

	INHALT	CONTENTS	Seite
SCHWAB, G.	Vorwort	Preface	3
GRÜNTAL, G., MEIER, R.	Das "Prignitz"-Erdbeben von 1409	The "Prignitz"-earthquake of 1409	5
MEIER, R., FRANZKE, H. J.	Das Erdbeben "Prignitz 1409" im Lichte der tektonischen Analyse des Ruptursystems in der Pfarrkirche zu Wittstock	The "Prignitz"-earthquake of 1409 in the light of the tectonic analysis of the rupture system of the Parish Church of Wittstock	33
LUDWIG, A. O., SCHWAB, G.	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	Neogeodynamica Baltica – an international mapping project (IGCP-Projekt No 346). German contributions to the characterization of vertical movements since the beginning of the Rupelian (lower Oligocene), since the end of the Holstein-era respectively	47
FRISCHBUTTER, A., SCHWAB, G.	Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen in der Umrahmung der Ostsee-Depression. Ein Beitrag zu IGCP-Projekt Nr. 346 "Neogeodynamica Baltica"	Map of the recent vertical crustal movements in the surrounding area of the Baltic-Sea depression. A contribution to the IGCP-project No 346 "Neogeodynamica Baltica"	59
GRÜNTAL, G., STROHMEYER, D.	Rezentes Spannungsfeld und Seismizität des baltischen Raumes und angrenzender Gebiete – ein Ausdruck aktueller geodynamischer Prozesse	Recent stress field and seismicity of the Baltic area and adjoining areas – an expression of actual geodynamic processes	69
BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., FRANZKE, H. J., RAUCHE, H., DANNAPFEL, M.	In-situ-Spannungsmessungen in Thüringen und Sachsen	In-situ stress measurements in Thuringia and Sachsonia	77

Fortsetzung: 3. Umschlagseite

Titelbild: Zum Beitrag G. GRÜNTAL & R. MEIER: Das "Prignitz"-Erdbeben von 1409 (S. 5-27). Faksimile des Titelblattes der Handschrift von J. C. STEIN aus dem Jahre 1697.

Herausgeber: © Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Direktor: Dr. habil. Günther Schwab
Tel. (033203) 36600, Fax (033203) 36702

Redaktionsbeirat: Dr. habil. Günther Schwab, Dr. habil. Fritz Brose, Dr. Volker Manhenke, Dr. Peter Nestler, Dr. Volker Scheps, Dr. Werner Stackebrandt, Priv.-Doz. Dr. habil. Joachim Tiedemann

Redaktion: Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow

Verantwortlicher Redakteur: Dr. Gerhard Ehmke

Layout und Satz: Dipl.-Geol. Ulrich Wutzke

Erscheinungsweise: Die Schriftenreihe erscheint jährlich mit 1 bis 2 Heften. Preis dieses Heftes: 31,00 DM

Belichtung: KönigsDruck, Berlin

Druck: Druckhaus Schöneweide, Berlin

Printed in Germany

ISSN 0947-1995

Beiträge zur Neotektonik in Mitteleuropa

Kleinmachnow 1995

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 3	
----------------------------------	--------------	-------------	------	--

Vorwort

Die zunehmende Nutzung der Erde und ihrer Ressourcen, speziell ihrer Oberfläche als Lebens- und Bauraum, stellt heute neue und verantwortungsvollere Aufgaben an die Geowissenschaften im Rahmen der Daseinsvorsorge. Das betrifft insbesondere die Forderungen an einen tragfähigen und langfristig stabilen Untergrund für die Errichtung großer und sensibler Industriebauwerke.

Auch scheinbar so stabile Bereiche der Erdkruste wie das norddeutsche Tiefland leben im geologischen Sinne. Sie haben eine "bewegte" Erdgeschichte durchlaufen, deren Zeugnisse sich nicht nur in den abgelagerten Gesteinsformationen und ihren Strukturen wiederfinden, sondern die sich auch in jungen Bewegungen der Erdkruste äußert. Kontinuierliche, säkulare Hebungs- und Senkungsbewegungen großräumiger Krustenstrukturen – oft nur nachweisbar durch empfindliche geodätische Meßverfahren – oder Verschiebungen von Krustenblöcken entlang altangelegter tektonischer Schwächezonen gehören ebenso hierzu, wie sich spontan und diskontinuierlich in Form von Erdbeben lösende Krustenspannungen.

Zu den wichtigsten Aufgaben der Geowissenschaftler zählt, den Ursachen dieser Krustenbewegungen nachzugehen, deren Zeugnisse zu interpretieren und auf Intensität und Häufigkeit derartiger Ereignisse zu schließen.

Beispiele für diese Tätigkeitsfelder der Geowissenschaftler enthält dieses Heft: Historische Angaben über das Prignitz-Erdbeben vom Anfang des 15. Jh. werden überprüft und die Erdbebenhäufigkeit in Norddeutschland in den überregionalen Zusammenhang vom nördlichen Europa bis in den baltischen Raum gestellt. Ähnliches gilt für das rezente Spannungsfeld, für das einerseits geologische Nachweismöglichkeiten diskutiert, andererseits die auf unterschiedlichen Quellen beruhenden Daten zu einer Kartenübersicht zusammengetragen werden.

Mit Lösung von Krustenspannungen reagiert die Erdkruste im nördlichen Mitteleuropa auf die von außen, aus den

umgebenden aktiven Krustenzonen wirkenden Kräfte, sei es auf die Kompressions-(Einengungs-)Tektonik im Faltengebirgsgürtel von Alpen und Karpaten, sei es auf die Weitung des nordatlantischen Ozeans. Als dritte Komponente, die den jungen Bewegungszustand im Untersuchungsraum bestimmt, kommen isostatische Ausgleichsbewegungen im ehemaligen quartären Vereisungsgebiet hinzu. Ihre Auswirkungen sind durch die heute noch andauernde Herauswölbung des Fennoskandischen Schildes nachweisbar. Dagegen haben die Einsenkungen der Ostsee-Depression und des norddeutschen Tieflandes, wie sie uns die Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen veranschaulichen, komplexere Ursachen. Sie zu analysieren, setzt die Kenntnis der erdgeschichtlichen Prozesse voraus, auf deren jüngsten, känozoischen Abschnitt ebenfalls in einem Beitrag dieses Heftes eingegangen wird.

Eine gute Möglichkeit, die jungen Erdkrustenbewegungen im norddeutschen Tiefland in einen größeren Rahmen zu stellen, bot die Mitwirkung von Mitarbeitern der Geologischen Landesämter von Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Schleswig-Holstein, der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover sowie des GeoForschungsZentrums Potsdam am Projekt Nr. 346 "Neogeodynamica Baltica" des Internationalen Geologischen Korrelationsprogrammes (IGCP) der UNESCO/IUGS. Zu dessen Zielsetzung gehört u. a. die Zusammenstellung einer Kartenserie der "Ostseedepression und angrenzender Gebiete", die eine Übersicht über den jungen, neotektonischen Bewegungszustand der Kruste in diesem Gebiet ermöglichen soll. Ergebnisse der deutschen Gruppe zu diesem Projekt werden in einigen Beiträgen dieses Heftes vorgestellt.

Dr. G. Schwab
Kleinmachnow, im Dezember 1995

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 5 – 27	4 Abb., 1 Tab., 115 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	-----------	--------------------------

Das “Prignitz”-Erdbeben von 1409

GOTTFRIED GRÜNTAL & RUDOLF MEIER

1. Jüngere Interpretationen

Einzelne, markante Erdbeben können in Regionen mit sehr geringer Bebenaktivität bereits maßgeblich zur Beurteilung des seismischen Gefährdungspotentials beitragen. Die stärksten Ereignisse sind hierbei von besonderer Bedeutung. Ganz besonders trifft dies auf das Norddeutsche Tiefland zu, dem Gebiet Deutschlands mit der geringsten seismischen Aktivität.

Gemäß der neueren, für EDV-Zwecke aufbereiteten Erdbebenkataloge Deutschlands von LEYDECKER (1986) und GRÜNTAL (1988) bzw. nach AHORNER u.a. (1970), sind die historischen Beben von

- Lüneburg 1323
- Wittstock bzw. Prignitz 1410
- Alfhausen 1770

die bedeutendsten durch schriftliche Überlieferung nachweisbaren seismischen Ereignisse im Norddeutschen Tiefland. Mittels moderner seismologischer Registriertechnik konnte als bedeutendstes das Beben von Soltau/Munster 1977 (LEYDECKER u.a. 1980) erfaßt werden.

Umfangreiche Quellenrecherchen von STEINWACHS (1983) und MEIER & GRÜNTAL (1992) haben zur Präzisierung der Kenntnisse über die Ereignisse von Lüneburg bzw. Alfhausen beigetragen. Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist insbesondere das Erdbeben von Wittstock 1410; im Mittelpunkt steht eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Quellen über dieses Ereignis und ihre Interpretation. Recherchen dieser Art sind schwierig, u. a. durch Quellenverluste oder Mißinterpretationen historischer Texte, und können in ihrem Ergebnis jeweils nur als gegenwärtiger Forschungsstand ausgewiesen werden. Ausgehend von den Angaben in den modernen Erdbebenkatalogen werden die überprüften und aufgefundenen Quellen bis zu zeitgenössischen Berichten zurückverfolgt.

Vorauszuschicken ist hier, daß sich das bisher als Prignitz-Beben von 1410 bezeichnete Ereignis tatsächlich bereits im Jahre 1409 ereignete, so daß im folgenden, wie bereits im Titel dieses Beitrages, von 1409 die Rede ist. Andererseits wird hier das vermeintliche Beben von 1412 im angeblich gleichen Gebiet ebenfalls behandelt, welches in einzelnen Seismizitätsfiles zwar noch als Beben geführt

wird, in neueren Seismizitätsbetrachtungen jedoch nicht mehr (z. B. GRÜNTAL und LEYDECKER 1993).

Die bisherigen, bis in jüngste Zeit verwandten Interpretationen zum Ort, Zeitpunkt und Stärke des Prignitz-Bebens gehen weitgehend auf die Beschreibungen im Bebenkatalog nach SIEBERG (1940) zurück; so auch die EDV-gerechten Parametrisierungen der Beben-tätigkeit nach LEYDECKER (1986), welcher als einzige Quelle zu 1410 SIEBERG (1940) nennt, oder GRÜNTAL (1988), wo zu den Prignitz-Beben des weiteren genannt werden: BEKMANN & BEKMANN (1751), BANDHOLTZ (1888), STEIN (1697), LENTZ (1750), KÜSTER (1733) und LUDEWIG (1727). Weitere bereits dort herangezogene Quellen konnten aufgrund des zum damaligen Zeitpunkt genutzten Datenformats im Katalogabdruck nicht erwähnt werden.

Die Zielstellung dieser ersten Generation EDV-gerechter Bebenkataloge war, das zur Zeit ihrer Kompilierung vorhandene Wissen zu einzelnen Beben möglichst lückenlos in eine computergerechte Form zu bringen, wobei jeder Bebeneintrag mindestens Angaben zum Zeitpunkt, zum Ort und zur Stärke enthalten mußte. Beide genannten Bebenkataloge nennen Erdbeben in der Prignitz mit Herd in der Nähe von Wittstock für den 23. August 1410 und einer Epizentralintensität I_0 von VII Grad der MSK-Skala sowie am 28. November 1412 mit $I_0 = V$. Bei GRÜNTAL (1988) wird zusätzlich in Form spezieller Parameter vermerkt, daß der Herdort nur sehr grob bestimmt werden konnte und der Fehlerradius zu beiden Ereignissen mindestens 30 km beträgt; zum Ereignis 1412 wurde weiterhin eingetragen, daß zu diesem deutliche Zweifel bestehen, wobei es künftigen Arbeiten vorbehalten wurde, zu einer Klärung beizutragen.

2. Quellensituation

2.1. SIEBERG und LERSCH sowie ihre Quellen

Der Erdbebenkatalog von SIEBERG (1940) umfaßt den Zeitraum von 58 n. Chr. bis 1799. Über das Prignitz-Erdbeben äußert sich SIEBERG (1940, S. 43, 44) wie folgt:

“1410, August 23. gegen 22h. Erdbeben in der *Mark Brandenburg*, mit Herd in der Prignitz. Zu Wittstock erhielt der hohe Turm der Stadtkirche St. Martin auf der Nordseite einen großen, gefährlichen Riß. Auch in Havelberg zeigten sich geringe Gebäudeschäden. Gefühlt bis zur Ostsee bei Lübeck. In Magdeburg

etwa IV-V, in Halle und anscheinend auch in Sachsen. [3] Diesem Erdbeben widmet ein gewisser *Jaspar Sarnovius* folgende, sicherlich stark übertriebenen Verse: 'Anno Milleno Centum quater addito deno / Non prius hoc legi, Sabbatho di Bartholomäi, / In noctis moram post undecimam fuit horam, / Hic terrae motus, Alemannis undique notus / Turres, Castra, Domos, rumpendo, movendo, cadendo / Sic perceptibilis, fortis et horribilis / Per breve tempus erat quando sic appareat.' *Barthons* Übersetzung derselben lautet: 'Im Jahre 1410, früher habe ich es nicht gelesen, am Festtag des Bartholomäus, zur Nachtzeit nach der elften Stund, erfolgte dieses allen Deutschen wohlbekannte Erdbeben, das durch Zerbrechen, Erschüttern und Zusammenfallen von Türmen, Burgen und Häusern trotz der kurzen Dauer so fühlbar, stark und schrecklich wirkte.'

1412, November 28. Abermals kräftiger Erdstoß in Havelberg und in der Prignitz. [1]"

In einer Kartenskizze, die SIEBERG (1940) in seinem Katalog für jedes Jahrhundert angibt, werden die Schüttergebiete der für die in der Prignitz lokalisierten seismischen Ereignisse der Jahre 1410 und 1412 angegeben (Abb. 1). Aus dieser Abbildung sind die Koordinaten des Bebens von 1410 z.B. durch GRÜNTHAL (1988) abgeleitet worden.

Als Quellen für seine Darstellung nennt SIEBERG unter [3] ein eigenes Manuskript, das bisher nicht aufgefunden wurde (vermutlich ist es verlorengegangen), und unter [1] den handschriftlichen Erdbebenkatalog von LERSCH (1897). Zu

diesem LERSCH-Katalog ist zu bemerken, daß SIEBERG ihn stets als neunzehnbändige Handschrift zitiert – tatsächlich dieser aber von SIEBERG offenbar selbst in nur 15 Bände unterteilt wurde. Von diesen Bänden ist der Band 3 für den Zeitraum von 1300 bis 1500 zwischen den Jahren 1978 und 1981 verlorengegangen – bis auf Kopien von zwei Textseiten. Die zweite dieser noch erhaltenen Textseiten endet mit der Eintragung zum Beben von 1410. Der Text bei LERSCH lautet wie folgt:

"1410.23. Aug. Abends 10. E. (E. – Erdbeben; Anmerkung der Autoren) von Preußen her durch die Mark u. den Seestädten bis Lübeck, was der westlichste Punkt gewesen zu sein scheint.* Zu Magdeburg dem südlichsten Punkte, noch ziemlich heftig. Zu Wittstock in der Priegnitz barst der Turm von oben bis unten. 'Hic, motus undique notus' sagt Fabr. Sarnov (Klöden). Nach and. Nachr. am 14. oder 24. Aug. 1409 E. zu Magdeburg u. Umgegend mit großem Sturm u. nach Stiebritz 1409 E. zu Halle. 23. Aug. 1410 war Samstag, N. Bartholomä Abend. Zu Havelberg, die Thürme rissen, es war Samstag, N. Barthol. (also Vorabend) Nachts u. 11. (Catal. Havelberg. episc. Ludewig Reliqu. Manusc. 1727)

* Zentr. 53 N. Br., 30 L. Ferro Wittstock, Havelberg, fast 2 Breitengrade sich erstreckend vgl. 1412, 22. Nov."

Die Angaben zu 1412 bei LERSCH befanden sich in dem verlorengegangenen Teil. SIEBERG legt das Epizentrum für das Hauptereignis in die Prignitz, LERSCH ist darin

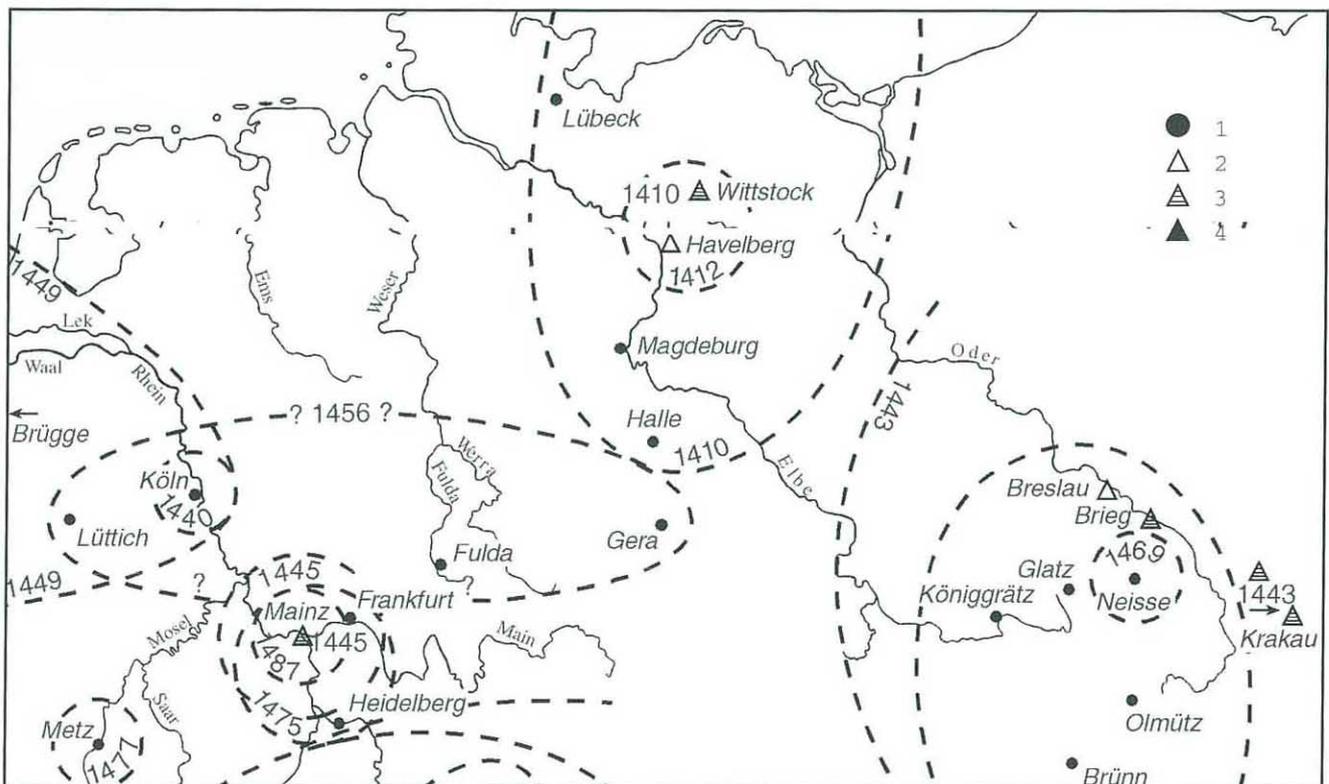


Abb.1

Übersicht über die Beben und ihre vermuteten Schütterreichweiten des 16. Jahrhunderts – Ausschnitt aus Abb. 9 bei SIEBERG (1940). Die Jahreszahlen an den Schütterreichweiten geben das betreffende Jahr der Beben an. Der norddeutsche Raum wird nach dieser Abbildung durch die Beben der Prignitz bestimmt.

Zeichenerklärung (nach SIEBERG): 1 – Ort im Schüttergebiet, wo ein entsprechender Erdstoß wahrgenommen wurde (ohne nähere Angaben oder schadlos), 2 – leichte Gebäudeschäden, 3 – kräftige Gebäudeschäden, 4 – leichte Zerstörungen.

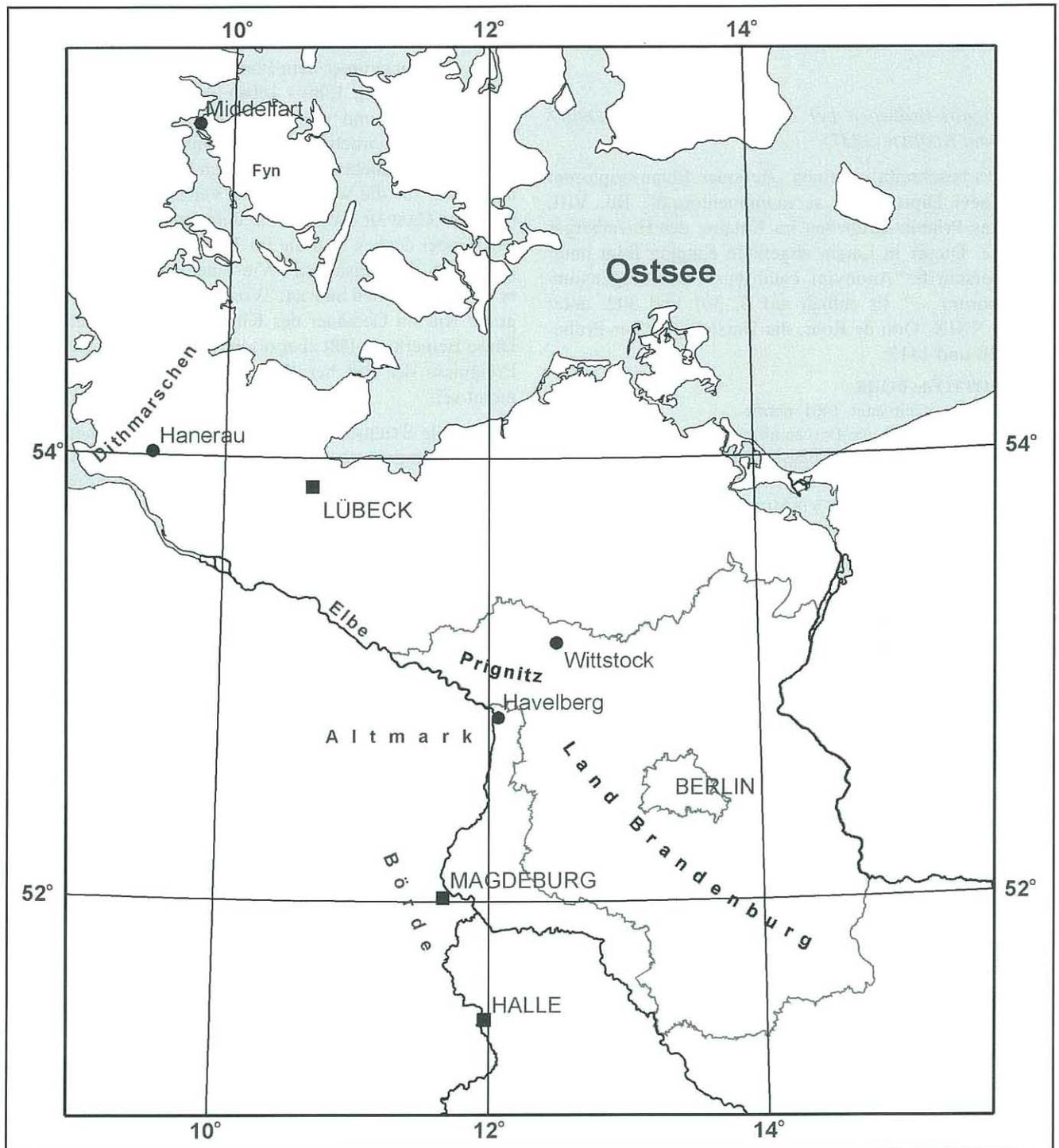


Abb. 2 Ortsangaben, die in den Quellen zum Prignitz-Erdbeben erwähnt werden

unbestimmt. Das Schüttergebiet reicht bei SIEBERG bis Halle oder eventuell nach Sachsen als südlicher Begrenzung, LERSCH sieht in Magdeburg den südlichsten Punkt. Bezüglich der Schäden weisen beide auf Wittstock und Havelberg, dabei ist der angegebene Schaden für Wittstock unterschiedlich intensiv, für Havelberg offenbar unterschiedlichen Gebäuden zugeordnet. SIEBERG nimmt in seiner in Abb. 1 wiedergegebenen Interpretation der Prignitz-Beben mit Herden zwischen Wittstock und Havelberg für Wittstock selbst kräftige Gebäudeschäden und für

Havelberg leichte Gebäudeschäden an. Die makroseismischen Intensitäten, die sich diesen Angaben zuordnen lassen, wären VI Grad für Havelberg sowie VII Grad für Wittstock. Eine Kartendarstellung mit sämtlichen Ortsangaben, die in den hier behandelten historischen Quellen genannt werden, wird in Abb. 2 gegeben.

Aus SIEBERG und LERSCH ergeben sich Hinweise auf ältere Quellen. Beide erwähnen SARNOVIUS bzw. SARNOV, den Verfasser in Latein abgefaßter Gedichte, für den LERSCH eine Quelle andeutet (KLÖDEN) und SIEBERG die Überset-

zung für die SARNOVIUS zugeschriebenen Verse liefert. Darüber hinaus weist LERSCH auf STIEBRITZ und LUDEWIG hin.

Das Prignitz-Erdbeben bei LUDEWIG (1727), STIEBRITZ (1772) und KLÖDEN (1837)

LUDEWIG beschreibt in seinen „Reliquae Manuscriptorum omnis aevi Diplomatum ac monumentorum“, Bd. VIII, 1727, das Prignitz-Erdbeben im Katalog der Havelberger Bischöfe. Dieser in Latein abgefaßte Katalog folgt unter der Überschrift „Anonymi catalogus Havelbergensium Episcoporum ...“. Er enthält auf S. 301 und 302, unter Kapitel XXIX, Otto de Rohr, die Darstellung über Erdbeben 1410 und 1412:

“XXIX. OTTO de ROHR

a pontifice Bonifacio anno 1401. confirmatus obiit anno 1427. die Priscæ uirginis. Hic itidem priuilegia Witstockiensia confirmauit; literæ ea de re datæ in castro Witstock anno 1401. die dominica proxima post festum sancti Michaelis archangeli sigillum ostendunt, uti est hic depictum. Anno Domini 1410. sabbatho die Bartholomæi & an. 1412. nocte Caeciliae temporibus huius Ottonis multas Germaniæ prouincias & in primis nostra loca, magnis terræ motibus fuisse conquassata testantur Casparis Sarnouii rhythmici barbariem priorum temporum redolentes:

XXIX.
OTTO de
Rohr.
1386

SIGILLVM
N. XX.
*Terræ
motus in
Germania
1410.
1412.
Sarnouii
rhythmici.*

Es folgen die bereits bei SIEBERG (1940) wiedergegebenen Verse des SARNOVIUS zum Ereignis von 1410. LUDEWIG fährt dann mit bisher hier nicht erwähnten Versen zu 1412 sowie einem Nachsatz zu einem großen Riß in einem Kirchturm fort.

Similiter:

*Anno milleno centum quater addito duodeno
Nocte Coeciliae, patuit timor undique uitae,
Horridus instabat boreas, fortissime flabat,
Terra tremiscebatur, ex hoc homo quisque terretur,
Castra, domos, muros tres fecit esse casuros,
Pinnacula summi ceciderunt huius theatri,
Ligna ruunt nemorum, nudantur tecta domorum.
Da nobis Christe, quod abest longe dolor iste.*

*Terræ motus hi dicuntur in causa fuisse, ut
murus in turri templi notabilem fissuram acceperit.”*

Die Übersetzung lautet:

Im Jahre 1412, in der Cäcilien-Nacht ging die Furcht umher und dem Leben folgte Schreckliches und der Nordwind blies stark. Die Erde erzitterte. Aus der Stadt blieb keiner des Schreckens bar, Lager, Häuser, Mauern, mehrere Hütten und die höchsten Spitzen des Ortes des Geschehens stürzten nieder. Die Bäume der Wälder stürzten. Die Dächer der Häuser wurden entblößt. Christus gib uns, daß dieser Schmerz lange abwesend bleibe.

LUDEWIG deutet mit der Überschrift „Anonymi catalogus Havelbergensium Episcoporum ...“ an, daß er den Havelberger Bischofskatalog einer anonymen Quelle entnommen hat, wobei unklar bleibt, wie er diese verarbeitet hat. Wir gehen zunächst davon aus, daß ein älterer Text vollständig von LUDEWIG übernommen wurde, lassen aber

offen, ob dieser bereits in Latein verfaßt war. LUDEWIG teilt im ersten Teil von Kapitel XXIX mit, daß Otto de Rohr (Otto von Rohr) unter dem Pontifikat von Bonifacius (das ist Bonifacius IX., 1389 - 1404) als Havelberger Bischof geweiht wurde und was sich während seiner Herrschaft ereignete. Hervorhebenswert sind ihm bzw. dem anonymen Autor Erdbeben in Deutschland in den Jahren 1410 und 1412, für die wiederum die Verse eines SARNOVIUS, nunmehr CASPAR SARNOVIUS, unterstreichend zitiert werden. Dabei decken sich die im Text und in den Gedichten genannten Ereigniszeiten. Wie eine Erläuterung schließt er an die Verse den Satz an: „Von diesem Erdbeben soll der große Riß im Gemäuer des Kirchturms entstanden sein“. Diese Bemerkung läßt aber offen, von welchem der beiden Ereignisse der Riß herrührt und welcher Kirchturm gemeint sei.

Die Quelle STIEBRITZ (1772) ist von verschiedenen späteren Autoren genutzt worden. GIEBEL (1872, S. 234) zitiert STIEBRITZ, welcher die Chronik des JOHANN CHRISTOPH von DREYHAUPT in Auszügen herausgab sowie fortsetzte, wie folgt:

“... Professor Stiebritz ... bringt im I. Theil S. 711 fg. darüber nachstehenden Artikel: ‘so hat denn Halle und die umliegende Gegend verschiedene mahlen Erdbeben erfahren. Dergleichen lehret uns die Geschichte von 1012, 1088, 1409 und 1578...’”

Nicht auszuschließen ist, daß SIEBERG (1940) diese Information kannte, gleichgültig, ob von GIEBEL oder einer weiteren Sekundärquelle, und sie für die Bestimmung des Schüttergebietes nutzte. Warum SIEBERG die bei STIEBRITZ für ein seismisches Ereignis angegebene Jahreszahl 1409 unbeachtet ließ, soll erst in anderem Zusammenhang interessieren.

KLÖDEN (1837) behandelt das Prignitz-Erdbeben in verschiedenen Zusammenhängen. Die ausführlichste Darstellung enthalten seine “Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg” (1837, S. 42 - 44):

“Nicht eher, als im Jahre 1410 wird in diesen Gegenden eines Erdbebens gedacht. Es war am 23sten August, wo sich ein heftiger Sturm erhob, und große Verheerungen anrichtete. Er tobte bis in die Nacht hinein. Um 11 Uhr erfolgten die Erdstöße innerhalb einer Zeit von drei Paternostern Länge. Die Erschütterung hatte etwas Aehnliches mit dem Schütteln oder Hubbern eines schwitzenden Pferdes. Die Häuser zitterten, die Fenster klapperten, in der Magdeburger Börde fielen die Hühner hin und wieder von ihren Sitzen herunter. Es hatte sich von Preußen her durch die Mark bis Magdeburg und zu den Seestädten bis Lübeck erstreckt. In Magdeburg, dem, wie es scheint, südlichsten, und in Lübeck, dem westlichen Punkte des Erschütterungskreises, war es noch ziemlich heftig gewesen. In der Prignitz war es sehr bedeutend, so daß das Gemäuer des Thurmes zu Wittstock eine große Borste von oben bis nach unten erhielt. Der damals lebende Jaspas Sarnouius daselbst verewigte die Begebenheit in folgenden Versen:

(Hier folgen erneut die bereits bei SIEBERG (1940) zitierten Verse zu 1410.)

Die übereinstimmenden Berichte aller Chroniken jener Zeit lassen an der Thatsache nicht zweifeln. Sie stimmen in Tag und

Stunde überein, nur geben einige ein Jahr früher an, was auch bei anderen Begebenheiten bekanntlich nicht selten ist; in der Beschreibung des Ereignisses stimmen sie so gut zusammen, daß man ihnen nothwendig glauben muß. Auch wußten sie wohl, was sie behaupteten, denn ausdrücklich wird bemerkt, man habe sich damals gar sehr darüber gewundert, daß in diesen Gegenden Erdbeben entstehen könnten, da doch keine Vulkane oder Schwefelberge in der Nähe wären. – Der Sturm hielt bis nach 2 Uhr in der Nacht an, nachdem er acht Stunden lang gedauert hatte.^{*)} Die sehr verständlich geführte Lübecksche Chronik ist bei den Angaben über dieses Erdbeben besonders schätzbar.

Im Jahre 1412 am 21sten September erhob sich gegen Abend wieder ein heftiger Sturm, und wüthete die ganze Nacht (die der heil. Cäcilia) hindurch. Er durchtobte das ganze nördliche Deutschland, Preußen, Polen und Rußland und that ungeheuren Schaden. In der Priegnitz behauptete man, bei dem Sturme zugleich ein Erdbeben deutlich bemerkt zu haben. In Wittstock war der Giebel des Kaufhauses herabgeworfen worden. Jaspas Sarnovius fertigte darauf folgende Verse an:

(Hier fügt KLÖDEN die schon bei LUDEWIG (1727) zitierten Verse zu 1412 an.)

Das stürmische Wetter hielt, wenn auch nicht in solcher Stärke, vierzehn Tage an.^{**)}

Aus anderen Gegenden wird von einem Erdbeben nichts gemeldet. Fand ein solches statt, so scheint es doch nur auf die Priegnitz beschränkt gewesen zu sein."

KLÖDEN öffnet durch diesen Text und zugehörige Fußnoten den Zugang zu weiteren Quellen:

* Detmar's (Lübecksche) Chronik bei Grotuff, Tbl. II. S. 506. Küsteri Opuscul. T.II.p.83.84. Beckmann Beschreib. der Mark Brandenburg Tbl. III.Kap.I.S.506. Magdeb. Schöppenchronik S. 444 ad a. 1409. Rathmann's Gesch. v. Magdeburg, Bd.III. S.21 f. Niedersächs. Chronik in Abel's Sammlung S.208. Spangenberg's sächs. Chronik, S.513. Dresser's sächs. Chronik S. 395.

** Küsteri Opuscul. T.II.P.XIII.p.83. Beckmann Beschreib. der Mark Brandenburg, Tabl. V.Bd.II.Kap.VII.S.260. Dresser's sächs. Chronik, S.398. Leibnitzii Script. Brunsv. T.III.p.595."

Der Text selbst äußert sich über die Zeit des Prignitz-(Haupt-)ereignisses, beschreibt überzeugend makroseismische Wahrnehmungen, teilweise auf Magdeburg und die Magdeburger Börde beziehbar. Magdeburg wird ("wie es scheint") bei ihm zum südlichsten und Lübeck zum "westlichen Punkt des Erschütterungskreises".

SARNOVIUS, nun als JASPAR SARNOVIUS bezeichnet, wird als "damals lebend" mit dem bereits bei SIEBERG (1940) zitierten lateinischen Gedicht als Zeit- und Ortszeuge eingeführt und die "Lübecksche Chronik" als verständlich geführte Aufzeichnung hervorgehoben.

Sieht man von den theoretisierenden Gedanken über Erdbebenursachen ab, die in ganz ähnlicher Weise bereits bei einer Vielzahl von Autoren vor KLÖDEN nachweisbar sind, so scheinen im ersten Teil der KLÖDENschen Darstellung drei Wahrnehmungsgebiete deutlich zu werden: Magdeburg/Magdeburger Börde, die Prignitz und über den Hinweis auf eine Lübecker Chronik Teile der Ostseeküste.

Mit einiger Vorsicht und mit Einschränkungen wird das Ereignis von 1412 von KLÖDEN als ein mögliches und nur in der Prignitz wahrgenommenes Erdbeben gedeutet. Bei SIEBERG (1940) ist es (bereits) ein seismisches Ereignis,

bei LERSCH (1897) könnte aus der kurzen Anmerkung geschlossen werden, daß er ein solches angenommen hat.

Nicht unerwähnt bleiben soll hier der historische Roman "Die Quitzows und ihre Zeit", in dem KLÖDEN (1846, S. 512-513) sehr plastisch das Bebenereignis von 1409 verarbeitet und die Handlung auf der Burg Plaue bei Brandenburg ansiedelt. Es sei dazu betont, daß diese Schilderung, bis auf die Tatsache eines Erdbebens zur besagten Zeit, einzig und allein der dichterischen Freiheit zuzuordnen ist – also nicht von überlieferten Wahrnehmungen in Plaue/Havel auszugehen ist. Wir erwähnen diesen Bezug, um lokal- historisch geprägte Auffassungen richtigzustellen.

Ohne die Details der Verbindungen von SIEBERG zu LERSCH und von diesen Autoren zu KLÖDEN analysieren zu wollen, wird deutlich, daß SARNOVIUS eine Kronzeugenrolle für das Prignitz-(Haupt-) Ereignis zu spielen scheint, die jedoch auch KLÖDEN nur unvollständig aufzuklären vermag.

Mit den bei KLÖDEN angegebenen Quellen gelingt es, der Frage nachzugehen, wer der Autor des (angeblich anonymen) Havelberger Bischofskatalog ist, wer SARNOVIUS war, wann er lebte und aus welchen Quellen er schöpfte. Darüber hinaus eröffnet sich über KLÖDEN der Zugang zu den weiteren Teilen des Schüttergebietes des Prignitz- oder norddeutschen Erdbebens. Um das Quellen-Puzzle übersichtlicher zu gestalten, werden im folgenden die Quellen ihren vermutlichen Entstehungsgebieten zugeordnet, d.h. Quellen aus der Mark Brandenburg, aus dem mitteldeutschen, dem norddeutschen und dem dänischen Raum.

2.2. Märkische Quellen seit 1697

2.2.1. BEKMANN & BEKMANN (1751) und LENTZ (1750)

Von der bereits genannten Fußnote bei KLÖDEN führt der Weg zu BEKMANN & BEKMANN (1751). Hier findet sich (1751, S. 505 - 506) unter dem Stichwort Erdbeben die folgende Darstellung:

"XIV. Erdbeben entstehen von den Untererdischen Winden welche ihren ausgang suchen, und wann sie keinen finden können, die Erde in die höhe heben und erschüttern, wie den Naturkündigern bekannt ist, dergleichen in unserem Lande, weil man darin von keinen untererdischen hölen und kluften weiß, in welchen sich die Winde verhalten könnten, selten, auch von keinem sonderbahnen belang gespühret werden. Jedoch erzehlet Angelus II. B. s. 59. daß A. 997. an der Elbe, in dem Magdeburgischen, und in der Altmark ein grosses Erdbeben gewesen, daß auch A. 1345. den 25 Jan. überall in Teutschland ein solches, und zwar überaus grosses geschehen, wodurch viel Stäte, Schlösser und Dörfer schaden bekommen. Angelus II. B. s. 151. Worunter er ohne zweifel die Mark mit begriffen. Ingleichen erzehlet der Havelb. Secretarius Stein in seiner Chronike der Havelberg. Bischöfe, daß A. 1410. Sonnabend auf Bartholomaei, und A. 1412. in S. Caecilien nacht dieser orten herum, und weiter in Teutschland dergleichen Erdbeben zugetragen, füget auch eines Jaspas Sarnovii, wiewohl nicht zum besten lautende verse dabei:

(hier folgen erneut die bereits bei SIEBERG (1940) zitierten Verse zu 1410 sowie diejenigen bei LUDEWIG (1727) zu 1412)

Woraus zugleich zu ersehen, daß durch dieses Erdbeben die Giebel von dem Kaufhause zu Wittstock niedergeworfen worden. Welchem Steinius noch beifügt, daß von demselben auch die grosse Borste in dem gemauer des Kirchthurms zu Wittstock entstanden, welche auch noch zu sehen, und nach dem letzten Brande dieses Thurms neu eingeschmieret ist."

BEKMANN & BEKMANN bieten mit ihrem Text für die Prignitz-Ereignisse bereits bekannte, verwirrende und neue Informationen. Neu ist der Verweis auf den "Havelberg. Secretarius Stein" als Autor "seiner Chronike der Havelb. Bischöfe" und auch die konkreten Gebäuden in Wittstock zugeordneten Schäden, auf die Art der Schäden, und deren Beseitigung nach dem "letzten Brande". Unklar bleibt, woraus die Autoren ableiten, daß die "Giebel von dem Kaufhause zu Wittstock niedergeworfen" wurden. Verwirren muß weiterhin, daß BEKMANN & BEKMANN nach Erwähnung von zwei Erdbeben und dem Zitat der beiden Gedichte von SARNOVIUS in der Einzahl "Woraus zugleich zu ersehen, daß durch dieses Erdbeben ..." ihre Schilderung abschließen. Vertiefende Einsichten wurden von LENTZ (1750) erwartet. Anders als BEKMANN & BEKMANN, die in Frankfurt/Oder wirkten, stammt LENTZ aus Havelberg oder der Umgebung Havelbergs und läßt daher einen engeren Bezug zu den historischen Ereignissen seines Herkunftsgebietes vermuten. LENTZ erwähnt Erdbeben in seiner Darstellung der Havelberger Bischofsabfolge (LENTZ 1750, S. 48):

"Zu seiner Zeit haben in Teutschland und auch in Havelberger District sich viel Erdbeben geäußert, darauf die von Sarnovio gemachten lateinischen Verse im Steinio angeführt werden. Von dem Erdbeben soll die große Borste in dem gemäuer des Kirchthurms entstanden seyn."

In diesem Text bezieht sich "zu seiner Zeit" auf den in Wittstock residierenden Bischof Otto I. (von Rohr). LENTZ nennt seine Quellen (SARNOVIUS und STEIN) und teilt ebenso wie schon BEKMANN & BEKMANN mit, daß der Bericht von SARNOVIUS in STEIN enthalten ist. Der örtliche Hinweis "auch in Havelberger District" bezieht sich auf das Bistum Havelberg, das weitgehend mit der Prignitz identisch war und dessen Bischöfe seit dem hohen Mittelalter vornehmlich in Wittstock residierten.

Bei LENTZ werden die uns aus den bisherigen Quellen bekannten zwei Erdbeben zu "viel Erdbeben". Welchem Ort der geschädigte Kirchturm zuzuordnen ist, bleibt in einem konkreteren Sinne offen, auch wiederholt sich der Übergang von "viel Erdbeben" zu "dem Erdbeben", das die "Borste" hervorgerufen hat.

Im Sinne von LENTZ, basierend auf STEIN und SARNOVIUS, sind die Zusammenhänge jedoch relativ eindeutig. Er schildert die Havelberger Bischofsabfolge, die in Wittstock ihren Sitz haben, und die Ereignisse werden, wie in der Zeit üblich, an den Bischofssitz gebunden. Dies wird allerdings späteren Autoren zum Verhängnis, die nicht berücksichtigen, daß der Sitz der Havelberger Bischöfe eben zu der Zeit Wittstock war und nicht Havelberg, worauf diese die vermeintlichen Schäden beziehen. Hierzu gehört z. B. ZÖLLNER (1893) in der Chronik der Stadt Havelberg (S. 298). Unbestimmtheiten wie bei LENTZ haben auch bei

SIEBERG (1940) und LERSCH (1897) zur Annahme von Schäden in Wittstock und Havelberg geführt.

Weitere Märkische Autoren des 18. Jahrhunderts (z. B. KÜSTER 1733) variieren das Thema "Prignitz-Erdbeben" unwesentlich und führen ebenfalls an die Schwelle STEIN/SARNOVIUS.

2.2.2. JOACHIM CONRAD STEIN 1697

Schließlich fand sich (unter freundlicher Mithilfe von Herrn Dr. DOST, Direktor des Ostprignitz-Museums Wittstock) eine Handschrift von JOACHIM CONRAD STEIN (s. Titelfoto) mit dem Titel:

"Epitome Historia, Episcoporum Havelbergensium, das ist eine kurze Beschreibung aller Bischöffe zu Havelberg, wie solche von Udone dem Ersten biß auff Joachimum Friedericum den Letzten den Bischöfflichen Stuhl nacheinander besessen haben."

Der Chronist, JOACHIM CONRAD STEIN, bezeichnet sich als "Rhats Verwandten und Secretario zu Wittstock" und gibt die Jahreszahl 1697 an.

Der Standort des hier verwandten Exemplars ist das Ostprignitz-Museum in Wittstock. STEIN hat sein Werk im Deutsch der Zeit und seines Lebensraumes geschrieben und zitiert Quellen in der jeweils verwendeten Sprache, also in Latein oder einer älteren deutschen Mundart. Er hat seine Bischofschronik mehrfach (vermutlich fünfmal) selbst kopiert. Das von uns genutzte Exemplar ist ohne Seitenzählung. Uns wichtig erscheinende Seiten der Handschrift, die sich auf die Prignitz-Erdbeben beziehen, geben wir als Abb. 3 (s. S. 11-13) wieder.

Im Vorbericht nennt STEIN seine Quellen:

- Ein altes Manuskript, "dessen Autor zu Zeiten Bischoff Johanni de Schlaberndorff gelebt haben muß". Nach STEINs eigenem Manuskript war Johannes von Schlaberndorff von 1501 bis 1521 Bischof in Wittstock.
- Ein Manuskript eines "Magister Henricus Haveckendahl, Inspector hieselbst, welcher im vorigen Seculo gelebt, im Kirchenbuche verzeichnet", der also im 16. Jahrhundert lebte.
- Alte Urkunden, "so im hiesigen Archiv Curiae vorhanden sind".

SARNOVIUS, obwohl von STEIN mehrfach im Text zitiert, wird im Vorbericht nicht als Quelle erwähnt, woraus abgeleitet werden könnte, daß SARNOVIUS zu STEINs Zeit in Wittstock noch einigermaßen bekannt war oder aber, daß SARNOVIUS' Schrift in einer der von STEIN genannten Quellen enthalten ist. Die von STEIN genannten Quellen und das Originalwerk von SARNOVIUS sind nach Mitteilung von Herrn Dr. DOST verloren.

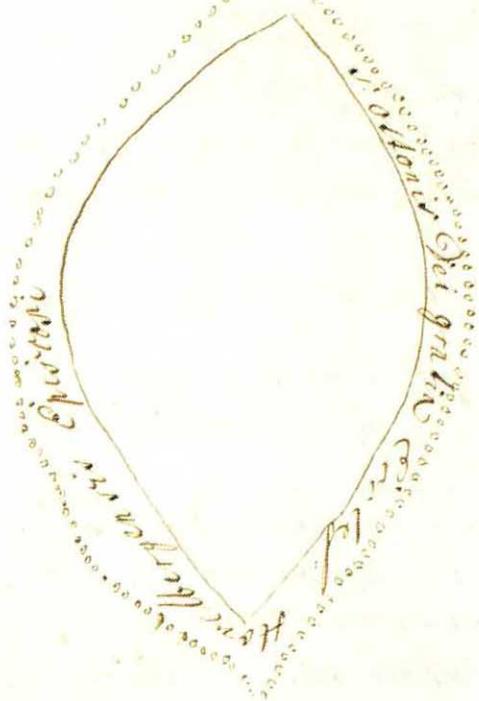
Das von STEIN mit einem zeitlichen Abstand von 287 Jahren zum Ereignis von 1410 begonnene oder wahr-

Abb.3 (S. 11-13)

Faksimile von Text-Abschnitten aus STEIN (1697) zum Prignitz-Erdbeben

Laßten. Ist geschrieben an. 1401. Fort Cathedra
 Petri, und wird noch heute mitten in Ebor
 sein Grab in der Kell'ruß aus Marmor d'ynen
 sein, daselbst zu Gastberg in der Kapell'ruß
 XXIX.

Ob die Schrift an: 1401. von Pabst Bonifacio
 confirmirt worden, und ist geschrieben an: 1407.
 In die prieta Virginis, die Confirmation so
 in der Stadt nachfolget hat, ist datirt in Castro
 Wistock Anno. D. 1401. Die Domini proxi-
 ma post festum. S. Michaelis Archang.
 Sub sigel ist als folgt.



Qui in ist' Bischoff' zu Ebor ist an: 1410. sabbath.
 Die Bartholm. und an: 1412. Norte Cecilia
 in dieser Ort an gewirkt und wirt in Ebor
 Ebor ein groß' Gedebou gewirkt, In dem Jahr

Insuper Carnovius Ino Hagenolt folgen In Hist.
mibi barbarium priorum temporum recollen.
tes Gintrola Pan

Anno milleno sentum quater ad dno
Non prius hoc legi sabbatho die Bartholmai
In noctis morari per sua detrima fuit horum
Hic terra molis, Memmanni indignos
Turres, contra, Tomos, rampendo, movendo, cadendo
sic peruptibilis, fortis et horribilis
per Breve tempus erat, quando hi apparent

Similiter
Anno milleno sentum quater, ad dno duo deno
Nocte fecidia, passit timor undiq Vita
Horridus in stabat Berca, fortissimi stabat
Terra tremiscebant, ex hoc homo quoy tercha
Castra, Tomos, muros, pres fecit et casuros
Pinnacula summi ceciderunt huius Alabri
Eigna ruunt nemorum, nudantur lecta domorum
Da nobis Perisite, quoda best longe dolo iste

Und non infam fad berbungoll die groß
Coost in dem Gmündt und die stoffen
ausstauden fröu.

Per derviu, in dario Decretis licentiat
ipsum Capitulum nro flet, in dno fignot in
Hetrvalru. An: 1421. nro fobru.
Lugoll die Bibliothec zu Gmündt
Obergüter Gmündt nro fobru.
Johannes a Brent ipsum Capitulum nro f
est, in dno subst Martino v. confirmat
uber abnsalß nro In Gmündt nro fobru
in octav. Nativit. Mariae. 1424.

scheinlich abgeschlossene Werk ist bereits in gut lesbarem Deutsch verfaßt worden. Nachgelesen werden kann unter Kap. XXIX (s. Abb. 3, S. 12 und 13):

“Otto de Rohr ist an: 1401. von Pabst Bonifacio confirmirt worden, und ist gestorben an: 1427. in die prisca Virginis, die Confirmation so Er der Stadt ertheilet hat, ist datirt in Castro Wittstock Anno. D. 1401. Die Domini proxima post Testam. S. Michaelis Archang. das Siegel ist also gestaltet.”

Es folgt die Darstellung des Siegels

“Zu dieses Bischoffs Zeiten ist an: 1410. Sabbath. Die Bartholm. und an: 1412. Nocte Caeciliae dieser Orten herumb und weiter in Teutschland ein groß Erdbeben gewesen, davon hat Caspar Sarnovius der Nachwelt folgende Rhythmos barbarium priorum temporum redolentes hinterlassen”

sowie die zwei bereits genannten lateinisch verfaßten Gedichte von SARNOVIUS. STEIN schließt den Bericht über Erdbeben im Kap. XXIX mit dem Satz:

“Und von diesem Erdbeben soll die große Borste in dem Gemäuer des Kirchen Thurms entstanden seyn.”

Angekommen bei STEIN wird erkennbar, was dieser und SARNOVIUS über die Ereignisse vom Beginn des 15. Jahrhunderts noch wissen, was die vollständig oder teilweise auf STEIN fußenden Autoren weiterreichen und was schließlich davon bei SIEBERG (1940) ankommt, worauf schließlich moderne Interpretationen weitgehend fußen.

Daß in dieser Entwicklung LUDEWIG (1727) STEINS Katalog der Havelberger Bischöfe einem anonymen Autor zuschreibt, dessen deutschen Text fast wörtlich ins Lateinische übersetzt, aber STEINS Zitate in der jeweiligen Originalsprache beläßt, ist ein irritierender Höhepunkt in den märkischen Quellen, insbesondere bei Beachtung des geringen zeitlichen Abstands zwischen den Entstehungszeiten beider Arbeiten. Es ist sehr wohl anzunehmen, daß LUDEWIG den Autor STEIN kannte, die Spur zu diesem absichtlich verwischte.

Tab. 1 faßt die Aussagen der märkischen Quellen über die Zeitpunkte der Ereignisse von 1410 und 1412, über die darin genannten Orte ihrer Wahrnehmung und die enthaltenen Schadensangaben in chronologischer Folge zusammen und erlaubt den Vergleich mit den jüngeren Quellen, die nicht allein auf den märkischen Darstellungen fußen, wie KLÖDEN (1837), LERSCH (1897) und SIEBERG (1940).

Im Ergebnis stellen wir zunächst die in verschiedenen Quellen in Verbindung mit dem Bartholomäus- und dem Cäcilientag genannten Daten richtig. Es handelt sich um den 24. August 1409 (im Falle des Jahres 1410 der 23. August) bzw. um den 22. November 1412 (GROTEFEND, 1984). Diese Datenangaben wurden von Herrn Dr. FELBER, bis 1989 Betreuer des Grundkalenders im damaligen Zentralinstitut für Astrophysik in Potsdam, überprüft und dahingehend bestätigt, daß der Bartholomäustag 1409 auf Samstag, den 24. August, fiel.

Im übrigen ergibt sich:

SARNOVIUS ist sehr wahrscheinlich in Wittstock ansässig gewesen, er war aber kein Zeitzeuge und kein Ortszeuge. STEIN (1697) berichtet in seiner Havelberger Bischofs-

chronologie von einem historischen Vorgang des Jahres 1580 und zitiert darüber ein weiteres lateinisch verfaßtes Gedicht von SARNOVIUS, dessen Lebenszeit etwa in die Mitte bis zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts fallen dürfte. Er verarbeitet dichterisch Ereignisse, die, wie die “seismischen Ereignisse” von 1410 oder 1412, auch lange zurückliegen können.

SARNOVIUS stellt in seinen Gedichten die Ereignisse von 1410 und 1412 sehr vorsichtig dar. Dabei ist das Ereignis von 1410 wohl ein Erdbeben gewesen, aber es kann sich auch vor 1410 ereignet haben (1410, früher habe ich es nicht gelesen). Im zweiten Gedicht berichtet er über ein Sturmereignis aus dem Jahre 1412.

STEIN (1697) sagt nicht, daß es in der Prignitz ein Erdbeben gegeben habe, sondern “dieser Orten herumb” und “weiter in Teutschland”. Mit einem zeitlichen Abstand von etwa 287 Jahren folgert er vorsichtig, daß von “diesem Erdbeben” die große Borste des Kirchturms herrühren soll.

LUDEWIG (1727) übersetzt STEIN fast wörtlich ins Lateinische, verwischt jedoch die Spur zu STEIN, indem er dessen Bischofschronologie einem anonymen Autor zuschreibt.

LENTZ (1750) spricht von “viel Erdbeben” in Deutschland und im Havelberger Distrikt, übernimmt die “große Borste” von STEIN, scheint aber jeden lokaleren Bezug hinsichtlich des Schadens zu vermeiden. Für den Zeitgenossen indes dürfte verständlich gewesen sein, daß LENTZ mit “Havelberger District” das Bistum Havelberg meint und den Schaden dem Bischofssitz Wittstock zuordnet.

BEKMANN & BEKMANN (1751) übernehmen von STEIN “dieser Orten herumb und weiter in Teutschland”, ordnen die in beiden Gedichten von SARNOVIUS allgemein beschriebenen Schäden einem Erdbeben zu (“... durch dieses Erdbeben”) und fokussieren die Schäden auf Gebäude in Wittstock.

KLÖDEN (1837) spricht von Erdbeben “in diesen Gegenden”, ordnet die Borste einem Turm in Wittstock zu, ist unsicher, ob es 1412 ein Erdbeben gegeben hat, falls sich ein solches ereignet habe, sei es wohl nur in der Prignitz wahrgenommen worden.

LERSCH (1897) nimmt für 1410 einen geborstenen Turm in Wittstock, gerissene Türme in Havelberg an.

SIEBERG (1940) konstatiert einen großen gefährlichen Riß in der Stadtkirche zu Wittstock, gerissene Türme in Havelberg.

2.3. Märkische Quellen vor 1697

Für die Mark Brandenburg gibt es spätmittelalterliche und frühneuzeitliche Autoren, die die Ereignisse ihrer Zeit aufzeichneten und eine Reihe von Chroniken unterschiedlicher regionaler Bedeutung und zeitlicher Reichweite. Sie liegen teilweise noch als Handschriften oder frühe Drucke vor und wurden von späteren Autoren in Quellensammlungen von unterschiedlicher Vollständigkeit zusammengestellt. Nur einzelne solcher Quellen wurden einer modernen historischen Einzelbearbeitung unterzogen.

Ältere Autoren berücksichtigt u. a. RIEDEL (1862) in seinem Codex diplomaticus Brandenburgensis, so z. B.

– ERNST BROTHOFF (um 1556): "Genealogia und Chronika des durchlauchtigen Hochgeborenen Königlichen und Fürstlichen Hauses der Fürsten zu Anhalt, Graven zu Ballenstedt und Ascanien ..." mit Verzeichnis verschiede-

ner Chroniken (u. a. Brandenburg-Brietzense Chronik)

– MATHIAS DÖRING (oder DERING), der etwa ab 1420 als Barfüßermönch von Thüringen kommand in Kyritz (Prignitz) nachweisbar ist und dort 1469 verstirbt, also in unmittelbarer Nachbarschaft zu den "Erdbebenepizentren" seßhaft wird und die Zeitereignisse dokumentiert.

Tab. 1

Zusammenfassung von Aussagen märkischer Quellen über "seismische Ereignisse" zu Beginn des 15. Jahrhunderts in der Prignitz im Vergleich zu jüngeren Autoren

Autoren	Zeitpunkt der Ereignisse	Ort der Wahrnehmungen	Schadensangaben
SARNOVIUS, zwei Gedichte bei STEIN 1697	1410 Sonnabend Bartholomäustag, nachts 23 h	... allen Deutschen wohlbekannt	Zerbrechen, Erschüttern und Zusammenfallen von Türmen, Burgen und Häusern ohne örtlichen Bezug; Lager, Häuser, Mauern, mehrere Hütten und die höchsten Spitzen des Ortes des Geschehens stürzten nieder
	1412 Nacht des Cäcilien(tages)	... der Nordwind blies stark. Die Erde erzitterte. Aus der Stadt blieb keiner des Schreckens bar.	
STEIN 1697	1410 Sonnabend Bartholomäustag	Dieser Orten herumb und weiter in Teutschland (ohne Bezug auf eines der beiden Ereignisse)	"von diesem Erdbeben soll die große Borste in dem Gemäuer des Kirchen-Thurms entstanden seyn"
	1412 Nacht des Cäcilien(tages)		
LUDEWIG 1727	1410 Sonnabend Bartholomäustag	Deutschland	"Von diesem Erdbeben soll die große Borste im Gemäuer des Kirchturms entstanden sein" (übersetzt aus dem Lateinischen)
	1412 Nacht des Cäcilien(tages)		
LENTZ 1750	Zur Zeit des Bischofs Otto I. "viel Erdbeben"	"in Teutschland und in Havelberger District"	"... große Borste in dem gemäuer des Kirch-Thurms ..."; ohne direkten Bezug auf den Ort
BEKMANN & BEKMANN 1751	1410 "Sonnabend auf Bartholomaei"	"dieser Orten herum und weiter in Deutschland"	"... daß durch dieses Erdbeben die Giebel von dem Kaufhaus zu Wittstok niedergeworfen ..." und "von demselben auch die grosse borste in dem Gemauer des Kirchthurms zu Wittstok entstanden ..."; ohne Bezug zu einem der Ereignisse
	1412 "in S. Caecilien-nacht"		
KLÖDEN 1837	1410 23. August	in diesen Gegenden	Turm zu Wittstock erhielt große Borste von oben nach unten In Wittstock Giebel des Kaufhauses herabgeworfen
	1412 21. September	"In der Priegnitz behauptete man, zugleich ein Erdbeben deutlich bemerkt zu haben."	
LERSCH 1897	1410 08/23/ abends	Preußen, Mark Brandenburg, Lübeck, Seestädte, Wittstock etc.	Zu Wittstock barst der Thurm von oben bis unten. Zu Havelberg die Türme rissen keine Schäden
	1412 11/22 -	Wittstock, Havelberg	
SIEBERG 1940	1410 08/23/ 22 h	Mark Brandenburg, Prignitz, Wittstock, Ostsee, Lübeck, Magdeburg, Halle, Sachsen	großer gefährlicher Riß im Turm der Stadtkirche St. Martin in Wittstock, geringe Gebäudeschäden in Havelberg keine Schäden
	1412 11/28/ -	Havelberg, Prignitz	
LEYDECKER 1986	1410 08/23 22 h	Koordinatenangabe für die Epizentren der Ereignisse	Intensitätsangaben für beide Ereignisse (VII bzw. V)
	1412 11/28 -		

- PETER HAFFTITZ (HAFFTIZ)
- ENGELBERT WUSTERWITZ

Unter diesen und anderen Autoren ist DÖRING von besonderem Interesse. Obwohl nur wenige Kilometer vom angenommenen Epizentrum und relativ kurze Zeit nach dem Ereignis dort ansässig geworden, berichtet er nichts über ein Erdbeben in der Prignitz.

Des weiteren findet sich in den *Annales Anhaltini* (WASCHKE 1911), die in Zerbst verfaßt wurden, zwar zum Jahre 1408 eine Ausführung zum außergewöhnlich strengen Winter - aber kein Hinweis auf ein Erdbeben in den nachfolgenden Jahren.

Herr Prof. RIBBE (Freie Universität Berlin) stellte seine unveröffentlichte Neubearbeitung (1973) des "Microchronicon Marchicum" von PETER HAFFTITZ, eines Brandenburgischen Chronisten des 15. Jahrhunderts zur Verfügung. Hier wie auch in erhaltenen Handschriften von HAFFTITZ findet sich kein Hinweis auf Erdbeben in der Prignitz.

Der sich im 16. Jahrhundert betätigende und in Pritzwalk (Prignitz) gebürtige GARCAEUS (GARTZ) hinterließ in seinen "Successiones Familiarium" keine Nachricht über Erdbeben in der Prignitz (GARCAEUS ist als Rektor der Schule in Pritzwalk und später als Rektor einer Schule in der Stadt Brandenburg nachweisbar).

Das Fehlen jeder Notiz über Erdbeben in der Prignitz bei zeitgenössischen märkischen Autoren bzw. in Nachbarorten von Wittstock wirkenden oder aus diesen Orten stammenden Autoren des 15. und 16. Jahrhundert ist auffällig zu nennen. Aus unserer Recherche ergibt sich, daß Erdbeben in der Prignitz vor STEIN (1697) in den untersuchten Quellen, die wir sämtlich in das Literaturverzeichnis aufgenommen und, soweit es sich um Handschriften und Frühdrucke handelt, mit Standort und Signaturangabe gekennzeichnet haben, nicht erwähnt werden. Ein als stark vermutetes Beben hätte dagegen in Nachbarstädten von Wittstock, in Kyritz und Pritzwalk, bemerkt, im Gedächtnis bewahrt und von einem der zahlreichen Chronisten der Zeit aufgezeichnet werden sollen. Statt dessen erscheint es mit Bezug zur Prignitz erstmals mit 287 Jahren Abstand in einer Interpretation von Gedichten bei STEIN. Nicht übersehen werden kann, daß STEIN als offensichtlich gebildeter Mensch die Literatur seiner Zeit, wie sie uns in den nachfolgenden Abschnitten entgegentritt, teilweise kannte, sie verarbeitete, aus ihr, den Gedichten von SARNOVIUS und aus einem Riß im Kirchturm der Stadtkirche Wittstock vorsichtig auf ein Erdbeben als Ursache des Schadens schloß.

STEIN macht seine weitreichende Quellenkenntnis selbst deutlich. Wenngleich in einem anderen historischen Zusammenhang beruft sich STEIN in seiner Handschrift unter Kapitel VI. auf POMARIUS und WERNER (WERNERUS) und unter Kapitel XX. auf DRESSER (DRESSERUS), also auf mitteldeutsche Autoren, die rund einhundert Jahre früher wirkten als er. STEIN dürfte somit deren Berichte über ein Erdbeben 1409 im Magdeburger Raum gekannt haben.

Obwohl diese drei Autoren erst im nachfolgenden Kapitel

behandelt werden, soll bereits an dieser Stelle deren Bezug zu STEIN verdeutlicht werden. Unter Beachtung eines solchen Zusammenhangs wird die Dreiteiligkeit der Darstellungsweise von STEIN auffallend. Im ersten Teil wird mit "... dieser Orten herumb und weiter in Teutschland ..." eine Ähnlichkeit zu DRESSER ("... zu Magdeburg und 6. meil weges herumb ..."), zu POMARIUS ("... zu Magdeburgk und 6. Meile weges umbher ...") und zu WERNER ("... 6. Meilen umb Magdeburg ...") wahrnehmbar. Im zweiten Teil bieten die Gedichte von SARNOVIUS eine Schilderung der Ereignisse, die zudem von einem Wittstocker Bürger stammen, die STEIN jedoch nötigen, für das Hauptereignis das Jahr 1410 zu wählen. Schließlich folgt im dritten Teil der eigene auf die Borste weisende Zusatz.

2.4. Mitteldeutsche Quellen vom Beginn des 15. Jahrhunderts bis 1803

In zahlreichen Städten entwickelte sich eine mittelalterliche chronikale Literatur, die neben sonst dominierenden Bezügen zu weltlicher und kirchlicher Obrigkeit eigene Interessen deutlich werden läßt. Sie nimmt die Ereignisse bis in weite Entfernungen wahr und blüht nach Erfindung des Buchdrucks besonders auf. Wir versuchen, ihre Spuren bis an das Ereignis zurückzuverfolgen.

RATHMANN (1803, S. 21, 22) berichtet in seiner "Geschichte der Stadt Magdeburg ..." wie folgt über das Prignitz-Erdbeben:

"Im J. 1409 am 25. Aug. in der Nacht war zu Magdeburg und in der Nachbarschaft bey einem gewaltigen Sturm ein Erdbeben. Die Erschütterung hatte etwas Aehnliches mit dem Schütteln oder Hubbern eines schwitzenden Pferdes. Die Häuser zitterten, die Fenster klapperten, in der Börde fielen die Hüner hin und wieder von ihren Sitzen herunter; aber es that weiter nicht den geringsten merklichen Schaden. Man wunderte sich damals gar sehr, daß in diesen Gegenden Erdbeben entstehen könnten, da doch keine Vulkane oder Schwefelberge in der Nähe wären, welchen Naturkundiger schon damals das Entstehen der Erdbeben zuschrieben."

RATHMANN nennt den 25. August 1409 als Zeitpunkt des Ereignisses und weist in der Fußnote auf die Schöppchenchronik von Magdeburg hin. Das Beben sei mit starkem Sturm verbunden gewesen. Er drückt die angeblich schon um diese Zeit vorhanden gewesene Verwunderung über den Mangel an benachbarten Vulkanen und Schwefelbergen aus.

Bei CASPAR ABEL (1732) findet sich in seiner "Sammlung etlicher noch nicht gedruckter Alten Chroniken ..." 1732, S. 208, ausgedruckt ist 108, die knappe Eintragung:

"A. 1410. To Megdeborch was eyn grot Ertbeving in S. Bartholomaeus Dage achte Stunden langk."

Abweichend von anderen auf Magdeburg weisenden Quellen gibt ABEL das Jahr 1410, aber auch den Bartholomäus-tag an. Nicht eindeutig zu erkennen ist, ob das Beben (was schlicht unwahrscheinlich ist) acht Stunden gewährt oder in der achten Stunde stattgefunden haben soll.

DRESSER (1596) schreibt in seiner "Sechsischen Chronica", S. 395, unter anno 1409:

"Die nacht nach S. Batholomei tage ist zu Magdeburg und 6. meil weges herumb ein gros Erdbiden gewesen."

POMARIUS (1587) gibt in seinem "Summarischer Begriff der Magdeburgischen Stadtchronicken ..." 1587, Bogenkennzeichen S (keine Seitenzählung), folgende Darstellung:

"Anno 1409. ist die Nacht nach S. Bartholomaei tage zu Magdeburgk und 6. Meile weges umbher ein gros Erdbiden gewesen."

Die "Chronica des Hochlöblichsten keyserfreien Ertz und Primat Stiffts Magdeburg", 1584, Bogenkennzeichen Nij (keine Seitenzählung), des ANDREAS WERNER berichtet wie folgt:

"Anno Christi 1409, am Tage beati Bartholomei hub sich in und wol 6. Meilen umb Magdeburg ein erschreckliches Erdbeben degleichen zuvor nie erfahren worden."

In der "Mansfeldischen Chronica", Teil 1 "Von der Erschaffung und Austheilung der Welt", 1572, S. 355, schreibt CYRIACUS SPANGENBERG unter anno 1409:

"in der Nacht nach S. Bartholomes Tag / ist zu Magdeburg / und auff dem Lande herumb auff sechs meilen weit ein Erdbidden gewesen / den man auch an anderen Orten mehr bey einem Monde lang gespüret hat / mit ungestümmen Winden und Regen."

Magdeburger Schöppenchronik

Die Magdeburger Schöppenchronik reicht bis in die Zeit Kaiser Otto I. zurück und dürfte wenigstens teilweise im offiziellen Auftrag der Stadt geführt worden sein. Sie wird erstmals von JANICKE (1869) vollständig herausgegeben. Im Buch III, S. 327, heißt es:

"In dem 1400 und in dem 9 jare an der ersten nacht Bartholomei was ein ertbevinge to Magdeborch in der stad und umme de stad utwendich. de ertbevinghe quam mit einen groten sturme und anstote ... van swetes wegen schuddet. de hus beveden, de venster cleperden, und in der Borde etlikerwegen velen de honre van de balken, und schadede on nicht."

Vermerkt ist, daß an der gepunkteten Stelle im Original fünf Worte ausgefallen und später wie folgt ergänzt worden seien (kursiv):

"... dis kame mit einem großen sturme und anstos, *gleich wan sich ein pferdt* von schweises wegen schüttet..."

"Hochdeutsch wäre folgende Lesart möglich:

Im Jahre 1409, in der Batholomäusnacht, war ein Erdbeben in und außerhalb der Stadt Magdeburg. Das Erdbeben kam mit einem großen Sturm und Anstoß als ob ein schwitzendes Pferd sich schüttelt. Die Häuser bebten, die Fenster klapperten und in der (Magdeburger) Börde fielen an verschiedenen Orten die Hühner von den Stangen, aber es schadete nicht.

Der Herausgeber der Ausgabe von 1869 nimmt an, daß ein HINRIK VAN DEN RONEN, Abgeordneter der Stadt Magdeburg und Schreiber, als zeitgenössischer Autor den Chronikabschnitt von 1403 bis 1410 verfaßt hat. Er ist also sehr wahrscheinlich ein Zeitzeuge.

Die von der Historischen Kommission bei der Bayrischen Akademie der Wissenschaften besorgte Herausgabe der Chroniken der deutschen Städte vom 14. bis ins 16. Jahr-

hundert, siebenter Band, darin die Chroniken der niedersächsischen Städte, Magdeburg, erster Band, zweite unveränderte Auflage, Buch III S. 327, enthält einen zu JANICKE (1869; s.o.) identischen Text. Der ausgefallene Text wird in Form einer Fußnote wie folgt kommentiert:

25. Hier sind verschiedenen Worte ausgefallen, ohne daß die Lücke in den Hss. bezeichnet wäre, *a b* ergänzen das Fehlende: 'dis kame mit einem großen sturme und anstos, gleich wan sich ein pferdt von schweises wegen schüttet ...' 30. Zieser *a b*.

Die Magdeburger Schöppenchronik ist als ein zeitgenössisches Dokument anzusehen. Sie beschreibt die Zeit des Ereignisses, macht Angaben zur lokalen Wahrnehmung, teilt die beobachteten Begleiterscheinungen mit und vermerkt, daß es keinen Schaden anrichtete. Hervorgehoben wird allerdings auch, daß Sturm und Erdbeben zusammen auftraten.

Ein Vergleich der jüngeren Quellen mit der Schöppenchronik zeigt, daß RATHMANN (1803) offenbar direkt auf ihr fußt, seine Zusätze seiner eigenen Ansicht entsprechen dürften (Zeit des Gegensatzes von Plutonismus und Neptunismus), KLÖDEN (1837, Fußnote) bezieht sich auf RATHMANN.

Von ABEL (1732) über DRESSER (1584) bis SPANGENBERG (1572) und in weiteren, weil ganz ähnlich lautenden Quellen, wird vom Bartholomäustag oder -abend als Datum des Ereignisses gesprochen. Hinsichtlich des Jahres weicht allein ABEL mit seiner Angabe "1410" von den anderen Autoren ab. Bei welchem Chronisten die "sechs Meilen um Magdeburg" zuerst genannt sind, können die Verf. nicht entscheiden. Falls es SPANGENBERG (1572) sein sollte, so dürften die nachfolgenden Autoren es von ihm übernommen haben. SPANGENBERG gibt ähnlich wie die Schöppenchronik begleitenden Sturm an, der bei den späteren Autoren, abgesehen von RATHMANN, nicht erwähnt wird.

Ob der Text der Schöppenchronik allerdings im Sinne einer Verbindung von Sturm und Erdbeben zu lesen ist, könnte auch in Frage gestellt werden. Möglich ist, daß ein bildlicher Vergleich gemeint ist, also "das Erdbeben kam wie mit einem großen Sturm und Anstoß ...".

2.5. Norddeutsche Quellen

2.5.1. Seismische Ereignisse in Chroniken Lübecks

Erstmals gibt GRAUTOFF (1829, 1830), als Quelle bereits bei KLÖDEN (1837) angeführt, eine recht umfassende Darstellung der Genesis der Lübecker Chroniken. Die hier zu findende Nachricht über das Prignitz-Erdbeben wird im allgemeinen der Chronik des Franziskaner Lesemeisters DETMAR zugeordnet. Nach GRAUTOFF ist die offizielle "Stades"-(Stadt-) Chronik von Lübeck bis 1350 recht vollständig geführt worden, bis 1385 dagegen unregelmäßiger. Von 1385 bis 1395 wurde sie von DETMAR geführt, neu abgeschrieben, ergänzt und fortgesetzt. Ein unbekannter Autor hat sie bis 1410 betreut. Verschiedene unbekannte Autoren werden für die Zeit bis 1482 angenommen. Danach ist DETMAR der einzige Chronist der offiziellen Lübecker Chronik, dessen Name bekannt ist und sich auf die Stadtchronik übertragen hat. Aus offenbar kirchlichen

Quellen wird abgeleitet, daß zwischen 1368 und 1388 ein DETMAR Lesemeister im Franziskaner Katharinen-Kloster in Lübeck war und Lübeckische Gerichtsherren einem Lesemeister DETMAR den Auftrag zum Schreiben der Chronik erteilten. In dieser offiziellen Chronik von Lübeck sind keine Nachrichten über ein Erdbeben 1409 oder 1410 vermerkt.

Neben der offiziellen Stadtchronik und ihren Schreibern sind weitere Chronisten festzustellen. Einer von diesen ist RUFUS, der nach GRAUTOFF seine Arbeit etwa 1416 beginnt und in seinen Aufzeichnungen einen engen Bezug zur offiziellen Stadtchronik aufweist. Für die Zeit von 1400 bis 1430 ist die Chronik des RUFUS vollständiger als die der unbekanntenen Autoren der offiziellen Chronik. Bis zum Jahre 1418 fehlt der RUFUS-Chronik keine Nachricht, die die Stadtchronik verzeichnet. Aber auch RUFUS gibt für die Jahre 1409 oder 1410 kein Erdbeben an.

GRAUTOFF fügt der DETMAR-Chronik eine Ergänzung hinzu, die er nach ihrer Herkunft als "Hamburgische Handschrift der Chronik des Detmar" bezeichnet. Ihr Autor und/oder Abschreiber und möglicher Ergänzender der DETMAR-Chronik führt seine Chronik bis zum Jahre 1413. In dieser Hamburger Handschrift findet das Prignitz-Erdbeben Erwähnung. Diese Stelle wird von GRAUTOFF (1830, S. 595, 596) wie folgt wiedergegeben:

"(1409) - In deme iahre christi MCCCCIX in der negesten nacht des daghes sancti bartholomei, ene stunde vor middernacht, do was so grot ertbevinghe in velen landen tolike, also bi unsen daghe gi werlde vornomen is. Dat begunde zik hirut van prutzen, unde ghink bet dor de zestede al bilanghes, unde warde kume dre paternoster lang; scholde dat lengher waret hebben, de lude weren alto bedrovet geworden."

Hochdeutsche Übertragung:

(1409) - Im Jahre Christi 1409 in der auf den Bartholomäustag folgenden Nacht, eine Stunde vor Mitternacht, war ein großes Erdbeben in vielen Landen zugleich wie es bis in unsere Tage nicht vernommen wurde. Es begann von Preußen heraus und ging (bis zu) entlang den Seestädten und war drei Paternoster lang, hätte es länger angedauert, wären die Menschen allzu bedroht gewesen.

Der unbekanntene Autor ist ins 15. Jahrhundert zu stellen und könnte ein Zeitzeuge des Erdbeben-Ereignisses gewesen sein. Die Merkmale seiner Darstellung sind:

- Zeitangaben (Nacht des Bartholomäustages 1409, eine Stunde vor Mitternacht),
- örtliche Vorstellung (von Preußen, bis zu den Seestädten, in vielen Landen zugleich),
- es sei "groß" gewesen.

Von Schäden wird nicht berichtet. Ob es in Lübeck tatsächlich gefühlt wurde, bleibt offen. Die DETMAR-Chronik wurde von GRAUTOFF 1829/1830 publiziert. Aus dieser Quelle bezieht KLÖDEN (1837) offenbar seine Ansicht über die Dauer des Bebens (drei Paternoster lang) und auch, wo es angeblich herkam (von Preußen her).

Aus der Chronik des DETMAR schöpfte auch ein HERMANN KORNER. Er wird bei GRAUTOFF erwähnt, wurde aber nicht mehr in seiner Edition der Lübecker Chroniken berück-

sichtigt. In einer späteren Bearbeitung und Herausgabe durch KOPPMANN (1899), die im Rahmen der Edition "Die Chroniken der deutschen Städte" erfolgte, verweist dieser in einer Fußnote auf die Wolfenbütteler Handschrift des HERMANN KORNER, die bis 1416 reicht. Dort heißt es (S. 146 bei KOPPMANN) zu 1409:

"Terremotus factus est in partibus stagnalibus orientalibus et saxoniam in nocte sancti Bartholomei, alias in illis partibus nunquam perceptus."

Deutsch:

Ein Erdbeben ereignete sich in Teilen, die östlich von Sachsen liegen, in der Nacht des Heiligen Bartholomäus, welches in dortigen Teilen niemals wahrgenommen wurde.

KORNER nennt die DETMAR-Chronik ausdrücklich als eine seiner Quellen und bezeichnet sie nach GRAUTOFF unterschiedlich als *chronica Lubecensis*, *civitas Lubecensis* und *burgensium Lubecensium*. Nach GRAUTOFF (1829, S. IX, X) reicht KORNER'S *chronica novella* bis zum Jahre 1435, was einen Unterschied zur Wolfenbütteler Handschrift ergibt.

Nach KOPPMANN (1899) war KORNER Anfang des 15. Jahrhunderts im Dominikaner-Konvent zu Halberstadt, dann im Magdeburger Konvent und ab 1417 Lesemeister des Burgklosters zu Lübeck. KORNER lebte also offensichtlich zur Zeit des Erdbebens von 1409. Er könnte es selbst erlebt oder seine Information darüber von Zeitzeugen direkt erhalten haben.

KORNER'S Darstellung des Erdbebens ist knapp gehalten. Seine Ortsangabe ist allgemein formuliert (östlich von (Nieder-)Sachsen), der zeitliche Hinweis stimmt mit anderen Berichten überein.

Bei KOPPMANN (1899) erfolgt auch eine Wiedergabe der Hamburger Handschrift der DETMAR-Chronik. Abweichend zu GRAUTOFF schreibt KOPPMANN in der entsprechenden Textstelle die Eigennamen groß, gibt die Jahreszahl in arabischen Ziffern an (1409). Anstatt "iare" und "gi werlde" schreibt KOPPMANN "jare" bzw. "giwerlde". Inhaltliche Abweichungen sind nicht zu erkennen.

2.5.2. Weitere Norddeutsche Quellen

Die Angabe in der Hamburger Handschrift der DETMAR-Chronik, das Beben "... begunde zik hirut van prutzen, unde ghink bet dor de zestede ...", ließ vermuten, in norddeutschen Quellen weitere Hinweise finden zu können.

Für Pommern wurde NICOLAUS KLEM(P)ZEN: "Vom Pommern-Lande ..." in der Ausgabe von STRUCK (1774) geprüft. Die Ausführungen von KLEMZEN, der wenigstens teilweise auf RANZOW fußt, und in seiner Darstellung bis ins 8. Jh. zurückgeht, enthalten keine Anmerkung über ein seismisches Ereignis um 1410.

Auch die von JAC. HEINRICH BALTHASAR (1778) herausgegebene "POMERANIA" des JOH. BUGENHAGEN ist ohne Hinweis auf ein seismisches Ereignis um 1410.

Die von DAHLMANN (1827) nach der Urschrift herausgegebene "Chronik des Landes Dithmarschen" des JOHANN

ADOLFI, genannt NEOCORUS, enthält nichts über ein Erdbeben um 1410.

In LEIBNITZ (1711, Bd. III, darin die Chronik des BOTHONE "Dialecto saxonica conscriptum Autore Conrado Bothone, Cive Brunvisensi", S. 396) findet ein seismisches Ereignis mit Bezug auf Magdeburg unter 1409 Erwähnung (vollständiger Text dieses Abschnittes):

"M. CCCC. IX.

In dussem jare vvart dat studium to Prage to Lypzigk gelacht, van Marggreve Frederick to Myssen. Ock in dussem sulven jare do vvan Hertoghe Ereke to Sassen, eyn Here to Louenborch de stad Mollen, unde brende de ut upp de van Lubke. Ock vvas in dussem sulven jare ertbevingk in der stad to Meydeborch, in sunte Bartholomeus nacht."

Hochdeutsch (letzter Satz): Auch war in diesem selben Jahre (ein) Erdbeben in der Stadt zu Magdeburg in der Nacht des heiligen Bartholomäus.

LEIBNITZ (1711, Bd. III) enthält auch zwei in Niederdeutsch geschriebene Handschriftenbruchstücke HERMANN KORNERs. Diese Fragmente KORNERs erwähnen kein Erdbeben um 1410.

2.6. Dänische Quellen

I. LEHMANN (1956) hat die historischen Erdbeben Dänemarks zusammengestellt. Sie erwähnt ein seismisches Ereignis für das Jahr 1409 und gibt die übrigen Zeitdaten in tabellarischer Form an. Eine Kommentierung erfolgt für die ältesten der aufgeführten Beben nicht.

Eine der Quellen, auf die LEHMANN direkt fußt, war das "Jahrbuch denkwürdiger Naturereignisse in den Herzogthümern Schleswig und Holstein" von KUSS (1825), welcher zu 1409 wie folgt berichtet:

"Ein ungemein heftiges Erdbeben erschreckte in der Nacht auf Bartholomäus (den 24. Aug.) hier zu Lande viele Menschen." (Pontpp. Kirch. 2. p. 506.) Auch bey Hanerau ward es verspürt. (Russe Fragm. p. 1451.) (22)

Pontoppidan beruft sich auf einige "alte Verse", die in der Kirche zu Föns, unweit Middelfahrt, gefunden worden, und die unten (23) zu lesen

(22) Hanrow terrae motu strepuit die Bartholomæi,

(23) MCD cum nono terrae motus fuit ingens, horridus atque tremens, per loca plura vagans, nocte sequente diem Sacrosancti Bartholomæi. Noctis per medium plebs timet atque stupet; fuit hic undenae spatium, fuit et duodenae horae, quae causa, noverit ipse Deus. (In der vorletzten Zeile scheint ein Schreibfehler zu seyn, doch ist der Sinn klar.)"

Damit eröffnet KUSS den Weg zu einigen früheren Quellen, wie diejenige (welche nicht weiter verfolgt werden konnte), die Hanerau erwähnt, wo das Beben mit Getöse wahrgenommen worden sein soll, sowie PONTOPPIDAN (Annales Ecclesiae Danicae Diplomatici, 1744, S. 50), welcher unter anno 1409 wie folgt über ein seismisches Ereignis berichtet:

"Ein ungemein heftiges Erdbeben erschreckte hier zu Lande,

viele Menschen, zufolge einigen alten Versen, die in der Kirchen zu Föns, ohnweit Mittelfart, gefunden worden.

M.C.D. cum nono terrae motus fuit ingens, Horridus atque tremens per loca plura vagans, Nocte sequente diem Sacrosancti Bartholomei, Noctis per medium plebs timet atque stupet, Fuit hic undenae spatium, fuit & duodenae, Horae, quae causa noverit ipse Deus."

Übersetzung des lateinischen Textes:

"1409 fand ein ungeheures Erdbeben statt, grauenvoll und bebend, das mehre Orte durchlief in der Nacht, die auf den Tag des Heiligen Bartholomäus folgt. Die Hälfte der Nacht über fürchtete sich das Volk und war bestürzt, dieses umfaßte die Zeitspanne der elften und zwölften Stunde, was der Grund war, vermag Gott allein gewußt haben."

Der Hinweis von PONTOPPIDAN auf die Verse in der Kirche zu Föns wurde überprüft (7. März 1992). Eine Gedenktafel oder eine andere Form ihrer Bewahrung findet sich dort nicht mehr. Falls derartige Aufzeichnungen in Föns tatsächlich vorhanden waren, dürfte ihr Verlust bereits im 17. Jahrhundert während einer schwedischen Besetzung eingetreten sein, was bedeutet, daß dieser lange vor PONTOPPIDANs Mitteilung erfolgt sein müßte.

Eine weitere uns vorliegende Quelle sind die Priesterberichte nach OLE WORM, Teil II: Berichte aus den Bistümern Arhus, Fyns und Lunde 1623 - 1625, herausgegeben von der Landbohistorik Selskab (Landeshistorische Gesellschaft) durch FRANK JØRGENSEN (1974). Auf den Seiten 108 und 109 ist ein Ortspfarrer RIBER mit einem Bericht über Erdbeben in Dänemark zitiert und im folgenden vollständig wiedergegeben:

"Anno Domini MLXXIII terraemotus fuit in Dacia. Anno Domini MCXCVIII terraemotus fuit in Dacia. Anno Domini MCCLXXVII terraemotus fuit in Dacia. MCD cum nono terraemotus fuit ingens, horridus atque tremens per loca /13 r/ plura vagans, nocte sequente diem sacrosancti Bartholomæi noctem per mediam, plebs timet atque stupet, fuit hic undenae spatium (verba libri), fuit et duodenae horae, qua causa noverit ipse Deus, quae dies Sancti Bartholomæi fuit tunc in sabbatho.¹²

M semel et ter CCCL mortis tempora dicunt, Tunc mors in mundo regnavit prima necando.¹³

Anno Domini MCCLXXVI interfectus rex Ericus in Finderup, ita expresse habuit liber contra communem supputationem. Inveni etiam bullam quandam episcopalem in templo Osleviensi, eidem templo concessam etc. ex qua colligere licet liberalitatem episcoporum papalium in ergogandis indulgentiis etc. Appensa fuerunt sigilla quaedam [overstreget in] principio cum huc ante decennium veni, quae nunc, nescio a quo, ablata sunt. Hanc ipsam huic narrationi adiungere placuit.¹⁴

Jørgen Kieldsøn Riber, pastor loci. M. pria.¹⁵"

Übersetzung des lateinischen Textes des Quellenausuges aus JØRGENSEN (1974) S. 108/109:

"Im Jahr des Herrn 1073 war ein Erdbeben in Dänemark. Im Jahr des Herrn 1198 war ein Erdbeben in Dänemark. Im Jahr des Herrn 1277 war ein Erdbeben in Dänemark. Eintausendvierhundert und neun(tes Jahr) war ein gewaltiges, schreckliches und fürchterliches Erdbeben, über viele Orte hingehend, in der Nacht, die auf den Tag des hochheiligen Bartholomäus folgt, über Mitternacht; das Volk erschrak und war sprachlos; der

Zeitraum hier war elf (so das Buch), er war (aber, sc. andernorts – Anm. der Verfasser) auch 12 Stunden, aus welchem Grund, wird Gott selbst gewußt haben, - dieser Bartholomäustag war damals an einem Sonnabend (sabbato).

Einmal M und dreimal CCCL (d. h. wohl: dreimal C und [einmal] L) sagen die Zeiten des Todes an; damals regierte der Tod als erster durch Töten (ein zitierter Zweizeiler).

Im Jahre des Herrn 1276 wurde König Erich in Finderup getötet, so hält es das Buch ausdrücklich fest, entgegen der allgemeinen Berechnung.

Ich fand auch eine gewisse bischöfliche Bulle in der Kirche von Oslo, die dieser Kirche verliehen worden war usw., aus welcher man die Freigibigkeit päpstlicher Bischöfe in der Ausgabe von Ablässen entnehmen kann usw. Angehängt waren irgendwelche Siegel anfangs, als ich dahin kam vor zehn Jahren, die jetzt, ich weiß nicht von wem, entfernt worden sind. Dieselbe (Bulle) der Erzählung hier beizufügen, hat gefallen.

JØRGEN KIELDSON RIBER, Ortspfarrer, mit eigener Hand.”

Diese Quelle ist von JØRGENSEN unter den Orten Føns und Orslev aufgeführt. RIBER wurde, JØRGENSEN folgend, hinsichtlich seiner Zeilen über Erdbeben in Dänemark, vollständig reproduziert und übersetzt, weil bei ihm apokalyptisches Denken im Zusammenhang mit schwerwiegenden und für ihn unerklärlichen Naturereignissen besonders deutlich zum Ausdruck kommt.

Bei der Recherche dieser Quelle und bei der Überprüfung des Hinweises von PONTOPPIDAN auf die Kirche zu Føns war Herr ERIK FØNSBOL, 1992 Pfarrer in Føns auf Fünen, sehr behilflich. Die nach PONTOPPIDAN in FØNS bewahrten Verse fanden sich dort nicht.

Bei LANGEBEK (1774, Bd. III, Kap. LXXIX, im Fragmentum Annalium Danicorum ab Anno 1073 ad Annum 1409, S. 259) ist das Prignitz-Erdbeben wie folgt erwähnt:

“Anno Domini MCD. cum nono, terre motus fuit ingens, horridus atque tremens, per loca plurima circumvagans, noctem per mediam territus ista videns, ... hic undene spacium fuit & duodene hore, quid causa, noverit ipse Deus.”

Deutsch (frei):

Im Jahr des Herrn 1409 war ein ungeheures, schreckliches und ächzendes Erdbeben, über mehrere Orte hinweg- (bzw. herum-) gehend, über Mitternacht sah der Schrecken diese (Orte), hier war der Zeitraum zwischen der elften und zwölften Stunde, was die Ursache (war), wird Gott selbst gewußt haben.

Bei LANGEBEK bzw. dem von ihm herangezogenen “Fragmentum Annalium Danicorum” fehlt der Hinweis auf die Nacht des Bartholomäustages.

Die von uns erfaßten dänischen Quellen enthalten einige Merkwürdigkeiten. Sie sind mit Bezug auf 1409 sehr ähnlich nach Wortwahl und Umfang. Jede dieser Quellen beschreibt ein Erdbeben im Jahre 1409 als grauenvoll, gewaltig, schrecklich, ungeheuer, aber keine sagt, daß dieses Erdbeben in Dänemark bemerkt wurde. Auffallend ist aber vor allem, daß die seit RIBER entstandenen Quellen auch in den wesentlichen lateinischen Textstellen eine fast identische Diktion aufweisen. Die von KUSS (1825) erwähnten “Russischen Fragmente” enthalten in der von BODENSTEDT (1862) eingeleiteten, herausgegebenen und von uns benutzten Ausgabe keine Angaben über ein Erdbe-

ben im Jahre 1409. Unter Berücksichtigung der Arbeitsweise etlicher von uns erwähnter märkischer Chronisten ist es wahrscheinlich, daß KUSS, um 1825 Diakon zu Kellinghusen, in die ihm bekannten Texte den auf Hanerauweisenden Zusatz selbst hinzugefügt haben könnte.

Bemerkenswert ist desweiteren, daß RIBER in JØRGENSEN sagt, 1073 war ein Erdbeben in Dänemark, 1193 war ein Erdbeben in Dänemark, 1277 war ein Erdbeben in Dänemark, aber er sagt nicht, 1409 war ein Erdbeben in Dänemark, der zu 1409 darin fehlende Ortsbezug ist auffallend.

Weiter als bis in das erste Viertel des 17. Jahrhunderts ließen sich die dänischen Quellen nicht zurückverfolgen. Es ist naheliegend zu vermuten, daß die Nachricht von einem Erdbeben im Jahre 1409 nach Dänemark getragen und, wie vielfach anderswo in Europa geschehen, die Nachricht in die lokalen Chroniken eingeflochten wurde. Diese Überlegung wird dadurch gestützt, daß der Holzschnitzer des Altars der Kirche zu Odense/Fünen zuvor in Wittstock wirkte (POLTHIER 1933).

3. Norddeutsche Quellen über das Ereignis von 1412

Alle hervorgehobenen und zitierten Quellen wurden auch hinsichtlich des Ereignisses von 1412 überprüft. Was SARNOVIUS darüber mitteilt (zweites Gedicht) ist somit bereits hinreichend verdeutlicht worden. Er beschreibt eine schwere Sturmsituation bei der die Erde zitterte. Wir beschränken uns auf drei weitere Quellenbeispiele.

In der “Chronik des Landes Dithmarschen” von NEOCORUS, herausgegeben von DAHLMANN (1827, S. 391) gibt es folgende Eintragung:

“Ao. 1412 do waß de grote Wint, welcke man hete St. Cecilien-Wint ...”

KUSS (1825) berichtet in dem bereits erwähnten Jahrbuch zu 1412:

Eine große Fluth ereignete sich am Tage Cäciliä (d. 8ten Nov.)* (Fragm. hist. Schl. p. 308. Hamsf. p. 321. etc.) In dieser Fluth ertranken 3600 Menschen. (Heimr. p. 157.)

Diese Fluth wird durch folgende Anführung bey Staphorst (4. p. 22.) bestätigt: “Die Hamburger verpflichteten sich durch ein Gelübde, diesen Tag jährlich zu feyern, welches zur Zeit der Reformation noch in Gebrauch war, und nach der Bugenhagenischen Kirchenordnung fortzudauern sollte. Die in derselben auf diese Begebenheit sich beziehenden Worte lauten: Disse gute Stadt hefft en Gelübde gedahn, Cäciliendag tho fyren, darum dat dho en grylick Sturm und ungewöhnlick Upstigen der Water hier gewesen ist, daruth man sick befürchtende Verdarrff disser Stadt.”

* Anmerkung der Verfasser: Datumszuordnung unzutreffend

Bei LEIBNITZ (1711) findet sich in der “Chronica S. Aegidii in Brunsvig” (LEIBNITZ 1711, 3. Bd, S. 595) die Eintragung:

“Anno Domini MCCCCXII, in nocte sanctae Ceciliae erat validus ventus, & duravit ad quatuordecim dies”

(1412 in der Cäciliennacht erhob sich ein starker, vierzig Tage anhaltender Wind)

Diese wenigen Quellen belegen bereits eindeutig, daß es sich im Gegensatz zu den Interpretationen von Quellen des 19. und 20. Jahrhunderts zu 1412 nicht um ein Erdbeben-, sondern um ein Sturmereignis gehandelt haben muß. Aber auch SARNOVIUS berichtet zu 1412 nichts als eine Sturm- wetherlage und ihre Auswirkungen.

4. Ergebnisse der Quellenanalyse

Sieht man zunächst von LERSCH (1897) und den jüngeren Quellen ab, so unterscheiden sich die von uns untersuchten Quellen hinsichtlich Inhalt und Diktion sowie nach Entstehungszeit und Entstehungsort. Eine zusammenfassende Übersicht zur Quellensituation im Ergebnis unserer Recherche, gegliedert in fünf unterschiedliche Regionen, zu denen die Quellen berichten, zeigt der Quellenstammbaum (oder Stemma) der Abb. 4. Die zeitgenössischen Quellen, bis auf die die Recherche zurückverfolgt werden konnte, sind in der Übersicht mit abgerundeten Kästen dargestellt.

Die märkischen Autoren des 15. und 16. Jahrhunderts erwähnen keine seismischen Ereignisse aus der Mark Brandenburg bzw. aus der Prignitz. Sie und auch die märkischen Autoren bis ins 18. Jahrhundert knüpfen spektakuläre Naturvorgänge an Herrschaftszeiten geistlicher und weltlicher Obrigkeiten und erhalten dadurch ein ordnendes System. Die erste Information über Erdbeben zu Beginn des 15. Jahrhunderts gibt SARNOVIUS im 16. Jahrhundert, jedoch ohne Bezug auf Wittstock oder die Prignitz und das Jahr bleibt bei ihm ungewiß. Häufig ist mittelalterlichen Autoren eine Jahreszahl weit weniger wichtig als Tage von (bestimmten) Heiligen, auf die herausragende Ereignisse fallen. Sie werden vielfach zuverlässiger weitergetragen als die genauen Jahresangaben.

Die Wurzel für die Annahme eines größeren Erdbebens in der Prignitz liegt, soweit uns erkennbar, bei STEIN (1697), obgleich seine Verknüpfung eines Schadens in einem Kirchturm (zu Wittstock) sehr vorsichtig formuliert ist. Aber es ist nicht STEINS Verschulden, daß im Verlauf der Zeit eine große Sache daraus wird.

SARNOVIUS und STEIN stellen wegen ihrer vorsichtigen Ausdrucksweise und, wie aus den anderen Quellenherkunftsgewässern hervorgeht, einer fast zuverlässigen Übermittlung zeitlicher Daten, gute Sekundärliteratur dar. Die nachfolgenden märkischen Autoren wirken verwirrend, ihre alleinige Kenntnis wäre unzureichend für den Nachweis seismischer Ereignisse in der Prignitz.

Die mitteldeutschen Quellen knüpfen direkt oder indirekt an die Magdeburger Schöppenchronik an. Sie enthält zeitgenössische Aufzeichnungen vom Anfang des 15. Jahrhunderts, die den Zeitpunkt eines Erdbebens (Nacht des Bartholomäustages 1409, 24. August 1409 abends), das Schüttergebiet (Stadt Magdeburg und in ihrer Umgebung), und makroseismische Erscheinungen, die keinen Schaden bewirkten, eindeutig und ohne jede Ausschmückung beschreiben.

Die norddeutschen Berichte haben für ein Erdbeben zu Anfang des 15. Jahrhunderts in der von GRAUTOFF "Hamburgische Handschrift der Chronik des Detmar" genannten

Quelle und in der Wolfenbütteler Handschrift des HERMANN KORNER ihre frühesten Wurzeln. Diese Quellen sind zeitgenössisch oder quasizeitgenössisch, d. h. sie könnten mit wenigen Jahren Verzug nach dem Ereignis aufgezeichnet worden sein. Sie stimmen in der Zeitangabe mit den mitteldeutschen Chroniken überein, hinsichtlich der Wahrnehmung ist die Hamburger Handschrift unbestimmt (von Preußen heraus und entlang den Seestädten). Auffallen muß, daß die offizielle Lübecker Stadtchronik ein Erdbeben im Jahre 1409 nicht erwähnt. Deshalb ist nicht auszuschließen, daß die Norddeutschen Quellen den Weg, den die Information über ein Erdbeben in Mitteldeutschland nahm, nachzeichnen.

Auffallen muß auch, daß die von uns recherchierten Berichte aus dem Gebiet Mecklenburg-Vorpommerns kein Erdbeben aus dem Jahr 1409 erwähnen.

Die norddeutschen Chroniken klären darüber hinaus das Ereignis vom 22. November 1412 auf. Es war ohne Zweifel ein Sturmereignis und sollte aus den Erdbebenkatalogen, die zu 1412 noch ein Beben in der Prignitz aufweisen, gestrichen werden.

Die überprüften dänischen Quellen reichen bis in die Zeit von 1623/1625 zurück. Sie stimmen in der Zeitangabe mit den mitteldeutschen und norddeutschen Chroniken überein, im übrigen sind sie einander sehr ähnlich. Der bei ihnen verbleibende zeitliche Abstand zum Ereignis von 1409 begrenzt ihre Interpretationsfähigkeit.

Zusammenfassend resultiert aus der Quellenanalyse:

Am 24. August 1409 abends, möglicherweise zwischen 22 und 24 Uhr, wurde offenbar nördlich vom Harz und südlich der Ostsee ein Erdbeben wahrgenommen. Bestimmend für die Festlegung des Ereignisses auf das Jahr 1409 sind die mitteldeutschen Quellen, insbesondere die einen plastischen, zeitgenössischen Bericht liefernde Magdeburger Schöppenchronik.

Die Jahreszahl 1410 wird nur in einer mitteldeutschen Chronik verwendet (ABEL 1732). Die in märkischen Quellen seit 1697 durchgängig angegebene Jahreszahl 1410 beruht auf einer ungenauen Lesart der Gedichte von SARNOVIUS (1410, "früher habe ich es nicht gelesen"), der somit nicht ausschließt, daß das Ereignis früher stattgefunden haben könnte. Ebenfalls die dänischen Quellen sowie die mit Bezug auf Schleswig-Holstein geben das Jahr 1409 an. Fast alle Quellen nennen den Bartholomäustag.

Bezüglich der Tageszeit sprechen die meisten Quellen nur von der Nacht des Bartholomäustages. Abgesehen von ABEL (1732) ist keine der mitteldeutschen Chroniken präziser. Die Uhrzeit "ene stunde vor middernacht" taucht erstmals in der Hamburger Handschrift der DETMAR-Chronik auf, nicht aber in der Handschrift von KORNER. Abgesehen von SARNOVIUS, der die elfte Stunde nennt, sprechen auch die meisten märkischen Autoren nur von der Nacht des Bartholomäustages.

Mit Bezug auf unsere Recherche besitzt der zeitgenössische Bericht der Magdeburger Schöppenchronik ein sehr großes Gewicht. Er beschreibt die dort ganz sicher aufge-

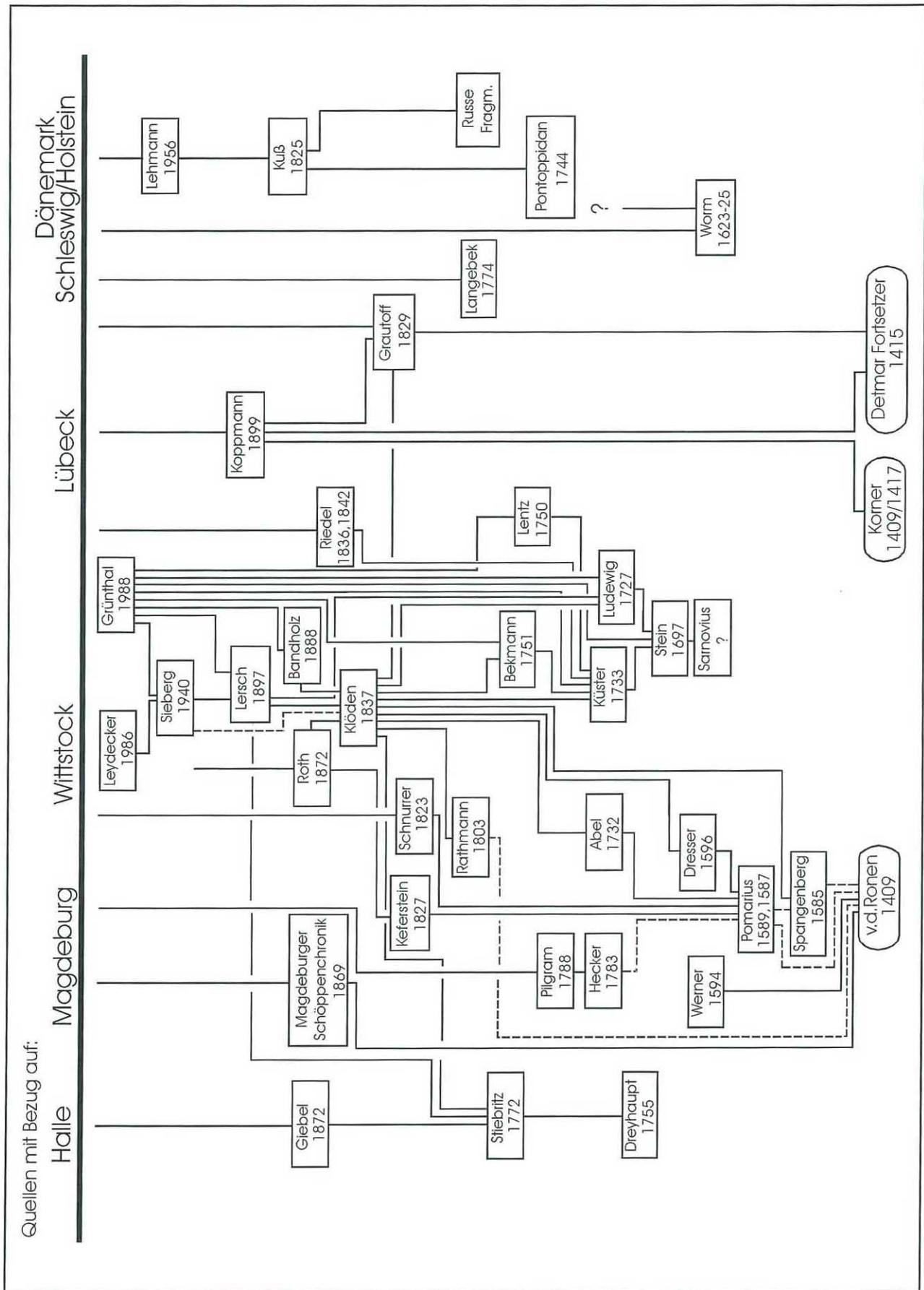


Abb. 4 Quellenstammbaum zum Prignitz-Erdbeben am 24. August 1409

tretenen markoseismischen Erscheinungen hinreichend präzise und schließt Schäden (zumindest für den Einzugsbereich, der den Verfassern zugänglich war) aus.

Die in jüngeren Quellen genannten (vermeintlichen) Schäden in Wittstock und Havelberg ließen sich durch die sorgfältige Quellenanalyse trotz Fehlens zeitgenössischer Angaben nicht verifizieren. Restunsicherheiten, die etwa 280 Jahre nach dem Ereignis durch STEINs konjunktivischer Verknüpfung von Rissen im Turm der Pfarrkirche zu Wittstock und den dichterischen Schilderungen von SARNOVIUS, der seine Verse mit einem zeitlichen Abstand von etwa 150 Jahren vom Ereignis verfaßt hat, entstehen, konnten im Ergebnis eingehender Analysen ausgeschlossen werden. Die tatsächlich vorhandenen Risse haben danach statische Ursachen (MEIER & FRANZKE 1995). Es besteht somit keine Veranlassung mehr, das Beben von 1409 als ein Schadenbeben (mit einer Epizentralintensität von $I_0 = VII$ Grad) einzustufen.

Eine Schütterreichweite ist nach Quellenlage nicht sicher zu umreißen. Völlig gesichert ist lediglich, daß Magdeburg und die Magdeburger Börde die Erschütterung in der Bartholomäusnacht des Jahres 1409 erfuhren. Die offizielle Lübecker Chronik erwähnt das Beben nicht – lediglich eine einzige der verschiedenen bekannten Fassungen der DETMAR-Chronik (die Hamburger Handschrift), welche zudem nicht zum Ausdruck bringt, daß das Beben in Lübeck gespürt wurde. Der Hinweis zu Hanerau aus dem 19. Jahrhundert muß als äußerst fraglich eingestuft werden, zumal auch die Chronik des Landes Dithmarschen das Beben nicht erwähnt. Eine Schütterreichweite bis zu weiteren Seestädten (der Ostsee) sowie bis Dänemark oder womöglich gar eine Reichweite bis Pruzzen (im Baltikum) ist nach gegebener Quellenlage höchst unwahrscheinlich. Im Bereich des Möglichen verbleibt damit lediglich eine Reichweite bis Lübeck im Norden (wenn auch nicht klar belegbar) sowie im Süden bis Halle, welche derzeit nicht durch eine zeitgenössische Quelle verifiziert ist.

Ein hinreichend zuverlässiger Intensitätswert kann einzig anhand der zeitgenössischen Magdeburger Schöppenchronik abgeleitet werden. Dieser ist dem Bereich von minimal $I > IV$ Grad und maximal $I \leq VI$ Grad der zwölfteiligen Intensitätsskala zuzuordnen. Dies wäre die stärkste Erschütterung, die sicher, d.h. anhand einer zuverlässigen zeitgenössischen Quelle, nachweisbar ist. Das Fehlen von genügend starken Erdbeben in jüngerer Zeit im hier behandelten Raum gestattet leider keine präzisierenden Analogieschlüsse auf das Ereignis von 1409.

Als Ort bzw. Orte, denen die einzig gesicherte Nachricht über lokale Schütterwirkungen zugeordnet werden kann, sind Magdeburg sowie die Magdeburger Börde zu nennen. Entsprechend der international üblichen Praxis der Interpretation historischer Erdbeben wäre das Epizentrum dem Ort sicher nachgewiesener maximaler Intensitäten zuzuordnen.

Trotz zu vermutender Lücken in der Quellenlage ist eine Revision der Parameter des "Prignitz-Erdbebens", insbesondere zur bisher gebrauchten Epizentralintensität, aber auch dem Herdort, in den heutigen Erdbeben-Seismizitäts-

datenfiles angezeigt. Die Verfasser schlagen folgende Parameter des Bebens vor: Datum: 24. August 1409; Herdort: $52,1^\circ N$, $11,4^\circ E$ (geschätzter Fehlerradius 30 km); maximale Intensität: $\leq VI$ Grad der zwölfteiligen Skala.

Danksagung

Die Verfasser erhielten bei der Erarbeitung des Manuskriptes vielfältige Unterstützung. Bei der Beschaffung dänischer Quellen halfen Herr Pfarrer FØNSBOL in Føns auf Fünen (jetzt auf Grönland tätig) sowie Herr Dr. SØREN GREGERSON (Kopenhagen). Frau Dr. CHRISTA HAMMERL (Wien) unterzog sich der Mühe der Interpretation einiger dänischer Quellen.

Herr Dr. PIERRE ALEXANDRE (Brüssel) hat das Manuskript kritisch durchgesehen, gab Hinweise auf ergänzende Literatur und die Interpretation einiger zeitgenössischer Quellen. Herr Dr. DOST, Wittstock, machte die Handschrift von STEIN in einem Originalmanuskript überhaupt erst zugänglich. Herr Superintendent emer. ZELLMER, Wittstock, förderte die Arbeiten in Wittstock und erwies sich als Kenner der regional gebundenen historischen Literatur.

Herr Professor RIBBE (Berlin) gewährte Einblick in seine unveröffentlichte Bearbeitung der Quellen von PETER HAFFTITZ.

Allen genannten Damen und Herren sei aufrichtig für die gewährte Unterstützung gedankt. Der Dank gilt aber auch zahlreichen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen von Archiven und Bibliotheken, die die Recherche verständnisvoll unterstützten.

Zusammenfassung

In den modernen deutschen Erdbebenkatalogen (LEY-DECKER 1986, GRÜNTAL 1988) sind für das Norddeutsche Tiefland drei stärkere seismische Ereignisse aufgeführt, für die ursprünglich eine makroseismische Intensität von $I = VII$ (MSK) angenommen wurde.

Sie werden mit Lüneburg 1323 (Niedersachsen), Prignitz oder Wittstock 1410 (nordwestliches Land Brandenburg), Alfhausen 1770 (westliches Niedersachsen) örtlich und zeitlich beschrieben.

Das Ereignis von Lüneburg wurde von STEINWACHS (1983), das Erdbeben von Alfhausen von MEIER & GRÜNTAL (1992) anhand historischer Aufzeichnungen genauer untersucht, jeweils mit dem Ergebnis einer geringeren Intensität und einer nicht auszuschließenden nichttektonischen Ursache.

Im vorliegenden Beitrag wird das Prignitz-Ereignis unter Verwendung bis zum Anfang des 15. Jahrhunderts zurückreichender historischer Literatur und Quellen analysiert. Zu unterscheiden sind Quellen aus Brandenburg, aus dem Magdeburger Raum bzw. dem Anhaltinischen, aus Norddeutschland und aus Dänemark.

In Brandenburg wird das Prignitz-Erdbeben zuerst in einem lateinisch verfaßten Gedicht des Wittstocker Bürgers SARNOVIUS behandelt. SARNOVIUS spricht darin von einem Ereignis im Jahre 1410 und betont, daß er eine frühere

Zeitangabe in seinen Quellen nicht gelesen habe. In einem zweiten Gedicht schildert er ein Sturmereignis im Jahr 1412.

Die Verse von SARNOVIUS finden sich in der Bischofschronik des Bistums Havelberg des Wittstocker Bürgers STEIN (1697). STEIN verknüpft darin in vorsichtiger und zugleich mißverständlicher Ausdrucksweise die sehr allgemeinen Informationen von SARNOVIUS über ein Erdbeben mit größeren Rissen im Mauerwerk des Turms der Wittstocker Kirche.

Aufbauend auf STEIN (und damit auf Gedichten von SARNOVIUS fußend) nehmen alle jüngeren Brandenburger Quellen für die Prignitz-Region Erdbeben in den Jahren 1410 und 1412 an. Diese Annahme setzt sich bis in die modernen Erdbebenkataloge fort.

Eine sehr glaubwürdige Quelle sind die zeitgenössischen Aufzeichnungen der Magdeburger Schöppenchronik. Ein im offiziellen Auftrag des Magdeburger Rates schreibender Chronist berichtet darin von einem Erdbeben in der Bartholomäusnacht des Jahres 1409 (24. August 1409). Er informiert über makroseismische Erscheinungen in Magdeburg und der Magdeburger Börde und vermerkt, daß Schäden nicht angerichtet wurden.

Chroniken aus Norddeutschland berichten direkt vergleichbar über die Zeit des Ereignisses, sagen aber nicht, daß es gefühlt wurde und meinen, es sei von Preußen ausgegangen und entlang den Seestädten bemerkt worden. Die erfaßten Pommerschen Chroniken enthalten jedoch keine bestätigende Nachricht.

Dänische Chroniken wiederholen die Zeitangabe, lassen aber nicht erkennen, ob ein seismisches Ereignis in Dänemark tatsächlich beobachtet wurde.

Nach der vorliegenden Quellenanalyse ist es höchst wahrscheinlich, daß sich zu Beginn des 15. Jahrhunderts kein starkes Beben in Norddeutschland ereignete. Definitiv wurde ein (schadloses) Erdbeben am 24. August 1409 im Gebiet von Magdeburg und in der Magdeburger Börde beobachtet. Ebenso sicher kann aus den Quellen, insbesondere den norddeutschen Berichten, abgeleitet werden, daß das als Erdbeben gedeutete Ereignis von 1412 (22. November 1412) ein Sturmereignis war.

Summary

The modern German earthquake catalogues (LEYDECKER 1986, GRÜNTAL 1988) report stronger earthquakes from three localities within the North German Lowlands, originally assuming a macro-seismic intensity of $I = VII$ (MSK).

These points are Lüneburg 1323 (central Lower Saxony), Prignitz or Wittstock 1410 (north western Brandenburg), and Alfhausen 1770 (western Lower Saxony).

The event of Lüneburg was studied in more detail by STEINWACHS (1983), while the Alfhausen event was subject of a detailed study of MEIER & GRÜNTAL (1992) with the result of a lower intensity and a probably non-tectonical origin (salt carst phenomena).

On the base of these experiences the authors investigated the historical reports of the Prignitz event backward into history, especially the contemporary sources of the 15th century. Dividing chronicles, reports, and their authors into source regions we can distinguish between sources from the Mark Brandenburg, from the area around Magdeburg, from Northern Germany, and Denmark.

In Brandenburg SARNOVIUS told at first a story about an earthquake felt in Germany in a Latin written poem. He speaks about an event in 1410, and says that he did not find earlier dates in his sources. SARNOVIUS describes a storm event in 1412 in a second poem. SARNOVIUS was a citizen of Wittstock in the 16th century.

The verses of SARNOVIUS were found in a bishop's chronicle of the former dioceses of Havelberg written by the citizen of Wittstock J.C. STEIN (1697). STEIN at first connects the generally formulated information of SARNOVIUS with cracks in the tower of the church of Wittstock.

Using STEIN, all younger sources in Brandenburg assume earthquakes in the Prignitz county in 1410 and 1412 up to the modern catalogues.

A very reliable source is the chronicle of Magdeburg, the so-called Schöppenchronik, written by a contemporary who wrote by official order of the council of Magdeburg. He describes a seismic event, which happened in the night of Bartholomew day in 1409 (August 24th, 1409), using short and striking sentences. He mentions macro-seismic effects and reports that it was not damaging.

Chronicles from Northern Germany describe a similar story about the time of the event but do not say that it was felt. They report that it ran along the sea towns coming out from Prussia. At the beginning of the 15th century Prussia was nearly identical with the later province of Ostpreussen. But chronicles of regions near the Baltic coast, especially of Vorpommern (Western Pomerania) do not mention a seismic event in 1409.

Our oldest Danish chronicle was written between 1623 and 1625 by a pastor RIBER. He repeats the well known time of the event. But it cannot be recognized that an earthquake in Denmark has been observed or felt just at that time.

It is highly probable that a strong earthquake did not occur in the North German Lowlands in the 15th century. A seismic event was definitely observed in 1409 in the region of Magdeburg and its neighbourhood, in the so-called Magdeburger Börde.

Additionally it can be concluded from the sources that the supposed earthquake in 1412 (Nov. 22, 1412) was in reality a strong storm event.

5. Quellenverzeichnis

In das Literaturverzeichnis wurden zahlreiche Quellen aufgenommen, die nicht im Text zitiert sind, aber wesentlicher Bestandteil der Recherchen waren. Sie sollen dem am Gegenstand interessierten Fachkollegen den Zugang zu den Quellen erleichtern.

- ABEL, C. (1711): Preußische und Brandenburgische Reichs- und Staatsgeographie... - Leipzig und Stendal
- (1730): Sächsische Altertümer. - Braunschweig
- (1732): Sammlung etlicher noch nicht gedruckter Alten Chroniken ... - Braunschweig
- (1741): Geschichte der alten Teutschen Völker ... - Braunschweig
- AHORNER, L., MURAWSKI, H. & G. SCHNEIDER (1970): Die Verbreitung von schadenverursachenden Erdbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. - Z. Geoph. **36**, 313-343
- ALEXANDRE, P. (1990): Les séismes en Europe occidentale de 394 à 1559, Nouveau catalogue critique. - Observat. Royal de Belgique, Sér. Géoph. N° Hors-Série, Bruxelles
- ANGELUS, A. (1598): Annales Marchiae Brandenburgicae, das ist ordentliche Verzeichnuß und beschreibung der fürnemsten und gedenckwürdigsten Märkischen Jahrgeschichten und Historien ... - Frankfurt/0.
- BALTHASAR, J. H. (1778): siehe BUGENHAGEN, J. (1778)
- BANDHOLTZ (1888): Ein Erdbeben in der Mark Brandenburg. - Der Baer, Illustrierte Wochenschrift für die Geschichte Berlins und der Mark, XV Jhrg., Nr. 13, S. 170, Verlagsbuchhandlung H. Schön, Berlin 29.12.1888
- BEKMANN, J. Ch. & B. L. BEKMANN (1751): Historische Beschreibung der Chur und Mark Brandenburg nach ihrem Ursprung, Einwohnern, Natürlichen Beschaffenheit ... - Berlin
- BOTHO, C. (1596): Sächsisch Chronicon, darinnen ordentlich begriffen ... Aufs neue aufgezeichnet ... Durch Mattheus Dresserum - Wittenberg
- BODENSTEDT, F. (1862): Russische Fragmente. Beiträge zur Kenntniß des Staats- und Volkslebens in seiner historischen Entwicklung. - Leipzig
- BROTUFF, E. (1556): Chronica von den Antiquiteten des Keiserlichen Stiffts, der Römische Burg und Stadt Marsburg an der Salah ... - Bautzen
- BUGENHAGEN, J. (1728): Pomerania ... - Greifswald
- BÜNTING, H. (1594): Itinerarium sacrae scripturae. Das ist: ein Lesebuch über die ganze heilige Schrift ... - Magdeburg
- CARION, J. (1531): Chronica Dorch Magistrum Johan Carion vlitlich thosamende getragen (unde uppet nye gebetert menichlick nützlich tho lesen). - Magdeborch
- DAHLMANN, E. C. (Hrsg.) (1827): Johann Adolphi's, genannt Neocorus, Chronik des Landes Dithmarschen.- Kiel
- DÖRING (DERING), J. : Neüw Zeytung so kürztlich diss Jars Anno ... - Deutsche Staatsbibliothek zu Berlin, Unter den Linden, Handschriftenabteilung
- DRESSER, M. (1592): De cristiano, inclyto et magnanimo duce electore saxoniae, oratis funebris.- Lipsica
- (1596): Chronica von anfangk der Welt bis auffs Jahr Christi unseres Erlösers MDXVI ... - Leipzig
- (1596): Sächsisch Chronicon. Darinnen ordentlich begriffen die fürnemsten und denckwürdigsten Sachen, so sich von anbegin der Welt sich begeben ... - Wittenberg
- (1598): Millenarius Sextus ISAGOGES Historicae Matthae Dresseri complectens Res praecipvas, Maximeque memorabiles in Ecclesia, Politica ab Ottone III bis zum Jahre 1591 ... - Lipsiae
- DREYHAUPT, J. Ch. v. (1749 und 1750): Neletici et Nudzici, oder Ausführliche diplomatisch-historische Beschreibung des zum ehemaligen Primat und Ertz Stifft, nunmehr aber durch den westphälischen Friedens Schluss Secularisirten Herzogthum Magdeburg gehörigen Saal-Creyses und aller darinnen befindlichen Städte ... - 2 Thle
- EICKSTEDT (EICKSTET), V. v. (1728): Epitome annalium Pomeraniae cui annexa sunt 1. Genealogia ducum Pomer. 2. catalogus Episcoporum. Camminens. 3. Descriptio Pomer. vita Phillipi I. Ducis Pomer. citer. ab esd auctore conscr. Ex mscrpto edid. Jac. Henr. Balthasar. - Greifswald
- ENZELT (v. SALVELT), CH. (1579): Chronicon oder Kurtze und einfeltige vorzeichnüs darinne begriffen wer die Alte Marck und nechste Lender darbey sind der sündfluth bevonet hat ... - Magdeburg
- FABRICIUS, G. (1597): Originum illustrissimae Stirpis saxoniae. - Jena
- (1597): Rerum Misnicarum. - Jena
- FUNCK, J. (1554): Chronologia hoc est, omnium temporum et annorum ab initio mundi usque ad annum 1553 computatio, Item Commentariorum libris. - Basel
- GARCAEUS (GARTZ, GARZ), Z. : Annalium Marchiae Brandenburgensis. (2 kleine Chroniken der Mark Brandenburg). - Handschriftenabteilung der Staatsbibliothek zu Berlin, Unter den Linden, Signatur Ms Bor 8° 80
- GARCAEUS, Z.: Successiones Familiarum. - Handschriftenabteilung der Staatsbibliothek zu Berlin, Unter den Linden; in verschiedener Vollständigkeit und unterschiedlichen Alters unter den Signaturen Ms Bor. 2° 22, Ms Vor. 2° 33, Ms Bor. 2° 479, Ms Bor. 4° 510
- GERCKEN, PH. W. (1755): Fragmenta Marchica oder Sammlung ungedruckter Urkunden und Nachrichten zum Nutzen der Brandenburgischen Geschichte. - Wolfenbüttel
- (1769-82): Codex diplomaticus Brandenb. - Salzwedel/Stendal
- GIEBEL, L. (1872): Beobachtungen über das Erdbeben am 6. März 1872 in und um Halle. - Zeitschr. f. ges. Naturw. **39**
- GÖTZE, L.: Beschreibung der Handschrift „Ms Bor. 8° 80“. - (d. h. der Handschrift von GARCAEUS). - Handschriftenabteilung der Staatsbibliothek zu Berlin, Unter den Linden, Signatur Ms Bor. 973
- GRAUTOFF, F. H. (1829 und 1830): Chronik des Franziskaner Lesemeisters Detmar nach der Urschrift und mit Ergänzungen aus anderen Chroniken. - 2 Thle, 1. Th.: Hamburg 1829, 2. Th.: Hamburg 1830
- GROTEFEND, H. (1984): Taschenbuch der Zeitrechnung des deutschen Mittelalters und der Neuzeit. - Transpress-Reprint, Berlin
- GRÜNTHAL, G. (1988): Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzender Gebiete von 823 bis 1984. - Veröffentl. Zentralinst. f. Physik d. Erde Nr. 99, Potsdam
- GRÜNTHAL, G. & G. LEYDECKER (1993): Seismic hazard in Germany. In: R. MCGUIRE (Hrsg.): The practice of earthquake hazard assessment. Publ. Internat. Assoc. of Seismol. and Physics of the Earth's Interior and Europ. Seismol. Comm., 121-128, Norwood, Massachusetts (USA)
- HAFFTZ, P.: Scriptum Micro Chronicon Marchicum. - Handschriftenabteilung der Staatsbibliothek zu Berlin, Unter den Linden
- Michrochronologium Marchicum. Handschriftenabteilung der Staatsbibliothek zu Berlin, Unter den Linden

- HECKER, J. (1783): Berliner Lehrbuch. - Bützow
- HENNINGES, H. (1580): Genealogia aliquet familiarum nobilium in Saxonia ... Nunc denuo auctiores et correctiores ex Bibliotheca Ranzoviana editae ... - Hamburg
- (1583): Genealogiae Imperatorum et Dynastorum qui circo Saxonico ... Westphalico et Burgundico comprehenduntur. ... - Ulyssae
- JANICKE, K. (1869): Die Chroniken der niedersächsischen Städte: Magdeburg, Bd. 1. - In: HEGEL, C. (Hrsg.): Die Chroniken der deutschen Städte vom 14. bis in 16. Jh. - Herausgegeben durch die Historische Kommission bei der Bayrischen Akademie der Wissenschaften, Bd 7., Leipzig
- JOBST, W. (1561): Kurtze Beschreibung der alten löblichen Stadt Franckfurt an der Oder ... - Frankfurt/O.
- (1562): Genealogia oder Geburtslinien und Ankunft ... - Frankfurt/O.
- JØRGENSEN, F. (1974): Praesteindberetninger til Ole Worm, II: Indberetninger fra Arhus, Fyns og Lunde stifter 1623 - 1625.- Landbohistorisk selskab, Kopenhagen
- KEFERSTEIN, Ch. (1827): Versuch eines chronologischen Verzeichnisses der Erdbeben und vulkanischen Ausbrüche von Anfang unserer Zeitrechnung. - Zeitung Geogn. Geol. u. Naturgeschichte des Innern der Erde, 287 - 341
- KLEM(P)ZEN, N. (1774): Pommersche Anekdoten ... - Leipzig und Stralsund
- KLÖDEN, K. F. (1836-1837): Die Mark Brandenburg unter Kaiser Karl IV. bis zu ihrem ersten Hohenzollerschen Regenten, oder: Die Quitzows und ihre Zeit. - 4 Bde, Berlin
- (1837): Beiträge zur mineralogischen und geognostischen Kenntnis der Mark Brandenburg. - Berlin, zehntes und letztes Stück, 1 - 50
- KOPPMANN, K. (1866): Die ältesten Urkunden des Erzbisthums Hamburg-Bremen. - Hamburg, Diss. (Urkunden bis ins 12. Jh.)
- KORNER, H.: "Hermann Corneri chronicon usque ad annum 1416" (wahrscheinlich erster Entwurf zu der Chronica novella). - Wolfenbüttel, Handschrift, Anfang 15. Jh.
- KRANTZ, A. (1519): Wandalia.- Köln
- (1520): Saxonia. - Köln
- (1582): Saxonia. Weitläufige ... beschreibung der Ankunft, Sitten, Regiment ... und tapferer Thaten der Sachsen ... in Latein beschrieben durch A. K. ... verdeutscht, erklert und gebessert durch B. Fabrum. Itzt auff's new wiederumb mit fleis übersehen ... - Leipzig
- KRENTZHEIM, L. (1577): Chronologia. Das ist, grüntliche Jahrrechnung, sampt Verzeichnung der fürnemsten Geschichten, Verenderungen und Zufall, so sich beyde in Kirchen und Welt Regimenten zugetragen haben, zu jeder Zeit, von Anfang der Zeit biss auff unsere ... - 2 Thle. Görlitz
- KÜSTER, G. G. (1731): Collectio opusculorum historiam Marchicam illustratum ... - 2 Bde, Berlin
- (1743): Bibliotheca historica Brandenburgica scriptories rerum Brandenburgicarum maxime Marchicarum exhibens in suas classes distributa et duplici indici instructa. - Breslau
- (1768): Accessiones ad Bibliothecam histor. Brandenb. scriptores rerum Brandenb. maxime March. exhibentum. - Berlin
- KUSS, Ch. (1825): Jahrbuch denkwürdiger Naturereignisse in den Herzogthümern Schleswig und Holstein vom elften bis zum neunzehnten Jahrhundert. - Erster Theil, Busch, Altona
- LANGEBEK, J. (1774): Scriptores rerum Danicarum medi aevi, partim hactenus mediti, partim emendatius editi.- Bd. 1 - 9, Hafniae (=Hauniae) 1772 - 1834
- LAPPENBERG, J. M. (1862): Chronicon Holtzatie, auctore Presbytero Bremensi. - Kiel
- LEHMANN, I. (1956): Danske jordskælv.- Meddelsen fra Dansk Geologisk Forening, 13, 156, 2, 88 - 103, Kopenhagen
- LEIBNITZ, G. W. v. (1711): Notitia rei nummariae Luneburgicae ... - Hannover
- LENTZ, S. (1748): Von Gottes und Heil. Apost. Stuhles Gnaden ... - Halle
- (1750): Diplomatische Stiftshistorie von Brandenburg.- Halle
- (1750): Diplomatische Stiftshistorie von Havelberg.- Halle
- LERSCH, B. M. (1897): Erdbeben-Chronik für die Zeit von 2362 v. Chr. bis 1897. - Neunzehnbändige Handschrift, Aachen
- LEOWITZ (LEOVITICUS), C. (1564): Grundliche, klärliche Beschreibung und Historischer bericht der fürnemsten grossen Zusammenkunft der obern Planeten, der Sonnen Finsternissen, der Cometen und derselben wirkung, so sich in der vierten Monarchien erzaigt und begeben sampt einem Prognostico von dem 1564 Jahr bis auff nachvolgend zweintzig Jar werende ... - Laugingen
- LEUTINGER, N. (1729): De Marchia et rebus Brandenburgicis commentarii huiusque desideratissimi ac opuscula reliqua adhuc rarissima. Scriptorum de rebus Marchiae Brandenburgensis ... in unum volumen collectio.- Frankfurt und Leipzig
- LEYDECKER, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000 - 1981. - Geol. Jb., E 36, 3 - 83, Hannover
- LEYDECKER, G., STEINWACHS, M., SEIDL, D., KIND, R., KLUSMANN, J. & W. ZERNA (1980): Das Erdbeben vom 2. Juni 1977 in der norddeutschen Tiefebene bei Soltau. - Geol. Jb., E 18, 3-18, Hannover
- LUDEKUS (LUIDKE), M. W. (1586): Historia von der Erfindung, Wunderwerken ... - Wittenberg
- LUDEWIG, J. P. (1720 - 1741): Reliquiae manuscriptorum omnis aevi diplomatum ac monumentorum ineditorum adhuc. - Th. 1 - 12, Frankfurt, Leipzig, Halle, speziell Leipzig 1727
- MEIER, R. & G. GRÜNTAL (1992): Eine Neubewertung des Erdbebens vom 3. September 1770 bei Alfhausen (Niedersachsen). - Osnabrücker naturwiss. Mitt., 126, S. 67 - 80, Osnabrück
- MEIER, R. & H. J. FRANZKE (1995): Das Erdbeben "Prignitz 1409" im Lichte der tektonischen Analyse des Ruptursystems in der Pfarrkirche zu Wittstock. - Brandenburgische Geowiss. Beitr. 2, 2, S. 33-46
- M. J. A. W. (1756): Chronika oder Sammlung alter und neuer Nachrichten von denen merkwürdigsten Erdbeben. - Frankfurt/M.
- MÜNSTER, S. (1544): Cosmographia. Beschreibung aller Lender ... in welcher begriffen aller völker, Herrschaften und Stetten und namhafter herckommen, sitten, gebrauch ... und hantierung durch die gantze Welt und fürnemlich Teutscher Nation ... Alles mit figuren und schönen Landtaflen erklärt. - Basel
- (1564): Cosmographie ... bis auff das 1564. jar ... gemehret ... mit ... figuren und landtaflen geziert ... - Basel
- NAUCLERUS, J. (1579): Chronica ... succintim comprahendentia res memorabiles seculorum omnium ac gentium ab initio Mundi usque ad annum Christi nati 1500 ... - Köln
- (1579): Praepositi Tubingensis Chronica ... - Köln

- NN (1907): Die Kunstdenkmäler der Provinz Brandenburg. - Bd 1, H. 2, Ostprignitz, Berlin
 PILGRAM, A. (1788): Untersuchungen über das Wahrscheinliche der Wetterkunde durch vieljährige Beobachtungen. - Wien
 POLTHIER, W. (1933): Die Geschichte der Stadt Wittstock. - Berlin
 POMARIUS, M. J. (1587): Summarischer Begriff der Magdeburgische Stadt Chronicken, darinne aufgezeigt wird wenn dieselbige Stadt ongefehr zu bawen angefangen, auch was sich jeder anfangs derselbigen bis auff diese gegewertige zeit fast in die sechzehen hundert jar, Dechtwirdiges alda begeben und zugetragen habe. - Magdeburg
 PONTOPPIDAN, E. L. (1730): Theatrum Daniae oder Schau-Bühne des alten und jetzigen Dännemarcks ... 2 Thle, Bremen
 - (1744): Annales Ecclesiae Danicae Diplomatici oder nach der Ordnung der Jahre abgefassete und mit Urkunden belegte Kirchen-Historie des Reichs Dännemarck. - Kopenhagen
 - (1758): Abhandlung von der Neuigkeit der Welt. - Kopenhagen und Leipzig
 RATHMANN, H. (1800 - 1816): Geschichte der Stadt Magdeburg. - Magdeburg
 REGKMANN, H. (1619): Lubeckische Chronik, das ist aller vornehmste Geschichte und Hendel, so sich in der kayserlichen Reichs-Stadt Lubeck, von Zeit ihrer ersten Erbauung zugetragen ... in drey Büchern zusammengetragen ... - Speyer
 REINCKE (von STERNHEIM), R. (1581): Origines illustrissimes stirpes Brandenburgicae ... - Frankfurt/O.
 RIBBE, W. (1973): Die Aufzeichnungen des Engelberg Wusterwitz. - Einzelveröffentl. der Historischen Kommission zu Berlin, Colloquium-Verlag, Berlin
 - (1992): Das Michrochronicum des Peter Hafftiz. - Unveröffentlichtes Manuskript, Berlin
 RIBER, J. K.: siehe JØRGENSEN, F.
 RIEDEL, A. F. (1838): Geschichte der geistlichen Stiftungen, der adligen Familien, so wie der Städte und Burgen der Mark Brandenburg. - 2 Bde, Berlin
 - (1862): Codex diplomaticus brandenburgense, Sammlung der Urkunden, Chroniken und sonstigen Geschichtsquellen für die Mark Brandenburg und ihrer Regenten. - Vierter Hauptteil, erster Bd. Berlin
 ROTH, J. (1872): Bemerkungen über das Erdbeben am 6. März 1872. - Poggendorff's Ann. Phys. u. Chem. **145**, 4, S. 630
 RÜHLEMANN, C. (Hrsg.)(1913): Mansfeldische Chronica ... von Cyriacus Spangenberg (1527-1585). - Eisleben (siehe auch SPANGENBERG "Mansfeldische Chronica")
 SARNOVIUS, C.: Gedichte ad annum 1410, 1412 und 1580. - In STEIN 1697, Handschrift, Ostprignitz-Museum zu Wittstock
 SCHNURRER, F. (1823): Chronik der Seuchen in Verbindung mit den gleichzeitigen Vorgängen in der physischen Welt und in der Geschichte der Menschen. Erster Theil vom Anfange der Geschichte bis in die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts. - Tübingen
 SIEBERG, A. (1940): Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und angrenzender Gebiete für die Jahre 58 bis 1799. - Mitt. Deutsch. Reichserdbebendienst, 2, 1 - 111, Berlin
 SPANGENBERG, C. (1572): Mansfeldische Chronica. Der Erste Teil. Von der Erschaffung und Austheilung der Welt ... - Eisleben
 - (1913): Mansfeldische Chronica. - Hrsg. von Carl RÜHLEMANN im Auftrage des Vereins für Geschichte und Altertümer der Grafschaft Mansfeld, 3., Buch des vierten Teils. - Eisleben
 STEIN, C. J. (1697): Epitome Historia, Episcoporum Havelbergensium, das ist eine kurtze Beschreibung aller Bischöffe zu Havelberg, wie solche von Udone dem Ersten biß auff Joachimum Friedericum den Letzten den Bischöfflichen Stuhl nacheinander besessen haben. - Wittstock, Handschrift, Ostprignitz-Museum Wittstock
 STEINWACHS, M. (1983): Die historischen Quellen eines Erdbebens zu Lüneburg anno 1323. - Geol. Jb., E 26, 77-90, Hannover
 STIEBRITZ, J. F. (1772): Auszug und Fortsetzung der Chroniken von Dreyhaupt. - I. Theil, Verlag des Waisenhauses, Halle
 STRUCK (1774): siehe KLEM(P)ZEN
 STURM, M. U. C. (1596): Chronica von anfangk der Welt biß auff's Jahr Christi unsers Erlösers MDXCVI ... - siehe DRESSER, M., Leipzig
 WASCHKE, H. (Hrsg.)(1911): Annales Anhaltini. 46pp. - Dünnhaupt Dessau
 WECK, A. (1680): Der Kurfürstlich sächsischen weitberuffenen Residenz und Haupt-Vestung Dresden Beschreibung ... - Nürnberg
 WERNER, A. (1584): Chronica des keyserfreyen Ertz und Primat Stiffts Magdeburg. - Magdeburg
 WENTZ, G. (1933): Der Germania sacra, erste Abteilung, 2. Band, das Bistum Havelberg. - Berlin
 WUSTERWITZ, E.: siehe RIBBE, W. (1973)
 ZÖLLNER, A. (1893): Chronik der Stadt Havelberg. - Bd. 1, Rathenow

Anschrift der Autoren:
 Dr. Gottfried Grünthal
 Otto-Heese-Str. 6, 14641 Nauen
 Prof. Dr. Rudolf Meier
 Leiterstraße 8, 14469 Potsdam

LANDESAMT

Estland-Exkursion des LGRB vom 16. bis 25. Juni 1995

GERHARD HOTZAN

Die Exkursion zu paläozoischen und quartären Aufschlüssen an der Küste Estlands und auf der Insel Saaremaa (Ösel) erfolgte im Zeitraum vom 16. bis 25. Juni 1995. Die organisatorische Vorbereitung wurde von estnischer Seite durch Dr. Jüri Kask, Abteilungsleiter für Geophysik und Meeresgeologie im Geologischen Dienst Estland und von seiten des LGRB durch den Autor realisiert. Die Exkursionsgruppe bestand aus acht Mitarbeitern des LGRB.

Die An- und Abreise der Exkursionsteilnehmer erfolgte mit dem Linienbus Berlin - Tallinn des estnischen Unternehmens "Motoor Reisii". Die Fahrzeit betrug jeweils ca. 27 Stunden. Die Führung der einzelnen Exkursionen übernahm Dr. Kask. Er hatte schon zu unserer Anreise Exkursionsführer und Übersichtskarten vorbereitet sowie einen Kleinbus angemietet.

Die erste Fachexkursion führte uns am 18. Juni zur Brennschieferlagerstätte Kothla-Järve. Unter Führung des Grubengeologen machten wir uns mit dem geologischen Bau dieser für die energetische Basis Estlands äußerst wichtigen Lagerstätte vertraut. Die Gewinnung erfolgt hier in Abhängigkeit von der Deckgebirgsmächtigkeit (Grenzwert 30 m) im Tief- oder Tagebau. Wir erhielten die Möglichkeit, das ca. 3,5 m mächtige mittelordovizische "Flöz", bituminöser Kalkmergel, das wie alle paläozoischen Schichtenfolgen Estlands mit äußerst geringer Neigung nach Süden (ca. 3 - 5°) einfällt, im Anstehenden zu studieren und reichlich Probenmaterial zu sammeln. Gegenwärtig wird der "Kuckersit" in drei Tagebauen und sechs Schachtanlagen in einer Größenordnung von ca. 14 Mio. t/a gewonnen. Davon werden 85% in Kraftwerken zur Elektroenergieerzeugung verheizt und ca. 15% in der chemischen Industrie zur Erzeugung von Teerprodukten verwendet.

Auf der Rückfahrt besuchten wir quartäre Moränenlandschaften im Bereich des Nationalparks Lahemaa. Wir waren beeindruckt von der Größe der kristallinen nordischen Geschiebe und den gut verfolgten alten Strandlinien, die sich während der Heraushebung des Baltischen Schildes seit der letzten Eiszeit ausbildeten.

Am 19. Juni erfolgte ein Besuch des Geologischen Dienstes Estlands in Tallinn. Wir hörten Fachvorträge zu den Ölschieferlagerstätten und zu hydrogeologischen Problemen des Landes. Weiterhin machten wir uns mit der Struktur des Geologischen Dienstes vertraut und tauschten Publikationen aus.

Am Nachmittag setzten wir mit der Fähre zunächst zur Insel Muhu über und besichtigten bei Kallaste ein inakti-

ves Kliff. Die hier aufgeschlossenen Kalksteine gehörten der Jaani-Formation (Wenlock) des Untersilurs an. Tief beeindruckte uns die unberührte Natur mit vielen seltenen Pflanzen, die von der estnischen Regierung unter strengen Schutz gestellt sind. Danach setzten wir die Fahrt über einen Damm nach Saaremaa fort. Diese Insel war bis 1992 militärisches Sperrgebiet, so daß erst seit dieser Zeit auch für ausländische Geologen die Möglichkeit besteht, die einmaligen Aufschlüsse zu besuchen.

Die erste Exkursion auf der Insel Saaremaa führte uns am 20. Juni zum Meteoritenkrater Kaali bei Kuressaare. Der hier vor ca. 4 000 Jahren niedergegangene Meteorit verdampfte vollständig und hinterließ einen Hauptkrater von ca. 100 m Durchmesser sowie mehrere Nebenkrater.

Danach besichtigten wir einen Steinbruch bei Kaarma. Hier wurden Dolomite der Paadla-Formation des Obersilur (Ludlow) abgebaut und zu Verblendsteinen verarbeitet. Die nächsten Aufschlüsse befanden sich an der Nordküste der Insel. An den Kliffen von Panga und Ninase (Abb. 1) waren dolomitisierte Kalksteine der Jaagara- und Jaani-Formationen des Untersilur (Wenlock) aufgeschlossen. Sie enthielten zahlreiche Fossilien, wie z. B. Stromatoporen, Halysites und andere Korallen, Brachiopoden, Schnecken und Trilobiten.

Die Exkursionen wurden am 21. Juni fortgesetzt. An diesem Tag besuchten wir den Südwestteil (Halbinsel Sorve) und die Westküste Saaremaas. Bei Mässa hatten wir Gelegenheit, eine Kieslagerstätte im Bereich eines alten, d. h. hoch über dem Meeresspiegel liegenden Strandwalls zu besichtigen. Die Kiesanteile beeindruckten besonders unsere Lagerstättengeologen. An der Südwestspitze Saaremaas waren aktive küstendynamische Prozesse in Form von Abtragungs- und Anlandungsbereichen auf engstem Raum zu studieren. Bei Montu fühlten wir uns bei der Besichtigung einer pleistozänen Grundmoräne nach Brandenburg versetzt. Die beeindruckendsten Aufschlüsse auf Saaremaa stellten die Kliffe von Kaugatuma und Ohesaare dar. Hier waren äußerst fossilreiche Kalksteine und Dolomite der Kaugatuma- und Ohesaare-Formationen des Obersilur (Pridoli) aufgeschlossen. Wir konnten zahlreiche Vergleichsstücke mit Brachiopoden, Trochiten, Korallen und Trilobiten sammeln. Ähnliche Stücke sind in den Kiesgruben Brandenburgs als Geschiebe anzutreffen.

Ein Abstecher nach Lümanda, einem Aufschluß grauer, zäher massiger Kalke der Paadla-Formation (Ludlow) beendete das Exkursionsprogramm für diesen Tag. Am 22. Juni verließen wir Saaremaa und fuhren über Haapsalu wieder zurück nach Tallinn.

Am Wasserfall Keila-Joa sowie am Glint bei Türisalu war die Schichtenfolge des Oberen Kambriums und des Unteren Ordoviziums mit Feinandsteinen, Dictyonema-Schiefer und glaukonitischen Sand- und Kalksteinen aufgeschlossen. Die Kalke der Kunda-Stufe enthielten zahlreiche Endoceren. Ein abendlicher Stadtbummel durch Tallinn schloß diesen erlebnisreichen Tag ab.

Die letzte Exkursion führte uns am 23. Juni zum stillgelegten Phosphorit-Tagebau Maardu bei Tallinn. Hier wurde

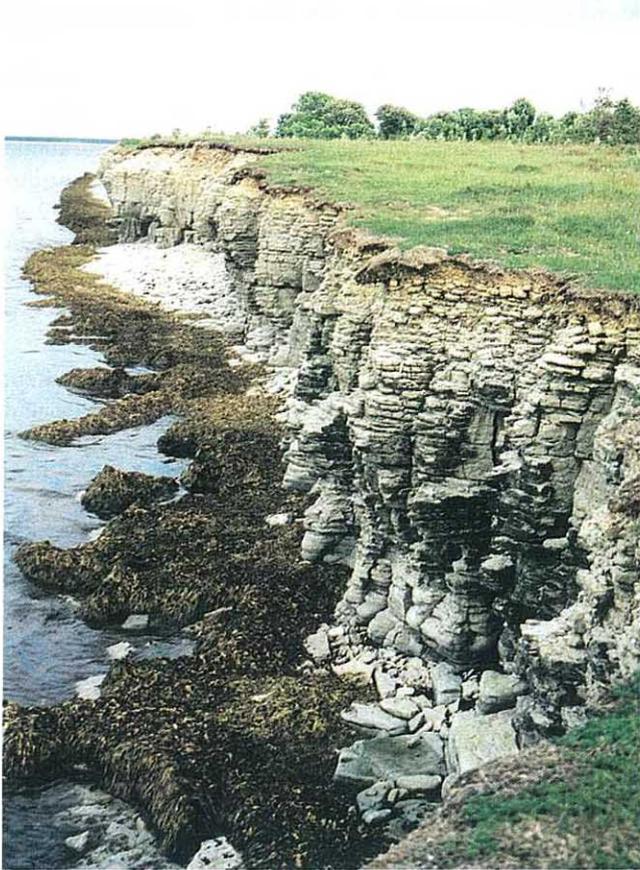


Abb. 1 Kliff an der Nordküste Saaremaas bei Ninase. Dolomitisierte Kalksteine der Jaagarahu-Formation (Wenlock) des Untersilur. Foto: F. Ludwig

Der Krater Sall (Kaalijärv) auf der Insel Ösel (Estland)

ULRICH WUTZKE

Der auf der estnischen Ostseeinsel Ösel (Saaremaa) gelegene Krater namens Sall (Kaalijärv)¹⁾ wird schon in den ersten landeskundlich-geognostischen Berichten als eine besondere Merkwürdigkeit erwähnt. Er wird gebildet von einem sich 4-6 m über die ebene Umgebung emporhebenden Ringwall von etwa 100 m Durchmesser, der ein 14-16 m tiefes (d. h. also 10 m unter Gelände reichendes), ge-

¹⁾ Das Gut, in dessen unmittelbarer Nähe sich der Krater befindet, hieß bis zu seiner Enteignung um 1920 Sall (estn. Kaali). Kaalijärv bedeutet estnisch "See von Kaali". Synonym zu "der Krater von Kaali" wird "der Kaali" gebraucht. Im internationalen Schrifttum hat sich dagegen die Bezeichnung "Kaalijärv" durchgesetzt, wobei mit Hinblick auf die älteren Veröffentlichungen auf die ursprüngliche Namensform Sall verwiesen wird. Die estnische Namensform der Insel ist Saaremaa. Im Deutschen und den germanischen Sprachen Skandinaviens ist daneben der Name Ösel gebräuchlich, der auf dänisch Ø (= Insel) zurückgeführt wird.

von 1923 bis 1993 der Obulus-Sandstein als Phosphat-Rohstoff abgebaut. Diese unterordovizische Schicht (Tremadoc) erreichte eine Mächtigkeit von 2 - 3 m und P_2O_5 -Gehalte bis 12%. Gegenwärtig sind die Tagebaue abgesoffen. Nur nach längerer Suche gelang es uns, Belegstücke des Obulus-Sandsteins zu finden.

In den hangenden unterordovizischen Kalksteinen konnten dagegen herrliche Stücke von *Endoceras* (bis 70 cm lang, Durchmesser bis 10 cm), *Discoceras*, *Asaphus* und verschiedenen Schnecken und Bradiopoden geborgen werden.

Schwer mit zahlreichen Proben beladen machten wir uns am 24. Juni auf die Rückreise nach Deutschland. Hinter uns lagen unvergeßliche Tage. Zahlreiche Gesteine, die wir in Brandenburg als Geschiebe kennen, konnten wir erstmals in der anstehenden Schichtenfolge studieren und als Vergleichsstücke für die Brandenburgische Landesammlung mitbringen.

In der Kürze der Zeit war es jedoch nur möglich, einen Überblick über den geologischen Bau Estlands zu erhalten. Die von uns besuchten typischen Profile können keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, jedoch weckten sie das Interesse der Teilnehmer, sich weiter mit dieser Problematik auseinanderzusetzen.

Die Reise bildete den Auftakt zu freundschaftlichen Beziehungen zwischen dem LGRB und dem Geologischen Dienst Estlands, Behörden, die unter ähnlichen Ausgangsbedingungen die Anforderungen ihrer Länder an die staatlichen geologischen Dienststellen meistern müssen. Der gegenseitige Austausch von Erfahrungen in diesem Prozeß kann Nutzen für alle Seiten bringen.

wöhnlich von Wasser mit wechselndem Pegelstand erfülltes Loch umschließt und ist das größte einer 6-9 Objekte umfassenden Gruppe bis hinab zu 4,5 m Durchmesser, die etwa 20 km nordöstlich von Arensburg (estnisch Kuresaare, 1952-1988 Kingissepa) zu finden ist.

Die Umgebung des Kraters wird von den nahezu horizontal liegenden silurischen Dolomiten der Stufe K_1 der Oberen Öseler Schichten (Rootsiküla-Kaarma-Zone, *Eurypterus*-Horizont, Ludlow) nach BEKKER (1925) gebildet, die von einer bis zu 1 m mächtigen pleistozänen Decke verhüllt werden. Am inneren Abfall des Walls sind diese Schichten im Winkel von 25°-40° periklinal aufgerichtet.

An Vorschlägen, die Genese des Gebildes zu erklären, hat es nicht gefehlt. Im Wesen lassen sie sich zwanglos auf zwei einander konträre Prinzipien zurückführen, nämlich Kraftwirkung von oben nach unten (Einfall) und Kraftwirkung von unten nach oben (Ausbruch).

Soweit sich feststellen läßt, ist RAUCH (1794), der einen "ehemaligen Vulkan" vermutet, der erste, der sich zum Sall äußert. Luce (1827) dagegen denkt, wohl wegen des Fehlens eruptiver Gesteine, an eine "einmalige Explosion von unterirdischen Feuer ohne weitere Folgen", wie er sie 1775-81 auch "im Hannöverischen am Fusse des Kulfber-

ges" gesehen haben will. WANGENHEIM (1849a), der auf die Ähnlichkeit des Kraters mit den Maaren in der Eifel, insbesondere dem Laacher See, in Böhmen und der Auvergne hinweist, spricht von einer "eigenthümlichen Art" Explosionskrater, die nur durch Wasser, Schlamm, Dampf oder eine Gasart hervorgebracht sein kann.

Ganz im Gegensatz dazu steht die Meinung von SCHMIDT (1884) und DOSS (1909), die in dem Krater eine Einsturzdoline als Folge der Dolomit-Verkarstung sehen.

Unter Hinweis auf die von innen nach außen gerichtete Neigung der Schichten am Kraterand, die gegen einen Erdfall spricht, bemüht v. LINSTOW (1919) erneut die Explosion von Gasen, als deren Muttergestein er den kambrischen Dictyonema-Schiefer und die ordovizischen Kuckersit-Schichten vermutet. Im gleichen Sinne äußert sich auch SCUPIN (1924).

Alle Versuche, eine akzeptable Deutung zu geben, blieben somit bis in die ersten Dezennien unseres Jahrhunderts letzten Endes erfolglos.

Von Riga kommend, wo er auf Einladung der Herder-Gesellschaft Vorlesungen gehalten hatte, begab sich am 14. September 1927 Alfred Wegener in Begleitung der Rigaer Wissenschaftler R. Meyer und E. Kraus sowie des Berginspektors I. Reinwald aus Reval (Tallinn) nach Arensburg, um am Sall Untersuchungen vorzunehmen. Der Plan entsprang einer langjährigen Korrespondenz zwischen Wegener und Meyer, deren ältestes Zeugnis ein Brief Meyers an Wegener vom 24.11.1918 bildet, der heute im Deutschen Museum München archiviert ist.

WEGENER hatte sich, wie EHMKE (1980) und WUTZKE (1988) aus gegebenem Anlaß ausführten, mit bemerkenswerten Arbeiten für Fragen im Grenzgebiet zur Planetologie/Kosmologie qualifiziert. Nur erwähnt in diesem Zusammenhang sei, wie WEGENER durch sorgfältige Analyse der Berichte von Augen- und Ohrenzeugen einer über Hessen im Niedergehen beobachteten detonierenden Erscheinung, die er als Meteoriten erkannte, einen Fallpunkt errechnete (WEGENER 1917), und daß dieser – bis dahin einmalig in der Wissenschaft – wenig später nur 800 m vom vorhergesagten Punkt entfernt tatsächlich aufgefunden wurde (RICHARZ 1918; die Hauptmasse des ursprünglich 63 kg schweren Eisen-Körpers befindet sich heute im Mineralogischen Museum der Philipps-Universität Marburg). Von weitreichender Bedeutung waren ferner seine Experimente zur Simulierung von Form und Geometrie der lunaren Krater (WEGENER 1919, 1920), aus denen die bis heute aktuelle Arbeit über die Entstehung des Mondes mit seiner kraterbedeckten Oberfläche hervorging (WEGENER 1921).

Im Ergebnis ihrer Schürfungen und morphologischen Vermessungen, die bis zum 18.9.1927 andauerten, sprachen sich WEGENER und MEYER in KRAUS et al. (1928) für eine Kraterbildung infolge Meteoriteneinschlags aus, wohingegen KRAUS die Entstehung des Kraters von Sall in derselben Arbeit auf Salzdiapirismus zurückführte. Im gleichen Sinne wie WEGENER äußerten sich REINWALD & LUHA (1928). Nach dem Impact-Krater am Cañon Diabolo/Ari-

zona (USA), der erstmals von FOOTE (1891) erwähnt wurde, war dies das zweite irdische Objekt, dessen Genese auf extraterrestrische Einwirkung zurückgeführt wurde. Letzte Zweifel wurden endgültig durch den Fund von meteoritischem Nickel-Eisen (REINWALD 1938) gegenstandslos.

In der Meteoritensammlung des Museums für Naturkunde Berlin befinden sich 5,1 g (SCHULZE 1994) Meteoritensubstanz des Kaalijärv, darunter zwei Bruchstücke zu je 2 g; weitere Proben befinden sich in Tartu (100 g), Moskau (65 g), London (14 g), New York (8 g), Washington (4 g) (BUCHWALD 1975) und an der Bergakademie Freiberg (3 g) (HOPPE 1975).

REINWALD (1938) gibt den Durchmesser des Meteoriten, der den Hauptkrater hinterließ, mit 3 m an; WEGENER und MEYER in KRAUS et al. (1928) schätzten selbigen auf 10-20 m. POKROVSKIJ (1963) setzt den Durchmesser mit 4,8 m und das Gewicht mit 450 t an und errechnet eine Aufschlaggeschwindigkeit von 21 km/s.

Das Alter des Kraterfeldes wird von LINSTOW (1919) mit 4 000-8 000 Jahren a. Chr. n. (Post-Yoldia) beziffert. AALOE (1958) bestimmt anhand terrestrischer Mollusken aus den Sedimenten des Seebodens ein Impact-Alter von 4 000-5 000 Jahren B. P. (Litorina) und KRINOV (1966) mittels ¹⁴C-Datierung ein solches von 2 660 Jahren B.P.

Literatur

- AALOE, A. O. (1958): Новые данные о метеоритных кратерах на острове Саарема Эстонской ССР. - *Meteoritika* **16**, S. 108-114, Moskau
- BEKKER, H. (1925): Lühike ülevade Eesti geoloogias. In: *Eesti Loodus*. - Tartu (Postimehe)
- BIENENSTAMM, H. v. (1826): Geographischer Abriss der drei deutschen Ostsee-Provinzen Rußlands. - 507 S., Riga (Deubner)
- BUCHWALD, V. F. (1975): Handbook of Iron Meteorites. Vol. 1-3, Berkely (Univ. Calif. Press)
- DOSS, B. (1909): Die historisch beglaubigten Einsturzbeben und seismisch-akustischen Phänomene der russischen Ostseeprovinzen. - *Beitr. Geoph.* **10**, 1, S. 1-124, Leipzig
- EHMKE, G. (1980): Alfred Wegener und die Himmelskunde. - *Die Sterne* **56**, 6, S. 331-340, Leipzig
- FOOTE, A. E. (1891): A New Locality for Meteoritic Iron with a Preliminary Notice of the Discovery of Diamonds in the Iron. - *Proc. Amer. Assoc. Advancement Science* **40**, S. 279-283, Washington
- HOPPE, G. (1975): Gesamtkatalog der in der Deutschen Demokratischen Republik vorhandenen Meteorite. - *Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin* **24**, 4, S. 521-569, Berlin
- KRAUS, E., MEYER, R. & A. WEGENER (1928): Untersuchungen über den Krater von Sall auf Ösel. - *Gerlands Beitr. Geophysik* **20**, S. 312-378, Leipzig
- KRINOV, E. L. (1966): Новое о метеоритных кратерах. - *Zemlja i vseennaja* **2**, 5, S. 59-67, Moskau
- LINSTOW, O. v. (1919): Der Krater von Sall auf Oesel. - *Centralbl. Mineral., Geol., Paläontol.* 1919, 21/22, S. 336-339, Stuttgart
- LUCE, J.W.L. v. (1827): Wahrheit und Muthmaßung. Beytrag zur ältesten Geschichte der Insel Ösel. - 164 S., Pernau (Gotthardt Marquardt)
- POKROVSKIJ, G. I. (1971): О расчете параметров метеорита по образованной им воронке. - *Eesti NSV Teaduste Aka-*

- deemia Geologia Instituudi Uurimused **11**, S. 61-71, Tallinn
- RAUCH, J. E. (1794) in MELLIN, v.: Nachricht von der alten lettischen Burg Pilliskaln, und von mehreren ehemaligen festen Plätzen der Letten und Ehsten; auch von etlichen andern tief- und ehstländischen Merkwürdigkeiten. - Neue Nordische Miscellaneen 9. und 10. Stück, S. 540-541, Riga
- REINWALD, I. A. (1938): Der Krater von Sall (Kaalijärv) – ein Meteoritenkrater-Feld in Estland. - Natur u. Volk **68**, 1, S. 16 bis 24, Frankfurt/Main
- REINWALDT, I. & A. LUHA (1928): Bericht über geologische Untersuchungen am Kaalijärv (Krater von Sall) auf Ösel. - Tartu Ülikooli Loodusuurijate Seltsi Arundel **35**, 1/2, S. 30 bis 70, Tartu
- RICHARZ, F. (1918): Auffindung, Beschreibung und vorläufige physikalische Untersuchung des Meteoriten von Treysa. - Schriften Gesellsch. Beförder. ges. Naturwiss. Marburg **14**, 2, S. 91-114, Marburg
- SCHMIDT, F. (1884): Einige Mittheilungen über die gegenwärtige Kenntniss der glacialen und postglacialen Bildungen im silurischen Gebiet von Ehstland, Oesel und Ingermanland. - Z. dt. geol. Gesellsch. **36**, 2, S. 248-273, Berlin
- SCHULZE, H. (1994): Catalogue of Meteorites in the Collection of the Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin, 20 S.
- SCUPIN, H. (1924): Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. - Acta et Commentationes Universitatis Dorpatensis **A VI**, 11, 13 S., Tartu
- SPENCER, L. J. (1938): The Kaalijärv meteorite from the Estonian craters. - Min. Mag. **25**, 161, S. 75-80, London
- TEICHERT, C. (1927): Einige Bemerkungen zum "Krater von Sall" auf der Insel Ösel. - Z. Geomorphologie **3**, 2, S. 99-103, Leipzig
- TIIIRMAA, R. (1984): Kaali meteoriidikraatrid. - 15 S., Tallinn (Valgus)
- WANGENHEIM v. QUALEN, S. (1849a): Der Krater Sall auf der Insel Oesel. - Correspondenzbl. naturforsch. Verein Riga **3**, 4, S. 49-68, Riga
- (1849b): Nachträgliche Bemerkungen über den Explosionskrater bei Sall. - Correspondenzbl. naturforsch. Verein Riga **3**, 10, S. 175-180, Riga
- (1852): Nachträgliche Bemerkungen über den Explosionskrater (Erhebungs-Circus-Ring- oder Kesselthal) von Sall auf der Insel Oesel in Livland. - Bull. Soc. Imp. Natur. Moscou **25**, 1, S. 136-147, Moskau
- WEGENER, A. (1917): Das detonierende Meteor vom 3. April 1916, 3½ Uhr nachmittags in Kurhessen. - Schriften Gesellsch. Beförder. ges. Naturwiss. Marburg **14**, 1, S. 1-83, Marburg
- (1919): Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkrater. - Sitzber. Gesellsch. Beförder. ges. Naturwiss. Marburg 1919, 2, S. 7-10, Marburg
- (1920): Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkrater. - Nova Acta. Abh. Leop.-Carol. dt. Akad. Naturforscher, **CVI**, 2, S. 109-117, Halle
- (1921): Die Entstehung der Mondkrater. (Sammlung Vieweg, Heft 55). - 48 S., Braunschweig (Vieweg)
- WUTZKE, U. (1988): Der Forscher von der Friedrichsgracht. Die wissenschaftlichen Leistungen Alfred Wegeners mit besonderer Rücksicht auf die Astronomie. - In: Beiträge zur Geschichte der Astronomie in Berlin. Vorträge und Schriften der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow **69**, S. 39-78

LANDESAMT

Die geologische Landesuntersuchung – ein wesentlicher Auftrag des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

WERNER STACKEBRANDT

Das Erfassen und Bewerten geologischer Sachverhalte und insbesondere das kartenmäßige Darstellen des geologischen Kenntnisstandes eines Landes sind Standardaufgaben der Geologischen Dienste. In Brandenburg wird die geologische Kartierung in erster Linie von der Abteilung Geologische Landesaufnahme des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB) wahrgenommen. Für darauf aufbauende Beiträge zu angewandten orientierten Fragestellungen, wie zur regionalen Hydrogeologie und zur Rohstoffsituation der ca. 30 000 km² umfassenden Landesfläche, ist die Abteilung Hydrogeologie und Rohstoffe des Amtes zuständig.

Hauptaugenmerk wird im LGRB der Erarbeitung von Karten der an der Oberfläche anstehenden geologischen Bildungen gegeben, die die direkte Planungsgrundlage u. a. für Fragen der Raumordnung und Landesplanung – sowohl für Belange der infrastrukturellen Entwicklung als auch der Erschließung und des Schutzes geologischer Potentiale – und der Baugrundbeurteilung darstellen.

Zugleich manifestiert sich in diesen Karten der geowissenschaftliche Kenntnisfortschritt zum jeweiligen Untersuchungsgebiet, der zwar wesentlich von den verfügbaren Datenbeständen (Bohrungen, Aufschlüsse, geophysikalische und andere Untersuchungsbefunde) abhängig ist, aber auch in hohem Maße auf den Erfahrungen der zuständigen Regionalgeologen und ihrer Abstraktions- und Integrationsfähigkeit basiert. Die Karten der an der Oberfläche anstehenden geologischen Bildungen sind als Basiskarten zugleich Grundlage für die vom Amt zu erarbeitenden thematischen Karten, z. B. zur Hydrogeologie und Rohstoffgeologie (s. o.).

Obwohl es bei der geologischen Landesaufnahme in erster Linie um die Untersuchung und Darstellung der an der Oberfläche anstehenden geologischen Bildungen geht, sind in die Landesuntersuchung auch die verdeckten Bereiche der Erdkruste einbezogen. Schwerpunkt hierbei ist die postvariszische Sedimentfüllung der über 8 km eingesenkten Nordostdeutschen Senke, die sich von ihrem strukturgeologisch geprägten Südrand, den Mitteldeutschen Hauptabbrüchen, bis in den Bereich der südlichen Ostsee erstreckt. Von Interesse sind dabei die an unterschiedliche Stadien der Beckengenese gebundenen Sedimentabfolgen einschließlich der mit ihnen verbundenen Bodenschätze (Rohstoffe im herkömmlichen Sinn, geothermische Ressourcen, Potentiale für die unterirdische Lagerung von Wert- und Schadstoffen usw.). Detaillierte strukturgeologische Kenntnisse über die zahlreichen salinaren Strukturen (Salzstöcke, Salzkissen) innerhalb der Senke sind

gerade für den letztgenannten Aspekt, aber auch für die Klärung der Lagerungsverhältnisse der Schichtenfolge von Bedeutung. Grundlage für die erforderlichen Untersuchungen bilden Bohrkernlager, umfangreiche Archivbestände zur Bohrungsdokumentation sowie von geophysikalischen und sonstigen Unterlagen (Aufgabenbereich der Abteilung Zentrale Dienste). Detaillierte tiefengeologische Kenntnisse dienen in zunehmendem Maße als Entscheidungsgrundlage für den Interessensausgleich bei konkurrierenden Nutzungsansprüchen. Die Darstellung der Ergebnisse der Tiefengeologie (Karten zur Tiefenlage, Mächtigkeit und Lithologie von Leit- oder Nutzhorizonten) erfolgt vorrangig in Karten im Maßstab 1 : 300 000; objektkonkrete Bewertungen werden größermaßstäbig dargestellt.

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der geologischen Landesuntersuchung ist die Erfassung der Böden Brandenburgs unter besonderer Berücksichtigung ihrer Zusammensetzung, ihrer bodenphysikalischen Eigenschaften und der geologischen Ausgangssubstrate. Die Erhebung der bodengeologischen Befunde und ihre Darstellung in Karten unterschiedlichen Maßstabs erfolgt aus Gründen der Vergleichbarkeit nach einer von den Geologischen Diensten Deutschlands abgestimmten Kartieranleitung. Das LGRB verfolgt hierbei das Ziel, den Planungsbehörden aus Landwirtschaft, Forst, Umweltschutz und weiteren potentiellen Nutzern Kartengrundlagen in den Maßstäben 1 : 50 000, 1 : 300 000 sowie in Zusammenarbeit mit der in Hannover ansässigen Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Karten im Maßstab 1 : 200 000 zur Verfügung zu stellen. Diese Karten gestatten u. a. Aussagen zur ökologisch verträglichen agrarischen und forstwirtschaftlichen Nutzung des Landes und sind zugleich Basiskarten für die Belange des Bodenschutzes.

Für die geologische Landesaufnahme kann in Brandenburg auf eine lange Tradition zurückgegriffen werden, die nicht unwesentlich durch die Kartierungsleistungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt geprägt wurde. Abweichend vom traditionellen Maßstab der geologischen Grundkarte im Maßstab 1 : 25 000, wird im LGRB aus kapazitiven Gründen gegenwärtig am flächendeckenden Kartenwerk im Maßstab 1 : 50 000 gearbeitet (GK 50, Herausgabe als geländegestützte Konzeptkarte). Von den 106 brandenburgischen Blättern wurde zwischenzeitlich für 18 Karten des zentralen Brandenburgs die geologische Bearbeitung abgeschlossen. Die bis 1989 im Zentralen Geologischen Institut Berlin erarbeiteten Lithofazieskarten Quartär im Maßstab 1 : 50 000 sind, neben anderen thematischen Karten, hierfür eine geeignete Grundlage. Über die Verfügbarkeit und Ausleihmöglichkeit dieser und weiterer Karten hat W. BARTMANN in dieser Rubrik (Heft 1, 1995) berichtet.

Neben dem Standardkartenwerk des LGRB (GK 50) konnte anlässlich des XIV. Internationalen Quartär-Kongresses (Berlin, im August 1995) in Zusammenarbeit mit der Landesgeologie Berlin (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Abt. IV) eine geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung (i.w. Bereich des Berliner Autobahnringes) im Maßstab 1 : 100 000 heraus-

gegeben werden, die eine wichtige geowissenschaftliche Grundlage für die Raumordnung im Verflechtungsraum von Berlin und Brandenburg darstellt. Weitere aktuelle Vorhaben sind die Blätter Berlin und Magdeburg (gemeinsam mit dem Geologischen Landesamt von Sachsen-Anhalt) der Geologischen Übersichtskarte von Deutschland 1 : 200 000 sowie eine Geologische Übersichtskarte 1 : 300 000 des Landes Brandenburg.

Der geologischen Landesuntersuchung steht außer der stofflichen Analytik (Dezernat Geochemie in der Abteilung Zentrale Dienste) im Dezernat Sedimentuntersuchung eigene Bearbeitungskapazität zur Verfügung, die u. a. die sedimentologische Charakterisierung von Lockersedimenten sowie die palynologische Datierung quartärer Sedimente ermöglicht. Hierfür werden neben den eingesetzten sedimentpetrographischen Standardmethoden wie Korngrößen-, Feinkies- und Schwermineralanalysen auch die Tonmineralgehalte bindiger Sedimente röntgenographisch bestimmt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienen nicht nur zur genetischen Interpretation und zur Ermittlung von Unterscheidungskriterien für die Belange der Kartierung, sondern sie sind zugleich Daten- und Entscheidungsgrundlage für die Tätigkeit der angewandt-geologischen Fachabteilungen.

Für die Durchführung der geologischen Landesuntersuchung stehen in der Abteilung Geologische Landesaufnahme 18 Mitarbeiter in folgenden Dezernaten zur Verfügung:

Abteilung Geologische Landesaufnahme; Ansprechpartner: Dr. W. Stackebrandt

Dez. Geologische Kartierung/Kartographie; Ansprechpartner: Dipl.-Geol. L. Lippstreu

Dez. Sedimentuntersuchung; Ansprechpartner: Dr. H. U. Thieke

Dez. Tiefengeologie; Ansprechpartner: Dipl.-Geol. H. Beer

Dez. Bodengeologie; Ansprechpartner: Dr. D. Kühn

Wegen des großen Nachholebedarfs in der Herausgabe amtlicher geologischer Karten und der Fülle weiterer Anforderungen ist das LGRB an einer Mitwirkung der in Brandenburg tätigen Fachkollegen durch Überlassung ihrer Beobachtungen und Befunde sehr interessiert.

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 39 (G. Hotzan) und No. 40 (W. Stackebrandt)

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geol. Gerhard Hotzan

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Außenstelle Frankfurt/Oder

Schulstraße 16, 15230 Frankfurt/Oder

Dipl.-Geol. Ulrich Wutzke

Franz-Stenzer-Str. 49, 12679 Berlin

Dr. Werner Stackebrandt

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 33 – 46	12 Abb., 1 Tab., 6 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-------------------------

Das Erdbeben “Prignitz 1409” im Lichte der tektonischen Analyse des Ruptursystems in der Pfarrkirche zu Wittstock

RUDOLF MEIER & HANS JOACHIM FRANZKE

1. Einleitung und Problemstellung

In den modernen deutschen Erdbebenkatalogen von LEY-DECKER (1986) und GRÜNTAL (1988) werden für den Beginn des 15. Jahrhunderts zwei seismische Ereignisse aufgeführt, die 1410 und 1412 stattgefunden haben sollen. Beide Erdbebenkataloge ordnen die Epizentren nach damaligem Kenntnisstand mit Koordinatenangabe dem nordwestlichen Land Brandenburg, d. h. der Prignitz, zu und geben die makroseismischen Intensitäten mit I = VII (MSK) beziehungsweise I = V (MSK) an.

Das Hauptereignis wird als “Prignitz 1410” oder “Wittstock 1410” bezeichnet. Es wäre nach Korrektur der Intensität des Erdbebens von Lüneburg 1323 durch STEINWACHS (1983; I = VI (MSK)) und des Ereignisses von Alfhausen 1770 durch MEIER & GRÜNTAL (1992; I = VI (MSK)) das stärkste Erdbeben, das für die letzten 1000 Jahre im Norddeutschen Tiefland nachweisbar ist.

GRÜNTAL & MEIER (1995) haben die historischen Quellen, die der Annahme von Erdbeben in den Jahren 1410 und 1412 in der Prignitz zugrunde liegen, recherchiert und gelangen nunmehr zu abweichenden Ergebnissen.

Danach ergibt sich, daß das Hauptereignis nicht 1410, sondern 1409 stattfand, daß die zeitgenössischen Quellen auf ein Erdbeben im Raum Magdeburg am 24. August 1409 hinweisen, und schließlich, daß es 1412 weder in der Prignitz noch in Norddeutschland ein Erdbeben gab, sondern ein Sturmereignis, das am 22. November 1412 eintrat.

Im Ergebnis der Untersuchungen verbleibt eine Restunsicherheit für das Ereignis von 1409, die sich aus einer handschriftlichen Chronik des Wittstocker Bürgers JOACHIM CONRAD STEIN aus dem Jahre 1697 herleitet. STEIN vermutet nach Zitat von zwei lateinisch verfaßten Gedichten von einem SARNOVIUS, die die Ereignisse von 1410 (1409) und 1412 mit einem zeitlichen Abstand von etwa 150 Jahren schildern, durchaus vorsichtig: “Und von diesem Erdbeben soll die große Borste in dem Gemäuer des Kirchen Thurms entstanden seyn”.

Die tatsächlich im Kirchturm der Pfarrkirche zu Wittstock in Form eines ausgeprägten Kluftsystems vorhandene “Borste” wurde mit Methoden der tektonischen Analyse untersucht, um die Restunsicherheiten zu prüfen.

Für die sehr freundliche Unterstützung, die uns Herr Su-

perintendent emer. ZELLMER, Wittstock, bei den Arbeiten vor Ort gewährte, bedanken wir uns aufrichtig.

2. Die Pfarrkirche Wittstock als Untersuchungsobjekt

2.1. Baugeschichte und Ereignisse

Tektonische Analysen werden im allgemeinen auf geologische Körper angewendet. Unser Objekt ist ein Baukörper, der Turm der Pfarrkirche Wittstock. Das Verständnis des Untersuchungsergebnisses wird durch die Kenntnis der Entwicklungsbedingungen des Objektes erleichtert. In unserem Falle ist es die Kenntnis der baulichen Entwicklung und wenigstens der wichtigsten Ereignisse, die auf den Baukörper einwirkten. Informationen darüber wurden STEIN (1697), den “Kunstdenkmälern der Provinz Brandenburg” (1907) und POLTHIER (1933) entnommen und in Tab. 1 zusammenfassend dargestellt.

Daraus wird deutlich, daß die heutige Pfarrkirche in verschiedenen Bauabschnitten entstand. Von einem Erdbeben im Jahre 1409 könnte nur der Bau der ersten Phase (Turm, Langschiff bis zum 4. Gewölbebogen) betroffen worden sein. Bis zum Ende des 15. Jahrhunderts reifte der Gesamtbau fast bis zur Fertigstellung, wurde aber 1495 durch Feuer (Stadtbrand) so erheblich geschädigt, daß die Gewölbe des Kirchenschiffes teilweise und der Turmaufbau vollständig erneuert werden mußten.

STEIN (1697) berichtet vor dem nächsten Brand des Turms (1698) vom Vorhandensein der “Borste” im Turm. Damit bieten sich für die Erklärung des Rupturgefüges im Turm der Kirche statisch angelegte Instabilitäten, das seismische Ereignis von 1409 und thermische Einwirkungen (Brand, 1495) sowie Kombinationen von diesen an. Die tektonische Analyse zielt auf die Eingrenzung der verschiedenen möglichen Ursachen.

2.2. Konstruktive Grundmerkmale des Turms der Pfarrkirche

Die konstruktiven Grundmerkmale des Turms bilden das Bezugsgerüst für das Rupturgefüge. Sie sind in den Abb. 1 und 2 dargestellt. Der Grundriß in der Ebene 1 - 1 wurde den “Kunstdenkmälern der Provinz Brandenburg” (1907) entnommen und durch Nachmessungen präzisiert, der N - S

Tab. 1 Pfarrkirche zu Wittstock - Bauphasen und Ereignisse

1. Hälfte des 13. Jh.	Erbauung des Unterteils des teilweise mit Feldsteinen errichteten Turms, des Langschiffs bis zum 4. Gewölbebogen und des dreiseitigen oktogonalen Chors. Turm mit unterhalb der heutigen Abschrägung ansetzendem Satteldach mit in Nord-Süd-Richtung weisenden Giebeln. Darüber geradlinig der Turm mit schlankem Spitzdach (STEIN 1697)	
1409	<i>Prignitz-Erdbeben</i>	Entstehung der "Borste" durch Erdbeben ? Es sind keine zeitgenössischen Quellen erhalten, die dies beweisen würden.
ab 1451	Umfassender Erweiterungsbau zur jetzigen Größe des Langschiffs mit geradem Chorabschluß nach Osten. An Anschlußstelle Dach mit Uhrenturm (Dachreiter) besetzt, Giebel der alten Hallenkirche über dem 4. Gewölbebogen bleibt unter dem Dach vollständig erhalten.	
1484 1498	Anbau der zweigeschossigen Marienkapelle (Nordseite) Anbau der Kapelle Bischof Ottos (Südseite)	
1495	Feuerbrunst, Turm (mit "Dannensprossen", halb mit Kupfer, halb mit Blei gedeckt) sowie Kirchendach bis zum Uhrenturm brennen ab; schwere Schäden auch an Gewölben des Kirchenschiffs aus der ersten Bauphase (Stadtbrand)	Entstehung der "Borste" durch schweren Brand?
1512	Erneuerung der Gewölbe und Turmneuaufbau mit folgenden Angaben nach STEIN (1697) – Mauerwerksteil: wird verändert 22 Klafter hoch – Turmspitze: 42 Klafter hoch, gedeckt mit 200 Ztn Kupfer, quadratischer Grundriß – Gesamthöhe: 64 Klafter, nach anderen Angaben 118 Ellen Diesen Zustand zeigen die Darstellungen von 1639 und 1652	
1698	Turm brennt erneut ab (Blitzschlag)	Borste vor dem Brand von 1698 vorhanden (STEIN 1697)
1704	Turm erhält die heutige dreistufige Haube	

verlaufende Schnitt und die Grundrisse in den Ebenen 2 - 2 und 3 - 3 durch Neuaufmessungen erhalten. Die Rißaufnahmen und -darstellungen erfolgten durch Herrn Dipl.-Ing. H. SIMON, Potsdam.

Von den bautechnischen Merkmalen sind für die Rupturanalyse von Bedeutung:

– Abgesehen von Tür- und Fensteröffnungen ist der Turm auf West-, Nord- und Südseite bis zum Ansatz der E - W ausgerichteten Dächer massiv und weitestgehend in Ziegelbauweise aufgeführt.

– Die Pfeiler auf der Turmostseite tragen Gewölbe, auf denen die im übrigen massive Turmostseite ruht.

– Die Pfeiler der Ostseite des Turms sind mit der Turmwestseite durch Gurtbögen verbunden. Über diesen Gurtbögen entwickeln sich hoch aufragende Spitzbögen, die den abschließenden Mauerkranz auf Nord- und Südseite des Turms tragen.

– Über diesem Mauerkranz erhoben sich die (erste) ursprüngliche Turmspitze der ersten Bauphase bis zum Brand von 1495 (viele Details unbekannt), die zwischen 1512 und 1519 errichtete zweite Turmspitze, die STEIN

(1697) beschreibt und die auf Darstellungen wiedergegeben ist (u. a. MERIAN 1652) und erhebt sich die heutige dreistufige Turmhaube (Abb. 3 und 4).

Die Abb.1 bis 4 ermöglichen ungefähre Einblicke in Bauzustände vor dem Brand von 1495 und seither eingetretene Veränderungen bis zum heutigen Bild.

3. Beschreibung des Rupturgefüges des Turms der Pfarrkirche Wittstock

Die Anwendung tektonischer Methoden auf Baukörperstörungen ist hier bezogen auf die maßstabgerechte Erfassung der Rupturen, ihrer Lage zu den bautechnischen Achsen, ihrer Ausprägung und Ausbreitungsrichtung, um Vorzugsvarianten für ihre Genese abzuleiten.

3.1. Das Rupturgefüge im unteren Turmniveau

Als unteres Turmniveau wird der Bereich zwischen Turmflur bis zum oberen Abschluß der inneren Gurtbögen bzw. dem oberen Abschluß der Spitzbögen von Turmsüd- und Turmnordwand bezeichnet (Abb.1 und 2). Es ist 11,85 m hoch über Flur und wird nach oben durch Holzdecken abgeschlossen.

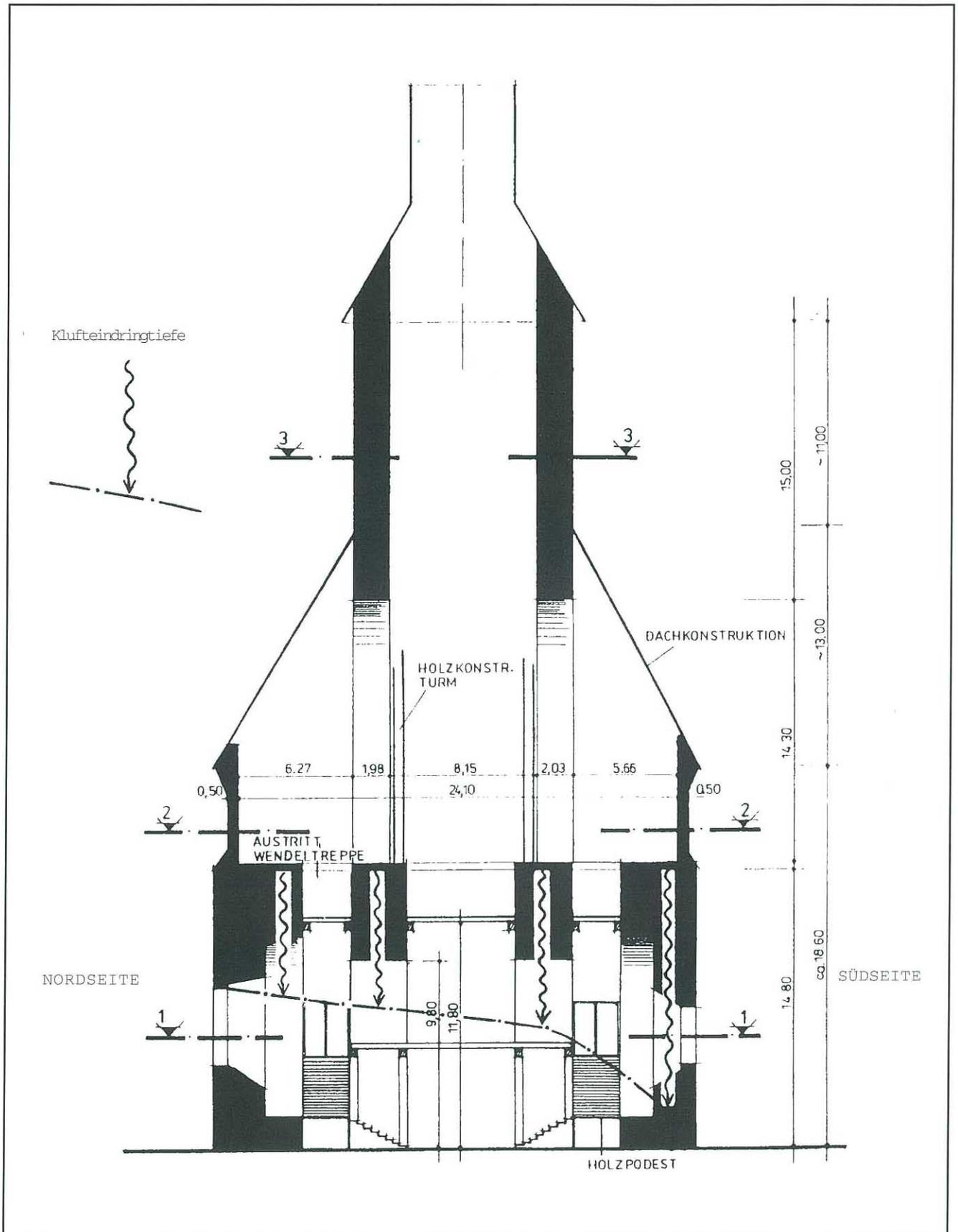
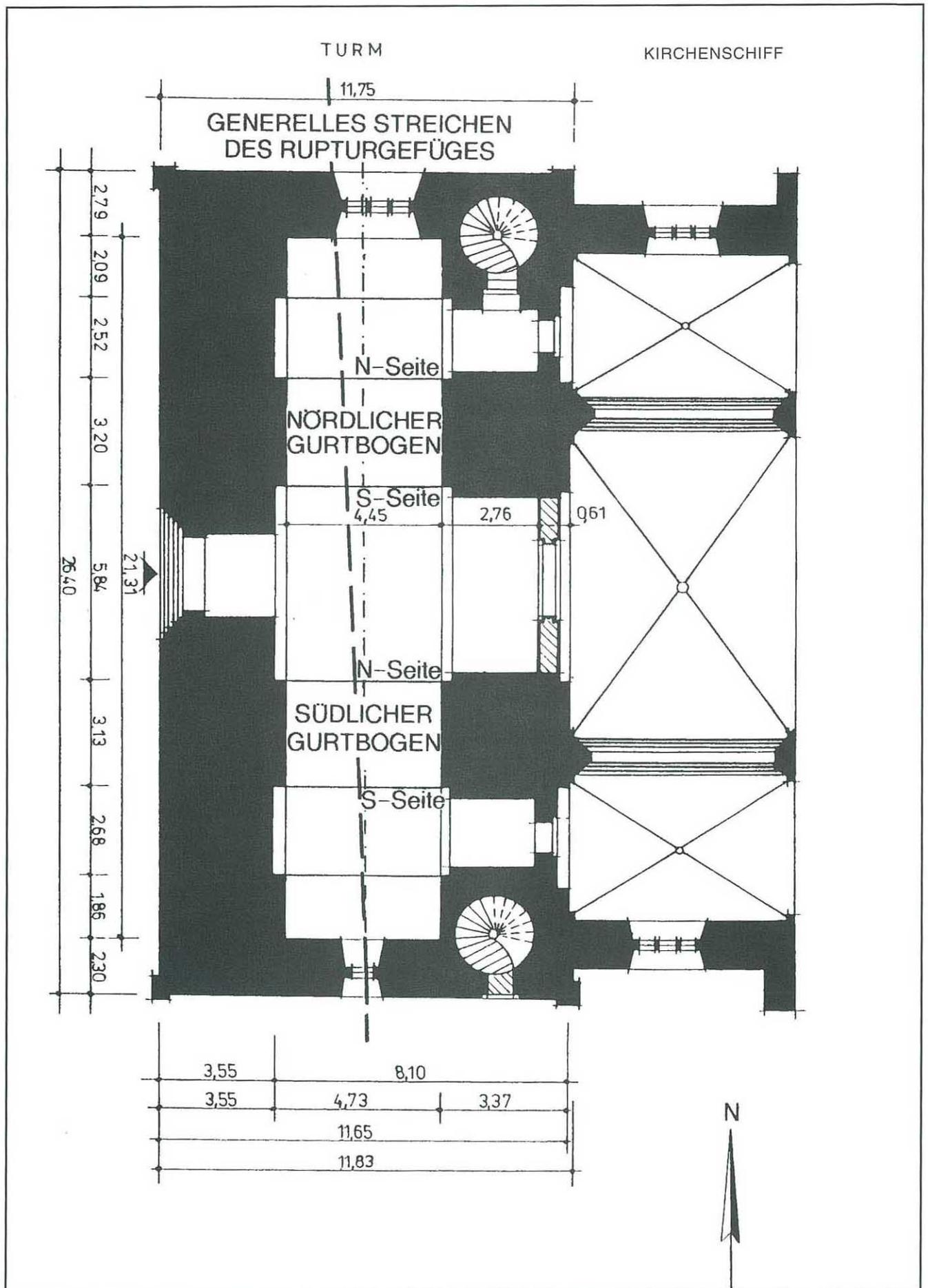


Abb. 1

N-S verlaufender Schnitt durch den Turm der Wittstocker Pfarrkirche. In den Schnitt ist die Eindringtiefe des Ruptursystems eingetragen.

1-1 untere, 2-2 mittlere und 3-3 obere Turmebene



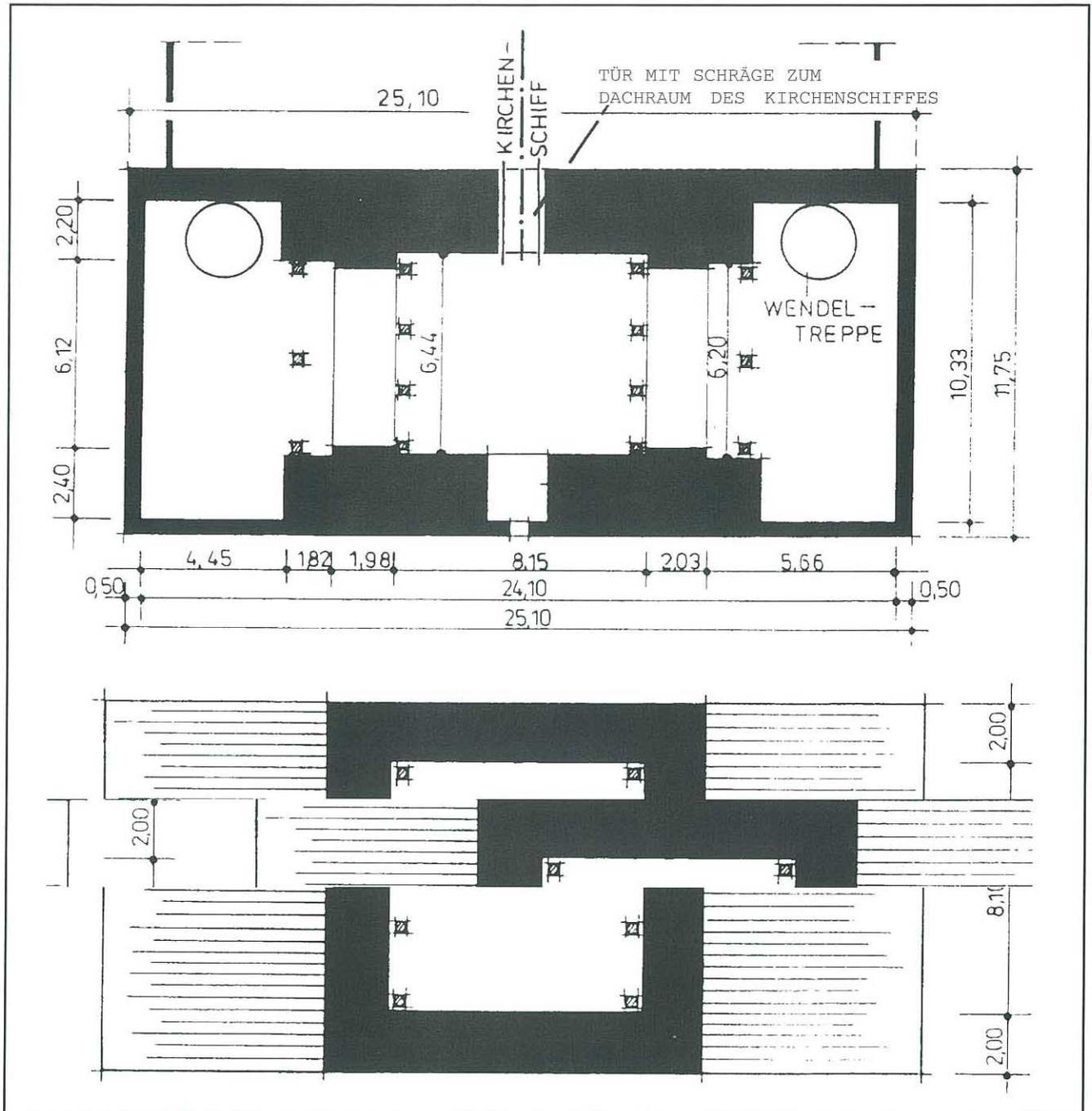


Abb. 2 Grundrisse verschiedener Ebenen des Kirchturms; Turmebenen siehe Abb. 1

Abb. 2.1 Schnitt 1-1 untere Turmebene mit dem Verlauf des Ruptursystems (s. S. 36); Abb. 2.2 Schnitt 2-2 mittlere (oben); Abb. 2.3 Schnitt 3-3 obere Turmebene (unten)

Südmauer des Turms

Das Kluftsystem in der Turmsüdmauer besteht aus einer offenen Kluft, die das Gewölbe vollständig durchtrennt (Abb.5). Sie folgt beim Übergang zum nach unten anschließenden Mauerwerk zunächst den Gewölbesteinen am unteren Rand und verläuft von dort +/- senkrecht und aufgelöst in Teilstücke zum Spitzbogen des Fensters, um hier in die Fugen des vom Spitzbogen vorgegebenen Mauerwerks einzuspringen. Sie setzt sich unterhalb des Fensters fort (Abb. 6).

Diese Ruptur fällt in ihrer Gesamtheit steil nach Westen ein. Die +/- vertikal verlaufenden Kluftteile sind offen. Die größte Öffnung ist im (oberen) Gewölbe zu beobachten und beträgt 7 cm. Sie nimmt von oben nach unten ab mit Werten zwischen > 1 cm und < 1 mm. Zwischen auslaufenden und etwa parallel dazu einsetzenden Kluftstücken sind geneigte Klüfte von < 1 cm bis zu einigen dm Länge ausgebildet, die häufig in die horizontalen Mauerwerksfugen einspringen. Diese Klüfte sind geschlossen und weisen kleine Versetzungen von < 1 cm bis < 1 mm auf. Diese

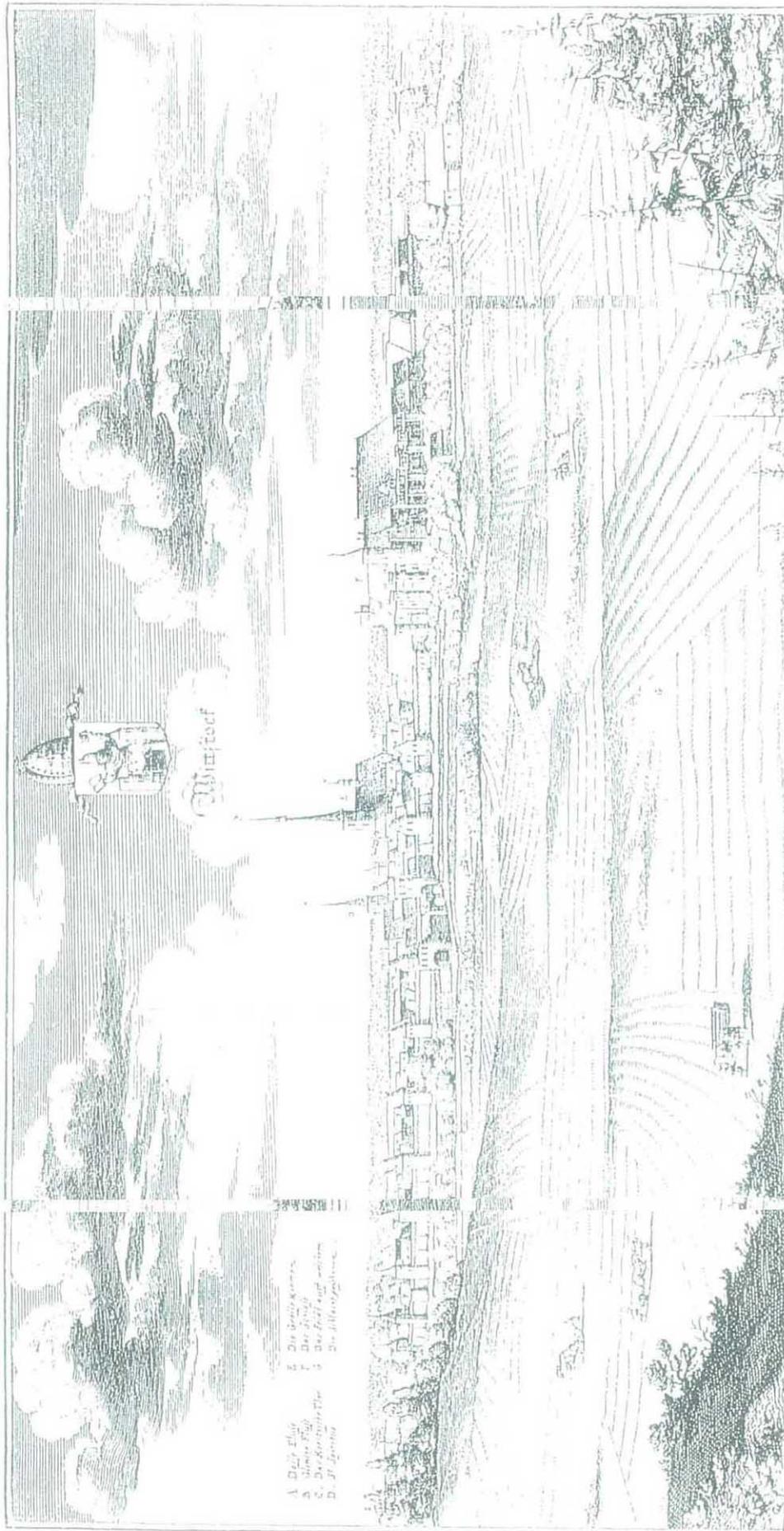


Abb. 3
 Stadtsicht Wittstock 1652 mit Pfarrkirche im Zentrum der Stadt. Diese Kopie eines MERIAN-Stichs zeigt den zwischen 1512 und 1519 errichteten Turmneuaufbau.



Abb. 4

Luftbild der Wittstocker Pfarrkirche von SW mit der nach dem Brand von 1698 aufgeführten und 1704 fertiggestellten dreistufigen barocken Turmhaube. Es zeigt die mit der Turmneugestaltung durchgeführten baulichen Veränderungen auf der West- und Südseite des Turms (helleres Mauerwerk). Die Nordseite ist vergleichbar mit der Südseite umgestaltet worden. Foto: K.-P. Mantey

Ruptur ist auch am äußeren Mauerwerk der Turmsüdmauer zu erkennen (Abb. 7).

Das Kluftsystem in der Turmsüdmauer ist das auffallendste Rupturteilgefüge im unteren Turmniveau und könnte die von STEIN (1697) hervorgehobene "große Borste" sein.

Südlicher Gurtbogen

Die Südseite des südlichen Gurtbogens wird von zwei Hauptklüften durchtrennt (Abb. 8). Davon ist die östliche Kluft ein mittelsteil nach W einfallender, in zahlreiche Teilstücke aufgelöster und auf der Gewölbeunterseite knapp westlich der Gewölbeachse ausstreichender Riß. Die westliche Hauptkluft fällt steil zur Turmwestmauer ein und endet im oberen Teil des aus der Turmwestmauer ragenden Pfeilers des Gurtbogens. In allen +/- vertikalen und steil geneigten Anteilen sind diese Klüfte geöffnet, die stärker geneigten Kluftteilbereiche sind geschlossen und zeigen kleine Versetzungen. Die größte Öffnung liegt bei 1 cm bis knapp 2 cm. Die Öffnungsbreite nimmt von oben nach unten ab.

Die Nordseite des südlichen Gurtbogens führt die gleichen

Hauptklüfte wie die Südseite. Die östliche Hauptkluft ist in ein System absetziger Einzelklüfte aufgelöst, von denen eine das Gewölbe durchschlägt. Die westliche Hauptkluft verläuft nahe der Turmwestwand, fällt steil auf diese zu ein und klingt im Gewölbemauerwerk nahe der Turmwestmauer aus. Die Klüfte sind im oberen Bereich am weitesten geöffnet (bis etwa 1,5 cm).

Nördlicher Gurtbogen

Die Südseite des nördlichen Gurtbogens zeigt eine stark absetzige, steil nach W einfallende Hauptkluft (Abb.9). Sie wird mit Annäherung an das Gewölbemauerwerk von diesem zur Westmauer des Turms abgelenkt und klingt hier aus. Eine östliche Kluft ist kaum noch zu erkennen und deutet sich nur noch in unbedeutenden Rissen im Gewölbescheitel an.

Auf der Nordseite dieses Gurtbogens ist im Zentrum des Gewölbes eine schwach ausgeprägte Kluft zu beobachten, die nach W einfallend, an den Köpfen der Schlußsteine verläuft und diese nicht durchbricht. Westlich anschließend folgt ein gegliederter Riß, der in die Schlußsteine einbricht und hier ausklingt, dem ein weiterer nach W einfallender und bereits im oberen Mauerwerk endender



Abb. 5 Turmsüdwand (innen), Rupturverlauf. Kluft im Spitzbogen 7 cm geöffnet. Foto: R. Meier

Abb. 6 Turmsüdwand (innen), Rupturverlauf unterhalb des in Abb. 5 noch erkennbaren Fensters. Foto: R. Meier

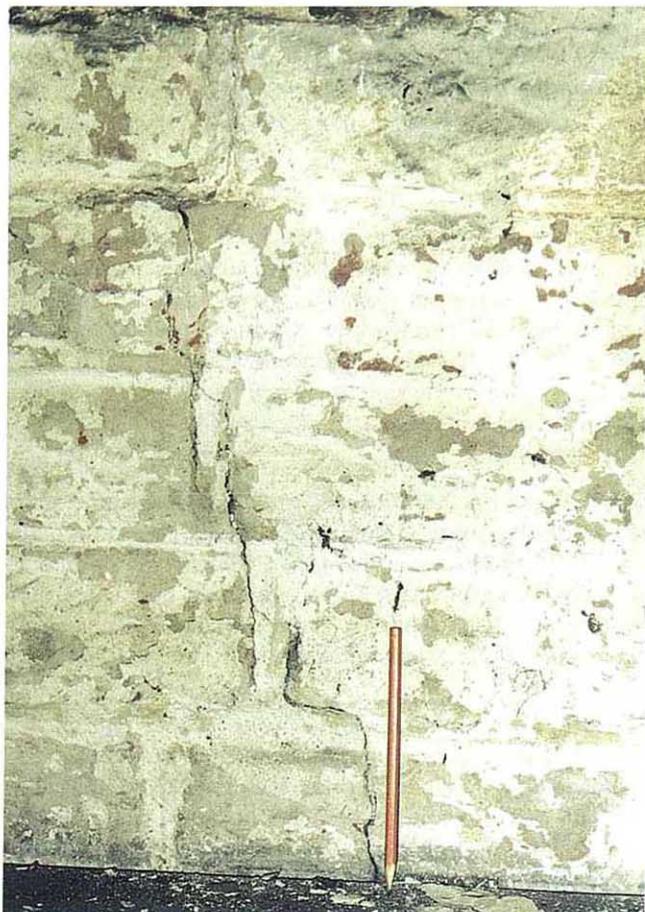
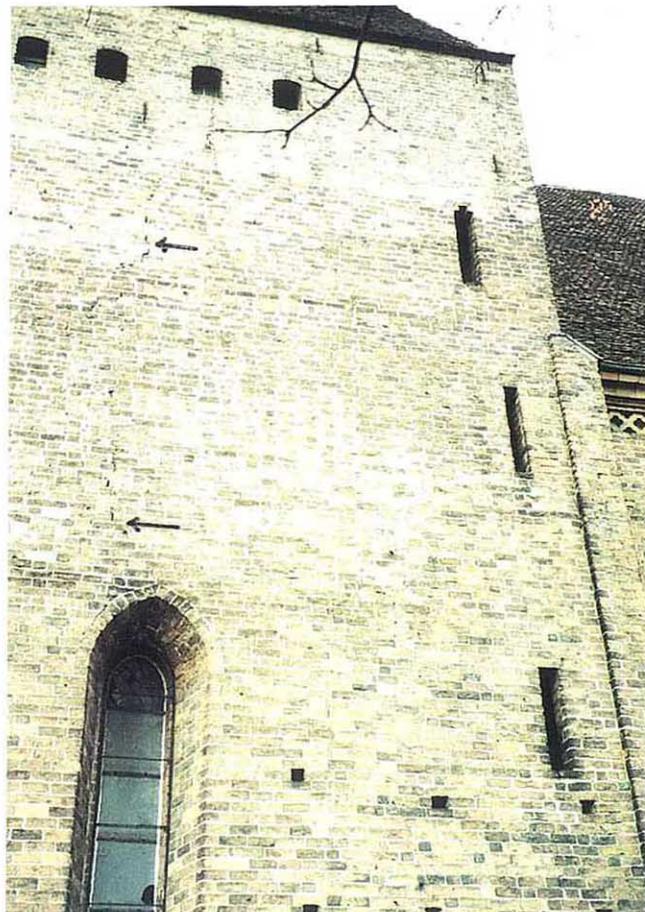


Abb. 7 Turmsüdwand (außen), Ruptur oberhalb des Fensters einsetzend und durch unterschiedlich altes Mauerwerk verlaufend. Foto: R. Meier



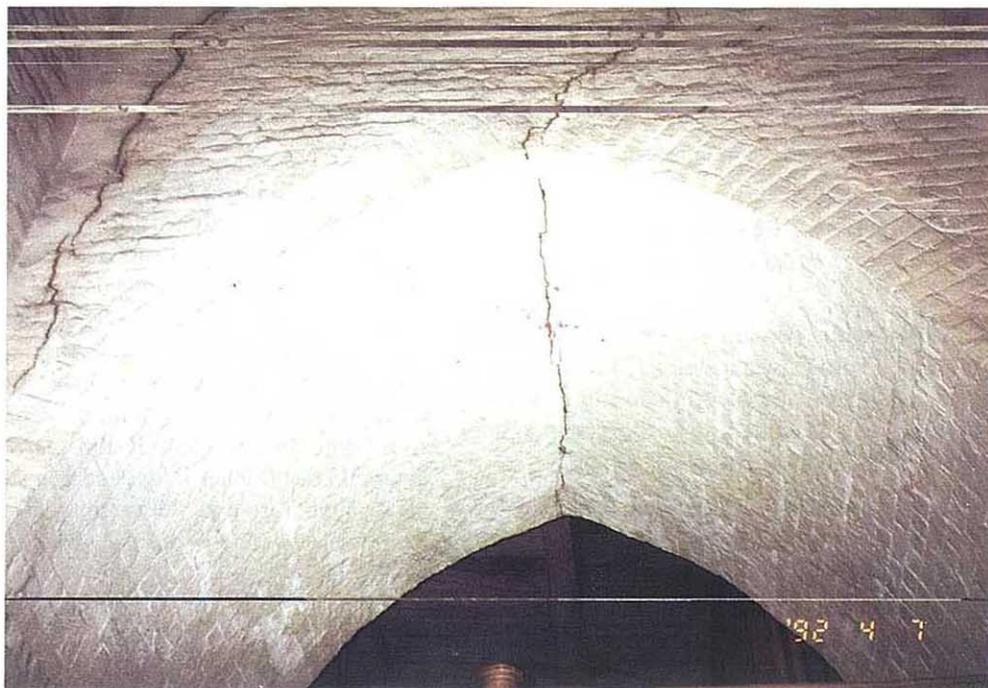


Abb. 8 Südlicher Gurtbogen von Süden mit Ausprägung von zwei Hauptklüften. Foto: R. Meier

Riß folgt. Die maximale Öffnungsweite beträgt im oberen Teil der Klüfte etwa 1 cm.

Turmnordwand

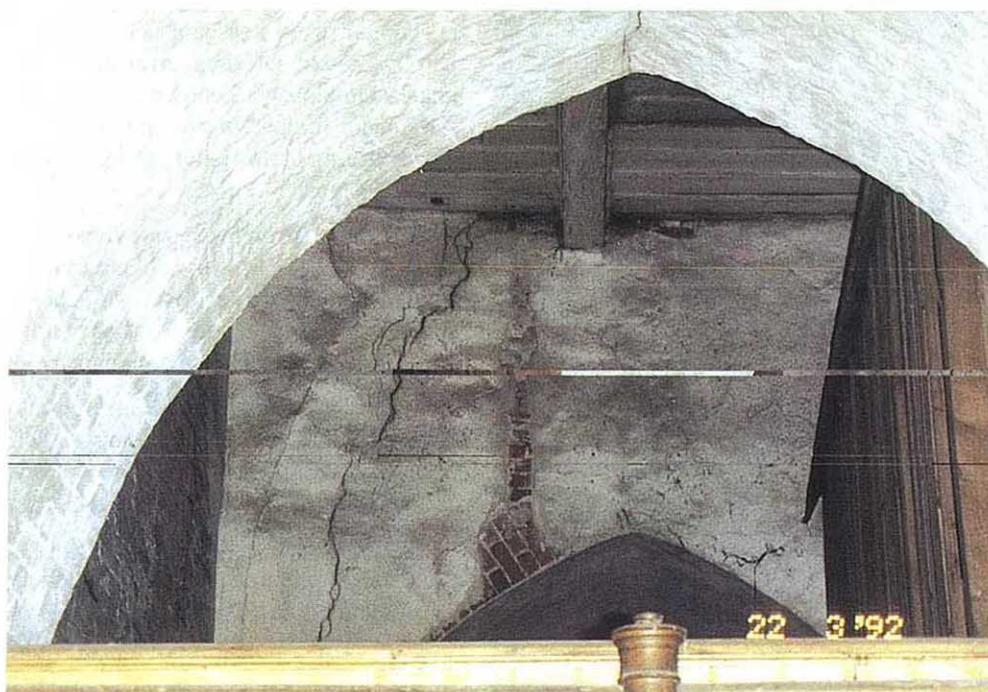
Das Gewölbe der Turmnordwand wird einige Dezimeter westlich des Gewölbescheitels von einer bis zu 2 cm breiten Kluft durchtrennt (Abb. 10). Sie tritt auf der Gewölbeunterseite aus, setzt sich +/- vertikal verlaufend und

mehrfach aufspaltend in das äußere Mauerwerk des Turms fort und endet hier einige Dezimeter unterhalb des Fenster-
gewölbescheitels.

3.2. Rupturen in oberen Turmniveaus und in der Turmaußenmauer

Die Turmostwand ist im Niveau des Kirchendaches erheblich gestört. Jeweils oberhalb der Seitenschiffe sind im

Abb. 9 Nördlicher Gurtbogen von Süden. Foto: R. Meier



Abstand von 2,3 m von der Innenseite der Kirchenaußenmauer Rupturen ausgebildet.

Über dem nördlichsten Seitenschiff ist die Turmostwand durch steil nach N einfallende Zugklüfte geöffnet und der nördliche Flügel linksdrehend 4 cm aufgeschoben.

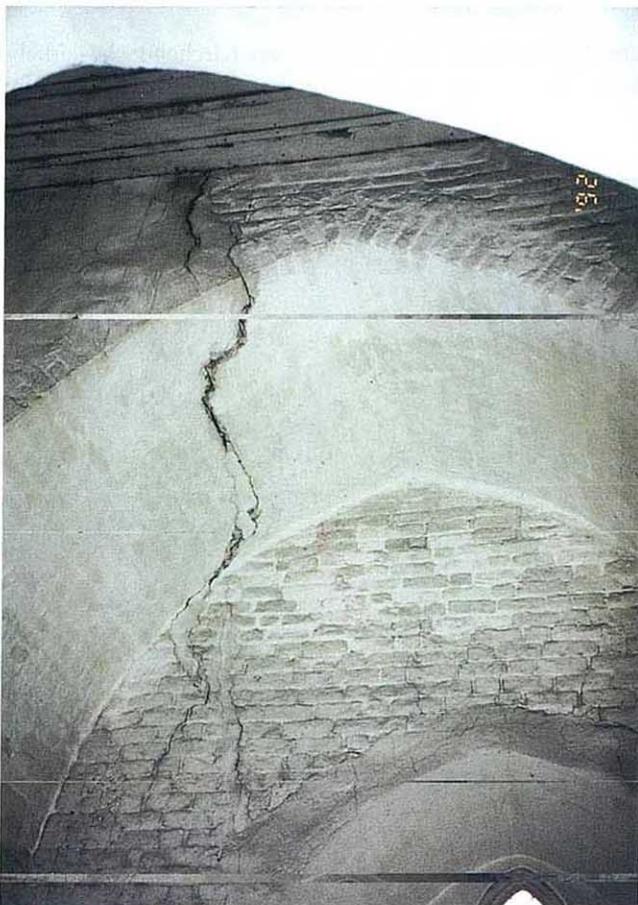
Über dem südlichen Seitenschiff ist die Turmostwand durch Zugklüfte aufgerissen. Der nördlich der Hauptklüfte liegende Flügel ist 4 cm vertikal, der südliche Flügel 3 cm dextral versetzt.

Das Streichen dieser Klüfte verläuft etwa E - W. Sie fallen auf der Nordseite der Turmostwand steil nach N, auf deren Südseite steil nach S ein ($80^\circ - 85^\circ$). Auf den Reißflächen ist die in geologischen Beispielen derartiger Störungsprägung sonst übliche Harnischrillung nicht zu erkennen.

Der Verlauf der Rupturen und die an ihnen erfolgten Bewegungen lassen erkennen, daß sich der zwischen den Rupturen gelegene Mauerwerksblock im Norden leicht gesenkt, im Süden relativ dazu leicht gehoben hat und zugleich in E - W Richtung rotiert wurde.

Wichtige Konstruktionsteile sind die über den Gurtbögen aufragenden Spitzbögen, die den obersten Mauerkranz auf Nord- und Südseite des Turms tragen. Diese Spitzbögen sind nicht von Rupturen durchzogen. Sie machen einen

Abb. 10 Turmnordwand (innen), Kluft im Spitzbogen bis zu 2 cm geöffnet, links (westlich) des Fensters sich aufspießend und auslaufend. Foto: R. Meier



außerordentlich frischen Eindruck und könnten nach der Brandkatastrophe von 1495 oder nach der jüngsten Brandkatastrophe (1698) im Zusammenhang mit der Neugestaltung des Turmabschlusses neu aufgeführt worden sein (Abb. 11).

Der äußere Mauerkranz über dem südlichen Spitzbogen ist dagegen eindeutig gestört, was jedoch nur an seiner Außenseite klar hervortritt. Erkennbar ist ein vertikaler Versatz von 10 bis 15 cm, bei dem es sich um eine Abschiebung des östlichen Mauerwerksteils handelt. Dieser Riß läßt sich nach unten bis zum Ansatz des (heute) E - W ausgerichteten Daches verfolgen. Innerhalb des Reißbereiches fallen die Mauersteine in der Breite einer Mauersteinlänge leicht nach E ein. Dieser Riß setzt sich unterhalb des Daches in der äußeren südlichen Turmmauer nach unten fort und dürfte mit der oben beschriebenen Kluft von der Innenwand der südlichen Turmmauer identisch sein.

4. Auswertung der Rupturmerkmale

Die Turmlängsachse ist in der Verbindungslinie der Gewölbeachse recht genau N - S ausgerichtet. Das dem Mauerwerk aufgeprägte Kluftsystem streicht 174° bis 175° , weicht also um 5° bis 6° von der N - S Richtung nach W ab, und bildet somit einen spitzen Winkel zur Turmlängsachse (Abb. 2).

Die Hauptklüfte und das gesamte Kluftsystem fallen ganz überwiegend steil nach Westen zur westlichen Turmmauer ein. Nur kleine Abschnitte integrierter Klüfte fallen auch steil nach Osten zu ein.

Die Klüfte sind in allen betroffenen Bauwerksteilen des unteren Turmniveaus absetzig ausgebildet und in ihren +/- vertikal verlaufenden oder steil geneigten Bereichen geöffnet, in den flacher einfallenden Abschnitten geschlossen und hier häufig mit kleinen Gleitversetzungen versehen.

Die Klüfte sind im oberen Teil des unteren Turmniveaus jeweils am weitesten geöffnet und laufen nach unten aus. Die maximale Öffnung erreicht 7 cm in der Turmsüdmauer, ein bis zwei Zentimeter in den Gurtbögen und zwei Zentimeter in der Turmnordmauer. Dabei werden die von der Klüftung betroffenen Bauwerksteile unterschiedlich tief zerspalten.

Die südliche Turmmauer wird vom Gewölbe in mehr als 10 m Höhe über Turmflur bis unterhalb des Fensters zertrennt. Der zentrale Riß im südlichen Gurtbogen durchschlägt das Gewölbe, der westliche läuft im Gewölbeansatz des aus der Turmwestwand ragenden Gewölbepfeilers aus.

Der nördliche Gurtbogen ist im Zentralbereich weit weniger gestört als der südliche, die westlich folgenden Klüfte enden bereits in den unteren Gewölbesteinen oder darüber. In der Turmnordmauer klingen die Risse bereits 7 m über Turmflur aus (Abb.1).

Aus der Geometrie und der Kinematik der Rupturenentstehung ist zu folgern:

– Nach den erfaßten Merkmalen stellen die Klüfte der unteren Turmebene reine Zugklüfte dar (Abb. 12). Ihre



Abb. 11

Spitzbogen im oberen Turmniveau; ungestört und offenbar nach einer der Brandkatastrophen neu aufgeführt. Foto: R. Meier

Bildung erfolgte von oben nach unten, da sich die Rißöffnungen nach unten vermindern und die Tendenz zum Aufspießen in zahlreiche kleine Risse sehr auffällig ist. Das Aufspießen ist ein typisches Kennzeichen für das Ende einer Rißfront. Zwischen der Öffnungsweite der Klüfte und ihrer Länge besteht ein Zusammenhang. Der südliche Turmteil wurde am tiefsten und stärksten, die nördlich folgenden Baukörperteile abnehmend tief und intensiv durchtrennt.

Die Turmwestmauer hat durch die von oben nach unten abnehmenden Beträge der Kluftöffnung eine ungleichmäßige Kippung erfahren, die sie aus der Lotrechten brachte. Diese Kippung ist in ihrem Südteil stärker als in ihrem Nordteil.

– Die Kluftgeometrie, die bevorzugte Öffnung vertikal verlaufender Teilbereiche und geringfügige Scherung in flach geneigten Teilbereichen, das gleiche Streichen der Zug- und Scherkluftabschnitte von gemittelt 174° und die unterschiedliche Neigung von Zug- und Scherbereichen nach West gestatten die Aussage, daß das Kluftsystem der unteren Turmebene in einem gleichzeitigen und einheitlichen Verformungsakt entstanden ist.

– Wichtig scheint die Beobachtung, daß das entstandene Kluftmuster zwar größtenteils den N-S streichenden Fugen des Mauerwerkes folgt, über den Querschnitt des gesamten Gebäudes betrachtet jedoch eine Linksabweichung von $5-6^\circ$ festzustellen ist.

– Die Merkmale der Störung des äußeren Mauerwerks auf der Turmsüdseite (Abschiebung des östlichen Mauerwerksteils, Einfallen der Mauersteine im Rißbereich über eine Mauersteinlänge nach Osten), wenngleich verfurt

und repariert, bestätigen das im Innern des Turms abgeleitete Bild.

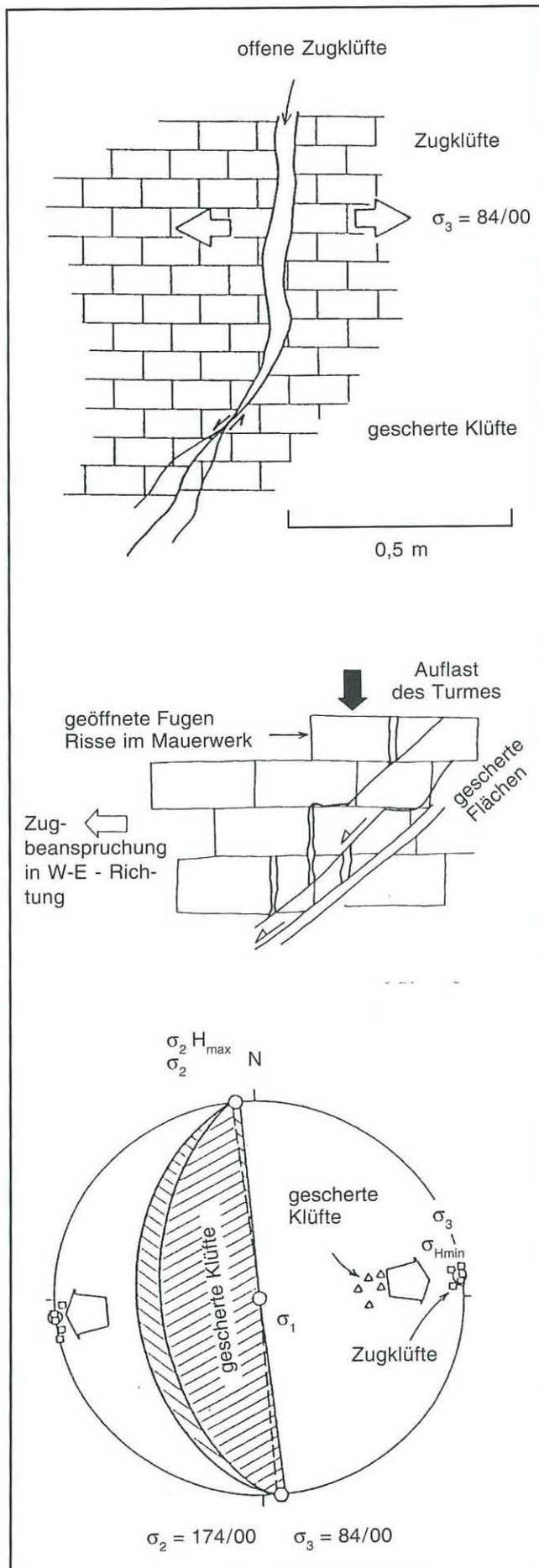
– Der Hauptprozeß, der die tiefe Zerspaltung des Turms sehr spitzwinklig zur Turmlängsachse und die Kippung der Westmauer des Turms hervorrief, hat möglicherweise auch die Turmostseite nicht völlig unberührt gelassen. Ihr zentrales Teilstück hob sich im Süden etwas an, senkte sich im Norden geringfügig und gleichzeitig erfolgte eine Drehung des südlichen Teils nach Westen, des nördlichen Teils nach Osten. Diese Ableitung ist jedoch unsicher, da die Spitzbögen, die die westliche und die östliche Turmmauer verbinden, ungestört sind und einer späteren baulichen Maßnahme zuzuordnen sind, aus den jetzigen Spitzbögen keine zusätzlichen Informationen gewonnen werden können.

5. Interpretation der Kluftsystems und Diskussion seiner Ursachen

Eine ungenügende Beachtung ingenieurgeologischer Verhältnisse bei der Gründung des Bauwerks der Pfarrkirche dürfte auszuschließen sein, da die äußeren Mauerwerksteile im Bereich der Rasensohle keine visuell wahrnehmbaren Setzungserscheinungen aufweisen. Gegen wesentliche Setzungen spricht auch die von oben nach unten gerichtete Kluftausbreitung.

Als Ursache für die Rißbildung verbleiben dem Bauwerk innewohnende statische Momente, anthropogen oder natürlich ausgelöste Brandkatastrophen und das Erdbeben von 1409.

Gegen erdbebenbedingte Bildung des Hauptkluftsystems spricht, daß die Klüfte als reine Zugklüfte entwickelt sind,



diesen geringfügig gescherte und flacher einfallende Klüfte eindeutig zuordenbar sind, den Zugklüften aber nach Erstreckung und Bedeutung vergleichbare eigenständige Scherklüfte völlig fehlen.

Nachteilig auf die vorgenommene Analyse wirken sich die vielfältigen, nach dem Brand von 1495 eingetretenen baulichen Veränderungen am Turm aus. Nach visuellem Befund zeigt die südliche Turmaußenfront oberhalb des heute E - W ausgerichteten Daches unterschiedlich altes Mauerwerk, so daß der Riß im oberen Turmniveau auch jünger und im unteren Turmniveau Mauerwerk der ältesten Bauphase durchschlägt. Damit könnte die Annahme eines Erdbebens als Ursache des Kluftsystems eigentlich zu den Akten gelegt werden.

Gewisse Unsicherheiten sind aufgrund des diskordanten Durchschlagens des Baukörpers in Bezug auf seine Hauptachse nicht auszuschließen, auch wenn sich nur eine 5° bis 6° betragende Abweichung im Verlauf des Kluftsystems von der Hauptachse ergibt, was im allgemeinen nur durch ein übergeordnetes Spannungsfeld ermöglicht wird. Solche Spannungsfelder könnten durch die Lastverteilung im Turm, also durch ein zu hohes Gewicht der auf den Gurtbögen ruhenden oberen Turmmasse, oder durch Spannungsausgleich nach erheblicher thermischer Belastung erzeugt werden.

Ein Erdbeben im Jahre 1409 mit den von LEYDECKER (1986) und GRÜNTAL (1988) angegebenen Koordinaten ist jedoch weitestgehend als Ursache für die Baukörperstörung des Turms der Wittstocker Pfarrkirche auszuschließen. σ_{Hmax} liegt im Streichen des Kluftsystems ($174^\circ - 175^\circ$), ein mögliches Epizentrum wäre etwa senkrecht dazu in 84° bis 85° Richtung und nicht südlich von Wittstock zu erwarten.

Die Analyse des Ruptursystems im Kirchturm der Pfarrkirche Wittstock liefert Indizien zur Eingrenzung seiner Entstehungsursachen. Als System reiner Zugklüfte spricht es gegen eine direkte Erdbebeneinwirkung. Nicht ausgeschlossen werden kann die verstärkende Ausprägung latent präexistierender Rupturen durch ein Erdbeben.

Weitere Indizien leiten sich aus der Recherche historischer Quellen ab. Die Bischofschronik von STEIN (1697) ist mit einem zeitlichen Abstand von 288 Jahren vom Ereignis abgeschlossen oder begonnen worden. Sie bezieht sich vorsichtig auf die sehr allgemeinen Aussagen von zwei Gedichten (SARNOVIUS 16. Jh.), die nur generell von einem Erdbeben in Deutschland berichten und deshalb einen wahrscheinlichen Zusammenhang zwischen dem Ruptursystem und einem Erdbeben in der Prignitz nicht hinreichend begründen können. Dagegen berichten zeitgenössische Quellen (Magdeburger Schöppenchronik) von einem merklichen, aber schadlosen Erdbeben, das am 24. August 1409 in der Magdeburger Umgebung stattfand, das sich

Abb. 12
Kluftdiagramm und Prinzipskizzen für das Kluftsystem in der Pfarrkirche Wittstock

also im Bereich des Mitteldeutschen Hauptabbruchsystems ereignete und in zahlreichen Chroniken erwähnt wird.

Zeitlich nach unserer Analyse von Herrn Professor MANN, Darmstadt, durchgeführte und von uns angeregte Simulationen des Gewölbeverhaltens sprechen für Gewölbebruch durch das Gewicht der überlagernden Turmmassen.

Nach MANN (1994) bilden die westliche und östliche Turmwand im Aufriß bis in 40m Höhe aufsteigende zweigeschossige Rahmen. MANN berechnet die Rahmen als biegesteife Elemente und zeigt, daß das Feldmoment, verursacht durch den oberen Turmaufbau, im Scheitel des oberen Rahmens nicht aufnehmbar war und dort reißen mußte. Der im Bereich der oberen Bögen entstehende Horizontalschub führte zum Auseinanderdrücken der Rahmenstiele mit dem Ergebnis, daß auch die unteren Bögen (Gurtbögen), und zwar von oben nach unten, auf-rissen. Danach vollzog sich die Rupturbildung zwangsläufig allein durch das Eigengewicht des Turm, sie war durch die Konstruktion vorgegeben.

Die von den Bränden verursachten thermischen Belastungen des Turms waren nach Berechnungen von Herrn Obering, H.-J. HELLER, Berlin, nicht ausreichend, um das Rupturgefüge hervorzurufen.

Aus den Untersuchungen ergibt sich:

- Das Kluftsystem im Turm der Pfarrkirche zu Wittstock, die große Borste nach STEIN (1697), ist als System von Zugklüften entwickelt. Es spricht gegen eine direkte Erdbebenursache.
- Die bautechnische Analyse durch MANN (1994) kommt zum Ergebnis, daß die Kluftbildung konstruktiv vorgegeben war. Inhomogenitäten der Spannungsverteilung und / oder des Baukörpers sind verantwortlich für die Abweichung des Rupturverlaufs von der Turmachse.
- Aus der Quellenrecherche über das Erdbeben von 1409 von GRÜNTAL & MEIER (1995, dieses Heft) folgt mit hoher Wahrscheinlichkeit, daß sich dieses Ereignis nicht in der Prignitz, sondern im Magdeburger Raum abspielte.
- Die verschiedenen untersuchten Aspekte über das Ereignis von 1409 führen zu dem Schluß, daß es in der Prignitz zu diesem Zeitpunkt mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit weder ein Erdbeben gab, noch daß es Schäden an der Pfarrkirche zu Wittstock verursacht haben könnte.

Zusammenfassung

Nach J. C. STEIN (1697) sollen rupturale Schäden am Turm der Pfarrkirche zu Wittstock im nordwestlichen Brandenburg durch Erdbeben zu Beginn des 15. Jh. entstanden sein.

Die modernen deutschen Erdbebenkataloge führen für diese Zeit zwei seismische Ereignisse auf, die 1410 und 1412 in der Prignitz stattgefunden haben sollen und ordnen diesen die Intensitäten von $I = VII$ (MSK) bzw. $I = V$ (MSK) zu.

Das Rupturensystem im Turm der Wittstocker Pfarrkirche wurde mit Hilfe der tektonischen Analyse untersucht und

festgestellt, daß ein System reiner Zugklüfte entwickelt ist, eigenständige Scherklüfte dagegen vollständig fehlen und daher direkte Erdbebeneinwirkung als Ursache für die Rupturentstehung weitestgehend auszuschließen ist.

Ergänzend durchgeführte bautechnische Untersuchungen weisen konstruktive Mängel als Grund für die Rupturbildung im Turm der Kirche nach.

Quellenrecherchen (GRÜNTAL & MEIER 1995, dieses Heft) ergaben, daß sich 1410 im norddeutschen Raum kein Erdbeben, aber 1409 ein solches im Gebiet von Magdeburg ereignete. 1412 fand in Norddeutschland kein Erdbeben, sondern ein Sturmereignis statt.

Alle Untersuchungen zusammen führen zum Schluß, daß für 1409 kein stärkeres Erdbeben für Norddeutschland nachweisbar ist, das für die Schäden am Turm der Pfarrkirche zu Wittstock verantwortlich wäre.

Summary

According to J. C. STEIN (1697) ruptural damage to the tower of the parish church in Wittstock was supposed to have occurred due to an earthquake at the beginning of the 15th century.

The modern German earthquake catalogues record for this period two seismic events which were supposed to have taken place in the area of Prignitz in 1410 and in 1412 and assign these the intensity of $I = VII$ (MSK) and $I = V$ (MSK) respectively.

The system of ruptures in the tower of the parish church in Wittstock was examined with the help of tectonic analysis and it was discovered that a system of pure tension points developed, while independent shear joints, however, are completely absent. Therefore the direct effect of an earthquake as the cause of the formation of ruptures can, to a large extent, be excluded.

Further constructional studies which were carried out indicate constructional defects as cause of the formation of ruptures in the tower of the church.

A study of the historical records shows that in 1410 there was no earthquake in the northern German region, but that such an earthquake occurred in the area of Magdeburg in 1412. In 1412 there was no earthquake, but a strong storm in northern Germany.

All studies together lead to the conclusion that there is no evidence of a strong earthquake in northern Germany in 1409 which could be held accountable for the damage to the tower of the Wittstock parish church.

Literatur

- GRÜNTAL, G. (1988): Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzender Gebiete von 823 bis 1984. - Veröffentl. Zentralinstitut für Physik der Erde Nr. 99, Potsdam
- GRÜNTAL, G. & R. MEIER (1995): Das "Prignitz"-Erdbeben von 1409. - Brandenburgische Geow. Beitr. 2, 2, 5-27, Kleinmachnow
- LEYDECKER, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik

- Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000 - 1981. -
Geol. Jb. E 36, 3 - 83, Hannover
- MANN, W. (1994): Alte Bauwerke - modernes Bauen, Probleme
und Erfahrungen aus der Sicht des Ingenieurs. - Der Prüfinge-
nieur, Sept. 1994, 13 - 23
- MEIER, R. & G. GRÜNTAL (1992): Eine Neubewertung des Erd-
bebens vom 3. September 1770 bei Alfhausen (Niedersach-
sen). - Osnabrücker naturwiss. Mitt. **18**, 67 - 80, Osn-
brück
- NN (1907): Die Kunstdenkmäler der Provinz Brandenburg. -
Bd. 1, H. 2, Ostprignitz, Berlin
- STEINWACHS, M. (1983): Die historischen Quellen eines Erdbe-
bens zu Lüneburg anno 1323. - Geol. Jb. E 26, Hannover

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Rudolf Meier

Leiterstraße 8, 14473 Potsdam

Dr. Hans Joachim Franzke

Institut für Geologie und Paläontologie der TU Clausthal

Leibnizstraße 10

38678 Clausthal-Zellerfeld

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

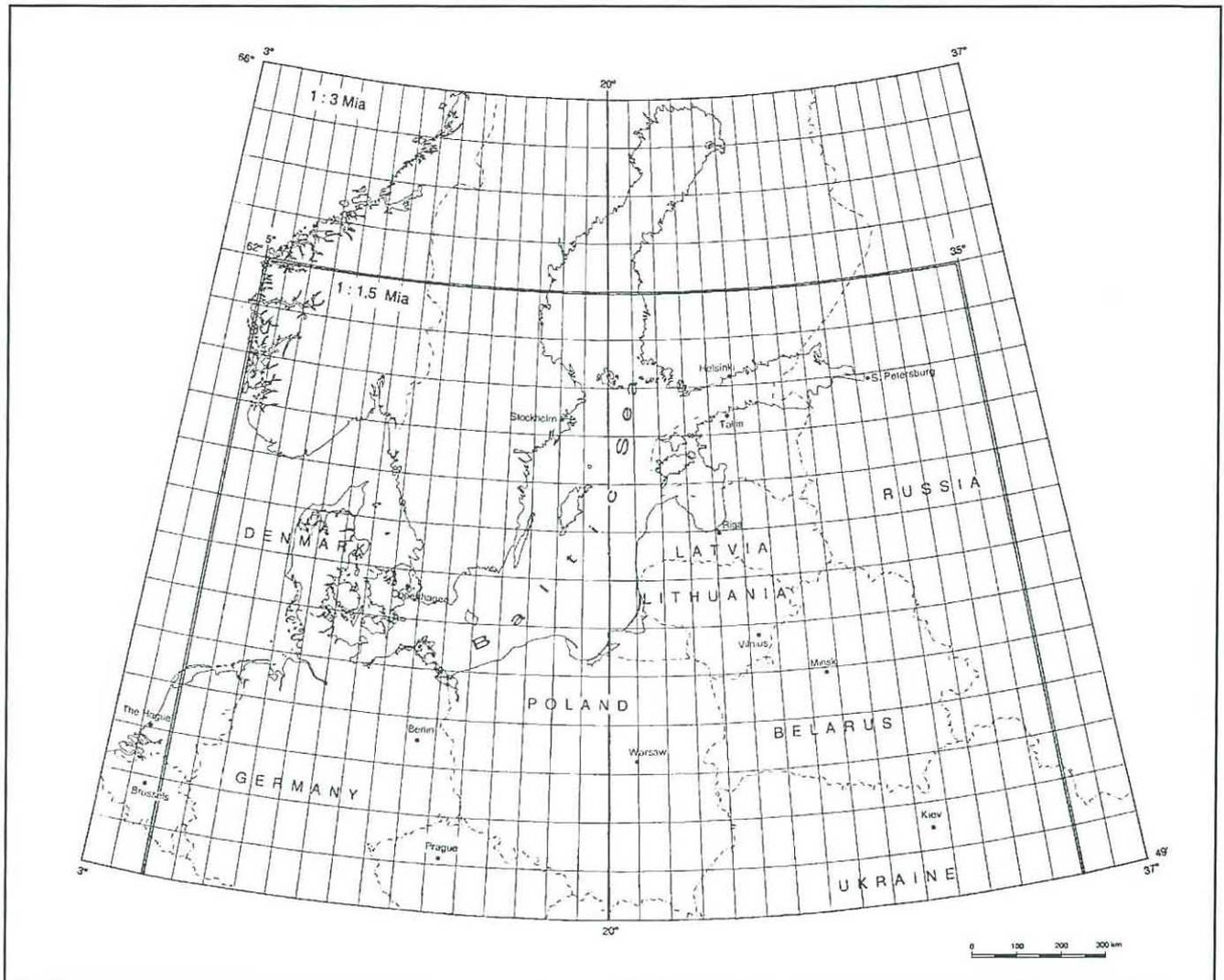


Abb. 1

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

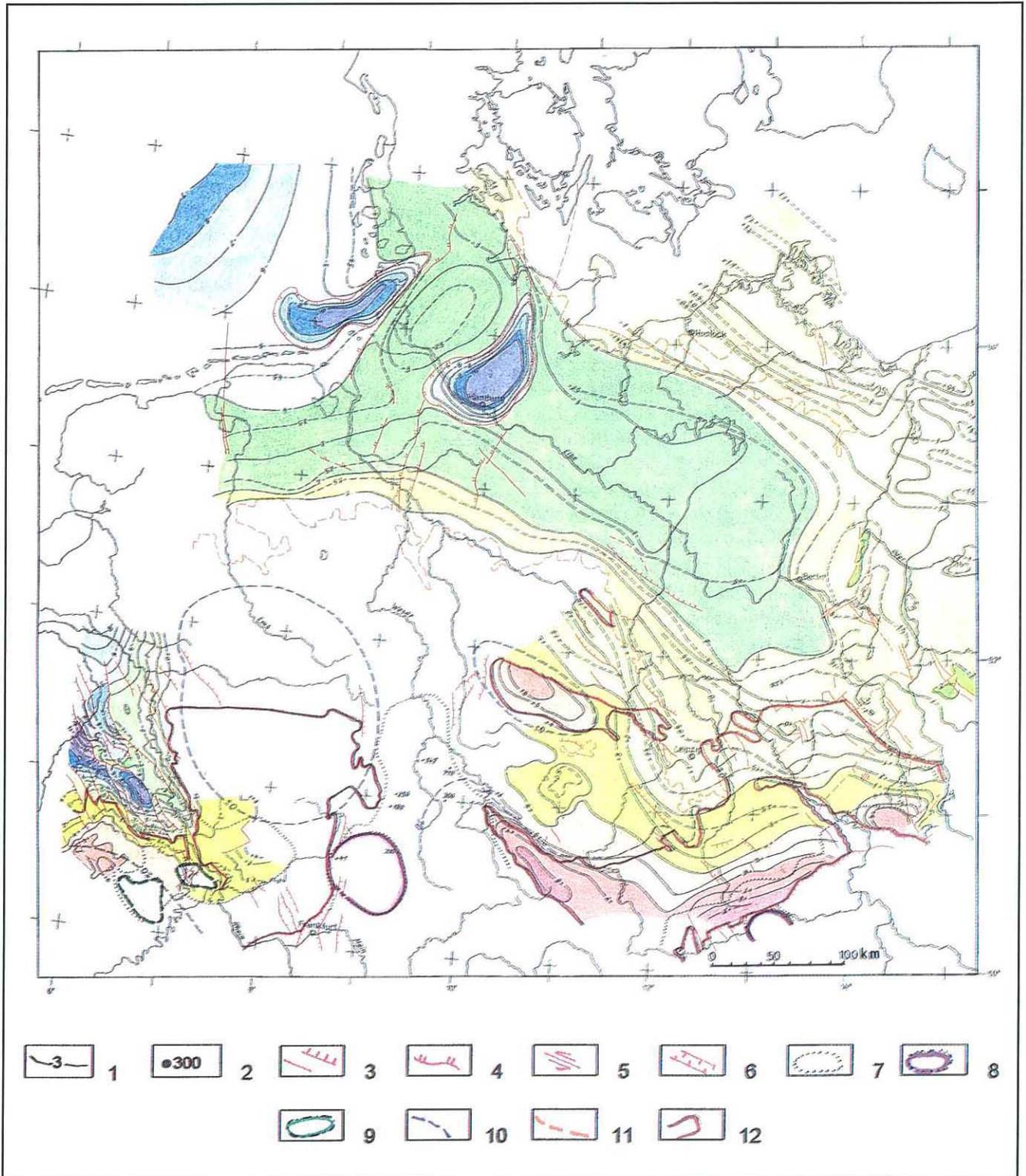


Abb. 2

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 synsedimentär. 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 Hebungsgebiet 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

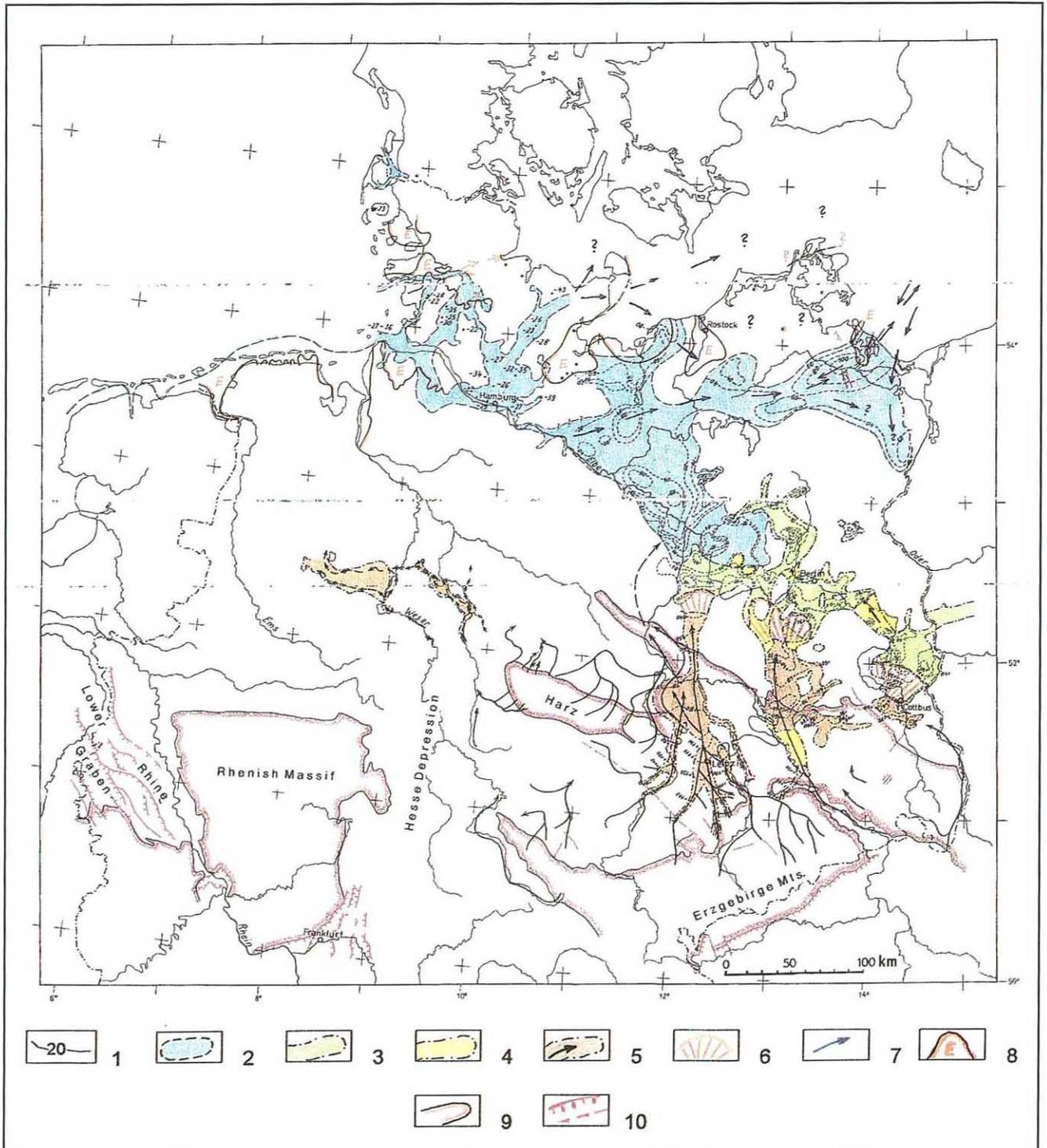


Abb. 3

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. GEISLER, 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-

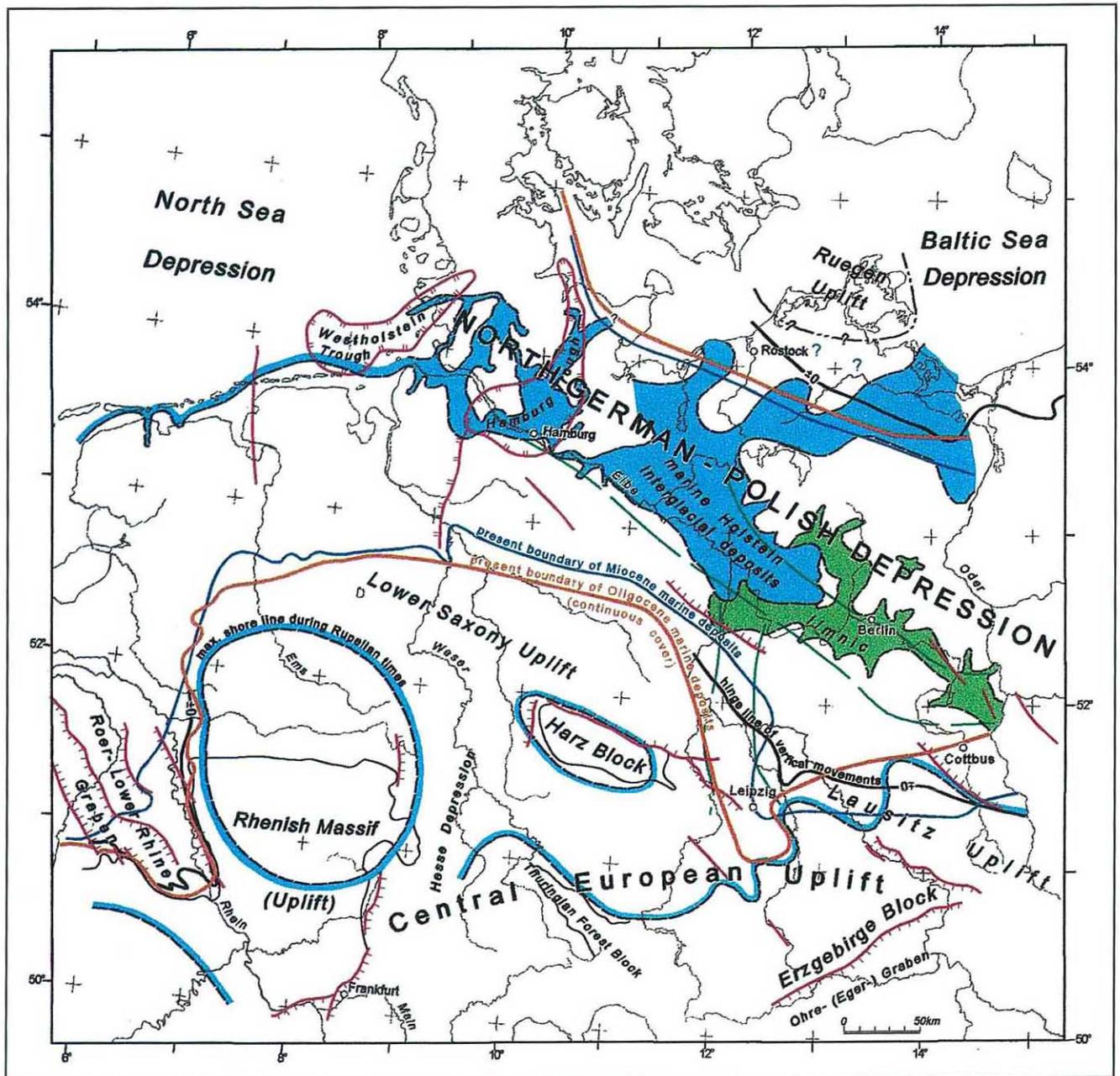


Abb. 4

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

BUCHBESPRECHUNG

SCHROEDER J. H. (Hrsg.): **Fortschritte in der Geologie von Rüdersdorf**. - Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A, **168**
378 S., zahlr. Abb., Berlin 1995

allen an der Geologie der Struktur Rüdersdorf und darüberhinausgehend an der Geologie Ostbrandenburgs interessierten Fachkollegen gewiß sein sollte.

W. Stackebrandt

Die Publikation faßt die Beiträge eines 1991 von der Technischen Universität Berlin und dem Verein Geowissenschaftler von Berlin und Brandenburg e.V. organisierten Symposiums sowie zusätzlich aufgenommene Manuskripte zur Geologie der Struktur Rüdersdorf zusammen. Dank der Mitwirkung von 34 Autoren konnte eine thematisch weitgespannte und umfassende Beschreibung des wegen seiner inselartigen Lage inmitten des norddeutschen Flachlandes bedeutsamen Trias-Aufschlusses erfolgen. Das 378 Seiten umfassende Werk gliedert sich in die Hauptkapitel:

- I Regional-geologischer Rahmen und Entwicklung
- II Die Trias von Rüdersdorf
- III Rüdersdorf und seine Umwelt
- IV Rüdersdorf in der Wissenschaftsgeschichte

Das Schwergewicht wird dabei auf die Darstellung der sedimentologisch-faziellen Ausbildung des Muschelkalks (drei Beiträge), seine geochemisch-mineralogische Charakteristik (zwei Beiträge) sowie die Beschreibung des Fossilinhaltes (drei Beiträge Muschelkalk, ein Beitrag zu den Myophorienschichten) und des strukturellen Gefügeinventars des Großtagebaus gelegt. Die thematische Abrundung erfährt der Band durch die Beschreibung des regionalgeologischen Rahmens, teils in Kombination mit der Darlegung der strukturellen Entwicklung der Salinarstruktur im Mesozoikum und während der känozoischen Ausgestaltungsetappe (insgesamt sechs Beiträge), rohstoffgeologische Informationen und Aussagen zur Nutzung der Kalksteine als Werksteine (zwei Beiträge) sowie mit dem Bergbau im Rüdersdorfer Raum verknüpfte Umweltaspekte (zwei Beiträge).

Die Beschreibung der quartärgeologischen Abfolge im Raum Rüdersdorf (zwei Beiträge) mit weitreichenden zusätzlichen Angaben zur Gletscherdynamik sowie von Auswirkungen der Inlandvergletscherung auf den triassischen Untergrund (Gletscherschrammen, subglaziale Tiefenerosion) belegen auch an aktuellen Beiträgen die Rolle Rüdersdorfs für die Quartärforschung, die auch im Beitrag zur Rolle Rüdersdorfs für die Entwicklung der Geowissenschaften (Germanische Trias, Geothermie, Inlandeistheorie) eine gebührende Berücksichtigung findet. Leider waren die neuen Funde von Strudellöchern und weiteren Gletscherschliffen zum Herausgabezeitpunkt des Bandes noch nicht bearbeitet. In diesem Sinne stellt der Beitrag von K.-B. JUBITZ in diesem Heft der Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträge (S. 95-96) eine informative Ergänzung zu dem reichhaltig mit Abbildungen, Tabellen und Fototafeln (in schwarz-weiß) ausgestatteten Rüdersdorf-Band dar, dem eine positive Aufnahme bei

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 59 – 67	3 Abb., 22 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-----------------

Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen in der Umrahmung der Ostsee-Depression. Ein Beitrag zu IGCP-Projekt Nr. 346 "Neogeodynamica Baltica"

ALEXANDER FRISCHBUTTER & GÜNTHER SCHWAB



IGCP Projekt No. 346
Neogeodynamica Baltica

Vorbemerkungen

Das IGCP-Projekt Nr. 346 „Neogeodynamica Baltica“ hat sich zur Aufgabe gestellt, anhand eines Kartensatzes die neotektonische Situation der Ostsee-Depression und ihres Rahmens zu verdeutlichen. Zu den durch eine Arbeitsgruppe unter Leitung von R. G. GARETZKIJ und E.A. LEVKOV, Minsk, erarbeiteten Materialien gehört auch eine Karte der rezenten, vertikalen Krustenbewegungen für das Gebiet des nördlichen Mittel- und Osteuropa sowie des Südtails der skandinavischen Halbinsel, d.h. zwischen 4° und 36° östlicher Länge und 47° und 65° nördlicher Breite.

Methodik

Für die Beurteilung neogeodynamischer Aspekte der Krustenentwicklung stellt die Diskussion von Daten rezenter Krustenbewegungen eine unverzichtbare Notwendigkeit dar. Da gegenwärtig für das hier betrachtete Gebiet keine einheitliche Datenbasis verfügbar ist und eine solche auch im Rahmen dieses Projektes nicht erarbeitet werden konnte, wurde die Karte der vertikalen rezenten Krustenbewegungen als Minimalvariante auf der Grundlage verfügbarer nationaler und überregionaler Karten zusammengestellt.

Die Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen wird zunächst in Form einer Faktenkarte als Dokumentation der verwendeten Quellen gegeben (Abb. 1). Die verwendeten Quellen sind (s. auch unter Literatur):

- (1) VYSKOČIL, P. (1990): Map of the horizontal gradients of recent vertical crustal movements of the territories of Bulgaria, Czechoslovakia, GDR, Hungary, Poland, Rumania, USSR (European part of the country), 1: 2 500 000
Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau (Ostsee, Schwarzes Meer, Asowsches Meer)
- (2) KASCHINA, L.A. (1989): Karta sovremennykh vertikalnykh dvizenij Zemnoj kory po geodeziceskim dannym po territoriju SSSR, 1 : 5 000 000
Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau
- (3) JOO, I. (1992): Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin.
(Rumania, Hungary, Slowakia)
Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau (Ostsee, Schwarzes Meer, Adria)

(4) HÖGGERL, N. (1986): Report on Austrian efforts in the field of high precision levelling and recent crustal movements between 1983 and 1986 and future activities.

(Austria) interpolated from a map of vertical movement velocities within first and second order junctions

Bezugsniveau: Freistadt (N-Österreich)

(5) MÄLZER, H. (1990): DGK-Arbeitskreis für rezente Krustenbewegungen – Berechnungen von Höhenänderungen im Bayrischen Haupthöhennetz unter Verwendung unterschiedlicher Modelle.

(SE-Bayern)

Bezugsniveau: Schernfeld (Jura), Saldenburg (Fundament)

(6) GUBLER, E., ARCA, S., KAKKURI, J. & K. ZIPPELT (1992): Recent vertical crustal movement

(W-Deutschland)

Bezugsniveau: Wallenhorst (bei Osnabrück), Wahlenau (Rheinland-Pfalz), Freudenstadt (Baden-Württemberg), Schernfeld (Bayern)

(7) PISSART, A. & P. LAMBOT (1989): Les mouvements actuels du sol en Belgique; comparaison de deux nivellements IGN (1946-1948 et 1976-1980).

Belgien (calculated from a map of changes in altitude from 1948 to 1980 as a result of two levellings)

Bezugsniveau: Uccle (Brüssel)

(8) LORENZ, G. K. (1994): The first primary levelling in The Netherlands [1875-1885]

Niederlande

Bezugsniveau: Normaal Amsterdam Peil (Modell 01)

(9) LEONHARD, T. (1988): Zur Berechnung von Höhenänderungen in Norddeutschland – Modelldiskussion, Lösbarkeitsanalyse und numerische Ergebnisse.

N-Deutschland

Bezugsniveau: Wallenhorst (bei Osnabrück)

(10) ANDERSEN, N. (1992): The hydrostatic levellings in Denmark.

Dänemark

Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau (Århus, Kattegat)

(11) GUBLER, E., ARCA, S., KAKKURI, J. & K. ZIPPELT (1992): Recent vertical crustal movement

Skandinavien (Finnland, Norwegen, Schweden)

Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau

(12) IHDE, J., STEINBERG, J., ELLENBERG, J. & E. BANKWITZ: On recent vertical crustal movements derived from relevellings within the territory of the GDR.

E-Deutschland (zur Ergänzung von (1) durch Zwischenwerte aus den Originaldaten zu (1))

Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau (Ostsee, Schwarzes Meer, Asowsches Meer)

(13) WYRZYKOWSKI, T. (1985): Map of the recent vertical movements of the surface of the Earth crust on the territory of Poland. 1 : 2 500 000.

Polen (zur Ergänzung von (1) durch Zwischenwerte aus den Originaldaten zu (1))

Bezugsniveau: Mittleres Meeresniveau (Ostsee)

Damit wird der größte Teil der Karte durch nur zwei und zudem auf das Mittlere Meeresniveau bezogene Darstellungen für Osteuropa bis östliches Mitteleuropa (1) und Skandinavien (11) abgedeckt. Die Originaldaten zu (1) sind ergänzt worden durch mit einer gesonderten Signatur versehene 0,5 mm/a-Isolinienschritte, die teils direkt als Linienzüge (aus (13) WYRZYKOWSKI für Polen und (12) IHDE et al. für Ostdeutschland), teils interpoliert nach Punktdaten (aus (2) KASCHINA für das Territorium der ehemaligen UdSSR) übernommen wurden. Da es sich hierbei um Daten aus den Ausgangsmaterialien für (1) handelt, ist diese Kombination durchaus gerechtfertigt. Die wenig problematische Ankopplung der Linienverläufe im Bereich des Finnischen Meerbusens ist als Freihandinterpolation (free hand interpolated) erfolgt, der Verlauf der “-1 mm/a-Isolinien” auf den Territorien Lettlands und Estlands ist im Interesse der Einheitlichkeit der Darstellung nach den verfügbaren Daten extrapoliert worden (free hand extrapolated) und beruht nicht auf konkreten Werten.

Sehr heterogen dagegen ist das verfügbare Datenmaterial für den West- und Südteil der Karte, wobei die geringsten Probleme wohl noch der Anschluß der Karten für die Anteile Rumäniens, Ungarns und der Slowakei mit der Darstellung von (3) JOO bereitet.

Für den vergleichsweise geringen Kartenanteil Westeuropas ist die Darstellung auf sieben Einzelkarten angewiesen, deren Anschlüsse nicht nur aufgrund der benutzen unterschiedlichen Bezugsniveaus höchst problematisch erscheinen.

Der Linienvverlauf für das Territorium Österreichs ist nach Geschwindigkeitsdaten vertikaler Krustenbewegungen in Knotenpunkten 1. und 2. Ordnung, publiziert von (4) HÖGGERL interpoliert worden.

Der Linienvverlauf für das Territorium Belgiens wurde aus den Höhenänderungen an den Knotenpunkten zu den Nivellements 1946-1948 und 1976-1980 nach (7) PISSART & LAMBOT berechnet.

Für den Raum Niedersachsens (Deutschland) wurden bisher keine Daten publiziert.

Für die Anteile Polens, der Slowakei, Tschechiens, Ungarns und Österreichs bestand die Möglichkeit auf den “Catalogue of the annual velocities of vertical movements

at the territory of CEI member countries” (ICRCM, Prag 1994) zurückzugreifen. Da hiermit aber ein weiteres Bezugsniveau (Želešice bei Brno) eingeführt und die geschlossene Darstellung Osteuropas nach (1), die Ergebnis einer intensiven Abstimmung der Teilnehmerstaaten gewesen war, zusätzlich unterbrochen würde, ist auf die Verwendung dieses jüngst publizierten Materials verzichtet worden.

Indem der Katalog auf die Verwendung der ostdeutschen Daten verzichtet, wird bei nachträglicher Anpassung entlang der deutsch-polnischen Grenze ein starker E-W-Gradient hervorgerufen, für den es keine zwingende geologische Erklärung gibt. Auch wäre der Anomalie-Typ beiderseits der Grenze deutlich unterschiedlich. Die Problematik wird mit der Abb. 2 verdeutlicht.

Aus geologischer Sicht müßte außerdem eine vergleichende geodätische Eignungsbewertung der jeweils verwendeten Bezugsniveaus (mittleres Meeresniveau Ostsee-Schwarzes Meer-Asowsches Meer gegen Želešice am SW-Rand des Böhmisches Massivs nahe der Westkarpatenfront) erfolgen.

Auf der Grundlage der aufgeführten Ausgangskarten wurde eine Isolinienangleichung zwischen den dargestellten Einzelgebieten berechnet (Abb. 3). Als Korrekturwert wurde die mittlere Differenz der Isolinienwerte entlang der Grenzen der Teilkarten verwendet. Die Angleichung erfolgte an die Karte (1) VYSKOČIL u.a. – darin bereits enthalten die Ergänzungen aus (2) KASCHINA, (12) IHDE u.a. und (13) WYRZYKOWSKI – und begann mit (3) JOO. Die Kombination von (1) und (3), beide Darstellungen sind auf mittleres Meeresniveau bezogen, war interpolativ vergleichsweise problemlos möglich, d. h. der Korrekturwert ist gleich Null. Die weitere Fitprozedur erfolgte nach Westen und Norden entsprechend der nachstehenden Abfolge, die zugleich die errechneten und zur Angleichung benutzten Korrekturwerte angibt:

Anpassung von	an	Korrekturwert
(4) HÖGGERL	(1)-(2)-(3)	- 0,8
(5) MÄLZER	(1)-(2)-(3)-(4)	- 1,1
(6) ZIPPELT in GUBLER	(1)-(2)-(3)-(4)-(5)	-0,6
(7) PISSART	(1)-(2)-(3)-(4)-(5)-(6)	- 0,1
(8) LORENZ (Modell 16)	(1)	-(7) + 0,2
(9) LEONHARD	(1)	-(8) + 0,0(2)
(10) ANDERSEN	(1)	-(9) + 0,7
(11) KAKKURI in GUBLER	(1)	-(10) + 0,7

In der Karte werden berechnete von interpolierten Linienverläufen unterschieden. Letztere verbinden die Grenzbe- reiche zwischen den Einzelkarten. Vor allem die Anpassung im SW-, W- und NW-Teil der Karte, d. h. für Österreich, Westdeutschland, die Benelux Staaten bis Dänemark, ist problematisch, sowohl was die Verknüpfung der Linienführung als auch die Homogenität des dargestellten Anomalienmusters anbelangt. Besonders in diesen Abschnitten kann die Karte geodätischen Genauigkeitsanforderungen nicht genügen und trägt stärker hypothetischen Charakter.

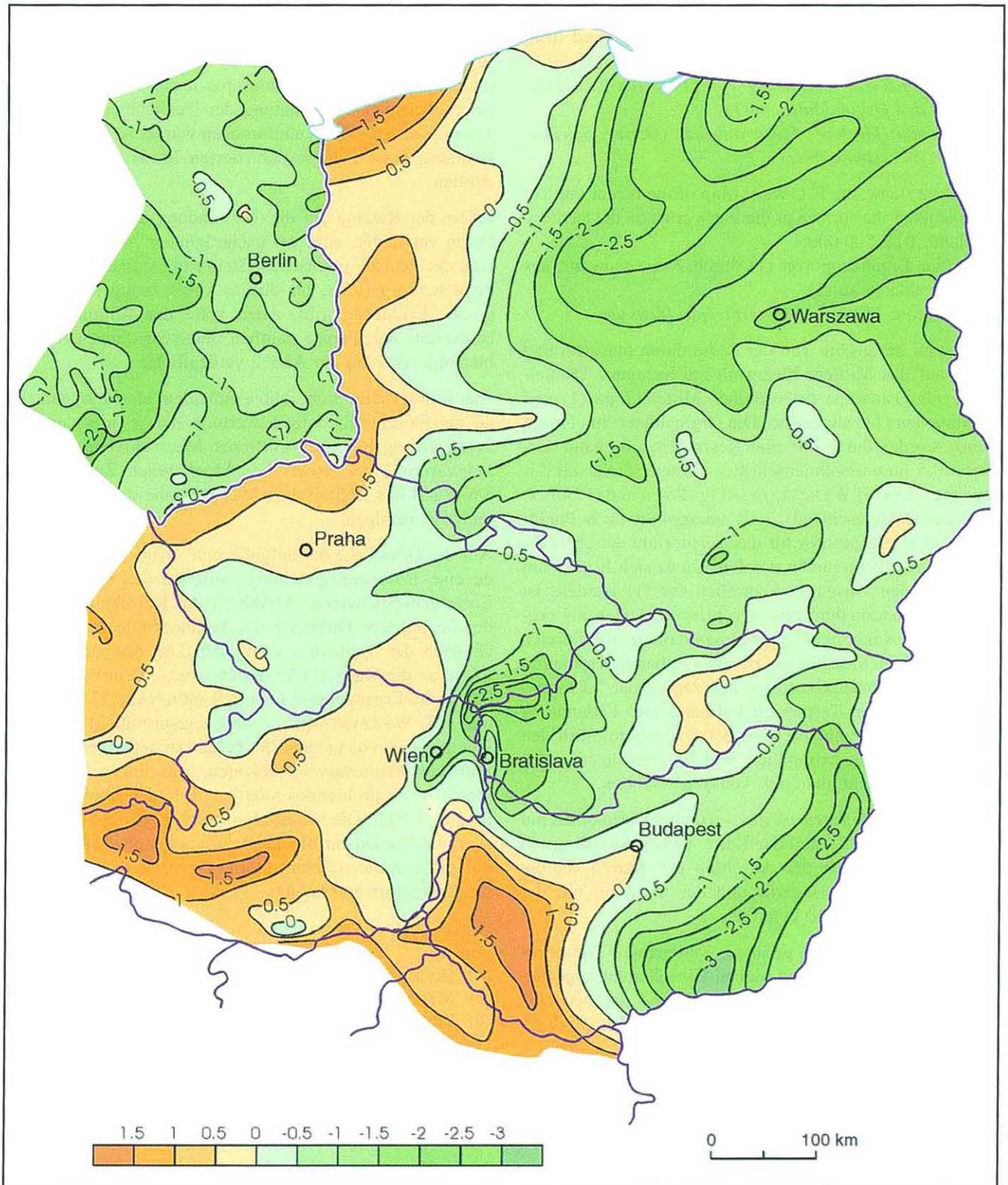


Abb. 2 Demonstration der Anschlußprobleme zwischen der Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen (in mm/a) nach DUBIŠAR (1994), erstellt im ICRCM Prag (1994) für das Bezugsniveau Želešice bei Brno und den Daten für Ostdeutschland nach IHDE u. a. (1987). Die sich entlang der deutsch-polnischen Grenze sowohl hinsichtlich des Anomalie-mustertyps als auch eines grenzparallelen Gradienten ergebenden Anpassungsprobleme waren entscheidend für die hier erfolgte Benutzung einer älteren, grenzübergreifenden Darstellung.

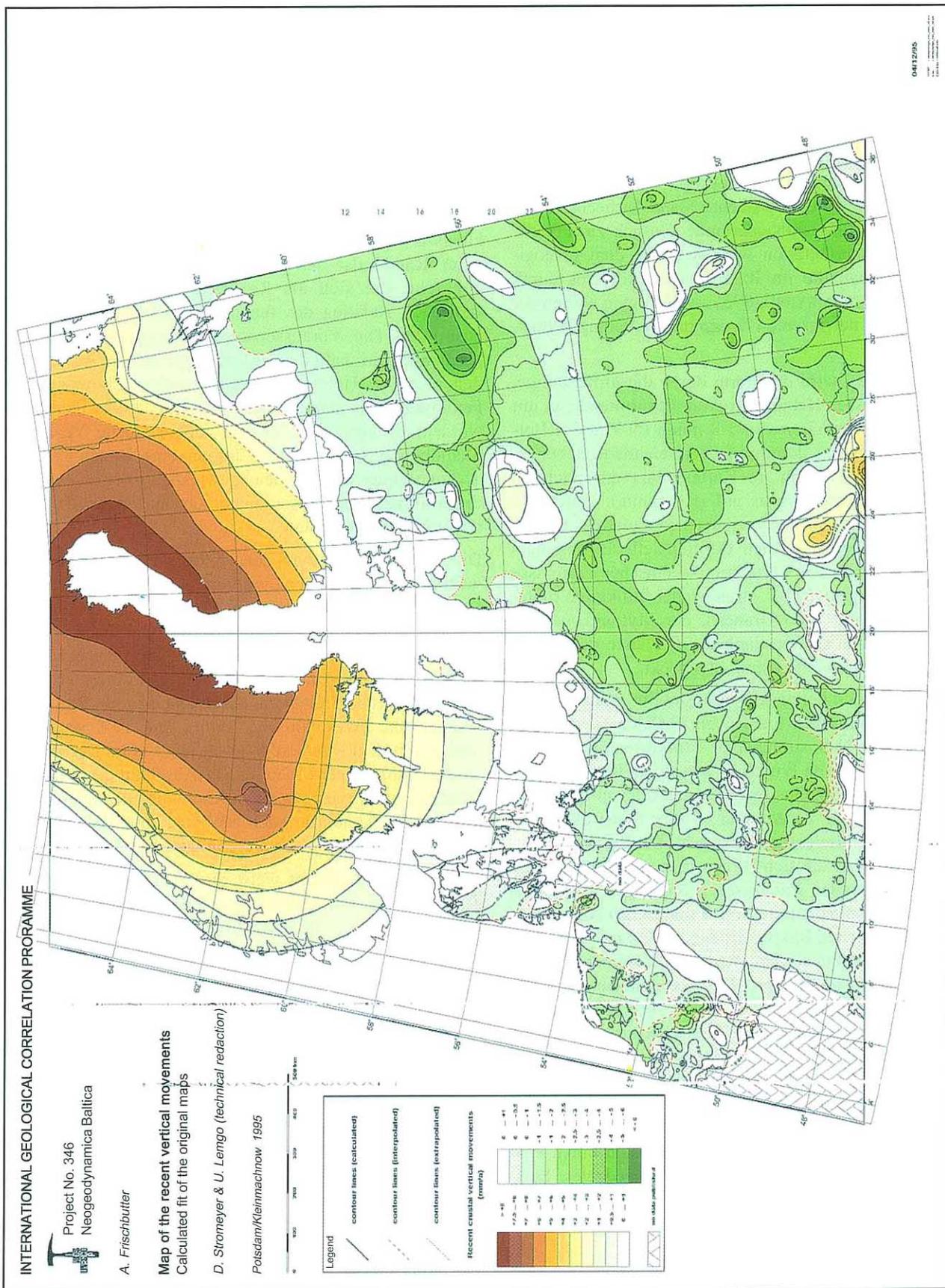


Abb. 3 Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen in der Umrahmung der Ostsee-Depression (Karte mit berechneter Isolinienangleichung)

Interpretation

Eine Interpretation der vorliegenden Karte wird nicht nur durch die für die Teilgebiete unterschiedlichen Bezugsmarken der Nivellements, sondern auch durch unterschiedliche Netzkonfigurationen erschwert. Schon die erste Betrachtung läßt den Verdacht aufkommen, daß der Verallgemeinerungsgrad der Linienführung direkt proportional der Größe der jeweiligen Kartenausschnitte ist. So nimmt der Detailliertheitsgrad des Isolinienmusters in der Abfolge Fennoskandien - Osteuropa - Dänemark und Westdeutschland - Polen/Ostdeutschland/Tschechien/Slowakei/Ungarn - Belgien/Niederlande deutlich zu. Für die nachfolgende Interpretation werden neben dem geologischen Strukturbaue im Rahmen des Projektes durch GRÜNTAL & STROMEYER (1995) angefertigten Karten der Seismizität und der rezenten Spannungsverteilung herausgezogen.

In ihrem Nordteil wird die Karte durch die großräumige, NE-SW gestreckte Hebungsstruktur Fennoskandiens mit maximalen Hebungsraten von > 8 mm/a (N-Teil des Botnischen Meerbusens) dominiert. Vergleichbare Hebungs-geschwindigkeiten treten im Kartengebiet nur noch im Bereich des Karpatenbogens auf (> 6 mm/a). Durch die Intensität des postglazialen isostatischen Aufstiegs Fennoskandiens werden vermutlich differenzielle Bewegungsraten, wie sie nach der Verteilung seismischer Ereignisse vor allem entlang etwa N-S-streichender Strukturen (unter anderem z. B. des Oslo Grabens, der Mylonitzone, der Proteginzone oder auch entlang der E-Flanke der Stockholmer Stufe) zu erwarten sind, überdeckt.

Den Hebungsblock Fennoskandiens umgibt – deutlich vor allem in den Baltischen Staaten bis N-Polen erkennbar – eine durch um N-S streichende Strukturen gegliederte Senkungszone, die von E nach W sowohl an Breite verliert (von etwa 150 km im Quellgebiet der Wolga auf 50 km in Ostpolen) als auch zunehmend in das feinstrukturierte Anomalienbild Mitteleuropas übergeht. Ein Beispiel für N-S-Strukturen sind die sich bereits in der Karte der Quartärbasis¹⁾ abbildenden Pribaltischen Störungen, die offensichtlich das Anomalienbild vom Finnischen Meerbusen bis zum Masurischen Block (Grodno Hoch), möglicherweise auch noch weiter bis an den Ostrand des Karpatenbogens (Rovno Sattel) beeinflussen. Der Kreuzungsbereich der Pribaltischen Störungen mit den E-W verlaufenden Kurischen- und Polozki-Störungen liegt über einem NE-SW-gestreckten Inversionsblock im Gebiet der Belorussischen Synklise, etwa über der Litauisch-Belorussischen Schwelle. Hinweise für eine Fortsetzung der ebenfalls N-S-streichenden Ostbaltischen Grabensysteme über die Mazovische Senke bis in das Karpatenvorland sind durch eine Aneinanderreihung von Einzelmaxima angedeutet. Seismizitätsdaten sind für diesen Teil der alten Tafel nicht aussagefähig. Dagegen existieren vor allem aus dem süd-

ostpolnischen Raum aber auch aus dem Baltikum mehrere N-S-gerichtete rezente Spannungswerte, die durchaus die Wirksamkeit dieser Richtung zu bestätigen scheinen.

Maximale Senkungsbeträge bis 6 mm/a werden in der Senkungszone um den fennoskandischen Block und zwar in deren Kreuzungsbereich mit der N-S-streichenden Orscha- und Waldai Senke festgestellt.

Die zirkumfennoskandische Senkungszone läßt sich nach Westen im Bereich der Polnisch-Litauischen Senke mit moderaten Senkungsbeträgen von 2,5 und 3 mm/a bis an die Tornquist-Teisseyre-Zone (TTZ) verfolgen. Die Senkungszone wird verschiedentlich mit der Kollapsstruktur einer Randwulst des Oberen Mantels in Verbindung gebracht, die sich als Reaktion auf den glazial-isostatischen Aufstieg des fennoskandischen Krustenblocks ausbildete. Die Voraussetzungen bezüglich der rheologischen Eigenschaften der Lithosphäre für die Ausbildung der rezenten Hebungs- und Absenkungsbewegungen Fennoskandiens sind von FJELDSKAAR (1994) modelliert worden. Er kann u. a. zeigen, daß die letzte Vereisung Skandinaviens vor 15 000 Jahren eine Randwulst von +60 m bezogen auf die Gleichgewichtsposition erzeugt hat, deren allmählicher Zusammenbruch ohne wesentliche laterale Migration erfolgt.

Die Tornquist-Teisseyre-Zone bildet sich in den rezenten vertikalen Krustenbewegungen nicht als einheitliche Struktur ab, sondern wird vom Karpatenrand bis zur Ostsee durch mehr oder minder starke Gradienten unterschiedlicher Polarität nur angedeutet. Dem entspricht der Strukturbaue mit Aneinanderreihung einzelner, von Depressionen (über relativen Mantelhochlagen) begleiteter Hochgebiete (Westbaltische Stufe). Die TTZ ist zudem aseismisch (GRÜNTAL & STROMEYER 1995). Der kräftige Grabeneinbruch der Moho im SW-Abschnitt der TTZ, verbunden mit kräftigen positiven Anomalien der Wärmeflußdichte läuft flexurartig nach NW aus, ohne daß deutliche Anzeichen für eine rezente Aktivität erkennbar sind.

Keine Eigenständigkeit weist die TTZ auch im rezenten Stressfeld auf. Der Umschlag von dominierender NW-SE Richtung für σ_{Hmax} in Westeuropa zu N-S bis NNE-SSW-Richtungen, die in Polen und Karelien sich mit E-W-Richtungen (allerdings geringer Datenqualität) vergittern, verläuft zwar ebenfalls etwa NW-SE, aber deutlich weiter südwestlich der TTZ, etwa entlang des S-Randes der Norddeutsch-Polnischen Senke, wie die Seismizitätskarte dies für den böhmischen und auch deutschen Anteil andeutet.

Auffällig ist, daß das Isolinienmuster Dänemarks sich zwischen Tornquist-Teisseyre-Zone und der vielfach diskutierten, auch grundsätzlich in Frage gestellten Transeuropäan Fault (TEF) einzupassen scheint. Dabei entspricht der dänische Anomalientyp dem großräumigen fennoskandischen, der südlich der TEF von dem feinstrukturierten Anomalienmuster Mittel- und Westeuropas abgelöst wird. Gegenüber dem fennoskandischen Isolinienbild jedoch scheint das dänische aus der NW-SE-Richtung nach NNW-SSE bis N-S rotiert. Dies erweckt zunächst den Eindruck einer gewissen Eigenständigkeit des rezenten

¹⁾ Die Karte der Quartärbasis i. M. 1 : 1,5 Mill. ist Bestandteil des IGCP-Projektes No. 346; bisher nicht veröffentlicht.

Verhaltens des Krustenblockes zwischen TTZ und TEF, kann aber auch Ergebnis einer Überlagerung mit N-S - Strukturen im Bereich der Mittelmeer-Mjösen-Zone sein.

Im Bereich des Ukrainischen Massivs, dessen NW-Flanke noch in das Kartengebiet einbezogen ist, bildet sich der generelle Strukturbaue auch im rezenten Bewegungsverhalten ab. So erscheint die Zentralukrainische Scholle als relatives Stabilgebiet, welches im Westen von einem etwa NNE-SSW streichenden, im Süden sich bis in den Karpatenraum auswirkenden Senkungsgebiet über dem Rovno-Sattel (bis max. -3mm/a) begrenzt wird. Westlich dieser schmalen Senkungszone hat der Westteil der Ukrainischen Anteklise (Volyno-Podolisches Hebungsgebiet) Senkungstendenz mit Beträgen um 2 mm/a. An der NE-Flanke des Ukrainischen Massivs werden im rezenten Senkungsgebiet der Dnepr-Syneklise Absenkungsbeträge um 4 mm/a erreicht, die sich in deren SE-Teil, wo die Dnepr-Syneklise in den Senkungsraum der Schwarzmeer-Depression einbezogen ist, bis auf 6 mm/a erhöhen. Zwischen Schwarzmeer-Depression und Zentralukrainischem Hebungsgebiet ist die Kirovograder Einbuchtung durch ein vergleichsweise differenziertes Muster der Absenkungsgeschwindigkeiten (-1 bis -4 mm/a) gekennzeichnet. Nordöstlich der Dnepr-Syneklise liegt über der südlichen Smolensker Monoklinale ein markantes, E-W - gerichtetes relatives Stabilgebiet, während der Nordteil der Smolensker Monoklinale und die Kartenanteile der Woronesh-Anteklise durch mehrere NE-SW- orientierte Senkungszone bis zu - 4 mm/a charakterisiert werden.

Auf die Bedeutung der N-S-Richtung für die rezenten vertikalen Krustenbewegungen westlich der TTZ-Zone hat bereits ELLENBERG (1992) hingewiesen. Im differenzierten Isolinienbild ist die N-S-Richtung als schwache relative Senkungszone ausgehend vom Oberrheingraben über Hessische Senke bis nach Schleswig-Holstein (Hamburger Trog) besonders deutlich. Ebenfalls in N-S-Richtung streicht eine Zone schwacher relativer Hebung im Bereich der Elster-Depression und der Schwarmbebenzone des Vogtlandes. Sie ist ausgezeichnet durch mehrere N-S-gerichtete Spannungsdaten, die das sonst streng NW-SE - gerichtete Normalmuster schneiden.

An der NW-Flanke des Böhmisches Massivs bilden sich Erzgebirge mit Ohře-Graben (junger Vulkanismus) und Sudeten als relative Hebungsgebiete ab. Die horizontalen Hauptspannungachsen sind NW-SE gerichtet; seismisch aktiv sind vor allem die S-Flanke des Erzgebirges mit dem Ohře-Graben, die Elbezone und deren Fortsetzung in das nordböhmische Kreidebecken. Die Senkungsmaxima des Böhmisches Massivs liegen über den Kreidebecken (Bekken von Třeboň und Budějovice) Südböhmens, die auch in der rezenten Morphologie als deutliche Senkungsräume hervortreten und erkennen lassen, daß die generelle schwache Hebung des alten Kerns des Böhmisches Massivs durch lokale Absenkungen (in Südböhmen etwa N-S gerichtet) überlagert wird.

Weitaus geringer ist die Häufigkeit seismischer Ereignisse im Bereich des Moravosilesikums mit der Boskovicer Furche, einer NE-SW-streichenden Krustenstruktur 1. Ord-

nung, die sich sowohl in der Schwere, der Mohotiefenlage, der Wärmeflußdichte und auch den rezenten Vertikalbewegungen als relative Senkungszone abbildet und nach Süden in das Wiener Becken mündet. Ein einziges verfügbares Spannungsdatum aus dem östlichen alpidischen Grenzgebiet zeigt NE-SW - Richtung an.

Die Gradientenzone zwischen Wiener Becken und Hessischer Senke folgt im Streichen den Donaurandbrüchen bzw. der Fränkischen Linie. Die Verteilung seismischer Ereignisse betont dagegen die Elemente des Moravosilesikums, des Karpatenrandes und des Wiener Beckens. In Westböhmen reichen die seismischen Ereignisse des Vogtlandes bis an die Fränkische Linie. Donaurandbrüche bis einschließlich Fränkische Linie sind aseismisch. Die wenigen Spannungsdaten vom SW-Rand des Böhmisches Massivs verweisen auf NE-SW gerichtete Kompression.

Auffällig ist am westlichen Blattrand die etwas NW-SE - gestreckte Senkungsstruktur über dem Niederrhein Graben, dem entlang bis zum Oberrhein Graben bedeutende seismische Aktivität folgt. In der Fortsetzung zur Nordseeküste schwächt sich die Intensität im rezenten vertikalen Bewegungsbild schnell ab und wird durch generell NE-SW verlaufendes Isolinienmuster abgelöst, dem offenbar auch die Verteilung der seismischen Ereignisse entspricht. Es ist nicht völlig auszuschließen, daß zumindest der Absolutbetrag des Absenkungszentrums auch antropogen (Kohleförderung im Tagebau mit Aufschlußtiefen um 100 m) beeinflusst ist.

Schlußfolgerungen

Zwischen dem durch glazialisostatischen Aufstieg charakterisierten Fennoskandischen Block und dem Hebungsgebiet der Karpaten (N-Drift der Afrikanischen Platte) liegt ein ausgedehntes Senkungsgebiet, das im Gebiet der Osteuropäischen (alten) Tafel weniger differenziert und zum überwiegenden Teil durch alt angelegten Blockstrukturen gegliedert ist. Die Westeuropäische (junge) Tafel zeichnet sich durch ein stärker differenziertes Isolinienmuster aus, möglicherweise beinflusst durch atlantische Öffnungsvorgänge. Den S-Rand des fennoskandischen Hebungsblocks umgibt eine Senkungszone, die mit der Kollapsstruktur einer zirkumfennoskandischen Randwulst des Oberen Mantels in Verbindung gebracht werden kann.

Die Grenze zwischen beiden Regionen unterschiedlichen Differenzierungsgrades, die Tornquist-Teisseyre-Zone, ist selbst offenbar rezent nicht aktiv. Dies gilt möglicherweise auch für die Mehrzahl der älter angelegten NE-SW- und NW-SE - Bruchstrukturen, die sich zwar als Gradienten abbilden, aber keine Eigenständigkeit haben und auch aseismisch sind (ELLENBERG 1992). Für die rezenten vertikalen Krustenbewegungen sowohl östlich als auch westlich der TTZ spielen offenbar N-S bis NNE-SSW gerichtete Strukturen eine besondere Rolle: einesteils als selbständige Strukturen (Fortsetzung des Ostbaltischen Grabensystems über Zentralpolen bis ins Moravosilesikum, Fortsetzung der Pribaltischen Störungen entlang des W-Randes des Ukrainischen Massivs bis an den Karpatenrand, Ober-

rhein-Graben über Hamburg Trog bis zum Oslo Graben), andererseits aber auch als Aktivatoren von Bewegungen im Kreuzungsbereich mit Elementen des älteren Bruchmusters, wie z.B. im Vogtland (GRÜNTAL u. a. 1990).

Die Bedeutung von N-S - Richtungen für das rezente Bewegungsbild der Kruste im betrachteten Kartenausschnitt wird unterstützt durch in Fernerkundungsmaterialien (Meteor 25) zu erkennende N-S - streichende Lineationen überregionaler Bedeutung (BANKWITZ u. a. 1982).

Zusammenfassung

Vorgestellt wird eine "Karte der rezenten, vertikalen Bewegungen" des zirkumbaltischen Raumes. Auf der Basis einer Karte der Primärdaten ist unter Vernachlässigung der Probleme, die sich vor allem aus unterschiedlichen Bezugsniveaus und Netzkonfigurationen für die Einzelkarten ergeben, eine Isolinienangleichung berechnet worden, wobei als Korrekturfaktor die mittlere Differenz der Isolinienwertigkeit entlang der Grenzen der Einzelkarten verwendet wurde. Die Karte trägt somit den Charakter einer Minimalvariante im Sinne des im Rahmen des IGCP-Projektes 346 "Neogodynamica Baltica" realisierbaren Arbeitsaufwandes.

Zwischen den dominanten Hebungsgebieten Skandinaviens und der Karpaten wird der westlich der Tornquist-Teisseyre-Zone liegende Teil der zwischengelagerten Senkungszone durch den N-Schub der Afrikanischen Platte und die Bewegungen am Mittelatlantischen Rücken beeinflusst, so daß ein differenzierteres Muster der rezenten vertikalen Bewegungen als östliche der TTZ vorzuliegen scheint, wo im Bereich der Osteuropäischen Tafel die Bewegungen vorzugsweise in den Schienen der alten Blockstrukturen erfolgen. Generell haben offenbar um N-S gerichtete Strukturen für die rezenten Bewegungen eine hervorragende Bedeutung.

Summary

A "Map of recent vertical movements" is presented for the region around the Baltic Sea between 4° to 36° E and 47° to 65° N. On the basis of a "Map of the original data" an isoline adjustment was calculated between the original maps using the mean difference of isoline values along the border lines of the original maps. Problems, which derive mainly from different used benchmarks and net configurations within the different original maps have been ignored. The resultant map is a minimum variant, realized within the scope of IGCP-project 346 "Neogeodynamica Baltica".

Between the dominantly rising blocks of Scandinavia (isoglacial uplift) and the Carpathes (N-drift of the African plate) is situated a broad predominantly subsiding zone, which is to the west of the Tornquist-Teisseyre Zone (TTZ) additionally influenced by processes initiated by the North Atlantic Ridge movements. This may be the reason for a much more differentiated pattern of isolines west of the TTZ, which is in contrast to the pattern on the Osteuropäi-

sche Tafel, where recent crustal movements seems to follow old block structures. Generally N-S - striking structures are of particular importance in recent crustal movements around the Baltic Sea.

Danksagung

Die Autoren danken den Herren Prof. H. MONTAG (Potsdam) und Dr. P. VYSKOČIL (Prag) für hilfreiche Diskussionen zu methodischen Problemen der Kartenzusammensetzung.

Literatur

- ANDERSEN, N. (1992): The hydrostatic levellings in Denmark. - *Geophys. Monograph* 69 IUGG, 11, 107-111
- BANKWITZ, P., BANKWITZ, E. & A. FRISCHBUTTER (1982): Линеаменты на территории Германской демократической Республики. - *Iscledow. Semli is Kosmosa* 2, 25-26
- DUBIŠAR, P. (ed.) (1994): Catalogue of the annual velocities of vertical movements at the territory of CEI-member countries. - *Bull. ICRCM Prague* No. 41, 31-46
- FJELDSKAAR, W. (1994): The amplitude and decay of the glacial forebulge in Fennoscandia. - *Norsk Geologisk Tidsskrift* 74, 2-8
- ELLENBERG, J. (1992): Recent fault tectonics and their relations to the seismicity of East Germany. - *Tectonophysics* 202, 117-121
- GREGERSEN, S. et al. (1995): Recent crustal movements and earthquakes in the area of the Tornquist Zone. - *Studia geoph. et geod.* 39, 257-261
- GRÜNTAL, G., SCHENK, V., ZEMAN, A. & Z. SCHENKOVA (1990): Seismotectonic model for the earthquake swarm of 1985-1986 in the Vogtland/West Bohemia focal area. - *Tectonophysics* 174, 369-383
- GRÜNTAL, G. & D. STROMEYER (1995): Rezenten Spannungsfeld und Seismizität des baltischen Raumes und angrenzender Gebiete - ein Ausdruck aktueller geodynamischer Prozesse. - *Brandenb. Geowiss. Beitr.* 2, 2, S. 69-76
- GUBLER, E., ARCA, S., KAKKURI, J. & K. ZIPPELT: Recent vertical crustal movement. In: FREEMAN, S. & S. MÜLLER (1992): A continent revealed - The European Geotraverse. - *Atlas of compiled data*, Cambridge Univ.Press, 20-24
- HÖGGERL, N. (1986): Report on Austrian efforts in the field of high precision levelling and recent crustal movements between 1983 and 1986 and future activities. In: PELZER, H. & W. NIEMEIER (ed.): Determination of Heights and Heights Changes. - *Ferd.Dümmlers Verlag Bonn*, 729-735
- IHDE, J., STEINBERG, J., ELLENBERG, J. & E. BANKWITZ (1987): On recent vertical crustal movements derived from relevelings within the territory of the GDR. - *Gerlands Beitr. Geophysik*, 96, 3/4, 206-217
- JOO, I. (1992): Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. - *Tectonophysics* 202, 129-134.
- KASCHINA, L. A. (ed.) (1989): Карта современных вертикальных движений Земной коры по геодезическим данным по территории СССР, 1:5 000 000, Moskwa (1989)
- LEONHARD, T. (1988): Zur Berechnung von Höhenänderungen in Norddeutschland - Modelldiskussion, Lösbarkeitsanalyse und

- numerische Ergebnisse. - Wiss. Arb. Fachr. Vermessungswesen Univ. Hannover Nr. 152, 1-158
- LORENZ, G. K. (1994): The first primary levelling in the Netherlands [1875-1885] In: International Federation of Surveyors, XX Congress, Commission 5, Survey Instruments and Methods, Melbourne, Australia, March 5-12
- MÄLZER, H. (ed.) (1990): DGK-Arbeitskreis für rezente Krustenbewegungen - Berechnungen von Höhenänderungen im Bayrischen Haupthöhennetz unter Verwendung unterschiedlicher Modelle. - Deutsch.Geodät. Kom. bei der Bayerischen Akad.Wiss., Reihe B Angew. Geodä., 293, München
- MÖRNER, N.-A. (1980) The Fennoscandian Uplift: Geological Implication. - In: N.-A. MÖRNER (ed.): Earth Reology and Eustasy, Wiley & Sons, 1980, 251-283
- NIEMEIER, W. (ed.): Determination of heights and height changes. - Contr.Symp.on Height Determ. and Rec. Vert. Crust. Mov. in Western Europe, Hannover 15.-19.9.1986, 729 - 735, Ferd.Dümmlers Verlag Bonn
- PISSART, A.; P. LAMBOT (1989): Les mouvements actuels du sol en Belgique; comparaison de deux nivellements IGN (1946-1948 et 1976-1980). - Ann.de la Soc. de Bel. **112**, 2, 495-504
- VYSKOČIL, P. (1987): Recent Crustal Movements in Central Europe. - Geodyn.Series **20**, 63-65
- VYSKOČIL, P. (ed.) (1990): Map of the horizontal gradients of recent vertical crustal movements of the territories of Bulgaria, Čechoslovakia, GDR, Hungary, Poland, Rumania, USSR (European part of the country), 1: 2 500 000, Moscow
- WYRZYKOWSKI, T. (1985): Map of the recent vertical movements of the surface of the Earth crust on the territory of Poland. 1 : 2 500 000. - Inst.Geodezji i Kartografii, Warszawa

Mitteilung aus dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg No. 38

Anschrift der Autoren:

Dr. habil. Alexander Frischbutter

GeoForschungsZentrum Potsdam

Telegrafenberg C 3

D-14473 Potsdam

Dr. habil. Günther Schwab

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg

Stahnsdorfer Damm 77

D-14532 Kleinmachnow

Berichtigung zum Beitrag N. HERMSDORF: Zur quartären Schichtenfolge des Teltow-Plateaus. - Brandenburgische Geow. Beitr. 2, 1, S. 27-37, Abb. 4 (S. 32)

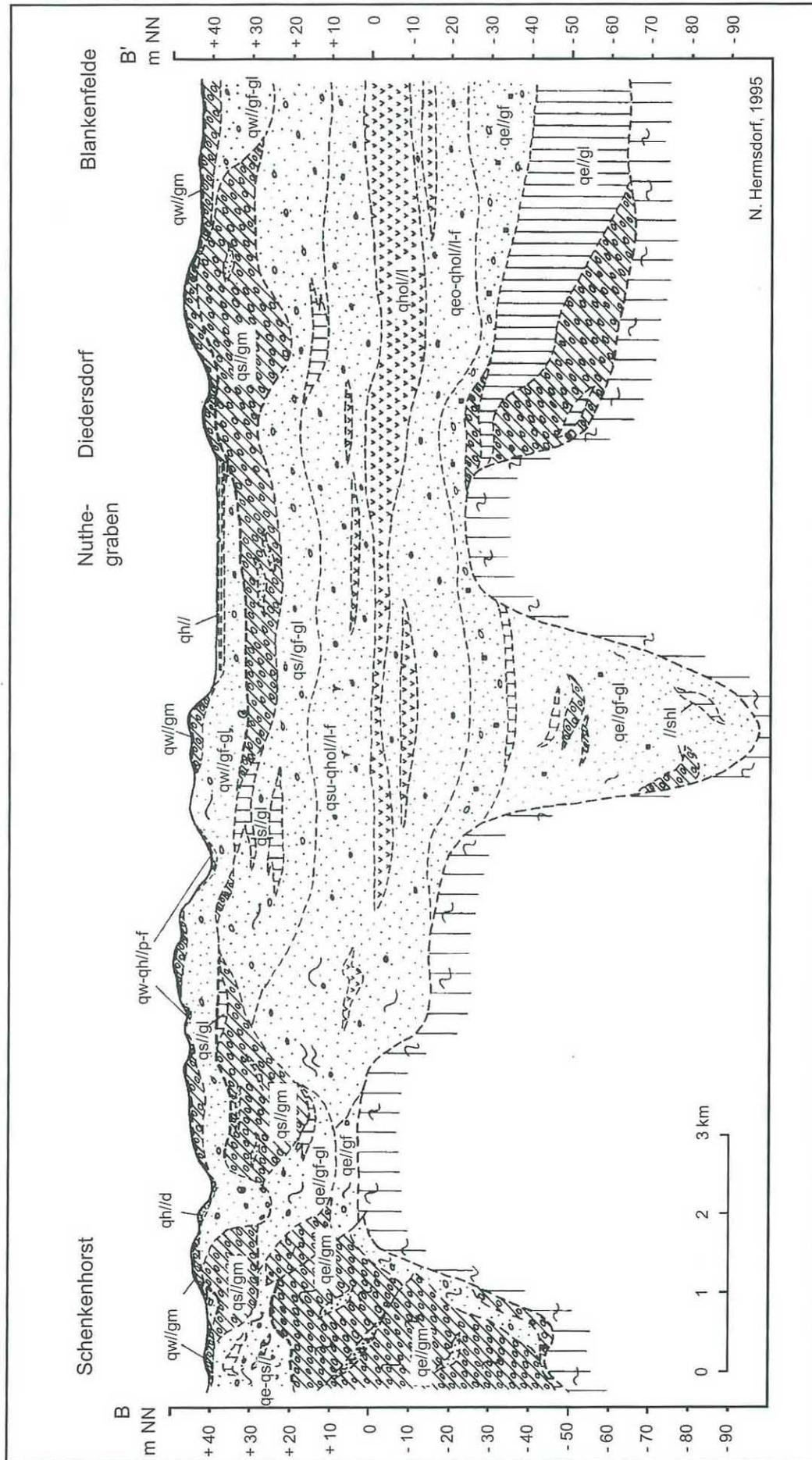


Abb. 4 Geologischer Schnitt (E-W - Profil) durch den Westteil des Teltows (Legende wie Abb. 3)

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 69 – 76	2 Abb., 1 Tab., 39 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-------------------------

Rezentes Spannungsfeld und Seismizität des baltischen Raumes und angrenzender Gebiete – ein Ausdruck aktueller geodynamischer Prozesse

GOTTFRIED GRÜNTHAL & DIETRICH STROMEYER



IGCP Projekt No. 346
Neogeodynamica Baltica

1. Einführung

Das Spannungsfeld der Erdkruste ist sowohl das Ergebnis aber auch die Ursache vielfältiger Prozesse der Lithosphärendynamik und der Krustentektonik. Insbesondere zur Interpretation neotektonischer Vorgänge ist die Kenntnis des rezenten Spannungsregimes eine wesentliche Voraussetzung. Das Auftreten von Erdbeben, der zweite in dieser Arbeit zu analysierende Indikator für aktuelle tektonische Prozesse, ist mit dem Spannungsfeld eng verbunden. Die Kombination von Seismizität und krustalem Spannungsregime kann nicht nur wertvolle Information für die Lithosphärendynamik aktiver Plattenränder liefern, sondern auch zum Verständnis der Neotektonik innerhalb von häufig als stabil angenommenen Kontinentalblöcken beitragen.

Diese Arbeit ist Teil des IGCP-Projekts 346 "Neogeodynamica Baltica" und analysiert das rezente Spannungsfeld und die Seismizität des baltischen Raumes im weiteren Sinne. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von 3° bis 36° östlicher Länge sowie 48° bis 66° nördlicher Breite. Die wesentlichen tektonischen Merkmale dieser Region werden von LUDWIG & SCHWAB (1995; dieser Band) detailliert beschrieben.

Die Richtung der maximalen horizontalen Kompressionsspannung S_{Hmax} ist der einzige Spannungsparameter, der zur Zeit in genügender Anzahl und mit hinreichender Genauigkeit für regionale Analysen zur Verfügung steht. In diesem Beitrag wird deshalb ausschließlich dieser Parameter als Spannungsindikator genutzt. Im Untersuchungsgebiet sind die aktuellen Spannungsdaten sehr inhomogen verteilt. Für den Südwesten existieren relativ viele Spannungswerte guter Qualität, die vor allem im Rahmen des "World Stress Map"-Projekts (WSM) des "International Lithosphere Program" (ILP) zusammengetragen wurden (ZOBACK 1992). Dieses Projekt ist zwar zum Ende des Jahres 1993 ausgelaufen (ZOBACK & BURKE 1993), die hierdurch weltweit ausgelösten Aktivitäten zur Sammlung und Interpretation von Krustenspannungen halten jedoch weiter an und liefern zunehmend quantitative Hinweise zur Einschätzung tektonischer Prozesse. Abschließende Berichte mit einer ausführlichen Beschreibung und Interpretation der kompilierten Daten wurden für ganz Europa allgemein und detailliert für Westeuropa von MÜLLER u. a.

(1992), von GRÜNTHAL & STROMEYER (1992) für das östliche Mitteleuropa sowie von GREGERSEN (1992) für Finnland gegeben. Die 1992 publizierte WSM-Datenbasis enthält alle Spannungswerte, die bis Ende 1990 verfügbar waren. Eine Aktualisierung der Spannungsdaten für Mitteleuropa und deren Interpretation legten GRÜNTHAL & STROMEYER (1994) vor. Die wesentlichen Neuerungen betreffen das Gebiet von Ostrava (PESKA 1991), Sachsen und Thüringen (BANKWITZ u. a. 1993) sowie mehrere Herdflächenlösungen, z. B. die des Roermond-Erdbebens von 1992 (BRAUNMILLER & DAHM 1993).

Die Richtung der maximalen horizontalen Kompressionsspannung S_{Hmax} ist im Südwesten des Untersuchungsgebiets deutlich NW-SE orientiert. Bei Annäherung an die Tornquist-Teisseyre-Zone (TTZ) gibt es Anzeichen für eine Rotation nach NE-SW (GRÜNTHAL & STROMEYER 1992). Diese Beobachtung ließ sich durch neueres Datenmaterial und verbesserte Modellberechnungen bestätigen (GRÜNTHAL & STROMEYER 1994). Östlich der TTZ lagen bisher keine Spannungswerte im Untersuchungsgebiet vor – abgesehen von Meßbefunden in der Ostsee und einer Herdflächenlösung in Estland. Das Spannungsfeld Finnlands zeigt keine einheitlich ausgeprägte Vorzugsrichtung für S_{Hmax} .

Für die in dieser Arbeit verwendeten Seismizitätsdaten standen die aktuellen nationalen Erdbebenkataloge bzw. Datenbanken der Länder des Untersuchungsgebiets zur Verfügung. Die Datensammlung und -verarbeitung im Sinne einer Homogenisierung des Datenbestandes war bzw. ist gleichzeitig Bestandteil von Arbeiten im Rahmen des "Global Seismic Hazard Assessment Program" (GSHAP), dem "International Decade of Natural Disaster Reduction" (IDNDR) Demonstrationsprojekt des ILP (GRÜNTHAL 1994).

Dieser Beitrag dokumentiert die aktuell verfügbare Datenbasis sowohl für das rezente krustale Spannungsfeld als auch für die Seismizität. Erstmals werden Spannungsdaten für die Osteuropäische Tafel (OET) im Vergleich mit den bisher vorliegenden Daten des WSM-Projekts oder dessen Folgeaktivitäten interpretiert. Die hier verwendeten Spannungswerte für Schweden berücksichtigen die Neubewertung der Herdflächenlösungen im WSM-Datensatz durch MUIR WOOD (1993).

2. Rezente krustale Spannungsdaten

Die Datenbasis der krustalen Spannungen für das Untersuchungsgebiet besteht aus Herdflächenlösungen von Erdbeben, in-situ Spannungsmessungen in Bohrungen und im Bergbau sowie geologischen und geodätischen Spannungsindikationen. Im Rahmen des WSM-Projekts wurden diese Methoden zur Abschätzung der Richtung von S_{Hmax} ausführlich beschrieben und bewertet. Gleichzeitig entstand für diese Daten ein einheitliches System der Qualitätsbewertung, in welches neben der Meßmethode die Anzahl der Messungen und deren Konsistenz berücksichtigt wird (ZOBACK 1992). Die Qualitätseinteilung erfolgt in Klassen von A (hohe Qualität) bis D. Von Daten der Kategorie A-C wird angenommen, daß sie das tektonische Spannungsfeld hinreichend gut widerspiegeln, während Daten der Klasse D nach Möglichkeit im Zusammenhang mit Spannungsmessungen besserer Qualität interpretiert werden sollten.

Die diesem Beitrag zugrunde liegenden S_{Hmax} -Werte kombinieren die Datenbasis des WSM-Projekts für das Untersuchungsgebiet mit den neuen von GRÜNTAL & STROMEYER (1994) diskutierten Spannungsindikationen. Darüber hinaus konnte die Datenbasis für Osteuropa beträchtlich erweitert werden. JAROSIŃSKI (1994) analysierte für das polnische Gebiet eine Reihe von Bohrlochrandausbrüchen (*breakouts*) in Bohrungen der Erdöl-Erdgas-Industrie. Diese Untersuchungen führten zu qualitativ guten S_{Hmax} -Richtungen der Kategorien A, B und C. Während bisher nur sechs Herdflächenlösungen und zwei geologische Indikationen für dieses Gebiet bekannt waren, geben die neuen *Breakout*-Daten nun verlässlichere Spannungswerte für den Südosten Polens und die südliche Ostsee. Von einer einzigen Herdflächenlösung abgesehen (Ossmussaer Beben, 1976; Estland), waren bis dato keine Spannungsdaten für die Baltischen Staaten, Nordostpolen, Weißrußland und die westlichsten Gebiete Rußlands bekannt. Kürzlich wurden ebenfalls im Rahmen von "Neogeodynamica Baltica" von SIM u. a. (1995) für diese Region geologische Paläospannungsanalysen publiziert. Hiervon wurden von SIM (pers. Mitt., 1995) ca. 50 Werte nach den Kriterien der WSM-Qualitätsbewertung in die Qualitätsstufe D eingestuft, welche hier verwandt wurden. Weitere in-situ Spannungsmessungen sind notwendig, um die Zuverlässigkeit dieser Daten zu unterlegen. In einer kritischen Analyse der Spannungsdaten für Schweden weist MUIR WOOD (1993) auf die erheblichen Probleme hin, die im Zusammenhang mit der Bestimmung von

Herdflächenlösungen kleiner Erdbeben bestehen. Aus diesem Grunde finden in diesem Beitrag nur jene Herdparameter aus dem WSM-Datensatz Verwendung, die seinen Kriterien standhalten. In Abb. 1 sind die Spannungsrichtungen für das Untersuchungsgebiet entsprechend der beschriebenen Verfahrensweise dargestellt. Tab. 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Daten in Abhängigkeit von der Meßmethode und dem tektonischen Regime. Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Daten guter Qualität (A, B, C).

3. Interpretation der beobachteten Spannungsdaten

Im Spannungsfeld des oberen elastischen Teils der Lithosphäre sind zwei unterschiedliche Komponenten zu unterscheiden. Die erste Komponente, häufig "tektonische Spannung" genannt, steht im engen Zusammenhang mit großräumigen Kräften. Diese resultieren vor allem aus den Plattenrandkräften aktueller globaltektonischer Prozesse, weiträumigen Oberflächenlasten (Gebirge), Dichteinhomogenitäten sowie thermoelastischen Kräften durch die Abkühlung der ozeanischen Lithosphäre.

Die zweite Komponente, die lokalen oder "induzierten" Spannungen widerspiegeln lokale Effekte der Topographie, die Anisotropie der Festigkeit bzw. der elastischen Eigenschaften der Lithosphäre, Erosionserscheinungen und anthropogen erzeugte Spannungen (ZOBACK 1992).

Die Richtung der maximalen horizontalen Kompressionsspannung ist im westlichen Teil Europas generell NW-SE orientiert. Dieses homogene Spannungsfeld korreliert hier mit einer geringen bis mittleren Lithosphärenmächtigkeit von 50-90 km. Mit Hilfe von Finite Elemente Modellierungen kann gezeigt werden, daß das mittelatlantische *sea-floor spreading* und die Nordwärtsdrift der Afrikanischen Platte als Hauptursachen dieses großskaligen Spannungsfeldes anzusehen sind (GRÜNTAL & STROMEYER 1992). Die beobachteten Daten dieses Teils der Eurasischen Platte sind demnach tektonische Spannungen, die wesentlich durch großräumige Plattenbewegungen beeinflusst sind.

In Fennoskandien zeigt die Spannungsrichtung keine solche Konstanz wie in Westeuropa. Folgende kleinräumige Gebiete mit mehr oder weniger ausgeprägter Richtungsdominanz können ausgehalten werden: S_{Hmax} -Richtung NW-SE: Südwesten Norwegens und südwest-norwegischer Atlantikbereich, Norddänemark, Zentralschweden und

Tab. 1 Verteilung der Spannungsdaten, geordnet nach Meßmethode und tektonischem Regime

tektonisches Regime	Herdflächenlösungen	in-situ Daten	geolog. Daten	geodät. Daten	Σ
Abschiebung	52 (37)	75 (35)	2 (2)	-	129 (74)
Aufschiebung	94 (51)	33 (10)	3 (0)	-	130 (61)
Seitenverschiebung	155 (99)	27 (10)	40 (2)	-	222 (111)
unbekannt	31 (10)	188 (119)	4 (1)	6 (0)	229 (130)
Σ	332 (197)	323 (174)	49 (5)	6 (0)	710 (376)

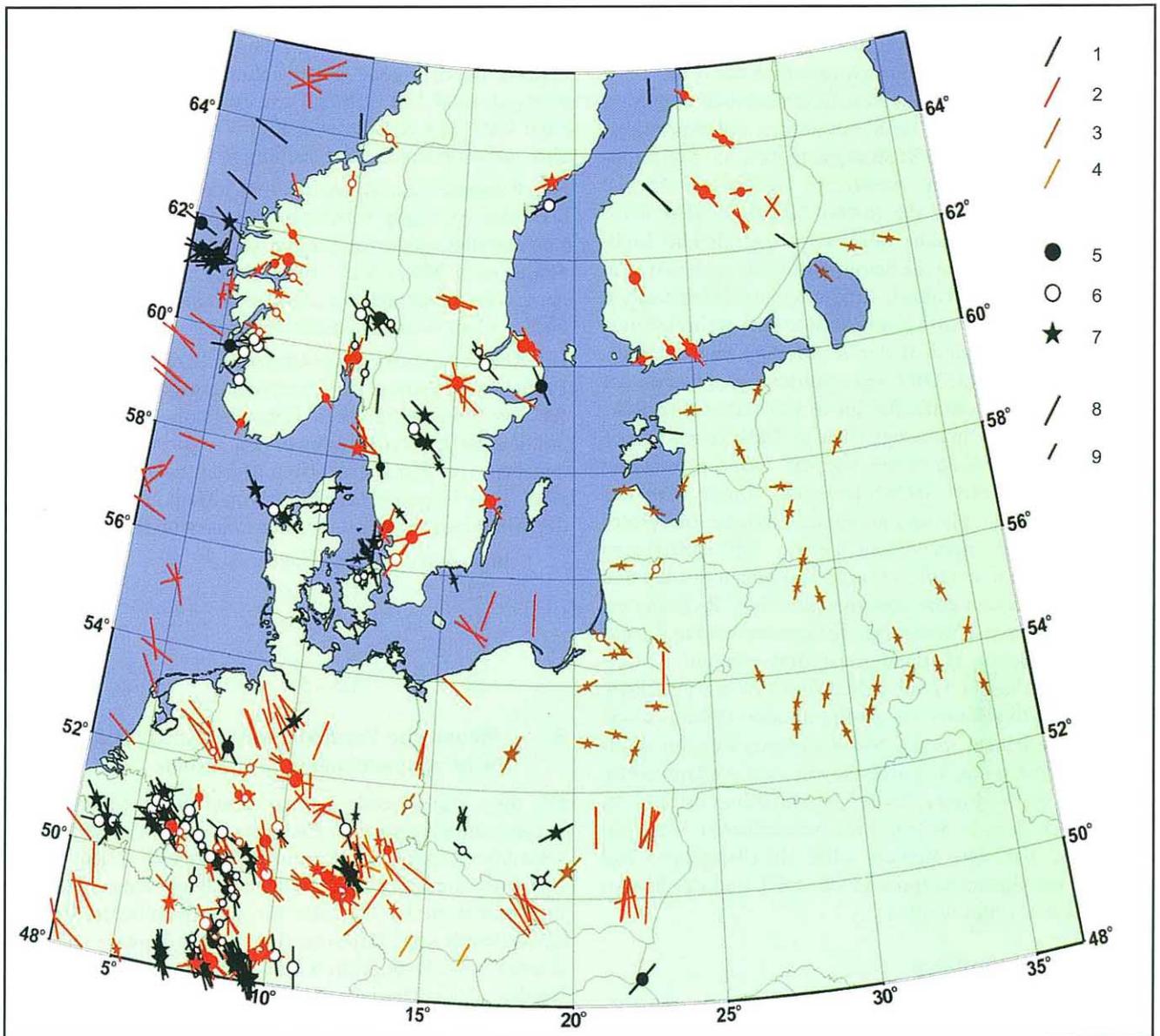


Abb. 1

Richtung der maximalen horizontalen Kompressionsspannung S_{Hmax} im Untersuchungsgebiet "Neogeodynamica Baltica". Meßmethode, tektonisches Regime und Datenqualität sind mit Farben und Signaturen kodiert.

1 – Herdflächenlösung, 2 – in-situ Daten, 3 – geologische Daten, 4 – geodätische Daten, 5 – Aufschiebung, 6 – Abschiebung, 7 – Seitenverschiebung, ohne Signatur – unbekanntes tektonisches Regime, 8 – Qualität A, B, C, 9 – Qualität D

Finnland; S_{Hmax} -Richtung N-S: Oslo-Region und südöstlich anschließende Gebiete; S_{Hmax} -Richtung E-W: SW-Norwegen; S_{Hmax} -Richtung SW-NE: Südwestschweden und Zentralschweden am Bottnischen Meerbusen. Generell läßt sich feststellen, daß trotz Bereinigung der Herdflächenlösungen durch MUIR WOOD (1993) die Datenstreuung beträchtlich ist.

Eine Kombination von Plattenrandkräften, die am Mittelatlantischen Rücken angreifen, und Biegespannungen im Zusammenhang mit den glazialen isostatischen Ausgleichsbewegungen sind die am häufigsten diskutierten Ursachen für das Erscheinungsbild der fennoskandischen Spannungsprovinz. Mögliche Gründe für die Streuung der tektonischen Spannungen könnten sein: (1) der Versatz der

Achse des Mittelatlantischen Rückens durch die Jan-Mayen-Störung, was zu einer lateralen Änderung der Plattenrandkräfte führt, (2) ein lokaler *ridge push* mit radialen Komponenten durch den Island *hot spot* und (3) die physikalischen Eigenschaften der 110-170 km mächtigen Lithosphäre. Letzteres führt zur Reduktion des mittleren Spannungsniveaus, so daß dem Einfluß lokaler Effekte, wie lateraler Dichte- oder Festigkeitsunterschiede der Kruste, größere Bedeutung zukommen kann (MÜLLER u. a. 1992; MUIR WOOD 1993).

Mit den neuen Spannungsindikationen von SIM u. a. (1995) für das Gebiet östlich der TTZ kann erstmals ein Vergleich des Spannungszustandes mit dem der Westeuropäischen Tafel und Fennoskandiens durchgeführt werden.

Die $S_{H_{max}}$ -Richtung der horizontalen Kompressionsspannungen der OET scheint sich signifikant von der im westlichen und zentralen Europa (westlich der TTZ) bzw. Fennoskandien zu unterscheiden. Offensichtlich dominiert eine klare N-S-Richtung im Südosten des Untersuchungsgebiets (vgl. die $S_{H_{max}}$ -Richtungsangaben in Südostpolen, Weißrußland und im westlichen Rußland in Abb.1). Hervorzuheben ist, daß die in-situ Meßdaten SE-Polens, die eine hohe Signifikanz aufweisen, das gleiche Richtungsmuster zeigen wie die Spannungsdaten nach SIM u. a. (1995) im genannten Gebiet. Eine mögliche Interpretation für diese Kompressionsrichtung könnte eine weitreichende Übertragung der Norddrift der Arabischen und der Indischen Platte gegen die OET sein, während gleichzeitig der Einfluß der Plattenrandkräfte am Mittelatlantischen Rücken abnimmt. Die Spannungsdaten in Südkarelien zeigen die gleiche NW-SE-Richtung wie die finnischen in-situ Messungen und Herdflächenlösungen. *Ridge push* des Nordatlantik kann als dominierende Ursache für dieses Erscheinungsbild angenommen werden. Die verfügbaren Daten nach SIM u. a. (1995) für die Baltischen Staaten und Nordostpolen lassen eine dominierende E-W Richtung erkennen. Die gleiche Kompressionsrichtung konnte für das Ossmussaer Beben (Estland) bestimmt werden. Abweichungen von diesem Trend stellen drei NW-SE gerichtete Spannungsindikationen im Kaliningrader Gebiet sowie eine N-S gerichtete in-situ Spannungsmessung im nord-östlichsten Polen dar. Letztere (sowie zwei weitere in-situ Daten für die süd-liche Ostsee, unmittelbar östlich der TTZ) folgen dem N-S Trend im benachbarten Weißrußland. Diese baltische Region sollte als Übergangsgebiet zwischen der Spannungsprovinz der OET und der Fennoskandiens betrachtet werden.

4. Seismizitätsdaten

Ein Aspekt des IGCP-Projekt 346 "Neogeodynamica Baltica" war, die neotektonischen Befunde mit bekannten Epizentren von Erdbeben zu verbinden, um so auf neogeodynamische Prozesse schließen zu können, die ihren Ausdruck in Form von Erdbeben finden. Hierfür wurden die verfügbaren Erdbebendaten zusammengestellt und eine homogene Datenbasis geschaffen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß verschiedene nationale Erdbebenkataloge i. d. R. beträchtliche räumliche Überlappungen mit benachbarten Datenzusammenstellungen zeigen, wobei in vielen Fällen die Beben in Grenzregionen in den einzelnen Katalogen unterschiedliche Interpretationen aufweisen, so daß es bei unzureichender Sorgfalt bei der Zusammenführung von Katalogen zu unzulässigen Duplizierungen von Beben kommen kann.

Die folgenden Bebenkataloge bzw. Computerdatenfiles wurden zur Generierung eines einheitlichen, gemeinsamen und homogenen Datenfiles herangezogen: Österreich (LENHARDT 1994); Weißrußland und Baltikum (BOBORIKIN u. a 1993); Belgien und Luxemburg (VERBEIREN u. a. 1994); Tschechische Republik (SCHENKOVÁ 1993); Estland (NIKONOV 1991; NIKONOV & SILDVEE 1992); Deutschland (LEYDECKER 1986; GRÜNTAL 1988), Un-

garn und angrenzende Gebiete (ZSIROS u. a. 1991); Niederlande (HOUTGAST 1990); Polen (PAGACZEWSKI 1972 – ergänzt durch eigene Untersuchungen) und Fennoskandien (AHJOS & USKI 1992). Desweiteren wurde der Katalog nach VAN GILS & LEYDECKER (1971) herangezogen, welcher insbesondere die Bebeninträge für Frankreich liefert. Der Parameter zur Klassifizierung der Bebenstärke, welcher hier vorrangig verwandt wird, ist die maximale oder Epizentralintensität (in Werten auf der 12-teiligen MSK-Skala, nach MEDVEDEV, SPONHEUER und KARNIK). Zur deutlichen Mehrzahl der stärkeren Beben ist als primäre Größe allein deren Intensität bekannt.

Die Abb. 2 zeigt das so gewonnene Bild der Verteilung der Erdbebenepizentren im Untersuchungsgebiet. Lediglich für den fennoskandischen Bebenkatalog liegen zu zahlreichen Beben keine Intensitäten sondern Magnitudenangaben vor. Für diese Daten wurde zur Darstellung in Abb. 2 die folgende Zuordnung von Magnituden zu den in der Abbildung verwandten Intensitätssymbolen gewählt:

Intensität	Magnitudo
III	1.5 - 2.4
IV	2.5 - 3.4
V	3.5 - 4.4
VI	4.5 - 5.4

5. Räumliche Verteilung der Seismizität und mögliche seismotektonische Ursachen

Für die vergleichende Interpretation eines Seismizitätsmusters mit tektonischen Elementen ist es wesentlich, verschiedene Aspekte der Seismizitätsdaten zu berücksichtigen. Insbesondere ist die Ortungsgenauigkeit der Erdbeben in Betracht zu ziehen. Eine für eine detaillierte Analyse ausreichende hohe Präzision der Ortsbestimmung von Epizentren bzw. Hypozentren kann nur für Beben garantiert werden, deren Herdort mittels eines dichten seismischen Lokalnetzes bestimmt wurde. Ansonsten kann der Ortungsfehler einige Kilometer und bei historischen Beben mehrere Zehner von Kilometern betragen. Daher beschränkt sich dieser Beitrag auf die Diskussion des generellen Auftretens der Seismizität im Untersuchungsgebiet. Des weiteren ist für eine solche Interpretation zu berücksichtigen, welche zeitliche Vollständigkeit die Daten repräsentieren, differenziert sowohl nach der Stärke der Beben als auch nach regionalen Besonderheiten. Während der südwestliche Teil des Untersuchungsgebietes über relativ lange historische Beobachtungszeiträume verfügt, verringern sich diese Zeitspannen in nördlicher und östlicher Richtung. So besitzen die Daten für Sachsen und Thüringen eine hinreichende Vollständigkeit für die makroseismische Intensität VII zurück bis etwa 1400, für I=VI ergibt sich 1550, V: 1740 und IV: 1860. Eine entsprechende Analyse führte zumindest für den südlichen Teil von Skandinavien zu folgenden vorläufigen Schlußfolgerungen: I=VII hinreichend vollständig zurück bis etwa 1550, VI und V: bis ca. 1775. Die Daten für Estland und Lettland reichen zwar bis in das 17. Jahrhundert zurück, doch dürfte eine gewisse Vollständigkeit erst ab dem vorigen Jahrhundert gegeben sein. Die Bebenkataloge für Weißrußland nach

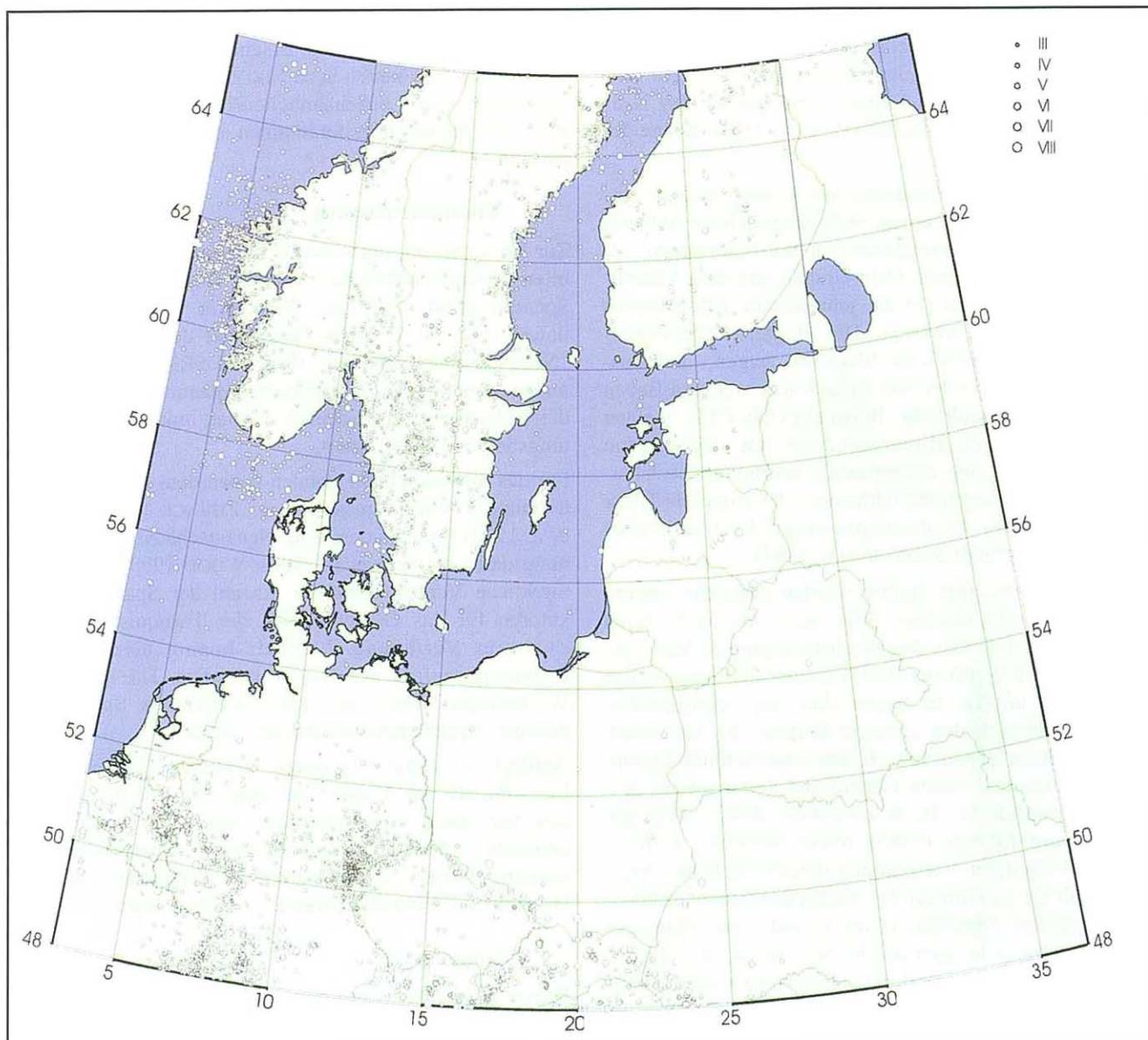


Abb. 2

Erdbebenepizentren im Untersuchungsgebiet "Neogeodynamica Baltica". Durch unterschiedliche Kreisgrößen sind die maximalen makroseismischen Intensitäten oder Epizentralintensitäten der beobachteten Beben sowie für den fenno-skandischen Raum entsprechende Magnituden dargestellt.

BOBORIKIN u. a. (1993) weisen die frühesten verzeichneten Beben im vorigen Jahrhundert auf.

Die Bebenkonzentrationen im Südwesten des Untersuchungsgebiets (vgl. Abb. 2) repräsentieren gut untersuchte Seismizitätszonen, wie die des Oberrhein-Grabens, des Mittelrhein, der westlichen Fortsetzung dieser Seismizitätszone bis zur Straße von Dover sowie der Bebenzone der Niederrheinischen Bucht (AHORNER 1975), des Hohenzollergrabens (SCHNEIDER 1980, 1992) und schließlich der saxothuringischen seismischen Provinz mit dem bedeutenden Schwarmbebengebiet des Vogtlands, deren Seismotektonik GRÜNTAL (1990, 1992) sowie GRÜNTAL u. a. (1990) beschreiben.

Eine weitere Konzentration der Bebenaktivität ist mit dem Verlauf der Karpaten, hier mit deren nördlichen Teilen,

verbunden sowie mit der Umrandung des Böhmisches Massivs – insbesondere mit dessen nordöstlichen Rand im Grenzgebiet von Polen und Tschechien. Die seismotektonischen Provinzen des östlichen Teils der westeuropäischen Tafel wurden von GRÜNTAL u. a. (1985) mit tektonischen Elementen in Beziehung gesetzt.

Herdflächenlösungen der Beben des Niederrheingebietes weisen im wesentlichen auf rezente Abschiebungen als verursachenden Herdprozeß. Für die Gebiete des Oberrhein, des Hohenzollergrabens und des Vogtlands dominieren Seitenverschiebungen. Die beiden letztgenannten Gebiete zeigen eine vornehmlich an N-S gerichteten Störungen gebundene Aktivität, d. h. Störungen, die an der Oberfläche von nur untergeordneter Bedeutung sind. Die tektonischen Brüche erster Ordnung, welche in den ge-

nannten Gebieten hauptsächlich NW-SE streichen, sind offenbar aseismisch. Sie stellen aber im Kreuzungsbereich mit den genannten N-S-Elementen Schwächezonen dar, die zur Generierung von Beben, vorrangig an den N-S-Elementen, beitragen (GRÜNTAL u. a. 1990; Schneider 1992).

Die Seismizität Fennoskandiens, soweit diese Teil der Untersuchungen ist, konzentriert sich hauptsächlich auf drei Gebiete: (1) den Küstenbereich von West-Norwegen, (2) die Region zwischen dem Oslo-Graben und dem Vänern- und Vättern-See sowie (3) die schwedische Küstenregion des Bottnischen Meerbusens. Die übrigen Teile Fennoskandiens, einschließlich des Skagerak, zeigen – mit Ausnahme der Ostsee, in der von einigen sehr wenigen Beben abgesehen, eine natürliche Bebenaktivität fehlt – einen gewissen Grad von Hintergrundaktivität. Diese kann schwerlich durch eine ungenügende instrumentelle Überwachung oder naturgemäß fehlender oder eingeschränkter makroseismischer Beobachtungsmöglichkeiten erklärt werden (WAHLSTRÖM & GRÜNTAL 1994).

Die fennoskandischen Beben werden offenbar sowohl durch plattentektonischen *ridge push* als auch durch isostatische postglaziale Ausgleichsbewegungen hervorgerufen. Nach MUIR WOOD (1993) sollten die isostatischen Bewegungen infolge der letzten Ära von Vereisung/Eisrückgang praktisch den einzigen Beitrag zur Seismizität Fennoskandiens leisten. Jedoch sind seine Schlußfolgerungen umstritten und waren Gegenstand verschiedener kritischer Einwände (z. B. WAHLSTRÖM 1993). Dagegen schlußfolgern EKMAN (1985) sowie SKORDAS & KULHÁNEK (1992) unter Verwendung unterschiedlicher Argumente, daß die Seismizität des nördlichen Fennoskandiens zwar ursächlich dominierend mit isostatischen Hebungen in Verbindung zu bringen ist, die Seismizität im südlichen Fennoskandien dagegen durch plattentektonische Kräfte generiert wird, die vorrangig vom Mittelatlantischen Rücken ausgehen. ANDERSON (1980) gab eine mögliche Erklärung für die erhöhte seismische Aktivität entlang der schwedischen Küste des Bottnischen Meerbusens. Er schlug vor, daß sich differentielle Bewegungsraten entlang der Küstenlinie im Ergebnis langzeitlicher isostatischer Prozesse aufbauen, welche die entsprechenden bebengenerierenden Mechanismen verursachen sollen.

Die Seismizität von Estland und Lettland kann wahrscheinlich hinsichtlich ihres Ursprungs mit der Finnlands verglichen werden. Litauen, Weißrußland, die westlichsten Teile von Rußland sowie die Teile Polens und der Ukraine östlich der TTZ sind nahezu frei von Erdbebenaktivität. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß der Beobachtungszeitraum in dieser östlichen Region nicht so weit in die Historie reicht wie im Südwesten des Untersuchungsgebiets. Hervorzuheben ist, daß sich die TTZ als tektonisches Element erster Ordnung nicht durch Beben-tätigkeit manifestiert. Ob die Seismizität in Skåne, Sjælland und dem nördlichen Kattegat mit der nördlichen Fortsetzung der TTZ, der Sorgenfrei-Tornquist-Zone, in Verbindung zu bringen ist, ist nicht geklärt. Nach A. A. NIKONOV (pers. Mitt. 1995) kann eine aseismische Ursa-

che einiger Beben Weißrußlands nicht ausgeschlossen werden. Die beobachteten Erschütterungswirkungen an der Oberfläche könnten nach NIKONOV, zumindest in einigen Fällen, durch bebenähnliche Phänomene infolge Einsturz von Auslaugungshohlräumen an Salzstöcken hervorgerufen sein.

Zusammenfassung

Zur Einschätzung neotektonischer Prozesse in relativ stabilen Kontinentalblöcken können Daten zum krustalen Spannungsfeld sowie zur Seismizität wichtige Beiträge liefern. Für das Untersuchungsgebiet des IGCP-Projekts "Neogeodynamica Baltica" wurden die Richtung der maximalen horizontalen Kompressionsspannung S_{Hmax} sowie die Epizentren der Erdbeben kartiert und die Beobachtungsbefunde interpretiert.

Für das Spannungsfeld standen neben dem bekannten Datensatz des World Stress Projects (ZOBACK 1992, MÜLLER u. a. 1992) insbesondere eine Neueinschätzung der Spannungsdaten für Schweden (MUIR WOOD 1993) sowie eine merkliche Vergrößerung der Anzahl der Spannungsindikatoren für das Gebiet östlich der Tornquist-Teisseyre Zone zur Verfügung. Erstmals konnte hierdurch das Spannungsregime der Osteuropäischen Tafel mit dem Westeuropas sowie der fennoskandischen Spannungsprovinz vergleichend interpretiert werden.

Anhand der zumeist jüngsten nationalen Erdbebenkataloge, die für das Untersuchungsgebiet vorliegen, konnte eine homogene Seismizitätsbasis geschaffen werden. Das beobachtete Muster des Auftretens von Beben, welche tektonische Prozesse in der Erdkruste widerspiegeln, wird im Hinblick auf seismotektonische Ursachen diskutiert.

Summary

Recent crustal stress and seismicity data can provide valuable information about neotectonic processes within relatively stable continental blocks. For the study area of the IGCP-project "Neogeodynamica Baltica" maps of both the direction of maximal horizontal compressive stress S_{Hmax} and the epicenters of earthquakes were performed and interpreted.

For the stress compilation the well known data base of the World Stress project (ZOBACK 1992, MÜLLER u. a. 1992), a reinterpretation of the Fennoscandian stress field (MUIR WOOD 1993) and a remarkable increase of stress data east of the Tornquist-Teisseyre zone could be used. At first time this data set allows a comparable interpretation of the stress regime of the East European platform together with the stress field of western Europe and Fennoscandia.

A homogeneous data set of seismicity is provided based on earthquake data compiled on last versions of national earthquake catalogues for the study area. The observed seismicity pattern is discussed with respect to current tectonic processes in the Earth's crust.

Literatur

- AHORNER, L. (1975): Present-day stress field and seismotectonic block movements along major fault zones in Central Europe. - *Tectonophysics* **29**, 233-249, Amsterdam
- AHJOS, T. & M. USKI (1992): Earthquake epicenters in northern Europe. - *Tectonophysics* **207**, 285-295, Amsterdam
- ANDERSON, A. J. (1980): Land uplift in the Gulf of Bothnia and causes of geotectonics of the region. In: *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*, (ed. by N.A. Mörner), 339-340. Wiley, Chichester
- BANKWITZ, P., GROSS, U. & E. BANKWITZ (1993): Krusten-deformation im Bereich der Finne-Kyffhäuser-Gera-Jáchymov-Zone. - *Z. geol. Wiss.* **21**, 1/2, 3-20, Berlin
- BOBORIKIN, A. M., GAREZKY, R. G., EMELYANOW, A. P., SILDVEE, H. H. & P. I. SUVEYSDIS (1993): Zemlyetryaseniya Byelarusi i Pribaltiki. Sovremennoye sostoyaniye seismitsheskich nablyudenii i ih obobshchenii. - *Akademiya Nauk Belarusi*, Minsk
- BRAUNMILLER, J. & T. DAHMS (1993): Source mechanism of the ML_s6.0 April 1992 Roermond/Netherlands earthquake from waveform inversion of German Regional Seismic Network (GRSN) data. - Paper presented at the Roermond Earthquake Workshop, Veldhoven, Jan. 1993, 20-22
- EKMANN, M. (1985): Gaussian and mean curvatures of Earth tides and postglacial land uplift, and their effects on earthquakes. - Thesis, 87 pp, Uppsala Univ.
- GREGERSEN, S. (1992): Crustal stress regime in Fennoscandia from focal mechanisms. - *J. Geophys. Res.* **97**, B8, 11821-11827, Washington D.C.
- GRÜNTAL, G. (1988): Erdbebenkatalog des Territoriums der Deutschen Demokratischen Republik und angrenzender Gebiete von 823 bis 1984. - Veröff. Zentralinst. für Physik der Erde, Nr. 99 177pp, Potsdam
- (1990): Macroseismic investigations and conclusions with regard to seismic hazard assessment of the focal region. In: *Monitoring and analysis of the earthquake swarm 1985/1986 in the region Vogtland/Western Bohemia*, - Veröff. Zentralinst. f. Physik der Erde Nr. 110, 51-83, Potsdam
- (1992): The Central German Earthquake of March 6, 1872. - *Abh. Geol. B.-A. Vol. I, Band 48*, Eds.: R. GUTDEUTSCH u. a., Wien
- (1994): The GSHAP-Regional Centre in Potsdam: Progress Report. XXIV General Assembly, European Seismological Commission, 19-24 Sept. 1994 Athens.
- GRÜNTAL, G., BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., BEDNAREK, J., GUTERCH, B., SCHENK, V., SCHENKOVÁ, Z. & A. ZEMAN, (1985): Seismicity and Geological Features of the Eastern Part of the West European Plattform. - *Gerlands Beiträge Geophysik*, **94**, 4-6, S. 276-289, Leipzig
- GRÜNTAL, G., SCHENK, V., ZEMAN, A. & Z. SCHENKOVÁ (1990): Seismotectonic model for the earthquake swarm of 1985-1986 in the Vogtland/West Bohemia focal area. -*Tectonophysics* **174**, 369-383, Amsterdam
- GRÜNTAL, G. & D. STROMEYER (1992): The recent crustal stress field in Central Europe: Trajectories and finite element modeling. - *J. Geophys. Res.* **97**, B8, 11805-11820 Washington D.C.
- GRÜNTAL, G. & D. STROMEYER (1994): The recent crustal stress field in Central Europe sensu lato and its quantitative modelling. - *Geologie en Mijnbouw* **73**, 173-180
- HOUTGAST, G. (1990): Aardbevingen in Nederland. - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, KNMI 179, 166 pp, De Bilt
- JAROSINSKI, M. (1994): Pomiar kierunków współczesnych napreżeń skorupy ziemskiej w Polsce na podstawie analizy breakouts. - *Przeład Geologiczny* **42**, no. 12, 996-1003
- LENHARDT, W. (1994): Austrian earthquake catalogue (1201-1993). - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, unveröff. Computerfile, Wien
- LEYDECKER, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000-1981. - *Geologisches Jahrbuch, Reihe E*: **36**, 83pp, Hannover
- LUDWIG, A. O. & G. SCHWAB (1995): 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. - *Brandenburgische geowiss. Beitr.* **2**, 2, 47-57, Kleinmachnow
- MÜLLER, B., ZOBACK, M. L., FUCHS, K., MASTIN, L., GREGERSEN, S., PAVONI, N. STEPHANSSON, O. & C. LJUNGGREN (1992): Regional pattern of tectonic stress in Europe. - *J. Geophys. Res.* **97**, B8, 11783-11803, Washington D.C.
- MUIR WOOD, R. (1993): A review of the seismotectonics of Sweden, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Tech. Rep., **93-13**, 225 pp, Stockholm
- NIKONOV, A. A. (1991): Felt effects for earthquakes of the 20th century in the Eastern Baltic Shield. - *Inst. of Seismology, Univ. of Helsinki. Report* 27pp, Helsinki
- NIKONOV, A. A. & H. SILDVEE (1991): Historical earthquakes in Estonia and their seismotectonic position. - *Geophysica* **27**, (1/2), 79-93
- PAGACZEWSKI, J. (1972): Catalogue of earthquakes in Poland in 1000 - 1970 years. Katalog trzesien ziemi w Polsce z lat 1000 - 1970. - *Publ. Inst. Geoph. Polish Acad. Sci.* **51**, 3-36, Warszawa
- PESKA, P. (1991): Stress directions derived from borehole breakouts in the Bohemian massif, Czechoslovakia. - *Manuscript, Geophysical Institut Czech. Acad. Sci., Praha*
- SCHENKOVÁ, Z. (1993): Earthquake Catalogue for the Czechoslovakia. - *Geophys. Inst. Czechosl. Acad. Sci., unveröff., Praha*
- SCHNEIDER, G. (1968): Erdbeben und Tektonik in Südwestdeutschland. - *Tectonophysics* **5**, 459-511, Amsterdam
- (1992): Erdbebengefährdung. - *Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt*
- SIM, L., BRYANTSEVA, G., KARABANOV, A. K., LEVKOV, E. & R. AIZBERG (1995): The neotectonic stress of Belarus and the baltic countries. - *Technika Poszukiwan Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia*, No. 3/95, 53-57, Warszawa
- SKORDAS, E. & O. KULHÁNEK (1992): Spatial and temporal variations of Fennoscandian seismicity. - *Geophys. J. Int.*, **111**, 577-588
- VERBEIREN, R., CAMELBECK, TH. & P. ALEXANDRE (1994): Seismicity data file for Belgium. - unpubl. Computerfile, Brüssel
- VAN GILS, J. M. & G. LEYDECKER (1991): Catalogue of European earthquakes with intensities higher than 4. Commission of the

- European Communities, nuclear sciences and technology. - EUR 13406EN
- WAHLSTRÖM R. (1993): Fennoscandian seismicity and its relation to the isostatic rebound. - *Global Planet. Change*, **8**, 107-112
- WAHLSTRÖM R. & G. GRÜNTAL (1994): Seismicity and seismotectonic implications in the southern Baltic Sea area. - *Terra Nova* **6**, 149-157, Oxford
- ZOBACK, M. L. (1992): First- and second-order pattern of stress in the lithosphere: The world stress map project. - *J. Geophys. Res.* **97**, B8, 11703-11728, Washington D.C.
- ZOBACK, M. L. & K. BURKE (1993): Lithospheric stress pattern: A global view. - *EOS*, **74**, no. 52, Washington D.C.
- ZSÍROS, T., MÓNUS, P. & L. TÓTH (1988): Hungarian earthquake catalogue (456 - 1986). - *Publ. Seismol. Obs. GGRI, H.A.S.*, 182 pp, Budapest

Anschrift der Autoren:

Dr. Gottfried Grünthal, Dr. Dietrich Stromeier
GeoForschungsZentrum Potsdam
Telegrafenberg C3
D-14473 Potsdam

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	2 (1995), 2	S. 77 – 94	7 Abb., 2 Tab., 29 Lit.
----------------------------------	--------------	-------------	------------	-------------------------

In situ-Spannungsmessungen in Thüringen und Sachsen

PETER BANKWITZ, ELFRIEDE BANKWITZ, HANS JOACHIM FRANZKE, HENRY RAUCHE & MANFRED DANNAPFEL

1. Vorbemerkungen und Zielstellung

Im Rahmen eines DFG-Projektes wurden in den Jahren 1990 bis 1992 im Gebiet von Sachsen und Thüringen Untersuchungen des rezenten Spannungsfeldes durchgeführt (SCHÄFER et al. 1992). Ihr Ziel war, bisher punktförmig vorliegende Werte des rezenten Spannungsfeldes durch systematische in situ-Spannungsmessungen nach einer von Prof. SCHÄFER, Universität Bayreuth, entwickelten und durch DANNAPFEL (1987) weiterentwickelten Methode zu verdichten bzw. zu aktualisieren und an Ergebnisse aus dem südlich angrenzenden nordbayrischen Gebiet anzuschließen. Damit sollte eine Grundlage geschaffen werden für eine Interpretation des großräumigen Spannungsverhaltens der obersten Erdkruste in einem Gebiet vom Erzgebirge über das Vogtländische und Thüringische Schiefergebirge bis in die Rhön (Abb. 1). Angestrebt wurde eine Aussage über ein mögliches homogenes oder inhomogenes Verhalten dieses neotektonisch stark beeinflussten Teils des Saxothuringikums und seines Tafeldeckgebirges.

Richtung und Größe rezenter Spannungen werden direkt mit Hilfe von Herdflächenlösungen, breakout-Beobachtungen, Hydrofrac-Tests und in situ-Messungen bestimmt. Weitere Methoden sind bei DANNAPFEL (1987) und ENGELDER (1993) genannt. Zusätzlich gibt es ein umfangreiches Inventar an indirekten, geologischen Methoden, wie Indikationen auf jungen Störungen (Rutschstreifen, SC-Gefüge, Beziehung Falten – Störungen, aktive Spalten, neotektonisch entstandene Klüfte etc.). Nach unserer Erfahrung wird bei der Bewertung kleiner dimensionierter Gebiete (unter 100 km Radius) der regionale Trend fast immer durch Störungzonen modifiziert. Eine zu starke Generalisierung bringt mit sich, daß übersehen wird, wo konkrete lokale Probleme der Spannungsverteilung beachtet werden müssen. Wir behandeln daher Spannungsdaten der II. und III. Art, d. h. solche mit regionaler bis lokaler Aussage (HAUK 1983) und gehen auf die plattentektonische Relevanz von Resten der I. Art nicht ein.

Die Kenntnis von Richtung und relativer Größe der in situ-Spannung hat praktisches und wissenschaftliches Interesse (Fließverhalten von Fluida, Stabilitätsbewertung von Tiefbau-Objekten etc.). Als Ursache für das Spannungsfeld kommen tektonische, thermische, lokal-topographische sowie Effekte von oberflächennahen Bodenbewegungen in

Frage. Die Auffassungsunterschiede darüber, ob die Spannung eine "kontinuierliche Funktion der Tiefe" von der Oberfläche an ist, sind erheblich: Entkoppelung durch Bankungsklüfte oder nicht; wenn ja, dürften nur thermische Effekte gemessen werden.

2. Arbeitsablauf

Grundlage für die Durchführung des Projekts waren die meß- und gerätetechnischen Möglichkeiten und theoretischen Konzeptionen seitens Prof. SCHÄFERS und Dr. DANNAPFELS sowie regional- und lokalgeologische Kenntnisse, Geländekenntnisse und -beobachtungen durch die Autoren, einschließlich langjähriger Erfahrungen auf dem Gebiet der neotektonischen Analyse aus geologischen und geodätischen Daten.

Die Auswahl der Meßstellen erfolgte sowohl nach meßtechnischen (M. DANNAPFEL) als auch nach geologischen Gesichtspunkten. Für eine mögliche Nutzung von Aufschlüssen waren vor allem der Verwitterungsgrad, bei Steinbrüchen die Dauer der Auflässigkeit und das Kleinrelief des Anstehenden entscheidend. Darüber hinaus wurde eine einigermaßen gleichmäßige Verteilung in der Fläche und im Bereich der zu berücksichtigenden geologischen Feldergrenzen angestrebt.

Parallel zu den Messungen erfolgten geologische Geländebegehungen und aufgabenbezogene, tektonisch ausgerichtete Beobachtungen in den ausgewählten Steinbrüchen. Begehungen nach Abschluß der Messungen dienten der Bewertung des gemessenen Spannungswertes und der Position der Meßpunkte in bezug auf Druck-ausübende Steinbruchwände und mögliche technogene Einflüsse. Dabei waren besonders die Position der von DANNAPFEL präparierten und benutzten Meßstellen und ihre Beziehung zur Morphologie des Steinbruchs sowie solche tektonischen Elemente zu berücksichtigen (Schichtwechsel, Lagerung, Störungen, Kluftsysteme etc.), die eventuell Einfluß auf das Verhalten des Gesteins hatten.

Zur Problematik der Meßbedingungen in Abhängigkeit von der geologischen Situation und zur morphologischen Exponiertheit der Meßstellen haben sich SCHÄFER & DANNAPFEL (1992) geäußert. Es war nicht einfach, aufgrund der Richtungsverschiedenheit der Spannungsachsen, zu einer Einschätzung und Interpretation der Meßdaten zu gelangen.

Eine Interpretation des rezenten Spannungsfeldes hängt von der Güte der in-situ-Spannungsmessungen ab, welche durch zahlreiche Faktoren im Umfeld des Meßpunktes beeinflusst werden kann. Kenntnisse über geologische und tektonische Verhältnisse des in die Messungen einbezogenen Gebietes sind also zum einen Voraussetzung für die Einschätzung der Relevanz der Meßwerte, zum anderen jedoch unverzichtbar für ihre begründete Interpretation.

Eine Reihe der zu Beginn vorgesehenen Meßstellen ist aus meßtechnischen Gründen verworfen worden. Insgesamt verblieben 23 Aufschlüsse im Meßprogramm (Tab. 1, Abb. 2).

3. Geologische Bewertung der Meßpunkte

3.1. Erzgebirge

Granitsteinbruch Aue (TK 5442 Schwarzenberg, Meßstelle 13)

Der Granit von Aue gehört zu einer Reihe diapiroartiger Granitkörper, die im Bereich der Gera-Jáchymov-Tiefenstörung entlang der NE-Flanke des Eibenstocker Granitmassivs intrudierten. Die Position dieser Granitkörper ist damit in besonderer Weise störungstektonisch geprägt.

Ihre Platznahme erfolgte störungsinduziert; sie sitzen dem Außenrand der komplex gebauten, ca. 20 km breiten Störungszone auf. Die Bruchtektonik der Granite und der zeitliche Bildungsablauf der Klüftung unterscheiden sich vom Bruchprozeß der großen postkinematischen Granitmassive.

Das sehr feste, massive Gestein wird im Schotterbruch der "Hartsteinwerke Vogtland GmbH" abgebaut. Deutlich ist eine talwärts fallende flache Bankung, in etwa parallel zur Regelung der Kalifeldspat-Tafeln (bis 6 cm). Vom orthogonalen Kluftsystem erweist sich die NW-Schar älter als die NE-Schar. Mit 20° dazu spitzwinklig verlaufende, steile prototektonische Klüfte sind die Intrusionsbahnen von Apliten und Vererzungen. NE- und WNW-Klüfte wurden als Abschiebung und Horizontalverschiebung reaktiviert, offenbar als Riedelscherflächen in verschiedenen Aktivitätsphasen der Gera-Jáchymov-Zone. Im ganzen erscheint der Steinbruch jedoch kaum gestört. Die Bayreuther Meßwerte bestätigen ältere Untertagemessungen (KNOLL et al. 1979). Sie entsprechen der in der Literatur als dominierend angesehenen NW-Kompression und werden als real angesehen.

Tab. 1 Übersicht der Meßergebnisse und Meßstellen, nach geologisch-tektonischen Einheiten geordnet. Die Numerierung der Meßstellen entspricht der in Abb. 2. Aus: SCHÄFER & DANNAPFEL (1992).

Nr.	Lokation	Lithologie, Stratigraphie	s H _{max} (°)	s H _{max} (MPa)	s H _{min} (MPa)
Erzgebirge					
14	Zschorlau	Granit, variszisch	136	13.0	1.0
13	Aue	Granit, variszisch	163	7.0	3.0
Vogtland					
21	Limbach	Diabas, Oberdevon	58	8.9	-1.6
10	Neuensalz	Diabas, Oberdevon	80	2.0	-9.0
2	Bösenbrunn	Diabas, Oberdevon	29	2.8	-4.0
3	Theuma	Fruchtschiefer, Ordovizium	120	5.0	-10.0
4	Bergen	Granit, variszisch	57	14.9	3.0
5	Lauterbach	Diabas, Oberdevon	45	11.3	3.5
1	Bad Brambach	Granit, G1, variszisch	53	1.6	0.6
Thüringer Schiefergebirge					
7	Mellenbach	Tonschiefer/Phyllit, Kambrium	130	11.0	-10.0
9	Weitisberga	Granit, Permokarbon	124	8.0	-8.0
8	Hüttengrund	Grauwacke, Unterkarbon	58	10.0	-7.0
22	Burgk	Diabas, Oberdevon	61	8.1	3.3
6	Gositzfelsen	Kalkstein, Oberdevon	48	3.5	-5.9
11	Kamsdorf	Dolomitische Mergel, Zechstein	106	5.0	0.0
Thüringer Wald:					
16	Brotterode	Schmalwassersteingneis	41	3.0	-7.0
15	Nesselgrund	Dolerit, Rotliegendes	18	4.0	-2.0
12	Thomasmühle	Andesit-Tuff, Rotliegendes	175	8.2	2.4
Vorland Thüringer Wald					
18	Oberrohn	Dolomit, Zechstein	89	13.7	-3.9
17	Kaltsundheim	Kalkstein, Unterer Muschelkalk	2	4.6	-1.2
23	Themar	Kalkstein, Unterer Muschelkalk	94	10.0	0.6
Rhön					
19	Diedorf	Basalt, Miozän	123	5.6	-3.0
20	Rupsroth	Basalt, Miozän	145	6.6	-5.5

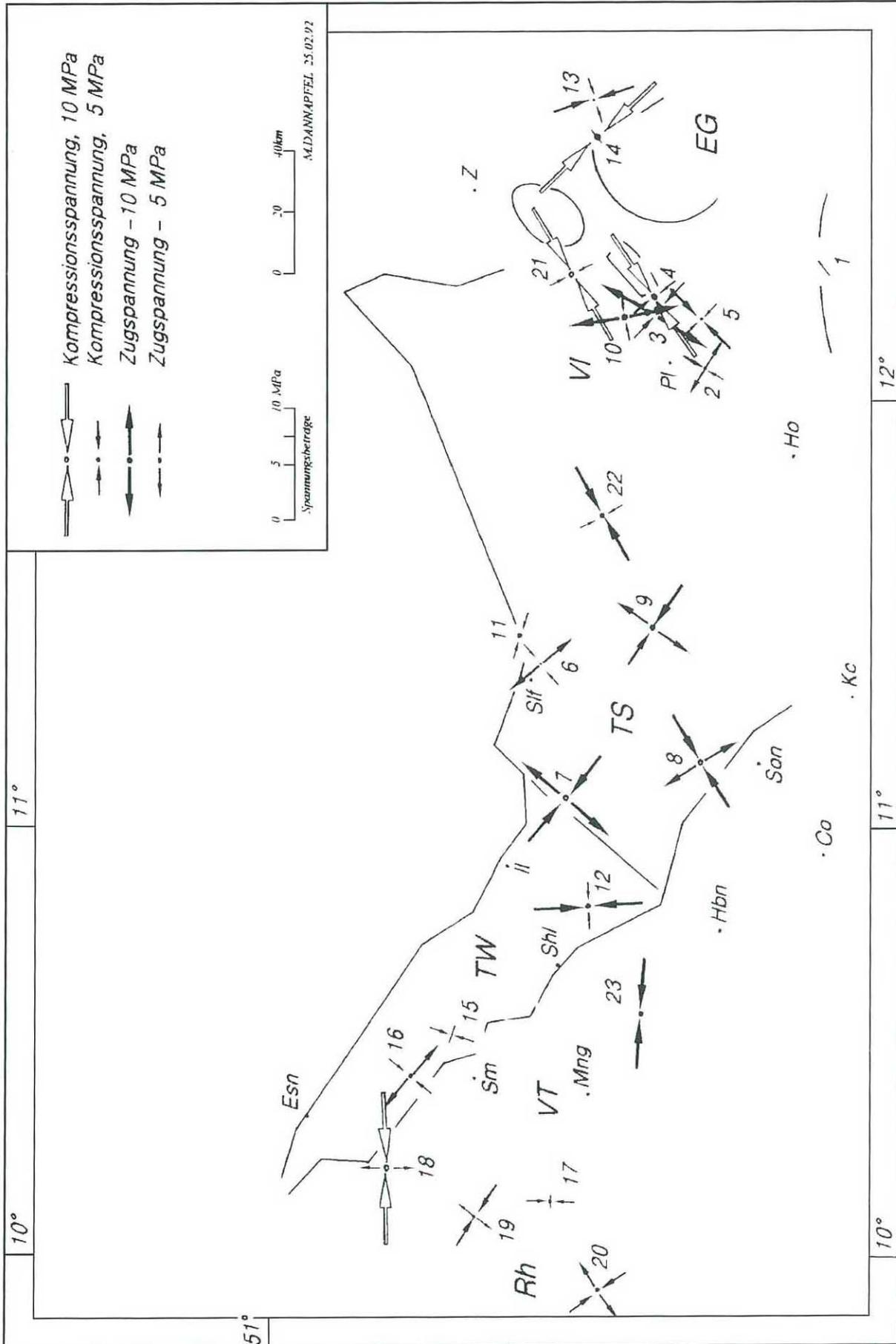


Abb. 2 Ergebnisse der in-situ-Spannungsermittlungen in Thüringen und Sachsen. Die Nummerierung der Messstellen stimmt mit der in Tab. 1 dargestellten überein.
 EG - Erzgebirge; VI - Vogtland; TS - Thüringer Schiefergebirge; TW - Thüringer Wald; Rh - Rhön; Esn - Eisenach; Sm - Schmalkalden; Mng - Meinungen;
 Sif - Suhl; Hbn - Hildburghausen; II - Ilmenau; Co - Coburg; Son - Sonneberg; Sif - Saalfeld; Kc - Kronach; J - Jena; Ho - Hof; Pl - Plauen; Z - Zwickau.

Granit-Steinbruch Zschorlau (TK 5441 Schneeberg; Meßstelle 14)

Auch bei diesem Granit handelt es sich um eine diapirartige, postkinematische Intrusion in die Gera-Jáchymov-Störungszone. Er ist durch die Aktivität dieser Störungszone beeinflusst worden. Da die Zone Gera-Jáchymov, wie durch geodätische Messungen (THURM et al. 1977) und in-situ-Spannungsmessungen (BANKWITZ et al. 1993) belegt ist, auch rezent noch aktiv ist, hat das Spannungsfeld der Zone vermutlich Auswirkungen auf die hier diskutierten in-situ-Spannungsmessungen gehabt. Auffällig sind die relativ weitständigen granittektonischen Flächen, weshalb der Granit teilweise als Baustein benutzt wird (Steinbruch Süß).

Den jüngsten Klüftungsprozess belegen große, vermutlich während der Hebung des Erzgebirges entstandene, steile NE-SW-streichende Klüfte. Sie sind z. B. in Form einer ca. 30 m langen Wand (50-60/90) vertreten, deren fraktographische Kennzeichen (BANKWITZ et al. 1994) den genetischen Zusammenhang mit einer regionalen Hebung belegen. Sie sind nachweislich jünger als 1. das Lager (z. B. 50/20 SE) und 2. steile NNW-SSE-streichende Klüfte (z. B. 160/85 SW). Störungen und störungsartige Engklüftungszonen verlaufen NE (NNE) und WNW. Sie repräsentieren vermutlich ein Komplimentär-Inventar innerhalb der Gera-Jáchymov-Zone, was durch horizontale Rutschstreifen noch unterstrichen wird, und scheinen jüngere, jedoch prä-uplift-Elemente zu vertreten, wie aus ihrer Verzerrung zu ersehen ist. Die von DANNAPFEL gemessene NW-SE-Kompression entspricht der transregional als dominierend angesehenen NW-Richtung.

3.2. Vogtländisches Schiefergebirge

Diabas-Steinbruch Limbach (TK 5439 Treuen; Meßstelle 21)

In diesem Tagebau mit einer Sohle von 100 m unter der Gelände-Oberfläche sind devonische Basalte mit säulenartiger Klüftung (bis 1 m mächtige Einzelsäulen) aufgeschlossen. Kurze Zeit nach der Spannungsmessung war der Steinbruch nicht mehr begehbar; es gab zu diesem Zeitpunkt keine Möglichkeit für kleintektonische Beobachtungen.

Diabas-Steinbruch Neuensalz (TK 5439 Treuen; Meßstelle 10)

Im Steinbruch der "Planschwitzer Naturstein GmbH" wird eine wenige Meter mächtige, gesäulte Diabasdecke abgebaut, die von einer Tonschicht (Tuffe, Sedimente) unterlagert wird. Die ermittelten geringen Kompressionsspannungen und ihre abweichende E-W-Richtung haben vermutlich ihre Ursache in einer Entkoppelung des Meßniveaus, was die hohen Zugspannungen erklären könnte. Auch der relativ kompakten Säulenwand waren schiefrige Tuff-Zwischenlagen eingelagert, welche die Stabilität des Gesteinsverbandes insgesamt beeinträchtigen können. Mehrere Generationen von Rutschstreifen übereinander auf E-W-streichenden mineralisierten Klüften belegen,

daß diese Richtung wiederholt aktiv war: Auf- und Abschiebungsvorgänge, die auch durch Versätze an N-S-Störungen erkennbar sind; 180-200/50-60°W. Die Meßwerte werden wegen der Inhomogenität des Gesteinskörpers und seiner starken Störungs-Zerteilung als unsicher eingeschätzt.

Diabas-Steinbruch Bösenbrunn (TK 5538 Plauen-Süd; Meßstelle 2)

Im Steinbruch am Glockenpöhl ("Hartsteinwerke Vogtland GmbH"), 6 km S Oelsnitz, werden basische Magmatite (Spilite, Pyroklastite, Diabasbrekzien und Tuffe) des Oberdevon für eine Schotterproduktion abgebaut. Die Wechsellagerung liegt flach (215/15 NW), ist jedoch lagenweise gefaltet und generell geschiefert. Zahlreiche Störungen mit überwiegend horizontalen Faserharnischen und häufigen Indikationen für Abschiebungen streichen E-W (110/75 SW) und N-S (10/75 E) und bilden im Steinbruch Wände. NW-Störungen (z.B. 315/60 NE) sind von regionalgeologischer Bedeutung, was auf die Lage des Steinbruchs auf der NE-Flanke des NW-streichenden Querelements des Vogtländischen Synklinoriums zurückzuführen ist. Die gemessene, NE-gerichtete Hauptspannung ($\sigma_{H_{max}}$) wiederholt sich in anderen Meßstellen des Vogtländischen und Thüringischen Schiefergebirges, wo sie größere Werte erreicht.

Granit-Steinbruch Bergen (TK 5539 Oelsnitz; Meßstelle 4)

Der Steinbruch der "Hartsteinwerke Vogtland GmbH, Betriebsteil Bergen" (am Streuberg, ca. 1 km SW Bergen) steht in einem vergrusten Granit, woraus sich die lokal gebräuchliche Bezeichnung "Sandwerk" herleitet. Der stellenweise stark autometasomatische Granit bildet morphologisch eine Depression, umrandet von einem Verwitterungs-resistenten Hornfelskontakt, auf den eine bis zu 60 m hohe Relieffkante zurückgeht. Im Granit sind eine normalkörnige und eine porphyrkörnige Varietät zu unterscheiden. Er wird von Lamprophyrgängen (bis 8 m mächtig, 160/80 SW), Apliten (290/65 NE) sowie bis 2 m breiten Mineralisationszonen und zahlreichen Störungen durchsetzt. Das orthogonale Klüftsystem streicht NW (300°) bzw. NNE (200°); es wird durch eine flache (15°) Bankung ergänzt. Ein 2 m mächtiger Basit folgt der NW-Hauptklüfttrichtung. Zwei Störungsscharen sind jünger und von den steilstehenden Klüftscharen richtungsverschieden. In diesem Granit sind die höchsten Spannungswerte gemessen worden mit $\sigma_{H_{max}}$ 14.9 MPa. Die NE-gerichtete kompressive Spannung kann im Zusammenhang mit der NNW-verlaufenden Marienbader Störungszone, die bis heute aktiv ist und das Schwarmbebengebiet (BORMANN 1994) begrenzt, und der N-S-Zone von KÄMPF (in DEKORP Research Group et al. 1994) und BEHR (1994) gesehen werden. Ein Einfluß des NE-SW-verlaufenden Zentralsächsischen Lineaments ist gleichfalls in Betracht zu ziehen. Die Verlängerung dieses Lineaments in den Vogtländischen Bereich und damit in das Untersuchungsgebiet hinein ist bisher nicht gut genug bekannt.

Schiefersteinbruch Theuma (TK 5539 Oelsnitz; Meßstelle 3)

Im Steinbruch der "Vereinigte Natursteinwerke Theuma", ca. 2 km SSE von Theuma, werden ordovizische Griffelschiefer-Äquivalente abgebaut, welche durch den Bergener Granit kontaktmetamorph zu Fruchtschiefern (Cordierit-Porphyroblasten) umgewandelt worden sind. Der Bruch ist bei steilen Wänden über 70 m tief. NNE-streichende Muldenstrukturen kennzeichnen den Aufschluß, allerdings variiert das Streichen der Faltenachsen stark. Die Schieferungsflächen streichen konstant NNE und fallen mit ca. 45-25° nach NW ein. Von den Hauptstörungen verläuft die ältere Schar NNE und die jüngere ESE, beide mit Indikationen auch extensionaler Bewegungen. Die gemessene kompressive Hauptspannung ($\sigma_{H_{max}} = 5$ MPa) ist relativ klein, die doppelt so große Zugspannung ($\sigma_{H_{min}} = -10$ MPa) verläuft senkrecht zu den großen Störungen. Die Meßstelle war fest im Fels eingebunden.

Diabas-Steinbruch Lauterbach (TK 5538 Plauen-Süd; Meßstelle 5)

Im Steinbruch Nußpöhl bei Lauterbach (2 km SW Oelsnitz/Vogtl.) werden oberdevonische Diabase abgebaut und zu Straßenschotter verarbeitet. Die geologische Situation ist ähnlich der im Steinbruch Bösenbrunn (Meßstelle 2). Im ganzen gesehen existieren vergleichbare Spannungsverhältnisse, wenn auch die Druckspannung größer ist und die Zugspannung fehlt.

Granit-Steinbruch Bad Brambach (TK 5739 Bad Elster; Meßstelle 1)

Unmittelbar südlich vom Bahnhof Bad Brambach ist in einem kleinen auflässigen Steinbruch der nordöstliche Rand des Fichtelgebirgsgranits aufgeschlossen. Den Kontakt im Norden bilden Gneise. Der Granit ist teilweise stark vergrust und wurde als Bausand verwendet. Die steilen Kluftscharen verlaufen NW-SE/ und NNW(150-170°)/SW-fallend sowie ENE-WSW. M. DANNAPFEL stellt diesen Meßwert in Frage.

3.3. Thüringisches Schiefergebirge

Diabas-Steinbruch Burgk (TK 5436 Schleiz; Meßstelle 22)

Im Steinbruch südlich Burgk (bei Saalburg) werden oberdevonische Diabase des Ostthüringischen Schiefergebirges abgebaut und zu Schotter verarbeitet. Die kompressive Hauptspannungsrichtung verläuft NE-SW und entspricht den Richtungen, die in den Vogtländischen Diabasen gemessen wurden. Diese Druckspannung erscheint wiederum Schieferungs-beeinflußt.

Steinbruch im Henneberg-Granit (TK 5435 Liebengrün; Meßstelle 9)

Der Henneberg-Granit (ca. 1 km Durchmesser) ist einer der postkinematisch längs der Frankenwälder Querzone intrudierten kleinen Granitkörper (Thüringer Granitlinie). Das weist auf eine tiefe Verwurzelung der Querzone hin,

die das Thüringer Schiefergebirge strukturell quer zum Streichen gliedert. Im ausgedehnten Steinbruch Fischer auf dem Henneberg (bei Weitisberga) treten verbreitet geringmächtige lamprophyrische Gänge und hydrothermale Mineraltrümer mit WNW- bis NW-SE-Streichrichtungen auf. Es handelt sich bei den Flächen um permisch-mesozoische Abschiebungen, deren Flächeninventar jedoch durch Mineralisationen und magmatische Gänge verheilt wurde. Die Einbindung der Meßstelle in den Fels war gegeben. Die NW-SE-Druckrichtung ist eventuell störungsinduziert (Frankenwälder Querzone; Abb. 3).

Grauwacken-Steinbruch Hüttengrund (TK 5633 Sonneberg; Meßstelle 8)

Die Meßstelle liegt im Westthüringischen Schiefergebirge, im Gebiet der Teuschnitzer Kulmmulde, ca. 2 km NE der Fränkischen Linie. Im großen Steinbruch NW Blechhammer ist gebankte, z.T. sekundär verkieselte unterkarbonische Grauwacke (variszischer Flysch) aufgeschlossen, relativ flach gefaltet sowie geschiefert. Die Grauwacke ist doppelt gefaltet; die ältere Großfaltenachse streicht NE und gehört zur Schieferung (S1 70-85/±90), die jüngere verläuft senkrecht dazu (NW). Die oft mehrere Meter mächtigen Grauwackenbänke bilden einen festen Gesteinsverband. Eine Einbindung der Meßpunkte (nur wenige Meter über der Talsohle) in den Fels ist gegeben.

Die hohe Druckspannung von 10 MPa in NE-SW-Richtung wird offensichtlich, wie fast alle anderen kompressiven Spannungen im Thüringischen und Vogtländischen Schiefergebirge, von der intensiven NE- bis ENE-streichenden Schieferung beeinflußt.

Gositzfelsen (TK 5334 Saalfeld; Meßstelle 6)

Der im Saaletal W Fischersdorf erhaltene Altsteinbruch in gefaltetem Knotenkalk und Kalkknotenschiefer des Oberdevon liegt auf der SE-Flanke des Schwarzburger Antiklinoriums im Bereich der Flexur des steil nach SE abtauchenden Silur und Devon unter das Unterkarbon der Ziegenrücker Mulde. Diese regionale Flexur war auf der flachen SE-Flanke ein Bereich stärkerer Einengung. Die Schichten stehen steil und repräsentieren den Schenkel einer überkippten Großfalte, die gleichzeitig als steile Wand den Hang entlang der Straße bildet. Die Schieferung (NE-SW) hat Fließ- bis Bruchschieferungs-Charakter und fällt nach NW. Die auf Schichtköpfen gemessene Kompressionsrichtung korreliert, wie nahezu überall im Schiefergebirge, mit der Richtung der Hauptschieferung (eine Ausnahme zeigen die Meßstellen 7, Diabas Mellenbach, und 9, Henneberg-Granit). Bemerkenswert ist, daß die Zugspannung doppelt so groß ist wie die Druckspannung.

Diabas-Steinbruch Mellenbach (TK 5432 Großbreitenbach; Meßstelle 7)

Der auflässige Steinbruch befindet sich am Hang oberhalb des Schwarzatals bei Mellenbach (480 m NN). Es wurde der Schlotbereich eines Diabases abgebaut, der in relativ flach liegende, stratifizierte ordovizische Schiefer intrudiert ist, teilweise als mächtiger Lagergang in die umge-

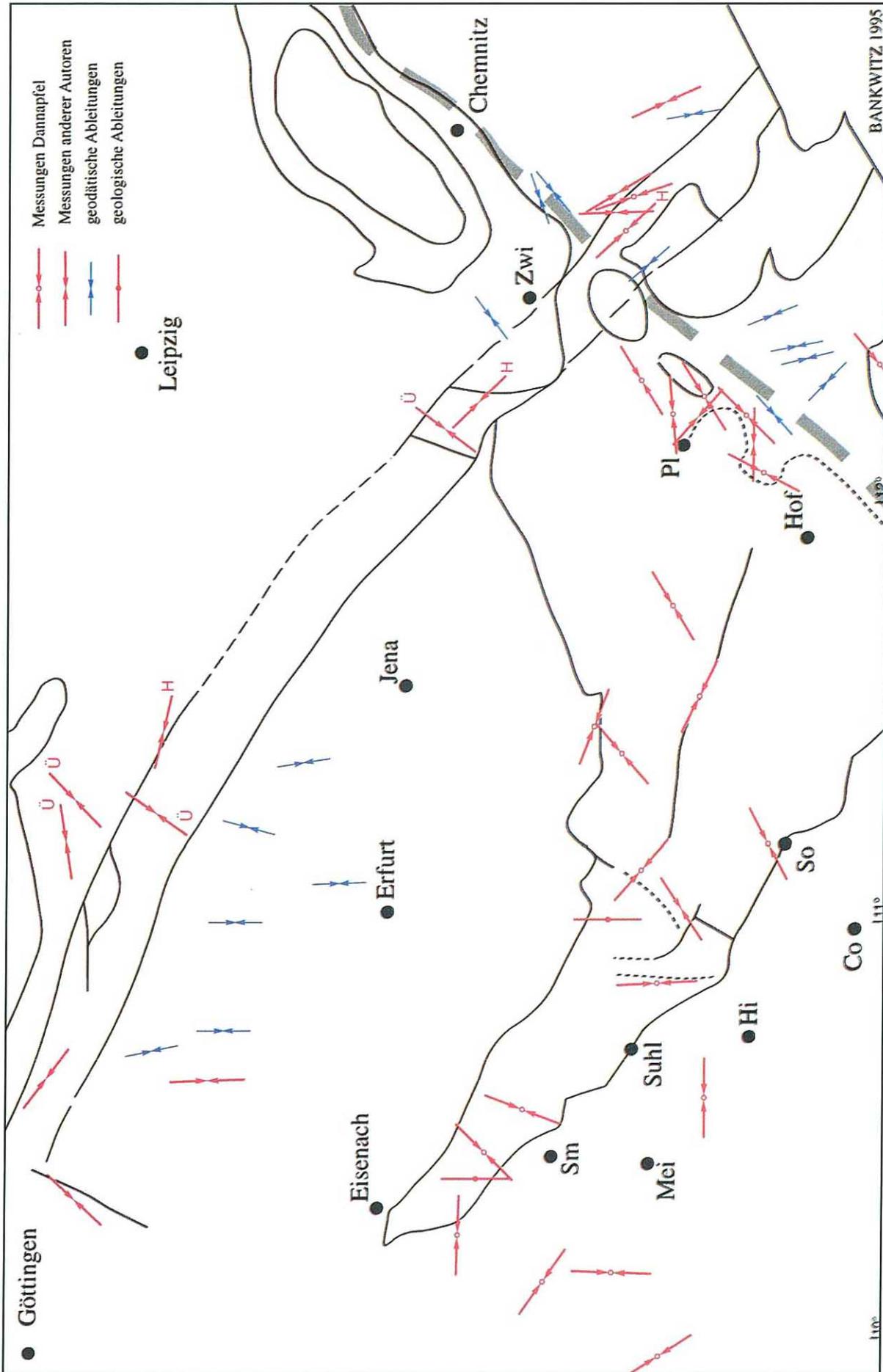


Abb. 3 In-situ gemessene und geodätisch abgeleitete Richtungen der rezenten horizontalen maximalen Hauptspannung (σ_1).
 Mechanismen: Ü - Überschiebung, H - strike slip. Daten nach: SCHÄFER & DANNAPFEL (1992); GROSS in BANKWITZ et al. (1993), THURM et al. (1977), FRANKKE & RAUCHE (1992).

benden Sedimente der SE-Flanke des Schwarzburger Antiklinoriums. Die intensive Schieferung bildet die Haupttrennfläche. Zahlreiche steile, boudinierte dm-Quarzgänge belegen eine Extensionsphase. Die lokale Einbindung in den Fels ist gut. Die Möglichkeit von Spannungsumlagerung und -abbau infolge der exponierten Lage des Steinbruchs wird von M. DANNAPFEL nicht ausgeschlossen. Auffallend ist die große NW-SE Druckkomponente (11 MPa) senkrecht zur Schieferung und eine ebenso große Zugspannung (-10 MPa) in Streichrichtung der Hauptschieferung.

3.4. Vorland/Thüringer Senke

Zechsteinkalk Kamsdorf (TK 5334 Saalfeld; Meßstelle 11)

Der Tagebau in Zechsteinkalk bei Kamsdorf liegt auf der Nordabdachung des Thüringer Schiefergebirges. Die flachliegenden, gebankten Karbonatgesteine sind in m-Abständen regelmäßig orthogonal geklüftet (Richtungen: WNW-ESE und SSW-NNE). Die Meßstelle kann als fest mit dem Gebirge verbunden angesehen werden. Eine diesbezügliche Unsicherheit bilden bergmännische Auffahrungen des Altbergbaus, die zum großen Teil rißunkundig sind.

Im Umfeld der Meßstelle konnten aber zur Zeit der Bearbeitung keine Hinweise darauf erkannt werden. Die ca. WNW-gerichtete Druckrichtung scheint bevorzugt in der Nachbarschaft gleichverlaufender regionaler Störungszonen aufzutreten.

3.5. Thüringer Wald

Vulkanit-Steinbruch am Hp. Thomasmühle (TK 5430 Schleusingen; Meßstelle 12)

In dem auflässigen Steinbruch südlich Schmiedefeld am Rennsteig, im Dillesgrund östlich vom Nahetal, stehen polymikte Tuffe und Pyroklastite im Wechsel mit Trachyandesiten der Unteren Gehrener Folge an (Molasse; Unterrotliegendes). Sie bilden in dem ca. 40 m hohen Steinbruch eine flachliegende Abfolge. Die Vulkanit-Tuff-Serie wird von zahlreichen kleineren Störungen durchzogen, die als Abschiebungen fungierten. Ehemals geweitete Bereiche sind vor allem durch Calcitmineralisation verheilt. Die hohe Druckspannung (175°/8.2 MPa) könnte auch in diesem Fall den in diesem Raum sich häufenden N-S-Störungen folgen.

Dolerit-Steinbruch Nesselgrund (TK 5229 Tam bach-Dietharz; Meßstelle 15)

Im Steinbruch NE von Schnellbach ist eine 300 bis 400 m mächtige Doleritintrusion aufgeschlossen. Sie streicht SSW-NNE und fällt flach mit dem Schichtverband der Oberhöfer und Rotteröder Schichten des oberen Unterrotliegenden nach SE ein. Er durchsetzt die Scholle des Thüringer Waldes auf 12 km Länge. Die Einbindung in den Untergrund ist gegeben. Die kompressive Hauptspannungsrichtung scheint dem Streichen des Ganges zu folgen.

Steinbruch Schmalwasserstein-Gneis (TK 5128 Ruhla; Meßstelle 16)

Der kleine auflässige Steinbruch SW von Brotterode steht in blastomylonitischen Biotitgranodiorit-Gneisen des Ruhlaer Kristallins (Mitteldeutsche Kristallinzone). Die Foliation liegt im Steinbruch flach und ist wellig gebogen. Das Gestein ist wenig geklüftet, sehr fest und frisch. Die Einbindung der Meßpunkte ist gewährleistet.

3.6. Vorland/Rhön

Plattendolomit-Steinbruch Oberrhon (TK 5127 Bad Salzungen; Meßstelle 18)

Der große Steinbruch liegt bei Bad Salzungen (Südthüringen) im Vorland auf der abgeschobenen Scholle zwischen Heustreuer Störung und Fränkischer Linie. Im Steinbruch steht in ca. 20 m Mächtigkeit und in söhlicher Lagerung Plattendolomit des Zechstein 3 der Werra-Senke an.

Auflager ist Zechstein 4, d.h. Aller-Serie mit roten Zechsteinletten. Die Gesteine sind durch steile, etwa senkrecht zueinander verlaufende Kluftscharen (WNW-ESE und NNE-SSW) zerteilt, an denen sich z. T. Karsterscheinungen entwickelt haben. Die Steinbruchsohle im Meßbereich ist sehr homogen. Die Dolomitlagen werden durch cm-starke dunkle Pelitlagen getrennt, die als Ablöseflächen auf der Steinbruchsohle über weite Erstreckung zu verfolgen sind. Die E-W-Richtung der maximalen horizontalen Hauptspannung (89°) fällt aus dem regionalen Trend dieses Gebietes (NW-SE bis N-S) heraus, ebenso ihre Intensität (13.7 MPa). Sie wird als Spannungsumlagerung durch Subrosionsvorgänge im unterlagernden Salinar der Bad Salzunger Subrosionssenke gedeutet und sollte bei regionalen Betrachtungen nicht berücksichtigt werden.

Muschelkalk-Steinbruch Kaltensundheim (TK 5327 Tann; Meßstelle 17)

Die Meßstelle NE Kaltensundheim liegt auf der Süddeutschen Großscholle, im Vorland der Fränkischen Linie, der thüringischen Vorderrhön. Dieser Altsteinbruch in Wellenkalk des Unteren Muschelkalk wird nur noch sporadisch für Schottergewinnung betrieben. Er bildet einen mehr oder weniger flachen Anschnitt an einer Straßengabel (2.5 m Böschungshöhe), mit einer 5 m hohen Wand und drei Bruchsohlen, nebeneinander in etwas verschiedenem Niveau. Gemessen wurde auf der obersten Sohle. Der weitflächige Aufschluß wird zur Straße hin durch das zum nahen Tal abfallende Gelände um ca. 10 m unterteuft. Eine Gleitbewegung in Richtung des Gefälles westwärts ist nicht auszuschließen.

Die Schichtung liegt flach (22/10 SE). Bankbegrenzte, faltenartige Sediment-Strukturen belegen durch N-S-verlaufende Umbiegungsachsen eine primär E-W-gerichtete Gleitung. Neben kurzen, teilweise Karbonat-verheilten Klüften sind steile NNE-Störungen (205/80 NW), NE-Störungen (230-260 NW) und NW-Störungen (120-130/80 SW) zu beobachten, letzte z.T. mit 10 cm Tonbelag. Diese

ungen Störungen sind im Zusammenhang mit der Rhönhebung nach der Basaltintrusion zeitlich einzuordnen und belegen einfache Weitung.

Die Bohrungen für die Spannungsmessung wurden in einem sehr festen, endostratischen Konglomerathorizont angelegt. Die typische Wellenkalkfazies wenige Meter unterhalb der Terebratula-Zone wird im Aufschlußbereich nicht von Störungen zerteilt. Eine feste Einbindung der Bohrpunkte scheint gegeben zu sein. Die kompressive Hauptspannungsrichtung ist klein (4.6 MPa), jedoch nicht interpretierbar. Sie könnte angesichts der Aufschlußlage als unreell erscheinen. Zu verweisen ist jedoch auf die wiederholte Messung einer N-S- bzw. NNE-Richtung für maximale horizontale Hauptspannungsachsen in den Meßstellen des Thüringer Waldes (16, 15, 12).

Basaltsteinbruch Diedorf (TK 5327 Tann; Meßstelle 19)

Das kleine Basaltvorkommen (Miozän) in der Thüringischen Vorderrhön könnte ein Deckenrest oder bereits der Übergang zu einem Schlotbereich sein. Der Basalt mit Xenolithen von Olivin steckt in einer älteren Tuffbrekzie und hat teilweise sehr schmale (20 bis 30 cm dicke) rosettenförmig angeordnete Basaltsäulen entwickelt, die teilweise bis 1 m mächtig werden. Der Verband der kleinen Klippen ist intakt; es ist anzunehmen, daß eine feste Einbindung der Meßstelle in den Untergrund gegeben ist. Die größte Hauptspannung in WNW-Richtung (123°) liegt senkrecht zu der flachen Eintalung, die das Basaltvorkommen quert. Im Falle eines Spannungsabbaus durch den seichten Taleinschnitt sollten keine kompressiven Spannungen senkrecht zum Talverlauf erhalten sein.

Phonolith-Steinbruch Rupsroth (TK 5425 Kleinsassen; Meßstelle 20)

Der Steinbruch, östlich von Fulda, liegt im südwestlichen Vorland der Fränkischen Linie auf der Süddeutschen Scholle, in der hessischen Rhön. Aufgeschlossen ist ein säuliger (stellenweise steilstehende Säulenklüftung), teilweise kleinstückiger Phonolith (Miozän) in Buntsandstein. Buntsandstein-Xenolithe sind verbreitet, mehrfach als große Schollen. Das älteste bruchtektonische Element sind 115/85 S-Klüfte, die zeitlich vor der Ausbildung der Säulen entstanden sind. Der Aufschluß wird im NE durch eine ca. 165° -Störung begrenzt. Von den steilen Klüften, die auch die Wände bilden (160 - 170° und ca. 60°), ist die NNW-Richtung häufig als Störung entwickelt; NNE-Störungen ($30/80$ W) ergänzen das Bild.

Die Sohle des seit längerer Zeit auflässigen Teils des Steinbruchbetriebes befindet sich ca. 50 m unter Flur. Eine Einbindung der Meßpunkte in das Anstehende ist gegeben. Die gemessenen Spannungsrichtungen zeigen keine Beziehung zum Flächeninventar der Bruchtektonik des Steinbruchs. Verständlich erscheint die relativ kleine Kompressionsspannung und das Auftreten einer meßbaren Zugspannung angesichts der Heterogenität des Gesteinsverbandes und der teilweise engen Klüftigkeit des Basalts.

Muschelkalk-Steinbruch Themar (TK 5529 Haina; Meßstelle 23)

Der Steinbruch 1 km SW Themar, im Vorland der Fränkischen Linie, steht im flachlagernden Wellenkalk des Unteren Muschelkalks. Obwohl der Meßbereich ca. 10 m oberhalb der Talsohle der Werra liegt, scheint der Kalk eine tektonische Einspannung bewahrt zu haben. Im Falle eines Spannungsabbaus bzw. einer Spannungsumlagerung durch das angrenzende Werratal sollte die Extensionsachse E-W bis SW-NE verlaufen. Da jedoch die kompressive Hauptspannungsachse ($94^\circ/10.0$ MPa) in Richtung Werratal weist, ist anzunehmen, daß der Meßpunkt mit dem Untergrund verbunden ist.

4. Diskussion der Meßergebnisse

4.1. Verteilungen der Spannungsrichtungen nach SCHÄFER & DANNAPFEL (1992)

Für den Bereich des *Erzgebirges* konnten aus den bei SCHÄFER & DANNAPFEL (1992) erläuterten Gründen nur an zwei Punkten (Nr. 13, Aue und Nr. 14, Zschorlau) gemessen werden. Die Richtungen der kompressiven Spannungsachse liegt bei 163° bzw. 136° , die Spannungswerte betragen 7.0 bzw. 13.0 MPa. Diese Werte bestätigen ältere Messungen durch KNOLL et al. (1979) im damaligen untertägigen Bergbau der Wismut (Aue und Pöhla) und fügen sich nach Richtung (NW-SE) und Betrag in das regionale Bild der rezenten Spannungs-situation ein (GRÜNTAL et al. 1992).

Die Meßdaten des *Vogtlandes* zeigen mit Ausnahme von Meßpunkt 3 (Theuma, 120°) an den übrigen sechs Meßstellen eine SW-NE-Orientierung der maximalen kompressiven Hauptspannungsachse. Bei dieser westlich und nordwestlich des Vogtländischen Schwarmbebengebietes ermittelten rezenten Spannungsverteilung sind dextrale Verschiebungen an der seismisch aktiven Marienbader Störung (NNW-SSE) zu erwarten, die mit den publizierten Herdflächenlösungen (BORMANN 1989, GRÜNTAL et al. 1992, DAHLHEIM 1994) und dem kinematischen Regime der Störung (KÄMPF in DEKORP Research Group et al. 1994) kompatibel sind. Für die geringen Beträge der Hauptnormalspannungen ist eine starke Fluiddurchtränkung der vogtländischen Rupturenzonen als Ursache zu erwägen.

Die sechs Meßstellen im *Thüringischen Schiefergebirge* erbrachten kompressive Spannungsachsen in NW-SE- und SW-NE-Richtung. Die Beträge nehmen nach Norden bis NW ab. Die SW-NE-Ausrichtung der Hauptspannungsachse im Umfeld der Fränkischen Linie (Meßstelle 8) und der ebenfalls bedeutenden Eichenberg-Gotha-Saalfelder Störung (Meßstelle 6) wird als Hinweis auf Spannungsumlagerungen an den beiden NW-SE streichenden, mesozoisch-känozoisch aktiven Störungen angesehen.

Die drei Meßpunkte im *Thüringer Wald* setzen die Tendenz des Schiefergebirges fort. Auch hier sind Spannungsumlagerungen an der SW-Randstörung des Thüringer Waldes (Fränkische Linie) möglich. Im nordwestlichen Thüringer Wald, im Bereich des Kristallins von Ruhla-

Brotterode sind sogar Dehnungsbeanspruchungen in NW-SE-Richtung anzunehmen (σH_{\min} negativ).

In *Südhüringen* und in der *Rhön* repräsentieren die beiden Messungen in Basalten ein rezentes, NW-SE gerichtetes Stressfeld. Die drei in Sedimenten im Deckgebirge der *Süddeutschen Scholle* vorgenommenen Messungen zeigen eine E-W- und N-S-Ausrichtung des Spannungsfeldes an.

4.2. Vergleich mit anderen Messungen

Ein Vergleich mit den Messungen anderer Autoren, auch aus dem weiteren Umfeld, bestätigt die Realität der Meßdaten aus dem vorliegenden Projekt (Tab. 2 und Abb. 3).

In der kontinentalen Tiefbohrung Windischeschenbach (Vor- und Hauptbohrung, KTB) bestimmten BRUDY et al. (1993) σH_{\max} mit 161° , NATAU et al. (1993) mit 168° . σV ist nach RÖCKEL et al. (1993) und BAUMGÄRTNER et al. (1990) in der KTB in einer Tiefe von ca. 3000 m etwa 80 MPa. BAUMANN (1993) gibt als kleinste in-situ-Spannung 168 MPa an. Die Hauptspannungsrichtungen, abgeleitet aus Herdflächenlösungen im KTB-Array stimmen nach DAHLHEIM (1994) mit denen der Spannungsmessung in den KTB-Bohrungen überein (σH_{\max} $150 - 180^\circ$).

Diese NNW-Richtung korreliert mit dem NW-Trend im Vogtland und Erzgebirge (Abb. 4). Ähnlich verhält es sich mit den neueren Ergebnissen von OLDEBOERSHUIS & HARTKORN im Thüringischen Schiefergebirge und von GROß im Umfeld der Finne-Gera-Jáchymov-Störung sowie in der Thüringer Senke. Sie bestätigen das NE-gerichtete Spannungsfeld in Ostthüringen und die generelle N-S-Richtung im Thüringer Wald und in der Thüringer Senke. Übereinstimmung besteht ebenfalls mit geodätischen Ergebnissen.

Die für das Gebiet von Sachsen bereits traditionelle Vermessung rezenter horizontaler Krustenbewegungen, begründet vor über 100 Jahren, bildete die Grundlage für eine flächendeckende, wissenschaftlich gut fundierte Analyse. Aus Wiederholungstriangulationen haben THURM et al. (1977) für den Raum Erzgebirge-Vogtland eine σH_{\max} -Richtung von 140° abgeleitet, WITTENBURG (in: BANKWITZ et al. 1993) berechnete 148° für das engere Gebiet des Vogtlandes.

Nach Wiederholungsnivellements verlaufen im sächsischen und thüringischen Teil die Linien gleicher Senkungsgeschwindigkeit (bezogen auf den Pegel Warne-

Tab. 2 Spannungsrichtungen und -Intensitäten aus früheren Messungen (Abb. 3)

Autor	Jahr	Gebiet	Richtung σH_{\max}	Intensität Mpa σH_{\max}
BRUDY et al.	1993	KTB	161°	80 MPa ($<3000\text{m}$)
RÖCKEL et al.	1993	KTB	168°	
NATAU et al.	1990	KTB	168°	
DAHLHEIM	1994	Umfeld KTB Herdflächenlösungen	$150-180^\circ$	
KNOLL	1979	Aue, Erzgebirge	188°	
KNOLL	1979	Pöhla, Erzgebirge	162°	
OLDEBOERSHUIS & HARTKORN	1993	Goldisthal, Thüringisches Schiefergebirge	67°	6.31 MPa
HARTKORN	1993	Schacht Pöthen Thüringische Senke	359°	28.3 MPa
GROSS, in BANKWITZ et al.	1993:	Kaltenohmfeld Ohmgebirgsgraben Finne-Gera-Jáchymov-Zone Kehmstedt Oberheldrungen Reinsdorf Grubenfeld Drosen Grubenfeld Paitzdorf Grubenfeld Aue (in 1750 m Tiefe) Südharz: Wallhausen Grubenfeld Niederröblingen	40° 130° 35° 105° 55° 140° 150° 85° 55°	

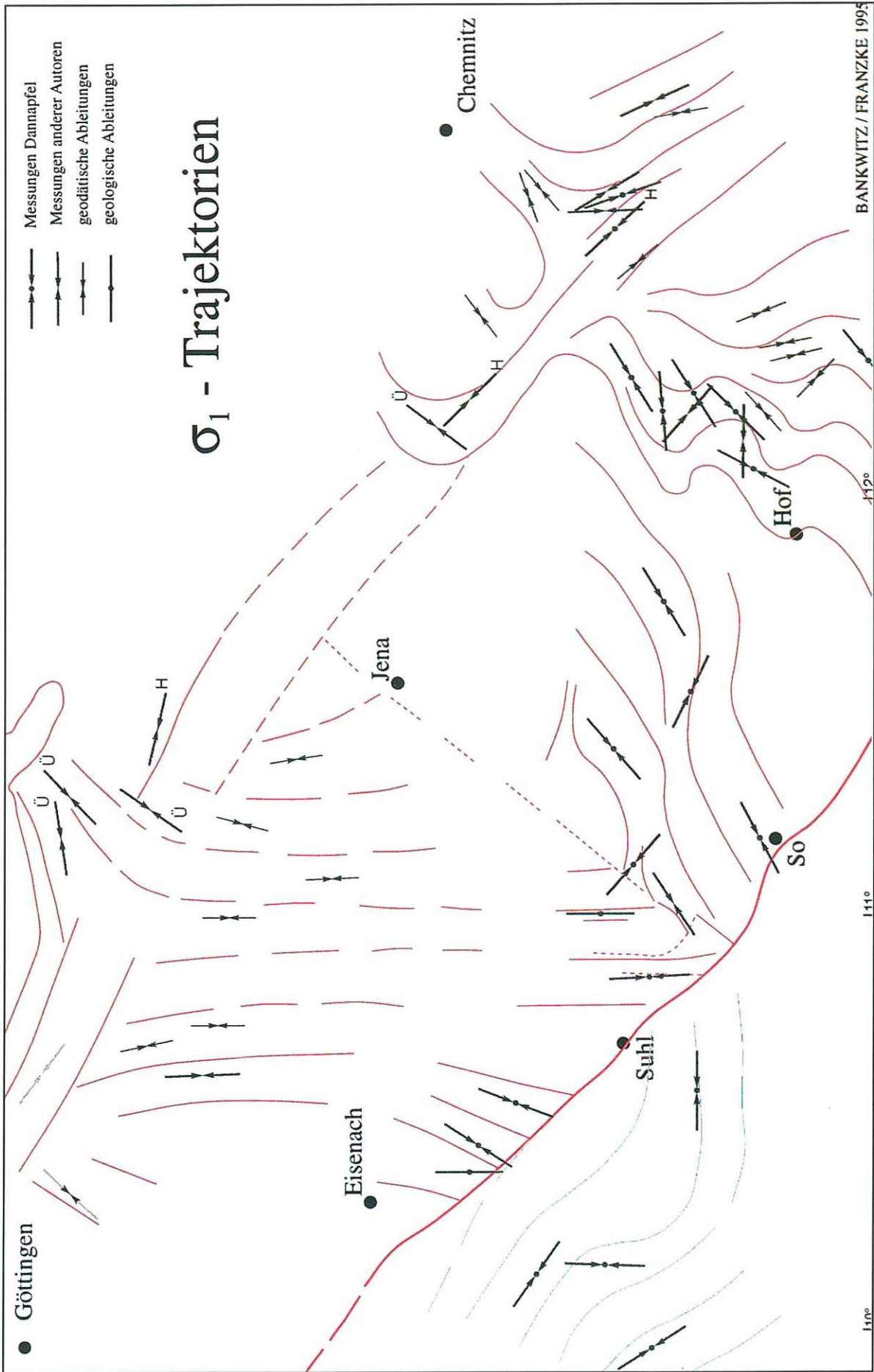


Abb. 4 Schema des Verlaufs von σ_1 - Trajektorien auf der Grundlage der Daten in Abb. 3.

münde), nachdem der Einfluß technogener Vorgänge und solcher der Subrosion eliminiert worden war, dominierend in NE- und NW-Richtung (IHDE et al. 1987, ELLENBERG 1993). Ihr Verlauf zeigt damit eine gewisse Ähnlichkeit zu dem durch in-situ-Messungen ermittelten Spannungsfeld. Nach ELLENBERG (1993) sprechen geodätische Messungen dafür, daß die Fränkische Linie auch in der Gegenwart tektonisch aktiv und der Thüringer Wald insgesamt eine bruchtektonisch aktive Scholle ist.

4.3. Ableitung von σH_{\max} -Trajektorien

Auf der Grundlage aller bisher bekannten rezenten horizontalen Hauptspannungsrichtungen des untersuchten Gebietes (Abb. 3) wurde der mögliche Verlauf der σH_{\max} -Trajektorien abgeleitet, um zu einer mehr regionalen Aussage zu gelangen. Das Schema in Abb. 4 zeigt trotz der zu beobachtenden Heterogenität der Richtungen Bereiche mit relativ einheitlichem Spannungsverhalten, woraus sich eine mögliche Felderung ableiten läßt:

- Südthüringen/Vorland, durch die Fränkische Linie im NE begrenzt $H_{\max} = \text{NW-SE bis E-W}$
- Thüringer Wald/Westteil Thüringer Senke $H_{\max} = \text{ca. N-S}$
- Thüringer Schiefergebirge und Fortsetzung nach NE $H_{\max} = \text{NE-SW}$
- Vogtland: variierend $H_{\max} \text{ dominierend} = \text{NE-SW}$
- Erzgebirge $H_{\max} = \text{NW-SE}$

Der Einfluß querender Zonen (regionale Störungszonen und Grundgebirgsstrukturen) ist gut zu erkennen. Teilweise zeichnen sich bekannte Strukturen allein durch die Änderung des gemessenen Spannungsfeldes ab oder große Störungszonen durch das Umbiegen der Spannungsachsen. Diese Übereinstimmung zwischen Änderung von Spannungsrichtungen und bekannten tektonischen Grenzen stützt die Annahme, daß die Ergebnisse reell sind. Das gilt umso mehr, als sie, obwohl mit Hilfe sehr unterschiedlicher Methoden gewonnen, eine bemerkenswerte Übereinstimmung untereinander zeigen.

Im Verlauf der Trajektorien fällt besonders das unterschiedliche Verhalten Ost- und Westthüringens auf sowie die Drehung der gemessenen Spannungsrichtungen im Gebiet des Südharz. Dort, im Vorfeld des Harzes könnten Subrosionserscheinungen des tieferen Untergrundes die Oberflächenspannungen beeinflussen. Deutlich zeichnen sich Harz und Kyffhäuser als "Störkörper" ab. Der Einfluß der Finne-Gera-Jáchymov-Zone (BANKWITZ et al. 1993), der Fränkischen Linie, aber auch der WNW-verlaufenden Frankenwälder Querzone mit Verbiegung der Trajektorien in Störungsrichtung, und nicht zuletzt des Zentralsächsischen Lineaments auf das Spannungsfeld sind nicht zu übersehen.

4.4. Vergleich mit anderen Karten des rezenten Spannungsfeldes

Über die Spannungsverteilung in Mitteleuropa liegt eine

Trajektorien-Darstellung auf der Basis sowohl von in-situ-Messungen als auch von Herdflächenlösungen durch GRÜNTAL & STROMEYER (1992) vor (Abb. 5a). Für das Untersuchungsgebiet stimmt der Verlauf der Trajektorien (NW- bis N-S Streichen) weitgehend mit unseren Ergebnissen überein. In den Abb. 5b und c sind die Ergebnisse der Finite-Elemente-Modellierung durch die genannten Autoren wiedergegeben. Die beiden Modelle unterscheiden sich durch die Annahme starrer Blöcke (Böhmisches Massiv, Adria-Sporn), die die von Westen und Süden angreifenden Kräfte modifizieren (Abb. 5c). Hierdurch ändert sich die übergeordnete NW in eine mehr um N-S orientierte horizontale Hauptspannungsrichtung (σH_{\max}). Ein Ergebnis, das dem in Abb. 4 angenommenen Trajektorienverlauf des Untersuchungsgebietes recht nahe kommt. Die sich in der Abbildung abzeichnende Unruhe in der Linienführung dürfte in der Methodik der durchgeführten Messungen begründet sein.

Nach MÜLLER (1993) verläuft die regionale Hauptspannungsrichtung in diesem Teil Mitteleuropas NNW bis NW und ordnet sich generell in das westeuropäische Spannungsfeld mit $145^\circ \pm 25^\circ$ ein. Die Autorin zeigt, wie aus geglätteten Spannungskarten von Europa (Abb. 6) die in dem von ihr ausgewählten Gebiet häufigen E-W-Werte "verschwinden", wenn das Bearbeitungsfenster über 150 km Durchmesser hinausgeht. Unser Untersuchungsgebiet (Abb. 1) hat mit einer Ausdehnung von 200 x 150 km ungefähr eine derartige Fensterdimension. Entsprechend der Erfahrungen von MÜLLER ist deshalb mit dem Auftreten von Richtungen (N-S, E-W) zu rechnen, die von denen in den mit statistischen Methoden geglätteten überregionalen Stressfeld-Karten abweichen. Nach den Daten von SCHÄFER & DANNAPFEL, BOCK und anderen ist an der Realität der von NW abweichenden Richtungen kaum zu zweifeln.

4.5. Interpretation der Spannungsorientierung in geologischen Blockstrukturen

Im Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirge treten gehäuft und dominierend SW-NE-gerichtete maximale horizontale Hauptnormalspannungen auf. Das wird durch Untersuchungen einer Reihe von Autoren (BANKWITZ, BOCK, DANNAPFEL, FRANZKE, GROSS, KNOLL, RAUCHE, THURM) und die Anwendung verschiedener Methoden (Varianten des Überbohrverfahrens, Schlitz-Methode, frac-Methode, geodätische Messungen, geologische Auswertungen) unabhängig bestätigt. Die σH_{\max} -Werte folgen den variszisch geprägten Konturen der jungproterozoisch-altpaläozoischen Schichtverbände und ihrer Hauptschieferung.

In Bereichen mit engeren Meßpunktabständen, wie zwischen Hof und Plauen, scheinen die Spannungsachsen sogar die Konturen der "Plauener Bögen" nachzuzeichnen (Punktlinie in Abb. 3), die durch das gehäufte Auftreten von devonischen Diabaseinschlüssen oder durch verborgene Kristallinspäne im Bereich des Zentralsächsischen Lineaments erklärt werden können (Abb. 7). Auffällig ist hier die gute Übereinstimmung des mäandrierenden Tra-

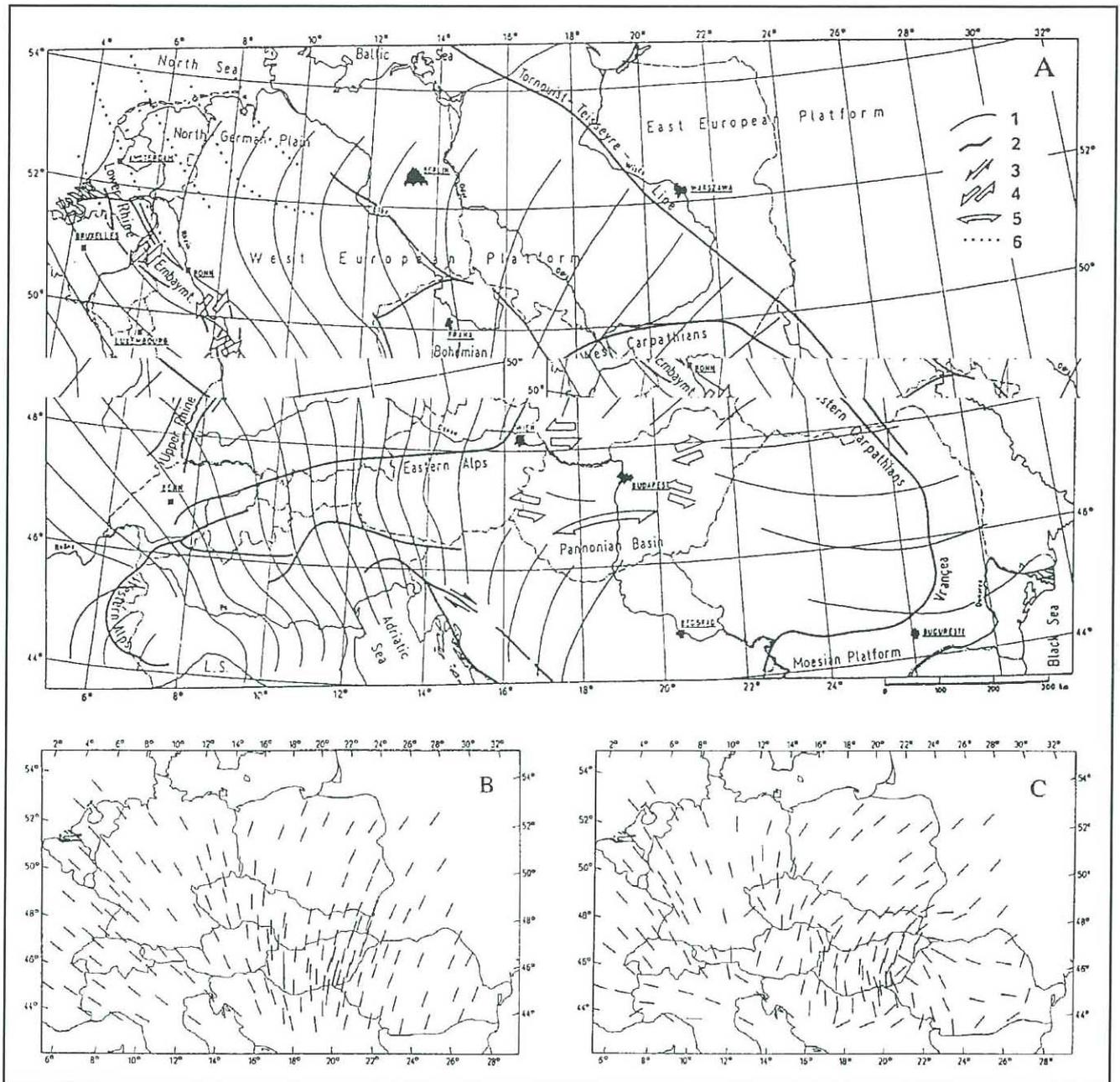


Abb. 5 Spannungsfeld in Mitteleuropa. Aus: GRÜNTAL & STROMEYER (1992).

A - Trajektorien auf der Basis von $S H_{max}$ für den seismogenen Tiefenbereich; B - berechnete Trajektorien nach der finite Elemente-Methode bei allseitigem Kräfteangriff auf die Westeuropäische Tafel; C - wie B, modifiziert durch die Annahme Geologie-relevanter starrer Blöcke.

jektorienverlaufs mit der Konturierung der Isanomalen in diesem Gebiet. Im Bereich der Granitmassive von Bergen und Kirchberg folgen die Achsen der variszischen Narbenzone des Zentralsächsischen Lineaments (SCHREIBER 1992).

Dieser Sachverhalt könnte als Spannungsumlagerung des für Mitteleuropa dominierenden NW-SE gerichteten rezenten Spannungsfeldes an Anisotropien der Oberkruste (große Bruchstörungen, starre Teilblöcke) interpretiert werden. Die Spannungstrajektorien (Abb. 4) weichen offenbar rigiden Bereichen wie oberflächennahem Kristallin, mächtigeren Diabaseinlagerungen und Intrusivkörper aus.

Damit deuten sich Dichtekontraste der oberen Kruste als mögliche Ursache der Druckspannungen und ihrer Hauptrichtungen an. Interessant wäre unter diesem Aspekt die Fortsetzung der Messungen nach SW in das Gebiet des Münchberger Gneiskomplexes. Nordwestlich des Segments mit ausstreichendem Variszikum sind im Thüringer Wald und in der Thüringer Senke die Spannungsachsen im wesentlichen N-S bis NNE-SSW ausgerichtet, von lokalen Abweichungen, z. B. im Bereich der Frankenhäuser Querzone, abgesehen.

Südthüringen gehört zur Süddeutschen Scholle und ist entlang der Fränkischen Linie seit dem jüngsten Mesozoi-

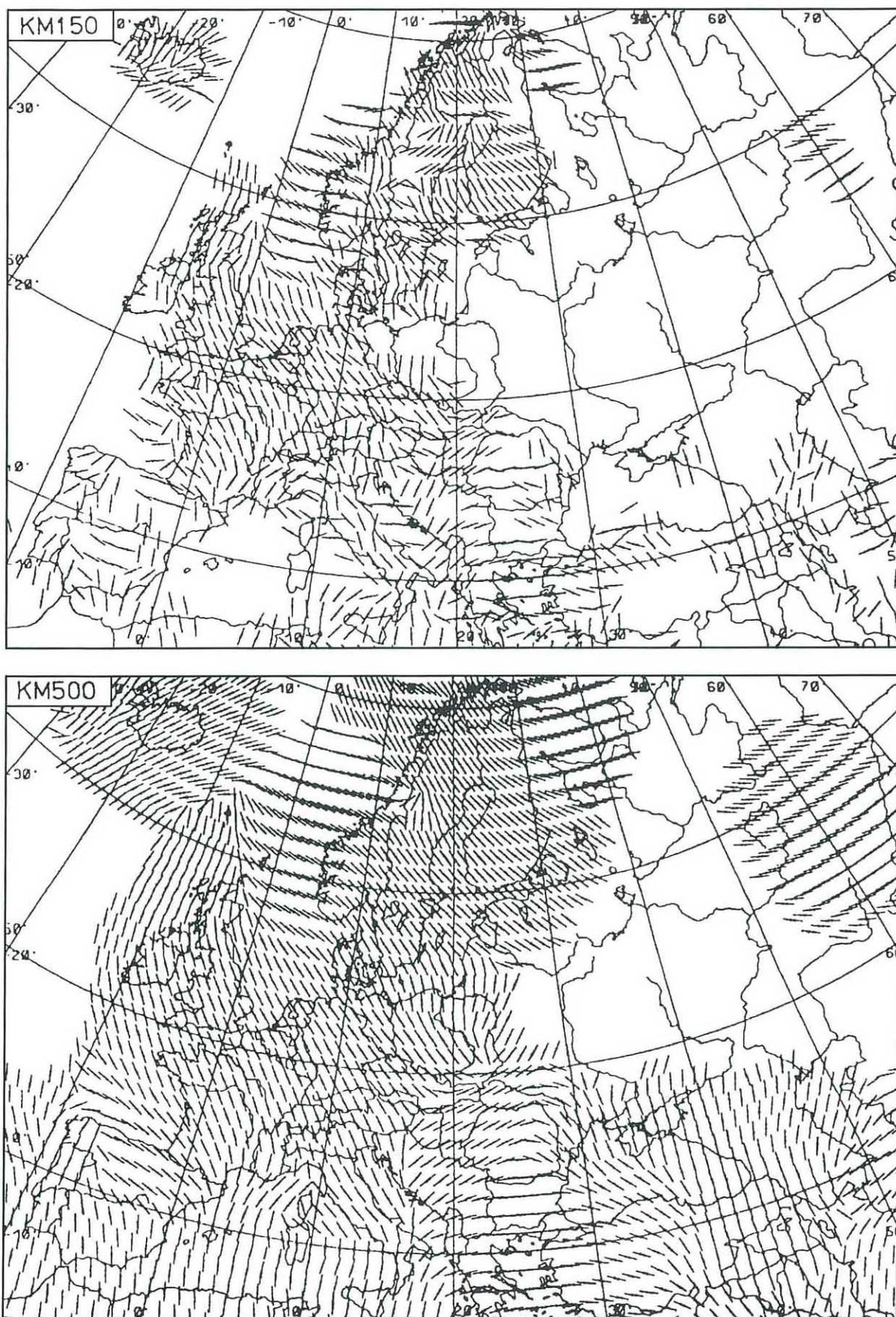


Abb. 6

Mittelwerte der maximalen horizontalen Hauptspannung nach Daten der Weltspannungskarte, gemittelt für Flächen mit einem Radius von 100 km (oben) und 500 km (unten). Aus: MÜLLER (1993).

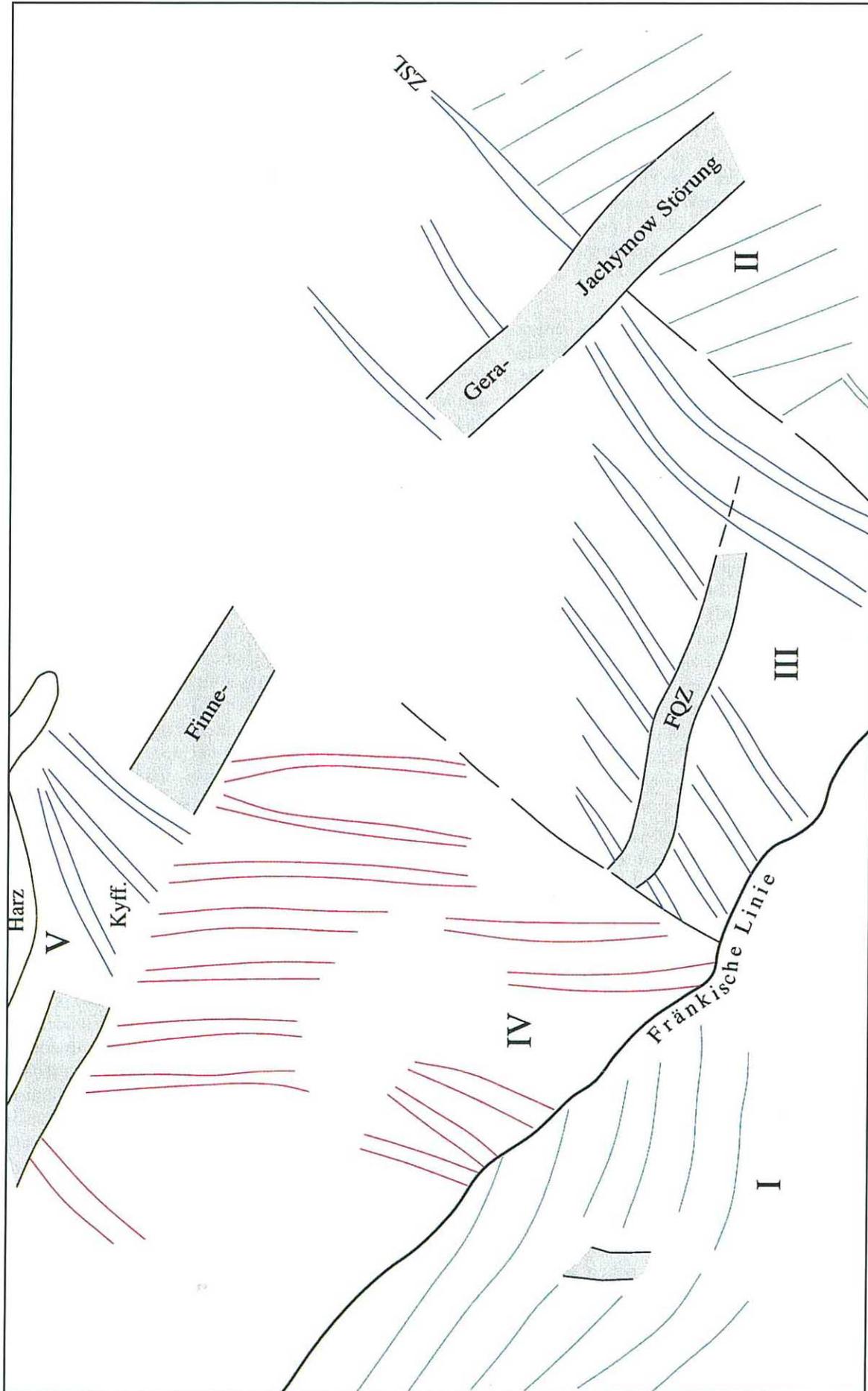


Abb. 7 Regionale Gliederung auf der Grundlage der unterschiedlichen $\sigma_{H_{max}}$ -Richtungen.

Kyff. - Kyffhäuser; FQZ - Frankenwalder Querzone; ZSL - Zentralsächsisches Lineament. Felder: I - Süddeutsche Scholle, II - Vogtland/Erzgebirge, III - Thüringisches Schiefergebirge, IV - Thüringer Wald und Thüringer Senke, V - Südharz.

kum gegenüber dem Thüringer Wald im NW um 100 bis 200 Meter dextral schrägvershoben, im SE dagegen sind Verschiebungen gegenüber dem Thüringisch-Vogtländische Schiefergebirge nicht nachweisbar. Der variszische Unterbau wird durch die ca. 20 km breite Bruchzone der Fränkischen Linie treppenartig in Richtung SW bis auf über 1000 m Teufe abgesenkt, tritt aber im Bereich der unmittelbaren Randstaffel an der Schleusingen-Themar-Scholle im sog. Kleinen Thüringer Wald nochmals an die heutige Oberfläche. Das Zechsteinsalinar, insbesondere des Werra-Zyklus (Z1) bewirkt eine geomechanische Abkopplung zwischen Prä- und Postsalinar (RAUCHE & FRANZKE 1990).

Entsprechend der Situation im Ruhlaer Kristallin verlaufen die Konturen des Fundaments SSW-NNE bis SW-NE. Das an drei Deckgebirgsaufschlüssen und zwei Basaltvorkommen registrierte rezente Spannungsfeld ist aber nicht auf diese Konturen des Untergrundes ausgerichtet (Abb. 1 und 3). Das südliche Vorland zeigt eigenständige, von den nordwärts anschließenden Blöcken unabhängige Spannungsrichtungen, die dem überregionalen NW-SE-Trend folgen, und die sich mit Annäherung an die Thüringer Wald-Scholle E-W ausrichten (Meßpunkt 18 und 23, Abb. 2). Die letzten beiden Werte sind schwierig zu interpretieren. Es besteht der Verdacht auf Beeinflussung durch Salinarsubrosion, speziell im Fall von MP 18 (Oberrohn bei Bad Salzungen). Die Meßdaten von Meßpunkt 19 (Basalt Diedorf/Vorderrhön) entsprechen dem Spannungsfeld für die Aktivierung der Basaltstrukturen der Rhön und des Grabfeldes (RAUCHE & FRANZKE 1990). Im Bereich der N-S verlaufenden Grabenstruktur von Oberkatz (Meßpunkt 19) treten Schienungseffekte auf und belegen ein weiteres Mal, daß Störungen sich im Spannungsfeld abbilden können.

Es ist nicht damit zu rechnen, daß miozäne Restspannungen vorliegen, da eine postbasaltische Extension in N-S-Richtung, zu erkennen an Störungsaktivierungen in Basaltaufschlüssen, den Abbau der miozänen Stressituation belegen (Phase 5 bei RAUCHE & FRANZKE 1990).

In der NW-SE gestreckten Leistenscholle des Thüringer Waldes ist eine Ausrichtung der Achsen um die N-S-Richtung festzustellen. Nur am Meßpunkt 15 (Nesselgrund, Doleritlagergang der oberen Autun) folgen die Stressachsen dem Verlauf des bis über 400 m mächtigen Dolerits, der wahrscheinlich das Spannungsfeld aus dem dominierenden Trend der Umgebung abgelenkt hat. In die Datenkarte (Abb. 3) sind zwei zusätzliche Werte für dieses Gebiet aus hydrothermalen Ganglagerstätten an der Fränkischen Linie und der NE-Randstörung des Thüringer Waldes übernommen worden, wo anhand von jungen Störungsgefügen, welche verkarstete Gangbereiche überprägen, N-S orientierte Spannungsachsen abgeleitet wurden. Da im Thüringer Wald-Block neben anderen Bruchrichtungen vor allem auch N-S-Bruchstörungen auftreten, deren Aktivitäten bis in das Variszikum zurückreichen (Schleusehorst, MP 12, Punktlinie in Abb. 3) und die ebenfalls die spätesozoisch-känozoischen Hebungs-/Senkungs-Prozesse beeinflussen, könnte speziell an dieser

Stelle ebenfalls ein Schienungseffekt, verursacht durch N-S-Störungen, vorliegen.

Im mesozoischen Deckgebirge der Thüringer Senke setzt sich der Trend des Thüringer Waldes fort. Mit Annäherung an den Harz bzw. die Hermundurische Scholle zwischen Finne- und Kyffhäuser-Störung divergieren die σH_{max} -Achsen in NW-SE- bis WSW-ENE-Richtung. Dieses erfolgt in einem Raum, in dem das im Inneren des Thüringer Beckens bis in 2 200 Meter Tiefe versenkte Basement nach Norden hin ansteigt und auf der Hermundurischen Scholle (Kyffhäuser) sogar ausstreicht. Analog zu Südhüringen ist im Inneren des Thüringer Beckens durch die Salinare des Zechsteins und der Trias eine Abkopplung vom Präsalinar anzunehmen. Die von WITTENBURG (pers. Mitt.) erkannten und von BANKWITZ et al. (1993) näher interpretierten rezenten Erdkrustenbewegungen lassen sich teilweise durch Salzfließbewegungen nach Süden, also in das Innere der Thüringer Senke hinein zurückführen.

Da durch Gegenbewegungen des Salinars nach Norden vom Südflügel des Thüringer Beckens kein Freigleiten des Postsalinars mit Extensionsbewegungen im Sinne der Domino-Tektonik (MANDL 1978) möglich ist, könnten Stau-effekte beteiligt sein, welche die Trajektoriendivergenz allein aber nicht erklären ließen.

Das Divergieren der Achsen vor dem Harzrand wird der Störkörperwirkung des angehobenen Variszikums im Bereich des Südhürz/Kyffhäuser zugeschrieben. Weiterhin kann im Einflußbereich großer NW-SE streichender Störungszonen, vor allem der Finne-Störung und der Eichenberg-Gotha-Saalfelder Störung und deren Fortsetzung in die Frankenwälder Querzone sowie den Störungen zwischen Fichtelgebirgsgranit und Eibenstocker Granit, ein Einfluß auf die Spannungsorientierung zugeschrieben werden. Das ist auch längs der Fränkischen Linie festzustellen.

5. Schlußbemerkungen

Trotz aller Probleme bei der oberflächennah gemessenen Spannung (z. B. schwer erkennbarer Kohäsionsverlust zwischen Meßpunkt und tieferem Untergrund) ist das rezent vorliegende Spannungsfeld letztlich doch identifizierbar. Die hier genutzte Methode will nicht Grundlage für eine globale Spannungskarte sein, ist aber durchaus dafür geeignet, bei günstigen Meßbedingungen die Spannungen der obersten Erdkruste zu erfassen und in günstigen Fällen mit den Ergebnissen solcher Art zu verbinden, die für größere Tiefen repräsentativ sind.

Als positiv zu werten ist, daß die vorliegenden Ergebnisse ältere Messungen bestätigen und auch die vorher bereits postulierte Variabilität der Krustenbewegungen und des dazugehörigen lokalen Spannungsfeldes. Eine globale Spannungskarte kann nur einen sehr groben Überblick geben und dürfte oft von der tatsächlichen regionalen bis lokalen Spannungssituation der obersten Erdkruste weit entfernt sein, was möglicherweise zu falschen Schlußfolgerungen führen könnte. Durch eine globale Darstellung

und Wertemittelung wird etwa der Einfluß von regionalen Störungen "übersehen" und das tatsächliche Bild verfälscht.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. SCHÄFER/Bayreuth für die Zusammenarbeit und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Förderung der Untersuchungen.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen erweitern und verbessern die bisherige Kenntnis über den rezenten Spannungszustand eines Teilgebietes von Mitteleuropa. Die Meßergebnisse vom Raum Sachsen-Thüringen beruhen auf oberflächennahen in-situ-Messungen, spiegeln zwar nur die Spannungsverteilung der obersten Kruste wider, ergeben aber doch ein interpretierbares Bild. Trotz der Variabilität in der Spannungsrichtung und -intensität ist eine geologierelevante Felderung mit jeweils relativ homogenen Spannungsrichtungen erkennbar. In-situ-Spannungsmessungen sind offenbar trotz der bekannten Einschränkungen geeignet, das unterschiedliche rezente Verhalten geologischer Strukturen zu ermitteln. Nachweisbar ist ein Einfluß rezentaktiver regionaler Störungszonen auf das Spannungsfeld. Gestützt wird die Aussagefähigkeit der Meßdaten durch Ergebnisse anderer Autoren, mit denen sie in der Regel übereinstimmen.

Summary

The results of stress measurements improve the knowledge on the recent stress state of central Europe. The data characterize the stress distribution obtained from near-surface in-situ-measurements in the area of Saxony and Thuringia. The results seem to be reliable. In spite of the variability of stress direction and intensity the derived subdivision into with relatively homogeneous stress directions is of geological relevance. Despite the known restrictions regarding the applied technique of stress measurement, it is suitable to study differences in the recent activity of geological structures. An influence of recent active fault zones on the transregional stress field is evident. In general the results are comparable with results of other authors and methods.

Literatur

- BANKWITZ, P., GROß, U., BANKWITZ, E. (1993): Krustendeformation im Bereich der Finne-Kyffhäuser-Gera-Jáchymov-Zone. - *Z. geol. Wiss.* **21**, 3 - 20
- BANKWITZ, P., BANKWITZ, E. (1994): Event related jointing in rocks on Bornholm island (Denmark). - *Z. geol. Wiss.* **22**, 97 - 114
- BAUMANN, H. (1993): Differential strain analysis and in situ stress from the German KTB-location. - *KTB Report 93-2*, 243 - 245
- BAUMGÄRTNER, J., RUMMEL, F., ZOBACK, M. D. (1990): Hydraulic fracturing in situ stress measurement to 3 km depth in the KTB pilot hole VB. - *KTB Report 90-6a*, 353 - 399
- BEHR, H. - J., DÜRBAUM, H. - J., BANKWITZ, P. (Eds., 1994): Crustal structure of the Saxothuringian Zone: Results of the deep seismic profile MVE-90(East). - *Z. geol. Wiss.* **22**, 647 - 769
- BERGERAT, F. (1987): Stress fields in the European platform at the time of Africa-Eurasia collision. - *Tectonics* **6**, 99 - 132
- BORMANN, P. (1994): Seismotectonics and seismic hazard of Germany in the European context. - *Bull. Ind. Soc. Earth Tech.* **31**, 2, 55 - 89
- BRUDY, M., FUCHS, K., ZOBACK, M. D. (1993): Stress orientation profile to 6 km depth in the KTB main borehole. - *KTB Report 93-2*, 195 - 197
- CONRAD, W. (1994): Schwerekarte der Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. 1 : 500 000. - Freiberg
- DAHLHEIM, H.-A. (1994): Überwachung der Seismizität und Untersuchung der Lithosphärenstruktur im KTB-Umfeld durch ein lokales seismisches Array und Mobilstationen. - Zwischenbericht, Windischeschenbach/München
- DANNAPFEL, M. (1987): In-situ-Spannungsmessungen am Westrand der Böhmisches Masse. - *Dissert. Univ. Bayreuth*, 149 S.
- ELLENBERG, J. (1993): Rezente vertikale Erdkrustenbewegungen in Thüringen. - *Beitr. Landesforsch. Landesentwicklung, Jena*, 7 - 22
- ENGELDER, T. (1993): *Stress Regimes in the Lithosphere*. - Princeton: Princeton University Press, 457 S.
- GRÜNTAL, G., STROMEYER, D. (1992): The recent crustal stress field in central Europe. Trajectories and finite element modelling. - *J. geophys. Res.* **97**, 11805 - 11820
- HARTKORN, P. (1993): Schacht Pöthen. - *Interfels-Bericht 9396-S*, 23 S.
- HAUK, V. (1983): Eigenspannungen - In: *Eigenspannungen Deutsche Ges. Metallkunde*, I, 9 - 48
- IHDE, J., STEINBERG, J., ELLENBERG, J., BANKWITZ, E. (1987): On recent vertical crustal movements gained from repeated levelling within the territory of the GDR. - *Gerl. Beitr. Geophys.* **96**, 206 - 217
- KNOLL, P., THOMA, K., BANKWITZ, P., THURM, H., SCHNEIDER, M. M. (1979): Spannungsverteilung im Südosten der DDR abgeleitet aus direkten Untertagemessungen und rezenten Krustenbewegungen. - *Neue Bergbautechnik* **8**, 366 - 370
- MANDL, G. (1978): Tectonic deformation by rotating parallel faults: the bookshelf mechanism. - *Tectonophysics* **141**, 277 - 316, Amsterdam
- MÜLLER, B. (1993): Tectonic stress in Europe. - *Diss. Univ. (TH) Karlsruhe*, 160 S.
- NATAU, O., RÖCKEL, TH. (1993): Orientation of in-situ stress field determined from drilling induced fractures etc. - *KTB Report 93-2*, 199 - 202
- OLDEBOERSHUIS, H., HARTKORN, P. (1993): Pumpspeicherwerk Goldisthal. - *Interfels-Bericht 9328*, 21 S.
- RAUCHE, H., FRANZKE, H. J. (1990): Stress field evolution at the northern part of the South German Block on the territory of the GDR. - *Gerl. Beitr. Geophys.* **99**, 441 - 461
- RÖCKEL, TH., NATAU, O. (1993): Estimation of the maximum horizontal stress magnitude from drilling induced fractures and centerline fractures at the KTB drill site. - *KTB Report 93-2*, 203 - 209
- SCHÄFER, K., DANNAPFEL, M. (1992): Ergebnisse von In-situ-

- Spannungsermittlungen in Thüringen und Sachsen. - DFG-Arbeitsbericht, Bayreuth 1992, 21 S.
- SCHREIBER, A. (1992): Das Paläozoikum der Zone Münchberg-Frankenberg und die Herkunft der dortigen Kristallinschollen - ein Beitrag zur Deckenfrage im Saxothuringikum. - Geol. Jb. A 135, 3 - 135, Hannover.
- SCHRÖDER, B., BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., FRANZKE, H. J., MAIER, M., PETEREK, A., RAUCHE, H. (1994): Spät- und postvariskische tektonische Entwicklung am Südwest-Rand der Böhmisches Masse. - DFG-Bericht, Bochum, 57 S.
- STEWART, I. S., HANCOCK, P. L. (1994): Neotectonics. - In: Continental Deformation. Oxford: Pergamon Press, 370 - 409
- THURM, H., BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., HARNISCH, G. (1977): Rezente horizontale Deformationen der Erdkruste im Südostteil der DDR. - Peterm. Geogr. Mitt. **121**, 281 - 304

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Peter Bankwitz, Dipl.-Geologin Elfriede Bankwitz
GeoForschungsZentrum Potsdam
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Dr. Hans Joachim Franzke
Technische Universität Clausthal
Institut für Geologie und Paläontologie
Leibnitzstraße 10
38678 Clausthal-Zellerfeld

Dr. Henry Rauche
Friedrich-Schiller-Universität
Institut für Geowissenschaften
Bürgerweg 11
07749 Jena

Dr. Manfred Dannapfel
Schloßgasse 14
63739 Aschaffenburg

KURZMITTEILUNG

Intrapleistozäne endogene Deformationen im Top der Struktur Rüdersdorf bei Berlin

KARL-BERNHARD JUBITZ

1. Problemorientierung

Neotektonische Bewegungen im Gebiet junger Tafeln, etwa vom Typ der Norddeutsch-Polnischen Senke, lassen sich in der Regel nur flächig erfassen (Mächtigkeits- und Faziesanalyse, Konstruktion von Strukturkarten als Grundlage für moderne neogeodynamische Karten). Erschwert werden derartige Aufnahmen erfahrungsgemäß durch die quartäre glazigene Überprägung der ohnehin schwach diagenetisch verfestigten Sedimente. Hinzu kommt, daß entsprechende Tagesaufschlüsse im norddeutschen Raum fehlen, um die glazigene Überlagerung von endogenen neotektonischen Deformationen trennen zu können, speziell für kinematisch/dynamische Aussagen.

Eine Ausnahme hiervon macht die Struktur Rüdersdorf bei Berlin, wo Quartär im Strukturtop des Salzkissens direkt dem Mesozoikum (Oberer Buntsandstein und Muschelkalk) auflagert. Hierbei kommt es zu Wechselwirkungen zwischen Festgebirge und aufliegendem Lockergebirge, so z. B. der Ausbildung von Exarationen (Gletscher-

schrannen) elster- und saalekaltzeitlicher Gletscher unterschiedlicher Fließrichtungen.

Seit der Jahrhundertwende sind keine größeren Aufschlüsse mit Gletscherschrannen mehr bekannt geworden. Gezielt angelegte Grabungen in den Großaufschlüssen der Rüdersdorfer Zement GmbH im Mittleren Muschelkalk der Nordflanke der Struktur erbrachten jetzt den Nachweis einer ausgedehnten Fläche von nahezu 1000 m² mit Gletscherschrannen des "jüngeren Systems" WAHNSCHAFFES in genereller Ost-West-Erstreckung (95°-110° E).

Von besonderem Interesse ist die nachträgliche supertelle Deformation der gekritzten Flächen aus geomechanischer und zeitlicher Sicht.

2. Erkenntnisse

2.1. Glazigene Deformation

Charakteristisch für die glazigene Deformation im Top der Struktur ist die verhältnismäßig geringe vertikale Eindringtiefe der exogenen Einwirkungen in das anstehende Festgebirge (schichtige Karbonatsedimente des Mittleren und Oberen Muschelkalkes), und zwar von wenigen Metern. Im Vergleich dazu kommt es in den quartären Abfolgen (Geschiebemergel der Elster- und Saalekaltzeit) zu intensiven Einengungsdeformationen wie Abscherungen (z. T. mit Schieferungsphänomenen), Biege- und Abscherungsfalten sowie sogar deckenförmigen Abscherungen, die zu Stapelungseffekten und damit Mächtigkeitsanschwellungen führen. Kontrolliert werden die glazigenen



Abb. 1

Aufgebogene Schichtflächen des Mittleren Muschelkalkes (Oberkante Felsmauer/"Begleitbank") mit saalekaltzeitlichen Gletscherschrannen des Ost-West-Systems (links, helle Fläche), durch stehende Abscherungsfalte aufgewölbt (Bildmitte) und aus dem Schichtverband herausgepreßt (rechts). Das quartäre Auflager von Saale-Geschiebemergel ist mitdeformiert; hier durch Grabung abgetragen (ca. 5 m). Nordflanke der Struktur Rüdersdorf, Alvenslebenbruch/Nordböschung (links: Nord, rechts: Süd). Vordergrundbreite: ca. 10 m. Foto: Jubitz (8.6.1995)



Abb. 2

Vertikalversatz der eiszeitlichen Schichtoberfläche der Felsmauer (Mittlerer Muschelkalk/Mittleres Karbonat, "Oberbank") mit saalekaltzeitlichen Gletscherschrammen und Gletschertöpfen (im technischen Ausbau); Westflügel relativ gehoben. Blickrichtung quer zu Abb. 1; Pleistozän durch Grabung abgetragen. Nordflanke der Struktur Rüdersdorf, Alvenslebenbruch/Nordböschung (links: Ost, rechts: West). Mittelgrundbreite: ca. 35 m. Foto: Jubitz (17.7.1995)

Deformationsrichtungen durch das präglaziale Subrelief der Muschelkalkschichtstufe an der Nordflanke der Struktur, das flachbogenförmig in West-Ost-Richtung verläuft; die glazigenen Faltenachsen des Quartärs verlaufen subparallel bis flach spießwinklig dazu ($110 - 120^\circ$ E), der entsprechende Eisschub etwa südwestvergent.

2.2. Deformation der Schichtflächen mit Gletscherschrammen

Der direkte Vergleich zwischen der fließmechanischen Regelung der Geschiebe des Saale-Komplexes (Längsachsenmessungen) und der gekritzten Flächen des Muschelkalkes zeigt die erwartete Konformität der Lineationen in Ost-West-Richtung. Die vektorielle Bestimmung der Eisschubrichtung von Ost nach West erfolgte nach morphologischen Merkmalen der Exarationsflächen (Stoßkanten, Rundhöcker, Abrißflächen, erstmalig auch am orientierten Wachstum von Faserkalzit in Richtung der Gletscherschrammen, d. h. einer Mineralisierung im quartären Streifeld).

Sekundär sind die durch Gletscherschrammen gekennzeichneten Schichtflächen (ss) lokal deformiert worden, und zwar nahezu senkrecht zur Kritzungsrichtung der Saalekaltzeit. Dabei kommt es zur Ausbildung stehender Abscherungsfalten in ENE-WSW-Richtung, materialbedingt mit disharmonischen Beulungserscheinungen (Untervorschiebungen, Abschiebungen) im kleindimensionalen Bereich gekoppelt (Abb. 1). Der auflagernde Saale-Geschiebemergel folgt plastisch dieser Deckgebirgsstruktur, die Teil eines Einengungssystems ist, das sich im Muschelkalk der Abbausohlen des Großsteinbruches über eine Entfernung von ca. 150 m verfolgen ließ. Süd- und Nordvergenz wechseln in diesem System miteinander ("antivergentes Verhalten"); schizomorphe kleintekto-

nische Elemente einer Mehrfachbeanspruchung können nach dem gegenwärtigen Aufschluß- und Erkenntnisstand nicht ausgeschlossen werden.

Außerdem versetzen Querbrüche die mit den Gletscherschrammen besetzten Schichtflächen mit Sprunghöhen von ca. 1,5 m (Abb. 2).

2.3. Geomechanische und zeitliche Interpretation

Eine Zuordnung der Deformation der intraglazialen Schichtoberfläche zu den glazigenen Prozessen einer südwestvergenten, nahezu einheitlichen Überprägung der Saale I und II-Ablagerungen ist geomechanisch nicht möglich.

Vielmehr ist auf endogene, lokale geomechanische Prozesse zu schließen, die im Postsalinaren der Strukturnordflanke ausgelöst wurden und die Wechselwirkungen auch im Quartär bedingten. Geomechanisch sind es Einengungsbewegungen in Nord-Süd-Richtung; zeitlich erfolgten sie – bezogen auf die Exarationsflächen – postsaaleeiszeitlich (eventuell auch intra-saaleeiszeitlich).

Es sind in den über 45 Jahre währenden systematischen strukturellen Untersuchungen im Deckgebirge der Struktur Rüdersdorf die ersten derartigen Erscheinungen, die in dieser "klassischen" geologischen Lokalität Deutschlands nachgewiesen werden konnten. – Eine ausführliche Veröffentlichung der Untersuchungen in den Brandenburger Geowissenschaftlichen Beiträgen ist in Vorbereitung.

Anschrift des Autors:

Prof. em. Dr. sc. Karl-Bernhard Jubitz
Jastrower Weg 8
12587 Berlin

	INHALT (Fortsetzung)	CONTENTS (continuation)	Seite
	Aus dem Landesamt	From the Brandenburg Office	
HOTZAN, G.	Estland-Exkursion des LGRB vom 16.-25. Juni 1995	The Estonia-excursion of the Geological Survey of Brandenburg from 16th to 25th June 1995	28
WUTZKE, U.	Der Krater Sall (Kaalijärv) auf der Insel Ösel (Estland)	The Sall Crater (Kaalijärv) on Ösel-Island (Estonia)	29
STACKEBRANDT, W.	Die geologische Landesuntersuchung – ein wesentlicher Auftrag des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg	Presentation: The department "Geological Surveying" of the Geological Survey of Brandenburg	31
	Buchbesprechungen	Reviews	
STACKEBRANDT, W.	SCHROEDER J. H. (Hrsg.): Fortschritte in der Geologie von Rüdersdorf. - Berliner Geowissenschaftlichen Abhandlungen, Reihe A, 168	SCHROEDER J. H. (ed.): Fortschritte in der Geologie von Rüdersdorf. - Berliner Geowissenschaftlichen Abhandlungen, Reihe A, 168	58
	Wissenschaftliche Kurzmitteilungen	Scientific notes	
JUBITZ, K.-B.	Intrapleistozäne endogene Deformationen im Top der Struktur Rüdersdorf bei Berlin	Intrapleistocene endogene ruptures at the top of the Rüdersdorf-structure near Berlin	95
	Berichtigung	Correction	
	Berichtigung zum Beitrag N. HERMSDORF: Zur quartären Schichtenfolge des Teltow-Plateaus. - Brandenburgische Geow. Beitr. 2, 1, S. 27-37	Correction to the article N. HERMSDORF: On Quaternary sequence at the Teltow Plateau. - Brandenburgische Geow. Beitr. 2, 1, 27-37	68
Im Heft 1/1996 erscheinen u.a.			
JUBITZ, K.-B.	Glazigene Deformationen im Topbereich der Struktur Rüdersdorf bei Berlin – Wechselwirkungen zwischen mesozoischem Festgestein und Pleistozän		
ALTERMANN, M., KÜHN, D., BAURIEGEL, A.	Diskussionsvorschlag zur bodenkundlichen Substratsystematik		
BEER, H.	Temperaturmessungen in Tiefbohrungen – Repräsentanz und Möglichkeit einer näherungsweisen Korrektur		
SCHROEDER, J. H.	Die Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg: Konzept und Neuerscheinungen		
SCHROEDER, J. H.	"Geoingenieurwissenschaften und Angewandte Geowissenschaften" – ein neuer integrierter Studiengang an der Technischen Universität Berlin		

Die Zeitschrift "Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge" des Landesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg wird seit 1994 herausgegeben

Bisher sind erschienen:

1994, Heft 1, 128 S., 51 Abb., 14 Tab., 29,00 DM

1995, Heft 1, 144 S., 83 Abb., 15 Tab., 35,00 DM

1995, Heft 2, 96 S., 37 Abb., 5 Tab., 31,00 DM

Zu beziehen über das Landesamt und seine Außenstellen

Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Stahnsdorfer Damm 77, 14532 Kleinmachnow,
Tel. 033203/36600, Fax 033203/36702

Außenstelle Frankfurt, Schulstraße 16, 15230 Frankfurt/Oder, Tel. 0335/6802738, Fax 0335/6802784

Außenstelle Cottbus, Hermann-Löns-Straße 32, 03050 Cottbus, Tel. 0355/4772310, Fax 0355/4772355

In Vorbereitung:

1996, Heft 1

Autorenhinweise

Die Zeitschrift "Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge" widmet sich geologischen und lagerstättenkundlichen Themen von Brandenburg und Berlin sowie dem neuesten Forschungsstand in den geowissenschaftlichen Disziplinen. Die eingereichten Beiträge sollen diesem Profil entsprechen. Es werden Originalarbeiten und wissenschaftliche Informationen veröffentlicht, die noch nicht andernorts publiziert wurden.

Manuskript

Der Umfang des Manuskripts sollte 15 Seiten (A 4, zweizeilig) nicht überschreiten. Wissenschaftliche Informationen sind einschließlich der Abbildungen auf maximal fünf Seiten zu bemessen. Jedem Beitrag ist eine kurze deutsche und englische Zusammenfassung beizufügen. Es wird erwartet, daß der Text auf Diskette geschrieben eingereicht wird. Außerdem wird um ein Originalmanuskript gebeten, in dem alle Sonderzeichen sowie Buchstaben aus anderen Sprachen genau angegeben sind.

Abbildungen

Je Beitrag können bis zu 7 Abbildungen veröffentlicht werden. Zu beachten ist, daß Abbildungsvorlagen größer als die beabsichtigte Druckgröße eingereicht werden. Bei Fotos ist der Maßstab als verbaler Ausdruck anzugeben (keine Maßstabsleiste). Zeichnungen entsprechend DIN. Jede Abbildung ist mit Autorennamen und Nummer zu versehen, die Abbildungstexte sind auf einem gesonderten Blatt beizugeben.

Zitierweise

Im Text:

WUNDERLICH (1974) bzw. (WUNDERLICH 1974) oder

PILGER & STADLER (1971) sowie NÖLDEKE, SCHWAB et al. (1977)

Im Literaturverzeichnis:

BUBNOFF, S.v. (1953): Die Smäländer Erdnaht. - Geol. Rdsch. **41**, S. 78-90, Stuttgart

FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & J. ZINNER (1985): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland I : 200 000. - 79 S., Hannover (Schweizerbart)

KRONBERG, P. (1976): Photogeologie, eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der geologischen Auswertung von Luftbildern. - 268 S., Stuttgart (Enke)

