

## ***Zum Braunkohlendiapirismus bei Gräfenhainichen***

mit 15 Abbildungen

*STEFAN WANSA*

### **Zusammenfassung**

Es werden nähere Untersuchungen an solikinischen Aufstiegstrukturen aus den Braunkohletagebauen Golpa-Nord und Gröbern vorgestellt, die EISSMANN (1987) als „Braunkohlendiapir-Formation bei Gräfenhainichen“ charakterisiert hat. Die Ende 1986 in Golpa-Nord anstehenden diapirischen Kohlerücken sind auf der Basis der photogrammetrischen Auswertung von Luftbildern, flankiert durch terrestrische Aufnahmen, kartographisch dargestellt worden. Darüber hinaus wurden 1987 und 1988 Detaildokumentationen einzelner Strukturen einschließlich ihrer Randsenken durchgeführt. Auf dieser Datengrundlage und der Analyse des vorliegenden Wissensstandes werden ausgewählte Strukturen genetisch interpretiert und stratigraphisch eingeordnet.

Nach dem Internegefüge der diapir- und kissenförmigen Strukturen zu urteilen, erfolgten die Massenbewegungen hauptsächlich durch plastisches, schichtkonformes Fließen der Kohle, bei manchen Strukturen unter aktiver Beteiligung des liegenden Tons. Fließbewegungen in breiartigem oder flüssigem Zustand wurden an den Randbereichen der Strukturen und in den zahlreich beobachteten apophysenartigen Verzweigungen diagnostiziert.

Zwei Kohleaufstiegsstrukturen waren bereits vor der ersten Inlandeisbedeckung vollständig ausgebildet und sind Belege für autoplastische Bewegungen der freien Solikinese. Für die anderen Strukturen sind Bildungsphasen vom Cromer-Komplex bis zum Miltitz-Intervall denkbar, wobei zumindest ein Diapir unter Mitwirkung von Eisauflast durch erzwungene Solikinese entstanden sein dürfte.

Schlagwörter: Diapirismus, Braunkohlendiapir, Solikinese, autoplastische Bewegungen, Gräfenhainichen

### **Abstract**

Detailed investigations are presented on deformed and intruded lignite bodies at the opencast mines Golpa-Nord and Gröbern, which EISSMANN (1987) characterized as the "lignite diapir formation near Gräfenhainichen". The diapiric lignite ridges of Golpa-Nord exposed at the end of 1986 were mapped on the basis of the photogrammetric evaluations of aerial photographs, supported by field work. In addition, a detailed documentation of individual structures including their peripheral sinks was carried out in 1987 and 1988. Based on these data and an assessment of the existing state of knowledge, selected structures are genetically interpreted and stratigraphically classified.

---

Kontaktdaten des Autors: Dr. Stefan Wansa, Hegelstraße 73, 06114 Halle (Saale), Email: wansax4@gmx.net

As indicated by the internal architecture of the diapir- and pillow-shaped structures, the mass movements from which they originated occurred due to plastic, layer-conform flowage of the lignite itself, which, for some structures also involved the underlying clay. Flow movement in a pulpy or liquid state were also diagnosed at the margins of the lignite intrusions and within the numerous observed apophyseal-like branches.

Two of the investigated lignite intrusions were already fully developed before the first advance of Scandinavian Ice Sheet across the area during the Quaternary, indicating that their origin was triggered entirely by autoplasmic movements due to sediment loading and free solikinesis. For other structures formation phases from the Cromer complex to the Miltitz interval are conceivable, whereby at least one diapir is likely to have arisen under the influence of ice load by forced solikinetic movement.

keywords: diapirismus, lignite diapir, solikinesis, autoplasmic movements, Gräfenhainichen

## Einführung

Am Nordwestrand der Dübener Heide bei Gräfenhainichen, unmittelbar nördlich der Stadt wo sich heute der Gremminer See erstreckt, befand sich bis 1991 der Tagebau Golpa-Nord (**Abb. 1**), der die Kraftwerke Zschornowitz und Vockerode mit Braunkohle versorgte. In Abbau stand die durchschnittlich bis ca. 5 m mächtige Oberbank 1 des untermiozänen Flözkomplexes Bitterfeld. Zur längerfristigen Gewährleistung der Belieferung des Kraftwerks Vockerode wurde 1984 südlich von Gräfenhainichen der Tagebau Gröbern aufgeschlossen, in dem neben der bis ca. 10 m mächtigen Oberbank 1 zeitweise auch die bis 2 m mächtige Oberbank 2 sowie die 3 bis 5 m mächtige Unterbank gewonnen wurden (EISSMANN & JUNGE 2015). Infolge der politischen Wende wurde die Kohleförderung 1994 endgültig eingestellt. Im Tagebau-Restloch entstand der Gröberner See.

In beiden Tagebauen waren die Lagerungsverhältnisse großflächig durch intensive Deformationen geprägt, die große bergbauliche Probleme mit sich brachten. EISSMANN (1987) sprach von der „Braunkohlendiapir-Formation bei Gräfenhainichen“; EISSMANN & JUNGE (2015) charakterisierten Golpa-Nord als „Weltaufschluss der Störungen“.

Der Verfasser hat im Rahmen seiner Dissertation, die unter wissenschaftlicher Betreuung von Dr. habil. L. Eißmann (Universität Leipzig) und Prof. Dr. Max Schwab (Universität Halle-Wittenberg) erstellt wurde, die 1986–1988 in den Tagebauen Golpa-Nord und Gröbern aufgeschlossenen diapirischen Kohleauffressungen näher untersucht (WANSCHA 1989). Auf der Basis der flächenhaften Kartierung der anstehenden Strukturen mittels Luftbildauswertung und von detaillierten Dokumentationen einzelner Strukturen in den Tagebauen sowie der Analyse des vorliegenden Kenntnisstandes sollten Rückschlüsse auf die Genese und die Bildungszeiträume gezogen werden. Lothar Eißmann war an weiteren Kenntnissen zu den Braunkohlendiapiren in diesem Gebiet außerordentlich interessiert. Er hat die Arbeiten initiiert und durch theoretische Erläuterungen und eine Vielzahl praktischer, bis ins Detail gehender Hinweise enorm gefördert (**Abb. 2**).

Aus heutiger Sicht sind die Untersuchungsergebnisse Dokumente einer vergangenen Zeit – Die aufgenommenen Strukturen sind unwiederbringlich zerstört, Kohleflöze bei Gräfenhainichen nicht mehr aufgeschlossen. Dennoch scheint die späte Veröffentlichung insbesondere in diesem Band gerechtfertigt zu sein, zumal die genetischen und stratigraphischen Interpretationen noch weitgehend aktuell sind bzw. in Nuancen neueren Erkennt-

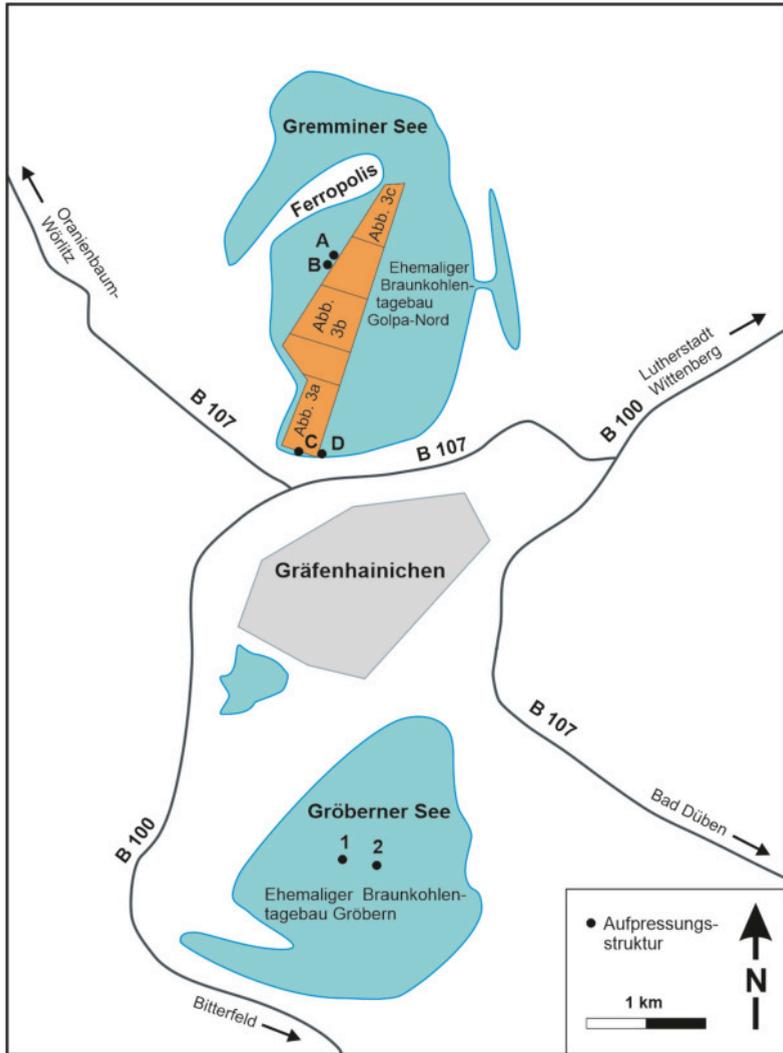
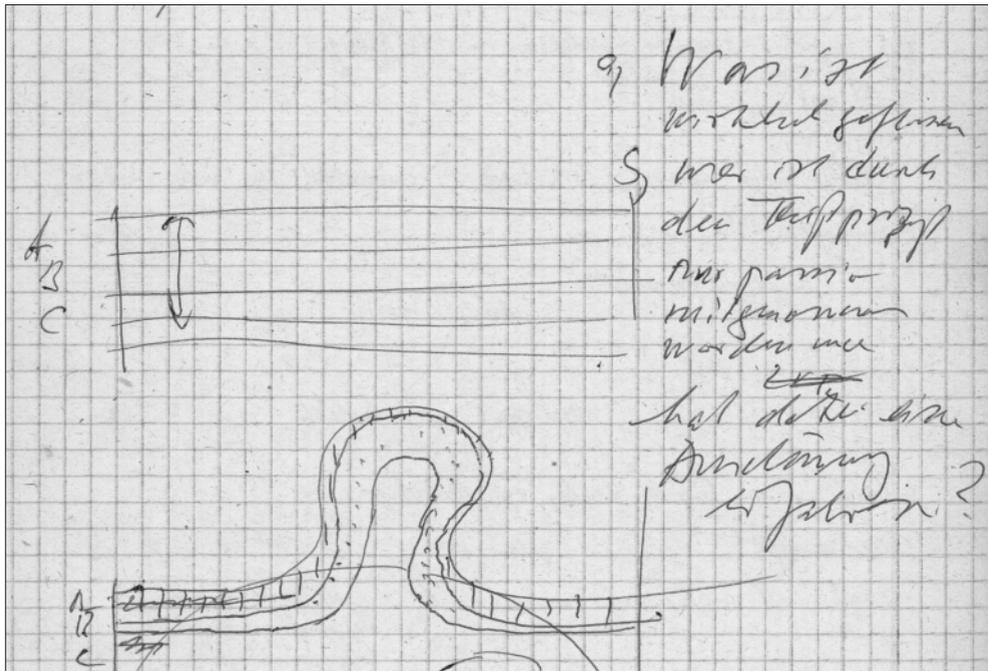


Abb. 1: Topographische Lage des Untersuchungsgebietes.

nissen angepasst wurden. Dies ist ganz entscheidend das Verdienst von Lothar Eißmann, dem die Erforschung der Entstehung und zeitlichen Einordnung ungewöhnlicher Lagerungsformen von Lockersedimenten besonders wichtig war. Durch langjährige Feldforschung in mitteldeutschen Tagebauen und tiefgehende Analyse seiner Beobachtungen hat er den heutigen Kenntnisstand zum Braunkohlendiapirismus in Deutschland und darüber hinaus maßgebend geprägt.



**Abb. 2:** Hinweise zur Beachtung genetischer Aspekte bei der Aufnahme von Braunkohlendiapiren von L. Eißmann an den Verfasser am 10.08.1987.

(„a. Was ist wirklich geflossen. b. Wer ist durch den Fließprozess nur passiv mitgenommen worden und hat daher eine Ausdünnung erfahren?“).

## Forschungsgeschichte

Die erste Erwähnung von Flözdeformationen im Raum Gräfenhainichen geht wohl auf O. v. Linstow zurück. Während er noch in den Erläuterungen zur 1. Auflage der GK 25 Gräfenhainichen die Lagerung der Kohle als „meist söhlich [sic!] bis schwach geneigt“ charakterisierte (LINSTOW 1910: 13), beschrieb er später die Verhältnisse in einem Vorläufer des Tagebaus Gröbern wie folgt: „Auf der Grube Barbara bei Gräfenhainichen wurde ein Flöz gebaut von 2–16 m Mächtigkeit bei einem Deckgebirge von 6–40 m. Die Lagerung des Flözes ist unregelmäßig, einmal durch Auftreten von kleineren und größeren Mulden, sodann durch starke bis zum Zerreißen des Flözes entwickelte Aufpressungen“ (LINSTOW 1927: 169). NAUMANN (1937: 15) stellte zwar für einen Tagebau bei der ehemaligen Ortschaft Golpa, ca. 7 km westsüdwestlich von Gräfenhainichen, fest, dass das „Diluvium und Miozän ... vielfach miteinander verzahnt und infolge Eisdruckes durcheinander geschoben“ ist, machte aber keine Angaben zur Auswirkung auf die Flözlagerung, sondern bestätigte die Aussage von LINSTOW (1910), nach der die Kohle im Gebiet der GK 25 Gräfenhainichen meist ungestört lagert.

Detaillierte Kenntnis zu Lagerungsstörungen der Braunkohle bei Gräfenhainichen gaben zuerst HUNGER & SEICHTER (1955). Sie beschrieben aus dem ehemaligen kleinen Tagebau Pöplitz (Golpa IV), ca. 7 km südwestlich von Gräfenhainichen, Überschiebungen, Überkipnungen und Sattel-Mulden-Strukturen des Flözes, Geschiebemergel-Einpressungen

im Liegenden der Kohle sowie Flözaufspaltungen durch Geschiebemergel und Sand-Einpressungen.

VIETE (1960) führte die Flözdeformationen bei Gräfenhainichen überwiegend auf dynamische Druckwirkungen des Saale-Inlandeises zurück und hielt in Golpa-Nord statische Aufpressungen für möglich. Die große Intensität der Deformationen resultiert nach G. Viete sowohl aus der Ausbildung des Kohleliegenden und -hangenden als auch aus der Existenz von Hindernissen für die Eisbewegung. Dazu zählte er Aufragungen von Vulkaniten des Rotliegend im Untergrund und die flözfreien Bereiche des Lockergebirges, die in den Kaltzeiten gefroren waren und im Vergleich zum flözführenden Raum wie starre Blöcke gewirkt haben sollen.

PESTER & RADTKE (1965) hatten erkannt, dass die Lagerung des ca. 80 m mächtigen Tertiärs im Raum Gräfenhainichen durch Niveauunterschiede bis 15 m bestimmt wird. Sie beschrieben breite, flache Senken und schmale, wallartige, SW-NE-streichende Erhebungen („Liegendrücken“), die KNOTH (1978) als fossile Strandwälle ansah. Die Braunkohlenbänke lagern entsprechend schüsselförmig mit differierenden Mächtigkeiten, wobei die Unterbank an den Wällen mitunter völlig auskeilt und die Oberbank 1 mächtigkeitsreduziert ist. Mit dem Aufschluss des Tagebaus Golpa-Nord wurden jedoch auch kleinräumigere und weitaus stärkere Unregelmäßigkeiten der Flözlagerung in Form von diapirischen Strukturen sichtbar, die in der Erkundungsphase trotz eines engmaschigen Bohrnetzes nicht erkannt werden konnten. Des Weiteren sind aus Golpa-Nord noch andere Lagerungsstörungen, wie Faltung, Verschuppung und Schollenbildung bekannt (MEISSNER 1979, PRÄGER 1985, EISSMANN 1987).

Aus anderen mitteldeutschen Braunkohlegebieten wurden vergleichbare Lagerungsstörungen u. a. bereits von ETZOLD (1912), LEHMANN (1922), WEIGELT (1928, 1929), WEISSERMEL (1930) und GRAHMANN (1934) beschrieben. Sie alle stellten die Genese der Störungen in einen direkten Zusammenhang mit der pleistozänen Inlandeisbedeckung und hielten sie somit für glazitektonisch angelegt. WEIGELT (1928) hat die Oberfläche der Kohle im Geiseltal (Gruben Leonhardt, Pfännerhall und Rheinland) kartographisch dargestellt und ist zu dem Schluss gelangt, dass die Aufpressungen vor dem Eisrand durch die Wirkung statischen Drucks, in Abhängigkeit von der Plastizität des Untergrundes, der Mächtigkeit des Eises und der Dauer der Stillstandslage gebildet wurden. Die regelhafte Anordnung der Strukturen soll durch „sekundär bedingte Autoplastie der hoch wasserhaltigen Kohle“ (WEIGELT 1929: 75) zum Teil wieder verwischt worden sein.

Etwa 30 Jahre nach Weigelts Arbeiten im Geiseltal hat WAGENBRETH (1955, 1960) umfangreiche Untersuchungen über Kohleaufpressungsstrukturen und das pleistozäne Deckgebirge im Tagebau Profen bei Zeitz angestellt, wo im Baufeld Schwerzau noch vor wenigen Jahren imposante Strukturen aufgeschlossen waren (EHLERS et al. 2016). WAGENBRETH (1960: 33) wies auf Analogien zwischen Salztektunik und Kohleaufpressung hin: „Beide zeigen ... bei vollständiger Ausbildung vorherrschend aufwärts gerichtete Massenwanderung, in sich manchmal eine sehr enge Faltung, auf beiden Seiten Einmündungen als Massendefizit und Zerrungsformen als Kleintektonik.“ Er interpretierte die meisten Profener Strukturen durch Abwanderung plastischer Kohle unter dem Belastungsdruck der Inlandeisdecke in Bereiche geringeren Druckes (Eisspalten) am Ende des Saale-zeitlichen Hauptvorstoßes, d. h. während der Zeitz-Phase (EISSMANN 1975). Autoplastische Bewegungen sollen nur am Anfang des Kohleaufstiegs, während der Anlage von Breitsätteln, stattgefunden haben.

J. Weigelt und O. Wagenbreth haben mit der Annahme autoplastischer Bewegungen bereits Prozesse in den Blickpunkt gestellt, die in den grundlegenden Arbeiten zur Genese

pleistozäner Kohleaufstiegsstrukturen von EISSMANN (1978, 1981, 1987) zentrale Bedeutung erlangten (Kap. Kenntnisstand).

VIETE (1964) hat die vielfältigen Flözdeformationen und Lagerungsstörungen im Deckgebirge des Lausitzer Braunkohlereviere beschrieben, klassifiziert und mit ähnlichen Strukturen in anderen mitteleuropäischen Revieren verglichen. Für die Genese der Störungen zog er fünf Prozesse in Betracht: Druck- und Schubbeanspruchung des Untergrundes durch das vordringende Inlandeis, tektonische Krustenbewegungen, gravitatives Abgleiten von Schichten auf geneigtem Untergrund, Absenkungen des Hangenden infolge von Subrosion sowie kryogene Deformationen, die er jedoch ausschließlich für die Bildung von Kleinformen im Deckgebirge (Verbrodelungen, Eiskeile) gelten ließ. Größer dimensionierte autoplastische Massenumlagerungen mit Fließbewegungen spielten bei G. Viète keine Rolle.

## **Kenntnisstand**

Das gegenwärtige Wissen über die Genese und zeitliche Einordnung von Aufstiegsstrukturen der Kohle im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier beruht in wesentlichem Maße auf den Untersuchungen von Lothar Eißmann (EISSMANN 1978, 1981, 1987). Er hat die älteren Vorstellungen (siehe Kap. Forschungsgeschichte) hinterfragt und kam zu dem Schluss, dass die diapirischen Kohlestrukturen ganz überwiegend nach dem Modell der freien (autoplastischen) Solikinese entstanden sind. „Existieren stärkere Belastungsunterschiede und besitzt das Gebirge eine Festigkeit, die, im Falle einer inversen Schichtung, eine Dichtesaigerung verhindert, kommt es zu einem flächenhaften Abwandern der mobilen (nicht notwendigerweise weniger dichten) Massen in Richtung des größten Potentialgradienten nach Gebieten geringeren Drucks“ (EISSMANN 1987: 46). Die erforderliche Mobilität erreichte die Kohle insbesondere durch das Zerfriren und die nachfolgende Wasserübersättigung in Zeiten des Dauerfrostbodenzerfalls unter Bildung eines Langzeit-Mollisols (EISSMANN 1981). Als Voraussetzungen für gravitative Ausgleichsbewegungen der Kohle gelten eine geringe Tiefenlage der Flöze (etwa 10–30 m) in Bezug auf die eiszeitliche Landoberfläche sowie unruhige Lagerungsverhältnisse, d. h. wechselnde Auflasten (EISSMANN 1978, 1987). Förderlich ist zudem eine Schicht geringer Permeabilität im Liegenden (Liegend-Ton).

Der Kohlediapirismus durchläuft mehrere Stadien (Kissen, Diapir) und stellt ein Pendant zur Halokinese (TRUSHEIM 1957) dar, wie schon WAGENBRETH (1960) festgestellt hatte. Die Bewegungsmechanismen sind von den jeweiligen physikalischen Bedingungen abhängig, gehen mit Konsistenzänderungen der beteiligten Sedimente einher und beinhalten Selbstverstärkungseffekte.

Insbesondere aus der Internstruktur der Kohle und ihrer Zwischenmittel lassen sich Rückschlüsse auf den Grad der Mobilität und die Art der Bewegung ziehen, die zum Kohleaufstieg geführt haben. Wo die Kohle stückig ausgebildet ist, Xylit enthält und wo die Schichtung zwar intern gefältelt, aber nicht vollkommen aufgelöst ist, geht man von plastischen Bewegungen ohne komplette Auflösung des ursprünglichen Schichtverbandes aus, quasi von schichtkonformen Massenbewegungen. Krümelige Kohle ohne Xylit (auch als „erdig-mulmig“ bezeichnet) zeigt die völlige Zerstörung des originären Schichtgefüges an. Wiederholtes Zerfriren im Auftaubereich des Dauerfrostbodens und Ausgleichsbewegungen im Sinne echter Fließprozesse werden dafür verantwortlich gemacht (vgl. EISSMANN 1978, 1981).

Während in der älteren Literatur meist Auflast und Schubwirkung des Gletschereises als wichtigste Ursachen für die Entstehung der Kohleaufstiegsstrukturen angesehen wurden (Kap. Forschungsgeschichte), konnte L. Eißmann dies für viele von ihm beobachtete Diapire ausschließen. Strukturen, die in Prälster-zeitlichen Sedimenten steckengeblieben sind oder gar bis in Weichsel-zeitliche Ablagerungen hineinragen, können nicht durch Eisauflast verursacht sein! Bei manchen Strukturen liegen die Dinge jedoch nicht so eindeutig, so dass für ihre Entstehung die erzwungene, d.h. durch zusätzliche Einwirkung von außen (Auflast von Gletschereis) verursachte Solikinese durchaus in Betracht zu ziehen ist, zumal der statische Druck des Gletschers das gleiche Strukturinventar zu erzeugen vermag wie die Auflast von Sedimenten (EISSMANN 1987). Dafür gelten Eiszerfallsstadien als prädestiniert, da der Dauerfrostboden bereits teilweise aufgelöst war und die Kohle in Gletscherspalten aufdringen konnte (EISSMANN 1978, 1981).

Abschließend sei auf Konvergenzen zwischen den solikinetischen Strukturen und glazitektonisch verursachten Flözdeformationen hingewiesen, wie sie in glazigenen Stauchungsgebieten vorkommen. So werden die von KÜHNER (2017) beispielhaft beschriebenen und interpretierten Faltenstrukturen im Niederlausitzer Braunkohlerevier mit auflastbedingten Ausgleichsbewegungen mobiler Horizonte am Gletscherrand in Verbindung gebracht, die mit aufwärts gerichteten Fließprozessen wie beim Kohlediapirismus einhergehen. EISSMANN (1987: 25) hatte bereits die von MILBRODT (1979) vorgestellten Lagerungsstörungen aus dem Braunkohlenfeld Spreetal-Nordost entsprechend interpretiert: „Das frontweise Abwandern mächtiger Feinsande im Liegenden des 2. Lausitzer Flözes unter der Randlast des Inlandeises legte Flözfolge und Hangendes in ein Faltenmuster, das bei aller Kompliziertheit im Detail durch seinen hohen Grad der Ordnung besticht.“ Das glazitektonische Formeninventar ist jedoch hier nicht Gegenstand der Betrachtung.

Unter Verweis auf die zitierten Arbeiten von L. Eißmann sowie auf THOMAE (1986, 2003), LINCKE (1987) und einige internationale Publikationen mit spezifischer Relevanz für den Braunkohlendiapirismus (u.a. HURNIK 1981, BRODZIKOWKI & LOON 1983, STRUNK 1983, EHLERS et al. 2016, FRENCH 2017) sollen die theoretischen Überlegungen zur Genese von Kohleaufstiegsstrukturen hier nicht weiter vertieft werden.

Die zeitliche Einordnung der Strukturentwicklung lässt sich aus den Lagerungsverhältnissen rekonstruieren, wobei die Ausbildung der Randsenken besondere Beachtung verdient. Bei autoplastischen Strukturen ist davon auszugehen, dass die Bewegungen frühestens während der Ablagerung der tiefsten in den Randsenken verdickten Schichteinheit begannen und spätestens abgeschlossen waren, als im Hangenden diskordante Bildungen ohne jede Konformität mit der Aufstiegsform sedimentiert wurden. EISSMANN (1987) hat aufgrund entsprechender Beobachtungen nachgewiesen, dass die „Braunkohlendiapir-Formation bei Gräfenhainichen“ in mindestens fünf verschiedenen Zeitabschnitten von der Ablagerung der wohl Cromer-zeitlichen (damals Menap-zeitlichen) bis zum Ende der Elster-Kaltzeit oder gar bis zum Beginn des Saale-Komplexes entstanden ist, wobei zahlreiche Diapire mehrphasig gebildet wurden.

## Photogrammetrische Erfassung der Kohlerücken im Tagebau Golpa-Nord

Mitte der 1980er Jahre war die „Braunkohlendiapir-Formation“ im damaligen Tagebau Golpa-Nord sehr gut aufgeschlossen. Sie bestand aus einer Vielzahl von sehr unterschiedlich ausgebildeten Aufstiegsstrukturen der Oberbank 1 des Flözkomplexes Bitterfeld, die bei der Abraumförderung zwischen Kiesmulden (bzw. ehemaligen Randsenken) stehengelassen worden waren und somit geomorphologisch als Kohlerücken in Erscheinung traten. Verfasser hat gemeinsam mit Vermessungsingenieur R. Gräfe (Photogrammetrisches Auswertungszentrum Merseburg des Braunkohlenkombinates Bitterfeld) anhand von Luftbildern und unter Verwendung des Auswertegerätes TOPOKART alle im Dezember 1986 im Südwesten des Tagebaus anstehenden Kohlerücken photogrammetrisch erfasst (**Abb. 3a–c**). Dabei ist zu beachten, dass die eingetragenen Konturen sowie die Höhenangaben durch die Abbaumaßnahmen technogen geprägt sind. Im April 1987 sind im Gelände die Streichrichtungen der zu dieser Zeit noch bestehenden Strukturen ermittelt worden. Dafür wurde die Richtung weit verfolgbarer toniger Zwischenmittel sowie das Streichen der Strukturflanken gemessen. Letzteres setzte voraus, dass der zweifelsfrei ungestörte Kontakt zwischen Kohle und Kies noch erhalten war. Insgesamt wurden auf einer Fläche von knapp 0,5 km<sup>2</sup> 28 meist langgestreckte Kohlerücken eingemessen, wobei sich

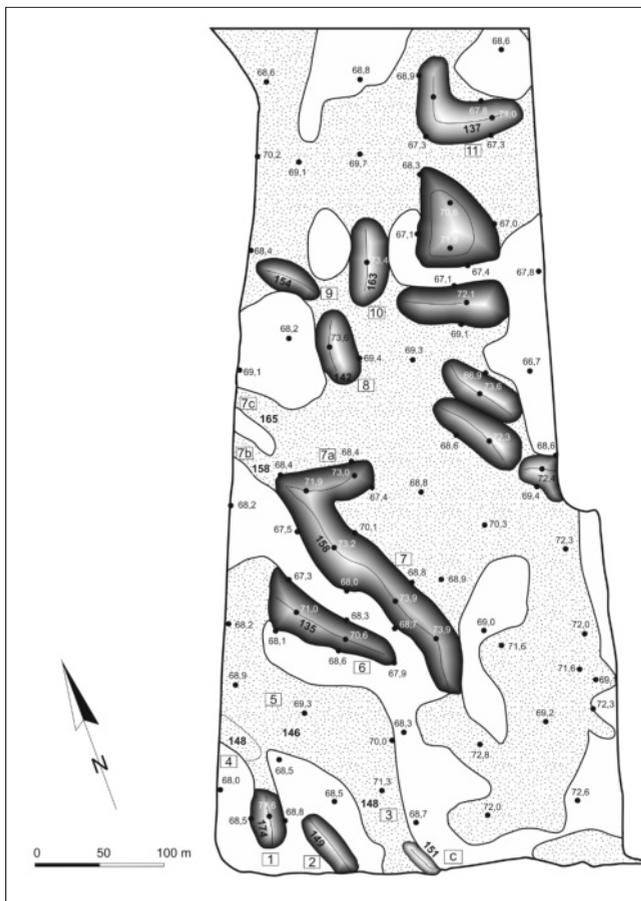


Abb. 3a

Abb. 3b

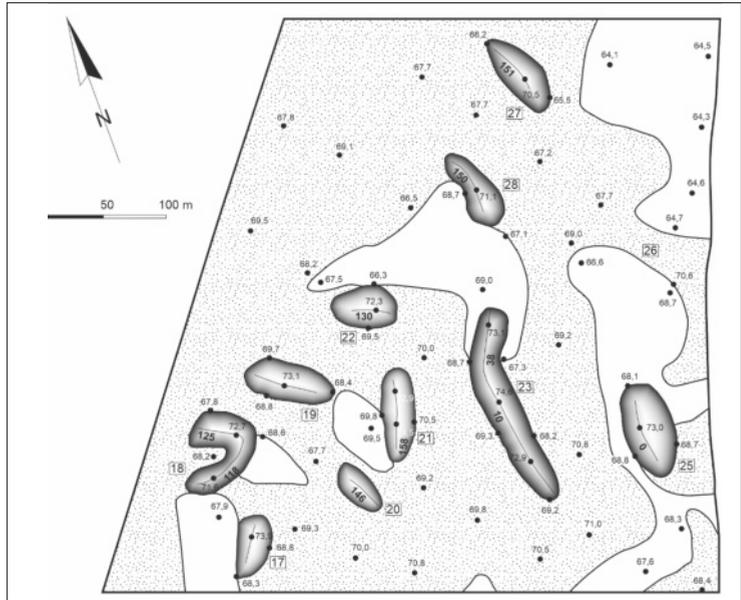


Abb. 3c

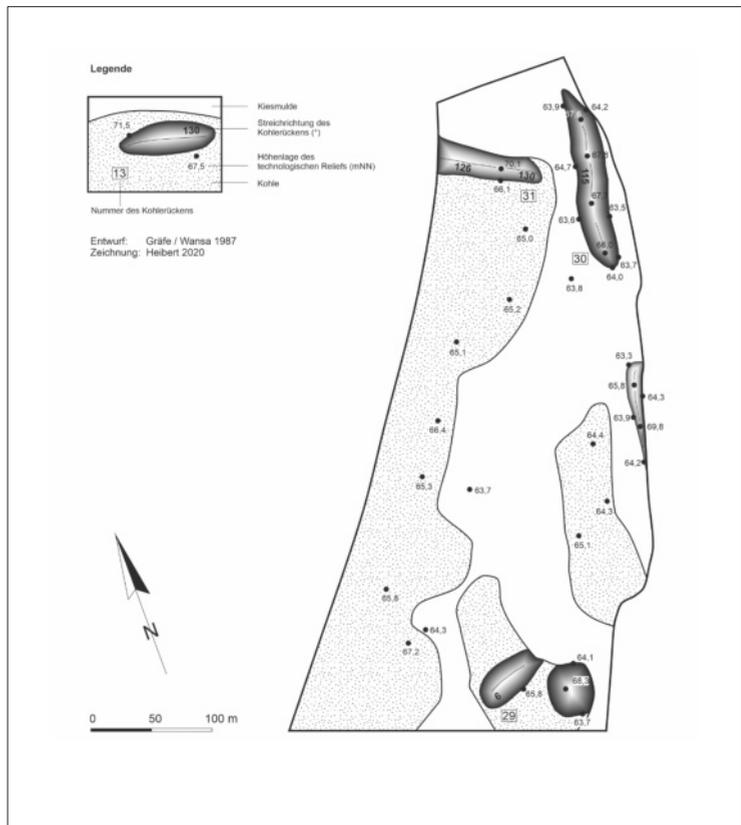


Abb. 3a, b, c: Photogrammetrische Dokumentation von Kohlerücken im ehemaligen Tagebau Golpa-Nord, Abbaustand Dezember 1986, Lagezuordnung in Abb. 1.

teils eine gute Übereinstimmung mit den technogen vorgezeichneten Formen ergab, teils aber auch erhebliche Abweichungen auftraten (**Abb. 3a–c**). An den Strukturen 17, 19 und 24 fanden sich keine Anhaltspunkte für die Ermittlung der Streichrichtung. Morphologisch weniger deutlich hervortretende Strukturen, wie z. B. der breite flache Kohlerücken 5, sind in **Abb. 3a** ohne dunkle Kontur dargestellt.

Es ließen sich drei Areale mit verstärkt auftretenden Kohlerücken aushalten. Zum südlichen Gebiet (**Abb. 3a**) gehören die Strukturen 1 bis 11, deren Streichrichtungen zwischen  $126^\circ$  und  $174^\circ$  streuen, der Mittelwert liegt bei  $150^\circ$ . Im mittleren Areal (**Abb. 3b**) befinden sich die Strukturen 12 bis 28, deren Streichrichtungen sehr stark streuen ( $0^\circ$ – $166^\circ$ , Mittel  $104^\circ$ ). Zum nördlichen Areal (**Abb. 3c**) sind nur die drei Strukturen zu rechnen, die  $124^\circ$  (30, 31) bzw.  $6^\circ$  (29) streichen.

Während im Süden die NW–SE-Richtung vorherrscht, kann für die beiden anderen Areale keine Vorzugsrichtung angegeben werden. Die Kohlerücken verlaufen im gesamten Verbreitungsgebiet nur selten geradlinig, sondern sind durch Krümmungen und Verzweigungen gekennzeichnet. Die Länge der Strukturen erreicht max. 250 m (**Abb. 3a**, Struktur 7 und 7b) und ist damit nur halb so groß, wie die von PRÄGER (1985) für sein Untersuchungsgebiet im Tagebau Golpa-Nord angegebene Maximallänge.

Im Ganzen bietet sich ein Bild schmaler, unregelmäßig orientierter, meist 4 bis 5 m hoher Kohlerücken, die durch breite Kiesmulden voneinander getrennt sind. Neben Arealen mit gehäuft auftretenden Kohlerücken existieren Gebiete mit weitgehend ungestörter Lagerung (**Abb. 4**).



**Abb. 4:** Blick von der Endböschung nach Osten zu freigelegten Kohlerücken, Tagebau Golpa-Nord, 11.03.1989.

## Quartäre Deckschichten im Tagebau Golpa-Nord

Die Ablagerungen im Hangenden von lagerungsgestörter Kohle haben besondere Bedeutung für die genetische Interpretation der Deformationen. Im Folgenden wird deshalb eine kurze Übersicht über die quartäre Schichtenfolge im südlichen Teil des Tagebaus Golpa-Nord gegeben, wo zahlreiche Kohleaufstiegsstrukturen auftraten.

Die quartäre Schichtenfolge beginnt mit 2 – 7 m mächtigen sandigen Kiesen, die weitflächig direkt auf der Oberbank 1 des Flözkomplexes Bitterfeld lagern oder nur durch geringmächtige klastische miozäne Sedimente von dieser getrennt sind. Die sandigen Kiese wurden geröllpetrographisch als Flussschotter des Saale-Weiße-Elster-Systems (EISSMANN 1964, 1975) identifiziert und sind dem Gremminer Saalelauf (MÜLLER 1988) bzw. dem Leipziger Saalearm (GROSSE & FISCHER 1989) zuzuordnen. Funde von Granulit-Geröll im SW des Tagebaus Golpa-Nord belegen einen schwachen Einfluss der Mulde und werden auf die Einmündung des Altenhainer Muldelaufes nördlich von Gräfenhainichen zurückgeführt (GROSSE & FISCHER 1989, WANSCHA 1989). Nordische Geröllkomponenten kommen nicht vor, so dass die Kiese präglazial, d. h. vor der Elstereis-Bedeckung abgelagert wurden. Nach der Höhenlage des Schotterkörpers handelt es sich um die Untere frühpleistozäne (tatsächlich wohl Cromer-zeitliche) Terrasse, die östlich von Gräfenhainichen durch die Frühelster-Terrasse der Saale erosiv begrenzt wird (EISSMANN 1975, MARCINKOWSKI 1981).

Bevorzugt in der Nähe von Flözauftragungen waren lagenweise Kohlepartikel in den Kiesen enthalten, die auf eine partielle Erosion der tertiären Ablagerungen durch den präglazialen Fluss hindeuten. Im Tagebau Golpa-Nord sind dadurch wahrscheinlich die Oberbank 2 und begleitende Sedimente ausgeräumt worden.

Am Rande sei erwähnt, dass Kies- und Sandstreifen auf der freigelegten Kohleoberfläche regellose fossile Eiskeilnetze nachgezeichnet haben. Typisch waren schmale, häufig symmetrisch mit Kies und/oder Sand gefüllte Keile, die sich kreuzten oder verzweigten und relativ gerade bis leicht gekrümmt verliefen. Die längste von 43 untersuchten Keilstrukturen auf der in **Abb. 3a–c** erfassten Fläche maß 50 m, häufig waren Längen bis 20 m bei anschnittsbedingten Breiten von 2 bis 25 cm. Manche Strukturen reichten mind. 2 m tief in die Kohle und wiesen Ablenkungen aus der Vertikalrichtung sowie Verzweigungen auf. Darüber hinaus waren kryogene Kiestaschen mit elliptischem bis kreisförmigem Grundriss mit Durchmessern bis ca. 1 m zu beobachten (WANSCHA 1989).

Die präglazialen Saale-Schotter werden verbreitet von einer bis ca. 4 m mächtigen Till-Bank bedeckt, die nach Kleingeschiebeanalysen als Elster-1-Till zu stratifizieren ist (WANSCHA 1989, 1991). An dessen Basis treten diskontinuierlich bis 3 cm toniger Schluff auf, wohl ein Relikt des Dehlitz-Leipzig-Bändertons. Der Till ist als massiges Diamikton mit weitgehend gestreckter Kornsummenkurve ausgebildet, enthält nur vereinzelt Sandlinsen und ist überwiegend dunkelolivgrau gefärbt (nach TGL 34329). An der Süd-Böschung ist er über weite Strecken bis auf eine Steinsohle aus Geschieben (bis 40 cm Kantenlänge) erodiert, örtlich fehlt jeder Hinweis auf die Existenz des Tills. Hier folgen diskordant über den Saale-Schottern Schmelzwassersande des Miltitz-Intervalls. Die überwiegend feinsandigen Mittelsande enthalten bis 10 cm mächtige Feinsand-/Schluff-Straten und sind vor allem im oberen Profilabschnitt mit kohligen Lagen durchsetzt, die das Schichtgefüge deutlich sichtbar machen. Außerdem sind viele Kohlepartikel dispers im Sediment verteilt. Kiesige Straten nehmen zum Hangenden ab. Die meist horizontalgeschichteten Sande weisen gehäuft kleindimensionierte Störungen (Dehnungs- und Einengungsstrukturen) auf. Am Diapir D wurde zudem bis ca. 3 m mächtiger Beckenschluff kartiert (siehe unten).

Über den Schmelzwassersanden lagert der bis 3,5 m mächtige Elster-2-Till, von dem, ähnlich dem Elster-1-Till, mitunter nur ein Geschiebehorizont als Erosionsrelikt erhalten ist. Der Till ist im unteren Teil meist ein massiges, klüftiges Diamikton und weist im oberen Teil gehäuft Sandeinlagerungen (Lagen, Schlieren, Linsen) auf. Die Farben Schwarzocker und Schwarzolivgrau (TGL 34329) mit bräunlichem Schimmer sind regional charakteristisch für den Elster-2-Till und werden mit der Aufnahme und Aufarbeitung von tertiärem Lokalmaterial, das auch geschiebeanalytisch nachgewiesen ist, erklärt (EISSMANN 1982, MÜLLER 1988, WANSA 1991).

Der Elster-2-Till bzw. seine Relikte werden von bis ca. 2 m mächtigen Elster-Nachschüttsanden bedeckt, die überwiegend als mäßig sortierte Feinsande ausgebildet sind und ähnlich den Sanden des Miltitz-Intervalls kohliges Material enthalten. Holstein-zeitliche Ablagerungen traten nur in der Naderkauer Rinne auf, die zeitweise am Nord-Stoß des Tagebaus (außerhalb des Untersuchungsgebietes) angeschnitten war (MEISSNER 1983).

Das ca. 20 m mächtige Quartär-Profil endet mit Till und geringmächtigen Schmelzwassersanden aus dem Saale-Komplex (Drenthe-Stadium) und Weichsel-zeitlichem Geschiebedecksand. Infolge späterer flächenhafter Erosion waren die Saale-glaziären Sedimente im Südteil des Tagebaus Golpa-Nord aber nur stellenweise erhalten.

## Kohlaufstiegsstrukturen in den Tagebauen Golpa-Nord und Gröbern

### *Dokumentation*

Von Februar bis April 1987 konnten einige intakte Kohlaufstiegsstrukturen im Tagebau Golpa-Nord dokumentiert werden. Die Strukturen A und B (Lage in **Abb. 1**) waren nur sehr kurzzeitig aufgeschlossen, so dass sich die Kartierung auf besondere Merkmale beschränken musste.

**Abb. 5** zeigt lediglich eine große, vom Topbereich der Struktur A – einer flachen Aufstiegsstruktur – ausgehende unregelmäßige, apophysenartige Verzweigung aus krümeliger Kohle mit schmalen „Hals“, die von kohlestreifigen, teils die Kontur nachzeichnenden miozänen Fein- und Mittelsanden umgeben ist.

Struktur B ist ein relativ flacher, 151° streichender Rücken, der in **Abb. 6** etwa rechtwinklig angeschnitten abgebildet ist. Er besteht großteils aus kleinstückiger xylithaltiger Kohle und einem mächtigen feingeschichteten Sand-Mittel. Darin kommen im oberen und unteren Bereich bis 1 cm dicke kohlige Lagen vor. Außerdem fällt ein apophysenartiger Abzweig aus xylitfreier, stark schluffiger, schwach feinsandiger Kohle auf, der nahe am Topbereich in präglaziale Flussschotter hineinragt. An der NW-Flanke der Struktur sind keine tertiären Sande erhalten geblieben.

Beide Aufstiegsstrukturen (A und B) werden am Top von mindestens 3 m mächtigen präglazialen Saale-Schottern überlagert. In den Randsenken nimmt die Mächtigkeit um mehr als das Dreifache zu. Darüber folgt diskordant Elster-1-Till. Zu beachten ist, dass die Darstellung in den **Abb. 5** und **6** der Aufschlussituation an dem 21° geneigten Stoß entspricht.

Struktur C (**Abb. 7**) ist die an der Süd-Böschung angeschnittene südöstliche Fortsetzung der Struktur 3 in **Abb. 3a**. Es ist ein flacher, 148° streichender Kohlerücken aus xylitischer, kleinstückiger, teils bröcklicher Kohle mit krümelig ausgebildeten Bändern. Die Struktur wird vollständig von geringmächtigen Cromer-zeitlichen Flussschottern mit kohligen Lagen

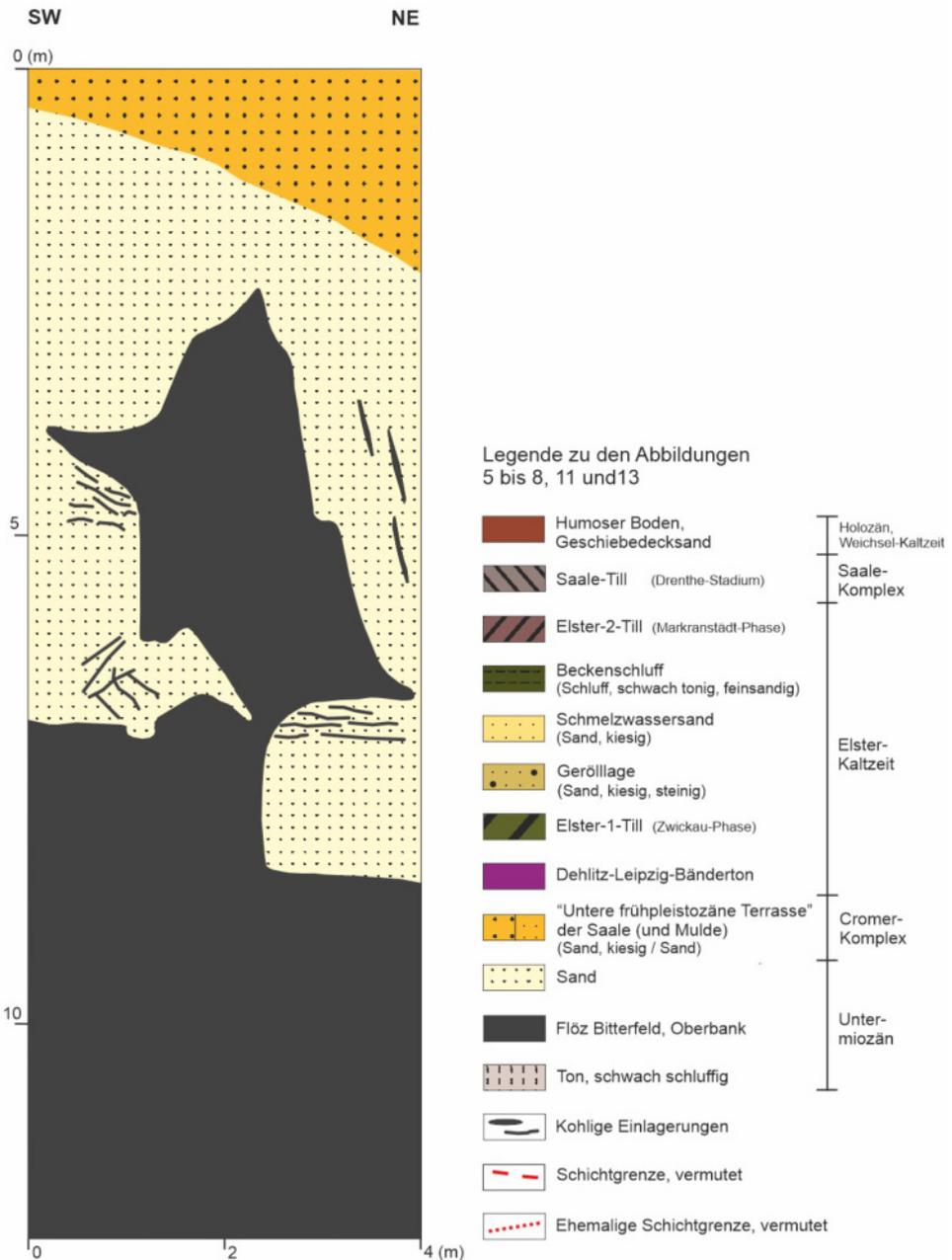
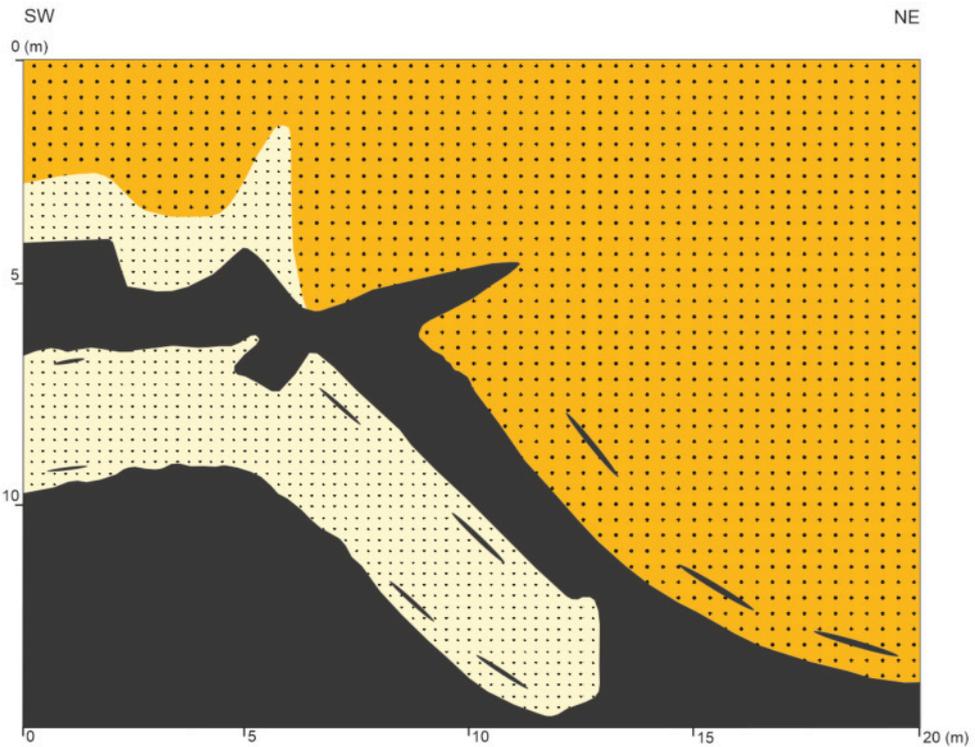
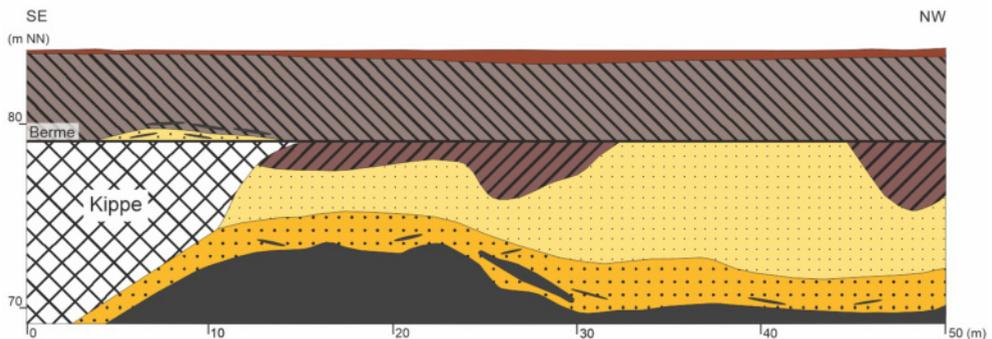


Abb. 5: Detail von Struktur A, Tagebau Golpa-Nord, Aufnahme: 03.02.1987.

bedeckt, die in der Randsenke keine nennenswerte Mächtigkeitszunahme erkennen lassen. An der NW-Flanke befindet sich darin eine Scholle oder – falls der Anschnitt täuscht – eine Apophyse aus krümeliger Kohle. Begleitend treten innerhalb der Schotter einzelne klein-



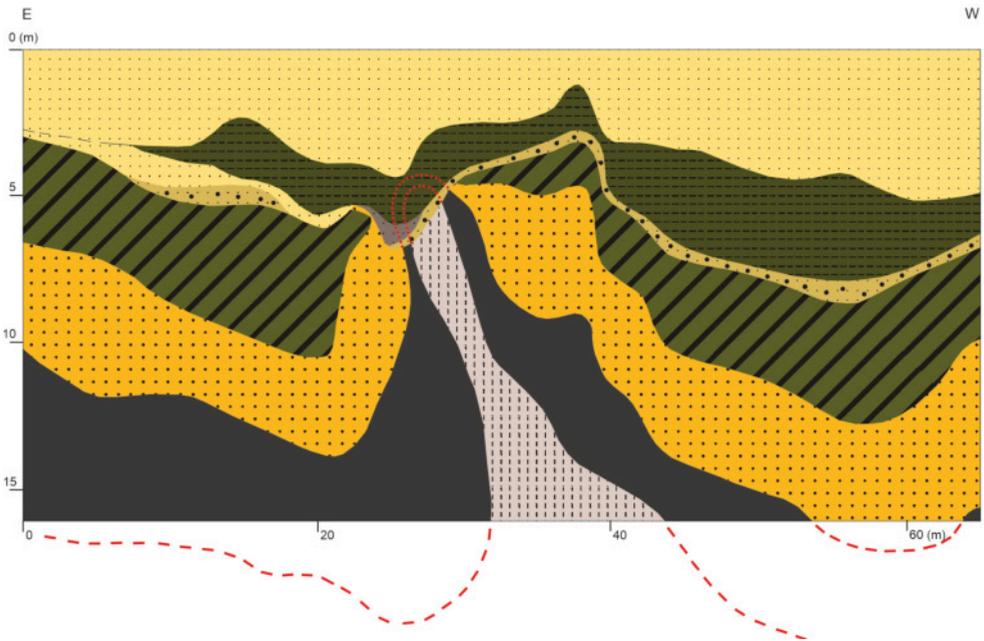
**Abb. 6:** Struktur B, Tagebau Golpa-Nord, Aufnahme: 11.02.1987, Legende in **Abb. 5**.



**Abb. 7:** Struktur C, Tagebau Golpa-Nord, Aufnahme: 08.04.1987, Legende in **Abb. 5**.

dimensionierte Abschiebungen auf. Der Elster-1-Till fehlt im Profil komplett, so dass die Flussablagerungen direkt von glazifluviatilen Sanden überlagert werden. Darüber folgt der Elster-2-Till, der mit scharfer Diskordanz durch den Saale-Till abgeschnitten wird.

Struktur D (der „schlanke Diapir“) (**Abb. 8**) war an der Süd-Böschung des Tagebaus Golpa-Nord aufgeschlossen, wenige 10er Meter südöstlich des in **Abb. 3a** dargestellten Areals (vgl. **Abb. 1**). Diese eindrucksvolle Form wurde unter Anleitung von L. Eißmann und gemeinsam mit R. Wimmer am 28. April 1987 dokumentiert. Die Kohle des Diapirs ist überwiegend xylitisch, an den Flanken jedoch krümelig ohne nennenswerten Xylitgehalt.



**Abb. 8:** Struktur D („schlanker Diapir“), Tagebau Golpa-Nord, Aufnahme: L. Eißmann, R. Wimmer & S. Wansa, 28.04.1987 (umgezeichnet nach Wansa 1989), Legende in Abb.5.

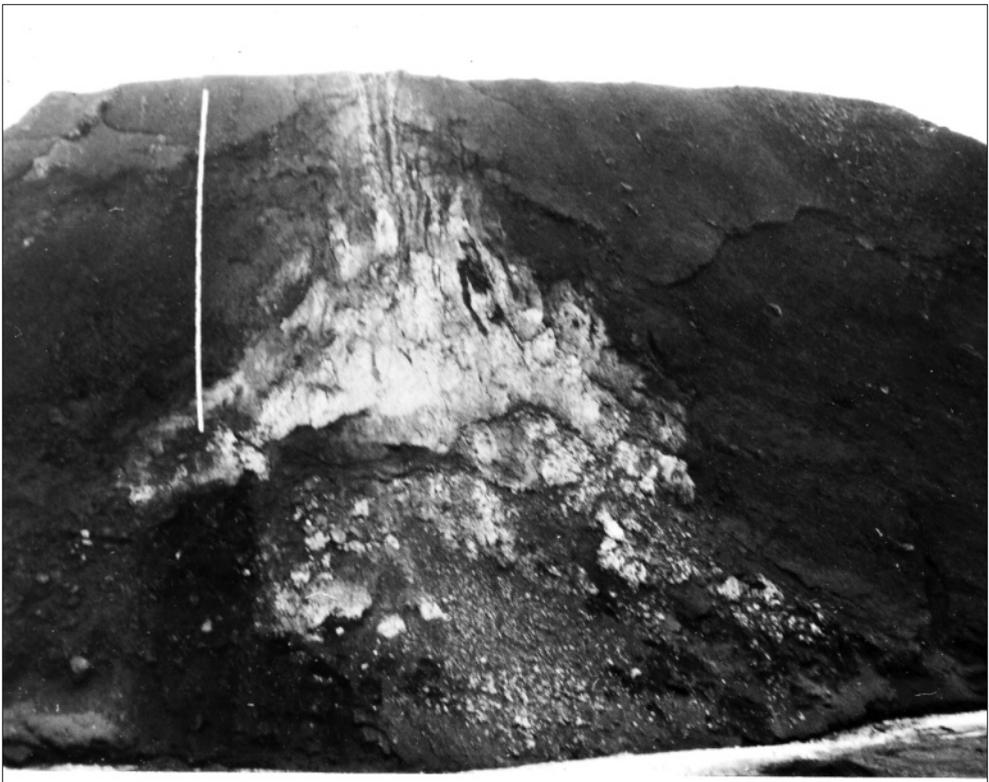
Auffällig ist der schmale Kern aus liegendem Ton. Die Randsenken sind mit Cromerzeitlichen Flussschottern und Elster-1-Till gefüllt. Dr. Eißmann legte großen Wert darauf, eindeutig festzustellen, welches Sediment den Diapir überlagert: Till oder Glazifluviatil. Es handelt sich um eine Gerölllage aus vorwiegend nordischem Material, die als Aufarbeitungshorizont dem Elster-1-Till aufliegt, dessen Verbreitung aber am Diapir unterbrochen ist (Wimmer et al. 1989). Im Hangenden folgen Beckenschluff, der im liegenden Teil Till-ähnlich ausgebildet ist, sowie Schmelzwassersande, die aus dem regionalen Kontext als Elster-zeitlich einzustufen sind. Die Struktur streicht  $125^\circ$  (NW–SE) und ist NE-vergent.

Kohlaufstiegsstrukturen mit einem Kern aus liegendem Ton waren in Golpa-Nord keine Seltenheit. Sie waren sowohl als flache Aufwölbungen (**Abb. 9**) als auch als schmale, sich nach oben verjüngende Formen (**Abb. 10**) zu beobachten.

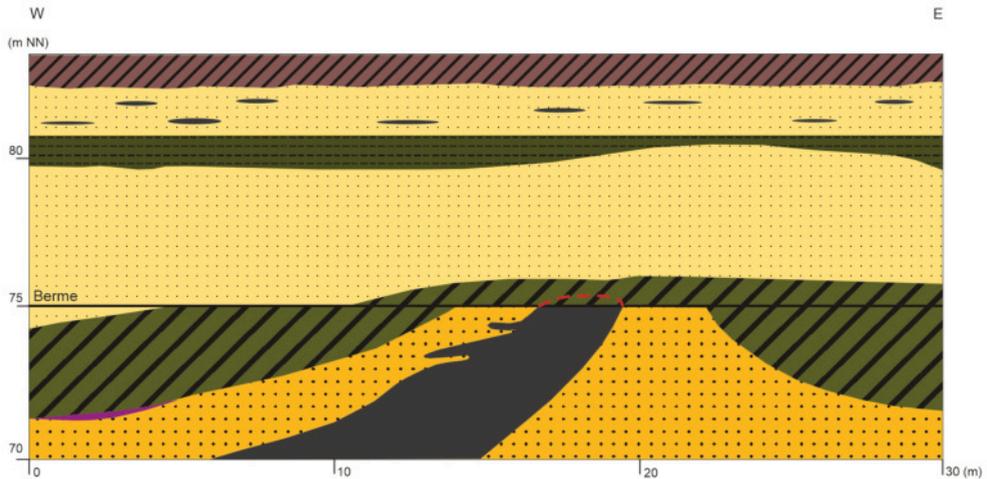
Am Nord-Stoß des Tagebaus Gröbern waren 1987/1988 durch die Abraumförderung zwei Aufstiegsstrukturen der Bitterfelder Oberbank 2 freigelegt worden (Lage: **Abb. 1**). Struktur 1 streicht  $48^\circ$ , also schräg zur Darstellung auf den **Abbildungen 11** und **12**. Die Vergenz der Struktur und die sehr unterschiedlichen Schottermächtigkeiten in den Randsenken sind demnach nicht real, sondern werden durch den ungünstigen Anschnittswinkel vorgetäuscht. Nachteilig ist auch die Zerteilung der Stoßaufnahme durch eine fast 20 m breite Berme, in deren Niveau der technologischen gekappte Diapirtop einige Meter verfolgt werden konnte, dann aber unter die Cromer-zeitlichen Saale-Schotter abtauchte. So bleibt unsicher, ob der vollentwickelte Diapir die überlagernden Schotter durchstoßen hat und ob der Elster-1-Till tatsächlich die gesamte Aufstiegsstruktur überdeckt, wie man nach **Abb. 11** vermuten



**Abb. 9:** Struktur 25, Tagebau Golpa-Nord (Lage in **Abb. 3b**), 07.04.1987.



**Abb. 10:** Struktur 20, Tagebau Golpa-Nord, Stablänge 3 m, (Lage in **Abb. 3b**), 22.04.1987.



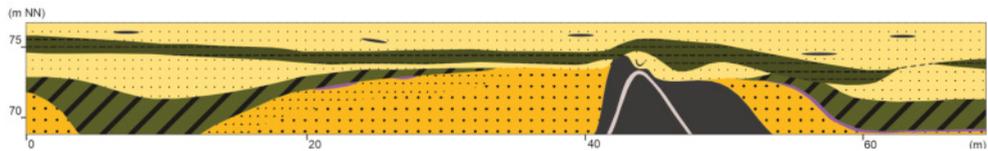
**Abb. 11:** Struktur 1, N-Böschung Tagebau Gröbern, Aufnahme: 21.10.1987, Legende in **Abb. 5**.



**Abb. 12:** Struktur 1, N-Böschung Tagebau Gröbern, 21.10.1987.

könnte. Die Kohle ist xylitreich und intensiv gefältelt, in den apophysenartigen Verzweigungen dagegen krümelig.

Die  $11^\circ$  streichende Struktur 2 wurde ca. 300 m östlich von Struktur 1 annähernd rechtwinklig zur Faltenachse angeschnitten (**Abb. 13** und **14** im Hintergrund). Sie besteht aus xylithaltiger, teilweise gefältelter Kohle mit einem hellen dünnen Zwischenmittel aus feinsandig-tonigem Schluff, das in **Abb. 15** aufgrund des anderen Anschnittswinkels – fast parallel zum Streichen der Struktur – doppelt und verdickt in Erscheinung tritt. Wie schon bei Struktur 1 war auch hier keine vollständige Kartierung der ebenfalls mit Cromer-zeitlichen Schottern und Elster-1-Till sowie Schmelzwasserbildungen gefüllten Randsenken möglich,



**Abb. 13:** Struktur 2, N-Böschung Tagebau Gröbern, Aufnahme: 31.03 und 04.04.1988, Legende in **Abb. 5**.



**Abb. 14:** Blick nach N in Streichrichtung der Struktur 2, im Hintergrund Nord-Böschung Tagebau Gröbern (**Abb. 13**), Stablänge 3 m, 31.03.1988.



**Abb. 15:** Struktur 2, Anschnitt ca. 50 m südlich und fast rechtwinklig zu **Abb. 13**, entspricht Vordergrund in **Abb. 14**, 04.04.1988.

da diese bis weit unter die Arbeitsebene reichen. Elster-kaltzeitlicher Schmelzwassersand und Beckenschluff (Miltitz-Intervall) lagern diskordant auf der leicht gekappten Struktur. Nahe am Top enthalten die Sande gehäuft kohlige Lagen, wie sie auch in anderen Bereichen des Elster-zeitlichen Glazifluvialtals immer wieder zu beobachten sind.

### *Genese und Stratigraphie*

Infolge der allgemeinen Akzeptanz der solikinetischen Entstehung der hier behandelten Strukturen wurden frühere Bezeichnungen wie „statische Kohleauffpressung“, „Flözauffpressung“, „Flözsattel“ zunehmend durch den Begriff „Braunkohlendiapir“ ersetzt. Dies ist insofern etwas irritierend, als nicht alle Strukturen das Diapirstadium mit entwickelter sekundärer Randsenke erreicht haben. Es sollte daher zwischen diapir- und kissenförmigen Strukturen unterschieden werden. EISSMANN (1981, 1987) sprach auch von „diapirischen Kohleauffpressungen“, bevorzugte jedoch die allgemeinere Formulierung „autoplastische (solikinetische) Aufstiegsstrukturen“, wissend, dass die Entstehung der Strukturen komplexer ist, als es der Begriff „Auffpressung“ suggeriert. Initial gehen die Ausgleichsbewegungen jedoch stets von einem Spannungszustand aus, der die Kennzeichnung als Auffpressungsstrukturen zumindest in einem weiteren Sinne rechtfertigt. Langgestreckte Formen, wie sie für den Untersuchungsraum typisch sind, werden auch als „diapirische Kohlerücken“ charakterisiert.

Schlussfolgerungen zur Genese und zeitlichen Einordnung der in Golpa-Nord photogrammetrisch erfassten Kohlerücken sind aufgrund des abgetragenen Deckgebirges und insbesondere der weitgehend „ausgeschälten“ Randsenken nur sehr begrenzt möglich. Mit hoher Wahrscheinlichkeit handelt es sich ganz überwiegend um gravitativ-autoplastisch gebildete Formen, die in verschiedenen Mollisolstadien seit dem Cromer-Komplex nach dem Modell der freien Solikinese entstanden sind (Kap. Kenntnisstand, EISSMANN 1987). Inwieweit die Gletscherauflast an der Diapirbildung beteiligt war, ist nicht mehr rekonstruierbar.

### *Golpa-Nord, Strukturen A und B (Abb. 5 und 6)*

Beide Aufstiegsstrukturen sind kissenförmige Strukturen, die durch gravitativ-autoplastische Bewegungen infolge der Auflast der Schotter auf die mobile Kohle entstanden sind. Die Kohle hat überwiegend plastisch reagiert, nur die Apophysen sind wohl durch Fließprozesse im flüssigen oder breiigen Zustand gebildet worden. Die tertiären Sande – sowohl das mächtige Mittel in Struktur B als auch im Hangenden der Kohle – wurden beim Kohleaufstieg passiv mitbewegt. Infolgedessen treten darin zahlreiche kleindimensionale Verwerfungen auf. Bevor die Ausgleichsbewegungen begannen, wurden die tertiären Sande von der präglazialen Saale teilweise, im Bereich der NE-Flanke von Struktur B vollständig ausgeräumt. Aufgrund der Überdeckung beider Strukturen durch mächtige Cromer-zeitliche Flussschotter, deren Mächtigkeitzunahme in den Randsenken und der diskordanten Überlagerung der Strukturen durch Elster-1-Till endete der Kohleaufstieg bereits vor der ersten (Elster-kaltzeitlichen) Inlandvereisung des Gebietes.

### *Golpa-Nord, Struktur C (Abb. 7)*

Struktur C ist ähnlich flach und kissenförmig entwickelt wie die Strukturen A und B, doch sind ihre Genese und zeitliche Einordnung schwerer rekonstruierbar. Die Auflast der Cromerzeitlichen Flussschotter ist auch hier ein möglicher Auslöser der Ausgleichsbewegungen, wenn man unterstellt, dass die zu erwartende Mächtigkeitszunahme in der Randsenke späterer Erosion zum Opfer gefallen ist. Ebenso wurde der Elster-1-Till erodiert. Daher kann zu einer möglichen Beteiligung der Auflast dieses Tills sowie des Elster-1-Eises an der Strukturbildung keine Aussage getroffen werden. Unklar ist zudem, ob die mächtigen Schmelzwassersande, die den präglazialen Sanden auflagern, mit den solikinischen Bewegungen in Beziehung stehen, oder ob ihre Lagerungsform erosiv geformt wurde. Die Ausgleichsbewegungen waren spätestens zu Beginn der zweiten Elster-Eisbedeckung abgeschlossen.

Die Cromerzeitlichen Saale-Schotter führen reichlich kohliges Material und die Oberfläche der Aufstiegsstruktur ist unregelmäßig geformt, so dass die Überlegung naheliegt, Struktur C könnte vorwiegend durch Erosion gestaltet worden sein. Das oben beschriebene Interngefüge der Kohle zeigt jedoch, dass Massenbewegungen in plastischer Konsistenz stattgefunden haben.

### *Golpa-Nord, Struktur D (Abb. 8)*

Nach WIMMER et al. (1989) wurde die Solikinese durch die Auflast der präglazialen Flussschotter auf die unterlagernde Kohle initiiert, doch selbst wenn man eine gewisse glaziale Erosion in Rechnung stellt, spricht die relativ konstante Schottermächtigkeit eher für eine passive Mitnahme bzw. Verstellung. Der in den Randsenken verdickte Elster-1-Till lässt annehmen, dass die Auflast dieses Sedimentkörpers entscheidender Auslöser für die Entstehung der Struktur gewesen sein könnte. Der Hauptteil der Strukturbildung erfolgte wohl während und nach Ablagerung des Elster-1-Tills und war am Ende der Elster-1-Vergletscherung weitgehend abgeschlossen, wie die Kappung des Topbereichs durch eine Gerölllage aus glazifluvial aufgearbeitetem Till beweist. Damit wird wahrscheinlich, dass die Ausgleichsbewegungen im Spätstadium der Vergletscherung noch unter Beteiligung von Eisaufplast erfolgten. Kohle und Liegend-Ton drangen vermutlich nach dem Modell der erzwungenen Solikinese durch plastische Massenbewegungen in eine Schwächezone (Gletscherspalte) auf, haben die Flussschotter und den Till durchbrochen und zur Bildung eines Diapirs geführt.

Aus der Mächtigkeitszunahme des überlagernden, im unteren Teil Till-ähnlichen Beckenschluffs in der westlichen Randsenke lässt sich eine nachfolgende Reaktivierungsphase der Bewegungen ableiten (die teilweise sogar noch unter Eisbedeckung stattgefunden haben könnte), so dass von einer länger anhaltenden, vielleicht mehrphasigen Anlage des Diapirs auszugehen ist. Die NE-Vergenz der Struktur ist wahrscheinlich durch die lokalen Spannungsverhältnisse während des Eiszerfalls entstanden. Wegen der Neigungsrichtung scheiden aktive Gletscherbewegungen als Ursache aus.

### *Gröbern, Struktur I (Abb. 11)*

Aufgrund ungünstiger Aufschlussbedingungen bleibt die genetische Interpretation und zeitliche Einordnung der Struktur problematisch. Da sich die tatsächlichen Schottermächtig-

keiten in den Randsenken nicht ermitteln ließen, ist unsicher, ob der Kohleaufstieg bereits durch die Schotterauflast ausgelöst wurde oder erst in einer späteren Phase, vielleicht sogar unter Mitwirkung der Auflast des ersten Elster-Eises. Am Ende der ersten Elster-Vergletscherung war die Diapir-Entwicklung im Wesentlichen abgeschlossen. Die Mächtigkeitsschwankungen des Beckenschluffs (im Niveau von 80 m NN) lassen auf einen länger anhaltenden oder später reaktivierten Kohleaufstieg mit geringer Intensität schließen, der noch während des Miltitz-Intervalls endete. Die Apophysen an der westlichen Diapirflanke sind während des Kohleaufstiegs in die überlagernden Schotter eingedrungen und haben dort Schichtverbiegungen verursacht.

### *Gröbern, Struktur 2 (Abb. 13)*

Für diesen diapirischen Rücken gelten ähnliche genetische und stratigraphische Überlegungen wie für Struktur 1. Die Ausgleichsbewegungen wurden wahrscheinlich durch die Auflast der Cromer-zeitlichen Flussschotter ausgelöst, wie deren große Mächtigkeit in der westlichen Randsenke annehmen lässt. Die Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeitsdifferenzen der überlagernden Elster-zeitlichen Sedimente deuten auf länger anhaltende oder mehrphasige Bewegungen bis zum Miltitz-Intervall hin, wobei die Mitwirkung der Auflast des Elster-1-Gletschers nicht ausgeschlossen werden kann. Der Kohleaufstieg erfolgte im plastischen Zustand, wie das Interngefüge des Diapirs, insbesondere das gut erhaltene Zwischenmittel, bezeugen.

### **Fazit**

Mit der photogrammetrischen Erfassung der diapirischen Kohlerücken im Braunkohlentagebau Golpa-Nord und der Dokumentation einiger Aufstiegsstrukturen in diesem und dem südlich benachbarten Tagebau Gröbern konnte die von EISSMANN (1987: 52) dargestellte „Braunkohlendiapir-Formation bei Gräfenhainichen“ näher beschrieben werden. Das von L. Eißmann favorisierte Genesemodell der freien Solikinese wird durch die sehr unterschiedlichen Ausrichtungen der stets länglich geformten Aufstiegsstrukturen und die Ausbildung der Randsenkenfüllungen gestützt. Bei Struktur D handelt es sich wohl um einen mehrphasig entwickelten „Eisspalten-Diapir“, in der Hauptsache entstanden durch erzwungene Solikinese.

Nach dem Interngefüge der Aufstiegsstrukturen zu urteilen, erfolgten die Massenbewegungen hauptsächlich durch plastisches, schichtkonformes Fließen der Kohle, bei manchen Strukturen unter aktiver Beteiligung des liegenden Tons. Fließbewegungen in breiartigem oder flüssigem Zustand unter völliger Auflösung der originären Kornbindung wurden mitunter an den Randbereichen der diapirischen Strukturen und insbesondere in den zahlreich beobachteten apophysenartigen Verzweigungen diagnostiziert.

Die kissenförmigen Strukturen A und B von Golpa-Nord waren bereits vor der ersten Inlandeisbedeckung vollständig ausgebildet und sind Belege für autoplastische Bewegungen der freien Solikinese. Zu Struktur C ist wegen des unvollständigen Profilaufbaus der Deckschichten mit mehreren Diskordanzen keine zuverlässige Interpretation möglich. Die Struktur D entstand weitgehend in der Elster-Kaltzeit wohl unter Mitwirkung der Eisaufplast. Für die Entwicklung der beiden Gröberner Diapire war wahrscheinlich die Auflast der Cromer-zeitlichen Flussschotter entscheidend. Die Lagerungsverhältnisse deuten auf

mehrphasige Bewegungen bis zum Miltitz-Intervall hin. Stratigraphisch passen somit alle dokumentierten Aufstiegsstrukturen in die „Braunkohlendiapir-Formation“ im Sinne von EISSMANN (1987).

Weiterführende Untersuchungen werden in absehbarer Zeit nicht möglich sein, da die bis Anfang der 1990er Jahre aktiven Braunkohlentagebaue zum Teil mit Abraum verfüllt und zu Seen umgestaltet wurden. Mit neuen Großaufschlüssen, wie sie zu DDR-Zeiten bereits konzipiert waren, ist derzeit nicht zu rechnen.

## Dank

Die Untersuchungen liegen mehr als 35 Jahre zurück und erfolgten im Rahmen einer Dissertation, die der Verfasser an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 1989 verteidigt hat. An erster Stelle danke ich meinen Doktorvätern Prof. Dr. L. Eißmann † (Universität Leipzig) und Prof. Dr. M. Schwab † (Universität Halle-Wittenberg). Des Weiteren gilt mein Dank mehreren Mitarbeitern des damaligen Stammbetriebes des Braunkohlenkombinates (BKK) Bitterfeld, von denen ich die Lagerstättengeologen R. Wimmer und D. Hentschel sowie den Abteilungsleiter Geotechnik R. Messinger hervorheben möchte. Ebenso dankbar bin ich für die Anleitung und Unterstützung bei den photogrammetrischen Arbeiten durch Herrn R. Gräfe (ehemaliges Photogrammetrisches Auswertungszentrum Merseburg des BKK Bitterfeld). Für die digitale Bearbeitung der Abb. 3a–c danke ich Frau I. Heibert und für die Überarbeitung der englischen Zusammenfassung Herrn Dr. H. Rother (beide Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle).

## Literatur

- BRODZIKOWSKI, K. & LOON A. J. VAN (1983): *Sedimentology and deformational history of unconsolidated Quaternary sediments of the Jarosów Zone (Sudetic Foreland)*. – *Geologica Sudetica*, 18, 1: 123 – 195.
- EHLERS, J., HUGHES, P. D. & GIBBARD, P. L. (2016): *The Ice Age*. – 548 pp. London (Wiley).
- EISSMANN, L. (1964): *Die alt- und frühpleistozänen Schotterterrassen der Leipziger Tieflandsbucht und des angrenzenden Gebietes*. – *Geologie, Beih.* 46: 1 – 93. Berlin.
- EISSMANN, L. (1975): *Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe*. – *Schriften: geol. Wiss.*, 2: 1 – 228. Berlin.
- EISSMANN, L. (1978): *Mollisoldiapirismus*. – *Z. angew. Geol.*, 24 (3): 130 – 138. Berlin.
- EISSMANN, L. (1981): *Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs*. – *Altenburger naturwiss. Forsch.*, 1: 1 – 171. Altenburg.
- EISSMANN, L. (1982): *Zum Ablauf der Elstereiszeit in der Leipziger Tieflandsbucht unter besonderer Berücksichtigung geschlebeanalytischer Befunde*. – *Z. geol. Wiss.*, 10 (6): 771 – 781. Berlin.
- EISSMANN, L. (1987): *Lagerungsstörungen im Lockergebirge. Exogene und endogene Tektonik im Lockergebirge des nördlichen Mitteleuropa*. – *Geophysik u. Geologie, III*: 7 – 77. Berlin.
- EISSMANN, L. & JUNGE, F. W. (2015): *Das Mitteldeutsche Seenland. Vom Wandel einer Landschaft. Der Norden*. – 192 S. Beucha, Markkleeberg (Sax).
- ETZOLD, F. (1912): *Die Braunkohlenformation Nordwestsachsens*. – *Erläuterungen geol. Spezialkarte Kgr. Sachsen*, 264 S. Leipzig.
- FRENCH, H. M. (2017): *The Periglacial Environment*. – 4th ed., 544 pp. London (Wiley).

- GRAHMANN, R. (1934): Spät- und postglaziale Stißwasserbildungen in Regis-Breitungen und die Entwicklung der Urlandschaft in Westsachsen. – Mitt. Osterlande, N. F., 22: 14 – 44. Altenburg.
- GROSSE, R. & FISCHER, J. (1989): Zu Altersstellung und Verlauf der frühelsterkaltzeitlichen Flüsse in der Leipziger Tieflandsbucht und des angrenzenden Raumes. – Mauritiana, 12: 205 – 224. Altenburg.
- HUNGER, R. & SEICHTER, A. (1955): Glazigene Flözdeformationen in der Braunkohle von Gräfenhainichen. – Freiberger Forsch.-H., C 21: 24 – 39. Berlin.
- HURNIK, S. (1981): Mollisolidiapirismus in der Böhmisches Masse und die Frostbodendegradation. – Zeitschrift für angewandte Geologie, 27 (9): 436 – 440. Berlin.
- KNOTH, W. (1978): Die geologischen Verhältnisse der Hochfläche von Gräfenhainichen - Bad Schmiedeberg. – Hallesches Jb. Geowiss., 3: 43 – 56. Gotha.
- KÜHNER, R. (2017): Atlas der pleistozänen Störungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – 59 S. Cottbus (Lausitz Energie Bergbau AG).
- LEHMANN, R. (1922): Die Lagerungsverhältnisse der mitteldeutschen Braunkohlen. – Ber. Freiberger Geol. Ges., 9: 44 – 45. Freiberg.
- LINCKE, L. (1987): Periglaziäre Flözdeformationen in der Braunkohle des Geiseltals. – Mauritiana, 12 (1): 39 – 55. Altenburg.
- LINSTOW, O. v. (1910): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, Blatt Gräfenhainichen. – 1. Aufl., 37 S. Berlin (Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt).
- LINSTOW, O. v. (1927): Die Braunkohlenformation in Hannover, Braunschweig und Anhalt, sowie im Reg.-Bez. Magdeburg und im östlichen Teile des Reg.-Bez. Merseburg (Provinz Sachsen). – In: KLEIN, G. (1927): Die deutsche Braunkohlenindustrie. Band 1: Handbuch für den deutschen Braunkohlenbergbau, 3. Aufl., 140 – 171. Halle (Knapp).
- MARCINKOWSKI, B. (1981): Lithofazieskarten Quartär, 1 : 50 000, BI. 2365 Dessau. – Berlin (ZGI).
- MEISSNER, I. (1979): Quartärgeologische Untersuchungen im Raum Gräfenhainichen unter besonderer Berücksichtigung des Tagebaues Golpa-Nord. – Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. unveröff.
- MEISSNER, I. (1983): Zur Geologie der Naderkauer Rinne nördlich von Gräfenhainichen (Bezirk Halle). – Hall. Jb. f. Geowiss., 8: 43 – 58. Gotha.
- MILBRODT, L. (1979): Lagerungsstörungen im Braunkohlenfeld Spreetal-Nordost. – Zeitschrift für angewandte Geologie, 25 (6): 213 – 219. Berlin.
- MÜLLER, A. (1988): Das Quartär im mittleren Elbegebiet zwischen Riesa und Dessau. – Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. unveröff.
- NAUMANN, E. (1937): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Gräfenhainichen. – 2. Aufl., 80 S. Berlin (Preuß. Geol. Landesanstalt).
- PESTER, L. & RADTKE, H. (1965): Tertiär und Pleistozän im Raum Gräfenhainichen. – Bergakademie, 17 (5): 258 – 262. Berlin.
- PRÄGER, O. (1985): Charakterisierung glazialer Deformationsstrukturen im westelbischen Braunkohlengebiet. – Diplomarbeit, Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald, Sektion Geol. Wiss. unveröff.
- STRUNK, H. (1983): Pleistocene diapiric upturnings of lignites and clayey sediments as periglacial phenomena in Central Europe. – Permafrost, Fourth International Conference, Proceedings: 1200 – 1204. Washington.
- TGL 34329 (1979): Fachbereichsstandard Geologie der DDR. Gesteinsfarben. Berlin.
- THOMAE, M. (1986): Zur Genese pleistozäner Lagerungsstörungen im oberen Deckgebirge des Geiseltals. – Techn. Kurzinformation, Braunkohlewerk Geiseltal 41: 20 – 26. Halle.
- THOMAE, M. (2003): Mollisolidiapirismus – Ursache für die Erhaltung der Fundstätte Neumark-Nord (Geiseltal). – Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie, 57, II: 601 – 605. Halle.
- TRUSHEIM, F. (1957): Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. – Zeitschr. Deutsche Geol. Ges., 109: 111 – 158. Hannover.

- VIETE, G. (1960): *Zur Entstehung der glazigenen Lagerungsstörungen unter besonderer Berücksichtigung der Flözdeformationen im mitteldeutschen Raum.* – *Freiberger Forsch.-H.*, C 78, 257 S. Berlin.
- VIETE, G. (1964): *Über die Lagerungsstörungen von Kohle und Deckgebirge im Lausitzer Braunkohlenrevier.* – *Freiberger Forsch.-H.*, A 311: 5 – 33. Leipzig.
- WAGENBRETH, O. (1955): *Quartärgeologische Beobachtungen im Gebiet des Tagebaues Profen bei Zeitz.* – *Freiberg. Forsch.-H.*, C 21: 40 – 92. Berlin.
- WAGENBRETH, O. (1960): *Neue quartärgeologische Beobachtungen im Tagebau Profen bei Zeitz.* – *Freiberg. Forsch.-H.*, C 80: 25 – 57. Berlin.
- WANSA, S. (1989): *Untersuchungen zur Lithologie und Stratigraphie des quartären Deckgebirges in den Braunkohlentagebauen bei Gräfenhainichen.* – *Dissert., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; unveröff.*
- WANSA, S. (1991): *Lithologie und Stratigraphie der Tills bei Gräfenhainichen.* – *Mauritiana*, 13: 189 – 211. Altenburg.
- WEIGELT, H. (1928, 1929): *Die Kohleaupressungen in den Geiseltal-Gruben „Leonhardt“, „Pfännerhall“ und „Rheinland“.* – *Jb. hall. Verb., N. F.*, 7 (1928): 68–99; *Halle und Jb. hall. Verb., N.F.*, 8 (1929): 75 – 78. Halle.
- WEISSERMEL, W. (1930): *Zur Geologie des Geiseltales bei Merseburg mit besonderer Berücksichtigung der Braunkohle.* – *Z. Dtsch. Geol. Ges.* 82: 257 – 291. Berlin.
- WIMMER, R., VÖLKEL, J. & EISSMANN, L. (1989): *Exogen tektonische Lagerungsstörungen im Bitterfelder Braunkohlenrevier.* – *Freiberger Forsch.-H.*, C 434: 111 – 121. Freiberg.