Tektonische Untersuchungen im Raum Vogtland-Leipzig mit Hilfe von Fernerkundung

DANIEL POHL¹, HANS-ULRICH WETZEL²& GOTTFRIED GRÜNTHAL³

Neben der Schwarmbebenseismizität des Vogtlandes treten Einzelbeben bzw. Bebencluster gehäuft in einer Zone nördlich des Vogtlandes bis etwa zum Raum Leipzig, einschließlich der Geraer Bucht, auf. Im Zusammenhang mit diesen Beben werden Tiefenstörungen in N-S bzw. NNE-SSW streichender Richtung vermutet, die bisher nicht zweifelsfrei nachgewiesen sind. Sie treten deshalb im Kartenbild nicht auf oder sind unterrepräsentiert.

Ziel der Untersuchung war es, trotz starker anthropogener Einflüsse und geschlossener Vegetationsdecke, mögliche Auflockerungs- bzw. Störungszonen zu erkennen und eine Verbindung zu den seismischen Ereignissen herzustellen. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in Neuberechnungen der Erdbebengefährdung ein.

Im Ergebnis der Neubearbeitung entstand eine Lineationskarte die eine Vergitterung unterschiedlicher Störungssysteme zeigt. Während im Vogtland mit seinen Grundgebirgsaufragungen Lineationen mit Streichrichtungen der Gera-Jachimov-Zone und Nord-Süd streichende Lineationen dominieren, treten im Gebiet zwischen Zwickau und Altenburg zusätzliche, parallel zum Erzgebirgsabbruch streichende Elemente in Erscheinung, die von ebenfalls vorhandenen Nord-Süd streichenden Lineationen nicht durchschlagen werden. Im Gebiet der Leipziger Tieflandsbucht konnten trotz starker anthropogener Überprägung und einem weniger ausgeprägtem Relief ähnliche Beobachtungen gemacht werden.

1 Einleitung

Diese Arbeit entstand als Teilbeitrag im Rahmen des Projektes "Risikokarte Deutschland" unter Federführung des "Center for Disaster Management" (CEDIM), einer Kooperation des GFZ Potsdam und der Universität Karlsruhe. Die Ergebnisse fließen in Neuberechnungen des Erdbebenrisikos in Deutschland ein. Wichtige Vorarbeiten wurden bereits durch die Interpretation von Fernerkundungsdaten von WETZEL & FRANZKE (unveröff.) geleistet.

Die Erkundung von Störungslineationen mit Hilfe optischer und aktiver Fernerkundungssysteme beruht im wesentlichen auf Erfahrungen aus ariden oder semiariden Gebieten ohne Vegetationsbedeckung. In Hebungsgebieten mit Grundgebirgsaufragungen sind zum Beispiel Blattverschiebungen als morphologisch markante Einschnitte im Satellitenbild sehr gut erkennbar. Auch die in ariden Senkungsgebieten morphologiebestimmenden temporären Flusssysteme sind tektonisch vorgeprägt.

In humiden Gebieten dagegen behindert eine geschlossene Vegetationsdecke die Identifizierung von tektonischen Lineationen und Versätzen in Gesteinen. Erschwerend kommen in Mitteleuropa eine glaziale Überprägung der Tieflandsgebiete sowie eine strukturverschleiernde Infrastruktur hinzu. Das Gewässersystem ist zum Teil künstlich verändert, Leitungstrassen führen zu Veränderungen in der Bodenfärbung.

Untersuchungen mit kleinmaßstäblichen Satellitenfotos (KRULL 1979, BANKWITZ et al. 1979, KRULL & SCHMIDT 1989) zeigten eine Häufung von großen linearen Elementen im Untersu-

¹ Daniel Pohl, GeoForschungsZentrum Potsdam, Sektion 5.3, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, e-mail: dpohl@gfz-potsdam.de

² Dr. H. Ú. Wetzel, GeoForschungsZentrum Potsdam, Sektion 1.4, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, e-mail: wetz@gfz-potsdam.de ³ Dr. G. GorforschungeZentrum Potsdam, Sektion 5.0, T. t. a. (https://doi.org/10.1016/j.j.t.)

³ Dr. G. Grünthal, GeoForschungsZentrum Potsdam, Sektion 5.3, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, e-mail: ggrue@gfz-potsdam.de

chungsgebiet. Im Verschnitt von modernen instrumentellen seismologischen Daten mit der Neuinterpretation von Lineationen mit Hilfe einer Kombination von verschiedenen Satellitendaten sollte versucht werden die rezent seismisch aktiven Störungen zu identifizieren.



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

1.1 Geologische Situation

Das betrachtete Gebiet ist durch eine Vielzahl von Gesteinen unterschiedlicher geologischer Epochen gekennzeichnet. Als regionale Einheiten sind das Vogtland, das Erzgebirgebecken, das Geraer Becken, der Ronneburger Horst und die Leipziger Tieflandsbucht zu nennen.

Im Vogtland ist ein fast vollständiges stratigraphisches Profil des Paläozoikums aufgeschlossen. Dieses wurde vom Kirchberger, Bergener und Eibenstocker Granit durchbrochen und während der variszischen und alpidischen Orogenese tektonisch gegliedert. Während PIETZSCH (1962) noch von überwiegend NW-SE streichenden Störungen ausgeht, fanden im Zuge der Lagerstättenprospektion aufgefundene N-S und NE-SW streichende Störungen erst in neuere Kartenwerke Eingang (BGR 1998, 1999 und LFUG 1996).

Umrahmt wird das Vogtland von der Münchberger Gneismasse im Südwesten, dem Egerbecken im Süden und dem Kirchberger Granit bis zum Westerzgebirge im Osten. Die Marienbader Störung, als prägendes tektonisches Element, schlägt vom östlichen Egerbecken bis etwa Markneukirchen bzw. Schöneck durch. Über die weitere nördliche Erstreckung herrscht allgemeine Unklarheit. Eine Möglichkeit ist von KRULL & SCHMIDT (1990) in Einzelsegmenten angedeutet.

Im Norden schließt sich das Erzgebirgebecken an. Diese mit Rotliegend-Sedimenten und Vulkaniten gefüllte Senke entstand durch NW-SE dextrale Extension. Sie erstreckt sich von Werdau-Crimmitzschau im Westen bis Hainichen im Osten. Über die Entstehung der westlichen Begrenzung, zum Bergaer Sattel hin, ist wenig publiziert. Für das Gesamtbecken wird eine vulkanotektonische Entstehung im Rahmen eines pull-apart Regimes aus Bohrungen und stratigraphischen Untersuchungen abgeleitet (FISCHER 1991 aus WÜNSCH & SCHNEIDER 2002).

Ein Teil des Erzgebirgebeckens und das Geraer Becken sowie der Ronneburger Horst werden durch NW-SE verlaufenden Störungen der Gera-Jachimov-Störungszone flankiert. Die Abgrenzung der einzelnen Gebiete zueinander ist im Prinzip nur mit N-S streichenden Störungen erklärbar (vgl. MEINHOLD 2005, für das Geraer Becken). Die Teilsegmente Crimmitschauer sowie die Pohlener Störung sind innerhalb des Erzgebirgebeckens nicht eindeutig nachvollziehbar und vermutlich durch die Vogtländische Störung versetzt.

Der Ronneburger Horst besteht aus Gesteinen des Ostthüringer Schiefergebirges und wird im nordöstlichen Teil von Sedimenten des Zechsteins und der Trias verdeckt. Er liegt im Kreuzungsbereich der Gera-Jachimov-Störungszone mit dem Bergaer Sattel (LANGE 1995). Au-Berdem sind untergeordnete N-S und E-W verlaufende Störungen bekannt, die an den übergeordneten NW-SE streichenden Hauptstörungen versetzt werden (LANGE 1995).

Über das Gebiet zwischen Altenburg, Zeitz und Ronneburger Horst ist wenig publiziert. An der Oberfläche finden sich hier unter dünnen quartären Ablagerungen Buntsandsteine der Trias. Der Übergang zur Leipziger Tieflandsbucht erfolgt durch die Buntsandsteinstufe von Zeitz, die mindestens schon seit dem Alttertiär existieren soll (EISSMANN 1975). Vereinzelte Einbrüche an der Erdoberfläche, die vermutlich durch Lösung von Zechsteinsalzen entstanden, wurden in der Nähe von Zeitz beobachtet (WAGENBRETH 1960). Eine tektogene Entstehung für Lösungswasserwegsamkeiten lässt sich bisher nicht belegen.

Die Leipziger Tieflandsbucht ist eine durch känozoische Ablagerungen geprägte flache Ebene. Sie wird im Süden und Südwesten von Zechstein und Triasablagerungen und im Osten durch das NW-sächsische Porphyrgebiet abgegrenzt. Für die zentrale Leipziger Tieflandsbucht zwischen Pleiße und Rippach erkannte EISSMANN (1975) eine leichte Verkippung frühpleistozäner Saaleterrassen, die er auf quartäre Bewegungen zurückführt.

Das Grundgebirge ist durch die sogenannte Hallesche Störung von Halle bis etwa Schkeuditz und die Röthaer Störung bis etwas Bad Lausick gegliedert. Beide sind verbunden durch eine N-S-Verwerfung die sich aus der Interpretation paläozoischer Gesteine mit einem intrudierten Granit ergibt. Die Verstellungen in den Braunkohleschichten der Leipziger Tieflandsbucht werden eher auf subrosive Setzungserscheinungen als auf tektonische Prozesse zurückgeführt (EISSMANN 1975).

Der Bereich der nördlichen Leipziger Tieflandsbucht ist zudem von glazigenen Sedimenten geprägt und oberflächlich durch ein eher ruhiges Drainagesystem gegliedert. Kartenwerke, als Ergebnis von Prospektionsuntersuchungen am Delitzscher Karbonatitkomplexes, geben Hauptstörungsrichtungen von NW-SE-Richtung im Untergrund an.

1.2 Seismologische Situation

Das Untersuchungsgebiet ist durch zwei Arten seismischer Ereignisse geprägt. Zum einen treten Schwarmbeben in den bekannten Clustern: Nový Kostel, Kraslice-Klingenthal, Plauen, Marktredwitz und Mariánzké Lázně auf. Zum anderen ereigneten sich sporadische Einzelbeben diffus verteilt in ganz Mitteldeutschland. Beben größeren Ausmaßes sind aus der Bearbeitung Historie bekannt. Die wichtigsten sind das Mitteldeutsche Beben von 1872 bei Gera (GRÜNTHAL 1992), das Beben von Rochlitz 1908 (makroseismische Karte nach GRÜNTHAL 1990, unveröff.) und das ehemals "Torgau-Erdbeben" genannte von 1553, dass nach seiner Neuinterpretation durch GRÜNTHAL & FISCHER (1998) in der Gegend zwischen Grimma und Rochlitz stattfand.

Als Schwarmbeben wird das gehäufte Auftreten kleinerer seismischer Ereignisse in einem relativ eng begrenzten Gebiet bezeichnet. Sie sind normalerweise an Extensionstektonik oder an Vulkanismus gebunden. Im Vogtland liegen die Herdflächen der seismischen Ereignisse in Tiefen zwischen 4 und 16 km, im übrigen Sachsen im Bereich von 8 bis 14 km (GRÜNTHAL et al. 1985). Das umfangreichste Datenmaterial ist für den Bebenschwarm 1985/86 publiziert. Er trat in einer Herdtiefe von etwa 7 km auf. Die Magnitude des größten Einzelbebens dieses Schwarms betrug M_L =4,6. Die von KOEHLER et al. (1989) publizierten Herdflächenlösungen der größten Beben dieses Schwarms zeigen hauptsächlich schiefen Abschiebungssinn mit geringen sinistralen N-S gerichteten Versätzen. GRÜNTHAL et al. (1990) entwickelten ein seismotektonisches Modell des Erdbebenschwarmes 1985/86.

2 Datenbasis und Methodik

Die neotektonischen Analyse beruht auf der Erkenntnis, dass sich jüngste tektonische Prozesse der Erdkruste an der Landoberfläche widerspiegeln. Diese ist aber dem Wechselspiel von Hebung und Senkung, Erosion und Sedimentation ausgesetzt. Neotektonische Bewegungen können daher zu einer Vielzahl unterschiedlicher Erscheinungen führen. Die Bewegungen führen zu Versätzen in der Lithologie und als Folge davon zu gestörten Drainagesystemen, einem geänderten Einfallen der Landoberfläche, eventuell zur Entstehung von Schichtstufen sowie zur Anlage von Feuchtstellen und Vegetationsänderungen.

Ist die großflächige Sedimentationsrate höher als der durch tektonische Prozesse entstandene Geländeunterschied werden diese Bewegungen von jungen Sedimenten verdeckt. Verdeckte Strukturen können, wenn überhaupt, nur durch Interpretation multispektraler Daten erkannt werden. Andererseits sind ausgeprägte morphologische Strukturen oft Ausdruck einer starken aktiven Tektonik.

Die Erstreckung einzelner Störungen in die mittlere Kruste ist i.d.R. nicht genau bekannt, auch die Bestimmung der Tiefenlage unterliegt vielen Unsicherheiten. Dennoch ist ein Verschnitt geologischer Karten mit lokalisierten Erdbebenereignissen aus Datenbanken und mit Hilfe der Fernerkundungsinterpretation ein wichtiges Hilfsmittel zum Erkennen selbst schwach ausgeprägter seismisch aktiver Strukturen.

2.1 Datenbasis

Neben umfangreichen Erdbebenkatalogdaten standen X-Band Radarintensitätsbilder, SRTM Höhenmodelle, Mosaike aus Asterhöhenmodellen, aus Astermultispektralbändern und aus Landsatszenen (193-24,25; 7.7.1989) zur Verfügung. Zudem wurden verschiedene georeferenzierte topographische und geologische Kartenwerke in die Interpretation einbezogen.

2.2 Methodik

Bei der Interpretation wurden hauptsächlich Kanten von Höhenunterschieden, lineare Elemente des Drainagesystems, Täler aller Art, weit aushaltende Bodenwellen, Bodenverfärbungen und Feuchtstellen kartiert.

Die Extraktion der lineare Elemente (Lineationen) erfolgte mit Hilfe visueller Interpretation in den Programmen ERDAS IMAGINE 8.6 und ArcGIS 9. Um Maßstabseffekte auszuschließen wurde ein Raster mit einer Zellgröße von 10x10 km erzeugt und über das Untersuchungsgebiet gelegt. Die Bearbeitung der Zellen erfolgte nacheinander im fixen Maßstab 1:50.000. Das ermöglicht ein homogenes Ergebnis mit lokaler Auflösung über ein großflächiges Gebiet. Regionale und überregionale Lineationen sind bei diesem Maßstab nicht zu erkennen. Sie ergeben sich aber später aus dem Gesamtbild durch Zusammenfassung der kleinen Einzellineationen (Bottom-Up-Prinzip).

Größere Sedimentationsflächen erscheinen in diesem Kartierungsmaßstab relativ ungegliedert.

Im ersten Schritt wurden Radarbilder des X-Bandes der SRTM Mission auf morphologische Rückstrahlkanten und Feuchtstellen untersucht. Hierbei traten Geländekanten senkrecht zur Radarbeleuchtungsrichtung besonders hervor. Im Vergleich mit Aster- und Landsat-Datensätzen konnten rückstrahlende Waldkanten ausgeschlossen werden. Da die Radardaten nur als Einzelstreifen vorlagen und nicht das ganze Untersuchungsgebiet abdeckten, wurden die Ergebnisse später in die Interpretation der Höhenmodelle integriert.

Im zweiten Schritt wurden die Landsat- und Asterdaten auf ein überhöhtes SRTM Höhenmodell drappiert (Bild 2). Damit gelang es Relief- und Multispektraldaten gleichzeitig auszuwerten. Anthropogene Effekte, wie Autobahnen, Waldschneisen und Flussbegradigungen, ließen sich damit sofort ausschließen.



Abb.2: Überhöhte 3D Darstellung des Untersuchungsgebietes mit eingezeichneten Lineationen

Die Methode der 3D Ansichten wurde später wegen ihres enormen Rechenaufwandes zugunsten der Interpretation von unterschiedlich schattierten Höhenmodellen aufgeben. Der dritte Schritt bestand aus der Erstellung hochaufgelöster schattierter Höhenmodelle aus SRTM Daten mit Hilfe von ERDAS IMAGINE. Benutzt wurden dafür Azimutbeleuchtungswinkel von 0°, 225° und 315° mit einem simulierten Sonneneinfallswinkel von 40° sowie einer zweifachen Überhöhung. Ein verkleinertes Beispiel ist in der Abb. 3a dargestellt.

Nachdem jede Einzelzelle des 10×10 km Bearbeitungsrasters interpretiert war, ergab sich ein Gesamtbild vieler kleiner linearer Elemente. Diese wurden mit einem Punktdatensatz aus der georeferenzierten Datenbank seismischer Ereignisse des GFZ verschnitten.

Für weitere Interpretationen wurden nur Ereignisse ab 1961 mit einer Ortsauflösung von einigen hundert Metern benutzt.

3 Ergebnisse

Drei unterschiedliche Hauptlineationsrichtungen sind im Ergebnis aushaltbar (Bild 3b). Herzyn (NE-SW) und erzgebirgisch (NE-SW) streichende Lineationen als Hauptelemente. Untergeordnet treten N-S streichende, meridonale Lineationen als verbindende Elemente auf. Damit konnten die Interpretationsergebnisse von KRULL & SCHMIDT (1990) sowie WETZEL & FRANZKE (unveröff.) zum großen Teil bestätigt werden. Durch eine höhere Auflösung gelang jedoch eine bessere Verifizierung der einzelnen Lineationsrichtungen.

Die herzyn streichenden Lineationen bilden Einzelsegmente überregionaler Störungssysteme wie der Marienbader Störung und der Gera Jachimov Störungszone ab. Sie sind im Untersuchungsgebiet nie als weit aushaltende Elemente zu erkennen, sondern ergeben sich durch Aneinanderreihung gut sichtbarer, aber nicht immer eindeutig miteinander zu verbindender, Einzelemente.



Abb. 3a: Schattiertes Höhenmodell. Von schräg unten links beleuchtet (225°). Abb. 3b: Untersuchungsraster mit eingezeichneten Lineationen.

Bei den erzgebirgisch streichende Lineationen zeigt sich ein ähnliches Bild. Sie treten überraschend häufig auf und sind auch über weite Gebiete zu verfolgen. Als Beispiel sei eine Lineation von Bad Köris über Altenburg bis nördlich von Rochlitz, und vermutlich auch entlang der Schieferhülle des Granulitgebirges bis Döbeln genannt. Die Vergitterung beider Störungssysteme findet dabei im Raum Gera-Ronneburg statt.

Meriodionale Strukturen treten am ausgeprägtesten im Vogtland auf. Sie beginnen häufig an den Enden herzyn streichender Lineationen und enden an der nächsten herzynen verlaufenden Lineation wieder. Zu sehen ist aber kein Versatz in eine bestimmte Richtung sondern ein zickzackförmiger Verlauf paralleler segmentierter Lineationen. Im Bereich des Erzgebirgebeckens bis etwa Zeitz treten dann meridionale Strukturen sehr untergeordnet auf und werden immer von herzynen und erzgebirgisch verlaufenden Elementen unterbrochen.

In Gebieten mit känozoischen Auflagerungen nimmt die Lineationshäufigkeit rapide ab. Einzige Anhaltspunkte bieten größerer Flüsse, deren Verläufe stark durch Sedimentation und regionales Einfallen geprägt sind.

4 Diskussion

Alle Schwarmbeben liegen mehr oder weniger an einer durch N-S und NW-SE Elemente segmentiert gegliederten Marienbader Störung und deren Fortsetzung nach Norden. Daneben treten sie an parallel zu dieser Störung vorkommenden, ebenfalls segmentierten Elementen auf. Die starke Segmentierung schließt ein Blattverschiebungssystem aus. Es scheint sich vielmehr um ein steiles Abschiebungssystem mit einer gewissen Scherkomponente zu handeln in dem ältere NW-SE Störungen reaktiviert, und durch N-S Störungen verbunden werden. Als möglicher Grund kann eine Bewegung angenommen werden, die den Unterschied zwischen der Hebung des Erzgebirges und der Thüringer Rumpffläche ausgleicht. Der Schwarmbebencharakter auf eng begrenztem Raum und die im Norden gelegenen schwächeren Cluster mit geringer werdender Häufigkeit unterstützen diese These.

Der Bergener und Kirchberger Granit maskieren einen dazu notwenigen stratigraphischen Versatz. Möglicherweise ist dieser auch an die N-S-Störung von Thoßfell (Abb. 4B) zu legen, von der jedoch keine rezent seismische Aktivität bekannt ist. Im Bereich des Bergener und Kirchberger Granit sind keine Schwarmbebencluster, sondern kleinere Einzelereignisse bekannt. Generell treten in diesem Gebiet aber die gleichen Lineationen wie im übrigen Vogtland auf. Unklar ist ob hier ein Spannungsabfall durch kriechen realisiert wird.

Untersuchungen zum in-situ Spannungsfeld zeigen einen kleinregionalen Wechsel im Bereich des Vogtlandes in dem neben Kompressionspannungen bedeutende Zugspannungen vorkommen (BANKWITZ et al. 1995).

Mit dem Auftreffen auf die Gera-Jachimov-Zone sind Reliefsausgleichbewegungen nicht mehr notwendig (Abb. 4B und 5).

Im Gera-Ronneburger Kreuzungsbereich treffen sich erzgebirgisch streichende Lineationen, die vom Ostthüringer Hauptsattel bis nördlich des Granulitgebirges reichen, mit Lineationen der Gera-Jachimov-Zone die, aus dem Erzgebirge kommend, bis zum Kyffhäuser verläuft. Vereinzelt wird auch eine überregional N-S-streichende, präkambrisch angelegte Zone als wichtiges tektonisches Vergitterungselement angeführt. Dies stimmt nur insofern, dass einige der vorher beschriebenen N-S-Einzelelemente als mögliche Fortführung der Marienbader Störung die älteren Störungsysteme spitzwinklig schneiden (Elstertal von Greiz bis Gera). Die Vergitterung mehrerer Störungsysteme, die mit der Fernerkundung nachgewiesen werden kann, dürfte die Hauptursache der Seismizität im Gebiet von Gera sein, worauf bereits GRÜNTHAL (1992) hinweist. Eine komplett N-S streichende überregionale Zone, wie von KRULL & SCHMIDT (1990) oder RÖLLIG & SÖLLIG (1990) publiziert, konnte jedoch nicht festgestellt werden. Das ist aber möglicherweise dem größeren Bearbeitungsmaßstab geschuldet.

Für die sporadisch auftretenden Einzelbeben konnte kein deutlicher Bezug zu Lineationen hergestellt werden. Interessant sind aber Hinweise, dass in der Nähe von erzgebirgisch streichenden Lineationen einige der größeren historischen Einzelbeben stattgefunden haben. Immer wieder fällt dabei die Gegend nördlich des Granulitgebirges auf. Auch wenn es außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt sei hier auf eine Bemerkung von EISSMANN (1975) verwiesen, nachdem zwischen Mulde und Elbe Hinweise auf junge Bewegungen vor allem am Nordrand des Granulitgebirges bei Döbeln existieren, wo die auf dem Grundgebirge liegenden Unteren Döbelner Schotter (frühsaaleeiszeitlich) mit 1:85 ein von normalen Werten völig abweichendes Gefälle aufweisen.



Abb. 4A: Generalisierte Lineationen im Verschnitt mit seismischen Ereignissen seit 1961. Abb. 4B: aus 4A entwickeltes tektonisches Model.



Abb.5: Blockmodel des Untersuchungsgebietes mit grau eingefärbter Marienbader Störung

5 Danksagung

Bedanken möchten wir uns für die fruchtbare Zusammenarbeit bei Dr. Ottomar Krentz, Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen, Prof. K. Stanek, TU Bergakademie Freiberg. Für wichtige Hinweise danken wir Dr. H. J. Franzke, Clausthal-Zellerfeld und Prof. L. Eissmann, Leipzig.

6 Literaturverzeichnis

- BANKWITZ, P., BANKWITZ, E. & FRISCHBUTTER, A., 1979: Fototektonische Interpretation von Mitteleuropa nach Aufnahmen der sowjetischen Wettersatelliten Meteor 25 und 28. Veröff. des Zentralinstitutes für Physik der Erde Nr. 61– Beiträge zur Fernerkundung, Potsdam
- BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., FRANZKE, H.J., RAUCHE, H. & DANNAPFEL, M., 1995: In situ-Spannungsmessungen in Thüringen und Sachsen, Brandenburgische Geowiss. Beitr. 2, 2 S. 77-94
- BGR 1998: Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, Blatt CC4734 Leipzig 1:200000, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
- BGR 1999: Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, Blatt CC5534 Zwickau 1:200000, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
- EISSMANN, L., 1975: Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete um Saale und Elbe : Modell einer Landschaftsentwicklung am Rand der europäischen Kontinentalvereisung, Akad.-Verl., Berlin
- GRÜNTHAL, G., BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., BEDNÁREK, J., GUTERCH, B., SCHENK, V., SCHENKOVÁ, Z. & ZEMAN, A. 1985: Seismicity and geological features of the eastern part of the West European platform, Gerlands Beiträge zur Geophysik, 94, 4-6, 276-289.
- GRÜNTHAL, G., SCHENK, V., ZEMAN, A. & SCHENKOVA, Z., 1990: Seismotectonic model for the earthquake swarm 1985/86 in the focal area Vogtland/West Bohemia. Tectonophysics 174, 369-383.
- GRÜNTHAL, G., 1992: The Central German earthquake of March 6, 1872. In: Gutdeutsch, R., Grünthal, G., Musson, R. (Eds.): Historical Earthquakes in Central Europe, Monographs Vol. I, Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 48, 51-109, Wien.
- GRÜNTHAL, G. & FISCHER, J., 1998: Die Rekonstruktion des "Torgau"-Erdbebens vom 17. August 1553. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 2, 43-60.
- LANGE, G., 1995: Die Uranlagerstätte Ronneburg Z. geol. Wiss., 23 (5/6), S. 517-526, Berlin.
- LFUG 1996: Seismologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1:400000, 1. Ausgabe Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg
- KÖHLER, W., GROSSER, H. & BORMANN, P. 1989: Investigations of fault plane solutions, spectra and focal processes. – Fault plane solutions – Monitoring and Analysis of the Earthquake Swarm in the region Vogtland/Western Bohemia, ZIPE Veröffentlichung Nr. 110: S. 165-185.
- KRULL, P., 1979: Zum bruchtektonischen Bau des Territoriums der DDR und angrenzender Gebiete nach kosmischen Aufnahmen, Veröff. des Zentralinstitutes für Physik der Erde Nr. 61– Beiträge zur Fernerkundung, Potsdam
- KRULL, P. & SCHMIDT, D., 1990: Geologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik – Karte der Fotolineationen kosmischer Aufnahmen 1:500.000; Zentrales Geologisches Institut, Berlin

- MEINHOLD, G., 2005: Unterkarbon und Rotliegend von Gera (Ostthüringen), Geowiss. Mitt. Thüringen, 12, S. 71-77, Jena
- PIETZSCH, K., 1962: Geologie von Sachsen : Bezirke Dresden, Karl-Marx-Stadt und Leipzig, Dt. Verl. der Wiss., Berlin
- RÖLLIG, A. & SÖLLIG, G., 1990: Geologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik
 Tektonische Karte 1:500.000; Zentrales Geologisches Institut, Berlin
- WAGENBRETH, O., 1960: Ein Erdfall bei Zeitz, Zeitschrift für angewandte Geologie, 7, S.345-346
- WÜNSCH, R. & SCHNEIDER, J.W., 2002: "Workshop Oberkarbon-Untertrias: Prozesse und ihr Timing" - TU Bergakademie Freiberg, Geologisches Institut 22-23. Juni 2002
- WETZEL, H.U. & FRANZKE, H.J. (unveröff.): Interpretation von Fernerkundungsdaten: Interpretation 2004

Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V.

Band 15

2006

DGPF





Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft

Vorträge 26. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF

> 11. – 13. September 2006 in Berlin

Geoinformatik und Erdbeobachtung

ISSN 0942-2870

Eckhardt Seyfert, Hrsg.

Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation e.V.

Band 15

2006

Vorträge

26. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF

11. – 13. September 2006 in Berlin

Geoinformatik und Erdbeobachtung

Eckhardt Seyfert, Hrsg.

ISSN 0942-2870



ISSN 0942-2870

Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V. Band 15, 358 S., Potsdam 2006 Hrsg.: Eckhardt Seyfert

© Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V. Oldenburg 2006

Zu beziehen durch:

Geschäftsstelle der DGPF c/o EFTAS GmbH Ostermarkstraße 92 D-48145 Münster Tel.: (0251) 133 070, Fax: (0251) 133 0733, E-Mail: <u>klaus.komp@eftas.com</u>

Druck :

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg Heinrich-Mann-Allee 103, 14473 Potsdam Tel.: (0331) 8844 -229, Fax: (0331) 8844-126