe wurde technologisch eine Höhe von 6-8 m gewählt. (Abb. 4).



Abb. 4  
Vorschnittböschung im Tagebau Nochten, westlich des Eichbergs,  
Foto: P. Radke

Fig. 4  
First cut carried out by bucket-wheel excavator of open cast mine Nochten  
in the Western of the Eichberg hill,  
Photo: P. Radke

Die Folge des treppenförmigen Aufschlusses und des flachen Anschnitts waren verzerrende Anschnittseffekte, so dass zwar generell die Diapirstruktur erkennbar war, durch Stoßfotografie oder -kartierung allein aber kein instruktiver geologischer Schnitt erhalten werden konnte. Aus der Summe der Einzelbeobachtungen wurde deshalb ein Blockbild zusammengestellt, das im 90°-Querschnitt zur Struktur den Gesamtüberblick gibt (Abb. 5). Detailfotos dokumentieren geologisch relevante Ausschnitte (Abb. 6 bis 14).

Insgesamt war die Diapirstruktur 550-600 m lang (Abb. 3). Sie war im Ganzen eine Tonmauer von 10 m bis ca. 70 m Breite und durchschnittlich von 5-8 m

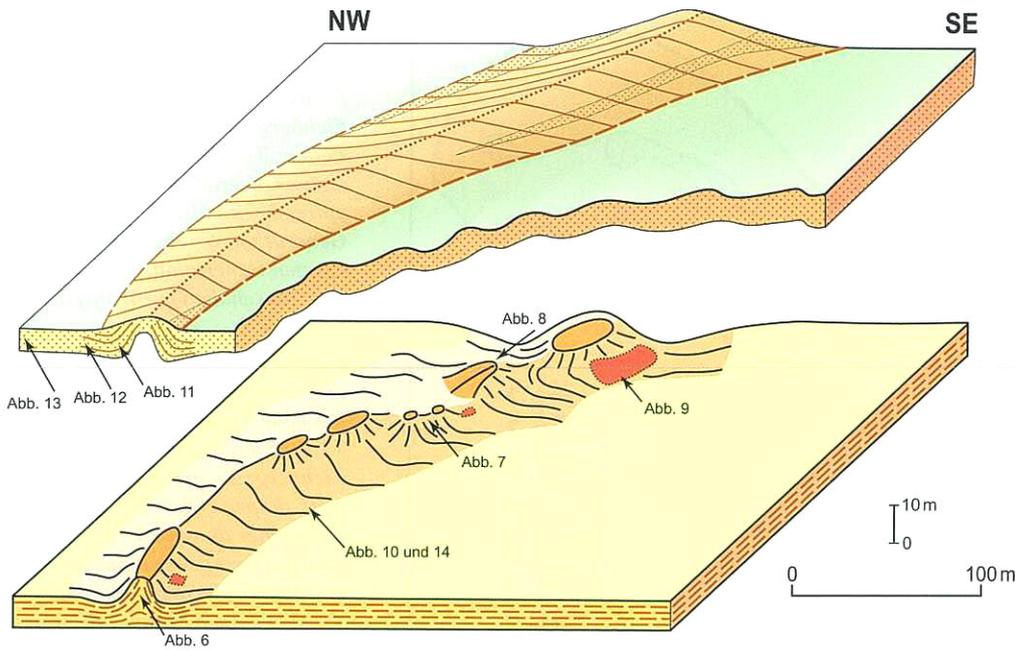


Abb. 5  
Blockbild der Eichberg-Diapir-/Kamestruktur mit Lage der Abbildungen 6-14, die Pfeile bezeichnen die Blickrichtung

Fig. 5  
Block diagram of the Eichberg kame/diapir structure, location of figures 6-14, the arrows show the view direction

Höhe. Seitlich wurde sie durch zwei trogförmige, gestreckt verlaufende Randsenken begleitet. Im Bereich der drei benachbarten Kiesentnahmestellen (Abb. 2b) verzweigte sich die Tonmauer. Aufgesetzt auf diese Hauptstruktur tra-

ten Tochterdiapire auf. Diese waren flache Beulen in Dekameter-Dimension mit einer Längserstreckung parallel der Tonmauer (Abb. 5), Aufpressungen in Form von spitzen Fließfalten (Knickfalten, Abb. 8) oder daumenartigen

Durchspießungen (Abb. 7) im Dezimeter- bis Meterdurchmesser. Diese sekundären Diapire besaßen eine zweite Generation von Randsenken, die mit ihrer Basis morphologisch etwa 5 m höher lagen als die beiden Randsenken der ersten Generation. Die Randsenken der zweiten Generation umgaben die sekundären Diapire und hatten unregelmäßige Formen. Mitunter hatten sie einen isometrischen Umriss. In den Kiesentnahmestellen wurde die zweite Generation von Randsenken abgebaut. Die Abbauförmungen folgten im Umriss und in der Tiefe diesen Randsenken (Abb. 3). Die Kiese und Schotter der Haupttrandsenken waren der Tonmauer parallel vorgelagert. Sie waren nicht Gegenstand der Kiesgewinnung, weil sie am Außenrand bzw. außerhalb des Kames in einer Tiefe von mehreren Metern unterhalb der Rasenoberkante des Vorlands lagen.

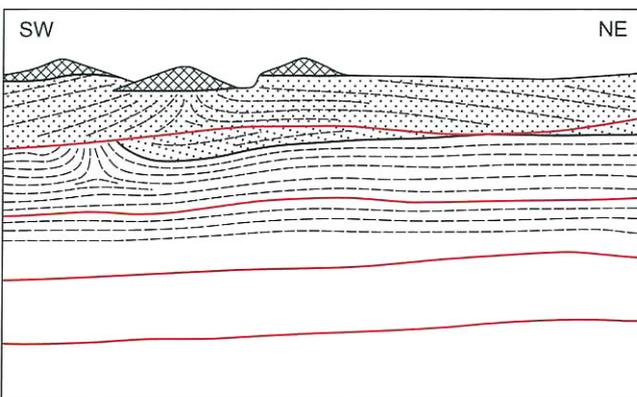


Abb. 6  
Top des Tondiapirs (Rauno-Formation), Scheibenhöhe ca. 6 m (die roten Linien markieren die Scheibeneinteilung)

Fig. 6  
Top of the clay diapir (Rauno Formation), height of the slope (the red lines mark the slopes)

An die Erdoberfläche durchgebrogene Diapire bildeten



Abb. 7  
Daumenförmige Durchbrüche von zwei Tochterdiapiren. Am Südwestlichen Diapir ist eine Tonzunge ausgebildet, Aufschlusshöhe ca. 5 m

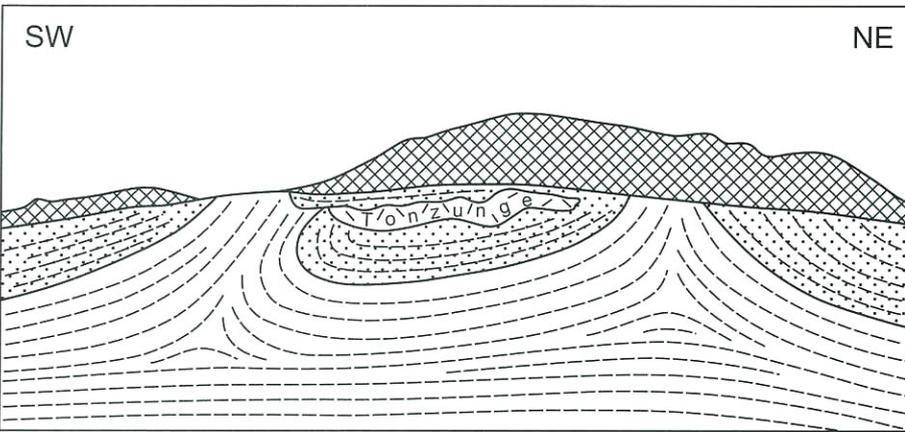


Fig. 7  
Thumb shape piercings of two daughter diapirs. At the Southwestern rim of the diapir a clay tounge is developed, height of outcrop approx. 5 m.



Abb. 8  
Durchbruch des Diapirs (Tone und Kiese der Rauno-Formation) in Form einer asymmetrischen, geneigten Fließfalte. Die Faltenachse taucht flach in die Bildebene hinein ab. Im Hangenden der Falte ist eine Randsenke aus Kiesen und Schottern ausgebildet, Aufschlusshöhe ca. 4,5 m (Kiesentnahmestelle).

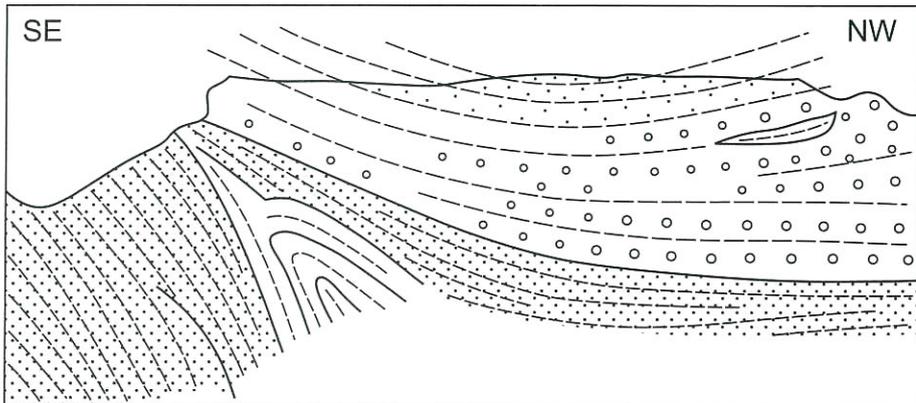


Fig. 8  
Diapir piercing (clays and gravels of Rauno Formation) in form of an asymmetric inclined flow fold. The fold axis dips under a flat angle into the image plane. There is a peripheral sink consisting of gravels and boulders developed in the hanging of the fold. Height of outcrop approx. 4,5 m (sandpit).

Tonzungen (Abb. 7). Aus ihnen entwickelten sich durch gravitatives Abgleiten verdriftete, wurzellose Schollen (Abb. 9). Sie schwammen in den glazifluviatilen Sedimenten. Ihre beobachtete Mächtigkeit lag bei einigen Dezimetern

und überschritt 2 m nicht. Ihre Breite (gemessen quer zur Bewegungsrichtung) erreichte mehr als 25 m. Die Länge in Richtung ihrer Bewegung konnte aufschlussbedingt nicht beobachtet werden. Bemerkenswert ist die extreme Ge-



ringmächtigkeit der Schollen im Verhältnis zu ihrer Länge (1 : 10; 1 : 20 oder noch kleiner). Zum Teil wurde der nach oben durchgebrochene Ton auch glazifluviatil aufgearbeitet. Er schwamm in Form von dm-großen Tongeröllen von unregelmäßiger Gestalt in den glazifluviatilen Kiesen und Sanden bzw. dispergierte er und bildete auf meter- bis dekametergroßen Anschnittsflächen ein weißes, toniges Bindemittel in den Sanden und Kiesen.

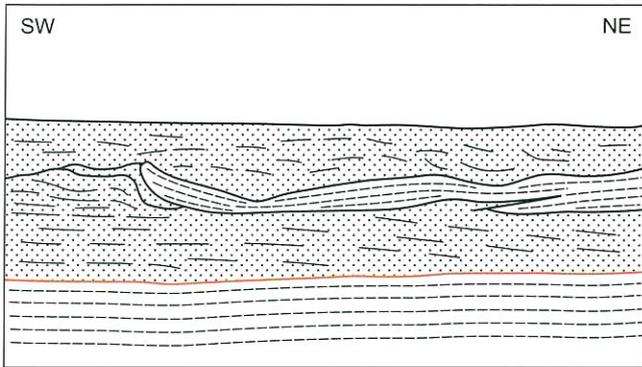


Abb.9

Gleitscholle von nach oben durchgebrochenem Ton in glazifluviatilen Sanden und Kiesen schwimmend. Die Bildebene steht senkrecht zur Bewegungsrichtung der Scholle, Scheibenhöhe ca. 6 m (die rote Linie markiert die Unterkante der obersten Abbauscheibe).

Fig. 9

Rootless clay raft swimming in glaciofluvial sands and gravels (gravity gliding). The movement direction is perpendicular to the image plane, height of slope approx. 6 m (the red line marks the lower edge of slope).



Sehr reine Tone ohne Kieslagen waren gelegentlich druckgeschiefert (dünnplattige Absonderung, z. T. mit Harnischen).

### 5.3 Aufbau des Kame und der Randsenken

Die beiden parallel zur Tonmauer verlaufenden Randsenken der ersten Generation hatten eine Breite von 20 m bis max. 50 m und waren mit groben glazifluviatilen Schottern, Kiesen und Sanden gefüllt (Abb. 6, 10, 13-14). Ursprünglich hatten sie eine hellgraue Farbe. Verbreitet traten sekundär durch Eisenausfällungen entstandene limonitbraune Farben auf. Bevorzugt wurde die Braunfärbung in groben Schichtpartien (z. B. Abb. 12) oder in unregelmäßiger Verteilung beobachtet. Teilweise waren nicht schichtparallel verlaufende Limonitisierungsfronten ausgebildet. Kiese und Sande mit Bindemittel aus dem Ton der Rauno-Formation hatten generell hellgraue bis weiße Farbe.

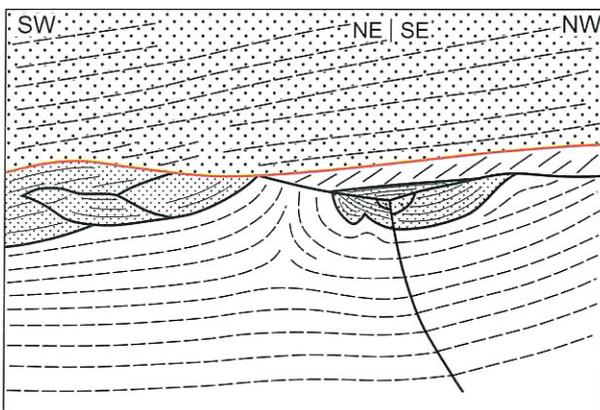


Abb. 10

Tondiapir mit zwei Randsenken aus glazifluviatilen Sanden und Kiesen, Höhe des Diapirs ca. 6 m (die rote Linie markiert die OK der 2. Abbauscheibe)

Fig. 10

Clay diapir with two peripheral sinks consisting of glaciofluvial sands and gravels, height of diapir (lower slope) approx. 6 m



Abb. 11  
Zwei Diskordanzflächen  
(Schichtcharungen) von glazifluviatilen Sanden und Kies-  
en in der Randsenke der ers-  
ten Generation nordwestlich  
der Tonmauer, Aufschlusshöhe  
ca. 5 m

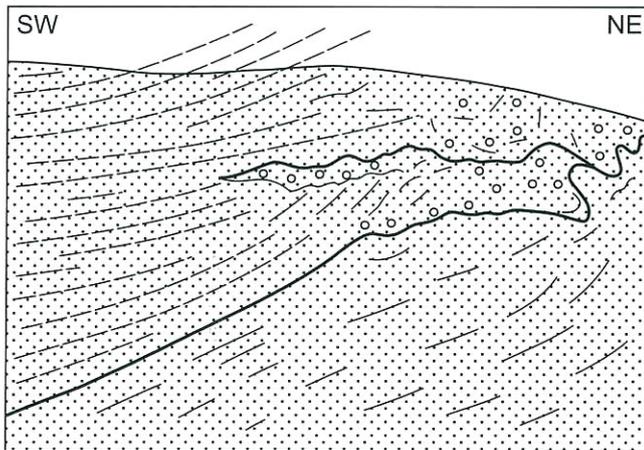


Fig. 11  
Two overlaps (angular un-  
conformities) in glaciofluvial  
sands and gravels in the rim  
syncline of first generation in  
the northwestern of the clay  
wall, height of outcrop ap-  
prox. 5 m



Abb. 12  
Schrägschichtung (down stream  
accretion deposits) in glazifluvi-  
atilen Kiesen der Randsenke aus  
Abb. 11

Fig. 12  
Down stream accretion deposits,  
in glaciofluvial gravels of the rim  
syncline, detail from fig. 11

Aus dem Vorland des Kames kommend bestand die glazifluviatile Schichtenfolge vorwiegend aus parallelgeschichteten Sanden und Kiesen (laminated sand sheets, Abb. 13). Mit dem Übergang in die Randsenken nahm die Mächtigkeit der einzelnen Schichten zu, maximal auf das Doppelte. Verbunden mit der Mächtigkeitszunahme war eine generelle Kornvergrößerung (Schotter und Gerölle) und ein Übergang der Parallelschichtung in eine überwiegende Schrägschichtung (down stream accretion deposit; Abb. 12). An den Flanken des Diapirs waren in den Kiesen und Sanden lokale Winkeldiskordanzen (Schichtcharungen) ausgebildet (Abb. 11). Es wurden maximal drei übereinanderliegende Diskordanzen beobachtet. Örtlich enthielten beide Randsenken linsenförmige Gleitschollen (Phacoide) aus glazifluviatilen Sanden und Kiesen (Abb. 10 und 14).



Abb. 13  
Vorwiegend Parallelschichtung (laminated sand sheets) in glazifluviatilen Kiesen der Randsenke aus Abb. 11

Fig. 13  
Predominantly laminated sand sheets in glaciofluvial gravels in the rim syncline from fig. 11

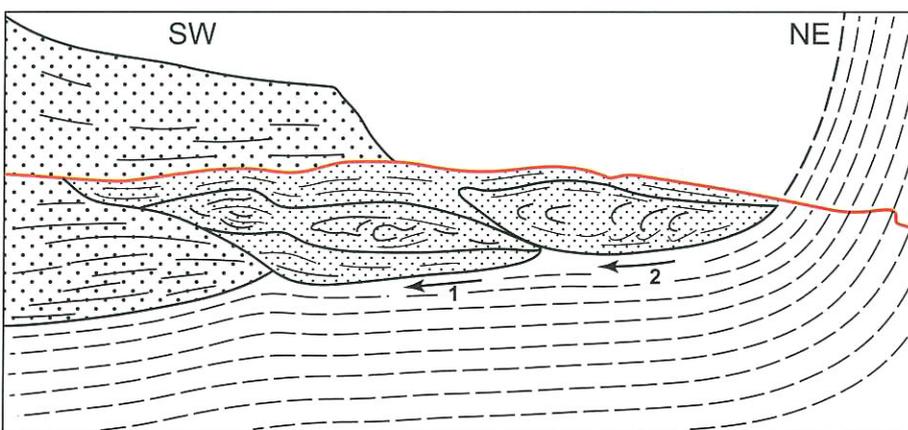


Abb. 14  
Gleitschollen (gravity gliding) von höherliegenden Randsenken- oder Deckschichten nordwestlich der Tonmauer (Randsenke der ersten Generation), Aufschlussshöhe ca. 5 m (die rote Linie markiert die Unterkante der oberen Abbauscheibe)

Fig. 14  
Rafts (phacoids, gravity gliding) consisting of hanging rim syncline or overburden deposits in the northwestern of the clay wall (rim syncline of first generation), height of outcrop approx. 5 m (the red line marks the lower edge of highest stope)

Die Randsenken der zweiten Generation begleiteten die der Tonmauer aufsitzenden Diapire der zweiten Generation. Entsprechend ihrer kleineren Dimension und ihrer Beulen- oder Daumenform sind die Randsenken stärker gegliedert und flächenhaft kleiner. Es waren mehr oder weniger isometrische Senken mit umlaufendem Streichen. Ihre Füllung war häufig gröber als die der Randsenken der ersten Generation. Es traten verbreitet Kiese und Schotter mit Blöcken bis 0,5 m Durchmesser auf.

Alle Sande und Kiese des Kamelhügels waren geschichtet. Die generelle Kamemorphologie wurde durch die Schichtung in grober Form nachgezeichnet. Der Top wurde später (wechsellzeitlich und/oder jünger) äolisch erodiert. Dabei wurde das feine Material ausgeblasen (Dünenfeld von Nochten), und es bildete sich eine flächenhaft verbreitete Bestreuung mit Windkantern. Im Ergebnis dessen wurde hier die glazifluviatile Schichtung diskordant durch die Erdoberfläche abgeschnitten (Abb. 8 und 11).

Weitere Bestandteile der Randsenken beider Generationen waren lokale Tonzungen, Tonschollen sowie toniges Bindemittel aus dispergiertem, durchgebrosenem Ton (s. Pkt. 5.2).

## 6. Interpretation

Unter dem Kame des Eichbergs befand sich ein komplex aufgebauter Tondiapir, der sich in einer ersten Etappe als flache Tonmauer entwickelte. Syngenetisch senkten sich parallel zur Tonmauer zwei Randsenken ein. Schichtmächtigkeitserhöhungen und Kornvergrößerungen in den Randsenkensedimenten sind die Belege für die gleichzeitige Diapir- und Randsenkenbildung. Die Winkeldiskordanzen am Diapirrand zeigen an, dass seine Heraushebung schubweise er-

folgte. Mit dem Aufdringen des Diapirs hat sich auch die morphologische Kamestruktur entwickelt. Zunehmende Reliefenergie führte zur Entstehung von gravitativen Gleitschollen.

In einer zweiten Entwicklungsetappe wurden dem Tonwall als Diapir der ersten Generation mehrere beulen- und daumenförmige Tochterdiapire (Diapire der zweiten Generation) aufgesetzt.

Tonzungen und wurzellose Tonschollen dokumentieren den Durchbruch von Diapirmassen an die Erdoberfläche. Es kann nicht im Einzelnen nachvollzogen werden, ob nur die Tochterdiapire durchgebrochen sind oder örtlich auch der Tonwall. Beim Durchbrechen des Diapirs sind blattförmig dünne Tonmassen ausgepresst worden. Entsprechend der syngenetischen Ablagerung der Randsenkensedimente sind die Tonmassen in Schmelzwässern extrudiert worden. Hier wurden sie durch die hohe Strömungsenergie des Wassers zu Tongeröllen aufgearbeitet oder vollständig dispergiert und als Bindemittel in glazifluviatilen Sedimenten wieder abgelagert. Unter weniger hochenergetischen Bedingungen bildeten sich Tonzungen und aus diesen wurzellosen Schollen. Die geringe Mächtigkeit der wurzellosen Schollen im Verhältnis zu ihrer Längserstreckung kann dadurch erklärt werden, dass sie durch das subaquatische Austreten in das Schmelzwasser einen starken Auftrieb erhielten und gleichzeitig mit sehr geringer Reibung gravitativ am Kamehang abrutschten. Auf diese Weise waren sie nur einer relativ geringen mechanischen Zerstörung ausgesetzt.

Im Sinne von LIEDTKE (1981, S. 80) sind Kames als Sonderformen von Sandern aufzufassen. Übereinstimmend damit entspricht die vom Eichberg beschriebene Art der Sedimente und ihre Schichtung der von Sandern. Abgesehen von kleineren, lokalen Vergenzen (z. B. Abb. 8) ist die Gesamtstruktur im Wesentlichen vertikalsymmetrisch aufgebaut. Damit kommt als deformierende Kraft nur eine vertikal wirkende in Betracht. Ferner setzt das plastische Fließen des Tons ungefrorene Bodenverhältnisse und Wassersättigung voraus. Diese sind in Auftauböden nach dem Eiszerfall gegeben. Damit ergibt sich als Kraftquelle der vertikale Belastungsdruck sich nicht mehr bewegend, abschmelzenden Eises, wobei das Kame in einer eisfreien Zone zwischen Toteisblöcken entstand. Die quer zum Streichen des Tondiapirs weit auslaufenden glazifluviatilen Schichtpakete erfordern eine eisfreie Zone von mindestens 300 m, vielleicht sogar 500 m Breite. Der das Kame sedimentierende Schmelzwasserfluss muss dementsprechend groß dimensioniert gewesen sein.

Der Eichberg ist morphologisch zweifelsfrei ein Kame. Als Struktur des „Tiefenbaus“ bildet ein Tondiapir seinen Kern. Da die beiden Begriffe auf seine geologische Beschreibung zutreffen, aber unterschiedliche Aspekte betrachten (Geomorphologie, struktureller Tiefenbau), wird der Eichberg als Kame-/Diapirstruktur bezeichnet. „Kerne“ in Kames und Osern sind seit langem bekannt (siehe Punkt 3), aber

die Präfixe „Kern“ und „Aufpressung“ werden dem geologischen Phänomen nicht hinreichend gerecht. „Kern“ ist zu allgemein und „Aufpressung“ (Kernkame, Aufpressungskame) bezieht sich auf einen unscharf wiedergegebenen genetischen Prozess.

Die Eichbergstruktur ist ein instruktives Beispiel für Prozesse der frostbedingten Sedimentation und Schichtdeformation am Rande einer zerfallenden Inlandeisbedeckung über tieferreichendem Lockergesteinsuntergrund. Es belegt ein weiteres Mal die Bedeutung solikinetischer Prozesse in der 10 m bis 100 m-Dimension. Auf die grundsätzliche Bedeutung der Vorgänge des Bodenfließens im Zusammenhang mit dem Zerfall von Dauerfrostböden haben RUCHHOLZ (1977, Pelitokinese) und EISSMANN (1978, Mollisoldiapirismus) hingewiesen. Die flächenhafte Verbreitung derartiger Strukturen hat BANKWITZ (1982, S. 78) durch Satellitenbilddatenauswertungen in Mecklenburg-Vorpommern unter der Bezeichnung „Blumenkohlstrukturen“ exemplarisch dargestellt. Zur Beschreibung und Interpretation dieser Deformationen ist die Anwendung strukturgeologischer Arbeitsmethoden und des dazugehörigen Begriffsinventars zielführend. Die Anwendung strukturgeologischer Arbeitsmethoden in der Glazialtektonik hat im deutschsprachigen Raum bereits MÖBUS akzentuiert vertreten und praktiziert (MÖBUS 1984 u. a.).

### Zusammenfassung

Es wird der geologische Aufbau eines Kames (Eichberg bei Nochten) mit einem darunter liegenden Diapir als Kame-/Diapirstruktur beschrieben. Das Kame liegt auf der Trebendorfer Tertiärhochfläche im Übergangsbereich zwischen dem (Nieder-)Lausitzer Grenzwall und dem Lausitzer Urstromtal (Warthezeitliche Haupteisrandlage, Saaleglazial) im Niederlausitzer Braunkohlenrevier in Nordsachsen. Es wurde durch den Vorschnitt des Braunkohlentagebaus Nochten überbaggert. Dabei bestand die einzigartige Gelegenheit, unter dem 2-7 m hohen Kamehügel einen kompliziert aufgebauten Tondiapir (Tone und Kiese der Rauno-Formation, Miozän) zu beobachten und zu dokumentieren. Unter dem Kame war eine Tonmauer als Diapir der ersten Generation ausgebildet. Ihm saßen als Diapire einer zweiten Generation beulen- und daumenförmige Tochterdiapire auf. Beiderseits der Tonmauer sowie um die Tochterdiapire herum waren synkinetische Randsenken mit Mächtigkeits erhöhungen der Randsenkensedimente, gravitative Gleitkörper der Diapirrand- bzw. -hangensedimente, Schicht-scharungen an den Diapirkörpern (Winkeldiskordanzen) und wurzellose Tonschollen des an die Oberfläche durchgebrochenen Diapirs aufgeschlossen, die synsedimentär in die Randsenken hinein geglitten sind. Entsprechend dieser Beobachtungen entstand die Kameform an der Erdoberfläche unter glazifluviatilen Bedingungen in der Phase des Eiszerfallsprozesses. Es wird auf die grundsätzliche Bedeutung der frostbedingten Sedimentation und Schichtdeformation am Rande des zerfallenden Inlandeises sowie die Zweckmäßigkeit der Anwendung strukturgeologischer

Arbeitsmethoden und des in der Strukturgeologie üblichen Begriffsinventars bei der Beschreibung der Deformationen hingewiesen.

### Summary

The geological structure of a kame (near the village Nochten) connected with an underlying diapir as kame/ diapir structure is described. The kame is located on the Trebendorf Tertiary flat upland area in the boundary zone between the (Nieder-)Lausitzer Grenzwall (main endmoraine of the Warthe stage, younger Saale glaciation) and the Lausitzer Urstromtal (ice marginal valley of the Warthe stage) in the Lausitzer brown coal mining district in Northern Saxony. The structure had been excavated during the mining process. Thereby, the authors had the unique opportunity to observe and to document a complicated clay diapir underlying the 2-7 m high kame hill. The diapir consists of clays and gravels of the Rauno Formation (Miocene). Below the structure a clay wall was developed as the first diapir generation. On the clay wall there were daughter diapirs in form of bulbs and thumbs as second diapir generation. At the rims of the clay wall as well as surrounding the daughter diapirs were found synkinematic rim synclines with sediment thickening in the peripheral sink, gravity gliding structures, overlaps (angular unconformities) and rootless clay rafts. Concerning these observations the kame hill was caused under glaciofluvial conditions in the phase of deglaciation. This article points to the general meaning of frost influenced sedimentation and deformation at the rim of melting inland ice caps as well as suitability of the tectonic methods and technical terms to describe and interpret soft sediment deformations.

### Danksagung

Die Vattenfall Europe Mining AG ermöglichte und unterstützte die Geländeuntersuchungen der Eichbergstruktur in großzügiger Weise. Das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg sowie das Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen, Bereich Boden und Geologie, Freiberg ermöglichten die Nutzung ihrer Bibliotheken und Archive. Herr Peter Suhr, LfUG Sachsen, Freiberg förderte die Untersuchung durch zahlreiche Diskussionen und Hinweise zum Manuskript. Herr Peter Radke fertigte das Hub-schrauberfoto der Vorschnittböschung an, Herr Sven Jany, MILAN-Flug GmbH und Herr Reinhard Birk, Cottbus waren uns bei technischen Fragen der Bildbearbeitung behilflich. Herr Detlef Mehla, LBGR Brandenburg, Kleinmachnow fertigte die Reinzeichnungen der Abbildungen an. Allen Genannten möchten wir vielmals danken.

### Literatur

ATANASOW, O., SEIBEL, O. & H. PETRICK (1985): Neue Erkenntnisse zur Gliederung der Raunoer Folge im Bereich der Trebendorfer Hochfläche - Lausitzer Braunkohlenrevier. - Poster zum Berg- und Hüttenmännischer Tag, Freiberg

BANKWITZ, P. (1982): In: SAGDEJEW, R. S., SALISTSCHEW, K. A. & H. KAUTZLEBEN (Hrsg.): Atlas zur Interpretation aerokosmischer Multispektralaufnahmen. Methodik und Ergebnisse. - 83 S., Berlin (Akademie-Verlag) / Moskau (Verlag Nauka)

BRAMER, H. (1961): Bemerkungen zum Problem der Aufpressungs-Oser. - *Geologie*, **10**, S. 480-492, Berlin

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002

EISSMANN, L. (1978): Mollisoldiapirismus. - *Z. f. angew. Geol.* **24**, 6, S. 130-138, Berlin

GEIKIE, J. (1894): The great ice age and its relation to the antiquity of man. - Third edition, London (Edward Stanford)

JACKSON, M. P.A. & C. J. TALBOT (1991): A glossary of salt tectonics. - *Geological Circular* **91**, 4, Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin, 44 S., Austin, Texas

HOHL, R. (1989): Die Entwicklungsgeschichte der Erde, Brockhaus Nachschlagewerk Geologie. - 7. Aufl., 703 S. - Leipzig (VEB F. A. Brockhaus Verlag)

KOCH, E. & W. ALEXOWSKI (1999): Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen 1 : 50 000 (GK 50). - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Blatt Weißwasser, Freiberg

HELLWIG, D. & G. SCHUBERT (1979): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000 (LHQ), Blatt Weißwasser 2470. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin

HOLMES, C. D. (1947): Kames. - *Am. J. Sc.* **245**, 4, S. 240-249, Stuttgart

KELLER, K. (1952): Beitrag zur Frage Oser oder Kames. - *Eiszeitalter und Gegenwart* **2**, S. 127-132, Öhringen

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

Lexikon der Geowissenschaften in sechs Bänden (2000). - Spektrum, Landscape GmbH (Red.), Heidelberg, Berlin (Akademischer Verl.)

LIEDTKE, H. (1981): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. - *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, 204, 2. erw. Aufl., 307 S., Trier

LIPPSTREU, L. (2002): In: Atlas zur Geologie von Brandenburg im Maßstab 1 : 1 000 000. - Landesamt für Geowis-

senschaften und Rohstoffe Brandenburg, 2. Aufl., S. 120, Kleinmachnow

LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N., SONNTAG, A. & H. U. THIEKE (1994): Zur Gliederung der quartären Sedimentabfolgen im Niederlausitzer Braunkohlentagebau Jänschwalde und in seinem Umfeld – Ein Beitrag zur Gliederung der Saale-Kaltzeit in Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **1**, 1, S. 15-35, Kleinmachnow

LIPPSTREU, L. et al. (2003): Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000, Blatt CC 4750 Cottbus. - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

MÖBUS, G. (1984): Strukturtektonische Arbeitsmethoden in der Glazialtektonik. - Z. geol. Wiss. **12**, 3, S. 335-347, Berlin

MURAWSKI, H. & MEYER, W. (1998): Geologisches Wörterbuch. - 10. Aufl., 278 S., Stuttgart (Enke)

PHILIPP, H. (1914): Zur Theorie der Os-Entstehung. - Zentralbl. für Mineral., S. 221-222, Stuttgart

RUCHHOLZ, K. (1977): Zur Genese gravitativer Schicht- und Sedimentkörper-Deformationen in Vereisungsgebieten. - Wiss. Z. Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald, **XVII**, Mat.-nat. R. Nr. 12, S. 49-57, Greifswald

SCHANZE, W. (1968): Binnendünenbildungen südlich von Weißwasser. - Geologie **17**, S. 473-474, Berlin

SCHANZE, W. (1972): Ergebnisbericht Braunkohle Nochten – 1965 bis 1969. - VEB Geologische Erkundung Freiberg, 217 S., Freiberg (unveröff.)

SCHANZE, W. (2005): Der Kiessandtagebau Kromlau – ein geologischer Aufschluß im Muskauer Faltenbogen. - Ber. Naturforsch. Ges. Oberlausitz **13**, S. 151-156, Görlitz

SCHUBERT, G. (1978): Aufschlußbefunde zu einer jungpleistozänen Laufverlegung der Neiße (Nochtener Neißelauf) und zur Terrassengliederung. - Z. Geol. Wiss. **7**, S. 463-477, Berlin

STACKEBRANDT, W. & S. JANY (2003): Airborne Laserscanning für geologische Detailuntersuchungen und Abwehr bergbaubedingter Gefahren im Muskauer Faltenbogen; Südost-Brandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. **10**, 1/2, S. 1-6, Kleinmachnow

WOLF, L. & G. SCHUBERT (1994): Die spätertertiären bis elstereiszeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elsterkaltzeit in Sachsen. - Geoprofil **4**, S. 1-43, Freiberg

Anschrift der Autoren:  
Dipl.-Geoln. (FH) Heidrun Domko  
heidrun.domko@vattenfall.de  
Vattenfall Europe Mining AG  
An der Heide  
03139 Spremberg - Schwarze Pumpe

Dr. Manfred Kupetz  
manfred.kupetz@t.online.de  
Schulweg 1 a  
03055 Cottbus