Bericht

zum Projekt

Junge (känozoische) tektonische Entwicklung in Kristallingebieten in Sachsen

Abschlussbericht

Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Halsbrücker Str. 31
09599 Freiberg

Bearbeiter: Prof. Dr. habil. Klaus Stanek

Datum: 25. November 2013

…….
Prof. Dr. Klaus Stanek

Prof. Dr. Klaus Stanek
TU Bergakademie Freiberg
Institut für Geologie
Bernhard-von-Cotta-Str.2
09596 Freiberg

Tel: +49(0)3731/392981
Fax: +49(0)3731/393597
e-mail stanek@geo.tu-freiberg.de

Projekt
Junge (känozoische) tektonische Entwicklung der Kristallingebiete in Sachsen

Abschlussbericht 25.11.2013

Der FuE-Vertrag zwischen SLfUG und der TU Bergakademie wurde am 23.4.2012 unterzeichnet. Im vorliegenden Abschlussbericht werden die Ergebnisse der vier verschiedenen Sub-Projekte dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Aufgabenstellung
2. Ausführliche Zusammenfassung
2.1. Geomorphologische Indices für neotektonische Bewegungen (vollständiger Bericht siehe Anlage 1)
2.2. Datierung neotektonisch relevanter Ereignisse
2.2.1. Palynologische Untersuchungen von tertiären Karbonatkarst-Schlotten im Erzgebirge (vollständiger Bericht siehe Anlage 2)
2.2.2. Ar/Ar-Altersdatierungen
2.3. Tektonische Dokumentation post-Kretazischer tektonischer Strukturelemente (siehe auch Anlage 3)
2.3.1. Bruchtektonik des Lausitzer Basementblocks
2.3.2. Bruchtektonik in der Elbe-Zone
2.3.2. Bruchtektonik im Erzgebirge
3. 3D-Modell Zittauer Becken (vollständiger Bericht siehe Anlage 4)
4. Relative Altersfolge der post-Kretazischen Bruchstörungen in Sachsen
5. Literaturverzeichnis

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Recent tectonics in the Eger rift (Saxony and NW Czech Republic): Insights from geomorphic indices (L. Andreani, K. Stanek, R. Gloaguen)

Anlage 2.1.: Biostratigraphische Analyse von Subrosionsstrukturen in erzgebirgischen Kalken
(M. Geißler, J. Rascher)

Anlage 2.2.: Ar/Ar-Analytik (Diagramme der Messergebnisse) (J. Pfänder, K. Stanek)

Anlage 3: Tektonische Dokumentation von post-kretazischen Störungen (K. Stanek)

Anlage 4: 3D-Modell des Zittau-(Turov-Hradek) Beckens (V. Geißler)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: *Übersicht zur Lage der Kristallingebiete Sachsens und deren tektonische Grenzen (Ausschnitt aus Geologische Karte von Deutschland - Schriel 1930)*
Abb. 2: *Oberflächenrauigkeit (SR)*
Abb. 3: *Topografischer Posionsindex (TPI)*
Abb. 4: *Beispiel für Streifenprofile: NNW-streichende Profile über Egergraben und Erzgebirge.*
Abb. 5: *Abstrahierte Verebnungsflächen im südlichen Sachsen und dem nördlichen Böhmen.*
Abb. 6: *Karte des Oberflächen-Index (SI) von Sachsen.*
Abb. 7: *Neotektonisches Schema nach geomorphologischen Indices für das südliche Sachsen und nördliche Böhmen*
Abb. 8: *Übersichtskarte mit den Probenahmepunkten in Kartsschlotten der 6. Sohle, Bergwerk Lengefeld.*
Abb. 9: *Beispiele für Pollen und deren Bestimmung*
Abb. 10: *Übersicht zur Lage von tektonische Störungszonen im Bereich des LausitzerAntiklinoriums*
Abb. 11: *Übersicht über die tektonischen Gräben in Miozänen Braunkohlenhorizonten der Niederlausitz (Kupetz et al. 1989)*
Abb. 12: *Cunewalder Querstörung nach gravimetrischen Daten*
Abb. 13: *Beispiel für die Struktur der Lausitzer Überschiebung bei Doubice (aus Malkovsky 1987)*
Abb. 14: *Verebnungsfläche auf Kreidesandstein im Gebiet südlich und östlich Pirna.*
Abb.15: *Interpretation seismischer Ereignisse in Westsachsen (links: Scheidewig 2007, rechts Jakob 2009).*
Abb. 16: *Modell der Störungen und deren relative Altersfolge aus dem Gebiet südlich Aue.* Die orange Flächen (1) stellen die jüngsten Kataklasezonen dar. Etwas älter sind NNW-streichende sinistrale Blattverschiebungen (2). Rot - NE-gerichtete Abschiebungen vom Typ „Roter Kamm“ (3). NE-streichende Blattverschiebungen mit hydrothermaler Mineralisation (4) sind die ältesten beobachteten Störungen.
Abb. 17: *Modell der tektonischen Störungen im Zittau-Turov-Hradek-Becken*

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Kenntnisstand zu känozoischen Deformationen in Sachsen

Nach dem "Lexikon der Erde" (http://www.geodz.com/deu/d/Neotektonik) wurde "...der Begriff *Neotektonik* ... erstmalig von Obruchev (1948) definiert, der darunter die Deformationen der Erdkruste verstand, die zwischen dem Ende des Tertiärs und der ersten Hälfte des Quartärs stattgefunden haben. Andere Wissenschaftler verwenden den Begriff für spröde und duktile Deformationen, die den Zeitabschnitt Neogen bis Gegenwart umfassen. Wie weit der mit der Vorsilbe "neo" bezeichnete Zeitraum der "jüngeren" Deformationsgeschichte in die geologische Vergangenheit zurückreicht, wird bislang sehr unterschiedlich gehandhabt. Im geologischen Sprachgebrauch setzt sich die Definition durch, deren Argumente von Steward & Hancock (1994) zusammengefasst wurden: Neotektonik ist der Zweig der Tektonik, der sich mit den Bewegungen und Kräften in der Erdkruste befasst, die im gegenwärtig herrschenden tektonischen Regime Krustenspannungen und Deformationsstrukturen erzeugen, die den derzeitig vorherrschenden Deformationszustand einer Region charakterisieren. Eine neotektonische Deformationsphase kann bereits in der geologischen Vergangenheit eingesetzt haben und unter den selben Rahmenbedingungen bis in die Gegenwart andauern. Dies bedeutet, dass, abhängig vom tektonischen Regime, neotektonische Deformationsphasen in unterschiedlichen Regionen zu verschiedenen Zeiten begonnen haben können und je nach Region, unter der Voraussetzung eines unveränderten tektonischen Spannungsfeldes, unterschiedlich lange Zeiträume umfassen. Mit dieser Definition wird die Zuordnung des Begriffs Neotektonik zu einer bestimmten Zeit vermieden....".

Diese Zeit-ungebundene Anwendung des Begriffes "Neotektonik" zugrunde legend, werden im vorliegenden Bericht Deformationen des sächsisch-nordböhmischen Raumes betrachtet, die nachweislich seit Ende der Oberkreide das cadomisch-varistische Basement und das mesozoisch-tertiäre Deckgebirge beeinträchtigt haben. Als zeitliche Untergrenze werden die tektonischen Aktivitäten bei etwa 75 Ma betrachtet, die Ausgangspunkt für die Entstehung der Aufrichtungszone am Harznordrand sehr wahrscheinlich der Lausitzer Überschiebung waren (Vogt et al., 2004).

Informationen zu rezenten Krustenbewegungen liegen - bedingt durch seismische Aktivität (Schwarmbeben im Vogtland) und den intensiven Bergbau, vor allem für den westsächsischen Raum vor. Geodätische Konsequenzen rezenter Krustenbewegungen wurden von Wittenburg et al. (1997) untersucht. Die an der Finne-Gera-Jáchimov-Störungszone (siehe Abb.1) postulierten rezenten tektonischen Bewegungen werden unter verschiedenen Gesichtspunkten diskutiert (Bankwitz, Gross, Bankwitz 1993; Brause 1995,1999; Wittenburg 1991, 1997). Es wurden auf der Basis von Lagemessungen unterschiedliche Stressregime südwestlich und nordöstlich der Störung postuliert. Der südwestlich der Gera-Jàchimov-Störung gemessene extensionale Stress kann erhöhte hydraulische Durchlässigkeit bewirken. Diesem Stressfeld wird die relative Hebung des südwestlichen Blockes relativ zum nordöstlich angrenzenden Gebiet zugeschrieben. Für den östlichen Block interpretiert Wittenburg (1997) einen kompressiven Stress mit N-S verlaufender Hauptachse, welche eine Aktivierung und Öffnung von NE-SW verlaufenden Störungen und Kluftzonen zur Folge hat. Ähnliche Verhältnisse lassen sich - bisher ohne Beleg - für den Lausitzer Hauptabbruch vermuten.

Moderne Möglichkeiten der Messung geringster Strain-Raten bietet die Vernetzung von SAPOS-Stationen in sächsischen und umliegenden Gebieten auf der Grundlage von ITRF-Lösungen (ITRF - International Terrestial Reference Frame: Zeitbezogene (Jahresmittel) geodätische Referenzen zur Positionierung von Messstationen). Daneben gibt es die Möglichkeit der aktuellen Messungen von Strainraten durch Feinnivellements und Tiltmeter-Messungen in Grubenbauen und Bohrungen. Diese Messungen lassen in Verbindung zu den o.g. Vernetzungen und anderen geologischen Beobachtungen Rückschlüsse auf pulsartige tektonische Aktivitäten im Untersuchungsbegiet zu (Košták et al. 2011).

Zur Erweiterung der bisher existierenden Datenbasis wurden im vorliegenden Bericht vier Themengebiete bearbeitet, die mit neotektonischen Prozessen in Sachsen in unmittelbarem Zusammenhang stehen:

1. Quantitative geomorphologische Analyse digitaler Höhendaten zur Kartierung rezenter und subrezenter (störungsgebundener) Hebungen von Krustenblöcken;

2. Datierung von tektonisch relevanten Prozessen (Karstschlotten in Lengefeld, Tertiärvulkanite in der Oberlausitz und dem Erzgebirge);

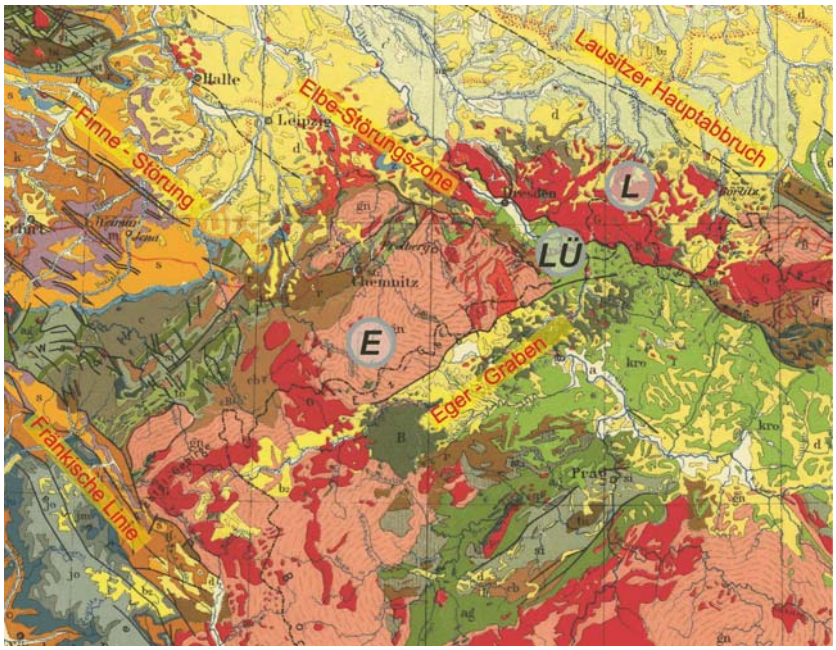
3. Dokumentation von repräsentativen Aufschlüssen zur Kinematik von tektonischen Störungen;

4. Dreidimensionale Modellierung des Zittauer Tertiärbeckens.

Neotektonische Strukturen in Sachsen - ein Überblick

Die rezente Krustenstruktur Mitteleuropas wird von NW-SE, NE-SW, E-W und N-S streichenden Bruchelementen beherrscht, die sowohl geophysikalisch als auch im geologischen Kartenbild nachweisbar sind und sowohl kretazische als auch jüngere Sedimente versetzen. Die Grenzen des Bearbeitungsgebietes im vorliegenden Bericht werden durch die NW-SE streichenden überregionale Störungszonen von Gera-Jachimov, der Elbezone (Lausitzer Überschiebung) und des Lausitzer Hauptabbruchs gebildet. Diese Störungszonen sollen varistisch angelegt und nachfolgend bis in jüngste Zeit mehrfach reaktiviert worden sein (Brause, 1990). Ein vertikaler Versatz bis zu mehreren Kilometern wird sowohl an der Fränkischen Linie (Peterek et al., 1997) als auch am Lausitzer Hauptabbruch (Brause & Hirschmann, 1964, Krentz 2008, Krentz et al., 2010) beobachtet.

Zwischen Fränkischer Linie und Lausitzer Hauptabbruch erstreckt sich der NE-SW-streiche *Eger-Graben*, das zweite wichtige Strukturelement der betrachteten Region. Der Egergraben (Abb. 1) gehört zum Europäischen Känozoischen Rift-System (Ziegler, 1992; Kley & Voigt 2008). Der ENE-WSW streichende Egergraben soll im frühen Tertiär an der Nahtstelle von Saxothuringikum und Moldanubikum/Tepla-Barrandium angelegt und durch melilitithische Subvulkanite markiert sein (Ulrych & Pivec 1997. Die Riftstruktur hat eine Länge von etwa 300 km (Lausitzer Hauptabbruch bis zur Fränkischen Linie) und erreicht im zentralen Bereich eine Breite von etwa 50 km. Die känozoischen Sedimenten umfassen eine Periode von dem späten Eozän bis in das frühe Pliozän (Malkovsky 1987), die rezente Zeit ist durch tiefgreifende Erosion geprägt. Der basische bis intermediäre Vulkanismus erreichte sein Maximum vor etwa 35 bis 25 Ma. Die jüngste vulkanische Aktivität konnte im westlichen Rift im Mittelpleistozän nachgewiesen werden (Ulrych and Pivec, 1997; Ulrych et al., 1999; Wagner et al., 2002).



A b b . 1 : Übersicht zur Lage der Kristallingebiete Sachsens und deren tektonische Grenzen (Ausschnitt aus Kleine Geologische Karte von Deutschland, Preußische Geologische Landesanstalt, Schriel 1930)
E - Erzgebirge; LÜ - Lausitzer Überschiebung (Elbezone); L - Lausitzer Granodioritmassiv

2. Ausführliche Zusammenfassung

2.1. Geomorphologische Indices für neotektonische Bewegungen

Die geomorphologische Analyse wurde auf der Basis von Radar-Daten (SRTM - 90 m Pixel) und ASTER GDEM Worldwide elevation data (25-30 m Pixel) durchgeführt. In einigen Detailgebieten konnte auf das 20-m-DGM des SLfUG zurückgegriffen werden.
Zur geomorphologischen Analyse wurde das Software-Paket TecDEM genutzt. In diesem Software-Paket sind traditionelle und neue Methoden der geomorphologischen Analyse zusammengefasst, die eine relativ schnelle, numerische Beurteilung von verschiedenen Oberflächentypen in einer relativ großen Fläche ermöglichen (Shahzad & Gloaguen, 2011a, b).

Die Methoden, Aussagen und Grenzen des Modells sowie mögliche Fehlerquellen sind im ausführlichen Bericht in Anlage 1.1 dargestellt. Die Anlagen 1.2 bis 1.7 bestehen aus Karten der geomorphologischen Indices für das Gebiet von Sachsen im Maßstab 1:400.000.

Folgende geomorphologische Indices wurden herangezogen:
Hypsometrisches Integral: Verteilung von Oberflächen(-volumen) über und unter einem basalen Referenzniveau;
Oberflächenrauigkeit: Quotient aus analysierter topografischer Fläche und der anteiligen flachen bzw. horizontalen Fläche; zeigt rezente oder ältere Verebnungsflächen
Topografischer Positionsindex: Verhältnis der Höhe eines Pixels zu der mittleren Höhe einer definierten Nachbarschaft (Zelle); zeigt den Grad der Einschneidung durch das Drainage-System;
Oberflächen-Index: Kombination von Hypsometrischen Integral, Oberflächenrauigkeit und Altitude, um den Grad der Erosion (Alter und Grad der Hebung oder des base level Abfalls);

Swath (Streifen) Profile: Streifen über die orogene Morphologie mit Angabe der maximalen und minimalen Höhen; zeigt die Lage alter Oberflächen sowie Gebiete mit unterschiedlichem Grad der Einschneidung des Drainage-Netzes bzw. Hebung von Blöcken;
Flussprofile (Drainage-Netz und Längsprofile): Charakterisierung von Einzugsgebieten und deren Asymmetrie, Knickpunkten (mögliche aktive Störungen und base lavel Abfall;

Im Folgenden werden Ausschnitte aus dem Ergebnisbericht (Anlage 1.1.) dargestellt.

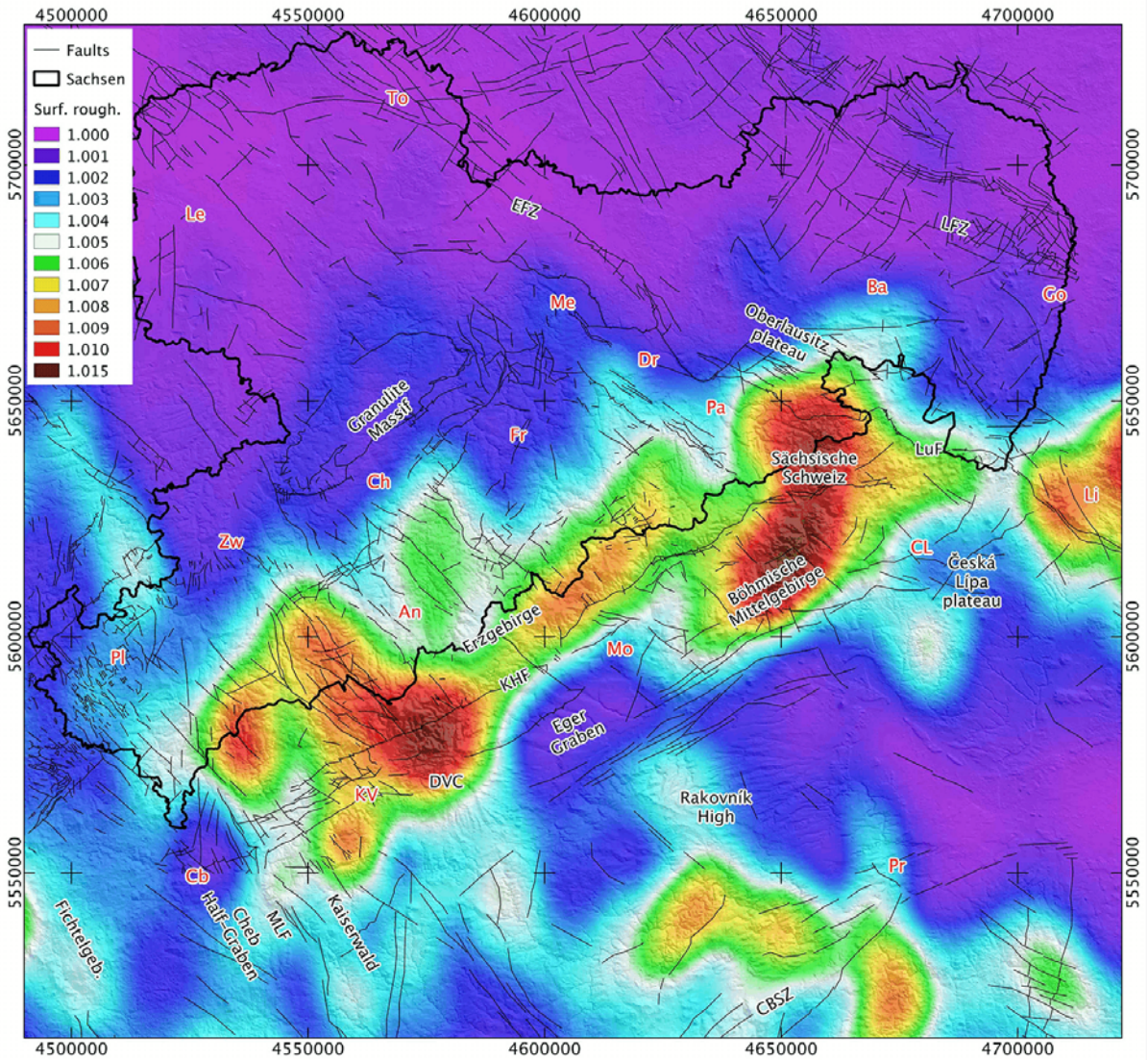


Abb. 2: *Oberflächenrauigkeit (SR)*

Generell bedeuten die Werte “1" flache Ebenen “>1" zunehmend erosive Einschnitte. Die SR-Werte entlang der streichenden Erstreckung des Erzgebirges zeigen komplexe Muster. Die Anomalien werden einmal durch den erosiven Einschnitt der Gewässer verursacht, zeigen aber auch strukturelle Kontrolle. Es können drei “Blöcke” ausgehalten werden, die von Ost nach West durch Elbe-, die Flöha-, die Gera-Jáchymov- und die Mariánské-Lázně-Störungszone begrenzt werden. Jede dieser Störungszonen (SZ) markiert eine Diskontinuität auf der SR-Karte. Darüber hinaus erkennt man ein generelles Abfallen der SR-Werte von SW nach NE. Die westliche Region zwischen der Gera-Jáchymov- und der Mariánské-Lázně-SZ weist hohe SR-Werte (1.008 to 1.010) auf, die durch Einschnitte vor allem der zwickauer Mulde verursacht werden. Der mittlere Teil zur Flöha-SZ zeigt moderate Werte (~1.006) bezogen auf die Preßnitz und ihre Nebenflüsse. Östlich der Flöha-SZ sind die höchsten Werte an den Erzgebirgsabbruch gebunden. Das ist mehr auf die Topografie denn auf den Erosionsschnitt von Flüssen zurückzuführen. Die nördlich anschließenden Gebiete zeigen generell flache Morphologie mit SR-Werten zwischen SR<1.003 (Freiberg - Meißen) und SR<1.001 (nördliche Oberlausitz).

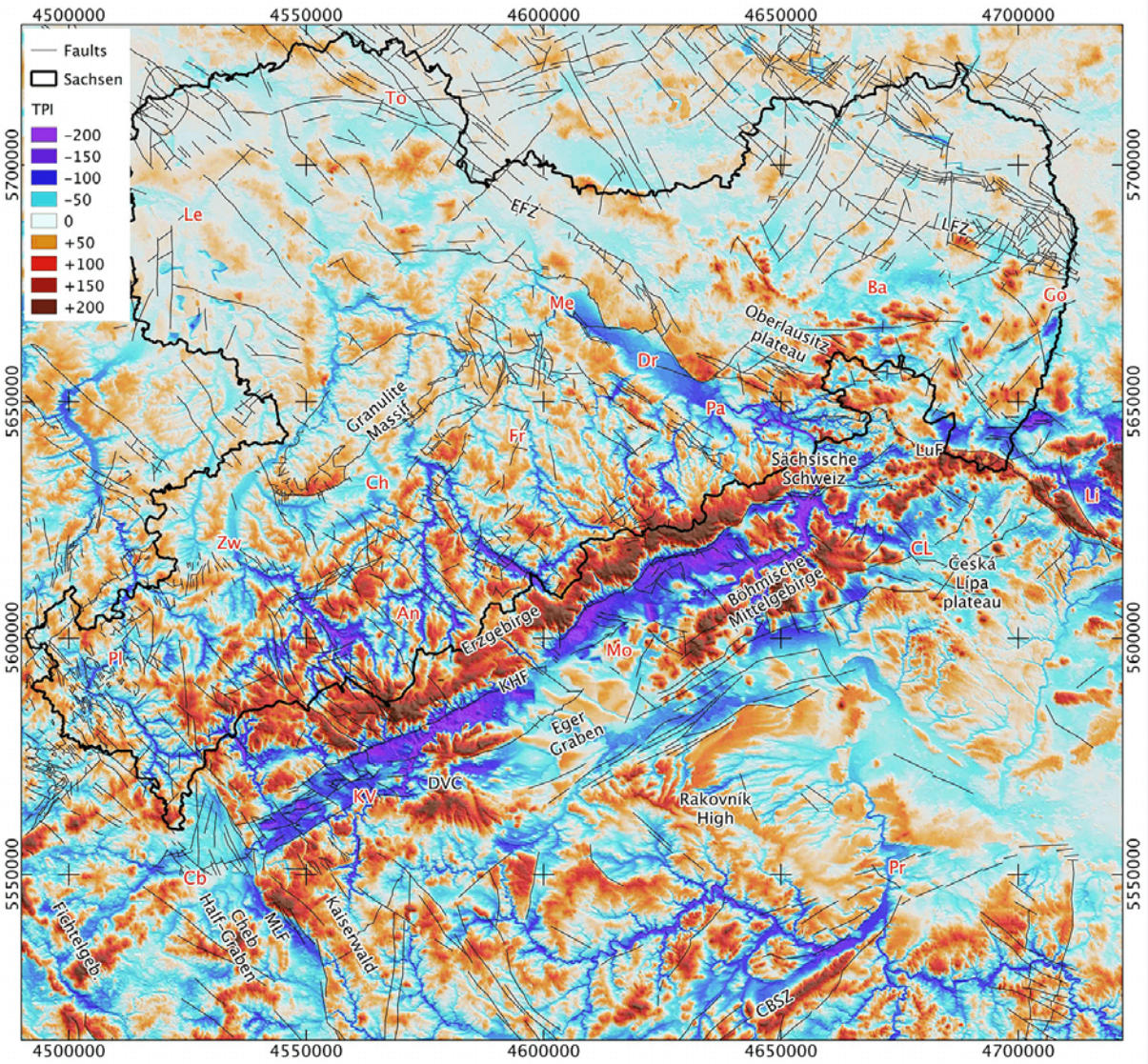


Abb. 3: *Topografischer Posionsindex (TPI)*
Der TPI betont morphologische Unterschiede. Die anomalen TPI-Werte werden durch das strukturelle Inventar kontrolliert. Geringe TPI-Werte in Tallagen zeigen vier typische Trends:

- NE-SW (050) ist der Trend des Egergrabens und der Zentralböhmischen Scherzone;
- NW-SE (135 - 155) ist die Richtung der bekannten Störungszonen von Mariánské-Lázně, der Flöha- oder Gera-Jáchymov-Störungszone;
- N - S (350-010) ist definiert durch gradlinige Flussläufe im zentralen Teil des Erzgebirges;
- E - W (080-100) ist definiert durch die lokale Ausrichtung von Flussläufen im westlichen Teil des Erzgebirges und im Plateau der Oberlausitz und von Česka Lipa.

Die Südrandstörung des Erzgebirges ist klar belegt durch die Kombination von extrem hohen (>150) und niedrigen (< -150) TPI-Werten. Die Mariánské-Lázně-Störung ist ebenfalls sehr gut belegt. Sie begrenzt das Kaiserwald-Plateau und das Erzgebirge im Westen, ihre Spur lässt sich bis in den Raum Plauen verfolgen.

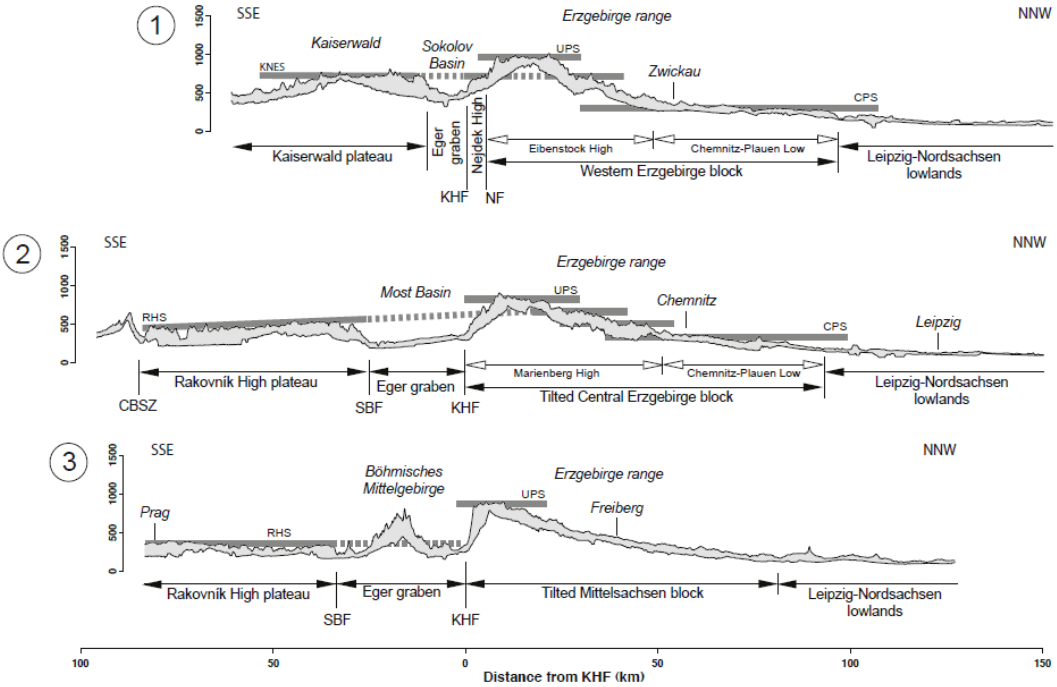


Abb. 4: *Beispiel für Streifenprofile: NNW-streichende Profile über Egergraben und Erzgebirge.* Diese Profile erlauben ein Vergleich der Topografie und Tektonik entlang des Streichens des Erzgebirges (Die geographische Lage der Profile ist im Textteil der Anlage 1.1. dargestellt).
In jedem der Profile ist der Erzgebirgsabbruch topografisch klar markiert. Die Höhendifferenz zwischen nördlichem und südlichem Rand des Erzgebirges ist im östlichsten Profil am größten (~ 500 m) und verringert sich nach Westen (~ 200 m).
In allen Profilen erscheint der Erzgebirgsblock nach Nordwest gekippt. In den Profilen 2 und 3 ist die nördliche Randstörung des Egergrabens ("Erzgebirgsstörung - ES") durch einen scharfen Geländeabfall markiert. Alle Profile zeigen eine relativ gut erhaltene Paläo-Oberfläche ("UPS"), deren unterschiedliche Höhenlage weist auf verschiedene Hebungsraten des Erzgebirges von Ost nach West hin.
Der NW-Rand des Erzgebirges und Übergang zum nordsächsischen Tiefland variiert ähnlich wie die Grabensegmente von Ost nach West. Das östlichste Segment (3) weist eine schwach konkav-gekrümmte kontinuierliche Fläche bis zu 80 km nördlich der ES auf. Der Übergang zum nordsächsischen Flachland ist kaum merkbar.
Das zentrale Segment zeigt eine ähnliche Form, jedoch kann eine topografische Hochfläche (Marienberg Hochfläche) anhand des Einschnitt-Grades und verschiedener flacher Profilanteile differenziert werden. Die Niederung von Chemnitz-Plauen vermittelt zum nordsächsischen Flachland.
Das westliche Profil zeigt an der NW-Seite des Erzgebirges eine stärker konkave Oberfläche mit einer stark eingeschnittenen Oberfläche (Eibenstock-Hoch) und einem nördlich anschließenden flachen Teil (Chemnitz-Plauen-Niederung). Die konkave Form ist unterbrochen von flachen Anteilen, deren Höhenlage sich nach Süden bis den Kaiserwald verfolgen lässt. Das könnte eine alte einheitliche Verebnungsfläche sein. Die Chemnitz-Plauen-Niederung ist in diesem Profil gut abgrenzbar und liegt etwas höher als das nordsächsische

Flachland.

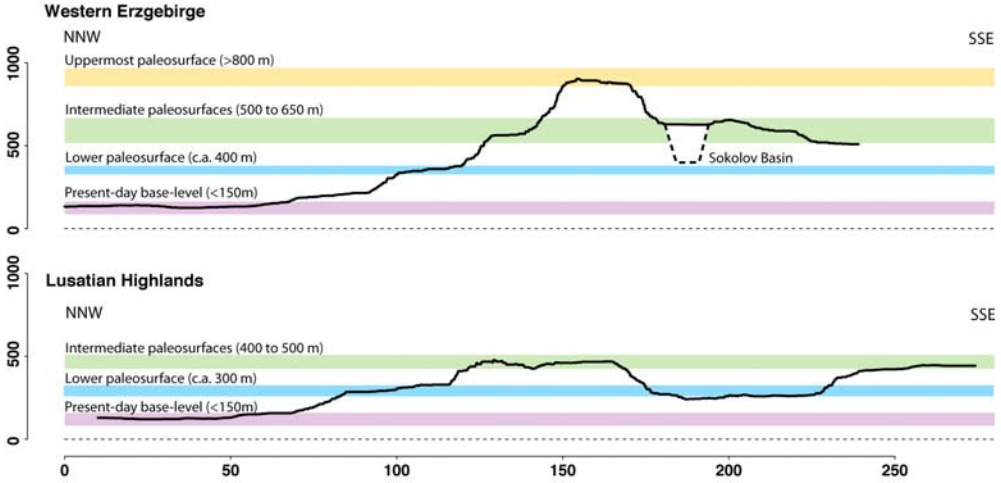


Abb. 5: *Abstrahierte Verebnungsflächen im südlichen Sachsen und dem nördlichen Böhmen.* Die älteste Fläche (UPS) ist nur im westlichen Erzgebirge und reliktisch im zentralen Teil (Marienberger Block) nachweisbar und zeigt vermutlich einen früheren Beginn der Hebung in diesem Gebiet an (westlicher und zentraler Erzgebirgsblock). Die anderen beiden Flächen sind sowohl westlich als auch östlich der Elbe nachweisbar, wenn auch in unterschiedlichen Höhenlagen. Das kann bedeuten, das die Intensität der tektonisch bedingten Hebung von West nach Ost abnimmt.

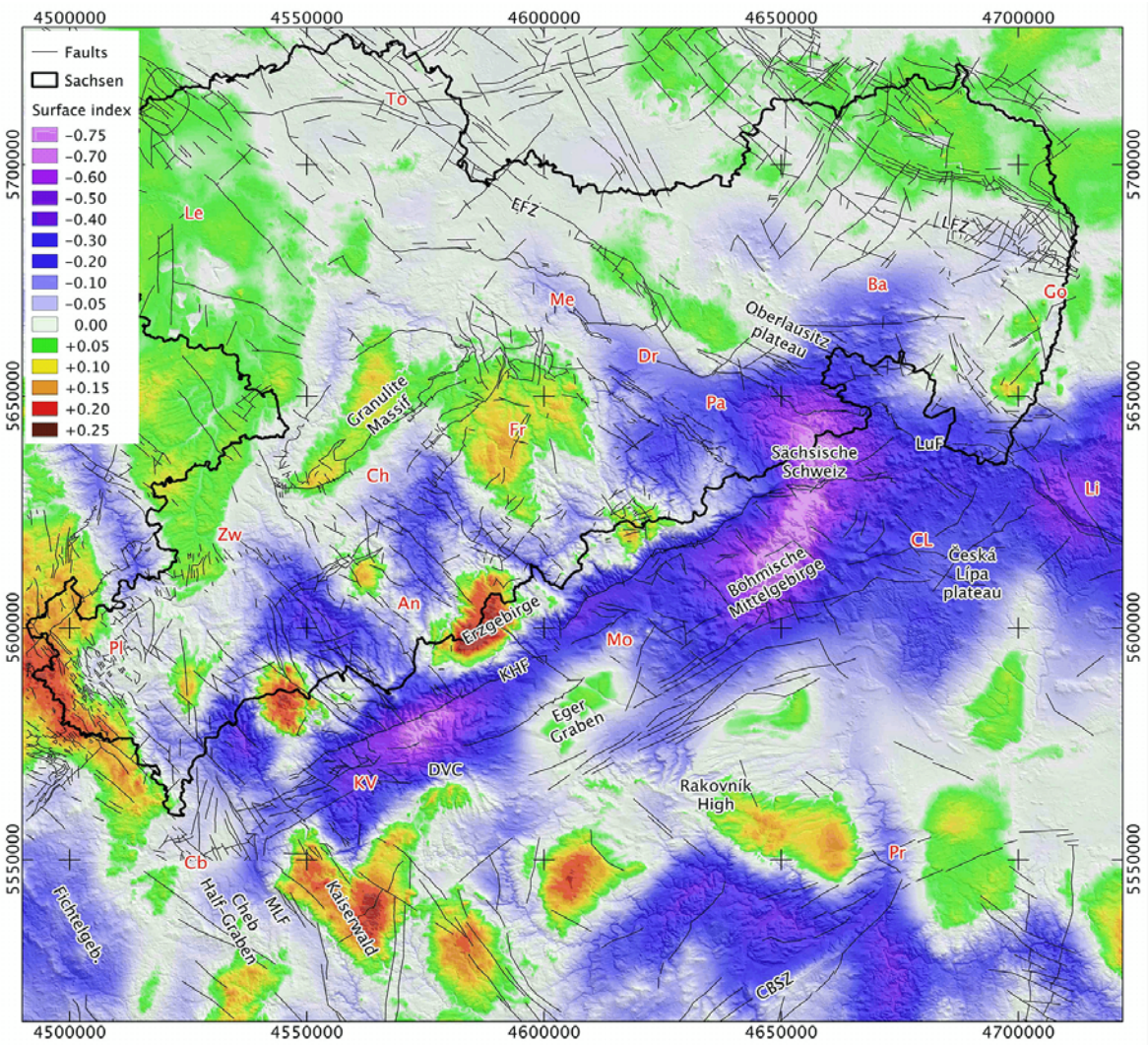


Abb. 6: *Karte des Oberflächen-Index (SI) von Sachsen.*

Die meisten Gebiete in Nordsachsen weisen eine steady-state-Topografie auf. Die SI-Werte zwischen -0,05 und +0,05 zeigen eine ausgeglichene extrem flache und kaum durch das Drainage-Netz eingeschnittene Oberfläche an (z.B. zeigt die Elbe nördlich von Meißen keine merkbare Erosion an). Dagegen zeigen die positiven SI-Werte der südlich anschließenden Gebiete des mittleren und westlichen Erzgebirges Relikte einer initial flachen Oberfläche, die sich rezent in einer ausgesprochenen Hochlage befindet. Die höchste Fläche (UPS in Abb. 5) ist reliktisch entlang der sächsisch - böhmischen Grenze südlich Eibenstock und Marienberg erkennbar. Die topografische Hochlage wird durch SI-Werte um 0,2 charakterisiert.

Die Chemnitz-Plauen Niederung als auch die gekippte Oberfläche in der Umgebung von Freiberg weisen geringere SI-Werte auf; die Flächen sind ebenfalls gut erhalten, haben aber nicht die Höhenlage der vorher genannten UPS-Flächen. Negative SI-Werte in Chemnitz-Plauen und östlich von Freiberg weisen auf eine starke erosive Einschneidung durch das Gewässersystem durch eine Veränderung des base levels hin. Gerade der östlich Teil des

Erzgebirges zeigt eine topografische Reorganisation durch river capturing während der glazialen Einschneidung der Elbe an.

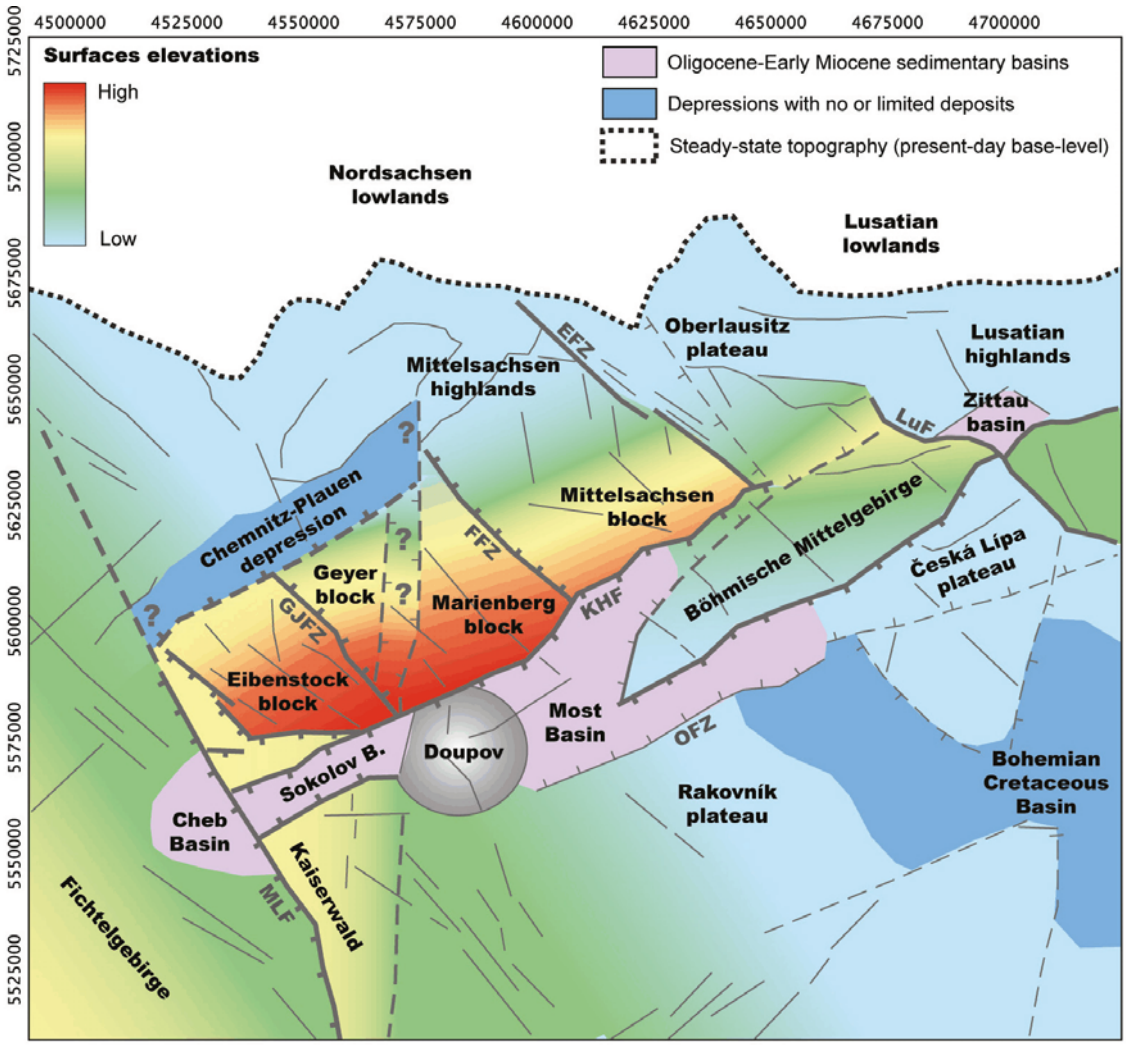


Abb. 7: *Neotektonisches Schema nach geomorphologischen Indices für das südliche Sachsen und nördliche Böhmen*

Die Interpretation der geomorphologischen Indices zeigt die wichtigsten tektonischen Diskontinuitäten in der Umgebung des Egergrabens. Die Entwicklung der Topografie des betrachteten Gebietes erscheint geomorphologisch sehr jung. Der Egergraben ist als NE-streichendes Strukturelement bis in die jüngste Zeit in das Pleistozän aktiv. In den angrenzenden Gebieten sind Verebnungsflächen erhalten geblieben, die durch geringe topographische Unterschiede und einen geringen Grad der Einschneidung des gewässernetzes charakterisiert sind. Diese Verebnungsflächen sind auch durch reliktische base levels in den untersuchten Flussprofilen definiert.

Neben dem Egergraben und seinen Randstörungen wird die rezente Morphologie durch die NW-streichenden Elemente überregionaler Störungszonen geprägt: Mariánské-Lázně-, Gera-Jáchymov-, Flöha- und Elbe-Störungszonen. Der Lausitzer Hauptabbruch scheint in der jüngsten geomorphologischen Entwicklung weniger aktiv zu sein.

Abkürzung der Störungsnamen: EFZ - Elbe fault zone, FFZ - Flöha fault zone, GJFZ - Gera-Jáchymov fault zone, KHF - Krušné Hory fault (Erzgebirgsstörung), LuF - Lusatian fault, MLF - Mariánské-Lázně fault, OFZ - Eger fault zone.

2.2. Datierung neotektonisch relevanter Ereignisse

Begleitend zur geomorphologischen Analyse der neotektonischen Aktivitäten in Sachsen sollten relevante Prozesse datiert werden, um so einen zeitlichen Rahmen zu setzen und einzelne Ereignisse möglicherweise zu differenzieren. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden zwei Methoden angewandt. Sedimentäre Füllungen von Karstschlotten im Metakarbonatkörper von Lengefeld sollten mittels palynologischer Datierungen ein Minimalalter für die Entstehung des Karstes und damit der Zeit des Absinkens des Grundwasserniveaus geben. Ar/Ar-Datierungen an Tertiär-Vulkaniten, die auf die Paläo-Oberfläche ausgeflossen waren oder zumindest in unmittelbarer Oberflächennähe intrudierten, sollten einen Anhaltspunkt zum Alter dieser Oberflächen geben bzw. die Bewegungen an der Lausitzer Überschiebung charakterisieren.

2.2.1. Palynologische Untersuchungen von tertiären Karbonatkarst-Schlotten im Erzgebirge

Die Karstschlotten des Metakarbonatkörpers Lengefeld scheinen an tektonische Elemente gebunden zu sein, die den gesamten Körper durchziehen (siehe Abb. 8). Die Füllungen der meist röhrenförmigen Schlotten sind stark Hellglimmer-führend und geschichtet. Der sedimentären Eintrag der Karstschlotten enthält lokal paläobotanische Relikte, die von Herrn Blumenstengl (Jena) bestimmt wurden.

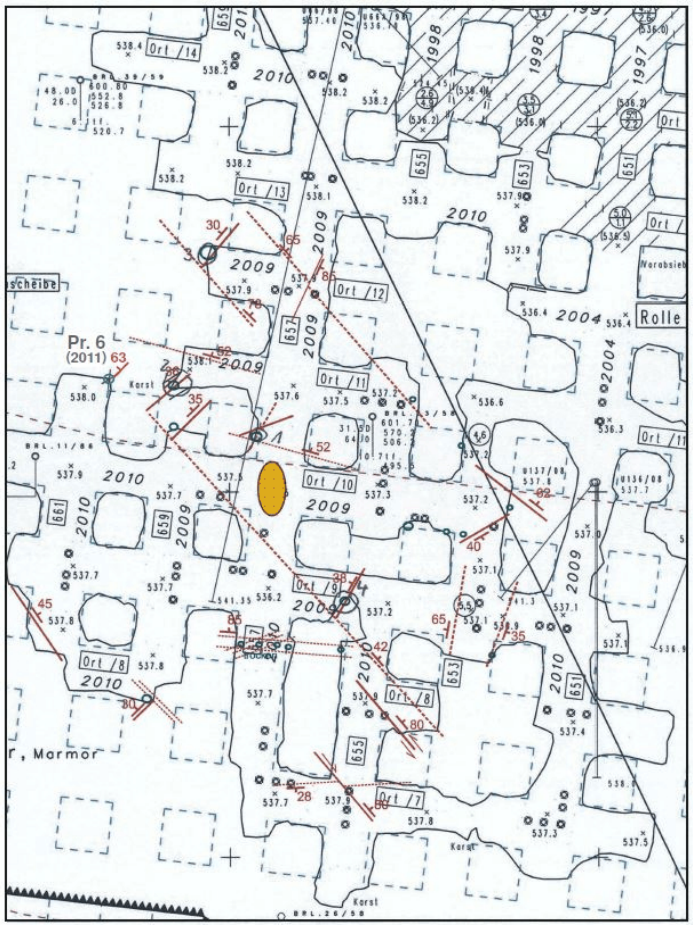


Abb. 8: *Übersichtskarte mit den Probenahmepunkten in Kartsschlotten der 6. Sohle, Bergwerk Lengefeld.* Probepunkte der Karstsedimente (blaue handgeschriebene Nummern) und Dokumentation der zugehörigen tektonischen Elemente (K. Stanek 2013).

19 20 21 22 23 24

19	E145 *Tricolporopollenites cingulum* –Gr.	5/4
20	E144 edmundoide Form (Mastixioidee)	5/2
21	*Tricolporopollenites,* verrucat	5/2
22	E112 *Tricolporopollenites abbreviatus*	5/2
23	Nyssoider Pollen	5/1
24	Tricolporopollenites indet	5/1

Abb. 9: *Beispiele für Pollen und deren Bestimmung*

Die Schlottenfüllungen in der Kalklagerstätte Lengefeld/"Neues Lager" können nach den palynologischen Befunden (ausführlicher Bericht siehe Anlage 2.1.) dem mittleren Eozän (höheres Lutetium bis tieferes Bartonium), einem Zeitabschnitt innerhalb der Sporomophenzone SPP 15D bis zur Zone SPP 16 zugeordnet werden, d. h. etwa einem absoluten Alter von ca. 40 bis 42 Ma.

Das entspricht einer sedimentären Sequenz, die vor der Hauptphase des Vulkanismus im Egergraben (und im südlichen Erzgebirge) in den Karstschlotten eingetragen wurde. Zeitlich liegen die Karstablagerungen wesentlich vor der Ablagerung der Sedimente der Stare Sedlo-Schichten in den Cheb- und Sokolov-Becken (Malkowsky 1987, Peterek et al. 2011 und Zitate dort). Stratigraphisch sind die Stare Sedlo-Schichten dem oberen Eozän zugeordnet. In diesen obereozänen Zeitraum könnten auch die Sedimente gehören, die die basaltischen Flows im Erzgebirge (Scheibenberg) unterlagern (pers. Komm. Peter Suhr 2013).

Die Karstablagerungen in der Grube Lengefeld gehören damit zu den ältesten tertiären Sedimente im Gebiet des Erzgebirges.

2.2.2. Ar/Ar-Altersdatierungen

Das Projekt sieht vor, oberflächlich extrudierte Laven sowie die Störung durchschlagenden Vulkanite als Zeitmarker für tektonische Aktivitäten mittels Ar/Ar zu datieren. Die Datierungsmethode beruht auf dem Zerfall der Isotope ^{40}K zu ^{39}Ar. Diese Isotopensysteme haben relativ geringe Schließungstemperaturen (ca. 300 °C) und bieten so die Möglichkeit, oberflächennahe Prozesse zu quantifizieren. Die Ar/Ar-Analytik (Aufbereitung, Neutronen-Bestrahlung, Abklingzeit, Messung) ist sehr zeitaufwendig und benötigt mindestens ein halbes Jahr Vorlauf. Deshalb mussten im vorliegenden Projekt die Altersdatierung parallel zu den geomorphologischen Untersuchungen ausgeführt werden. Die Ergebnisse der geomorphologischen Untersuchungen konnten deshalb nicht in die Auswahl der Probepunkte der Altersdatierung einfließen.

Die im vorliegenden Projekt untersuchten Proben sind ausnahmslos tertiäre basische Vulkanite, deren Extrusion an tektonischen Elementen sowie auf Paläo-Oberflächen lokalisiert ist. Die Ar/Ar-Abkühlalter der Vulkanite sind auf Grund der geringen Mächtigkeit der magmatischen Körper und der schnellen Abkühlung nahezu identisch mit der Zeit der Extrusion und stellt ein Mindestalter für die Aktivitätsphase der tektonischen Elemente dar.
Die ersten vier Proben (B14a, B15, B24, B30c, siehe Tabelle 1) sind Biotit-führende Tephrite und Basalte mit erhöhten Ti- und K-Gehalten aus dem Bereich des mittleren und östlichen Erzgebirgskammes. Der Biotit wurde separiert und für die sehr genaue Datierung genutzt. Die Proben stammen aus kleinen subvulkanischen Körpern, die in ENE-Richtung entlang des Erzgebirgsabbruchs angeordnet sind. Diese Vulkanite gehören zur Vulkan-Provinz des Egergrabens und sind in die Nähe der Verebnungsfläche vor Einbruch des Egergrabens (oder der Hebung des Erzgebirges) extrudiert.
Die Proben 100630A und 111104C stammen aus kleinen Staukuppen parallel zur Lausitzer Überschiebung (siehe Tab. 1). Die Extrusivkörper sind im Gelände in Steinbrüchen aufgeschlossen. Beide Gesteine sitzen dem Lausitzer Granodiorit auf, sind feinkörnig bis glasig und führen Sandstein-Xenolithe. Diese Alter sollen ebenfalls einen Zeitmarker für die Bewegung an der Lausitzer Überschiebung (Mindestalter) setzen.
Die Proben aus der Umgebung des Berzdorfer Beckens sind sowohl aus Bohrungen als auch aus der Deckenabfolge der basischen Vulkanite genommen. Diese Proben sollen das Alter der Pälao-Oberfläche vor Beckenbildung ergeben.

Tab. 1: Probeliste der mittels Ar/Ar-Methode datierten Gesteine. Die hellblau hinterlegten Proben stammen aus dem Erzgebirge, gelb hinterlegten aus dem Bereich der Lausitzer Überschiebung und die grün hinterlegten Proben aus dem Berzdorfer Becken.

	Probe	Lokalität / UTM-Koordinaten 33U	Gestein	tektonische Indikation	Bemerkung / Alter
1	B14a	SW' Blumenau 378437 / 5613650	Nephelinit	Erzgebirgsabbruch	30,71 ± 0,15 Ma (Biotit)
2	B15	SW' Blumenau 378439 / 5613761	Basalt	Erzgebirgsabbruch 50,663 N 13,28 E	30,65 ± 0,13 Ma (Biotit)
3	B24	NW' Oberwiesenthal 353019 / 5589823	Tephrit	Erzgebirgsabbruch 50,442 N 12,93 E	30,69 ± 0,14 Ma (Biotit)
4	B30c	Eisensteinberg (W' Neudorf) 340371 / 5594531	Tephrit	Erzgebirgsabbruch 50,481 N 12,75 E	30,61 ± 0,16 Ma (Biotit)
5	100630A	Pinsenberg Altendorf (Sebnitz)	Basanit	Lausitzer Überschiebung	31,2±0.2 Ma (WR)
6	111104C	südlich Hartha (Zittau) 484786 / 5632701	Basanit	Lausitzer Überschiebung	30.4±0.2 Ma (WR)
7	070213B	Spitzberg, Deutsch-Paulsdorf	Basanit	Gangspalte, prä-Berzdorfer Becken	31.88±0.07 Ma (WR)
8	060927C1	Steinberg, Ostritz 493017 / 5652077	Basanit	prä-Berzdorfer Becken	32.81±0.47 MA (WR)
9	05-3	Tagebau Berzdorf Brg. 5389, 93m	Basanit	Berzdorfer Becken prä-Becken	30.38±0.21 Ma (WR)
10	060927A	Deutsch-Ossig, Basaltrücken	Basanit	Berzdorfer Becken prä-Becken	29.71±0.19 Ma (WR)

Aus den in der Tabelle 1 dargestellten Werten muss davon ausgegangen werden, dass der Hauptanteil der vulkanischen Aktivität - zumindest in dem untersuchten Gebiet - um etwa 30 Ma im unteren Oligozän (Rupelian) zu verzeichnen ist. Das deckt sich auch mit Datierungen aus dem Böhmischen Mittelgebirge (Ulrych et al. 2006, 2011).

Das bedeutet, dass die Extrusion auf der Verebnungsfläche “2" (post-UPS) erfolgte und folglich die Hebung des Erzgebirges bzw. Senkung des Egergrabens jünger sein muss.

2.3. Tektonische Dokumentation post-Kretazischer tektonischer Strukturelemente

Wie aus der geomorpholgischen Analyse hervorgeht, ist der Egergraben das beherrschende neotektonische Element in Sachsen und seiner weiteren Umgebung. Deshalb lag es nahe, tektonische Modelle aus dem Egergraben als Arbeitshypothese zu übernehmen und auf die nördlich angrenzenden Gebiete zu übertragen und zu testen (Špičáková, et al. 2000):

- NW-streichende Störungen sind häufig reaktivierte varistische Störungen, die während des Neogens bis in das Pliozän aktiv waren;
- NE-streichende Störungen sind die rezent prominentesten Störungen als Randstörungen des Egergrabens (einige Autoren vermuten auch hier eine “deep-seated, lithospheric-scale boundary between the Saxonthuringian and Moldanubian” - z.B. Babuška & Plomerová, 2001);
- E-W-streichende Störungen spielen eine große Rolle in der Anlage von lokalen Sedimentationszentren. Diese Störungen sind während des späten Oligozäns und frühen Miozäns als Abschiebungen aktiv (Uličný et al., 2000; Rajchl & Uličný, 2000). Man kann die E-W streichenden Störungen auch im Basement außerhalb des Egergrabens verfolgen.
- N-S-streichende Störungen werden gelegentlich beschrieben, scheinen keinen Einfluss auf die Beckensedimente zu besitzen und erscheinen teilweise morphologisch nachgezeichnet. Bisher wird die Altersstellung und Kinematik kontrovers diskutiert.

Im Südteil von Sachsen sollen im vorliegenden Bericht Störungen beschrieben werden, die durch repräsentative Aufschlüssen sowohl regional als kinematisch nachgewiesen sind. Die Störungen müssen im Gelände eindeutig durch eine Harnischfläche oder Versatz geologischer Einheiten erkennbar sein. Sie werden nach ihrer Raumlage (Streichen, Fallen), dem Bewegungssinn (nach kinematischen Indikatoren auf der Harnischfläche) und nach den auf der Störungsfläche plastisch deformierten Mineralen charakterisiert. Die letztgenannte Beobachtung lässt Schlüsse zum Temperaturregime und damit zur Teufenlage der Störung bei der Entstehung zu. Ein kurze Einführung in die im Bericht verwandte Form der Darstellung von strukturgeologischen Raumdaten ist in der Anlage 3 gegeben.

Die Störungen werden regional orientiert von Nordost (Lausitz), südostsächsische Tertiärbecken, Elbezone nach Südwest (Erzgebirge) beschrieben. Die zugehörige tektonische Dokumentation ist in der Anlage 3 dargestellt.

2.3.1. Bruchtektonik des Lausitzer Basementblockes

Der Lausitzer Basementblock -LB - (Lausitzer Granodioritmassiv und nördlich vorgelagerte Grauwackensequenzen) wird traditionell zwischen zwei NW-streichenden Bruchlinien definiert, an denen die Cadomischen Granodiorite und Grauwacken gegen mesozoische Sedimente versetzt sind.
Die südwestliche Grenze des LB wird durch die Westlausitzer Störung gebildet. Diese Störung ist varistisch als grünschieferfazielle dextrale Verschiebung des Erzgebirges gegen das Lausitzer Granodioritmassiv angelegt. Parallel zu dieser Störungszone wurde in der Oberkreide die *Lausitzer Überschiebung angelegt,* eine markante tektonisch Linie innerhalb des südwestlichen Randes des Lausitzer Granodioritmassives. Der Versatz der Cenomanen Kreidebasis des auf der Lausitzer Hochscholle liegenden Weißiger Becken wird im Vergleich zur Tieflage in der Region Pirna auf etwa 700 bis 1000 m geschätzt.
Die nordöstliche Begrenzung des LB, der *Lausitzer Hauptabbruch,* ist der südöstliche Teil des Mitteldeutschen Hauptabbruches und trennt die Mesozoische Nordsudetische Mulde (NE) vom Lausitzer Granodioritmassiv und dem Görlitzer Schiefergebirge (Abb. 10). Die Sprunghöhe der Störung erreicht etwa 1000-1200 m in der Oberkreide (Turon). Der vertikale Versatz nimmt von SE nach NW ab. Die jüngsten Bewegungen entlang der Störungszone wurden in das Obermiozän bis Pliozän gestellt und erfassen Grabenbildungen (Gräben von Weißwasser, Nochten, Kausche, Calau) nördlich des Hauptabbruches. Der Hauptabbruch wurde durch eine NE-SW gerichtete Kompressionsphase im Miozän mehrfach versetzt (http://www.regionalgeologie-ost.de/Einfuehrung.htm).

Im Südosten teilen die nordöstlichen Ausläufer des Eger-Grabens den östlichen Teil des Lausitzer Granodioritmassivs (Seidenberger und Rumburker Granit, Isergebirgsgneise) von der westlich gelegenen Haupteinheit. Der Ausläufer des Egergrabens ist markiert durch Anlage von oligo-miozänen tektonischen Einbruchsbecken. Im Granodiorit wird die nordwestliche "Grabenschulter" nach der Interpretation gravimetrischer Daten als "Ebersbacher Störung" definiert (Conrad et al., 1983). Geomorphologisch kann man diese "Grabenschulter" nur bedingt nachvollziehen. Nach Westen ist die Grabenschulter als morphologisch markanter Abbruch der Erzgebirgsscholle ("Erzgebirgsstörung - Krušne Horý Fault") ausgebildet und erreicht hier Sprunghöhen von mehreren hundert Metern.

Die nordwestliche Grenze des Lausitzer Granodioritmassivs wird, je nach Betrachtungsweise, durch die Hoyerswerdaer Querstörung bzw. die Finsterwalder Störungszone gebildet (siehe Abb. 10). Für beide Störungen liegen bisher keine Daten zur Kinematik vor. Nach bisherigen

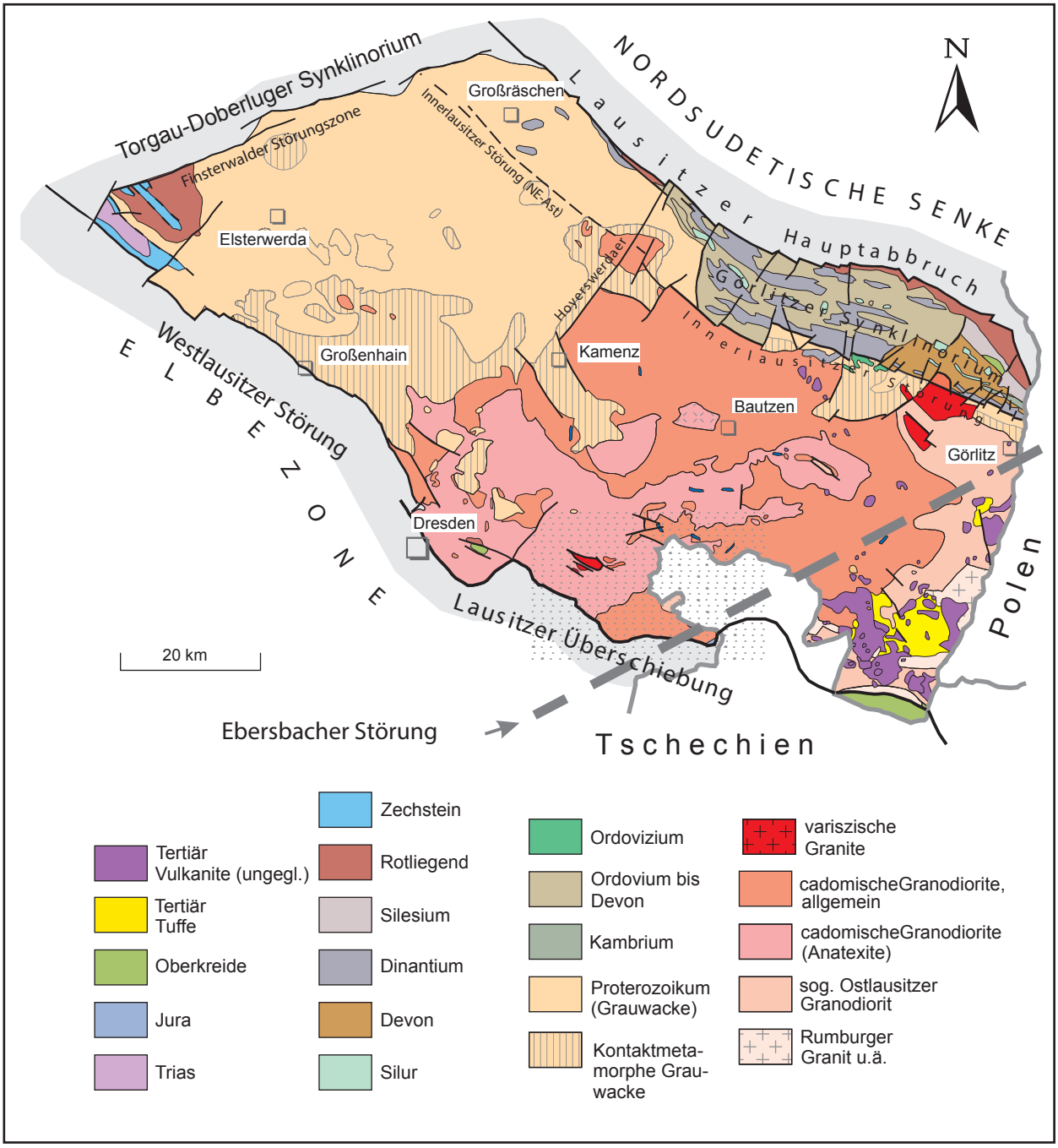


Abb.10: Übersicht zur Lage von tektonische Störungszonen im Bereich des Lausitzer Antiklinoriums
Darstellung ohne Sedimente des Känozoikum

(nach G. MÖBUS 1964, G. HIRSCHMANN & H. BRAUSE 1969; D. LEONHARDT 1995; O. KRENTZ et al. 2000)
(modifiziert aus http://www.regionalgeologie-ost.de/Einfuehrung.htm)

Kartendarstellungen sind die Hoyerswerdaer Querstörung und einige untergeordnete Störungen gleicher Streichrichtung im jüngsten Tertiär aktiv gewesen und haben den Lausitzer Hauptabbruch scheinbar sinistral versetzt (Kupetz et al., 1988; Göthel 1998).
Ziel der Untersuchungen zur känozoischen Bruchtektonik ist die Charakterisierung von Störungszonen, eine Abschätzung zum relativen Alter der Störungen und deren Verbreitung im Lausitzer Granodioritmassiv. Als älteste zeitliche Begrenzung der zu untersuchenden Störungen wurden die oberkretazisch-frühtertiäre Aktivität entlang der Lausitzer Überschiebung und am Lausitzer Hauptabbruch gesetzt. An beiden Störungen erfassen die Bewegungen oberkretazischen Gesteine, weisen somit ein Maximalalter von etwa 75-65 Ma auf (Wende Kreide /Tertiär) auf.
Prä-Mesozoisch angelegte Störungen
Die eingangs beschriebenen NW- und NE-streichenden regionalen Störungen, welche das Lausitzer Granodioritmassiv begrenzen, sind zum Teil in einem höheren Temperaturregime bei einer Überlagerung von etwa 10 km gebildet worden. Typische Beispiele finden sich in mehreren Aufschlüssen (Dokumentation siehe Anlagen). Eine südöstliche Fortsetzung der Westlausitzer Störung ist an der Autobahn A4 bei Weixdorf aufgeschlossen. Hier können mehrere Aktivitätsphasen nachgewiesen werden. Nach einer kataklastisch-mylonitischen Deformation mit Ausbildung einer grünschieferfaziellen Foliation im Granodiorit (varistisch?) treten Harnische mit tonigen Letten auf, die vermutlich im Meso-Känozoikum durch eine Reaktivierung der Störungen entstanden sind (Anlage 3-2). Diese relativ breiten Zonen enger Klüftung und Störungen lassen sich an sporadischen Aufschlüssen über den Dresdener Flugplatz in die Dresdener Heide und in südöstlicher Richtung bis über den Stolpener Granit hinaus verfolgen (Müller, 1956).
Für das Gebiet des Lausitzer Hauptabbruches liegen keine Aufschlussdaten vor, es wird aber von einer primär-varistischen Anlage dieser Störung als (dextrale?) Blattverschiebung ausgegangen.

Einen ähnlichen, aber etwas “kühleren” Temperaturbereich repräsentieren NE-gerichtete Störungen im Steinbruch Kindisch. Die Störungsflächen sind mit Chlorit und Quarz besetzt. Die Hauptdeformation konzentriert sich auf eine NE-streichende Mylonit- und Kataklasitzone, in der der Granodiorit stark hydrothermal alteriert ist bzw. die Klüfte mit Karbonat verheilt sind. Der Granodiorit wird von mehreren basanitischen Gangscharen durchschlagen, welche von der Mylonitzone sinistral versetzt werden (Anlage 3-3). Die Basanitgänge zeigen ein monotones N-S-Streichen und haben ein vorläufiges Alter von etwa 400 Ma (pers. Mitteilung Jörg Pfänder 2013). Die Störungen sind sehr wahrscheinlich varistisch angelegt. Untergeordnet treten dextrale Seitenverschiebungen gleicher Streichrichtung auf, die kältere Bedingungen anzeigen und damit jünger sind Eine ähnliche varistische Alterseinstufung haben NE-streichende Mylonitzonen im Granodiorit südlich von Löbau (Strumpf et al., 1992).

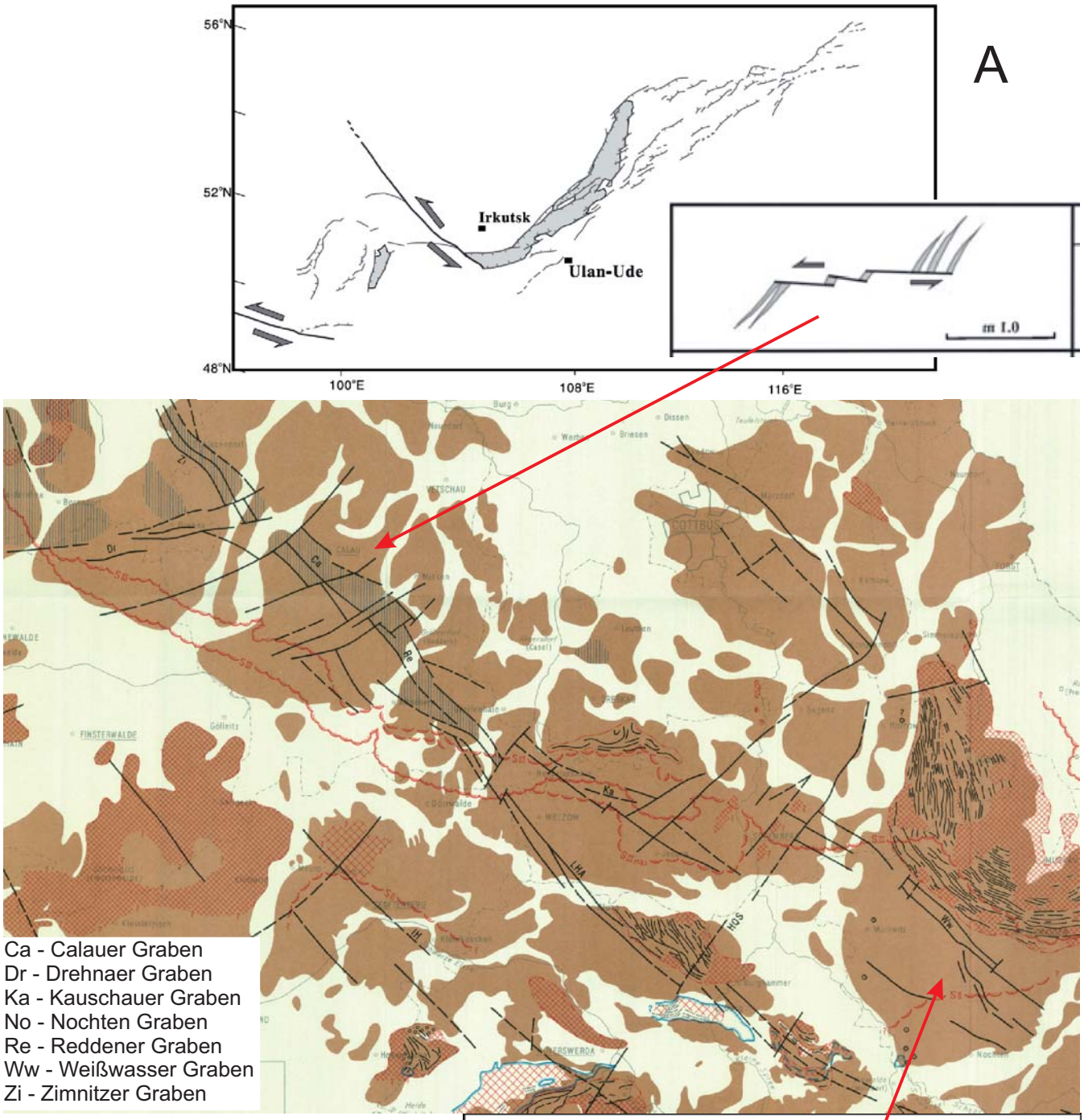
Meso-Känozoisches Störungsinventar

Der Zeitmarker für die zeitliche Einstufung von “jungen” Störungen bildet im vorliegenden Bericht der regionale Versatz von mesozoischen Sedimenten gegen Lausitzer Granodiorite am Ende der Oberkreide. Dabei wurden wie im Fall der Lausitzer Überschiebung und des Lausitzer Hauptabbruches ältere Störungszonen reaktiviert.

NW-SE streichende Störungen
Wie schon für den Weixdorfer Aufschluss beschrieben (Anlage 3-2) repräsentieren die Störungen in den Tonsteine und Tuffiten (Devon?) am Grenzübergang Ludwigsdorf (Görlitz - Anlage 3-4) einen ähnlichen Temperaturbereich (tonige Letten). Diese Störungen indizieren eine relativ kühle, junge dextrale Bewegung an der Innerlausitzer Störung. Das Alter der Bewegung kann als post-kretazisch angenommen werden. Gestützt wird diese Annahme durch die grabenartig tektonisch begrenzten Reste kretazischer Sedimente nordwestlich der Innerlausitzer Verwerfung. Im Steinbruch Schwarzkollm wird der Kontakt zwischen Cadomischen Granodiorit und Grauwacken sinistral versetzt. Es gibt kaum plastisch deformierte Minerale als Harnisch-Belege, auch hier muss die Bewegung unter relativ oberflächennahen Bedingungen erfolgt sein (Anlage 3-5).

Die strukturgeologischen Verhältnisse an der Lausitzer Überschiebung differieren in einzelnen Aufschlussgebieten und sind vermutlich abhängig von der Rheologie der kretazischen Sedimente und von der Reichweite der individuellen Störungsfläche. Im nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes wurde durch die OPAL-Trasse 2010 die Lausitzer Überschiebung bei Oberau aufgeschlossen (Anlage 3-6). Der Meißner Hornblende-Biotit-Granit ist hier auf flach lagernde Pläner-Mergel aufgeschoben. Die Aufschiebung wird begleitet von einer störungsparallelen, etwa 30 m mächtigen Engkluftzone in den Mergeln. Der Mergel ist unmittelbar unter der Störungsfläche kataklasiert und zu Störungsletten verformt. Die Harnische in den Letten belegen eine steile Aufschiebung nach WSW. Dieser tektonischen Richtung sind im Granodiorit untergeordnete NE-streichende Blattverschiebungen zuzuordnen. Die anderen Versatzflächen im Granodiorit zeigen sich dagegen meist dunkel glänzend und chloritisiert und sind wahrscheinlich älter. Südwestlich, am entgegengesetzten Rand der Elbtalkreide, ist im Tännicht-Tal und angrenzenden Taleinschnitten der Augengneis auf den Plänermergel aufgeschoben und hat diesen in eine steile Lagerung aufgeschleppt (Anlage 3-6).

Ein zweites Aufschlussgebiet der Lausitzer Überschiebung liegt zwischen dem Pillnitzer Sporn bei Oberpoiritz und dem Kirnitzschtal. Östlich von Pillnitz wird die morphologisch herausgehobene Front des Lausitzer Granodiorits von jungen Kerbtälern durchbrochen. In diesen Kerbtälern sind engständige Kluftzonen und Störungen parallel zur NW-streichenden Lausitzer Überschiebung aufgeschlossen. Die Engkluftzonen reichen etwa 300 Meter (aufgeschlossen) in den Granodiorit hinein und sind teilweise durch Karbonat belegt. Das deutet darauf hin, dass die Fläche post-kretazisch geöffnet waren. Die Engkluftzonen werden durch NE-streichende strike-slip Störungen versetzt. Die Harnische der dextralen, NE-gerichteten Störungen sind mit Letten besetzt und lassen auf eine geringe Bildungstemperatur schließen (Anlage 3-7). Untergeordnet treten die Letten-führenden Harnische auch in der NW-Richtung auf, so dass man von einer Reaktivierung der älteren Störungen ausgehen muss.
Am Breiten Stein und bei Hohnstein spricht die Lage der Schichtung in den Sandsteinen und das Auftreten von jurassischen Sedimenten im Störungsbereich für eine Aufschleppung der kretazischen Sandsteine an der Störung. Eine ähnliche strukturelle Position wird mit der Aufschleppung von jurassischen Eisenerzen von der Hocksteinschenke beschrieben (Müller & Wächter 1970). Bemerkenswert ist das Auftreten von stark silifizierten Sandsteinen vor allem in Bereichen der Kreuzung der Lausitzer Überschiebung mit NE-streichenden jüngeren Störungen wie nördlich des Breiten Steins (Borsberg-Störung) und an der Ostrauer Mühle (vermutete Kirnitzschtal-Störung) (siehe Anlage 3-8). Diese NE-Störungen sind hier zumindest



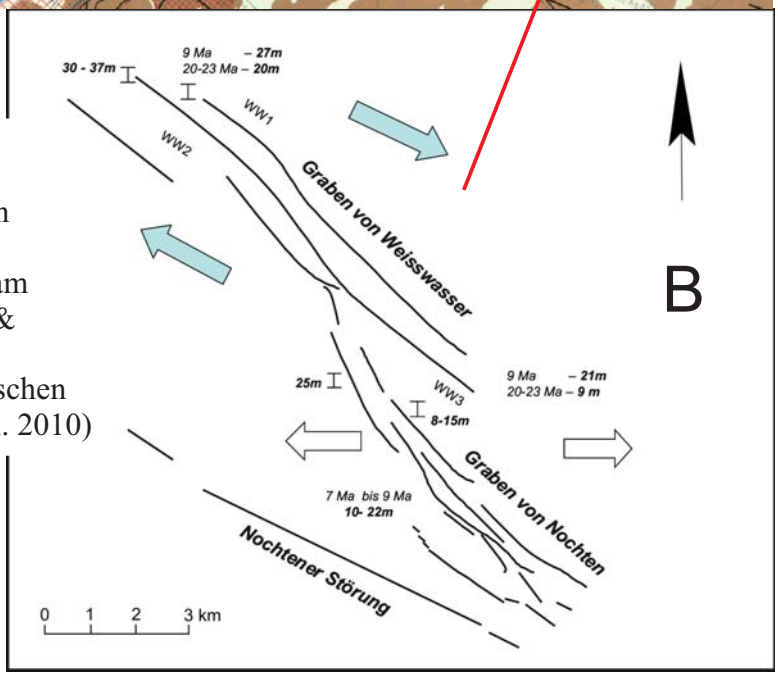


Abb. 11:
Übersicht über die tektonischen Gräben in Miozänen Braunkohlenhorizonten der Niederlausitz (Kupetz et al. 1989):
A: Interpretation als Extensionsstrukturem am Ende sinistraler Blattverschiebungen (Kim & Sanderson 2006)
B: Extensionsbrüche (Fiederstörungen) zwischen Dextralen Blattverschiebungen (Krentz et al. 2010)

als Alttertiär zu datieren.
Man muss folglich davon ausgehen, dass die spät-kretazische Lausitzer Überschiebung im Gebiet Pirna - Bad Schandau von jüngeren, NE-streichende Störungen versetzt wird. Im Aufschluss kann das im Finstergrund bei Pillnitz belegt werden (Anlage 3-7).

Eine ähnliche tektonische Situation ist im Zittauer Gebirge zwischen Oybin (Teufelsmühle) und dem Pfaffenstein (Kohouty Vrch) auf tschechischem Gebiet anzutreffen. Die Aufschiebungsfront der Lausitzer Überschiebung wird hier durch stark verkieselte konglomeratische Sandsteine markiert. Der Sandstein (und Granodiorit) wird von NE-streichenden Blattverschiebungen durchschlagen. Die größte Dichte dieser Störungsflächen kann im Gebiet nördlich von Lückendorf beobachtet werden, was wahrscheinlich zur Abtragung des silifizierten Sandsteins geführt hat. Die "Lücke" in der Sandsteinfront hat zur Hypothese der "Lückendorfer Störung" geführt (Kasinski & Panasiuk, 1987). Es handelt sich nach aktuellen Kartierungen aber um keine einzelne Fläche, sondern um eine mehrere hundert Meter breite, NE-streichende Störungszone mit diskretem, dextralen Versatz (siehe Anlage 3-9). Nach Bohrdaten bildet die Störungszonen wahrscheinlich einen tektonischen Graben, der sich nach NE in das Becken von Hradek fortsetzt. Auch im nördlich anschließenden Gebiet werden NW-streichende, mehrere Kilometer aushaltende Quarzgänge bei Rumburk durch die NE-streichenden strike-slip Störungen versetzt (Anlage 3-10).

Die direkte Fortsetzung der NE-streichenden Störungen im Zittauer Becken wird durch jüngere NW-streichende Störungen unterbrochen, die zu einer Hebung der Kreidesandsteine gegenüber dem nördlichen prä-kretazischen Basement geführt hat. Diese Hebung wird durch Basislagen des Phonoliths dokumentiert, die über die jüngeren Störungen hinweg eine Höhendifferenz von ca. 300 m anzeigen und kontinuierlich in das Zittauer Becken abfallen (Anlage 3-9). Im Aufschluss wird diese Hebung durch eine Serie von "kalten" S-fallenden Engkluftzonen markiert. Die sehr junge Hebung wurde bereits von Staff (1914) und von Pietzsch (pers. Mitteilung P. Suhr) vermutet.

Die geologische Übersichtskarte 1:400.000 von Sachsen weist im nordwestlichen Lausitzer Granodioritmassiv mehrere markante NE-gerichtete Störungen auf, die in der streichenden Erstreckung von der Elbe-Zone bis zum Lausitzer Hauptabbruch reichen und diesen versetzen (vereinfacht Abb. 10). In Aufschlüssen konnten diese Störungszonen während des bisherigen Berichtszeitraumes nicht dokumentiert werden.
Folgt man den Kartendarstellungen von Kupetz et al. (1989) und Göthel (1998), versetzen die NE-streichenden Störungen den Lausitzer Hauptabbruch sinistral. Nördlich dieser Versätze sind durch großflächige Aufschlüsse in Braunkohletagebauen Grabenstrukturen nachgewiesen worden (Viete 1960, Viete 1961, Krentz 2008, Krentz et al., 2010). Die Gräben werden als konjugierte Fiederstörungen zwischen dextralen Blattverschiebungen (Krentz et al., 2010) interpretiert. Ein anderes Modell zur Erklärung der Extensionsstrukturen könnte die Anlage von Extensionsgräben (als "wing cracks") am Ende von NE-streichenden Blattverschiebungen (Kim & Sanderson, 2006) sein. Auf dieses Modell könnten auch Aufschiebungsstrukturen im 2. Lausitzer Flöz im Tagebau Welzow hinweisen. Die Kartierung (fortlaufender Baggerschnitt) und Auswertung dieser Daten steht noch aus (Bachelorarbeit Erik Seiert 2014). Hier werden die Deformationen in das Miozän (post-2.Flöz) gestellt (pers. Mitteilung Christiane Stanulla, Vattenfall 2013).

Ähnliche Extensionstrukturen (NE-gerichtete Abschiebungen) konnten auch in den quartären Kieslagen der Neiße-Terrasse im Tagebau Berzdorf nachgewiesen werden. Hier sind eindeutig quartäre tektonische Versätze dokumentiert (Anlage 3-11).

E-W streichende Störungen

E-W streichende Störungen sind durch die Braunkohlenerkundung und den Bergbau im Zittau-Turover Becken nachgewiesen worden (Autorenkollektiv 1978, 1988). Die Hauptstörung, die den sogenannten Zittauer Granitrücken nach Norden begrenzt, durchschlägt das Zittauer Oberflöz. Damit ist sie jünger als diese palynologisch als Miozän datierte Flözgruppe. Die Störung setzt sich nach Osten in den Tagebau Turov als Hauptstörung fort (Vacl 1998). Die Versatzbeträge an der Störung liegen zwischen 60 und 80 m. Im Tagebau Turov konnten die Störung im Aufschluss dokumentiert werden. Die Störungsfläche ist mit einem Harnisch aus tonigem und kohligem Material besetzt. Westlich von Zittau läuft die Störung bei Mittelherwigsdorf aus. Das Schema der Störungen des Zittauer Beckens ist in Abb. 17 dargestellt.
Eine ebenfalls E-W-streichende wasserführende Störung hat im Tagebau Berzdorf (südlich Görlitz) scheinbar das NE-gestreckte Becken versetzt. Diese Störung kann als östliche Fortsetzung der Cunewalder Störung betrachtet werden, die den gesamten Zentralteil der Lausitz durchschneidet und im Tal bei Cunewalde durch Maare charakterisiert ist.

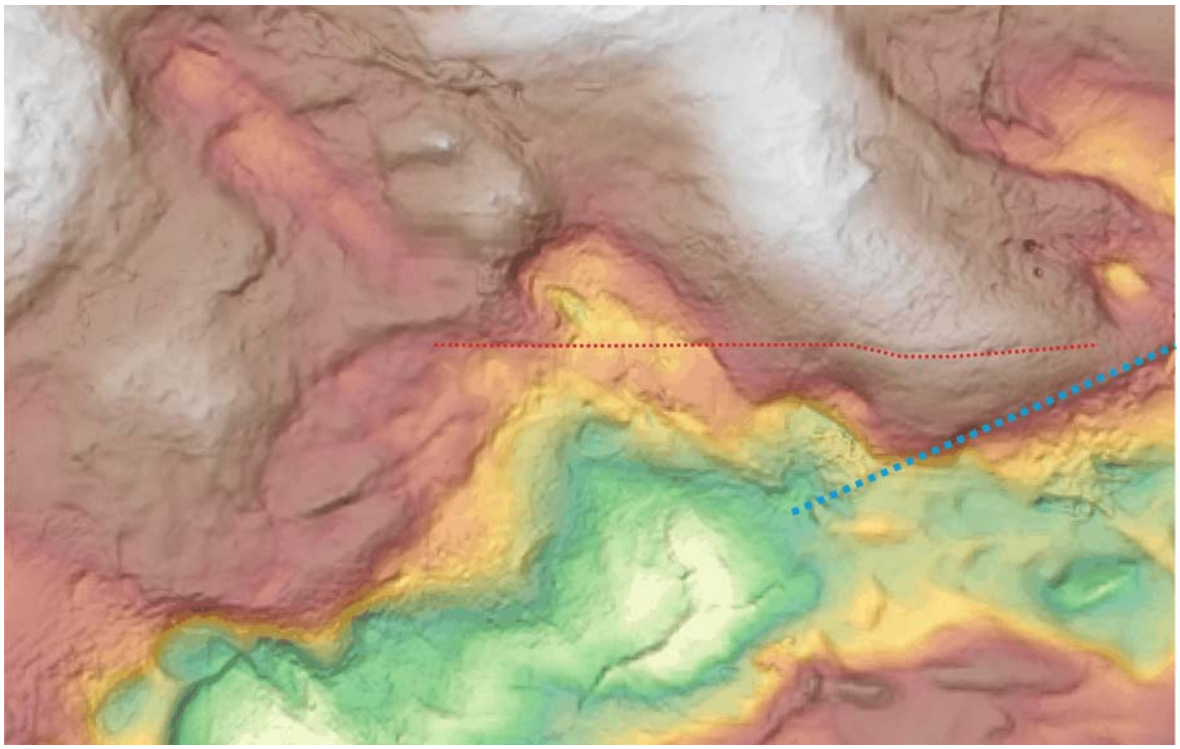


Abb. 12: Cunewalder Querstörung (rot-gestrichelt) und die Ebersbacher Störung (blau-gestrichelt) nach gravimetrischen Daten und zum Teil morphologischen Indices

2.3.2. Bruchtektonik in der Elbe-Zone

Der tektonische Übergang zwischen dem aktuellen Lausitzer Basementblock und der Elbezone kann in der Lausitzer Überschiebung gesehen werden. Ein Teil der spröden, post-kretazischen Deformation ist bereits vorangehenden Kapitel beschrieben worden und soll hier nur noch erwähnt werden. Die oberkretazische Lausitzer Überschiebung als klassisch beschriebene oberkretazsich-frühtertiäre Überschiebung des Lausitzer Granodiorits auf kretazische Sandsteine verbunden mit einer Schleppung der Sandsteine (siehe exemplarisch Abb. 12) kann für die Region zwischen dem Zittauer Gebirge - Hohnstein bis zum Breiten Stein nordöstlich Pirna nachgewiesen werden.

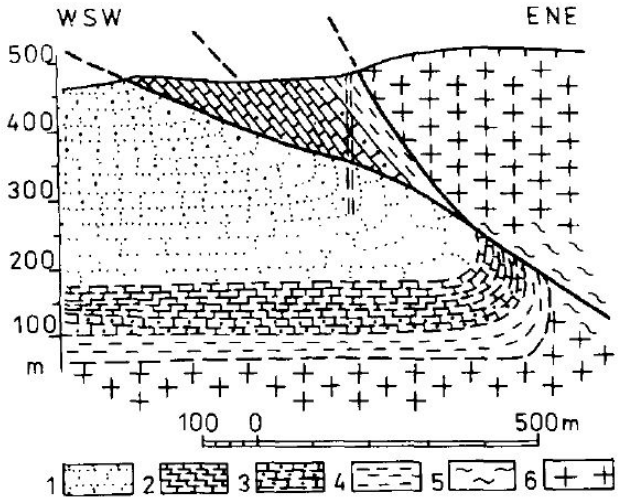


Abb. 13: *Beispiel für die Struktur des Lausitzer Überschiebung bei Doubice (aus Malkovsky 1987)*

Man muss damit rechnen, dass die "Überschiebung" in der Höhe der Autobahnbrücke Dresden endet und die Deformation, verbunden durch eine NE-streichenden Störung, durch NE-gerichtete Überschiebung der Coswiger Orthogneisen und einer Aufschleppung der kretazischen Sedimente akkommodiert wird.

Zu den jüngeren Störungen entlang der Lausitzer Überschiebung gehört die Aufschiebung in Oberau (Anlage 3-6). Sie repräsentiert eine kalte junge Bruchstörung, an der das Lausitzer Basement über die Kreide-Sandsteine gehoben wurde. Kinematische Ähnlichkeit besteht zu den vermutlich pliozänen Hebung der Kreide-Sandsteine gegen die Lausitz im Zittauer Gebirge (Anlage 3-9).
Parallel (NW-SE) zur Lausitzer Überschiebung sind im Granodiorit in geeigneten Aufschlüssen östlich von Dresden vermutlich tertiäre Engkluftzonen und Störungen zu beobachten. Diese Engkluftzonen setzen sich im Kreidesandstein bei Borsberg und Liebethal nicht fort (siehe Anlagen 3-8, 3-12). Hierfür kann es zwei Erklärungen geben: Die Engkluftzonen sind älter als die kretazischen Sandsteine (wenig wahrscheinlich), oder an der Borsberger Störung hat es einen sinistralen Versatz gegeben, der die südliche Fortsetzung der Engkluftzonen nach Nordost verschoben hat. Diese Interpretation würde sich mit dem in den Karten verzeichneten miozänen Versatz der Lausitzer Hauptverwerfung decken.
Diese sinistrale Bewegung könnte auch die postulierten Blockrotationen der Sandsteine östlich und südlich von Pirna erklären. Nach der geomorphologischen Analyse ist hier eine plio-pleistozäne Verebnungsfläche an gekrümmten Störungen geteilt und nach Ost gekippt worden (siehe Anlage 3-8 und Abb. 13).

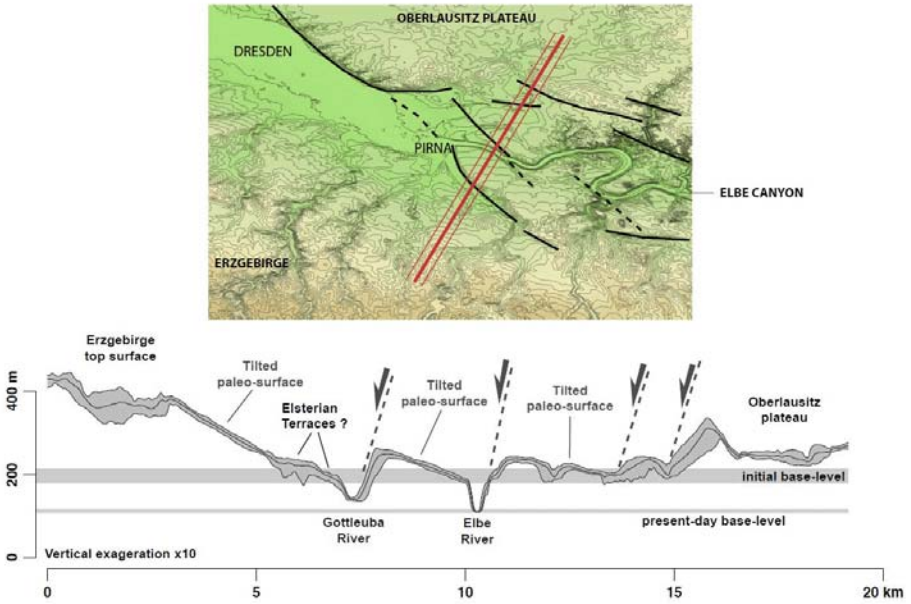


Abb. 14: *Verebnungsfläche auf Kreidesandstein im Gebiet südlich und östlich Pirna*.
Die Oberfläche ist gestört und nach Ost gekippt. Die Aufragung westlich des Oberlausitz Plateaus ist der Höhenzug des Breiten Steins und besteht aus silifiziertem Sandstein (Abb. 7 aus Anlage 1).

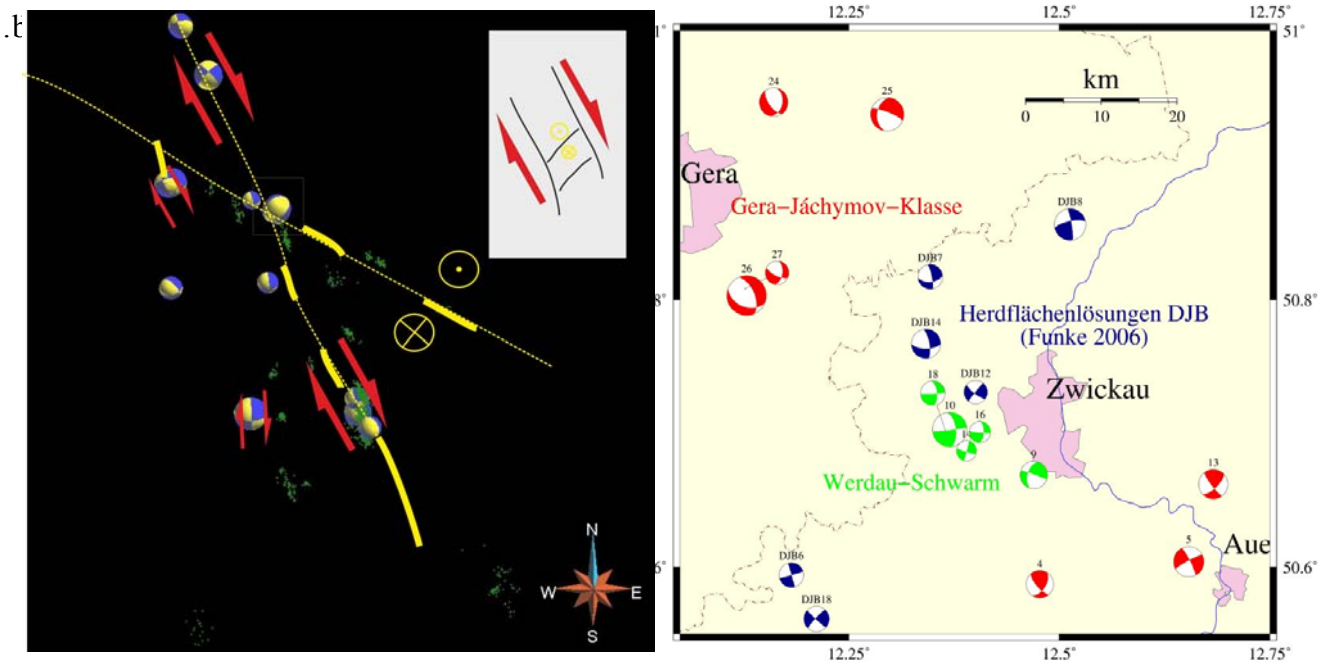
Größere Bedeutung für die Elbezone haben N-S und untergeordnet E-W streichende Kluftzonen und spröde Störungen. Diese können sowohl Basement-Gesteine wie den Monzonit im Weißeritz-Tal betreffen als auch kretazische Sandsteine (Anlage 3-12a). Im Weißeritz-Tal betreffen die N-S streichenden Störungen eine mehrere hundert Meter breite Zone, die durch aufgelassene Steinbrüche gut nachweisbar ist. Diesen N-S streichenden Zonen sitzen auch ergiebige Brunnen der ehemaligen Felsenkeller-Brauerei Dresden-Plauen auf (pers. Mitteilung M. Schauer 2010).
Orthogonale Bruchflächen können in den kretazischen Sandsteinen von Liebethal bis an die tschechische Grenze auf der westelbischen Seite dokumentiert werden (Anlage 3-12b+c). Hier können auch im morphologischen Reliefbild N-S bis NNE-streichende "Flächenzonen" ausgehalten werden. Mit Annäherung nach Norden an die Lausitzer Überschiebung dominieren dann NW-streichende Kluftscharen (Anlage 3-13). Möglicherweise ist das auch ein Effekt des Canyon-artigen Einschnitts des Elbtals (base level drop) und der rückschreitenden Erosion des Sandsteins.

2.3.3. Bruchtektonik im Erzgebirge

Die Störungssysteme im metamorphen Erzgebirgskristallin sind schon auf Grund ihrer

Lagerstättenführung vielfältig untersucht worden. Stellvertretend sollen hier die Arbeiten von Kuschka (1994) und Steinborn (2008) genannt sein, die einen regionalen Überblick zu den Störungen im Erzgebirge und den überlagernden Sedimentbecken gegeben haben.
Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Untersuchung der durch die geomorphologische Untersuchung (Anlage 1.1) favorisierten Störungszonen. Folgt man der Interpretation von Abbildung 7 (S.12), so sollten vor allem reaktivierte NW-SE streichende Störungen und untergeordnet Störungen parallel zum Egergraben auftreten. E-W sowie N-S streichende Störungen sind nach geomorphologischen Indikationen vorhanden, deren regionale Wirksamkeit muss noch geprüft werden.

Der westliche Erzgebirgsblock wird im Westen von der Mariánské-Lázně - Störung, im Osten durch die Gera-Jáchimov - Störung begrenzt. Die Mariánské-Lázně - Störung ist bis in jüngste Zeit zumindest in dem Teilstück der Plousnice-Störung aktiv. Auf tschechischem Gebiet wird hier das Becken von Cheb gegen das Sokolov-Becken abgegrenzt (Schunk et al., 2003; Bankwitz et al., 2003). Eine Fortsetzung der Störung auf deutschem Gebiet wird vermutet, konnte bisher im Gelände nicht nachgewiesen werden. Die seismische Aktivität spricht aber für eine rezente Fortsetzung der Störung bis in den Raum nordöstlich von Plauen (Abb. 15).



15: *Interpretation seismischer Ereignisse in Westsachsen (links: Scheidewig 2007, rechts Jakob 2009).*

In Abb. 15 (links) scheint die Forstsetzung der Mariánské-Lázně - Störung seismisch indiziert zu sein. Das gelb markierte Kästchen lokalisiert die tektonische Interpretation oben rechts. Im rechten Bild der Abb. 15 dominieren zwischen Aue und Zwickau strike-slip-Bewegungen in NW- oder NE-Richtung (Gera-Jachimov). Westlich Zwickau setzt sich die N-S bzw. E-W-Richtung der Blattverschiebungen durch.

Die vorliegenden seismischen Daten lassen sich im Bereich der NNW streichenden Mariánské-Lázně - Störung bei Novy Kostel und deren Verlängerung in das Vogtland mit morphologischen Phänomenen gut korrelieren. Für eine abschließende Beurteilung fehlen strukturgeologische Daten bzw. die Interpretation von hochauflösenden Fernerkundungsdaten. Der NW-streichende Bereich von Herdflächenlösungen wird vorläufig als Parallelstörung der Gera-Jáchimov-Störung interpretiert. Hier sind vor allem im Zwickauer Raum ergänzende strukturgeologische Untersuchungen notwendig, um die seismischen Daten mit relativer Sicherheit interpretieren zu können.

Die östliche Begrenzung des westlichen Erzgebirgsblockes wird durch die Gera-Jáchimov-Störungszone gebildet. Sie stellt wahrscheinlich die südöstliche Fortsetzung der Finne-Störung dar (Malz & Kley 2012). Problematisch erscheint der Vergleich der Kinematik der beiden Störungen: die Finne-Störung wird als kompressive Struktur verstanden, während die Gera-Jachimov-Störung im Wesentlichen als extensive Struktur betrachtet wird.
Eine der wesentlichen und bekanntesten Störungen in der Gera-Jáchimov-SZ sind Störungen vom Typ "Roter Kamm". Der Rote Kamm ist eine NW-streichende Störungszone, die nordwestlich von Schlema in den phyllitischen Serien aufsitzt und sich durch den Auerhammer Granit ca. acht Kilometer nach SE verfolgt werden kann (Hiller & Schuppan (2008). Nach Geländeaufnahmen konnten im streichenden Verlauf der Störung mehrere Splays und parallele Störungen kartiert werden, deren relative Altersfolge in Abb. 16 dargestellt ist.

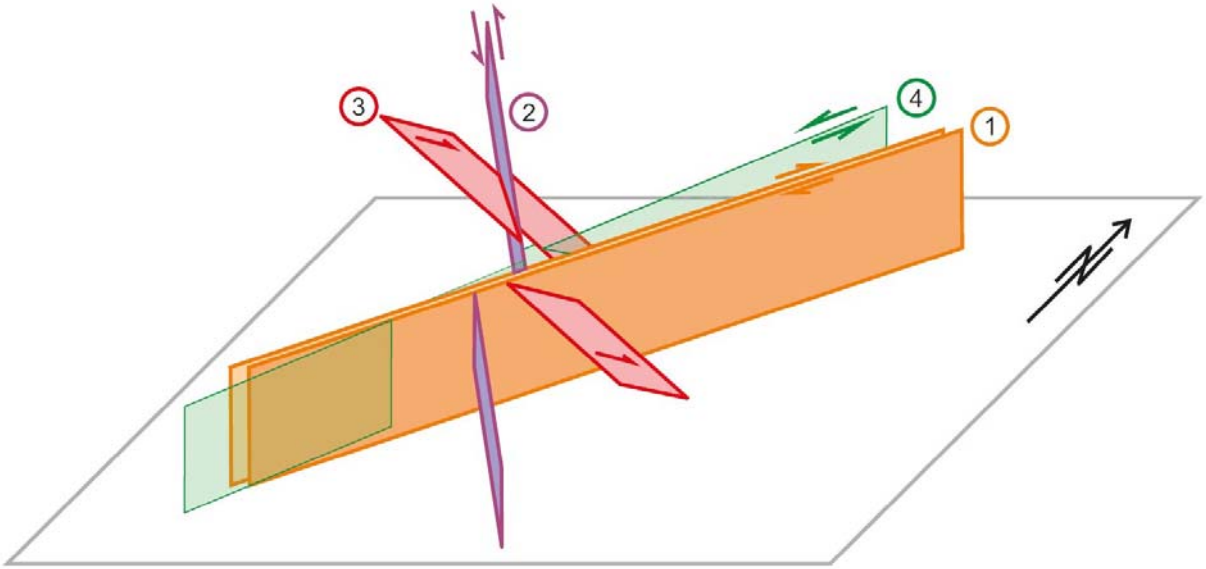


Abb. 16: *Modell der Störungen und deren relative Altersfolge aus dem Gebiet südlich Aue.*
Orange - jüngste Kataklasezonen (1). Etwas älter sind NNW-streichende sinistrale Blattverschiebungen (2). Rot - NE-gerichtete Abschiebungen vom Typ „Roter Kamm" (3). NE-streichende Blattverschiebungen mit hydrothermaler Mineralisation (4) sind die ältesten beobachteten Störungen.

Der Rote Kamm weist einen Abschiebungsbetrag von mehreren hundert Metern auf (Hiller & Schuppan, 2008). Die Störungszone besteht im Granit aus einer mehrere Meter mächtigen Brekzienzone, die zum Rand abnehmend vollständig silifiziert ist. Die im Aufschluss Schacht 371 in Schlema beobachteten Harnische belegen eine Abschiebung (Anlage 3-14). In der

frischen Auffahrung (Umfahrung Marcus-Semmler-Stolln 2013) sind an diese Abschiebungen geöffnete, Wasser-führende Küfte gebunden. Problematisch erscheint in Verbindung mit dieser Abschiebung das Auftreten der Brekzienzone. Möglicherweise ist die Brekzienzone an eine ältere Aufschiebung gebunden, die von der kartierten Abschiebung reaktiviert wurde. Zu der kartierten Extensionsstruktur passen zwanglos die konjugierten SW-fallenden Störungen nordöstlich des Roten Kammes.
Wenn die Abschiebungen vom Typ "Roter Kamm" eine ältere Aufschiebung (Kompression am Ende der Oberkreide?) reaktivierte, kann ihnen unter Vorbehalt ein tertiäres Alter zugeordnet werden. Der duktil deformierte Quarz weist aber noch auf eine Anlage der Störung im Krustenniveau von etwa 2-4 km Tiefe hin. Die NW-streichenden Abschiebungen werden jedoch von kataklastisch ausgebildeten Störungen in NE-SW-Richtung durchschlagen (Abb. 16). Die spröde Deformation von Quarz in den Kataklasezonen belegt eine oberflächennahe Deformation. Diesen Störungen sitzen einige Brunnen des Kurbades Schlema auf (pers. Mitteilung A. Hiller, 2013).
Die Störungen am Roten Kamm finden ihre Fortsetzung nach SE in der Rittergrüner Störung (Lagerstätte Pöhla) bis in das Gebiet um den Fichtelberg. Die Breite der Gera-Jáchimov-SZ kann an dieser Stelle mit etwa 2-4 km angenommen werden.

Im zentralen (Marienberger) Erzgebirgsblock setzt sich das spröde Störungsinventar der Gera-Jáchimov-SZ fort. In einem instruktiven Aufschluss im Gneis von Dörfel können sowohl die NW-streichenden Blattverschiebungen als auch jüngere SW-fallende Abschiebungen kartiert werden. Die jüngsten Störungen sind NW-gerichtete Abschiebungen, die möglicherweise konjugierte Störungen zur Nordrand-Störung des Egergrabens darstellen. Diese Störungen sind lokal mit Fluorit besetzt (Anlage 3-15).

Der zentrale (Marienberger) Erzgebirgsblock wird im Osten durch die sogenannte Flöha-Störungszone begrenzt. Im Gelände konnten bisher - auch auf Grund der Aufschlusssituation - sehr wenige Störungen dokumentiert werden. Im Kartenbild (GK100 Erzgebirge, 1995) wird der metamorphe Komplex des zentralen Erzgebirges von einer SW-fallenden Abschiebungszone durchschlagen. Konjugiert dazu schiebt die Warmbader Störungszone nach NE ab. Das Alter dieser Abschiebungen ist nicht sicher. Eindeutig jünger ist in diesem Block die Nordrand-Störung des Egergrabens.
Im Gegensatz zu der Kartendarstellung können in Aufschlüssen um das Thermalbad Wiesenbad fast ausschließlich NE-streichende strike-slip Störungen kartiert werden Die Abschiebungen scheinen zumindest in diesem Gebiet mechanisch nicht relevant zu sein. (Anlage 3-16).

Im östlichen Block konnten bisher keine post-kretazischen Störungen sicher nachgewiesen werden. Hinweise auf aktive N-S Strukturen gibt von Sandstein-Xenolithen in den hydrothermalen Gängen um Schlottwitz (Kuschka 1994). N-S streichende Gangstrukturen im Freiberger Revier gehören relativ zu den jüngsten mineralisierten Störungen, können bisher aber nicht datiert werden.
In einem Aufschluss östlich von Freiberg sind überwiegend NE-streichende sinistrale strike-slip Bewegungen belegt. Diese lassen sich auf Grund ihrer Harnisch-Ausbildung einem oberflächennahen Krustenniveau zuordnen und könnten unter Vorbehalt mit den NE-streichenden Störungen der Lausitz parallelisiert werden.

3. 3D-Modell Zittauer Becken

Ausgehend von den tektonischen Untersuchungen am Südrand des Zittauer Beckens im Sandstein des Zittauer Gebirges soll die Struktur des Zittau-Turov-Beckens in einem 3D-GIS

dargestellt werden. Dabei sollte versucht werden, die randlichen tektonischen Strukturen in das Becken zu übertragen.

Für die Modellierung der einzelnen Beckenteile stehen folgende Ausgangsdaten zur Verfügung: Der Westteil des Beckens (Zittauer Becken) ist durch ein dichtes Netz von Bohrungen aus der Vorfelderkundung für das BKW Olbersdorf bekannt. Die Daten sind zum größten Teil digital aufbereitet und in die UHYDRO-Datenbank implementiert.
Darüber hinaus existieren eine Serie von Profilschnitten (Autorenkollektiv 1988, Raitel 1995, Vacl 1998), die georeferenziert wurden und im GIS und GOCAD dargestellt werden können. Mit Hilfe der Profilschnitte können auch Bohrungen korrigiert werden, die das "Liegende Tertiär" nicht erreicht haben.

Für den Westteil des Beckens (Zittauer Becken) werden fünf stratigraphische Flächen ausgehalten:
- Liegendes Quartär (wird nur lokal bei Mächtigkeit > 10 m rekonstruiert)
- Liegendes Zittauer Hauptflöz
- Liegendes Zittauer Unterflöz
- Hangendes Zittauer Vulkanite
- Liegendes sedimentäres Tertiär ("Granitoberfläche")
- Kreide-Hangend- und Liegendgrenze südlich der Lausitzer Überschiebung

Die Erkundungsdaten im Ostteil des Beckens (Turov-Becken) sind durch Kasinski (2000) in Form eines Atlas aufbereitet worden. Schwierig ist hier der stratigraphische Vergleich, da Kasinski (2000) für die stratigraphische Gliederung nicht die Flözunterkante annimmt, sondern das Normalprofil in einzelne sedimentäre Sequenzen gliedert, deren Höhenlage nicht ohne Weiteres in das Modell übernommen werden kann. Die einzelnen Flächen sind von Kasinski mit Hilfe einer "surfer"-Software ohne Rücksicht auf tektonische Elemente und Modell-Randbedingungen interpoliert worden. Deshalb muss darauf verzichtet werden, die Kasinski-Darstellungen ohne größere Überprüfung und gegebenenfalls Korrekturen in das Modell zu übernehmen. Diese Daten sollen mit Hilfe von Bohrdaten des PGI Wroclaw korrigiert werden. Dazu wird ein gemeinsames Projekt angestrebt.

Für das auf tschechischem Gebiet anschließende Teilbecken von Hradek liegen die Karte und Profilschnitte (Bohransatzpunkte und Profilschnitte) zum Manuskript eines nicht zur Verfügung stehenden Erkundungsberichtes vor (Vacl 1998). Diese Daten wurden mit den tektonischen Elemente aus den tektonischen Kartierungen und den Erkundungsberichten auf deutscher Seite abgeglichen.
In Anlage 3-18 ist das tektonische Schema dargestellt, welches die Grundlage für das 3D-Modell bildet.

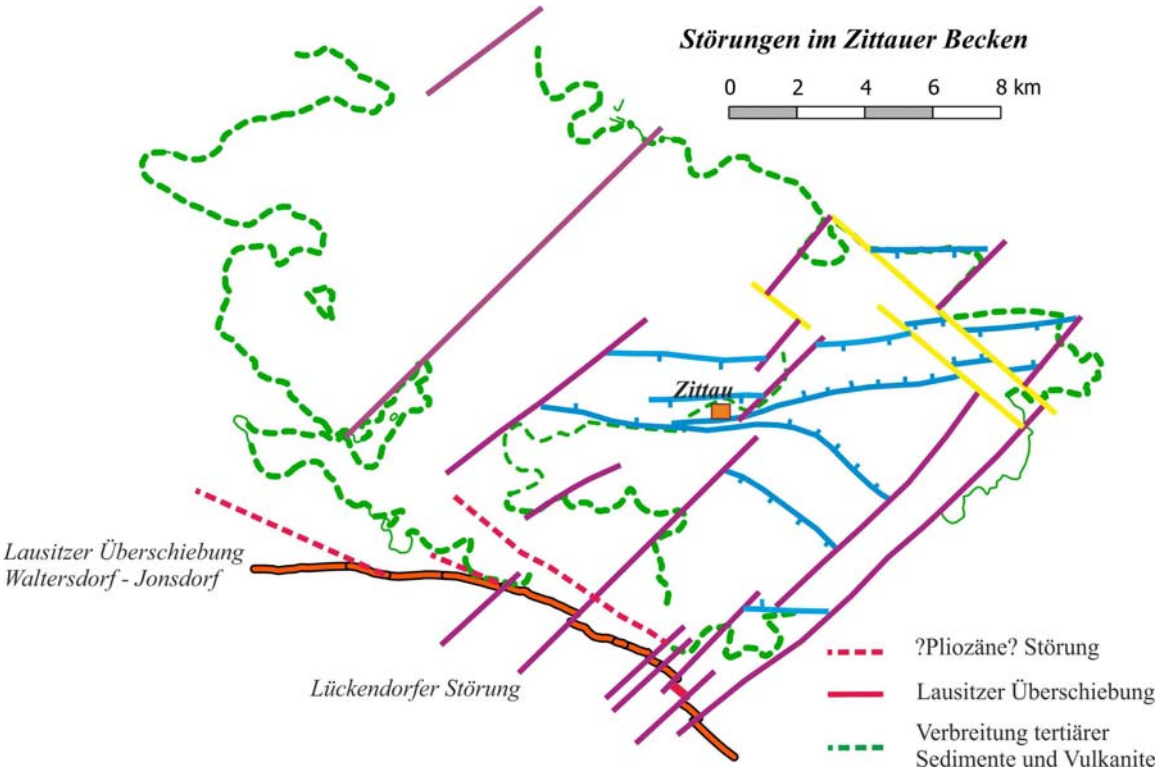


Abb. 17: *Modell der tektonischen Störungen im Zittau-Turov-Hradek-Becken*

Das tektonische Modell des Zittauer Beckens basiert auf der Kartierung von strike-slip Störungen, die die Aufschiebungsfront der Lausitzer Überschiebung durchschlagen und versetzen. Eine zweite Datenbasis sind die Bohrungen der Braunkohlenerkundung in der Umgebung von Zittau und Befahrungen im Tagebau Turov östlich von Zittau (Republik Polen). Die Bohrergebnisse belegen, dass nördlich der Lausitzer Überschiebung keine kretazischen Sedimente auftreten. In den ältesten Teilen des Beckens lagert ein prä-Basalt-Flöz (prä-30 Ma) dem granitischen Basement auf. Die Bohrungen zeigen weiterhin, dass die Tieflagen der rezenten Beckenstruktur durch N- bzw- S-gerichtete Abschiebungen begrenzt sind. Diese Abschiebungen werden zeitlich mit den strike-slip Störungen korreliert und als ein konjugiertes System von strike-slip Störungen mit Abschiebungen in pull-apart-Strukturen interpretiert. Sowohl die Abschiebungen als auch die NE-streichenden Randstörungen durchschlagen das mit Miozän datierte Oberflöz des Beckens. Das belegt ein ober- bis post-miozänes Alter der Beckenstrukturen.

Problematisch ist die nördliche Begrenzung des Beckens. Hier liegen keine Daten vor. Aus wenigen Basement-Aufschlüssen auf polnischem Gebiet und Altbohrungen wurde hier eine Begrenzung durch jüngere NW-streichende strike-slip Störungen angenommen.

Im Süden wird das Becken lokal durch NW-streichende steile Aufschiebungen begrenzt. Das sehr junge Alter dieser Hebung wird durch die instabilen Blockmeere am Nordhang z.B. des Töpfers und schmale Erosionskessel südlich der Störung belegt (Anlage 3-9).

4. Relative Altersfolge der post-Kretazischen Bruchstörungen in Sachsen

Die im Folgenden dargestellte relative Altersabfolge basiert auf Feldbeobachtungen, Ableitungen aus der geomorphologischen Analyse sowie wenigen Literaturdaten. Zur Übersicht der Interpretation sieh auch Anlage 3-19.
Die relative Altersabfolge wird von jüngeren zu älteren Störungsereignissen dargestellt.

1. NE-SW gerichtete Kompression (Pliozän?)
Zu dieser jüngsten Phase gehören als Hauptkomponenten die Randstörungen des Egergrabens, die einen Versatz von mehreren hundert Metern verursacht haben (NW-SE-Extension).
Kompressive Elemente sind in der Heraushebung des Zittauer Gebirges an NW-streichenden Aufschiebungen und die Störung in Oberau nördlich von Dresden zu stellen. Ähnliche Bewegungen mit ähnlichen Versatzbeträgen wurden im Pliozän für den Harz beschrieben (König et al. 2011).
Die Südrandstörung des Erzgebirges ist klar belegt durch die geomoerphologische Analyse sowie Beschreibungen der Störung aus den nordböhmischen Braunkohlentagebauen. Hie wird für das junge Alter der Störung vor allem mit dem wenig verwitterten klastischen Eintrag vom Erzgebirge argumentiert. Konjugierte, NW-fallende Abschiebungen im Erzgebirge gehören vermutlich zu diesem Extensionssystem. Die laterale Ausdehnung dieser letztgenannten Störungen kann noch nicht sicher belegt werden.
Die NNW-streichende Mariánské-Lázně-Störung ist ebenfalls sehr gut belegt. Sie begrenzt das Kaiserwald-Plateau und das Erzgebirge im Westen, ihre Spur lässt sich bis in den Raum Plauen verfolgen. Hier wird der östliche Block bis in jüngsten Zeit über mehrere hundert Meter gegen den westlichen angehoben und lokal durch eine Blattverschiebung versetzt.
Für eine abschließende Beurteilung fehlen auf deutschem Gebiet strukturgeologische Daten bzw. die Interpretation von hochauflösenden Fernerkundungsdaten.
Zeugen einer Verebnungsfläche vor der Entstehung des Egergrabens findet man in den reliktisch erhaltenen Paläo-Oberflächen im westlichen und mittleren Erzgebirge. Das konkrete Alter dieser alten Flächen ist noch ungeklärt.

2. N-S streichende Störung
Diese Störungen erscheinen als “kalte”, relativ junge Störungen. Sie sind latent in vielen Aufschlüssen beschrieben. Bisher gibt es zu diesen Störungen keine systematischen Untersuchungen, obwohl besonders im westlichen und zentralen Erzgebirge morphologische Indikationen für die Existenz von solchen Strukturen vorliegen. Die N-S streichenden Störungen durchschlagen sowohl Basement-Gesteine als auch die überlagernden kratzischen Sandsteine. Beobachtungen zu N-S streichenden Flächensystemen in tertiären Lockegesteinen liegen noch nicht vor. Die Alterstellung ist noch unklar.

3. Post-miozäne NNW-SSE gerichtet Kompression
Zu dieser Richtung der Hauptspannungsachse gehören lokale NW-streichende strike-slip Störungen. Diese Störungen können sowohl im Erzgebirge als auch in der Lausitz beobachtet werden, stellen möglicherweise reaktivierte ältere Störungen dar. Die Störungen versetzen die Beckenränder in der Ostlausitz. Möglicherweise sind auf diese Bewegungen auch die einige Grabenbildungen in den miozänen Flözen der Niederlausitz zurückzuführen. Im Berzdorfer Becken waren NW-streichende Störungen im Nordfeld hydrogeologisch interessant, da sie nach

Anschnitt monatelang gleichbleibend Wasser und Störungsletten förderten (pers. Komm. E. Raitel 2012).

4. Post-30 Ma N-S gerichtete Kompression
Die Drehung im Stress-Feld führt zur Anlage von NE-SW-streichenden strike-slip Störungen. Im Bereich der ostlausitzer Tertiärbecken folgen die Beckenränder dieser Richtung. Der sinistrale Versatz findet sich auch an der Bohrsberg-Störung und der Hoyerswerdaer Querstörung im Lausitzer Block wieder. Ebenfalls sinistral versetzt wird die Lausitzer Überschiebung im Gebiet Ostrauer Mühle und des Zittauer Gebirges.
Ausgehend von den dislozierten miozänen Kohleflözen in Zittau und Berzdorf können diese Störungen nicht älter als 20 Ma sein.
Genetisch verbunden mit den sinistralen Blattverschiebungen sind E-W streichende Abschiebungen, die vor allem in den ostlausitzer Becken dokumentiert sind. Hier versetzen die Abschiebungen im Zittauer Becken (Zittauer Granitrücken) alle Flöze um bis zu 40 m. Im westlichen Teil des Egergrabens sind diese Störungen vor allem aus dem Most-Becken beschrieben (Uličný et al., 2000). Geomorphologisch wirksam erscheint eine E-W streichende Störung nur nördlich des Sokolov-Beckens im westlichen Erzgebirge.

5. Post-Kretazische bis früh-Tertiäre NE-SW gerichtete Kompression
Zu diesem Deformationsereignis müssen die Lausitzer Überschiebung und der Lausitzer Hauptabbruch als “pop-up” Struktur (Voigt 2009) gerechnet werden. Die Zuordnung einer frühen Überschiebung in der Gera-Jachimov-SZ ist noch fraglich.

Ebenfalls problematisch hinsichtlich der Alterstellung erscheinen die NW-SE streichenden Abschiebungen vom Typ “Roter Kamm” im Erzgebirge.

5. Literaturverzeichnis

Autorenkollektiv (1988): Vorratsberechnung Braunkohlenerkundung Zittau 1988. - VEB GFE Freiberg, Archiv SLfUG (unveröff.).

Autorenkollektiv (1978): Braunkohlenerkundung Zittau 1978. - VEB GFE Freiberg, Archiv SLfUG (unveröff.).

Babuška, V., & Plomerová, J. (2001): Subcrustal lithosphere around the Saxothurigian-Moldanubian Suture Zone - a model derived from anisotropy of seismic wave velocities. - Tectonophysics, 332, 85-199.

Bankwitz, P., Schneider, G., Kämpf, H., Bankwitz, E. (2003): Structural charakteristics of epicentral areas in Central Europe: study case Cheb Bain (Czech Republic). - Joutnal of Geodynamics, 35, 5-32.

Brause, H. (1990): Beiträge zur Geodynamik des Saxothuringikums. - Geoprofil, Freiberg, 2, 1990, 1-88.

Brause, H.; Hirschmann, G. (1964): Die tektogenetische Entwicklung im Variszikum der Lausitz. Exkursionsf. u. Veröffentl. GGW, **17:** 187-204, Berlin.

Conrad, W., Hänig, D., Haupt, M., Scheibe, R., Polanský, J., Šťovíčková, N. (1983): Ein geologisch - geophysikalisches Schema der Grenzregion zwischen DDR und ČSSR. - Z. geol. Wiss., Berlin, 1983 (11), Heft 6, 669-686.

Davis, G.H. & Reynolds, S.J. (1996): Structural geology of rocks and regions.-John Wiley & Sons, New York.

Göthel, M. (1998): Geologische Karte der Lausitz, Maßstab 1:100.000. - LAUBAG, GMB mbH, Cottbus.

Hiller, A., Schuppan, N. (2008): Geologie und Uranbergbau im Revier Schlema-Alberoda. - Bergbaumonographie Band 14, Freistaat Sachsen, Landesamt f. Umwelt und Geologie.

Jakob, Ch. (2009): Herdparameterbestimmung von Erdbeben zur seismotektonischen Analyse in der Schwarmbebenregion Vogtland/NW-Böhmen. - Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, 2009 (unveröff.)

Kasinski, J.R. & Panasiuk, M.P. (1987): Geneza i ewolucja strukturalna niecki Zytawskiej. - Biuletyn Instytutu Geologjcznego, 357, 1987, 5-38.

Kasinski, J.R. (2000): Geological atlas of the Tertiary lignite-bearing association in the Polish part of the Zittau Basin. - Ministerstwo Srodowiska and Panstwowy lnstytut Geologiczny, Warszawa 2000, ISBN 83-86986-49-2.

Kim, Y-S. & Sanderson, D.J. (2006): Structural similarity and variety at the tips in a wide range of strike-slip faults: a review. - Terra Nova, 18, 330-344.

Kley, J. & Voigt, T. (2008): Late Cretaceous intraplate thrusting in central Europe: Effect of Africa-Iberia-Europe convergence, not Alpine collision. - Geology, 36; 839-842; doi: 10.1130/G24930A.1.

König, W., Köthe, A., Bitz, I. (2011): Die marine Beeinflussung der Subherzynen Senke und der Mittelharzhochfläche im Oligozän - Biostratigraphische und sedimentpetrographische Analysen tertiärer Sandvorkommen. - Z. geol. Wiss., Berlin 39 (2011) 5/6: 387 - 431.

Kolitzsch, S. (2007): Hydrogeologische Analyse und großräumige Modellierung des weiteren Vorerzgebirgsraumes. - Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, unveröff.

Košták, B., Mrlina, J., Stemberk, J., Chán, B. (2011): Tectonic movements monitored in the Bohemian Massif. - Journal of Geodynamics, 52, 34-44.

Krentz, O. (2008): Postvaristisches Deckgebirge. - in: Pälchen, W & Walter, H. (Hrsg.): Geologie von Sachsen, 257-296, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.

Krentz, O., Lapp, M., Seibel, B., Bahrt, W. (2010): Bruchtektonik. - in *Die geologische Entwicklung der Lausitz, eds. Autorenkollektiv*, Vattenfall Europe Mining AG, 137-160.

Kupetz,M., Schubert, G., Seifert, A., Wolf, L. (1989): Quartärbasis, pleistozäne Rinnen und Beispiele glazitektonischer Lagerstörungen im Niederlausitzer Braunkohlengebiet. - Geoprofil, 1, 1989, Freiberg, 2-17.

Kuschka, E. (1994): Zur Mineralisation und Minerogenie der hydrothermalen Mineralgänge des Vogtlandes, Erzgebirges und Granulitgebirges. - Dissertation, TU Bergakademie Freiberg 1994, 157 pp.

Malz, A., Kley, J. (2012): The Finne fault zone (central Germany): structural analysis of a partially inverted extensional fault zone by balanced cross-sections. - Int J Earth Sci (Geol Rundsch) (2012) 101:2167–2182, DOI 10.1007/s00531-012-0778-z

Meier; R. (1998): Historisches zu Erdbeben. - Sächsische Heimatblätter 20, 5, 26-29.

Müller, B. (1956): Strukturinventar des Stolpener Granistockes . - Diplomarbeit TUBAF 1956 (unver.)

Müller, B.; Wächter, K. (1970): Beiträge zur Tektonik der Elbtalzone unter besonderer Berücksichtigung der Lausitzer Störung. Geodätisch Geophysikalische Veröffentlichungen Reihe III 18, 1-52.

Obruchev, V.A. (1948): Loess as a particular kind of soil, its genesis and problems to study (in Russian). - Bulleten' Komissii po Izucheniyu Chetvertichnogo Perioda AN SSSR, no. 12, 5 - 17.

Peterek, A., Rauche, H., Schröder, B., Franzke, H.-J., Bankwitz, P., Bankwitz, E., 1997. The late- and post-Variscan tectonic evolution of the Western Border fault zone of the Bohemian Massif (WBZ). Geologische Rundschau 86, 191-202.

Prodehl, C. (1997): The European Cenozoic Rift System (ECRIS)-Lithospheric Structure as Revealed by Geophysical Measurements. In Lithospheric Structure, Evolution and Sedimentation in Continental Rifts: Proceedings of the IGCP 400 Meeting, Dublin, 20-22 March, 1997 (No. 48, p. 112). Dublin Institute for Advanced Studies, School of Celtic Studies.

Raithel, E. & Koautoren (1995): Ergebnisbericht Geotechnische, geodätische und hydrogeologische Untersuchungen im Raum Zittau-Turow 1994/95. Bericht, LfUG, unveröff.

Rajchl, M., Uličný, D. (2000): Evolution of depocentre geometries in the Most Basin: Implications for the tectonosedimentary history of the Neogene Ohře Rift (Eger Graben), North Bohemia. - 5th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group, Geolines, 10, 62-63.

Scheidewig, E. (2007): Bericht zur Interpretation der seismischen Daten (Meßzeitraum 1991-2006) aus dem Gebiet Vogtland – Zwickau. - Spezialkartierung TU Bergakademie Freiberg, 2007 (unveröff.).

Schunk, R., Peterek, A., Reuter, C.-D. (2003): Untersuchungen zur quartären und rezenten Tektonik im Umfeld der Marienbader Störung und des Eger-Beckens (Tschechien) - erste Ergebnisse. - Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 87, 19-46.

Shahzad, F., & Gloaguen, R. (2011a). TecDEM: A MATLAB based toolbox for tectonic geomorphology, Part 1: Drainage network preprocessing and stream profile analysis.

Computers & Geosciences, 37, 250–260.
Shahzad, F., & Gloaguen, R. (2011b). TecDEM: A MATLAB based toolbox for tectonic geomorphology, Part 2: Surface dynamics and basin analysis. Computers & Geosciences, 37, 261–271.
Špičáková, L., Uličný, D., Koudelková, G. (2000): Tectonosedimentary evolution of the Cheb Basin (NW Bohemia, Czech republic) between the Late Oligocene and Pliocene: a preliminary note. - Studia geoph. et geod. 44, 556-580.
Staff, H.v. (1914): Die Geomorphogenie und Tektonik des Gebietes der Lausitzer Überschiebung. - Geol. Paläont. Abh., Neue Folge, B. 13, H. 2; Jena 1914, 85-123.
Steinborn, H. (2008): 3D-Modellierung der strukturellen Entwicklung der Vorerzgebirgssenke im Raum der Altbergbaugebiete Zwickau und Lugau/Oelsnitz. - Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, 138 pp.
Stewart I. S., Hancock P. L. (1994): Neotectonics. - in *Continental Deformation, ed.* P. L. Hancock, pp. 370-409, Pergamon Press, Oxford.
Strumpf, N., Eidam, J., Krauss, M. (1992): Zum Alter der zonalen kataklastisch-mylonitischen Deformation und der relativen Altersstellung granitoider gesteine der Lausitzer Antiklinalzone - ein Neuaifschluß bei Großschweidnitz, südwestlich Löbau. - Z. Geol. Wiss., 20 (3), 305-308.
Ulrych, J., Novák, J. K., Lang, M., Balogh, K., Hegner, E., Řanda, Z. (2006): Petrology and geochemistry and K–Ar ages for Cenozoic tinguaites from the Ohˇre/Eger Rift (NW Bohemia). - N. Jb. Miner. Abh., Vol.183/1, 41–61.
Ulrych, J., Dostal, J., Adamovič, J., Jelínek, E., Špaček, P., Hegner, E., Balogh, K. (2011): Recurrent Cenozoic volcanic activity in the Bohemian Massif (Czech Republic). - Lithos, 123, 133-144.
Uličný, D., Rajchl, M., Mach, K,. Dvořák, Z. (2000): Sedimentation and sedimentary deformation in a rift-margin, lacustrine delta system: the Bilina Delta (Miocene), Most basin. - Excursion Guide, 5th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group, Geolines, 10, 84-95.
Václ, J. (1998): Strukturně geologická mapa jihovýchodní části Žitavské pánve. - Archiv, České geologické služby, Praha.
Viete, G. (1960): Über postmiozäne und pleistozäne Tektonik in der Lausitz. - Bergakademie, 1960, 429-434.
Viete, G. (1961): Beiträge zur glazigenen und endogene Tektonik im Quartär und Tertiär Nord- und Mitteldeutschlands. - Bergakademie, 1961, 280-294.
Voigt, T., Eynatten, H. von, Franzke, H. (2004). Late Cretaceous unconformities in the Subhercynian Cretaceous Basin (Germany). - Acta Geologica Polonica, 54(4), 673–694.
Voigt, T. (2009): Die Lausitz-Riesengebirgs-Antiklinalzone als kreidezeitliche Inversionsstruktur: Geologische Hinweise aus den umgebenden Kreidebecken. - Z. geol. Wiss., Berlin 37 (2009) 1-2: 15-39.
Wittenburg, R. (1989): Beschreibung rezenter horizontaler Krustenbewegungen auf der Grundlage von Wiederholungstriangulationen. - Leipzig : Dt. Verl. für Grundstoffindustrie (Freiberger Forschungshefte : A ; 784 : Bergbau und Geotechnik, Markscheidewesen).
Wittenburg, R. (1991): Zweifelhafter Nachweis horizontaler Krustenbewegungen. - Vermessungstechnik, 39, 192-197.

Wittenburg, R. (1994): Geodätischer Nachweis rezenter horizontaler Krustenbewegungen auf dem Gebiet der ehemaligen DDR : eine kritische Analyse. - München : Beck (Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften: Reihe C, Dissertationen, 432.

Wagner, G.A., Gögen, K., Jonckheere, R., Wagner, I., Woda, C. (2002): Dating of the Quaternary volcanoes Komorní Hurka (Kammerbühl) and Zelezná Hurka (Eisenbühl), Czech Republic, by TL, ESR, alpha-recoil and fission track chronometry Z. geol. Wiss., Berlin 30, 3: 191 – 200.

Zitzmann, A. u. a. (2003): Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, 1 : 200 000, BGR, Hannover. Blatt Cottbus, Hannover 2003).