

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

C 78

565

GEOLOGIE

GÜNTER VIETE

**Zur Entstehung der glazigenen Lagerungsstörungen
unter besonderer Berücksichtigung
der Flözdeformationen im mitteldeutschen Raum**

(mit Beilagenmappe)



AKADEMIE-VERLAG BERLIN

1960

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

C 78

GEOLOGIE

**Zur Entstehung der glazigenen Lagerungsstörungen
unter besonderer Berücksichtigung
der Flözdeformationen im mitteldeutschen Raum**

Von GÜNTER VIETE

A k a d e m i e - V e r l a g · B e r l i n

Freib. Forsch.-H.	C 78	S. 1—257	9 Bilder	30 Tafeln	18 Beilagen	5 Tabellen	Berlin, Mai 1960
-------------------	------	----------	----------	-----------	-------------	------------	------------------

Aus den Arbeiten des Geologischen Instituts
der Bergakademie Freiberg

Nr. 43

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften.
Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. habil. O. Oelsner. —
Chefredakteur: Dipl.-Ing. R. Wendler, Freiberg, Klubhaus der Bergakademie, A.-Bebel-Str. 5
(Ruf 2497). — Verlag: Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 1, Leipziger Str. 3-4 (Ruf 220441),
Postscheckkonto 350 21. — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in
den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Re-
daktion der Bergakademie oder dem Akademie-Verlag. — Preis dieses Heftes: 23,— DM.
Bestell-Nr. 2062/301/C 78. — Vertrieb: Für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Repu-
blik durch den Buchhandel; für das Gebiet Westdeutschlands durch den Buchhandel (Aus-
lieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstr. 4-6); für das gesamte
Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch-Export und -Import GmbH,
Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder den Verlag.

Gesamtherstellung: Druckwerkstätten Stollberg VOB, Stollberg (Erzgeb.), A.-Bebel-Str. 16 -
VOB UNION - III/6/50 1 560 (1135). — Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 202 100/663 60 des
Ministeriums für Kultur, HV Verlagswesen, der Deutschen Demokratischen Republik. —

Printed in Germany. — Alle Rechte vorbehalten. — ES 18 F 2.

Karten: Mdi der DDR Nr. 5123.

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

C 78

INHALT

Vorwort	7
1 Die Entwicklung unserer Kenntnisse über die Lagerungsstörungen im Tertiär und Quartär des nördlichen Mitteleuropas	10
2 Charakterisierung und allgemeine Betrachtungen über die wich- tigsten glazigenen Lagerungsstörungen	17
2.1 Störung der Lagerungsverhältnisse von Einzelschichten und Schichtverbänden	17
2.2 Allocthone glazigene Gesteinsschollen	24
2.3 Morphologisch hervortretende Lagerungsstörungen	27
2.4 „Rezente“ glazigene Störungsformen	31
2.5 Vergleichende Betrachtungen von glazigenen, endogen-tekto- nischen und anderen Lagerungsstörungen	34
3 Analyse des Störungsvorganges	43
3.1 Allgemeine Bemerkungen	43
3.2 Größe und Wirkungen des statischen Druckes von Inlandeis- massen	48
3.3 Ursachen der dynamischen Druckwirkungen des Gletscher- und Inlandeises	62
3.4 Die Bedeutung der bodenmechanischen Verhältnisse des Unter- grundes für die Genese der eisbedingten Lagerungsstörungen	88
3.5 Die Möglichkeiten und Wirkungen einer Behinderung der Eis- bewegung	114
4 Regionale Betrachtungen	130
4.1 Allgemeines	130
4.2 Die Hochfläche von Gräfenhainichen—Schmiedeberg	131
4.3 Der Raum Bitterfeld—Torgau—Belgern—Leipzig	148
4.4 Das präwartheglaziale Gebiet der westlichen Lausitz	153
5 Zusammenfassung	185
Literatur	188
Tafeln 1 bis 30	197
18 Beilagen	

Vorwort

Die in den pleistozänen Vereisungsgebieten Nord- und Mitteldeutschlands verbreitet auftretenden, durch die Druck- und Schubwirkungen der pleistozänen Inlandeismassen verursachten glazigenen Lagerungsstörungen quartärer, tertiärer und kretazischer Sedimente gehören zu den interessantesten geologischen Erscheinungen dieses Raumes. In der Literatur finden sich zahlreiche Beschreibungen derartiger Deformationen, aber nur relativ wenige Hinweise auf die allgemeine Art des Störungsvorganges.

Anlässlich der vor einigen Jahren vom Institut für Brennstoffgeologie der Bergakademie durchgeführten Untersuchungen über die glazigenen Lagerungsstörungen der Braunkohle im Gebiet des Tagebaues Pöplitz (Golpa IV) südwestlich von Gräfenhainichen hatte der Verfasser die Aufgabe übernommen, den Störungsvorgang und seine Ursachen darzustellen. Im Verlauf der Arbeiten zeigte sich, daß es wenig sinnvoll ist, die Störungsformen eines einzelnen Gebietes zu analysieren, ohne zuvor eine Diskussion über alle an dem Störungsvorgang beteiligten Kräfte und Faktoren durchgeführt zu haben. Eine Erörterung dieser Faktoren und ihrer verschiedenartigen Einflüsse auf den Störungsvorgang ist jedoch nicht an einem Einzelobjekt möglich, sondern erfordert eine eingehende allgemeine Behandlung aller bisher beobachteten glazigenen Störungsformen und -komplexe. Leider fehlt bisher in der Literatur sowohl eine derartige allgemeine Analyse als auch eine zusammenfassende Darstellung der in Nord- und Mitteldeutschland vorkommenden glazigenen Lagerungsstörungen.

Es erschien daher lohnend, diese Lücke wenigstens teilweise auszufüllen und eine grundlegende Bearbeitung der Druck- und Schubwirkungen des pleistozänen Inlandeises auf den damaligen Untergrund in Nord- und Mitteldeutschland zu versuchen. Die Fülle des zu diesem Fragenkomplex vorliegenden Beobachtungsmaterials und die Vielzahl der im gesamten Untersuchungsgebiet vorhandenen, teilweise leider nur sehr mangelhaft aufgeschlossenen oder nur durch Bohrungen erschlossenen Vorkommen größerer und kleinerer Lagerungsstörungen zwangen jedoch sehr bald dazu, die ursprünglich vorgesehene Gesamtanalyse entweder regional oder in Hinblick auf die von den Deformationen betroffenen geologischen Formationen einzuschränken. Da die glazigenen Lagerungsstörungen für den Braunkohlenbergbau Mitteldeutschlands oftmals von großer praktischer Bedeutung sind und gelegentlich erhebliche betriebstechnische Schwierigkeiten verursachen, andererseits aber in den großen Braunkohlentagebauen oftmals gut aufgeschlossen sind, entschloß sich der Verfasser, die regionalen Betrachtungen vorwiegend auf die glazigenen Deformationen der tertiären Sedimente in Mitteldeutschland zu beschränken. Eine regionale Untersuchung und Darstellung der Störungen im Pleistozän Norddeutschlands entsprechend den

Forderungen K. v. BÜLOWs (1955) dürfte erst dann zweckmäßig sein, wenn eine gründliche, moderne Kartierung des mecklenburgisch-brandenburgischen Raumes vorliegt.

Die genannten Einschränkungen beziehen sich nur auf die vorgesehene regionale Darstellung. Bei der Besprechung der Störungsformen und zur Erörterung der Genese der Deformationen müssen selbstverständlich auch die in Norddeutschland und in den pleistozänen Ablagerungen vorkommenden Lagerungsstörungen berücksichtigt werden. Trotzdem ist eine vollständige Analyse und Erklärung der Störungsvorgänge z. Z. leider noch nicht möglich, da uns in vielen Fällen Beobachtungen und wesentliche Erkenntnisse über die beteiligten Faktoren, wie z. B. über die Bewegungsvorgänge in und von Inlandeismassen, die Tiefenreichweite des Eisschubes in den Untergrund, das Relief des jeweiligen Eisvorlandes usw. fehlen. Meist können daher nur allgemeine Betrachtungen und Abschätzungen über diese Faktoren und ihre unterschiedliche Wirksamkeit durchgeführt werden.

Wegen aller dieser Schwierigkeiten konnte bei der gesamten Untersuchung im allgemeinen nur deduktiv vorgegangen werden. Grundsätzlich wäre selbstverständlich auch der induktive Weg möglich gewesen, aber dazu müßte man die geologische Situation jedes einzelnen Störungskomplexes einwandfrei deuten bzw. die jeweils zur Zeit des Störungsvorganges herrschenden geologischen, morphologischen und sonstigen Umweltverhältnisse hinreichend genau rekonstruieren können (vor allem die damalige Schichtenfolge, den petrographischen Charakter der Schichten und ihre Mächtigkeiten, das Relief, die Tiefe der Bodengefornis, die Eismächtigkeit usw.). Das ist aber erfahrungsgemäß nur in sehr seltenen Fällen möglich.

Unter Berücksichtigung aller dieser Feststellungen und Erwägungen mußte der ursprüngliche Plan einer allgemeinen Bearbeitung der glazigenen Lagerungsstörungen nach eingehenden Diskussionen mit Herrn Prof. Dr. HUNGER etwas abgeändert und der Arbeit folgende Zielsetzung gegeben werden:

1. Darstellung und Erläuterung der im Bereich glazigener Lagerungsstörungen zu beobachtenden Einzelformen.
2. Diskussion aller bei der Bildung der Deformationen, d. h. beim Störungsvorgang, mitwirkenden Kräfte und beteiligten Faktoren, soweit das — unseren wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechend — möglich ist.
3. Erläuterung einiger besonders interessanter und bedeutsamer Gebiete glazigener Flözdeformationen in Mitteldeutschland.

Es sei gestattet, an dieser Stelle allen denen meinen aufrichtigen Dank auszusprechen, die meine Arbeit gefördert und unterstützt haben. An erster Stelle gebührt dieser Dank meinem lieben Freunde, Herrn Prof. Dr. R. HUNGER, der mich zu diesen Untersuchungen anregte, sich stets lebhaft für den gesamten Problemkreis interessierte, jedoch die Fertigstellung der Arbeit nicht erleben durfte, sowie Herrn Prof. Dr. A. WATZNAUER, der mir manchen wertvollen Rat gab und mir die Fertigstellung der Arbeit ermöglichte. Weiterhin gilt mein Dank den Betriebsleitungen und Markscheidereien zahlreicher Braunkohlenwerke der

Deutschen Demokratischen Republik, welche durch verständnisvolles Entgegenkommen und Auskünfte die Untersuchungen wesentlich unterstützt haben. Für zahlreiche Anregungen und Diskussionen sei schließlich den Herren Professoren Dr. K. v. BÜLOW und K. PIETZSCH sowie meinen Kollegen vom Institut für Brennstoffgeologie und vom Geologischen Institut der Bergakademie, den Herren Dr. O. WAGENBRETH, Dr. A. SEICHTER, Dipl.-Geol. G. HERBST, Dipl.-Geol. H. ULLRICH und Herrn Dr. A. LUDWIG (Rostock) bestens gedankt.

1 Die Entwicklung unserer Kenntnisse über die Lagerungsstörungen im Tertiär und Quartär des nördlichen Mitteleuropas

Bereits im vorigen Jahrhundert waren, anfangs nur durch den Bergbau und später auch bei geologischen Aufnahmearbeiten, an zahlreichen Orten Nord- und Mitteldeutschlands Lagerungsstörungen des „Diluviums“ und Tertiärs sowie z. T. auch der Kreide erkannt und u. a. von G. BERENDT, G. BEHRENS, V. D. BORNE, B. V. COTTA, H. CREDNER, E. GEINITZ, GIEBELHAUSEN, A. HELLAND, A. JENTZSCH, F. JOHNSTRUP, K. A. LOSSEN, A. PENCK, PLETTNER und F. WAHNSCHAFTE beschrieben und erläutert worden.¹ Hinsichtlich der Deutung dieser Störungen standen sich damals im wesentlichen eine tektogene und eine glazigene Theorie gegenüber. Die Mehrzahl der obengenannten Autoren schlossen sich der in Schweden, Dänemark, England, Schottland, Nordamerika und vor allem im Alpengebiet für die dort vorhandenen ähnlichen Erscheinungen vertretenen Auffassung an, daß es sich um Druck- und Stauchungswirkungen der „diluvialen“ Gletschermassen oder — entsprechend den Vorstellungen der Drifttheorie — um Stauchungen des Untergrundes durch strandende Eisberge handele. Dagegen sprachen sich z. B. B. V. COTTA, A. JENTZSCH, K. A. LOSSEN und PLETTNER für eine Entstehung der Lagerungsstörungen durch echte (endogene) tektonische Vorgänge aus.

Es ist ohne weiteres verständlich, daß bis um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die durch den Bergbau auf Braunkohle und Alauntone in den pleistozänen und tertiären Sedimenten Norddeutschlands festgestellten Lagerungsstörungen überwiegend durch endogen-tektonische Vorgänge gedeutet wurden. Eine anschauliche Darstellung des damaligen Wissensstandes gibt PLETTNER (1852), welcher im Anschluß an die 1828 erschienene allgemeine Beschreibung der „Mineralogischen und geognostischen Kenntnisse der Mark Brandenburg“ von K. F. KLÖDEN die Vorkommen der Braunkohlenformation der Mark auf Grund der damals vorhandenen Aufschlüsse erläutert. Zu den Lagerungsverhältnissen schreibt er u. a.:

„Nirgend in der Mark Brandenburg ist die Braunkohlenformation in ungestörter horizontaler Lagerung angetroffen worden, überall sind die Schichten so stark gegen den Horizont geneigt, daß sie ursprünglich nicht können in ihrer gegenwärtigen Stellung gebildet worden sein.“ (S. 7)

Zur Erklärung dieser gestörten Lagerung weist PLETTNER besonders auf den „auffallenden Parallelismus im Streichen der Flöze an den verschiedensten Orten unter sich und mit der Ausdehnung der im Süden zunächst benachbarten Gebirgsmassen“ (S. 479) hin und folgert daraus:

„Bewegungen im unterliegenden festen Gestein pflanzten sich bis in die Schichten der Braunkohlenformation fort und blieben auch nicht ohne Einfluß

¹ Es sei erwähnt, daß sich unter den in diesen älteren Arbeiten behandelten und z. T. abgebildeten Störungen sowohl glazigene als auch congeliturbate Strukturen befinden (z. B. bei H. CREDNER, 1880, und F. WAHNSCHAFTE, 1882). Da zu dieser Zeit die letztgenannten Formen, wie Frostkeile, Taschenböden und Brodelstrukturen, noch nicht als Frostbodenerscheinungen erkannt waren, mußten sie zwangsläufig zu den Stauchungswirkungen des Eises gerechnet werden (vgl. 2.5).

auf die Gestaltung der Terrainverhältnisse, welche noch heutigen Tages die Tagesoberfläche beherrschen ...“ (S. 479)

Diese Feststellungen stimmen mit der schon damals mehrfach geäußerten Vorstellung überein, daß die Streichrichtungen von zahlreichen Höhenzügen und Tälern des Norddeutschen Flachlandes untereinander und mit denen der südlich angrenzenden Mittelgebirge weitgehend parallel verlaufen und die einstmaligen Bewegungen des Untergrundes bzw. dessen tektonischen Bau widerspiegeln.² In späterer Zeit hat GIEBELHAUSEN (1871) in einer zusammenfassenden Darstellung der Lagerungsverhältnisse der Braunkohlenbildungen in der Provinz Brandenburg ebenfalls die tektogene Theorie — allerdings sehr vorsichtig und ohne eingehendere Analyse — vertreten. Recht interessant ist auch die von K. A. LOSSEN (1879) durchgeführte Diskussion der für die Lagerungsstörungen verantwortlichen Vorgänge. Gegen die Entstehung der Deformationen durch die von oben wirkenden Schubkräfte und Belastungsdrucke (Gletscherschub, Auflaufen von Eisbergen, Aufpressung infolge einseitiger Belastung) bringt K. A. LOSSEN neben anderen Einwänden vor, daß die beobachtete große Tiefenreichweite der Störungen nicht mit derartigen exogenen Einwirkungen in Einklang zu bringen wäre und außerdem die häufig streng parallelen Streichrichtungen der Flözsättel und -mulden, bei denen übrigens bereits das erzgebirgische, herzynische und rheinische „Aufrichtungssystem“ unterschieden wurde, exogen nicht erklärt werden könnten. Die Lagerungsstörungen müßten somit durch Bewegungen der Unterlage, welche sich in die Deckschichten fortpflanzten, entstanden sein:

„... es formt sich die Lagerung der jüngeren Formation nach dem von ihnen verhüllten Kern und dessen inneren Schichtenbau ...“ (K. A. LOSSEN, 1879, S. 879)

Gegenüber dieser tektogenen Auffassung konnte sich die glazigene Theorie erst durchsetzen, als nach Aufstellung und Festigung der Inlandeistheorie durch die sich vorwärts schiebenden mächtigen Eismassen Schub- und Druckkräfte gegeben waren, welche auch für tiefreichende Lagerungsstörungen verantwortlich gemacht werden konnten. Sehr wesentlich für die Anerkennung derartiger glazigener Druckwirkungen waren die Beobachtungen A. PENCKs (1879 a) von aus fluvioglazialen Schottern zusammengesetzten und durch vorstoßendes Gletschereis gebildeten Stauchmoränen am Rande des Aabrekke-Gletschers und des Buerbrä in Norwegen. Unter Hinweis auf diese Feststellungen forderte H. CREDNER (1880), der die erste zusammenfassende Darstellung der damals bekannten Schichtstörungen im „Diluvium“ und Tertiär Sachsens gab, als einzige Vorbedingung für das Zustandekommen derartiger glazigener Druckäußerungen neben einer entsprechenden Eismächtigkeit das Vorhandensein eines unregelmäßig gestalteten bzw. leicht gegen die Eisbewegung ansteigenden Untergrundes. Wenig später beschäftigte sich F. WAHNSCHAFTE (1882) mit der Genese dieser Lagerungsstörungen und kam zu folgenden Hauptergebnissen:

1. Die Schichtstörungen sind als Aufpressungen des Untergrundes infolge des einseitigen Belastungsdruckes vor dem Inlandeisrand sowie durch dessen Bewegungen zu deuten.

2 Zum Beispiel bei L. v. BUCH und G. H. O. VOLGER.

2. Das stets zu beobachtende Abklingen der Störungsintensität mit zunehmender Tiefe ist mit der Annahme endogen-tektonischer Vorgänge nicht vereinbar.

Mit diesen Feststellungen haben H. CREDNER und F. WAHNSCHAFTE die grundlegenden Hinweise zur Deutung des glazigenen Stauchungsmechanismus gegeben, die später von zahlreichen Autoren (gelegentlich auch leider ohne Zitat der Urheber) wiederholt worden sind und auch heute noch grundsätzlich anerkannt werden müssen.

Gleichzeitig mit der Anerkennung der glazigenen Theorie der Lagerungsstörungen begannen die z. T. recht heftigen Diskussionen um die Genesis der Endmoränen. A. PENCK (1879 b) unterschied entsprechend seinen Beobachtungen in Norwegen zwischen den aus dem Gletscherschutt der Oberflächenmoräne bestehenden Endmoränen und den aus Untergrund- bzw. Vorlandmaterial aufgebauten Stauwällen. Für den letztgenannten Typ schlug G. BERENDT (1881) den Namen Staumoränen vor und rechnete zu diesen auch die als Durchragungszonen³ bezeichneten Endmoränenzüge Norddeutschlands. Von diesen Durchragungen unterschied man die sog. Geschiebestreifen, d. h. geschiebereiche Moränaufschüttungen. Im Verlaufe der geologischen Aufnahmearbeiten in Norddeutschland wies E. GEINITZ darauf hin, daß Geschiebestreifen und Durchragungen häufig mit den „Faltungszonen des Flözgebirges“ zusammenfallen, und vermutete, daß die großen Endmoränen des norddeutschen Flachlandes ausschließlich Aufschüttungsmoränen (Geschiebestreifen) auf den herzynisch streichenden Falten des Untergrundes seien. Demgegenüber zeigte H. SCHRÖDER (1888) in einer sehr sorgfältigen Analyse mehrerer Durchragungszüge in der Uckermark, daß, gemäß den von F. WAHNSCHAFTE (1882) gegebenen Vorstellungen, sowohl die Durchragungen als auch die Endmoränen und wahrscheinlich auch die sog. „Falten“ das Ergebnis von Aufpressungen vor dem Eisrand während eines Gletscherstillstandes bzw. -rückganges, d. h. Staumoränen im Sinne von G. BERENDT, wären. Aufschüttungsvorgänge sollten demgegenüber an der Bildung der großen Endmoränenzüge nur untergeordnet beteiligt gewesen sein. Damit war ein Zusammenhang zwischen der Genesis der Untergrundstörungen und der Bildung der morphologisch hervortretenden Endmoränen gefunden worden, der auch heute noch grundsätzlich zu vertreten ist — allerdings unter Betonung der Bedeutung der Eisvorstöße für die Entstehung der Stauchungen (vgl. 2.31).

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts herrschte über die glazigene Natur der meist nur eng begrenzten und oberflächennahen Kleinstörungen im „Diluvium“ und Tertiär allgemein weitgehende Übereinstimmung.⁴ Nun wurden aber im Verlaufe der geologischen Kartierungsarbeiten und vor allem bei der raschen Entwicklung des Braunkohlenbergbaues im mittel- und norddeutschen Raum zahl-

³ Durchragungszonen: Gebiete, in denen die Ablagerungen des „unteren Diluviums“ infolge glazigener Druckwirkungen die Bildungen des „jüngeren Diluviums“ durchdrungen haben und jetzt neben diesen an der Erdoberfläche liegen.

⁴ Von den wenigen abweichenden Anschauungen sei nur die von F. ETZOLD (1912) erwähnt, der die glazigene Natur der von ihm beschriebenen und abgebildeten „klassischen“ Stauchungen in der Braunkohle von Borna-Gnandorf ablehnte, ohne jedoch eine bessere Erklärung für diese Formen geben zu können.

reiche Gebiete mit großräumigen Lagerungsstörungen der pleistozänen und tertiären Sedimente genauer untersucht und z. T. neu festgestellt, bei denen sich die Deformationen in der Horizontalen über mehrere Quadratkilometer und in der Vertikalen bis zu Teufen von über 150 m erstreckten. Die Mehrzahl der Bearbeiter dieser Störungsgebiete schloß sich der glazigenen Deutung an, z. B. E. MEYER (1909) für das Gebiet um Straach am Südrand des Fläming, Th. SCHMIERER (1910) für den Raum um Leitzkau (allerdings unter der Annahme, daß die dort vorhandenen Septarientonfalten durch das zurückweichende Eis aufgepreßt worden seien), P. RUSSWURM (1909) für die Flözstauchungen bei Drebkau, K. PRIEMEL (1907) u. a. für die Flözstörungen im Gebiet Muskau–Weißwasser und G. SCHULZ (1929) für die großen Falten und Schuppen im Raum ostwärts der Oder zwischen Drossen (Ošno Lubuskie) und Schwiebus (Swiebodzin). Es ist nicht verwunderlich, daß vor allem in Hinblick auf die sich an einzelnen Stellen bis unter 0 m NN erstreckende Tiefe dieser Störungen auch gelegentlich eine maßgebliche Beteiligung tektonischer Vorgänge gefordert wurde. So hat O. v. LINSTOW in den Erläuterungen zu Blatt Drossen (1905) die gleichmäßige, damals bis 50 m Teufe festgestellte Faltung der dortigen miozänen Braunkohlenflöze als Ergebnis tektonischer Dislokationen angesehen. Erst später wurde die glazigene Natur dieser Falten durch tiefere Bohrungen usw. erkannt. K. KEILHACK (1907, 1927) vertrat lange Zeit die Auffassung, daß zwar die im Lausitzer Grenzwall im Bereich von Endmoränen auftretenden Großstörungen, wie z. B. bei Drebkau und Muskau, glazigene Stauchungswirkungen wären, jedoch für die Entstehung der Großfalten von Guben (K. KEILHACK, 1920 a) und der Faltenzüge am Südrand des Fläming, im Gebiet Freienwalde–Frankfurt/Oder–Finkenheerd sowie ostwärts der Oder jungpleistozäne tektonische Bewegungen angenommen werden müßten. Als extremster Vertreter der tektonischen Auffassung ist E. ZACHE (z. B. 1909) anzusehen, der sowohl die morphologischen Großformen Norddeutschlands als auch sämtliche Lagerungsstörungen durch tektonische Bewegungen erklären möchte. Ähnliche Gedankengänge hat mehrfach auch F. SOLGER (z. B. 1935 a, b) geäußert und noch zu dieser Zeit für die Entstehung des Muskauer Faltenbogens tektonische Vorgänge verantwortlich machen wollen. Die Beweisführung reichte jedoch weder bei E. ZACHE noch bei F. SOLGER zur Anerkennung ihrer Schlußfolgerungen aus.

Im Zusammenhang mit den durch den Bergbau und bei geologischen Aufnahmearbeiten bekannt gewordenen großräumigen Deformationen sind auch die natürlichen Aufschlüsse von größeren Lagerungsstörungen im Küstenbereich der Ostsee zu erwähnen. Die in den pleistozänen Ablagerungen an der Steilküste der Stoltera, am Klützer Ort und auf dem Fischland zu beobachtenden Deformationen sind schon von E. GEINITZ (1907) als glazigene Stauchungen angesprochen worden. Dagegen standen sich im Hinblick auf die Entstehung der „klassischen“ Störungen zwischen der obersenen Schreiekreide und den pleistozänen Sedimenten von Jasmund auf Rügen die tektonische Auffassung — u. a. durch v. KOENEN, H. CREDNER, F. WAHNSCHAFTE, K. KEILHACK und besonders O. JAEKEL (1917) vertreten — und die glazigene Deutung von F. JOHNSTRUP,

G. BERENDT, E. PHILIPPI (1906) u. a. unversöhnlich gegenüber. Nach den in neuerer Zeit durchgeführten Arbeiten von K. GRIPP (1947 a, 1949, 1955), R. BRINKMANN (1953), K. v. BÜLOW (1955) und A. LUDWIG (1955) ist jedoch an der glazigenen Natur dieser Deformationen nicht mehr zu zweifeln.⁵

Wesentlichen Anteil an der allgemeinen Anerkennung der glazigenen Deutung der Großstörungen hatten die hervorragenden glaziologischen und glazial-geologischen Untersuchungen von K. GRIPP (1927, 1929) und E. M. TODTMANN (1932 a) in den Randgebieten der Gletscher Spitzbergens. Es konnten hier vor verschiedenen Gletschern rezente bzw. subrezente Stauchungen des Untergrundes festgestellt werden, die erheblich ausgedehnter und mächtiger als die von A. PENCK in Norwegen beobachteten waren. Die genannten Vff. wiesen u. a. nach, daß die von vorstoßenden Gletschern in Gebieten mit Lockerablagerungen gebildeten Endmoränen nahezu immer vom Typ der Stauchmoränen sind, in denen der meist gefrorene Untergrund des als Widerlager wirkenden Eisvorlandes in mehr oder weniger parallelen Wällen mit Faltung und Fältelung der beteiligten Schichten zusammengeschoben oder schuppenförmig übereinander gestapelt worden ist. Aufschüttungsmoränen sind hier von untergeordneter Bedeutung und bilden meist nur sehr geringmächtige, morphologisch wenig hervortretende Wälle. Die von den genannten Autoren in den Stauchmoränen beobachteten Lagerungsstörungen waren genau von der gleichen Art, wie die in den pleistozänen und tertiären Ablagerungen Nord- und Mitteldeutschlands auftretenden (vgl. 2.4). Durch diese, in späterer Zeit auch aus Island und Grönland wiederholt bestätigten Feststellungen war aktuogeologisch der Nachweis erbracht worden, daß Stauchungs- und Aufstapelungsvorgängen in den Eisrandgebieten eine hervorragende geologische und morphologische Bedeutung zukommt. Die GRIPPSchen Beobachtungen wurden daher in der Folgezeit von zahlreichen Autoren mit Recht als rezente Vergleichsobjekte zur Deutung der pleistozänen Erscheinungen in Norddeutschland herangezogen. Es sei dabei nur auf das bekannte Bild der Stauchmoränenwälle des Ushergletschers in Spitzbergen als verkleinertes Analogon des Muskauer Faltenbogens hingewiesen (Tafel 30/5).

Gleichzeitig mit den durch regionale Untersuchungen ständig anwachsenden Erkenntnissen über Formen und Verbreitung der Lagerungsstörungen im Pleistozän und Tertiär Mittel- und Norddeutschlands sowie mit der zunehmenden Festigung der Auffassung über die glazigene Entstehung der Deformationen wurde auch in stärkerem Umfange versucht, den Mechanismus dieser Deformationen und die für ihre Genese notwendigen äußeren Bedingungen zu klären. So ist z. B. schon frühzeitig auf das teilweise plastische Verhalten einzelner Schichten beim Stauchungsvorgang, die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Abscherungshorizonten im Untergrund und auf die Bedeutung der eiszeitlichen Bodengefrorenis hingewiesen worden (B. DAMMER 1927, W. WOLFF 1927 u. a.). — Der englische Geologe G. SLATER (1926, 1927, 1930 u. a.) versuchte z. B. die Lagerungsstörungen auf Rügen, am Lönstrup Klint und viele andere als ingla-

⁵ Die Lagerungsstörungen auf Rügen werden in der vorliegenden Arbeit nicht näher erörtert, sondern nur allgemein zu Vergleichszwecken herangezogen. Für Einzelfragen sei auf die sorgfältige Spezialuntersuchung von A. LUDWIG (1955) hingewiesen.

ziale, die Bewegungsvorgänge der in den unteren Teilen des Inlandeises eingefrorenen Grundmoräne widerspiegelnde Bildungen zu deuten. Obwohl diese Auffassung in Hinblick auf die Großstörungen allgemein als verfehlt angesehen werden muß, ist der Bewegungsmechanismus des Eises für die Entstehung gewisser Kleinstörungen zweifellos von Bedeutung. Die strukturellen Untersuchungen von K. RICHTER (1929 a, 1930) an Geschiebemergeln und die durch K. v. BÜLOW wiederholt hervorgehobenen schuppenförmigen Lagerungsverhältnisse, besonders innerhalb von Endmoränen, haben die Mitwirkung der Bewegungsvorgänge des Eises bei der Genese dieser Deformationen bestätigt. — Die bisher beste allgemeine Analyse des Stauchungs- bzw. Störungsvorganges hat O. ROETHE (1932) gegeben. In dieser noch des öfteren zu erwähnenden Arbeit wurden sowohl die Vorbedingungen für die Entstehung der Störungen und die Bedeutung der Eisbewegung als auch das unterschiedliche Verhalten der Lockergesteine unter den Einwirkungen des Eisdruckes und der Schubkräfte kurz behandelt. Während O. ROETHE das Vorhandensein einer tiefgründigen Gefornis für entbehrlich hält, befürwortet er nachdrücklich die Mitwirkung von Massenwanderungen in den unter der Eislast mehr oder weniger plastischen Schichten des Untergrundes. Der letztgenannten Anschauung hat sich u. a. auch F. BERGER (1937) in seiner umfassenden Bearbeitung der Stauchmoränen Schlesiens angeschlossen, und man wird heute nicht fehlgehen, den Plastizitätsverhältnissen eine wesentliche Bedeutung bei den Stauch- und Störungsvorgängen beizumessen.

Bei diesen Diskussionen über die Ursachen der Lagerungsstörungen tauchte schon frühzeitig eine Frage auf, die sich schnell zu einem Kernpunkt des gesamten Problems entwickelte: Ist für das Zustandekommen der Störungen das Vorhandensein eines stauenden, die Eisbewegung hemmenden Hindernisses erforderlich? Die bereits von H. CREDNER erhobene Forderung nach einem derartigen Hindernis wurde erneut u. a. von K. PRIEMEL (1907) zur Deutung des Muskauer Faltenbogens, G. SCHULZ (1929) im Zusammenhang mit den Faltenzügen in der Braunkohle ostwärts der Oder und W. CZAJKA (1931) zur Erklärung der Stauchungserscheinungen im Bereich des Schlesischen Landrückens vorgebracht. Die Bildung der Hindernisse im Untergrund sollte vor allem durch tektonische Krustenbewegungen in der letzten bzw. vorletzten Interglazialzeit erfolgt sein. In neuerer Zeit hat besonders K. v. BÜLOW (u. a. 1955) auf die Möglichkeit eines Zusammenhanges zwischen den in Norddeutschland häufig zu beobachtenden Schuppenstrukturen und jungen tektonischen Bewegungen des Untergrundes hingewiesen. Gegen diese Gedankengänge wurde mehrfach (u. a. von W. FRIES 1933, F. ILLNER jun. 1933) hervorgehoben, daß nach den Gletscherstudien K. GRIPPS kein besonderes Hindernis zur Auslösung des Stauchungsmechanismus vorhanden zu sein braucht. Das tiefgründig gefrorene Gletschervorland, Aufschüttungsmoränen oder statische Aufpressungen vor dem Eisrand sollen nach diesen Autoren eine so starke Behinderung der weiteren Gletscherbewegung verursachen, daß keine zusätzlichen tektonischen Hindernisse zur Entstehung von Lagerungsstörungen im Untergrund erforderlich sind. Andererseits läßt sich durch Laboratoriumsversuche und auch schon durch einfache Über-

legungen leicht zeigen, daß durch Hindernisse im Untergrund durchaus Stauchungen ausgelöst werden können. An mehreren Stellen Nord- und Mitteldeutschlands konnte auch in neuerer Zeit ein derartiger Zusammenhang zwischen Lagerungsstörungen und Aufragungen fester Gesteine aus dem Untergrund nachgewiesen werden. — Wegen der großen Bedeutung, die dieses Problem der Hinderniswirkungen vor allem in Hinblick auf evtl. pleistozäne Krustenbewegungen hat, ist darauf später noch näher einzugehen.

In den letzten 20 Jahren konzentrierten sich die Untersuchungen auf dem Gebiet der glazigenen Lagerungsstörungen im wesentlichen auf drei Fragenkomplexe:

1. Genesis der vorwiegend jungpleistozänen, morphologisch hervortretenden Stauchendmoränen Norddeutschlands; K. v. BÜLOW (1939 b, 1955), W. CARLÉ (1938), K. GRIPP (1938, 1941, 1942, 1955), G. SEIFERT (1954) u. a.
2. Entstehung der Lagerungsstörungen auf Jasmund (Rügen) — vgl. die auf Seite 14/15 genannten Autoren und Arbeiten.
3. Bearbeitung der Flözdeformationen in Einzelgebieten, z. B. in der Endmoräne von Plessa bei Elsterwerda (F. ISSEL 1951), bei Berzdorf a. d. Eigen (E. GROBA 1953), in Profen bei Zeitz (O. WAGENBRETH 1955) und im Grubenfeld Golpa (R. HUNGER — A. SEICHTER 1955).

Überblickt man abschließend die zu dem Gesamtproblem vorliegende Literatur, so ergibt sich, daß vor allem ein umfangreiches, sehr wertvolles Beobachtungsmaterial vorhanden ist. Eine allgemeine zusammenfassende Auswertung desselben ist in neuer Zeit nur für die jungpleistozänen Stauchendmoränen (K. GRIPP, K. v. BÜLOW) erfolgt. Die genannte Bearbeitung der Flözdeformationen durch O. ROETHE ist regional zu engspannig, berücksichtigt nicht alle bei dem Störungsvorgang mitwirkenden Faktoren und muß, entsprechend dem Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnisse, erweitert und ausgebaut werden.