

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	12 (2005), 1/2	S. 143-152	2 Abb., 1 Tab., 28 Lit.
------------------------------	--------------	----------------	------------	-------------------------

Der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug und die Entstehung der Oderbruchdepression

The Bad Freienwalde–Frankfurter push moraine ridge and the origin of the Odra flood plain depression

MARTIN HANNEMANN

1. Vorbemerkungen

Die Entstehung der Oderbruchdepression, in deren Bereich das Oderbruch liegt, wird bereits seit über 100 Jahren untersucht. In Grundzügen ist man in den letzten Jahrzehnten einer Klärung näher gekommen, in wesentlichen Details gibt es jedoch noch immer unterschiedliche Standpunkte und daher Klärungsbedarf.

Durch Einbeziehung von Kenntnissen über den Aufbau des Untergrunds auch in Randgebieten in die Untersuchungen sind weitere Erkenntnisfortschritte möglich. So soll nachfolgend geprüft werden, ob und gegebenenfalls wie die Entstehung der Oderbruchdepression (Abb. 1) mit der Entstehung angrenzender Höhen (Höhen im Verlauf des Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs) genetisch zusammenhängt. Hauptsächlich sind es Kartierungen der Schichtenfolgen und der Lagerungsverhältnisse oberflächennaher Schichten in den an das Oderbruch westlich, südwestlich und südlich angrenzenden Gebieten und Ergebnisse tiefer, bis in das Prätertiär reichender Bohrungen, die uns dafür Grundlagen geben. Einige Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus neuerer Zeit wurden bereits in Exkursionsführern (HANNEMANN & SEIDEMANN 2000, HANNEMANN 2002, 2003) und in einem unveröffentlichten Vortrag (2004) mitgeteilt.

2. Geologische und geomorphologische Situation

Der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug und das angrenzende Oderbruch liegen im Ostteil des Landes Brandenburg im Jungmoränengebiet der Norddeutschen Tiefebene. Quartäre und tertiäre Ablagerungen haben hier zusammen Mächtigkeiten zwischen ca. 140 und 300 m. Die Basisfläche der känozoischen Sedimente ist verhältnismäßig eben und befindet sich bei durchschnittlich etwa -160 m NN (zwischen -130 und -210 m NN).

Das Oderbruch umfasst eine Fläche von etwa 1 000 km², wovon rund 850 km² auf deutschem und ca. 150 km² auf polnischem Gebiet liegen. Genaue Flächenangaben setzen eine objektive Definition der Begrenzungen voraus, auf die hier verzichtet werden kann. Der rund 45 km lange und durchschnittlich ca. 15 km breite Hauptteil des Oderbruchs zwischen Neuenhagener Insel im Nordwesten und Reitweiner

Sporn im Südosten stellt eine morphologisch sehr auffällige, fast ebene Fläche dar. Sie liegt durchschnittlich um +8 m NN (minimal +2,7 m NN) und hat nur eine schwache Neigung nach Nordwesten. Hier ist im Zeitraum von 1749 bis 1759 im Zusammenhang mit Dammbauten und Flusswegverkürzungen aus einer Flussauenlandschaft eine Kulturlandschaft entstanden.

Umliegende Höhen erreichen verbreitet über +80 m NN (maximal +157,5 m NN); damit gibt es sehr große Höhenunterschiede auf engstem Raum. Mit bedingt durch die starke periglaziale Randzertalung – besonders ausgeprägt im Raum Bad Freienwalde – hat man gelegentlich den Eindruck, im Mittelgebirge zu sein. So stellt das Oderbruch im Verbund mit seinen Randgebieten für das Mitteleuropäische Tiefland wohl eine einmalige Landschaftsform dar.

Die Höhenschichtenkarte (Abb. 1) weist im westlich, südwestlich und südlich angrenzenden Gebiet drei herausragende Höhenkomplexe aus:

Bad Freienwalder Höhen	(max. 157,5 m NN)
Heinersdorfer Höhen	(max. 109,5 m NN)
Booßener Höhen	(max. 135,1 m NN)

Seit der geologischen Kartierung dieses Gebiets in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts (HANNEMANN 1966) ist bekannt, dass es sich bei diesen Höhen um weichselkaltzeitlich überfahrene und umgeformte saalekaltzeitliche Stauchendmoränenreste handelt. Die bemerkenswerte Längserstreckung dieser Höhen und Höhenkomplexe (N–S bis NE–SW), korrespondiert nicht mit dem strukturellen Aufbau des oberflächennahen Untergrunds.

3. Bestandsaufnahme des oberflächennahen Untergrunds

3.1 Überblick

Die oberflächennahen geologischen Verhältnisse sind durch die geologischen Spezialkartierungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt insbesondere in den Jahren um 1900 gut bekannt (u. a. BEHRENDT & GAGEL 1908). In den Hochflächengebieten westlich, südwestlich und südlich des Oder-

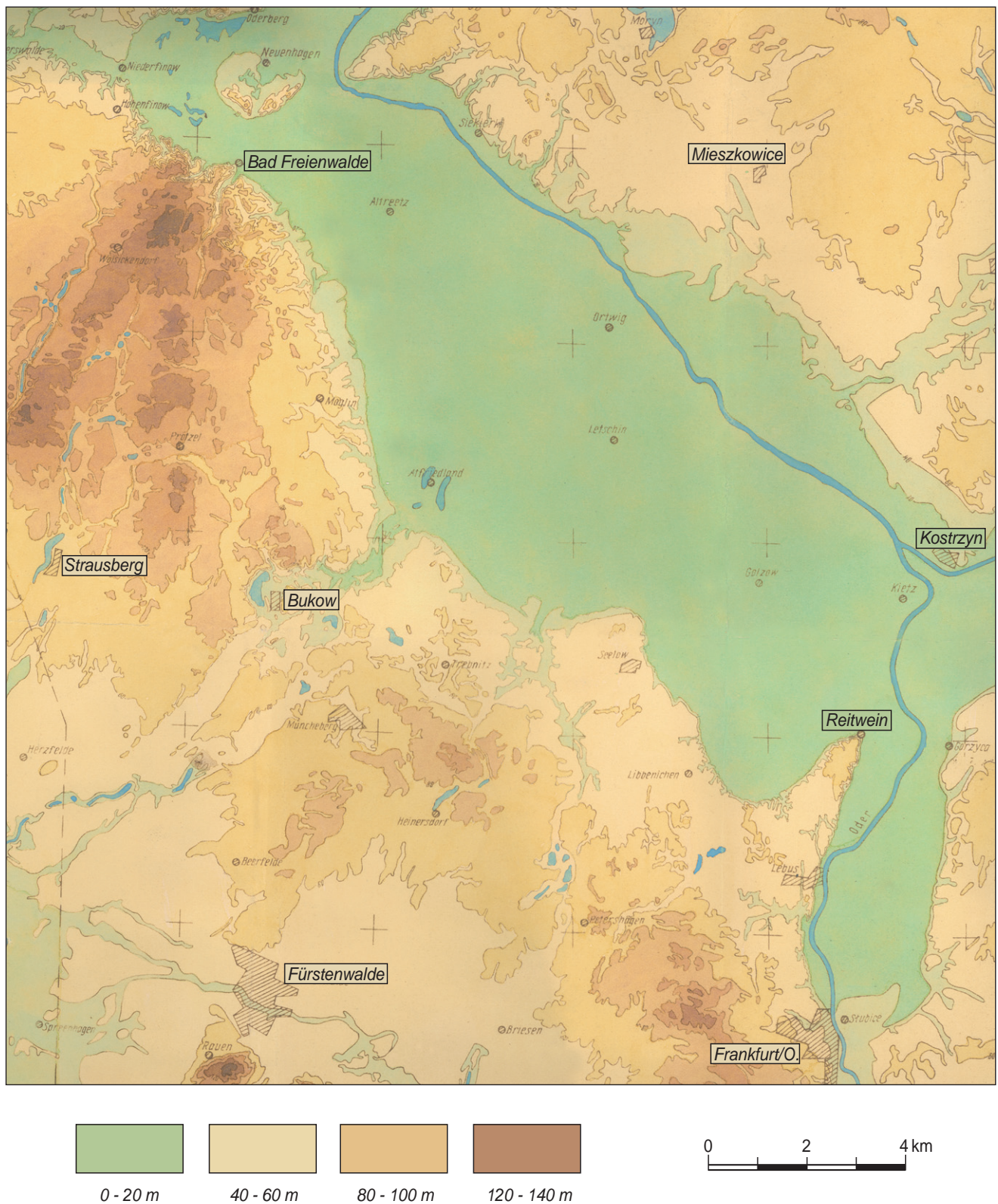


Abb. 1 Höhenschichtenkarte (Ausschnitt vom handkolorierten Original, HANNEMANN 1966)
 Fig. 1 Hypsometric map (detail from handcoloured original, HANNEMANN 1966)

bruchs (Barnim und Lebus) dominieren Grundmoränenbildungen und glazifluviatile Ablagerungen häufig in engem Wechsel. Ein Ergebnis aus damaliger Zeit, das durch jüngere geologische Kartierungen und Erkundungen wiederholt be-

stätigt worden ist, verdient besonders hervorgehoben zu werden: Der Nachweis tertiärer – vornehmlich miozäner – Schichten in Aufschlüssen oder durch Peilstangenbohrungen. Diese Nachweise und deren Kartierung gelangen

vornehmlich in den Bereichen der genannten drei Höhenkomplexe auf der Grundlage der durch bergbauliche Tätigkeiten (meist Braunkohlentiefbau) geschaffenen Aufschlüsse. Ein großer Teil der auch für unsere Zwecke auswertbaren Originalunterlagen (z. B. das bergmännische Risswerk) liegen in Archiven vor.

Ganz anders ist der Aufbau des oberflächennahen Untergrunds im Oderbruch. Bereits die Karten der Preußischen Geologischen Landesanstalt zeigen holozäne Sedimente mit einer wechselhaften Zusammensetzung. Es dominieren humose, schluffig-tonige Auensedimente sowie Mudden und auch Torfe in söhligler Lage. Häufig wiederkehrende sandige Erhöhungen wurden früher als Durchragungen liegender Tal-sande interpretiert, sind aber mehrheitlich aufgesetzte Uferwälle oder Reste hiervon (JÄGER & GRIESA 1980). Am Rande des Oderbruchs befinden sich verbreitet Sandakkumulationen, die spätleistozäne Schmelzwassersande (z. B. „Wriezener Terrasse“), überwiegend jedoch periglaziäre Schwemmkegel oder Deluvialdecken darstellen.

3.2 Strukturelle Analyse

Strukturelle Untersuchungen (Kartierung glazigener Dislokationen der Lagerungsverhältnisse und der Geschiebeorientierung) sind in allen an das Oderbruch angrenzenden Hochflächengebieten vorgenommen worden (HANNEMANN 1966). Durch Beobachtungen in jüngerer Zeit wurden diese Ergebnisse zum Teil ergänzt (s. LIPPSTREU & ZIERMANN 1977; BEHRENDT & HESSMANN 1983; KRUEGER & HESSMANN 1986; RUTHSATZ u. a. 1979, 1980, 1981, 1982; HÖNEMANN, KÜSTERMANN & MEYER 1995 und viele hydrogeologische Ergebnisberichte und Berichte über Steine-Erden Erkundungen). Für die strukturelle Analyse waren und sind die Aufschlussverhältnisse in den Höhenkomplexen am günstigsten.

3.2.1 Bad Freienwalder Höhen

In den Bad Freienwalder Höhen findet man sowohl in Tagesaufschlüssen als auch durch Bohrungen erkundet an zahlreichen Stellen Schichtenabschnitte aus der tertiären Abfolge unseres Raums. Diese primär unter 0 m NN sich befindenden Schichten lagern hier teilweise in Höhen über 100 m NN. Ein Teil davon ist bereits in geologischen Spezialkarten festgehalten. Die Kenntnisse über das Auftreten, die Lagerung und den strukturellen Aufbau der Schichten verdanken wir in erster Linie dem Braunkohlentiefbau, der bereits im 17. Jahrhundert begann und erst im Jahre 1960 vollständig eingestellt worden ist (Wilhelmsschacht/Friedensschacht am Stadtrand von Bad Freienwalde). Abgebaut wurden Braunkohlen des 3. miozänen Flözhorizonts (MF 3) und des 2. miozänen Flözhorizontes (MF 2) – ausnahmslos in glazigen gestörter Lagerung. Es treten Falten, Schuppen und Schollen auf, die wegen der Größe, Mächtigkeit und Lagerung in wirtschaftlicher Hinsicht stets nur eine lokale Bedeutung hatten. Das Streichen der Faltenachsen und der Auflagerungsflächen ist NNE-SSW bis N–S (QUITZOW 1953, LOTSCH et al. 1969). Weitere Braunkohlentiefbaue befanden sich in der näheren Umgebung bei Altranft, Sonnenburg, Wriezen, Falkenberg und Harnekop.

Unmittelbar westlich von Bad Freienwalde stehen in mehreren, meist offenlässigen Ziegeleigruben Schollen von Rupeltonabschnitten an. Sie stammen aus der hier und in der Umgebung weit verbreiteten und primär zwischen 60 und 100 m mächtigen Rupeltonfolge. Schon im 19. Jahrhundert wurden diese Vorkommen als Basis einer keramischen Industrie genutzt. Entsprechend weit reichen hier bergmännische Beobachtungen, auch die Struktur und Lagerungsverhältnisse betreffend, zurück. In einem derzeit noch betriebenen Aufschluss, ca. 500 m südlich der Straße B 167 gelegen, ist der anstehende Rupelton (auch als „Septarienton“ bezeichnet) glazigen verfrachtet und um mindestens 50 m gehoben. Der Schollencharakter der generell N–S streichenden Rupeltonvorkommen ist durch ein enges Bohrnetz bewiesen, er wird auch im jetzigen Aufschluss belegt: Unter Rupelton befinden sich söhlig lagernde pleistozäne Sande. Die Grenzfläche und die unmittelbar anschließenden Schichten zeigen im Aufschlussbereich (ca. 30 m Aufschlusswand) nur geringe Verbiegungen als Ausdruck der hier stattgefundenen Überschiebung. Alte und neue Strukturuntersuchungen im Komplex der Rupeltongruben von Bad Freienwalde und angrenzender Aufschlüsse ergaben ein einheitliches Streichen, das nur gelegentlich und unwesentlich von der N–S-Richtung abweicht. Das Einfallen der gestauchten und glazigen verlagerten Schichten ist nach Osten gerichtet; der Gletscherschub erfolgte aus östlicher Richtung.

In der weiteren Umgebung von Bad Freienwalde (Raum Falkenberg, Alt Ranft, Wriezen) gab und gibt es z. T. auch heute noch kleinere Aufschlüsse in miozänen und oligozänen Sedimenten, deren Lagerungsverhältnisse mit denen der Ziegeleigruben von Bad Freienwalde übereinstimmen (Streichen um die N–S-Richtung, Fallen fast immer nach E).

3.2.2 Heinersdorfer Höhen

Die Heinersdorfer Höhen, im Raum zwischen der Stadt Müncheberg und Heinersdorf gelegen, enthalten wie die Bad Freienwalder Höhen oberflächlich bis oberflächennah verbreitet miozäne Sedimente. Besonders hoch gelegen sind sie in einem etwa 1 km breiten und 8 km langen Gebietsstreifen westlich und südlich von Jahnsfelde. Innerhalb dieses, sich NW–SE erstreckenden Gebietsstreifens ging lange Zeit, besonders im Zeitraum von 1850 bis 1915 Braunkohlentiefbau um (Gruben Waldeck, Emil, Gottvertrauen, Franke, Cunow u. a.). Gleichzeitig und auch später wurden ebenfalls zu den Briesker Schichten gehörende Quarzsande abgebaut und noch 1963 durch ein Bohrprogramm in Hinblick auf Abbau- und Verwertungsmöglichkeiten erkundet (ZIERMANN 1963).

Auch hier führten die Erkundungen und Abbaue von Braunkohle und Quarzsand zu fundierten Kenntnissen über die Lagerungsverhältnisse der pleistozänen und miozänen Schichten. In ungestörtem Zustand um 0 m NN lagernde Schichten sind in Folge glazigener Einwirkungen bis in Höhen von +80 bis +100 m NN befördert worden. Die in Falten, Aufpressungen und Überschiebungen der miozänen Sedimente gemessenen Streichrichtungen weichen kaum einmal von der NW–SE-Richtung ab. Die Folge fällt unterschied-

lich stark nach NE ein. Lediglich im äußersten Südosten des früher weitgehend aufgeschlossenen Gebietsstreifens geht das Streichen in die W–E-Richtung über. Die glazigene Beanspruchung lässt mithin auf einen in breiter Front einwirkenden Gletscherschub aus Nordosten schließen.

Weitere Braunkohlentiefbaue befanden sich in der weiteren Umgebung nordwestlich von Heinersdorf bei Schlagenthin und bei Buckow. Sie stellen die regionale Verbindung zu den untertägigen Kohlenabbauen in den Höhen von Bad Freienwalde her.

3.2.3 Booßener Höhen

Die Booßener Höhen haben wie die unmittelbar östlich gelegene Stadt Frankfurt einen besonders intensiv lagerungsge-störten Untergrund. Auch das Miozän und Oligozän sind davon betroffen. Die örtlich anzutreffende Schichtenfolge wechselt hier so oft und so stark wie kaum an einer anderen Stelle im Randgebiet des Oderbruchs. Dazu zählen neben dem Frankfurter Stadtgebiet der Frankfurter Stadtwald und die Räume Booßen und Treplin. Hier treten in unterschiedlichen Dimensionen sowohl plastische als auch rupturale Deformationen auf, die zu Falten, Faltenüberschiebungen, Überkipnungen, Schuppenstapeln, Aufpressungen sowie Schollen geführt haben. So stehen tertiäre Ablagerungen sowie Ablagerungen aus dem älteren Pleistozän verbreitet oberflächlich oder oberflächennah an.

An mehreren Stellen waren in und bei Frankfurt die Voraussetzungen für Braunkohlentief- und -tagebau gegeben, z. B. im Gebiet der Gruben Muth, Körner und Auguste (Abbau zwischen 1860 und 1926). Weitere Gruben befanden sich weiter westlich bei Treplin. Abgebaut wurden hier drei Kohlenflöze, die ins Miozän gehören (MF 2 und MF 3). Die Streichrichtungen der Schichten sind mehr oder weniger einheitlich W–E; die Lagerungsverhältnisse lassen auf einen Gletscherschub aus N schließen. Dabei sind vermutlich im Frankfurter Stadtwald auch oligozäne Ablagerungen bis in Oberflächennähe gelangt. Wie im Gebiet der Höhen von Bad Freienwalde und Heinersdorf muss auch hier auf hohe Aufstauchungsbeträge von mindestens 80 m geschlossen werden. Im Zusammenhang mit den starken glazigenen Störungen in und bei Frankfurt stehen auch die oberflächlich und oberflächennah anstehenden Quarzsande von Booßen. Sie gehören ebenfalls ins Miozän. Die Lagerungsverhältnisse (Sättel, Mulden, Schuppen) belegen ein Streichen um WNW–ESE. Der Eisdruck erfolgte aus NNE.

3.3 Schlussfolgerungen zum Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug

Strukturelle Analysen in den drei genannten Höhenkomplexen und deren Umgebung gaben bereits vor ca. 40 Jahren die Veranlassung, auf die Existenz eines großen, zusammenhängenden Stauchungszugs zu schließen: den Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug (Abb. 2). Die Bad Freienwalder, die Heinersdorfer und die Booßener Höhen sind Teile dieses Stauchungszugs. Damit zusammenhängend und nach

Untersuchung der Lagerungsbeziehungen wurde deutlich, dass die tiefgreifenden glazigenen Störungen innerhalb dieses Zugs nicht weichselkaltzeitlich, sondern älter sein müssen. In den Höhenkomplexen wurden weichselkaltzeitlich überfahrene saalekaltzeitliche Stauchendmoränenreste erkannt (HANNEMANN 1966).

Vermutlich hat der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug Fortsetzungen nach Nordwesten in den Raum Eberswalde–Joachimsthal und nach Osten in den Raum Osno (Drossen). Ein entsprechender Nachweis ist in Folge der dort stärkeren Überdeckung durch jüngere (meist weichselkaltzeitliche) Sedimente erschwert.

Den größten Anteil an den Erkenntniszuwächsen in jüngster Zeit haben tiefere Bohrungen im Bereich des Stauchungszugs einerseits und im Bereich des Oderbruchs andererseits.

4. Ergebnisse tieferer Bohrungen

Tiefere Bohrungen wurden vor allem in den Jahren 1961/62 im Rahmen geologischer Kartierungen niedergebracht. Die für den Stauchungszug und das Oderbruch am meisten repräsentativen sind mit ihren wichtigsten Ergebnissen auch in geologischen Schnitten in HANNEMANN 1966 und 2003 dargestellt. Es handelt sich um geophysikalisch vermessene Spülkernbohrungen mit hohem Kerngewinn.

4.1 Bohrungen im Bereich des Stauchungszugs

Besonders eindrucksvoll ist, dass sich die Bohrprofile aus dem Bereich des Stauchungszugs deutlich von denen im Oderbruch unterscheiden. Keines der Profile aus dem Bereich des Stauchungszugs ist einem anderen ähnlich; Parallelisierungen sind so gut wie unmöglich. In unterschiedlichen Tiefen wurden Schollen aus oligozänem und miozänem Material nachgewiesen. Die Schichten in den Schollen wie auch in den begleitenden Sedimenten fallen vielfach stark ein oder stehen gar saiger (Nachweis in Bohrkernen aus Warventon oder anderen feingeschichteten Sedimenten).

Drei Beispiele mögen die extrem intensiven Lagerungsstörungen im Bereich des Stauchungszugs charakterisieren:

a) Die Tertiärschollen (Miozän und ? Oligozän) der Bohrung 1/61, Müncheberg, reichen bis -204,5 m NN und liegen unmittelbar auf Kreide. An dieser Stelle (Ansatzpunkt der Bohrung 40,9 m NN) sind damit glaziale Störungen bis 245,4 m Tiefe wahrscheinlich. Die Möglichkeit, dass die „Schollen“ auch durch Verstürze am Rande glazialer Ausräumungszonen zustande gekommen sind, ist gegeben, jedoch in Anbetracht der geologischen Gesamtsituation und von konkreten Einzelbeobachtungen her eher unwahrscheinlich.

b) Nicht als Versturzmasse kann z. B. die mächtige Oligozän-scholle, bestehend aus Schichten der Rupelfolge („Rupel-ton“) in der Bohrung VI/61, Buckow, erklärt werden. Hier lagert auf einer intakten Folge von Rupelschichten (-129,8 bis -200,1 m NN) zwischen -51,0 m NN und -129,8 m NN noch

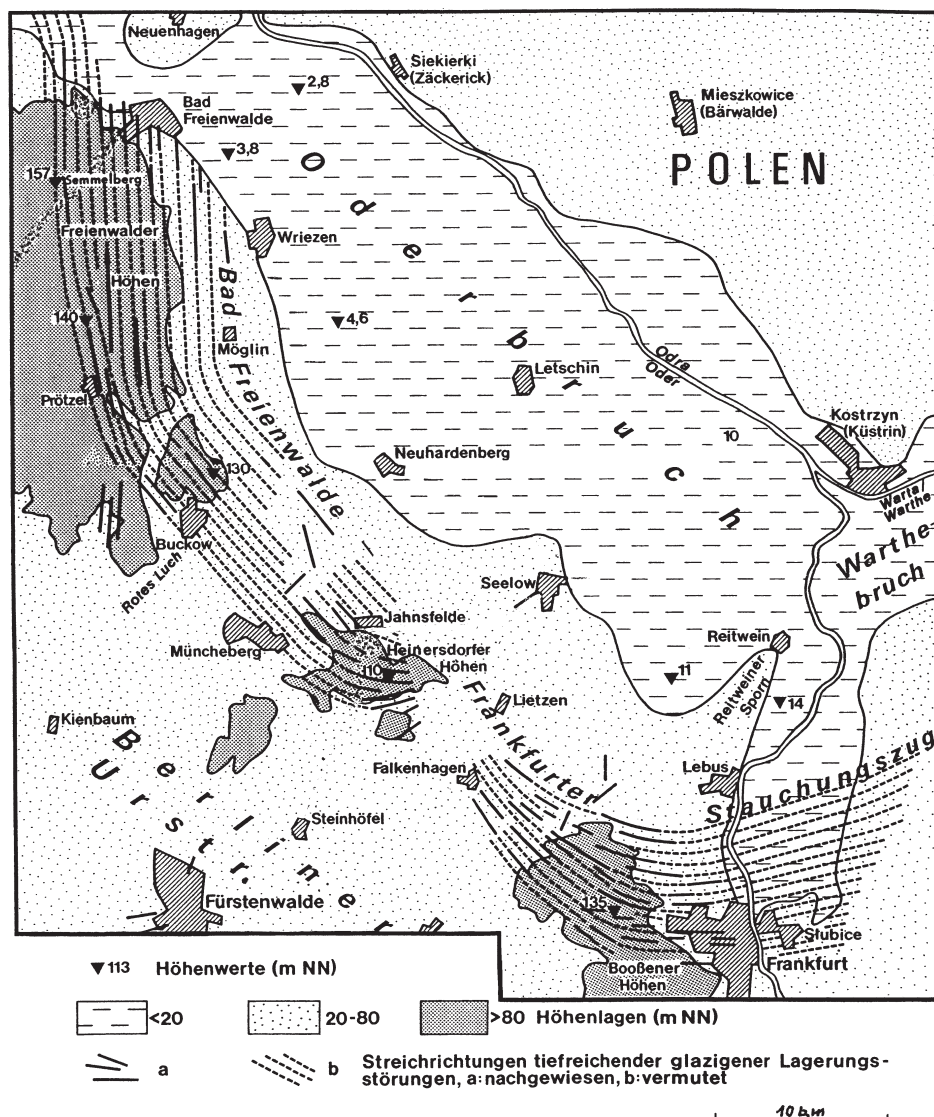


Abb. 2
Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug und Lagebeziehungen zum Oderbruch (Aus HANNEMANN 2003)

Fig. 2
The Bad Freienwalde–Frankfurter push moraine ridge and its spatial relation to the Odra flood plain (From HANNEMANN 2003)

einmal die gleiche Folge von Rupelschichten – paläontologisch nachgewiesen – als Scholle. Darüber folgen, sählig lagernd, pleistozäne Sande mit Schlufflagen.

c) In der Bohrung I/61, Podelzig, befinden sich zwischen -92,7 m und -102,3 m NN (entspr. zwischen 164,4 m und 174,0 m unter Gelände) oberoligozäne schluffige Feinsande der Cottbuser Schichten, die durchgehend ein Einfallen der Schichtung zwischen 60° und 90° aufweisen. Schollencharakter ist hier nicht nachgewiesen, aber auch nicht auszuschließen. Ursache der Schichtenverstellung können nur glazigene Einwirkungen sein. Bemerkenswert ist, dass im Gebiet dieser nördlich Frankfurt, ca. 4 km westlich der Oder gelegenen Bohrung die oberflächennah anstehenden Sedimente – hier Geschiebemergel – annähernd sählig lagern. Es bestätigt sich auch hier die in gut aufgeschlossenen oder eng abgebohrten Gebieten (vor allem Braunkohlentagebaue der Niederlausitz) gemachte Beobachtung, dass Lagerungsstörungen auch in tieferen begrenzten Stockwerken auftreten, obwohl sie durch Beobachtungen in Oberflächennähe nicht nachgewiesen werden können.

Schon diese wenigen Beispiele aus tieferen Bohrungen im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Untersuchung des oberflächennahen Untergrunds in den Höhenkomplexen und deren Umgebung (Pkt. 3.2) führen zu der Schlussfolgerung, dass der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug eine Zone glazigener Großdeformationen darstellt. In der Form, Struktur und Größe kann man sie in die Reihe einiger weniger schon länger bekannter Gebiete mit Großdeformationen stellen; z. B. den Fürstenaauer und Dammer Bergen in Niedersachsen.

2.2 Bohrungen im Oderbruch

Im Untergrund der Südhälfte des Oderbruchs (HANNEMANN 1966 und 2003) fehlen tertiäre Sedimente oder sind auf geringe Mächtigkeiten reduziert. Der an ihrer Stelle lagernde, bis 120 m mächtige Geschiebemergelhorizont stellt einen ziemlich homogenen, annähernd sählig lagernden Körper dar. Mächtigkeit und Ausdehnung sprechen für einen Gletscher, der Zeit und infolge exponierter Lage Nachschub genug hatte, eine so mächtige Grundmoräne aufzubauen. Die vorher

hier anstehenden miozänen und oligozänen Sedimente wurden abgeschert, gestaucht oder auf andere Weise bewegt oder fortgeführt.

Die Kenntnisse über den Untergrund in nördlichen Teilen des Oderbruchs sind noch lückenhaft. Bis jetzt ist noch nicht nachgewiesen, ob und wie weit der mächtige Geschiebemergelhorizont auch den Untergrund im nördlichen Oderbruch beherrscht.

5. Grundzüge der stratigraphischen Abfolge

5.1 Voraussetzungen

In Anbetracht der im Bereich des Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs dominierenden Großdeformationen und der völlig andersgelagerten, offenbar sehr reduzierten Schichtenfolge in der Südhälfte des Oderbruchs sind Untersuchungen zur stratigraphischen Einstufung der känozoischen Schichten sehr erschwert. Stratigraphische Einstufungen der Sedimente sind jedoch schon allein für das Verständnis der hier abgelaufenen Prozesse bis zu einem gewissen Grade unabdingbar; es kann deshalb insbesondere im Quartär auf sie nicht verzichtet werden.

5.2 Prätertiär und Tertiär

Unmittelbar unter tertiären Ablagerungen stehen Sedimente der Oberkreide an: Tonmergel- und Kalkmergelsteine des Coniac und Santon. Die Basisfläche der tertiären Ablagerungen liegt sowohl im Oderbruch als auch im Bereich des angrenzenden Stauchungszugs durchschnittlich bei etwa -160 m NN.

Die tertiäre Schichtenfolge ist auf Grund der paläogeographischen Entwicklung sowie der strukturellen, erosiven und exarativen Prozesse im Quartär nur rudimentär und zum größten Teil in gestörter Lagerung erhalten. Bei glazial ungestör-

ter Situation ist mit folgender Abfolge zu rechnen: Über ca. 5 m mächtigen unteroligozänen marinen Rupelbasissanden folgt ca. 80 m mächtiger Rupelton. Darauf lagern oberoligozäne und miozäne Sande und Schluffe der Cottbuser, Mittenwalder und Briesker Schichten. Die eingeschalteten Braunkohlenflöze (2., 3. und 4. miozänes Flöz) waren Gegenstand des Abbaus, fast ausschließlich durch Tiefbau.

5.3 Quartär

Auch von den zum Quartär gehörenden Schichtgliedern ist nur ein Teil ausgebildet und erhalten. Unter den Ursachen der vielfältigen Lagerungsstörungen sind die glazigenen und die glazihydrodynamischen mit Abstand am meisten wirksam.

5.3.1 Geschiebezählungen

Die besonderen Entstehungs- und Lagerungsbedingungen der pleistozänen Sedimente erfordern u. a. eine spezifische Untersuchungsmethodik: Geschiebezählungen an Geschiebemergeln. Die Untersuchungen erfolgten bereits in den Jahren 1960 bis 1964 in einem über das Oderbruch und das Gebiet des Stauchungsgebiets hinausreichenden, größeren Raum. Alle Ergebnisse, Auswertungen und Schlussfolgerungen sind dokumentiert (HANNEMANN 1966). Gezählt wurden aus insgesamt 387 Proben die Kleingeschiebe von 4 bis 10 mm Größe. Unterschieden wurden Flint (F), Kalkstein (Ka), Kristallin (Kr), Tonstein (T), Sandstein und Quarzit (S + Qt), Quarz (Q) sowie Sonstige und Unbestimmbare (So + U). Ziel war die Unterscheidung der Geschiebemergelvorkommen nach ihrer Zugehörigkeit zur Elster-, Saale- und Weichselkaltzeit.

Da Horizonte oder Schichten mit gesicherter stratigraphischer Zuordnung im Gebiet von Stauchungsgebieten sehr selten sind, wurde zunächst eine Auswahl von 73 Proben

Tab. 1 Beispiele von Kleingeschiebeanalysen

Tab. 1 Results of gravel counting analyses

Herkunft der Proben			Ergebnisse der Zählungen							
Analysen-Nr.	Aufschluss (A) bzw. Bohrung (B)	Entnahmetiefe (ca mNN)	F (%)	Ka (%)	Kr (%)	T (%)	S+Q (%)	Q (%)	So+U (%)	Stratigraphie
273	A Marxdorf	+ 106	2,4	32,4	37	3,3	18,9	2,7	3,3	W
361	A Harnekop	+ 100	1,1	37,8	30	5,7	19,8	2,8	2,8	W
170	A Hasenholz	+ 72	1,0	38,2	35,2	8,5	12,5	1,9	2,9	W
230	A Buckow	+ 58	0,8	37,5	23,5	7,2	16,6	2,1	12,3	W
50	B XIII/62	+ 46	2,4	40,5	36,4	1,0	15,8	2,7	1,2	S
308	B XIII/62	+ 44	1,2	36,5	36,3	3,5	15,3	3,7	3,2	S
51	B XIII/62	+ 42	2,5	38,0	29,8	3,6	19,9	3,0	3,3	S
95	B XIII/62 Z	+ 32	1,2	35,2	36,7	2,8	18,1	3,8	2,3	S
309	B XIII/62	- 45	10,2	24,4	42,2	1,0	14,3	5,9	2,0	E
311	B XIII/62	- 120	9,4	28,0	38,1	1,6	14,8	6,1	1,9	E
312	B XIII/62	- 122	8,1	19,2	42,2	2,2	17,2	7,0	4,2	E
96	B XIII/62 Z	- 129	8,5	28,9	43,0	0,8	13,6	3,9	1,1	E

untersucht (HANNEMANN & SCHLEGEL 1965), die z. T. auch aus benachbarten Gebieten stammen. Deren stratigraphische Stellung war auf Grund ihrer Lagerungsbeziehungen zu biostratigraphisch datierten warmzeitlichen Schichten oder auf Grund ihrer Lagerung und Lagerungstiefe teils zwangsläufig gegeben und teilweise eingeengt. Es zeigte sich, dass hohe Tonsteingehalte der weichselkaltzeitlichen und hohe Flintgehalte der elsterkaltzeitlichen Geschiebemergel als wesentliche Merkmale für die Unterscheidung der drei wichtigsten Geschiebemergelhorizonte anzusehen sind. Erst nach Feststellung der stratigraphisch wichtigen Kriterien wurden auch andere Geschiebemergelvorkommen, deren Lagerungsbeziehungen nicht oder nicht so sicher auf das Alter schließen lassen, eingestuft. Beispiele von Kleingeschiebeanalysen aus dem Bereich des Stauchungszugs sollen einen Einblick in die Untersuchungsergebnisse vermitteln (aus HANNEMANN 1966, W=Weichsel, S=Saale und E=Elster) (Tab. 1)

Von CARLS (2001) am westlichen Oderbruchrand im Raum Reitwein durchgeführte Geschiebezählungen weichen methodisch etwas ab, kommen aber zu gleichen bzw. vergleichbaren stratigraphischen Ergebnissen.

5.3.2 Schichtenfolge

Die komplexen Untersuchungen der quartären Schichtenfolge umfassen Literatur- und Archivarbeiten, Gelände- und Aufschlussuntersuchungen und Untersuchungen durch neue Bohrungen. Strukturuntersuchungen (glazigene Dislokationen, Lagerungsverhältnisse, Geschiebeorientierung) und Geschiebezählungen spielten eine besonders wichtige Rolle. Daraus resultierend kann auf folgende Grundzüge der stratigraphischen Abfolge geschlossen werden:

Elsterkaltzeitliche Ablagerungen fehlen im Oderbruch ganz oder sind nur geringmächtig. Im begleitenden Stauchungszug treten sie häufiger und mächtiger auf. Im Gegensatz zu anderen Teilen Brandenburgs konnte in diesem Raum bisher nur ein elsterkaltzeitlicher Geschiebemergelhorizont erkannt werden.

Holsteinwarmzeitliche Ablagerungen sind in größerer Verbreitung nicht nachgewiesen. Sie sind auch kaum zu erwarten, weil sehr tiefe quartäre Ausräumungszonen („Tiefenrinne“) und große Wannen (Becken) aus der Elsterkaltzeit fehlen. Selten gibt es kleinere Vorkommen. Sie repräsentieren anscheinend nur Teile der holsteinwarmzeitlichen Abfolge und sind glazigen disloziert.

Saalekaltzeitliche Ablagerungen sind im Oderbruch und im Bereich des Stauchungszugs die mächtigsten unter den Sedimenten des Quartärs. Man unterscheidet die des Drenthe-Stadiums und die des Warthe-Stadiums; beide haben örtlich sehr mächtige Abfolgen hinterlassen. Im Bereich des Stauchungszugs ist die Zuordnung wegen regionaler Aufspaltungen und vor allem wegen glazigener Lagerungsstörungen vielfach nicht oder nur mit aufwändigen Untersuchungen möglich. Oft werden die Geschiebemergelbänke von mächtigen glazifluviatilen Sanden begleitet. Anders sind die Verhältnisse im Oderbruch: Hier liegt weit verbreitet ein bis zu etwa 120 m mächtiger Geschiebemergelblock auf älteren pleistozänen Sanden oder auf Rupelschichten. Er nimmt mehr

oder weniger Positionen zwischen -100 m NN und -20 m NN ein und muss dem Drenthe zugeordnet werden. Im Raum Reitwein–Seelow findet man in Höhen um +40 bis +50 m NN einen vergleichsweise geringmächtigen Geschiebemergelhorizont, der in die Warthe zu stellen ist.

Eemzeitliche Ablagerungen sind nur kleinflächig und geringmächtig südwestlich des Oderbruchs bekannt geworden; bei Vevais (KORN 1912), bei Schulzendorf (HANNEMANN 1966) und bei Seelow (LIPPSTREU 1995).

Weichselkaltzeitliche Ablagerungen sind - wie auch in anderen Gebieten südlich der Pommerschen Randlage - viel geringmächtiger als die der älteren Kaltzeiten. Sie überziehen das Gebiet des Stauchungszugs wie ein löcheriger Schleier und erreichen in tief gelegenen Gebietsteilen (z. B. am Oderbruchrand) maximale Mächtigkeiten von bis zu etwa 6 m. Im Oderbruch selbst ist weichselkaltzeitlicher Geschiebemergel bisher nicht gefunden worden, wohl aber z. T. mächtige glazifluviatile Sande.

Holozäne Ablagerungen haben nur im Oderbruch eine große Verbreitung (Schlick, Feinsand, Mudde und Torf, häufig in Wechsellagerung) (vgl. BROSE 1998, BROSE & PIOTROWSKI 2001).

6. Lagerungsverhältnisse

Die Lagerungsverhältnisse sind durch repräsentative Bohrprofile und durch geologische Schnitte dargestellt (u. a. HANNEMANN 1966, 2003 sowie HANNEMANN & SEIDEMANN 2004). Danach gibt es sowohl im Bereich des Stauchungszugs als auch im Bereich des Oderbruchs quartäre Ausräumungszonen, in denen die tertiären Ablagerungen weitgehend oder auch vollständig der Exaration und Erosion während des älteren Pleistozäns zum Opfer gefallen sind.

Große Unterschiede treten dagegen zwischen den Schichtenfolgen und den Lagerungsverhältnissen in den beiden Teilgebieten auf: Nur im Oderbruch ist der Untergrund relativ unkompliziert und glazigen kaum gestört aufgebaut. Tertiäre Bildungen fehlen weitgehend. Im angrenzenden Höhengebiet, dem Stauchungszug dominieren äußerst wechselhafte Schichtenfolgen. Auch auf kurze Entfernungen sind die Schichtenfolgen so verschieden, dass sichere Konnektierungen kaum möglich sind. Selbst die Lage der Quartärbasis ist häufig nicht sicher festzustellen. Sie befindet sich auf kurzen Entfernungen hin manchmal in sehr unterschiedlicher Tiefe. Es sind zahlreiche Beispiele bekannt, in denen selbst mächtige Folgen von tertiären Sedimenten Schuppen oder Schollen darstellen, obwohl im Liegenden kein pleistozänes Material vorkommt. Auf Schollencharakter muss dann geschlossen werden, wenn die Abfolgen tertiären Materials nicht mit der bekannten Entwicklung im Tertiär des betreffenden Gebietes übereinstimmen. Es gibt auch Wiederholungen von definierten Schichtkomplexen und Ausfälle von Profilteilen. Bei der Festlegung der Quartärbasis und der Konnektierung von Schichten müssen deshalb hier immer die komplexen Beziehungen in die Untersuchungen einbezogen werden.

Trotz der in Einzelfällen auftretenden Schwierigkeiten beim Erkennen der Lagerungsverhältnisse kann und muss man davon ausgehen, dass im Zuge des Stauchungszugs sich

kaum glazigen ungestörte Schichtenfolgen befinden. Das betrifft auch den größten Teil der Abfolgen des Tertiärs, von denen sich lediglich in Teilgebieten die tiefsten Profile – Teile der Rupelschichten – noch in ungestörter autochthoner Position befinden dürften.

Im Oderbruch sind die Lagerungsverhältnisse der dort nur geringmächtig erhaltenen tertiären Sedimente vermutlich nicht anders als in dem Bereich des Stauchungszugs. Beweise fehlen jedoch. Von großer Bedeutung für Schlussfolgerungen zur Genese des Stauchungszugs und des Oderbruchs sind der bis zu 120 m mächtige tiefere saalezeitliche Geschiebemergelhorizont (vermutlich Drenthe) und der meist etwa zwischen 5 und 20 m mächtige obere saalezeitliche Horizont (vermutlich Warthe). Letzterer ist bisher nicht im Oderbruch selbst, sondern nur am Rand sowie im Süden auf der Lebuser Platte nachgewiesen. Ob er im Bereich des Oderbruchs völlig abgetragen worden ist oder ob er zur Oderbruchmitte hin abtauchend dort erhalten ist, kann derzeit nicht entschieden werden. Hier fehlen auswertbare Bohrergergebnisse. Wichtig sind die Lagerungsverhältnisse der quartären Ablagerungen, insbesondere der beiden saalezeitlichen Geschiebemergelhorizonte. Sie sind annähernd söhlig; es sind bisher keine Hinweise auf eine glazigene Beanspruchung bekannt geworden.

7. Entstehung der Oderbruchdepression

Die bis Mitte des 20. Jahrhunderts verbreitete These von einer tektonischen Entstehung der großen und geomorphologisch so auffälligen Landschaftsform war nach den Ergebnissen tieferer, das Prätertiär erreichenden Bohrungen nicht mehr zu halten. Die Beziehungslosigkeit der Oderbruchhohlform zur Lage der Tertiär- und Quartärbasisfläche lassen für die Annahme entsprechender tektonischer Bewegungen während des Quartärs keinen Raum.

Bei den bisherigen Erklärungsversuchen für die Entstehung der Oderbruchdepression ist die Existenz eines Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs nicht genügend gewürdigt worden. Das liegt vor allem daran, dass er in seiner Lage zum Oderbruch, seinem durchgehenden Verlauf sowie seinem durch Großdeformationen geprägten Aufbau und seiner Tiefenwirkung bisher nicht zusammenhängend erkannt worden ist. Lange Zeit war man geneigt, die vor allem durch den Braunkohlentiefbau schon frühzeitig erkannten Lagerungsstörungen mit einer „Endmoräne des Frankfurter Stadiums der Weichselkaltzeit“ in Verbindung zu bringen. Später (HANNEMANN 1966) konnte gezeigt werden, dass die tiefgreifenden glazigenen Störungen bereits in der Saale-Kaltzeit entstanden sind und dass u. a. die Bad Freienwalder Höhen, die Heinersdorfer Höhen und die Booßener Höhen vom Gletscher überfahrene und umgeformte saalekaltzeitliche Stauchendmoränenreste darstellen. Verbindungen zur Genese des Oderbruchs wurden damals noch nicht gezogen.

So wie die Wanne des Oderbruchs im Mitteleuropäischen Tiefland eine wohl einmalige geomorphologische Erscheinung im Landschaftsbild darstellt, so ungewöhnlich intensiv und tiefgreifend lagerungsgestört sind die tertiären und

pleistozänen Sedimente im angrenzenden Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug. Seine Größe und sein nach NE offener, bogenförmiger Verlauf erinnert u. a. an die von KUPETZ (2002) zusammengestellten, genetisch vermutlich ähnlichen glazigenen Großformationen in Deutschland, Polen, Belarusland und Kanada. Unser Stauchungszug kann in die Reihe dieser Großdeformationen eingereiht werden; er übersteigt diese zum Teil noch an Größe.

Folgende Feststellungen zum Stauchungszug sind im Hinblick auf die Entstehung der Oderbruchdepression besonders herauszustellen:

- Geomorphologisch ist er nur in Form von Erosionsresten einer ursprünglich viel höheren Struktur erhalten (in Form der Bad Freienwalder, Heinersdorfer und Booßener Höhen).
- Die Zusammenhänge zwischen den Höhen sind durch Strukturuntersuchungen belegt (Abb. 2).
- In seinem Aufbau dominiert Schuppenbau; miozäne Sedimente bilden den Hauptanteil. Es treten Hebungsbeträge bis etwa 100 m auf. Wurzellose Schollen sind möglicherweise zum Teil auch Ergebnis von Fernüberschiebungen. Obwohl die Ausmaße des gesamten Stauchungszugs noch nicht ermittelt sind, kann bereits jetzt festgestellt werden, dass Länge und Breite sowie Tiefe und Intensität der Tiefenbeanspruchung eine Sonderstellung unter den Stauchendmoränen im norddeutschen Raum einnehmen.
- Der Gletscherschub erfolgt im Mittel aus NE, mit Abweichungen im Nordteil (Schub aus E) und im Südteil (Schub aus N). Entsprechend ist der Verlauf des Stauchungszugs: bogenförmig, nach NE offen.
- Er ist vom weichselkaltzeitlichen Gletscher überfahren worden. Die weichselkaltzeitlichen Sedimente lagern lückenhaft-diskordant und im Allgemeinen in geringer Mächtigkeit auf den älteren, meist saalekaltzeitlichen Bildungen. In der Eemwarmzeit und Weichselkaltzeit erfolgte eine starke Abtragung der hoch aufgestauchten Schichten.
- Es gibt im Untergrund weder Hinweise auf Hindernisstauchung, etwa durch „Strompfeiler“ irgendwelcher Art, noch durch eine andere Art geomorphologischer Vorzeichnung.

Für die Oderbruchdepression ist festzuhalten:

- Sie hat in ihrer Gestalt keine Vorzeichnungen in der Tertiär- oder Quartärbasisfläche. Es gibt auch keine Lagebeziehungen zu elsterkaltzeitlichen Talungen, die ungefähr senkrecht zur Längserstreckung des Oderbruchs verlaufen.
- Es sind keine Vorkommen von holsteinwarmzeitlichen Sedimenten bekannt. Diese müsste man erwarten, wenn die Depression bereits im Holstein existiert hätte (siehe vergleichsweise die ausgedehnten Holstein-Vorkommen in den Räumen von Eisenhüttenstadt und Berlin).
- Hier lagern weitflächig ungestört in Mächtigkeiten von zusammen bis zu rund 120 m zwei saalekaltzeitliche Geschiebemergelhorizonte.

Die Frage, ob die Entstehung der Oderbruchdepression mit dem durch herausragende Höhenkomplexe (s. Abb. 1) gekennzeichneten Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug zusammenhängt, ist zu bejahen. Bogenförmige saalezeitliche Gletscherfronten, die in ihrem Verlauf der Halbkreisform nahe kommen, sind von Nordosten vorgedrungen und haben lange Zeit im Raum der heutigen Oderbruchdepression gelegen. Die Entstehung der ausgedehnten, tiefen Depression ist die Folge von Oszillationen und von Deformations- und Abtragungsprozessen. Nachfolgend sind in den Zeiträumen Drenthe und Warthe jeweils mächtige Grundmoränen zurückgelassen worden, während mehr oder weniger gleichzeitig durch Oszillationen und Aufpressungen im Zuge eines längeren Prozesses der Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszug entstand.

Diese Interpretation wird den Ergebnissen der Bestandsaufnahme des oberflächennahen Untergrunds, der tieferen Bohrungen und der ermittelten stratigraphischen Abfolge am besten gerecht. Weitere Fragen zur Entstehung der Oderbruchdepression bleiben noch unbeantwortet, weil der Erforschungsgrad – trotz der Fortschritte – voreilige Schlussfolgerungen noch nicht angebracht erscheinen lassen. Bezug nehmend auf einen ungewöhnlich hohen geologischen Forschungsgrad im Muskauer Faltenbogen hat kürzlich KUPETZ (2002) wegweisende Ergebnisse und Gedanken vorgelegt, die auch für den Raum des Bad Freienwalde–Frankfurter Stauchungszugs und die Oderbruchdepression analog zutreffen können.

Dass wir die alte, aus der Saale-Kaltzeit herrührende Oderbruchdepression heute in Form des Oderbruchs wieder finden, verdanken wir – wie durch LIEDTKE (1996) erneut überzeugend begründet worden ist – der konservierenden Erhaltung durch weichselkaltzeitliches Beckentoteis. In der Weichselkaltzeit und im weichselkaltzeitlichen Spätglazial ist es zu einer modifizierenden Ausweitung und teilweisen Umgestaltung der Ränder durch Schmelzwässer gekommen.

Zusammenfassung

Eine Bestandsaufnahme des oberflächennahen Untergrunds und Ergebnisse von bis ins Prätertiär geteufte Bohrungen führten zu Erkenntnissen über den Aufbau der westlich, südwestlich und südlich an das Oderbruch grenzenden Gebiete, den Bad Freienwalder–Frankfurter Stauchungszug. Wie das Oderbruch eine im mitteleuropäischen Tiefland einmalige geomorphologische Erscheinung darstellt, so ungewöhnlich groß, intensiv glazigen lagerungsgestört und einmalig ist der angrenzende Stauchungszug mit den Bad Freienwalder, Heinersdorfer und Booßener Höhen. Er stellt eine Zone glazigener Großdeformationen dar. Die Entstehung der Oderbruchdepression hängt mit der des Stauchungszugs zusammen, sie ist die Folge von Gletscheroszillationen und den resultierenden Deformations- und Abtragungsprozessen in der zweigeteilten Saalekaltzeit. Gleichzeitig wurden durch Gletscheroszillationen der Stauchungszug mit Aufpressungen, Schuppen und Schollen geschaffen.

Summary

A stocktaking of the surface near underground and results of Pretertiary bore holes has led to the understanding of the setting-up of the Bad Freienwalde–Frankfurter push moraine ridge bordering the Odra flood plain in the west, southwest and south.

Like the Odra flood plain is an unique geomorphological phenomenon in the middle European lowland, so unusual large, intensely glacial disturbed and outstanding is the adjacent push ridge with the heights of Bad Freienwalde, Heinersdorf and Booßen.

The formation of the Odra flood plain depression is connected to the origin of the push ridge being an effect of the glacial oscillations with their deformations and erosive processes during the bipartite Saalian glacial. At the same time the push ridge was built by glacial oscillations causing upthrusts, wedges and blocks.

Danksagung

Der Autor dankt Frau Dipl.-Geophysn. A. Andreae für die technische Unterstützung sowie Herrn Dr. H. U. Thieke für die kritischen Hinweise und die Abfassung der englischen Textteile.

Literatur

- BEHRENDT, G. & C. GAGEL (1908): Geologische Karte von Preußen 1 : 25 000, Bl. 3250, Bad Freienwalde. - Kgl. Preuß. Geol. L. A., Berlin
- BEHRENDT, L. & E. HESSMANN (1983): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Bl. 1969, Wriezen. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- BROSE, F. (1998): Genese holozäner Flußauen, dargestellt am Beispiel des unteren Odertals. - Brandenburg. geowiss. Beitr. 5, 1, S. 7-13, Kleinmachnow
- BROSE, F. & A. PIOTROWSKI (2001): Paleographia basener Kostrzyn–Bad Freienwalde (Oderbruch). - VIII. Konferencja „Stratigraphia Pleistocener Polski“, S. 33-34. - PIG Wrocław
- CARLS, R. (2001): Untersuchungen zur Reliefgenese des westlichen Oderbruchrandes. - Exkursionsf. u. Veröfftl. GGW, 209, 26, Berlin
- HANNEMANN, M. (1966): Neue Ergebnisse zur Reliefgestaltung, Stratigraphie und glazigenen Dynamik des Pleistozäns in Ostbrandenburg. - Diss. Math-nat. Fak. d. HU Berlin, Berlin
- HANNEMANN, M. (2002): Stauchungsgebiete im östlichen Brandenburg. - In: REISSMANN & BÖSE: Exkursionsführer DEUQUA 2002, S. 8-18, Selbstverlag, Berlin/Potsdam

- HANNEMANN, M. (2003): Regionale Vorkommen und Lagerungsverhältnisse der quartären Einheiten. - In: SCHROEDER & BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 9: Oderbruch-Märkische Schweiz-östlicher Barnim - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., Selbstverlag, Berlin
- HANNEMANN, M. (2004): Der tiefere Untergrund im Raum des Oderbruchs und Schlussfolgerungen auf die Entstehung der Oderbruchdepression. - Tg.-Bd. u. Exk.führer, 71. Tagung der AG Norddeutscher Geologen, Frankfurt (Oder)
- HANNEMANN, M. & E. SCHLEGEL (1965): Untersuchungen zur stratigraphischen Einstufung von Geschiebemergeln aus Ostbrandenburg. - Ber. geol. Ges. DDR **10**, 6, S. 773-790, Berlin
- HANNEMANN, M. & A. SEIDEMANN (2000): Lagerungsverhältnisse im Raum Frankfurt (Oder). - In: SCHROEDER & BROSE (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg, Nr. 7: Frankfurt (Oder)-Eisenhüttenstadt. - Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V., Selbstverlag, Berlin
- HÖNEMANN, G., KÜSTERMANN, N. & W. MEYER (1995): Reflexionsseismische Kartierung von Tiefenlagen der Pleistozänbasis in Nordostdeutschland. - Z. Geol. Wiss. **23**, S. 261-275, Berlin
- JÄGER, K.-D. & S. GRIESA, (1980): Siedlungsverhältnisse im Oderbruch vom Neolithikum bis zur Slawenzeit. - Wiss. Beitr. Univ. Halle-Wittenberg, **15**, S. 85-94, Halle
- KEILHACK, K. (1898): Die Stillstandslagen des letzten Inlandeises und die hydrographische Entwicklung des pommerischen Küstengebietes. - Jb. Kgl. Preuß. Geol. L.A. **19**, S. 90-152, Berlin
- KORN, J. (1914): Über einen interglazialen Süßwasserkalk von Vevais bei Wriezen. - Jb. Preuß. Geol. L.A. **33**, S. 41-48, Berlin
- KRUEGER, I. & E. HESSMANN (1986): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Bl. 1970/1070, Gorgast/Frankfurt (Oder). - Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. - Brandenburg. geow. Beitr. **4**, 2, S. 1-20, Kleinmachnow
- KUPETZ, M. (2002): Grundbruchmoränen – eine neue Form von glazialtektonischen Großdeformationen. - Uniwersytet zielonogórski, Zeszyty naukowe 129, Nr. 37, Zielona Gora
- LEVKOV, E. A. (1980): Glacitektonika. - Nauka i technika, 279 S., Minsk
- LIEDTKE, H. (1996): Die eiszeitliche Gestaltung des Oderbruchs. - Heidelberger geogr. Arbeiten, **104**, S. 327-351, Heidelberg
- LIPPSTREU, L. & H. ZIERMANN (1977): Lithofazieskarte Quartär 1 : 50 000, Bl. 1869, Bad Freienwalde. - Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. - In: L. Benda (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. - S. 116-147, Berlin (Borntraeger)
- LOTSCH, D., MAI, D., KIESEL, Y. & E. LAZAR (1969): Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der DDR. - Abh. Zentr. Geol. Inst., H. 12, Berlin
- QUITZOW, H. W. (1953): Altersbeziehungen und Flözzusammenhänge in der jüngeren Braunkohleformation nördlich der Mittelgebirge. - Geol. Jb. Bd. **68**, 27-132, Berlin
- ROTNIKI, K. (1976): The theoretical basis for a model of the origin of glaciotectionic deformations. - Questiones Geographicae **3**, S. 103-139, Warszawa
- RUTHSATZ, H. & D. BACH (1979, 1980, 1981, 1982): 4 Teilberichte: Verbreitung, struktureller Bau und Tieflagen der Quartärbasis im Nordteil der DDR. - Archiv BGR, Berlin (unveröff.)
- WOLDSTEDT, P. (1935): Über die Geschichte des Küstriner Beckens und der Eberswalder Pforte. - Jb. Preuß. Geol. L.A. **56**, 274-291, Berlin
- ZIERMANN, H. (1963): Ergebnisbericht über Erkundungsbohrungen auf Quarzsand im Objekt Sucharbeiten Behlendorf. - VEB Geologische Erkundung Nord, AS Berlin (unveröff.)

Anschrift des Autors:
Dr. Martin Hannemann
Gernotstr. 4
10365 Berlin