

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 47 – 57	4 Abb., 41 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-----------------

## Neogeodynamica Baltica – ein internationales Kartenprojekt (IGCP-Projekt Nr. 346).

### Deutsche Beiträge zur Charakterisierung der vertikalen Bewegungen seit Beginn des Rupelian (Unteroligozän) bzw. seit Ende der Holstein-Zeit

ALFRED O. LUDWIG & GÜNTHER SCHWAB



IGCP Projekt No. 346  
Neogeodynamica Baltica

#### 1. Einleitung

Die Entstehung der heutigen Ostsee-Senke ist in vielen Punkten noch ungeklärt. Hierzu gehört die Trennung der endogenen von den exogenen Effekten. Auf Anregung von R. G. GAREZKIJ und E. A. LEVKOV, Minsk, haben Geologen der Anrainerstaaten ein Kartenprojekt ausgearbeitet, das als Grundlage für die Interpretation der jüngeren geologischen Entwicklung der Ostsee-Depression und ihres Rahmens geeignet ist. Ziel des Projektes ist die Ableitung eines überregionalen tektonischen Modells.

Das Projekt umfaßt die Herstellung folgender Karten für die nördlichen Teile von Mittel- und Osteuropa (Abb. 1):

– Maßstab 1 : 1 500 000 (Hauptkarten)

Karte der vertikalen Bewegungen seit Beginn des Rupelian (Unteroligozän)

Karte der Tiefenlage der Oberfläche der Holstein-Interglazialsedimente

Karte der Quartärbasis

– Maßstab 1 : 3 000 000 (Zusatzkarten)

Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen

Karte des rezenten Spannungsfeldes

Karte der Erdbeben-Epizentren

Karte der Moho-Tiefe

Karte des Wärmeflusses

An ihrer Ausarbeitung sind Wissenschaftler aus Belarus, Dänemark, Deutschland, Lettland, Litauen, Polen, Rußland und der Ukraine beteiligt. In den beiden nachfolgenden Beiträgen dieses Heftes werden die Karten zum rezenten Streßfeld und zur Seismizität (GRÜNTHAL & STROHMEYER) sowie zu den rezenten vertikalen Krustenbewegungen (FRISCHBUTTER & SCHWAB) vorgestellt. Dieser Beitrag informiert am Beispiel des deutschen Gebietsanteils über den Inhalt der Karten der vertikalen Bewegungen seit dem Beginn des Rupelian bzw. seit dem Ende der Holstein-Zeit. Teilaspekte der Arbeiten am Projekt für andere Gebiete haben KARABANOV, GAREZKIJ, LEVKOV, AIZBERG für Belarus, ŠLIAUPA, STRAUME u. a. für die baltischen Staaten und OSTAFICZUK, PIWOCKI für Polen, PALIENKO für die Ukraine und SIM für den Osteuropäischen Anteil veröffentlicht (s. OSTAFICZUK 1995 a).

#### 2. Zur tektonischen Situation des Kartengebietes

Das Kartengebiet des Projektes umfaßt großtektonische Einheiten unterschiedlicher Entwicklung und damit unterschiedlichen geologischen Baus: Teile Fennoskandias und der Osteuropäischen Tafel, des kaledonisch-variszischen Faltungsgebietes Mitteleuropas und seines Vorlandes sowie Teile des Karpatenorogens.

Damit sind einbezogen Gebiete permanenter Hebung, die im Phanerozoikum nur vorübergehend in Randteilen überflutet waren (Fennoskandia), Gebiete vorwiegender Senkung, die nur vorübergehend trocken gelegen haben (Osteuropäische Tafel) und Gebiete differenzierter Bewegungen mit wechselndem Bewegungssinn (Mitteleuropäische Senke). Mit Ausnahme des Karpatenorogens überdeckt die Ostsee-Senke Teile aller genannten Einheiten. Sie ist ein zusammengesetztes heterogenes tektonisches Element, das sich im wesentlichen im Grenzbereich dieser Großeinheiten entwickelt hat. Das Ergebnis der präkänozoischen Strukturbildung war ein ausgeprägter Blockbau. Für die neotektonische Periode (im Sinne des Projektes) ergibt sich die Frage: wie weit sowie in welcher Form und Intensität die langfristig erworbenen tektonischen Bewegungstendenzen und Blockstrukturen fortgewirkt haben. Ihre Beantwortung kann wesentlich zur Aufklärung der Quellen und Intensitäten der jüngsten Beanspruchungen der Erdkruste im Untersuchungsraum beitragen.

#### 3. Benutzte Referenzflächen für die Ermittlung der Vertikalbewegungen

Auf Grund der geologischen Bedingungen wurde für die Ermittlung der neotektonischen Vertikalbewegungen in Mitteleuropa die Basis Rupel (Unteroligozän), resp. für Osteuropa die Oberfläche der Charkow-Schichten (etwa Basis Oberoligozän) gewählt. Beide Horizonte sind in den Kartengebieten über ausgedehnte Flächen nachweisbar. Jüngere tertiäre Referenzflächen sind nur lückenhaft ausgebildet und für regionale Vergleiche nicht geeignet.

Als zusätzlicher Bezugshorizont wurde für das deutsche Gebiet die Oberfläche der marinen bzw. limnischen holsteinzeitlicher Sedimente in einer speziellen Karte dargestellt. Für die nichtüberfluteten Gebiete Osteuropas wurde versucht, nach geomorphologischen Kriterien Angaben

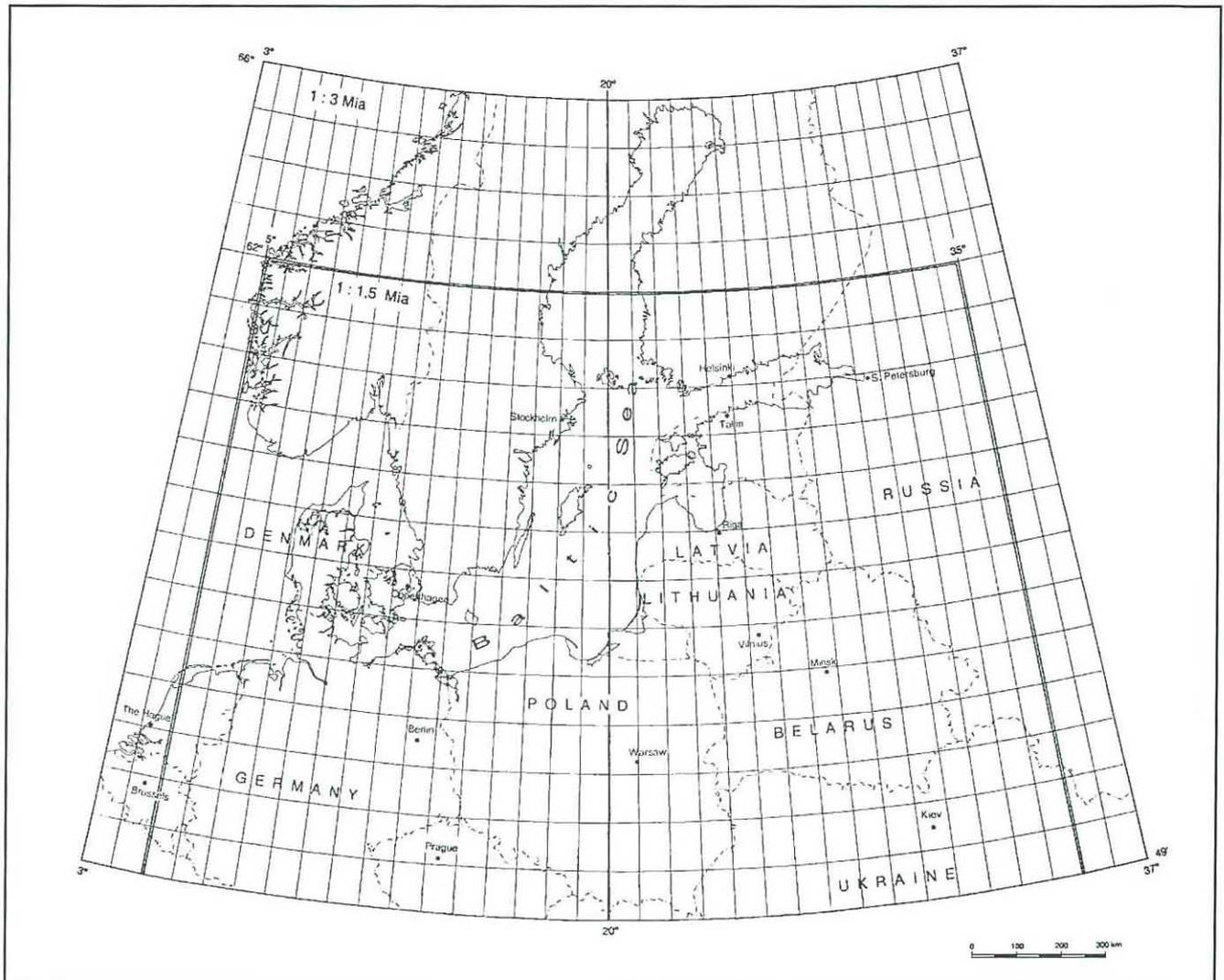


Abb. 1

Kartengebiet des IGCP-Projektes Nr. 346, für Haupt- und Nebenkarten in den Maßstäben 1 : 1,5 bzw. 1 : 3 Mill. (Outline of map areas, for main- and supplementary maps at scales of 1:1,5 resp. 1:3 Ma)

Eingetragen sind die an dem IGCP-Projekt Nr. 346 beteiligten Länder. (In the map are shown the member countries in the IGCP-project No 346)

über die jüngsten vertikalen Bewegungen innerhalb des Quartärs zu finden.

Ergänzende Aussagen über die Anteile der endogenen bzw. exogenen Faktoren an der Formung des Untersuchungsraumes sind aus dem Vergleich der Amplituden der Vertikalbewegungen mit dem rezenten Relief der Quartärbasis zu erwarten, worüber an anderer Stelle berichtet wird.

#### 4. Karte der Amplituden der Vertikalbewegungen seit Beginn des Rupelian - deutscher Gebietsanteil

Als Beispiel für die Bearbeitung des Projektes wird der Karteninhalt für den deutschen Gebietsanteil im folgenden kurz erläutert.

Die Karte (Abb. 2) enthält die Isolinien der Amplituden der neotektonischen Vertikalbewegungen vom Beginn des

Rupelian bis zur Gegenwart, außerdem die Grenze zwischen marinem und terrestrischem Bereich während der maximalen Meeresausbreitung im Rupel (= Uferlinie des Unteroligozänmeeres) und die heutige Verbreitungsgrenze der marinen Rupelsedimente, ferner die neotektonisch aktiven Bruchelemente und die Verbreitung des Neovulkanismus.

Als Unterlagen für die Zusammenstellung der Karte dienten außer Einzelangaben aus der zitierten Literatur thematische und Übersichtskarten, vor allem: "Structural Contour Map Base Middle Oligocene 1 : 300 000" für den deutschen Nordseesektor (FRISCH in KOCKEL 1995); "Karte der Untergrundstrukturen NW-Deutschlands 1 : 500 000" (KOCKEL 1992); Strukturplan "Das jüngere Tertiär in Nord- und Nordost-Niedersachsen" im Maßstab 1 : 500 000 (KUSTER & DANIELS unveröff.); Karten und Profile aus VINKEN (1993); Paläogeographische Karte des Oligozän

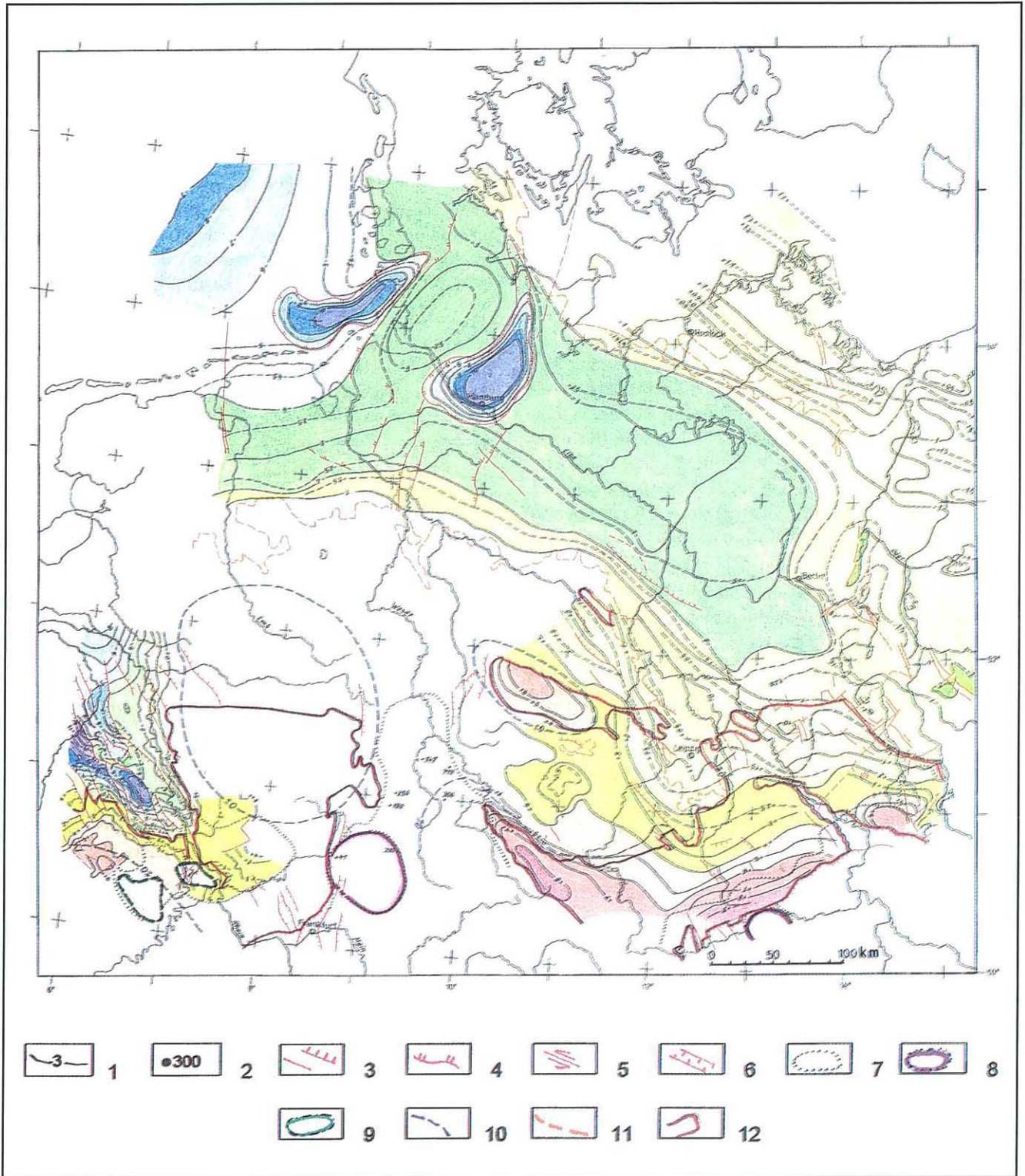


Abb. 2

Amplitude der neotektonischen Vertikalbewegungen seit Beginn des Rupelian / Oligozän. (Amplitudes of neotectonic vertical movements since the beginning of Rupelian / Oligocene times).

1 – Amplituden der Vertikalbewegungen seit Beginn des Rupelian in hm (amplitudes of vertical movements in hm); 2 – heutige Höhenlage der Rupelbasis in NN m (present level of Rupelian base in NN m); 3 – Bruchstörungen; Abschiebungen (faults; normal faults); 4 – Flexuren (flexures); 5 – Seitenverschiebungen (strike-slip faults); 6 – Gräben (graben structures); 7 – Verbreitungsgebiet des tertiären Vulkanismus (area of Tertiary volcanism); 8 – Stratovulkane (strato volcanos); 9 – Verbreitungsgebiet des quartären Vulkanismus (area of Quaternary volcanism); 10 – Küstenlinie während des Rupelian (maximale Ausdehnung) (max. extension of Rupelian sea); 11 – heutige Verbreitung der marinen Rupelschichten (present boundary of marine Rupelian beds); 12 – Grundgebirgsausstriche unter Quartär (outcrops of basement below Quaternary cover)

im Maßstab 1 : 2,5 Mio (aus KOCKEL in VINKEN 1988); Abgedeckte geologische Karte der Unterkreidebasis sowie Tiefenlinienkarte der Basis Oligozän im Maßstab 1 : 300 000 aus dem Geotektonischen Atlas von NW-Deutschland (BALDSCHUHN, FRISCH und KOCKEL in KOCKEL 1994); Tiefenlinienkarte der Basis Mitteloligozän des N-Teils der DDR im Maßstab 1 : 500 000 (AHRENS & LOTSCH o. J., überarbeitet von J. HAUPT 1993) sowie Neotektonische Karte der DDR im Maßstab 1 : 1 Mio (AHRENS & LOTSCH u. a. 1972, unveröff.); Karte der Rupelmächtigkeiten des N-Teils der DDR im Maßstab 1 : 200 000 bzw. 1 : 500 000 (AHRENS & LOTSCH 1967, unveröff.); Paläogeographische Karte des Mitteloligozäns der DDR im Maßstab 1 : 1,5 Mio (in LOTSCH 1969).

Weitere Unterlagen (Karten, Einzeldaten) wurden zur Verfügung gestellt durch die Kollegen F. KOCKEL, H. KUSTER, Hannover, W. HINSCH, Kiel, J. HAUPT, N. RÜHBERG, Frau J. RUSBÜLT, Schwerin, H. AHRENS, D. LOTSCH, Berlin, U. KRIEBEL, W. KNOTH, Halle, P. SUHR, E. GEISSLER, Freiberg, S. RITZKOWSKI, Göttingen, L. EISSMANN, Leipzig. Allen Kollegen sei für ihre Mitarbeit bzw. für Anregungen im Zusammenhang mit der Karte gedankt.

Die Höhendifferenz zwischen der Ausgangslage der benutzten Referenzfläche, Basis Unteroligozän (Rupel) und deren heutige Position ergibt die gesuchte vertikale Bewegungsamplitude. Bezugshorizont für die ursprüngliche und die rezente Flächenlage ist der Meeresspiegel, dessen Niveau für den neotektonischen Zeitraum als konstant betrachtet wird, da über seine eustatischen Änderungen bisher keine zuverlässigen Angaben vorliegen.

Daten aus atektonischen Deformationen (halokinetische, subrosive, glazigene u. a.) sind vor der Amplitudenberechnung eliminiert worden. Dauerhafte sowie noch nicht wieder ausgeglichene glaziostatische Deformationen konnten nicht sicher erkannt und deshalb von den neotektonischen Effekten nicht abgetrennt werden.

Die für den Zeitraum seit Beginn Rupelian abgeleiteten kumulativen Vertikalbewegungen kennzeichnen nicht unmittelbar die Mobilität eines Gebietes, da der Bewegungssinn gewechselt und Zeiten ruhiger Entwicklungen mit solchen gesteigerter Vertikalbewegungen einander abgelöst haben können.

Für die im Oligozän nicht überfluteten Gebiete wurden paläotektonische (Hauptdiskordanzen), paläogeographische (Faziesverteilung und Mächtigkeiten) und morphologische (rezente Topographie, Penepains, Reliefumkehr) Daten ausgewertet.

Zur Rekonstruktion der primären Tiefenlage der Referenzfläche sind abgestuft zum Beckeninneren hin bis zu 60 m Wassertiefe nach faziellen und paläogeographischen Kriterien angenommen worden. Für das nicht überflutete Kartengebiet diente eine unveröffentlichte Karte der vertikalen Krustenbewegungen seit dem Oberoligozän von AHRENS & LOTSCH (1972) als Abschätzungsgrundlage.

Nach dem Kartenbild charakterisieren weiträumige permanente Senkungen des nördlichen Tieflands, besonders des angrenzenden Nordseegebiets, und weitspannige He-

bungen des Mittelgebirgsraumes (nach anfänglicher Senkung seines nördlichen Teils) die neotektonische Deformation. Die großräumigen Verstellungen waren, vor allem im Hebungsräum, von engräumiger Bruchtektonik mit Grabenbildungen begleitet. Diese gehen hauptsächlich auf W-E-Dehnungen zurück, ähnlich wie es für die neotektonischen Gräben im polnischen Tiefland (s. OSTAFICZUK 1995 b) zutrifft. Größere Scholleneinheiten (z. B. Rheinisches Massiv, Rhön, Thüringer Schiefergebirge) haben außerdem Aufwölbungen erfahren, die mehr oder weniger bruchtektonisch unterstützt worden sind (STEINMÜLLER 1974, NEGENDANK 1983, ZÖLLER 1983).

Das zu Beginn des Rupel sehr ausgeglichene Relief der Referenzfläche ist während der neotektonischen Epoche bedeutend verstärkt und damit auch die Grundlage für das kräftige rezente Oberflächenrelief im Südtel der Karte geschaffen worden.

Die Gesamtamplitude der Vertikalbewegungen beläuft sich auf ca. 2 500 m. Davon sind 1 500 m Senkung im Roer-Niederrhein-Graben und fast 1 000 m Hebung in der Erzgebirgs-Scholle. Der stärkste Gradient resultiert aus den 1 500 m Senkung im Roer-Niederrhein-Graben zusammen mit den bis zu 600 m Hebung im benachbarten Rheinischen Massiv. Das sind 2 100 m auf relativ kurze Entfernung. Ein erhöhter Amplitudengradient tritt ferner im Bereich der Mitteldeutschen Hauptabbrüche auf (Gardelegener Abbruch und Fortsetzung nach SE).

#### 4.1. Hauptsenkungsstrukturen

Die Hauptsenkungsstrukturen sind die Nordsee-Senke im Nordwesten und die sich nach Südosten anschließende Norddeutsch-Polnische Depression. Ihre Senkungstendenzen blieben bis in jüngste Zeit wirksam. Der Norddeutsch-Polnischen Depression folgten die Transgressionen im Oligozän, Miozän und im Holstein-Interglazial nach Südosten.

Besonders hohe Mobilität weisen der Westholstein- und der Hamburger Trog mit maximal 1 000 m Senkung in ihrem Südtel aus. Da teilweise noch Salz im Untergrund verblieben (mdl. Mitteilung Dr. KOCKEL, Dipl.-Geoln. FRISCH, beide BGR Hannover) und bereits voroligozän Salz abgewandert ist (erhöhte Mächtigkeiten des Eozän), können die extremen Absenkungsbeträge (Oligozänbasis noch bis 2 400 m tief) nicht allein halokinetisch erklärt werden. Wahrscheinlich verdanken die Tröge ihre Einsenkung erhöhter Mobilität im Durchkreuzungsbereich der NW-SE-Senkungszone mit meridionalen Brüchen.

Die geringeren Einsenkungen im Ostseeküstengebiet markieren den Nordrand der zentralen Senkungszone der Norddeutsch-Polnischen Depression besonders im Bereich der Insel Rügen. Hier sind nacholigozäne Hebungen und Abtragungen nachgewiesen (AHRENS u. a. 1982). Der SW-Teil des heutigen Ostseebeckens ist nur z. T. tektonisch geformt, im übrigen stark exarativ ausgestaltet worden. Schwache Senkungen sind nach verschiedenen geologischen Indizien (u. a. Verteilung pleistozäner Tertiärschiebe) für die Oder-Bucht östlich von Rügen anzuneh-

men (LUDWIG 1993), stärkere neotektonische Senkungen erst für das Ostseebecken östlich der Tornquist-Teisseyre-Linie (GAREZKIJ u. a. 1995, OSTAFICZUK 1995 b).

Anzeichen für neotektonische Bruchtektonik gibt es im norddeutschen Tiefland wenige. Über aktiven Salzstrukturen entwickelte Brüche können nicht unmittelbar bestimmten Störungen im subsalinaren Bruchschollenfeld zugeordnet werden. Sie sind in der Karte unberücksichtigt geblieben.

Der hochmobile Roer-Niederrhein-Graben reicht aus dem regional gesunkenen Tiefland in den gehobenen Mittelgebirgsraum hinein. Aus brucharmen Einsenkungen seit der Mittleren Kreide entwickelte sich die eigentliche Grabenstruktur seit dem Ende des Paläogen weitgehend syndimentär. An den Einzelstörungen wurden vertikale Versätze bis zu 400 m beobachtet. Einige Störungen davon sind bis zur Gegenwart aktiv (AHORNER 1962, 1983; ARNOLD u. a. 1988; KLOSTERMANN 1992; GELUK u. a. 1994).

#### 4.2. Haupthebungsstrukturen

In den Haupthebungsgebieten sind die Tertiärfolgen außerhalb von Grabenschollen und Subrosionssenken bis auf geringe Reste abgetragen. Charakteristisch ist die starke bruchtektonische Differenzierung an allen zuvor ausgebildeten Bruchrichtungen. Sie führte zur Heraushebung einzelner Bruchschollen bis zu mehreren 100 m über ihre Umgebung. Mobilstes Element war die Erzgebirgs-Scholle. Ihr Südrand wurde seit dem Mittelmiozän um fast 1 000 m gehoben (s. u. a. SUHR 1991). Sie ist nach NW gekippt, im Gegensatz zu den NW-SE streichenden Leistenschollen zwischen Saale bis Mittlerer Elbe und Weser, die sich nach SW geneigt haben. Größter gehobener Block ist das Rheinische Massiv.

Die Gräben (in der Hessischen Depression, im Bereich des Lausitzer Hauptabbruchs sowie der Ohře-Graben) markieren heute nur relative Senkungen, da ihre Grabenschollen nach anfänglicher Senkung in die regionale Hebung mit einbezogen worden sind. In der Hessischen Depression ist die Referenzfläche, z. T. salttektonisch stark differenziert, im Mittel um 300 bis 350 m aufgestiegen.

Mit Ausnahme des WSW-ENE streichenden Ohře-Grabens indizieren die Gräben W-E-Dehnungen. Sie lehnen sich an ältere Bruchstrukturen an. Der stark asymmetrische Ohře-Graben weist keine engen Beziehungen zu prä-existenten Strukturen auf. Seine Einzelbecken werden einer embryonalen Riftung und vulkanotektonischen Prozessen zugeschrieben (MALKOVSKY 1987; HURNIK & KRUTSKY 1995).

Horizontale Schollenverschiebungen dürften eine größere Rolle gespielt haben als die wenigen konkreten Hinweise im Kartenbild erkennen lassen. Hinweise darauf sind aus dem System des Lausitzer Hauptabbruchs bekannt (BRAUSE 1989, 1990, SEIFERT u. a. 1989, THIEM 1989). An den vertikalen Schollenverschiebungen im Roer-Niederrhein-Graben ist häufig eine horizontale Komponente beobachtet worden (AHORNER 1983).

Nach morphologischen Befunden (Drainagesysteme, Ver-

biegungen tertiärer Verebnungsflächen u. a.) sind einige der stärker herausgehobenen Mittelgebirgsschollen wie Rheinisches Massiv, Rhön und Thüringer Schiefergebirge zugleich aufgewölbt worden

Die rupturellen Vertikalverschiebungen verliefen ungleichmäßig, so daß die durchschnittlichen Bewegungsraten wenig aussagen, zumal gebietsweise der Bewegungssinn seit Beginn des Rupelian gewechselt hat. Höhepunkte der bruchtektonischen Aktivitäten fielen in die Wende Oligozän/Miozän und in die Zeit Ende Pliozän bis frühes Pleistozän. Seit dem Holstein-Interglazial sind, mit lokalen Ausnahmen, nur geringe Vertikalverschiebungen zu verzeichnen.

#### 4.3. Vulkanismus

Im Hebungsbereich war intensiver Neovulkanismus zeitlich und räumlich eng an die Bruchtektonik gekoppelt. Alkalibasaltische Laven aus dem oberen Mantel wurden vorwiegend auf meridionalen (eggischen) und erzgebirgischen Brüchen, verstärkt an Kreuzungen mit anderen Bruchstörungen gefördert. Der Vulkanismus konzentrierte sich auf einen W-E-Gürtel vom Rheinischen Massiv zur östlichen Oberlausitz und weiter nach Polen. Östlich der Hessischen Depression ist das Vulkangebiet nach S versetzt und an Strukturen des Ohře-Grabens und dessen Schultern gebunden. Die Eruptionen hielten, abklingend, bis ins späte Quartär mit Nachwirkungen bis zur Gegenwart an. Höhepunkte lagen an der Wende Oligozän/Miozän und im Miozän (SCHMINCKE u. a. 1983, SECK 1983, MALKOVSKY 1987).

#### 5. Karte der Tiefenlage der Oberfläche der Holstein-Interglazialsedimente – deutscher Gebietsanteil

Das im Holstein-Interglazial überflutete Gebiet war im wesentlichen auf Nordostdeutschland beschränkt. So überdeckt die Oberfläche der marinen (einschließlich der brakischen) Interglazialsedimente nur einen kleinen Teil des Untersuchungsgebiets. Vom Elbe-Mündungsgebiet schloß sich flüßaufwärts bis nach Südost-Brandenburg eine tief liegende, im Süßwasser ertrunkene Glaziallandschaft an, die nach NW zur interglazialen "Nordsee" hin entwässert hat. Ihr Wasser- bzw. Sedimentspiegel dürfte nur wenig über dem des weit nach SE ausgebuchteten marinen Vorfluters gelegen haben, so daß in Nordostdeutschland für ein größeres Gebiet ein fast niveaugleicher Bezugshorizont vorliegt (ausführlich LUDWIG 1995, dort weitere Literatur). In der Karte sind der marine und der limnische Bereich gesondert ausgehalten. Die heutige Lage der Oberfläche der Holstein-Sedimente ist in Gebieten ungenügender Datendichte durch Einzelwerte angegeben.

Zum Vergleich mit der späteren Entwicklung wurden die Konturen und einige Einzelvorkommen von Ablagerungen des letztinterglazialen Eem-Meeres in die Karte aufgenommen.

Der Inhalt der Karte beruht auf den Ergebnissen von Spezialuntersuchungen, die von folgenden Kollegen zur

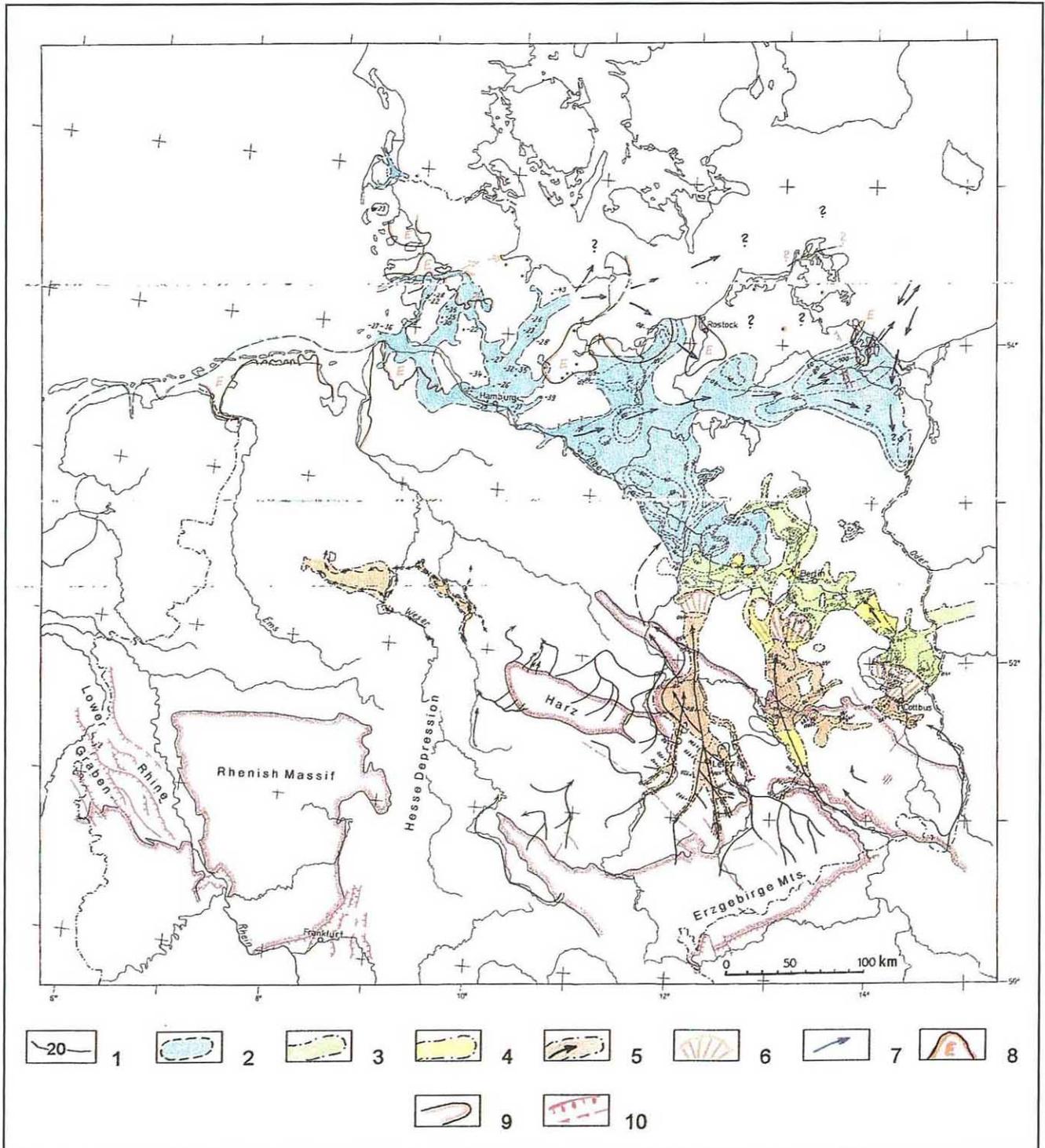


Abb. 3

Heutige Lage der Oberfläche der marinen und limnischen Sedimente des Holstein-Interglazials sowie der Saale-glazialen Flußterrassen. (Recent position of surfaces of Holstein interglacial marine and limnic sediments, and of Saale glacial river terraces).

1 – Tiefenlinie der Oberfläche der marinen Ablagerungen des Holstein-Interglazials (surface of marine Holsteinian interglacial deposits, isobathes); 2 – Verbreitung der interglazialen Holstein-See (extension of Holsteinian interglacial sea); 3 – Gebiete limnischer Sedimentation während des Holstein-Interglazials (areas with fresh-water sedimentation); 4 – Gebiete, in denen heute die Ablagerungen des Holstein-Interglazials abgetragen sind (Holsteinian interglacial deposits removed); 5 – Saale-glaziale Flußterrassen und -läufe (river terraces and courses, Saale glacial); 6 – Deltaschüttungen (delta cones); 7 – Transgressionsrichtungen, teilweise vermutet (direction of transgression, partly inferred); 8 – Gebiete bzw. Vorkommen von marinen Eem-Ablagerungen (areas/sites of marine Eemian deposits); 9 – Grundgebirgsausstriche (basement outcrops); 10 – Bruchstörungen, Abschiebungen, aktiv seit Ende des Holstein-Interglazials (faults, normal faults, active during post-Holsteinian-Interglacial times)

Verfügung gestellt wurden: K.-D. MEYER, H. HÖFLE (†), Hannover, W. HINSCH, Kiel, U. MÜLLER, F. BREMER, N. RÜHBERG, H.-D. KRIENKE, Schwerin, H. ZIERMANN, Berlin, L. LIPPSTREU, Kleinmachnow, W. KNOTH, Halle, W. ALEXOWSKI, E. GEISSLER, L. WOLF, Freiberg, L. EISSMANN, Leipzig. Hierfür und für anregende Diskussionen sei den Genannten herzlich gedankt.

Im Süden verzahnen sich die limnischen Sedimente mit den fluviatilen Ablagerungen der Mittelgebirgsflüsse. Sie werden Delta-artig von den Flußschottern der folgenden Kaltzeit überdeckt, die flußaufwärts in die glazialklimatischen Schotterterrassen übergehen. Die heutige Höhenlage der Oberfläche dieser Terrassen wurde in der Karte nach Angaben von H. ZIERMANN durch Isolinien dargestellt; sie gestattet nur in wenigen Fällen die Ableitung postholsteinzeitlicher tektonischer Vertikalbewegungen. Die Flußbetten waren bereits am Ende der Elster-Vereisung fixiert, die Täler zum Teil bis ins heutige Talniveau und auch tiefer eingeschnitten. Tektonische Laufverlegungen sind seitdem nicht erfolgt (WOLF 1991, I und II, EISSMANN 1994, GRABERT 1995).

Die stratigraphischen Zuordnungen basieren auf publizierten mikro- und makrofaunistischen sowie mikrofloristischen Befunden, ergänzt durch lithologische Indizien (Frostbodenstrukturen, Bodenbildungen u.s.w.). Für die Abschätzung der neotektonischen Bewegungen wurden nur stratigraphisch gut untersuchte Vorkommen verwendet.

Im limnischen Bereich ist die Referenzfläche um wenig jünger als im marinen (Abb. 3). Die nur örtlich erhaltenen spätinterglazialen limnischen Sedimente, die unmittelbar über dem marinen Holstein folgen, wurden bei der Festlegung der Referenzfläche nicht berücksichtigt.

Salzaufstiegsbewegungen und begleitende suprasalinare Bruchbildungen während des Quartärs und speziell seit Ende des Holstein-Interglazials sind nicht zwangsläufig als Indizien für Bruchschollentektonik im Untergrund zu werten, da der Salzzufluß in die Salzstrukturen zum Teil über lange Epochen hinweg angehalten hat (ZIRNGAST 1991).

Ebenso lassen die großen glazigenen Kompressionszonen (Stauchmoränengebiete) in Norddeutschland nicht ohne weiteres auf reliefbildende beziehungsweise -verstärkende tektonische Prozesse schließen, die dem ursächlichen Eisvorstoß vorausgegangen und zur Ursache für die Einwirkungen des Eises auf den Untergrund geworden sind.

An atektonischen Störfaktoren waren für die holsteinzeitliche Bezugsfläche zusätzlich Absenkungen durch Tieftauprozesse zu eliminieren. Ein Teil der seit dem ersten Inlandeisvorstoß an alten Fugen eingetretenen Krustendeformationen ist wahrscheinlich glazialisostatischen Beanspruchungen zuzurechnen.

Im wesentlichen bleibt die neotektonische Interpretation der verfügbaren Daten auf qualitative und relative Angaben (Hebung, Senkung) sowie quantitative Schätzungen beschränkt. Nur an wenigen Punkten liegen Ablagerungen

des Holstein- und des Eem-Meeres übereinander, getrennt durch saalezeitliche Absätze, und geben nähere Hinweise auf Senkungsbeträge (HÖFLE u. a. 1985).

### 5.1. Hauptsenkungszonen

Hauptsenkungszonen sind die Nordseedepression und eine nach SE gerichtete Depression, die sich bis nach Südostbrandenburg erstreckte (KOCKEL u. a. 1995, LUDWIG 1995). Die Transgression der Holstein-See bildete entlang der Unterelbe eine weit nach SE vorstoßende Meeresbucht. Über eine brackische Zone erfolgte der Übergang in das limnisch überflutete Areal um Berlin.

Ein zweiter Meeresarm deutet sich von der Unterelbe nach Osten an, durch Mecklenburg-Vorpommern bis nahe an die Odermündung. Während die südliche Verbreitungsgrenze der Holsteinsedimente nahezu die ursprüngliche Meeresausbreitung ausweist, dürfte die nördliche stark davon abweichen (MÜLLER 1993, RÜHBERG u. a. 1995). Vielleicht war der nördliche Landesteil ebenfalls mehr oder weniger von der Holstein-See bedeckt. Die Meeresausbreitung ist von der glazialen Rinnenmorphologie, die das Elster-Inlandeis hinterlassen hat, stark beeinflusst worden, besonders in Schleswig-Holstein und Niedersachsen, weniger deutlich in Mecklenburg-Vorpommern, wo ausgeprägte glaziale Rinnen kaum vorhanden waren.

Von westlich Rostock bis zur Insel Usedom fehlen marine Holsteinsedimente in-situ. So bleibt eine Meeresverbindung zu den marinen Holstein-Vorkommen im Ostbaltikum (LIAUPA u. a. 1995) durch das heutige Ostseegebiet problematisch (näheres s. LUDWIG 1995). Ähnliches gilt für das Eem-See, von dem nur im südlichen Rügen geringe Reste überliefert sind (RÜHBERG u. a. 1995).

Die marinen Interglazialtone in Nordrügen (STEINICH 1993) sowie zwei Vorkommen in Nordwestmecklenburg (mdl. Mitt. U. MÜLLER 1995) sind wahrscheinlich erst frühweichselzeitlichen Transgressionen zuzuordnen, ähnlich den von DROZDOWSKI (1988) aus dem Weichselmündungsgebiet beschriebenen.

Die marinen Sedimente des Holstein-Interglazials sind überwiegend nur wenige Meter, maximal 56 m (LINKE 1993) mächtig, während die marinen Eem-Ablagerungen bis 28 m erreichen.

Am tiefsten liegt das marine Holstein (Oberfläche) in der Nähe der Ostseeküste. Es reicht östlich der Lübecker Bucht bis -97 m NN bei Rostock, bis -100 m NN bei Anklam (? hier Einfluß von Subrosion). An der Nordseeküste wurden Werte um -30 m NN, seewärts bis -70 m NN festgestellt. Das ergibt heute Höhendifferenzen dieser Fläche bis um 100 m.

Das marine Eem liegt höher, an der Nordseeküste sinkt es von -10 m NN seewärts bis zu -50 m NN (SINDOWSKI 1970) ab, in Mecklenburg-Vorpommern erreicht es mehr als -30 m NN. Für die Küstengebiete ergeben sich daraus 20 bis maximal 30 m Senkung seit Ende des Holstein-Interglazials, das sind Raten um 0,1 mm/a, seewärts etwas mehr. Für die Zeitspanne seit dem Eem-Interglazial ergibt sich die gleiche Größenordnung der Senkung.

Die Transgression des Eem-Meeres war nahezu auf die heutigen Umrisse der Küstengebiete beschränkt (MEYER 1991). Nur in einzelnen Buchten, zumeist im Bereich von Flußläufen, griff sie tiefer in das Land ein. In Schleswig-Holstein existierte wahrscheinlich eine Verbindung zwischen damaliger "Nord-" und "Ostsee" (KOSACK & LANGE 1985). Während sich diese Buchten von der Unterelbe nach Osten an holsteinzeitlich überflutete Areale anlehnten, erstreckten sie sich westlich der Elbe, im Gebiet von Jade- und Dollartbusen, über die wenig gebuchtete Küstenlinie der Holstein-See weit nach Süden.

Die limnischen Holstein-Sedimente im Raum um Berlin und bis Südostbrandenburg sind im Durchschnitt 10 bis 15

m, lokal bis 70 m mächtig. Ihre Oberfläche steigt gegen S von 0 m NN auf 10 bis 20 m NN leicht an. Ihre Verbreitung folgt ebenfalls weitgehend den Tiefzonen der glazialen Rinnen.

Als meridionale relative Senkungszone weisen sich weiterhin die seit dem Eozän im Bereich der Leipziger Tieflandsbucht existierende und eine östlich davon gelegene Zone aus. Diese haben die Entwässerung auf sich gelenkt (Saale- und Elbe-Flußsysteme) (vgl. WOLF 1991, EISSMANN 1994).

Die Mittelgebirgsregion läßt kaum quantitative Schlüsse auf vertikale Bewegungen zu. Offenbar unterlag sie im ganzen einer geringen Hebungstendenz ohne stärkere He-

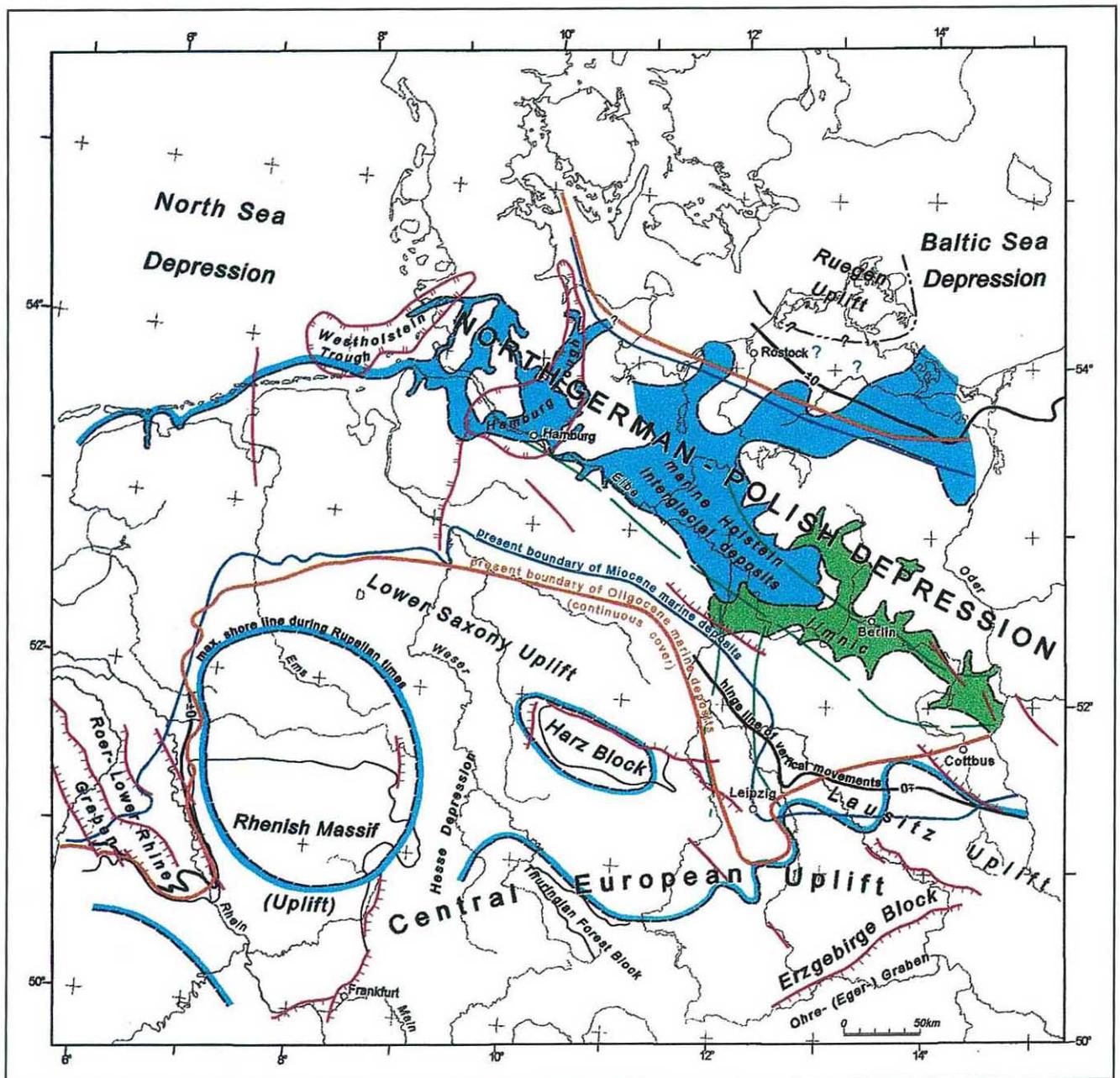


Abb. 4

Neotektonische Hauptsenkungs- und -hebungsgebiete (Areas of neotectonic subsidence and uplift, main structural zones)

bung einzelner Blöcke wie z. B. Harz oder Thüringer Wald. Das fortgesetzte Einschneiden der Weser deutet eine leichte Hebung der Hessischen Depression bei relativer Senkung an (ROHDE 1994).

Aus der Position der Flußterrassen über den heutigen Talauen lassen sich regionale Vertikalbewegungen bis zu 20 m ableiten. Es sind nur wenige aktive Bruchstörungen nachweisbar, wobei die Versätze zum Teil durch Mitwirkung von Subrosion und Kompaktion verstärkt worden sind (z. B. am Lausitzer Hauptabbruch). Sie beschränken sich auf den Mittelgebirgsraum mit Verschiebungsbeträgen bis zu wenigen 10 m und zeichnen sich vor allem im Bereich des Lausitzer Hauptabbruchs ab (THIEM 1989). Das gleiche gilt für den ebenfalls reaktivierten Sudetenrandbruch (OSTAFICZUK 1995 b). Mobilste Bruchzone blieb weiterhin der Roer-Niederrhein-Graben mit maximal 40 m Vertikalverschiebung am Rur-Randbruch (AHORNER 1962).

Die schwache Bruchtektonik wurde von nur noch geringem Vulkanismus begleitet. Dieser war auf die Eifel (westliches Rheinisches Massiv) und den Ohře-Graben (hier hauptsächlich vulkanische Nachwirkungen) beschränkt und hielt bis ins Spätglazial an.

Eine schwache Hebungstendenz wirkte vermutlich auch im Raum Rügen (Dänisch-Vorpommersche Hebungszone). Sie könnte ein primäres Fehlen mariner Interglazial-Ablagerungen oder ein sekundäres durch Erosion und/oder Exaration infolge stärkerer Exposition erklären. Auf den dänischen Inseln haben Störungen Rinnenfüllungen mit Eem-Sedimenten betroffen (mdl. Mittl. Prof. LYKKE-ANDERSEN).

## 6. Schlußfolgerungen

Die neotektonische Deformation hat postum die vertikalen Bewegungen der am Ende der variszischen Gebirgsbildung geformten epirogenen und rupturellen Strukturen fortgesetzt. Die großen Bruchsysteme, Mitteldeutscher Hauptabbruch, Lausitzer Hauptabbruch, Hessische Depression, Elbe-Lineament sind dabei in Teilabschnitten und in unterschiedlicher Intensität reaktiviert worden. Ergebnis der neotektonischen Vertikalbewegungen ist eine signifikante Reliefverstärkung, die in dem Gegensatz Tiefland und Mittelgebirge heute noch sichtbar ist. Eine der Folgen ist die Umwandlung der tertiären Entwässerung über weitgespannte Spülfächen in ein in V-Tälern fixiertes Flußnetz.

In der neotektonischen Hauptsenkungszone werden die Konturen der seit dem Perm existierenden Norddeutsch-Polnischen Senke wieder erkennbar (Abb. 4). Die Ausbreitung des Rupelmeeres im südlichen Ostbaltikum zeichnet die mesozoische Peribaltische Senke nach.

Das Scharnier zwischen dem neotektonischen Senkungsgebiet im Norden und dem Hebungsgebiet im Süden folgt ungefähr dem Südrand der Norddeutsch-Polnischen Senke. Dieser ist in der Zone der mitteldeutschen Hauptabbrüche neotektonisch wieder aufgelebt. In der Hessischen Depression belegen anhaltende Senkungstendenzen die meridionale Schwächezone in Fortsetzung des Oberrhein-Grabens.

Generell blieben die vertikalen Versätze in der Größenordnung langfristiger epirogenen Bewegungen. Im quartären Vereisungsgebiet haben die exogenen Reliefänderungen die morphologischen Auswirkungen der neotektonischen Vertikalverschiebungen mehr oder weniger stark modifiziert, vor allem durch glaziale Exaration im Norden und glaziale Akkumulation im Süden.

Die Gesamtamplitude der Vertikalbewegungen hat – abgeleitet aus der Tiefenlage der Holstein-Interglazialsedimente und saalezeitlichen Flußterrassenschotter – seit dem Holstein-Interglazial vom Küstengebiet bis in den Mittelgebirgsraum mehrere 10 m nicht überschritten. Das südwestliche Ostseebecken verdankt seine Formung offenbar mehr der Exaration und Erosion (Entwässerung zum tief ausgefurchten Kattogat) als neotektonischer Senkung, worauf unter anderem seine unregelmäßigen Küsten mit ihren zahlreichen Stauchmoränen hinweisen. Stärkere neotektonische Vertikalverschiebungen seit dem Holstein-Interglazial werden erst aus dem Gebiet östlich der Tornquist-Teisseyre-Linie mit Senkungsbeträgen bis mehr als 200 m (LEVKOV u. a. 1995) beschrieben. Dort scheinen vor allem die meridionalen Störzonen sehr wirksam gewesen zu sein (GAREZKIJ u. a. 1995; LEVKOV u. a. 1995; LIAUPA u. a. 1995).

Die quartären vertikalen Verschiebungen (maximal 175 m im Roer-Niederrhein-Graben) sind bedeutend geringer als die im Oligozän bis Pliozän erreichten. Wegen der kurzen Dauer des Quartärs folgt daraus nicht zwangsläufig, daß die Mobilität vom Beginn des Neogen bis zur Gegenwart weitgehend abgeklungen ist. Die beobachtete tektonische Ruhe im jüngeren Quartär, besonders seit dem Holstein-Interglazial, könnte sich als ein ruhiger Zeitabschnitt zwischen Perioden erhöhter tektonischer Aktivität erweisen (GAREZKIJ u. a. 1995; KOCKEL u. a. 1995).

## Zusammenfassung

Zur Veranschaulichung der neotektonischen Situation der Ostsee-Depression und angrenzender Gebiete wurde im Rahmen des IGCP-Projektes Nr. 346 eine Serie von Karten in den Maßstäben 1 : 1,5 Mio. und 1 : 3 Mio. zusammengestellt. Im vorliegenden Beitrag werden die deutschen Gebietsanteile zweier Karten beschrieben: die Karte der Vertikalbewegungen seit Beginn des Rupelian (Oligozän) und eine Karte der Tiefenlage der Oberfläche von Sedimenten des Holstein-Interglazials.

Die Senkungen und Hebungen der Basis der Rupelschichten liegen in der gleichen Größenordnung (bis zu 1 500 m Senkung im Roer-Niederrhein-Graben, bis zu 1 000 m im Westholstein- und Hamburg-Trog; bis 1 000 m Hebung im Erzgebirge und bis 600 m im Rheinischen Massiv). Die Gesamtamplitude seit Ende des Holstein-Interglazials reicht bis zu einigen Dekametern (20 - 40 m Senkung an der Nordsee-Küste und an der unteren Elbe; bis 20 m Hebung im Mittelgebirgsraum).

Die weitspannigen Senkungs- oder Hebungsstrukturen und ebenso die neotektonisch reaktivierten Bruchstörungen zeichnen postum altangelegte tektonische Elemente nach.

Das Scharnier zwischen den Gebieten von Senkung und Hebung folgt im Osten ungefähr der Südgrenze der Norddeutsch-Polnischen Senke in der Zone der Mitteldeutschen Hauptabbrüche, im Westen etwa der Südgrenze der Niedersächsischen Scholle.

### Summary

For demonstration the neotectonic situation of the Baltic sea depression and adjacent areas, investigated in the frame work of IGCP-project No 346, a set of maps at scales of 1:1,5 million and 1:3 million have been prepared. In this paper the German parts of two of the maps are described: a map of vertical movements since the beginning of Rupelian (Oligocene) times, and a depth map of the surface of the Holsteinian interglacial sediments.

Vertical movements (subsidence and uplift) of Rupelian base were of the same order (up to 1500 m subsidence in the Roer-Lower Rhine graben, up to 1000 m in the Westholstein and Hamburg troughs; up to 1000 m uplift in the Erzgebirge mountains, and up to 600 m within the Rhenish massif). The total amplitude of vertical movements since the end of the Holsteinian interglacial is up to some decametres, e. g. 20-40 m subsidence at the North sea coastal areas, and in the lower course of river Elbe; up to 20 m uplift within the highlands.

The wide ranging structures of subsidence or of uplift, and also the neotectonically reactivated faults have traced posthumously pre-existing tectonic elements. The hinge line between the subsided and the uplifted areas approximately follows the southern border of the North German-Polish depression, that means in the east the zone of the Central German main faults, in the west the fault zone along the southern border of the Lower Saxony block.

### Literatur

- AHORNER, L. (1962): Untersuchungen zur quartären Bruchtektonik der Niederrheinischen Bucht. - *Eiszeitalter und Gegenwart* **13**, S. 24 - 105, Öhringen
- (1983): Historical Seismicity and Present Day Microearthquake Activity of the Rhenish Massif, Central Europe.- In: FUCHS, K., GEHLEN, K. VON et al. (eds.): Plateau Uplift. - P. 198 - 221, Berlin etc. (Springer)
- AHRENS, H. & D. LOTSCH (1963): Tektonische Bewegungen im Tertiär der zentralen Niederlausitz. - *Geologie* **12**, S. 833 - 841, Berlin
- AHRENS, H., LOTSCH, D. & G. SCHWAB (1982): Präglaziale tektonische Aktivierung im Nordteil der DDR. - *Z. geol. Wiss.* **10**, S. 671 - 678, Berlin
- ALBERTS, B., HAGER, H., HEIDE, G. et al. (1988): Geologie am Niederrhein. - IV. Aufl., 142 S., Krefeld (Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen)
- BRAUSE, H. (1989): Bewegungsschritte bei der Bildung des Berzdorfer Beckens. - *Freiberger Forsch.-H. C 434*, S. 26 - 35, Leipzig
- (1990): Beitrag zur Geodynamik des Saxothuringikums.- *Geoprofil* **2**, S. 1 - 88, Freiberg
- DROZDOWSKI, E. (1988): Marine transgressions during the Vistulian Glaciation in the northern part of the lower Vistula region. - *Geol. Surv. Finland, Spec. Pap.* **6**, p. 51 - 58, Helsinki
- EISSMANN, L. (1994): Leitfaden der Geologie des Präquartärs im Saale-Elbe-Gebiet. - *Altenburger naturwiss. Forsch.* **7**, S. 11 - 53, Altenburg
- GARETSKY, R. G., LEVKOV, E. A., OSTAFICZUK, ST. & G. SCHWAB (1995): Neogeodynamic Map of the Baltic Sea Depression and Adjacent Areas. - *Internat. Union Quaternary Res. XIV. Internat. Congr., Berlin 1995, Abstracts, Terra Nostra* **2**, S. 89, Bonn
- GRABERT, H. (1995): Anfang und Umbau des Gewässernetzes zwischen Wupper und Sieg (Oberbergisches Land, rechtsrheinisches Schiefergebirge). - *Eiszeitalter und Gegenwart*, **45**, S. 130 - 140, Hannover
- GELUK, M. C., DUIN, E. J. TH., DUSAR, M. et al. (1994): Stratigraphy and tectonics of the Roer Valley Graben. - *Geol. en Mijnbouw* **73**, p. 129 - 141, Dordrecht
- HÖFLE, H. CH., MERKT, J. & H. MÜLLER (1985): Die Ausbreitung des Eem-Meeres in Nordwestdeutschland. - *Eiszeitalter und Gegenwart* **35**, S. 49 - 59, Hannover
- HURNIK, ST.; KRUTSKY, N. (1995): Paläogeographische Probleme des Nordböhmischen Tertiärs. - *Z. geol. Wiss.*, **23**, S. 219 - 223, Berlin
- KLOSTERMANN, J. (1992): Das Quartär der Niederrheinischen Bucht. Ablagerungen der letzten Eiszeit am Niederrhein. - 200 S., Krefeld (Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen)
- KOCKEL, F., LOTSCH, D., LUDWIG, A. & H. ZIERMANN (1995): The Neotectonic Development of North Germany and the Adjacent Offshore Areas. - Abstract and Poster XIV. INQUA-Congress, Berlin 1995, Terra Nostra **2**, S. 170, Bonn
- KOSACK, B. & W. LANGE (1985): Das Eem-Vorkommen von Offenbüttel/Schnittlohe und die Ausbreitung des Eem-Meeres zwischen Nord- und Ostsee. - *Geol. Jb. A* **86**, S. 3 - 17, Hannover
- LEVKOV, E. A., GARETSKY, R. G., KARABANOV, A. K. & R. Y. AIZBERG (1995): Neogeodynamics of Belarus. - *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia* **3**, p. 23 - 30, Kraków
- LINKE, G. (1993): Zur Geologie und Petrographie der Forschungsbohrungen qho 1-5, der Bohrung Hamburg-Billbrook und des Vorkommens von marinem Holstein im Gebiet Neuwerk-Scharhörn.- *Geol. Jb. A* **138**, S. 35 - 76, Hannover
- LUDWIG, A. O. (1995): The surface of the Holsteinian interglacial sediments as a base level for reconstruction of vertical neotectonic movements in northern Germany. - *Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptika i Geotermia*, **3** (172), p. 31 - 36, Kraków
- MALKOVSKΩ, M. (1987): The Mesozoic and Tertiary basins of the Bohemian Massif and their evolution. - *Tectonophysics*, **137**, p. 31 - 42, Amsterdam
- MEYER, K.-D. (1991): Zur Entstehung der westlichen Ostsee. - *Geol. Jb. A* **127**, S. 429 - 446, Hannover
- MÜLLER, U. (1993): Zur Verbreitung brackisch-mariner Bildungen des Holstein-Interglazials in Mecklenburg-Vorpommern. - In: Kurzfassungen und Exkursionsführer 60. Tagung Nordwestdeutscher Geologen vom 01. bis 04. Juni 1993 in Klein Labenz (Mecklenburg-Vorpommern), Schwerin (Geol. Landesamt Mecklenburg-Vorpommern), S. 31

- MÜLLER, U., RÜHBERG, N. & H.-D. KRIENKE (1993): Stand und Probleme der Pleistozänforschung in Mecklenburg-Vorpommern. - In: Kurzfassungen und Exkursionsführer 60. Tagung Nordwestdeutscher Geologen vom 01. bis 04. Juni 1993 in Klein Labenz (M.-V.), Schwerin (Geol. Landesamt Mecklenburg-Vorpommern), S. 5 - 20
- NEGENDANK, J. (1983): Cenozoic Deposits of the Eifel-Hunsrück Area Along the Mosel River and Their Tectonic Implications. - In: K. FUCHS et al. (eds.): Plateau Uplift. - P. 78 - 88, Berlin etc. (Springer)
- OSTAFICZUK, St. (1995 a): Proceedings The International Colloquy Neogeodynamica Baltica, Sept. 1994/Katowice, Poland. In: Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptika i Geotermia **34**, 3 (172), 107 p., Kraków
- (1995 b): Impact of Poland's geological structure on neogeodynamics. - Technika poszukiwań geologicznych, Geosynoptika i Geotermia **34** (172), p. 79 - 107, Kraków
- ROHDE, P. (1994): Weser und Leine am Berglandrand zur Ober- und Mittelterrassen-Zeit. - Eiszeitalter und Gegenwart **44**, S. 106 - 113, Hannover
- SCHMINCKE, H.-U., LORENZ, V. & H. A. SECK (1983): The Quaternary Eifel Volcanic Fields. - In: K. FUCHS, GEHLEN, K. V. et al. (eds.): Plateau Uplift. - P. 139 - 151, Berlin etc. (Springer)
- SECK, H. A. (1983): Eocene to Recent Volcanism Within the Rheinisch Massif and the Northern Hessian Depression - Summary. - In: K. FUCHS, K. VON GEHLEN, H. MÄLZER et al. (eds.): Plateau Uplift. - p. 152 - 162, Berlin etc. (Springer)
- SEIFERT, A., ALEXOWSKY, W., BRAUSE, H., GEISLER, E. & P. SUHR (1989): Zu endogen-tektonischen Lagerungsstörungen im Niederlausitzer Braunkohlenlagerstättenbezirk. - Freiburger Forsch.-H. C 434, S. 8 - 25, Leipzig
- SINDOWSKI, K.-H. (1970): Das Eem im ostfriesischen Küstengebiet. - Z. deutsche geol. Gesellschaft **115**, S. 163 - 166, Hannover
- LIAUPA, A., GELUMBAUSKAITE, S., LIAUPA, S. & S. STRAUME (1995): Neotectonic structure of the eastern part of the Baltic sea and adjacent land area. - Technika poszukiwań geologicznych, Geosynoptika i Geotermia **34**, 3 (172), p. 63 - 65, Kraków
- STEINICH, G. (1992): Die stratigraphische Einordnung der Rügenwarmzeit. - Z. geol. Wiss. **20**, S. 125 - 154, Berlin
- STEINMÜLLER, A. (1974): Die präpleistozäne Morphologie des östlichen Thüringer Schiefergebirges und südöstlich angrenzender Gebiete. - Z. geol. Wiss. **2**, S. 37 - 59, Berlin
- SUHR, P. (1991): Das Erzgebirge im Tertiär.- In: Abstracts, Proceedings MVE'90 - Workshop, Freiberg 20.-22.06.1991, S. 74 - 76, Freiberg
- THIEM, G. (1989): Beitrag zum Nachweis endogener Tektonik in pleistozänen Ablagerungen der Niederlausitz. - Freiburger Forsch.-H. C 434, S. 48 - 58, Leipzig
- VINKEN, R. et al. (1988): The Northwest European Tertiary Basin.- Geol. Jb. A **100**, 508 S., Hannover
- WOLF, L. (1991): Die Hoch- und Mittelterrassen der Zwickauer Mulde, der Chemnitz und der Zschopau im Vorerzgebirgsbecken und im Granulitgebirge. - Z. geol. Wiss. **19**, S. 3 - 12 (Teil I), S. 203 - 215 (Teil II), Berlin
- ZIRNGAST, M. (1991): Die Entwicklungsgeschichte der Salzstruktur Gorleben. - Geol. Jb. A **132**, 31 S., Hannover
- ZÖLLER, L. (1983): Das Tertiär im Ost-Hunsrück und die Frage einer obermitteloligozänen Meerestransgression über Teile des Hunsrücks (Rheinisches Schiefergebirge). - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., Jg. 1983, S. 505 - 512, Stuttgart

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 37

Anschrift der Autoren:

Dr. habil. Alfred O. Ludwig

Auf dem Kiewitt 12

14471 Potsdam

Dr. habil. Günther Schwab

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

14532 Kleinmachnow