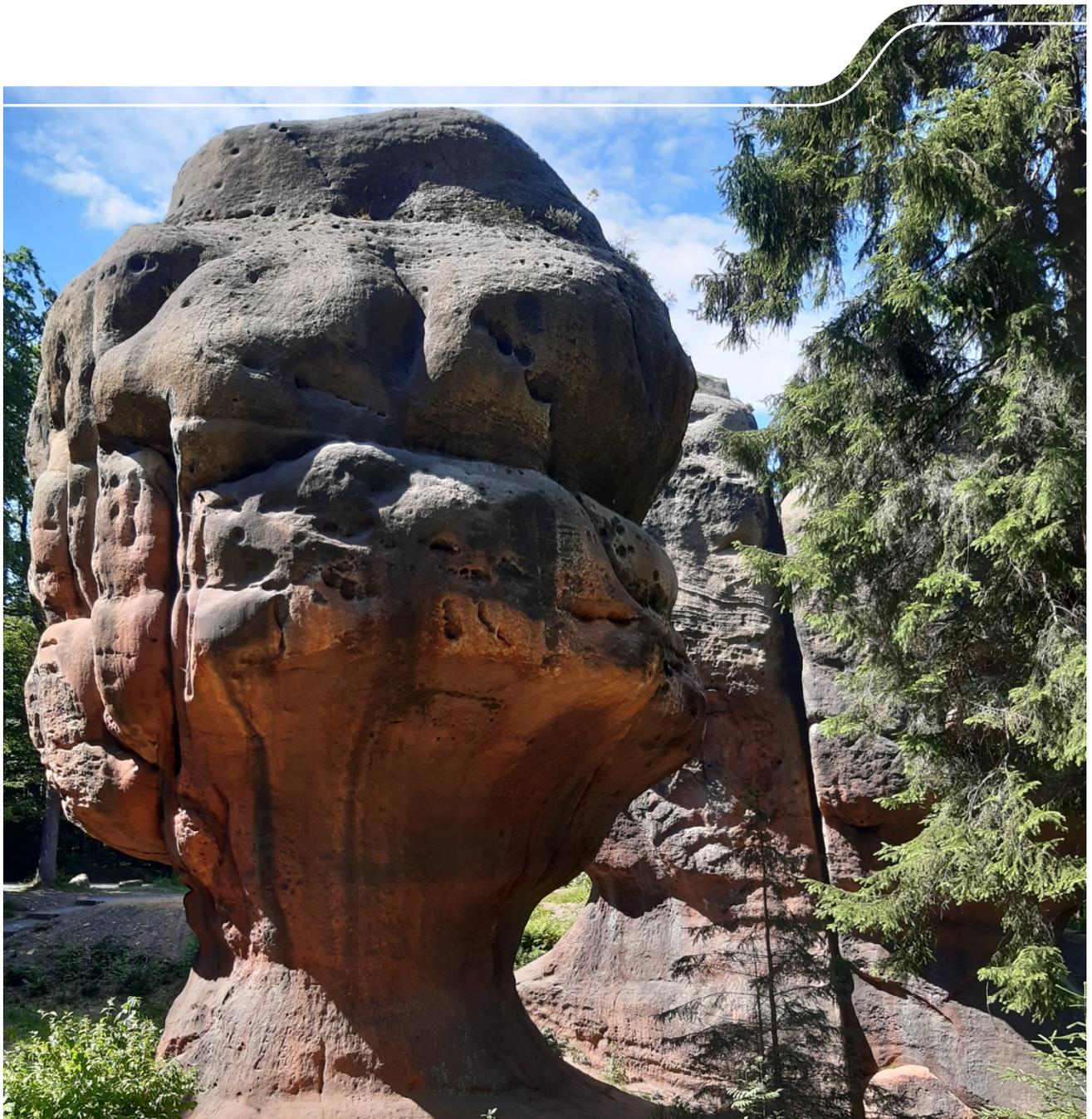




Der geologische Strukturbau im Zittauer Gebirge

Schriftenreihe, Heft 16/2020



Das Zittauer Gebirge im Kreuzungsbereich der Elbezone und des Egergrabens – Tektonik und Strukturbau – Geologisch-geophysikalische Ergebnisse aus dem EU-Projekt ResiBil

Ottomar Krentz, Axel Rommel



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg VA / 2014 – 2020



ČESKÁ
GEOLOGICKÁ
SLUŽBA

Inhaltsverzeichnis

Abstract	9
Zusammenfassung	10
1 Einleitung	11
1.1 Das Projekt „ResiBil“	11
1.2 Aufgabenstellung Geologie.....	12
2 Geologie	12
2.1 Geologie des gesamten Projektgebietes.....	12
2.1.1 Übersicht des Projektgebietes.....	12
2.1.2 Die Geologische Karte 1:100.000	13
2.1.3 Korrelation der Kreideeinheiten.....	14
2.1.4 Legende der Geologischen Karte 1:100.000	16
2.1.5 Geologische Übersichtskarte der präkretazischen Einheiten.....	19
2.1.6 Profilschnitt.....	20
2.1.7 Gravimetrische Karte 1:100.000.....	20
2.1.8 3D-Modell des Projektgebietes.....	20
2.2 Fokusgebiet Lückendorf.....	24
2.2.1 Geologische Übersicht – Fokusgebiet Lückendorf.....	24
2.2.2 Geophysik - Seismik.....	25
2.2.3 Geophysik - Geoelektrik.....	30
2.2.4 Geophysik - Gravimetrische Profile.....	33
2.2.5 Geophysik – Tschechisches Projektgebiet	36
3 Strukturanalyse und Interpretation – Fokusgebiet Lückendorf	40
3.1 Geophysik – zusammenfassende Auswertung.....	40
3.1.1 Oybin Block	40
3.1.2 Störungen.....	42
3.2 Bohrungen.....	47
3.3 Strukturbau –Gebiet Lückendorf.....	51
3.4 3D-Modell – Fokusgebiet Lückendorf.....	55
4 Ergebnisse	56
Danksagung	58
Literaturverzeichnis	59

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Projektgebiet im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet. Farbig ausgehalten sind die detaillierter untersuchten Fokusgebiete Děčínský Sněžník (rot), Kirnitzschtal (blau) und Lückendorf (gelb) (modifiziert nach Mrázová in Mrázová et al. 2020).	11
Abb. 2: Das Projektgebiet im Kreuzungsbereich der regionalen Störungszonen Elbezone und Egergraben (Jelínek et al. in Mrázová et al. 2020).	13
Abb. 3: Geologische Karte des Projektgebietes im Maßstab 1:100.000 mit geologischem Profil, der geologischen Übersichtskarte der präkretazischen Gesteine und einer zweisprachigen Legende (Mlčoch et al. 2018).	14
Abb. 4: Stratigraphisches Konzept zur Korrelation kreidezeitlicher Ablagerungen zwischen Sachsen und Böhmen im Westteil (Elbebereich) des Projektgebietes (Voigt 2018).	15
Abb. 5: Zusammengefasste lithologische Korrelation des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens in Bezug auf ihre hydrogeologische Nutzung (modifiziert nach Nádaskay 2020).	17
Abb. 6: stratigraphisches Schema mit Schwerpunkt auf der Korrelation der deutschen und tschechischen Kreideeinheiten. Das Schema dient als Grundlage für die Erstellung der geologischen Karte des Projektgebietes (Abb. 3) (modifiziert nach Nádaskay et al. in Mrázová et al. 2020).	18
Abb. 7: Schematische Darstellung der geologischen Einheiten des Grundgebirges und bedeutender tektonischer Strukturen mit dextraler Bewegung (modifiziert nach Mlčoch et al. 2018).	19
Abb. 8: Geologisches Profil durch das Projektgebiet mit Darstellung der tektonischen Lagerungsverhältnisse im Kreuzungsbereich Elbezone und Egergraben und dem Graben-und-Horst-Systems im zentralen Bereich des Egergrabens (Mlčoch et al. 2018).	21
Abb. 9: Gravimetrische Karte der Bouguer-Anomalie des Projektgebietes sowie wichtige geologische Einheiten und tektonische Störungen (Sedlak et al. 2019).	22
Abb. 10: Geologisches 3D-Modell des Projektgebietes mit Darstellung der (a) Basis der Kreide mit ausgewählten geologischen Einheiten und Störungen, (b) Top Cenoman, (c) Top Turon sowie (d) der rezenten Oberfläche (modifiziert nach Jelínek et al. und Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).	23
Abb. 11: Lage des Fokusgebietes Lückendorf (hellblau) im Projektgebiet (modifiziert nach Jelínek et al. in Mrázová et al. 2020).	24
Abb. 12: Lage der untersuchten Profile im Fokusgebiet Lückendorf (blau – seismische Profile; rot – geoelektrische ERT-Profile) (modifiziert nach Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).	26
Abb. 13: Seismische Profile ResiBil 1 und ResiBil 3 mit der Lausitzer Überschiebung, der Kreidebasis und Tertiärbasis.	27
Abb. 14: Seismisches Profil ResiBil 2 mit der König-Johann-Quelle Störung und der Tertiärbasis.	27
Abb. 15: Seismisches Profil ResiBil 4 (a - niederfrequente Filterung; b - reflexionsseismische Darstellung) mit der Töpfer Störung, König-Johann-Quelle Störung, der Pfaffenbach Störung, der vermuteten Zigeunerberg Störung (blaue Pfeile) und der Kreidebasis.	29
Abb. 16: Lage der untersuchten geoelektrischen ERT-Profile (rot) und der seismischen Profile (blau).	30
Abb. 17: ERT-Profil 1 mit der gemessenen, berechneten und invers modellierten Sektion (von oben nach unten) (modifiziert nach Štainbruch et al. 2020).	31
Abb. 18: Darstellung der ERT-Profile mit Angabe von Störungen (Profil 1, 5 und 6 – inverse Sektion; Profil 3 und 4 – gemessene Sektion) (modifiziert nach Štainbruch et al. 2020).	31
Abb. 19: ERT-Profil 1 und Seismik-Profil ResiBil 1 im Bereich der Lausitzer Überschiebung. Beide Messmethoden geben unabhängig voneinander die Lage der Struktur im Untergrund wieder.	32
Abb. 20: ERT-Profil 4 am seismischen Profil ResiBil 1 (blaue Linie) im Bereich der vermuteten Lage der König-Johann-Quelle Störung (Lage angedeutet mit schwarzen Pfeilen).	33
Abb. 21: Lage der vier untersuchten gravimetrischen Profile im Untersuchungsgebiet.	34
Abb. 22: Modellierung der ermittelten Bouguer-Schwerewerte aus den gravimetrischen Untersuchungen (rot – Modellkurve, blau – gemessene Kurve). Die Modellierung erfolgte bis in eine Tiefe von 600 m. Kreidesandstein (gelb), Granodiorit (rot), andere Sedimente (Tertiär-Becken – beige); Phonolith (oliv), Basalt (schwarz) (Stanek 2019).	34

Abb. 23: Vergleich der Messergebnisse der gravimetrischen Profile (blaue Linien; Stanek 2019) mit den Werten der Bouguer-Schwere aus der Gravimetrischen Übersichtskarte (braune Flächen).....	35
Abb. 24: Lage der tschechischen Untersuchungsgebiete (blaue Linien) bei Dolní Podluží und Dolní Sedlo unmittelbar östlich und westlich der deutsch-tschechischen Grenze.....	36
Abb. 25: Lage der Geoelektrischen Profile im Gebiet Hrádek – Dolní Sedlo und ERT-Profil DS 6 mit deutlicher Unterscheidung zwischen den Kreidesandsteinen (braun) und den tertiären Sanden (grün) (Štainbruch et al. 2020).....	37
Abb. 26: Die NW–SE-streichenden ERT-Profile DS1 (oben) und DS7 (unten) zeigen zwischen den Messpunkten 200 und 450 bzw. zwischen 300 und 420 eine deutliche Anomalie (grün) von Sedimenten mit geringem Widerstand. Diese Anomalie wird durch ein seismisches Profil (mitte; Lage nicht in Abb. 25 abgebildet) parallel zum ERT-Profil DS 1 gestützt (Štainbruch et al. 2020).....	38
Abb. 27: Gravimetrisch nachgewiesene NE–SW-streichende Struktur senkrecht zur Lausitzer Überschiebung (modifiziert nach Štainbruch et al. 2020).....	38
Abb. 28: Lage der ERT-Profile L1 – L4 sowie der Bohrung 6412_L (Lesné) (roter Kreis) (modifiziert nach Štainbruch et al. 2020).....	39
Abb. 29: Ergebnisse der elektrischen Widerstandsmessung (ERT) von Profil L2 (grün – geringer Widerstand) (Štainbruch et al. 2020).....	39
Abb. 30: Ergebnisse der ERT-Profile mit einem deutlich erkennbaren Widerstandsminimum (LP) zwischen den Kreidesandsteinen und den Granitoiden des Lausitzer Massivs (Štainbruch et al. 2020).....	40
Abb. 31: Ausschnitt aus der gravimetrischen Lokalkarte (Residuumkarte) des Grenzgebietes Sachsen-Tschechische Republik. Der Oybin Block (schwarzer Pfeil) tritt mit einem deutlich erkennbaren Schwerehoch im Vergleich zu seiner Umgebung auf (Štainbruch et al. 2020).....	41
Abb. 32: Vermutete Lage der Töpfer Störung im Kartenausschnitt (Hintergrund) sowie im seismischen Profilschnitt ResiBil 4.....	41
Abb. 33: Erfassung der Lausitzer Überschiebung mit den Seismik-Profilen ResiBil 1 und ResiBil 3 sowie den ERT-Profilen 1, 3 und 5.....	43
Abb. 34: Lage der Lückendorfer Störung (orange) und der Lausitzer Überschiebung (rot) im Grenzgebiet von Deutschland-Tschechische Republik-Polen (modifiziert nach Kasiński & Panasiuk 1987).....	44
Abb. 35: Lage der NE–SW-streichenden Störungen (braune Linien), die im Zusammenhang mit der „Lückendorfer Störung“ stehen und Lage der seismischen (hellblau) und ERT (dunkelblau)-Profile. Die gelbe Fläche zeigt die tertiäre Rinne bei Dolní Sedlo (vgl. Abb. 27).....	44
Abb. 36: Detailausschnitt aus der Gravimetrischen Karte 1:100.000. Die negativen gravimetrischen Anomalien an der Lausitzer Überschiebung (rote Linie) südöstlich von Olbersdorf im Bereich des Pfaffenbaches und bei Dolní Sedlo treten deutlich hervor.....	45
Abb. 37: Lage der König-Johann-Quelle Störung im Kartenausschnitt (rotgestrichelte Linie) sowie die Darstellung in Bezug auf die Seismik-Profile ResiBil 1, 2 und 4.....	46
Abb. 38: Mögliche Lage der Zigeunerberg Störung (gelbe Fläche) anhand des Seismik-Profiles ResiBil 4 im 3D-Modell.....	47
Abb. 39: Standort der Bohrung 6412_L (Lesné) zwischen anstehendem Granodiorit im Norden, den Kreidesandsteinen im Süden und den eingeschuppten permischen Sedimenten.....	48
Abb. 40: Bohrkern der Bohrung 6412_L (Lesné) bei 54,75 m Teufe. Zwischen den roten Sandsteinen des Unterperm (Rotliegend) und den feinkörnigen Sandsteinen der Oberkreide ist eine ca. 20 cm mächtige plastische Tonlage als Teil der Lausitzer Überschiebung erkennbar.....	49
Abb. 41: Neu aufgenommener basaler Bereich der Bohrung HY Oy 1/55. Zugeordnet sind die gesägten Bohrkerne und die dazugehörigen Dünnschliffe der Proben a bis d. (Bohrungsaufnahme O. Krentz, R. Junge, K.P. Stanek, M. Lapp 2018/19; Profil modifiziert nach Stanek 2019).....	50
Abb. 42: Blockgliederung der kretazischen Sedimente südlich der Lausitzer Überschiebung und Lage der dargestellten Bohrungen. Vereinfachte Bohrprofile der für die strukturgeologische Untersuchung im Fokusgebiet Lückendorf verwendeten Bohrungen (modifiziert nach Stanek 2019).....	52
Abb. 43: Ausschnitt aus dem geologischen NNO-SSW Profil nach Andert (1929) von Zittau, über die tertiären Braunkohlebecken, das Zittauer Gebirge bis nach Jablonné v Podještědí mit Darstellung der Oybin-Scholle (roter Rahmen).....	53

Abb. 44: Lage der NW–SE-streichenden Zigeunerberg Störung (blau) nordöstlich von Lückendorf und Position der tiefreichenden Bohrungen (gelbe Punkte) (modifiziert nach Stanek 2019).....	53
Abb. 45: Lage der N–S-gerichteten geologischen Schnitte von Voigt (2017) über die Lausitzer Überschiebung und das Zittauer Gebirge im Bereich der Lausche (Profil 1), Hochwald (Profil 2) und Lückendorf (Profil 3). (Voigt 2017; Stanek 2019, Niebuhr et al. 2020).....	54
Abb. 46: Strukturmodell des Fokusgebietes Lückendorf und den ausgehaltenen Blöcken. Die gelben Punkte entsprechen den Bohrungen aus Abb. 38 und Abb. 44 und können auch in Abb. 42 wiedergefunden werden. Das Modell ist 3-fach überhöht dargestellt.	55
Abb. 47: Geologisches 3D-Modell des Fokusgebietes Lückendorf (rot – Granodiorite des Lausitzer Massivs und Einheiten des Riesengebirgs- und Isergebirgskristallins; grün – unterschiedliche Kreide-Formationen; gelb – tertiäre Sedimente; violett – tertiäre Vulkanite).....	56
Abb. 48: Die Seismik-Profile ResiBil 1 und ResiBil 3 zeigen die sehr geringe Dicke des Granodiorits an der Lausitzer Überschiebung.....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter der im Fokusgebiet Lückendorf durchgeführten seismischen Untersuchungen.	25
Tabelle 2: Vereinfachte Bohrungsbeschreibung und stratigraphische Einstufung der Bohrung 6412_L (Lesné) (Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).....	48

Abkürzungsverzeichnis

CDP	Geophonpunkt auf seismischem Profil
ČGS	Česká geologická služba/Tschechischer Geologischer Dienst
DGM	Digitales Geländemodell mit Auflösung im Meterbereich
ERT	Elektrische Tomographie (Geelektrisches Verfahren)
GoCAD	Geologische 3D-Modellierungssoftware
GRACE	Ziel3 Projekt „Gemeinsam genutzte Grundwasserressourcen im Tschechisch-Sächsischen Grenzgebiet“
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
mgal	Milligal (gravimetrische Messeinheit)
MOVE	Geologische 3D-Modellierungssoftware
m NN	topographische Höhe über Normal Null in [m]
ResiBil	EU-Projekt „Wasserressourcenbilanzierung und –resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-tschechischen Grenzraumes“
VUV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryk/ Wasserforschungsinstituts T.G. Masaryk

Abstract

The Saxo-Bohemian Cretaceous Basin is situated in the intersection of two important and prominent tectonic structures in central Europe – the Elbe zone and the Eger/Ohře Graben. An intense tectonic activity during the Late Mesozoic formed an immense accommodation space filled up to 1,000 m thick sedimentary successions.

Since these siliciclastic rocks are important aquifers in the border region between the Czech Republic and Saxony, extensive hydrological and geological-geophysical investigations were implemented in the framework of the 2016 to 2020 EU-Project ResiBil (“*water resource balancing and resilience in the eastern part of the Saxon-Czech border region*”). The project aims the comprehensibility of fluctuating groundwater levels probably linked with climate change and anthropogenic influence observed in the past decades. Moreover, the project enables conclusions of the long-term economic and agriculture utilization in the investigated area. In this context, an essential geological-hydrogeological model has been established using geophysical surveys, geological mapping, and fieldwork.

The survey site comprises an area of 1,890 km² between the east part of the Erzgebirge/Krušné hory (Ore Mountain Range) in the west and the Jeschken/ Ještěd in the east. Three special sub-sections - called pilot areas - were defined at the areas of Děčínský Sněžník, Hřensko-Křinice/Kirnitzsch, and Lückendorf, where detailed geological and geophysical studies were held. Here the edited and generated geological map (scale 1:100,000) harmonized the lithofacies architecture of the Cretaceous basin-fill sediments for both countries. A complementary gravity map (Bouguer; scale 1:100,000) unravels the tectonic structures at the base of the Cretaceous basin. The combination of both maps particularly allows for the establishment of a geological 3D model at the intersection of the Elbe zone and Eger/Ohře Graben.

A special focus has been placed to the pilot area Lückendorf, due to its position within the central Eger/Ohře Graben and the northeastern margin of the Elbe zone. Although younger than the Lusatian Thrust, seismic, geoelectric, and gravimetric measurements revealed a significant influence of the intersecting tectonic zones on the structural edifice of the Zittau/ Žitavské mountains. The observations made here support the subdivision of the Zittau/ Žitavské mountains into the Waltersdorf-, Jonsdorf-Oybin- and Lückendorf blocks. To the south, this NE-SW trending block structure can be traced until the Nový Bor and Tlustec Grabens and the Lasvice horst in the central parts of the Eger/Ohře Graben system.

The NE-SW striking fault system crossing the Lusatian Thrust is probably connected with the “Lückendorf fault”, which originates from the Tertiary basins in the northeast. Particularly, the Töpfer fault and König-Johann-Quelle fault probably have a hydraulic connection between the Cretaceous sandstones and the Tertiary sediments.

In contrast to the results east and west to the pilot area Lückendorf which show low angle fault systems (about 16° to 25°), the performed seismic profiles crosscutting the Lusatian thrust - reveal a steeper dip direction to NE. Possibly, a change in block tectonics in the center of the Eger/Ohře Graben took place in spatially limited areas.

Zusammenfassung

Die Elbezone und der Egergraben gehören in Mitteleuropa zu den wichtigsten und markantesten geologischen Strukturen. Das Sächsisch-Böhmische Kreidebecken liegt im Kreuzungsbereich dieser beiden Störungszonen. Dadurch treten in dieser Region sehr komplexe tektonische Verhältnisse auf, welche die bis zu 1000 m mächtigen Kreidesedimente lokal intensiv beeinflusst haben. Da diese Kreidesedimente im Grenzbereich Sachsen-Tschechische Republik eine maßgebliche Rolle als grenzüberschreitender Grundwasserleiter spielen, wurden von 2016 bis 2020 im Rahmen des EU-Projektes ResiBil („Wasserressourcenbilanzierung und –resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-tschechischen Grenzraumes“) umfangreiche hydrologische und geologisch-geophysikalische Untersuchungen durchgeführt.

Ziel war es herauszufinden, inwieweit die seit Jahrzehnten beobachteten sinkenden bzw. stark schwankenden Grundwasserspiegel in dieser Grenzregion von klimatischen oder anthropogenen Einflüssen abhängig sind und wie eine langfristige Bewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels erfolgen kann. Dazu war die Erarbeitung eines geologisch-hydrogeologischen Modells für diese Region erforderlich.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich vom östlichen Erzgebirge über das Elbsandsteingebirge, das Böhmisches Mittelgebirge und das Zittauer Gebirge bis zum Jeschken über eine Fläche von 1890 km². Für dieses Gebiet wurde eine Geologische Karte im Maßstab 1:100.000 erarbeitet. Eine wichtige Grundlage dafür war die grenzüberschreitende Korrelation der Kreidesedimente, welche auch die Basis für die einheitliche hydrogeologische Gliederung bildete. Ergänzt wurde die Geologische Karte durch eine Gravimetrische Übersichtskarte (Bouguer-Schwere) im Maßstab 1:100.000, die vor allem tektonische Strukturen und den Untergrund der Kreidesedimente abbildete. Diese Ergebnisse flossen in ein geologisches 3D-Modell des Gesamtgebietes ein, welches die wichtigsten geologischen Einheiten und tektonischen Elemente im Kreuzungsbereich darstellt.

Neben dem Gesamtgebiet wurden in einzelnen Fokusgebieten detaillierte geologische und geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Das Fokusgebiet Lückendorf im Nordosten des Projektgebietes umfasst den deutschen Bereich des Zittauer Gebirges und seine Fortsetzung auf tschechisches Gebiet. Diese Region war für das Projekt von besonderem Interesse, da es zentral im Egergraben liegt und die Nordgrenze der Elbezone, die Lausitzer Überschiebung, einschließt.

In diesem Gebiet wurden vor allem durch seismische, geoelektrische und gravimetrische Messungen der Bereich der Lausitzer Überschiebung und der NE–SW-streichenden Querstörungen genauer untersucht. Es wurde nachgewiesen, dass diese kreuzenden Störungen, die jünger als die Lausitzer Überschiebung sind, einen erheblichen Einfluss auf den Strukturbau des Zittauer Gebirges haben und einen tektonischen Schollenbau hervorrufen.

Die Untergliederung des Zittauer Gebirges in einen Waltersdorfer Block, einen Jonsdorf-Oybin Block und einen Lückendorfer Block, die Versätze von mehreren 100 m aufweisen, wurde bereits stratigraphisch angenommen und werden jetzt geophysikalisch unterstützt. Insbesondere die Fortsetzung nach Süden auf tschechisches Gebiet in ein NE–SW-streichendes Graben-und-Horst-System mit dem Graben von Nový Bor und Tlustec sowie dem Horst von Lasvice weisen auf eine erhebliche Schollentektonik im Zentrum des Egergrabens hin.

Die im Bereich der Lausitzer Überschiebung liegenden NE–SW-streichenden Störungen werden im Zusammenhang mit der aus den Tertiärbecken im Nordosten angenommenen Lückendorfer Störung gesehen, die im Dreiländereck Polen-Deutschland-Tschechische Republik auf die Lausitzer Überschiebung treffen soll. Insbesondere von der Töpfer Störung und der König-Johann-Quelle Störung wird angenommen, dass eine hydraulische Verbindung von den Kreidesandsteinen zu den tertiären Sedimenten über die Lausitzer Überschiebung hinweg besteht.

Aus seismischen Profilen, welche die Lausitzer Überschiebung kreuzen, wurde ein steileres Einfallen der Störung abgeleitet, welches sich deutlich von den Ergebnissen der tschechischen Kollegen östlich und westlich des Fokusgebietes unterscheidet. Diese haben ein bedeutend flacheres Einfallen ermittelt. Möglicherweise weist das auf einen recht kleinräumigen Wechsel der Schollentektonik innerhalb des Egergrabens hin.

1 Einleitung

Seit mehreren Jahrzehnten wird in den grenzüberschreitenden Grundwasserleitern der Sächsisch-Böhmischen Schweiz ein sinkender oder stark schwankender Grundwasserspiegel beobachtet. Aus durchgeführten Untersuchungen ergab sich, dass der sinkende Grundwasserspiegel im Projektgebiet sowohl auf klimatische Einflüsse (niederschlagsarme Jahre) als auch auf anthropogene Einwirkungen (erhöhte Entnahmemengen aus dem Grundwasser) zurückgeführt werden kann (Mrázová in Mrázová et al. 2020).

Um dieses Phänomen näher zu untersuchen, wurde bereits in den Jahren 2011 bis 2015 im Rahmen des Ziel3-Projektes GRACE („Gemeinsam Genutzte Grundwasserressourcen im Tschechisch-Sächsischen Grenzgebiet“) Untersuchungen zu den Ursachen im Raum Kimitzschtal und Zittauer Gebirge durchgeführt.

Das Nachfolgeprojekt „ResiBil“ erweiterte das Untersuchungsgebiet auf den nördlichen Bereich der Sächsisch-Böhmischen Schweiz, wodurch der

zusammenhängende einheitliche Komplex von Grundwasserleitern beurteilt werden konnte.

1.1 Das Projekt „ResiBil“

Das EU-Projekt ResiBil („Wasserressourcenbilanzierung und –resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-tschechischen Grenzraumes“) ist ein vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung unterstütztes, internationales Projekt aus dem Programm zur Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen der Tschechischen Republik und dem Freistaat Sachsen. Das Projekt wurde in den Jahren 2016–2020 bearbeitet. Das Projektgebiet mit einer Erstreckung von bis zu 45x70 km umfasst den östlichen sächsisch-tschechischen Grenzraum. Es wurde als Ganzes geologisch und hydrogeologisch bearbeitet und in ausgewählten Fokusgebieten bei Děčinský Sněžník, Hřensko-Kirnitzschtal und Lückendorf detaillierter untersucht und modelliert (Abb. 1).

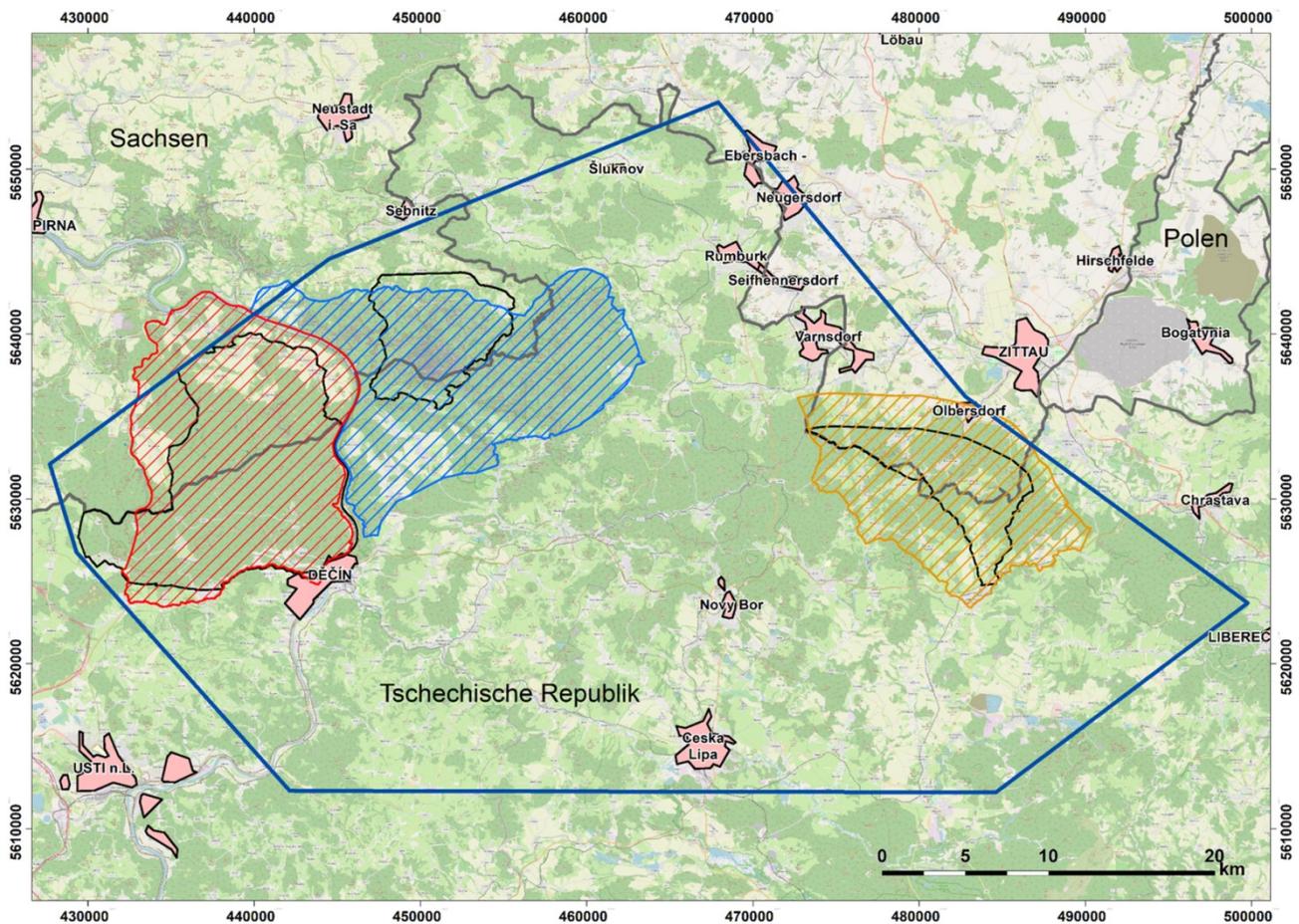


Abb. 1: Projektgebiet im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet. Farblich ausgehalten sind die detaillierter untersuchten Fokusgebiete Děčinský Sněžník (rot), Kirnitzschtal (blau) und Lückendorf (gelb) (modifiziert nach Mrázová in Mrázová et al. 2020).

Als Projektpartner beteiligte sich auf deutscher Seite die Abteilung 4 (Wasser, Boden, Wertstoffe) und Abteilung 10 (Geologie) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) und auf tschechischer Seite der Tschechische Geologische Dienst (ČGS/Česká geologická služba) und das Wasserforschungsinstitut (Výzkumný ústav vodohospodářský) T. G. Masaryk, (VUV TGM). Das LfULG übernahm in dem Projekt die Leadpartnerschaft.

Das Ziel des Projektes ResiBil war die Bilanzierung und Bewertung der langfristigen Nutzung von Grundwasserressourcen in der Sächsisch-Böhmischen Schweiz. Weiterhin sollte die nachhaltige Bewirtschaftung des Grundwassers unter Berücksichtigung des Klimawandels untersucht werden. Grundlagen dafür waren unter anderem geologische und hydrologische Modellierungen auf Basis abgestimmter grenzüberschreitender Erkenntnisse.

1.2 Aufgabenstellung Geologie

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf der Darstellung und Erläuterung der einheitlichen geologischen Grundlagen sowohl für das Projektgebiet als auch für das Fokusgebiet Lückendorf. Diese bilden eine wesentliche Basis für weiterführende geologische, hydrogeologische und hydrologische Untersuchungen. Dazu wurde eine grenzüberschreitende Geologische Karte im Maßstab 1:100.000 erstellt, die sowohl den tschechischen (böhmischen), als auch den sächsischen Teil des Untersuchungsgebietes umfasst. Ergänzt wurde die Geologische Karte durch eine Gravimetrische Karte im Maßstab 1:100.000, die weitreichende Informationen zum Untergrund der Kreidesedimente erbrachte.

Die regionalen Ergebnisse wurden durch geophysikalische Untersuchungen und Bohrungen, die in den Fokusgebieten durchgeführt wurden, ergänzt. Die drei Fokusgebiete Děčinský Sněžník, Hřensko-Kimitschtal und Lückendorf wurden weiterhin für die im Projekt geplanten Grundwasserströmungsberechnungen modelliert. Die vorliegende Arbeit ergänzt die Zusammenstellung von Mrázová et al. (2020) bezüglich der vertieften Auswertung der geologischen Ergebnisse auf sächsischem Gebiet.

Die Bericht von Mrázová et al. (2020) ist verfügbar unter www.Geologie.Sachsen.de/ResiBil.html.

2 Geologie

2.1 Geologie des gesamten Projektgebietes

2.1.1 Übersicht des Projektgebietes

Das 1890 km² umfassende Projektgebiet liegt im Grenzbereich von drei regionalgeologischen prävariszisch geprägten Einheiten: der Erzgebirgisch-Fichtelgebirgischen Antiklinalzone mit seinen hochmetamorphen Gneisen im Nordwesten, dem Lausitzer Massiv mit wenig deformierten Granitoiden im Norden und dem Böhmischem Massiv mit seinen metamorphen Gesteinen im Süden.

Zwischen diesen Einheiten sind altpaläozoische Schiefer des Elbtalschiefergebirges sowie des Riesengebirgs- und Isergebirgskristallins eingelagert (Kozdroj et al. 2001; Misař 1983; Cháb et al. 2008).

Im Zentrum des Projektgebietes wurden während des Unterperms Molassesedimente im Becken von Česká Kamenice abgelagert (Opluštil & Cleal 2007; Opluštil et al. 2016). Der größte Teil des Gebietes ist jedoch durch mergelige und sandige Sedimenten des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens bedeckt (Voigt & Tröger 2007a; Voigt 2009). Während des Tertiärs kam es mit der Absenkung des Egergrabens zum verstärkten Auftreten basischer und intermediärer Vulkanite (Cajz et al. 1996).

Die geologischen Einheiten werden von zwei regionalen Hauptstörungssystemen getrennt: der NW–SE-verlaufende Elbezone und dem NE–SW-streichenden Egergraben (Abb. 2). Diese beiden Störungssysteme dominieren das geologische Bild in dieser Region und enthalten auch die Hauptstörungen im Projektgebiet. Dazu gehört die NE-Begrenzung der Elbezone, die vor allem im Känozoikum wirksame Lausitzer Überschiebung sowie die SW-Begrenzung der Elbezone, die variszisch angelegte Mittelsächsische Störung (Krentz 2008; Stanek 2013). Die markanteste Störung am NW-Rand des Egergrabens ist der Erzgebirgsabbruch, der nach NE in die Děčín-Doubice Störung übergeht. Die südliche Begrenzung des Egergrabens ist nur abschnittsweise belegt.

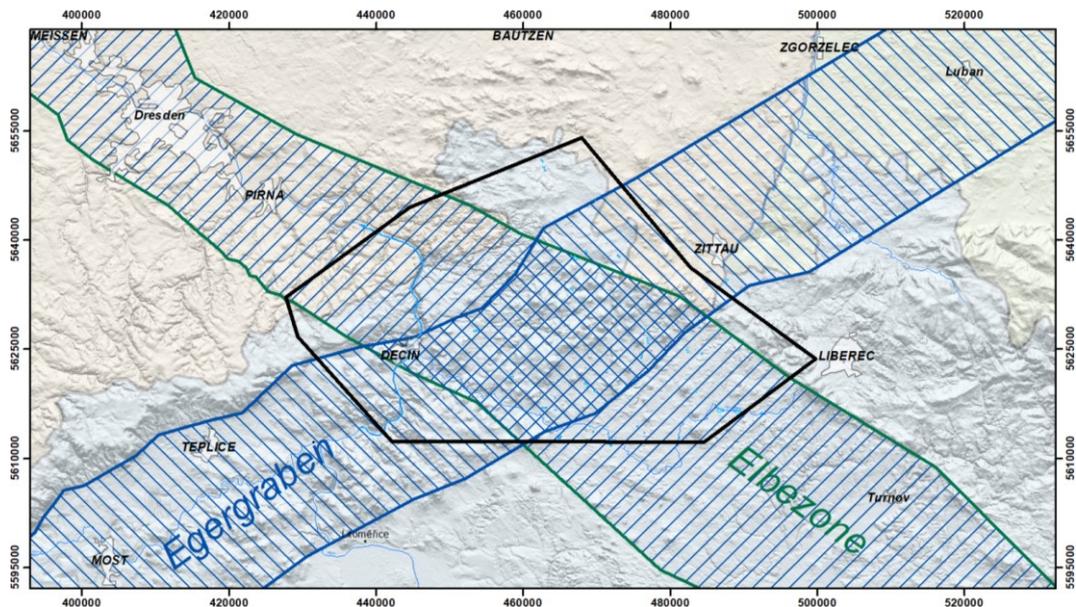


Abb. 2: Das Projektgebiet im Kreuzungsbereich der regionalen Störungszonen Elbezone und Egergraben (Jelínek et al. in Mrázová et al. 2020).

2.1.2 Die Geologische Karte 1:100.000

Zur Erfassung der geologischen Situation im Projektgebiet ResiBil wurde eine grenzüberschreitende abgedeckte Geologische Karte im Maßstab 1:100.000 als Oberflächenkarte erstellt (Mlčoch et al. 2018) (Abb. 3). Sie umfasst überwiegend die Vulkanite und Sedimente des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens südlich der Lausitzer Überschiebung zwischen dem östlichen Erzgebirge und dem Jeschken sowie im Bereich des Böhmisches Mittelgebirges.

Im nördlichen Teil der Karte treten die prävariszischen Granitoide des Lausitzer Massivs an der Oberfläche auf. Südlich der Lausitzer Überschiebung ist das Gebiet mit bis zu 1000 m mächtigen Kreidesedimenten bedeckt. Die Lausitzer Überschiebung selbst fungiert als nordöstliche Begrenzung der Elbezone und trennt beide geologischen Einheiten ab.

Das stratigraphische Alter der Kreideablagerungen reicht vom Cenoman bis ins Santon. Ältere jurassische Ablagerungen und Sedimente des Rotliegenden sind nur reliktsch vorhanden und finden sich als eingeschuppte kleinräumige Blöcke an der Lausitzer Überschiebung wieder (Kozdroj et al. 2001; Hofmann et al. 2013; Hofmann et al. 2018).

Im westlichen Teil der Karte treten die altpaläozoischen Schiefer des Elbtalschiefergebirges und die proterozoisch-altpaläozoischen Gneise des Erzgebirges auf.

Während des Tertiärs kam es im Zuge der Heraushebung der Alpen zu NW–SE-gerichteten Ausgleichsbewegungen (Adamovič & Coubal 1999), die zur Ausbildung des Erzgebirgsabbruchs und damit auch ab dem Obereozän zur Absenkung des Egergrabens führten (Ulrych et al. 1999). Damit verbunden war das Auftreten basischer Vulkanite. Die Grabenbildung führte zur Anlage mehrerer tertiärer Sedimentbecken, wie den Becken von Most, Zittau, Hrádek und Turów (Badura 2011). Diese Becken haben mit ihren Braunkohle-führenden Schichten eine hohe wirtschaftliche Relevanz.

Neben der Oberflächenkarte stellen ein geologischer NW–SE-Schnitt und eine präkretazische Übersichtskarte die komplizierte tektonische Situation und die Hauptstörungen im Projektgebiet dar (Kap. 2.1.5 und 2.1.6).

Eine Voraussetzung für die Bearbeitung war die gemeinsame, grenzüberschreitende Korrelation der geologischen Einheiten, insbesondere der Kreideablagerungen sowie der tektonischen Elemente. Eine wichtige Grundlage dabei waren die Ergebnisse aus vorangegangenen Kartierungsarbeiten und von vorherigen Projekten, wie dem EU-Projekt GRACE (Kalinová et al. 2014a) und dem Projekt Rebilance (Kadlecová et al. 2015). Zusätzlich wurden im nördlichen Bereich des Projektgebiets im Fokusgebiet Lückendorf (Zittauer Gebirge) verschiedene geophysikalische Untersuchungen vorgenommen.

Die Karte ist bei Mrázová et al. (2020) verfügbar unter www.Geologie.Sachsen.de/ResiBil.html.

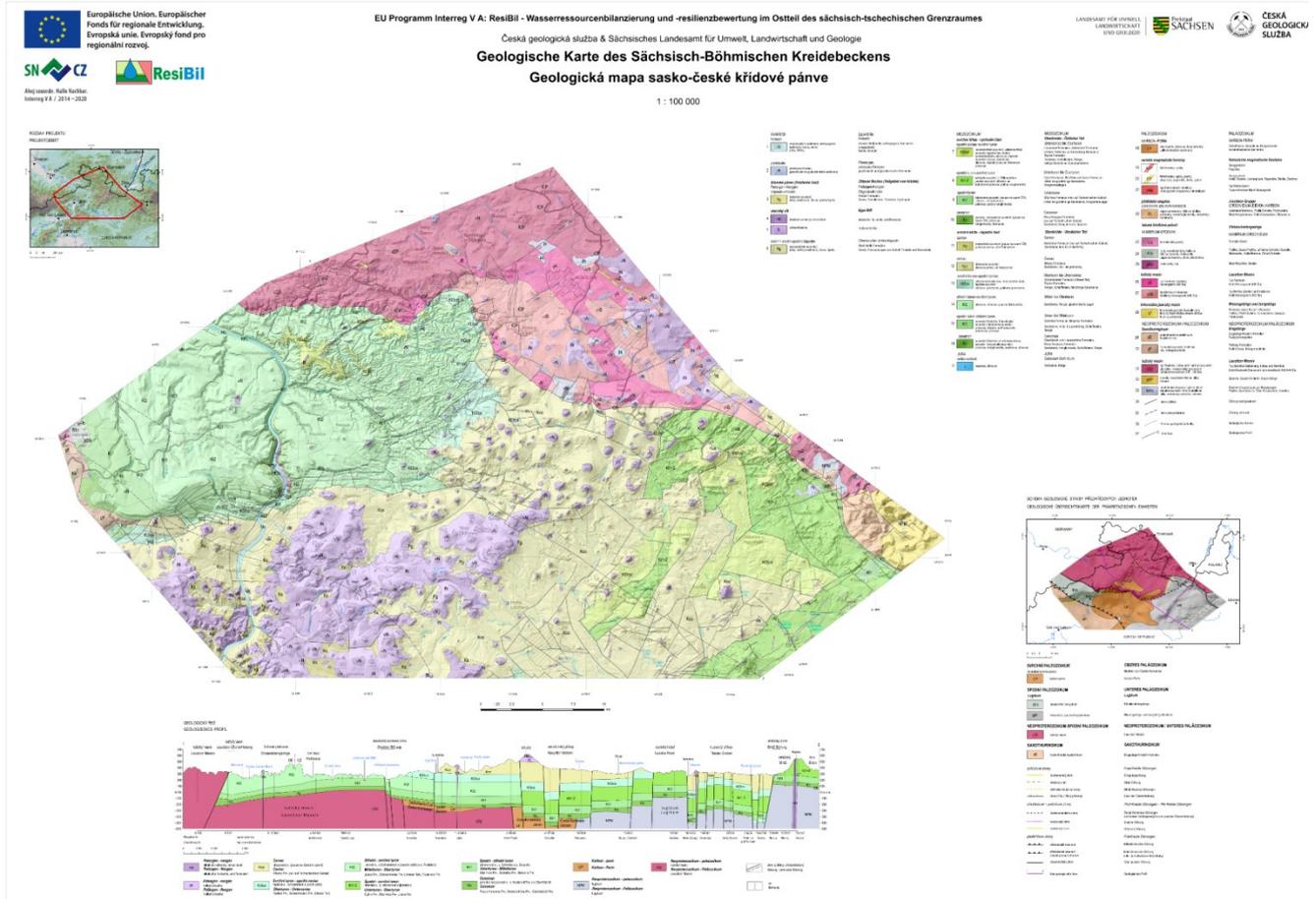


Abb. 3: Geologische Karte des Projektgebietes im Maßstab 1:100.000 mit geologischem Profil, der geologischen Übersichtskarte der präkretazischen Gesteine und einer zweisprachigen Legende (Mlčoch et al. 2018).

2.1.3 Korrelation der Kreideeinheiten

Die Obere Kreide des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens stellt die flächenmäßig umfangreichste und mächtigste sedimentäre Einheit im Projektgebiet dar. Die charakteristische Ausbildung der Kreide im Untersuchungsgebiet ist durch mächtige Folgen grobkörniger Sedimente – Sandsteine und lokal auch Konglomerate – geprägt. Diese Sandsteine konzentrieren sich vor allem auf die nördlichen und nordöstlichen Abschnitte des Gebietes. Im Norden sind sie durch die Lausitzer Überschiebung begrenzt, die den Rand des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens und der Elbezone bildet. In Richtung Süden gehen sie zunehmend in feinkörnige Sedimente – Tonsteine und Mergel – mit schwankendem Kalkgehalt über.

Die Gesamtmächtigkeit der oberkretazischen Sedimente bewegt sich von wenigen Metern im Elbtal bis zu 1.000 m im tief abgesenkten Teil des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Nový Bor und Benešov nad Ploučnicí sowie im Gebiet des Zittauer Gebirges (Nádaskay et al. 2020d). Die unterschiedliche Ablagerungsmächtigkeit im Sächsisch-Böhmischen Kreidebecken wird sowohl durch das unterschiedliche Relief seines Untergrunds (welches überwiegend tektonisch bedingt ist) als auch durch Erosion verursacht.

Für die Erarbeitung der grenzüberschreitenden Karte war die stratigraphische Korrelation der Kreideeinheiten eine notwendige Voraussetzung. Voigt (2017, 2018) stellt ein erstes Konzept zur Korrelation der Sedimente im Sächsisch-Böhmischen Kreidebecken auf Grundlage paläontologischer und sequenzstratigraphischer Befunde sowie aus Bohrlochdaten zusammen. Ein Hauptproblem im Westteil des Projektgebietes bestand in der Untergliederung der 200-380 m mächtigen Postelwitz-Formation. Die Postelwitz Formation wurde durch Prescher (1981) als

„Postelwitzer Schichten“ eingeführt und fasst die Sandsteinhorizonte „a“ bis „c“ von Lamprecht (1928, 1934) zu einer kartierbaren Einheit zusammen, da die Unterscheidung der verschiedenen Einheiten aufgrund fehlender Fossilien kompliziert ist. Im böhmischen und im sächsischen Teil des Untersuchungsgebiets sind die stratigraphischen Einheiten unterschiedlich definiert. Voigt (2018) schlägt nach umfangreichen Geländearbeiten das folgende Korrelationsschema für den Westteil des Untersuchungsgebietes vor (Abb. 4)

	Sachsen		Böhmen	
	borehole Graupa	Winterberg	old correlation	proposal (Nadaskay, Valecka, Voigt)
Unter-Coniac	Zatschker Mergel	Sandstein e	Jizera-Formation (Mittel-Turon)	Brezno-Formation
Ober-Turon	Herrenleite-Sandstein	Sandstein d		Teplice-Formation
	Zeichener Ton	gamma 3		Jizera-Formation
	Oberquader	Sandstein c3		
	Oberer Grünsandstein	Sandstein c1/2		
	glaukonitisch-sandiger Mergel			
Mittel-Turon	Sandstein b	Sandstein b		Jizera-Formation
	Mittlerer Grünsandstein	Sandstein a		
	Lamarcki-Pläner			

Abb. 4: Stratigraphisches Konzept zur Korrelation kreidezeitlicher Ablagerungen zwischen Sachsen und Böhmen im Westteil (Elbebereich) des Projektgebietes (Voigt et al. 2013).

Markante fazielle Unterschiede treten jedoch auch von West (Bereich des Elbtals und Elbsandsteingebirges) nach Ost (Zittauer Gebirge) auf. Im Gegensatz zum westlich gelegenen Elbsandsteingebirge, welches durch eine flach nach NE einfallende Sedimentabfolge gekennzeichnet ist, wird in Ostsachsen, im Bereich des Zittauer Gebirges, die strukturelle Lagerung durch einen umfangreichen neogenen Vulkanismus, verstärkte bruchtektonische Beanspruchung und eine damit verbundene Horst- und Grabenausbildung innerhalb des Egergrabens bedeutend komplizierter gestaltet (Voigt 2017, Niebuhr et al. 2020).

Die Sedimentabfolge im Zittauer Gebirge ist im unteren Bereich sehr monoton ausgebildet. Die oberen Bereiche sind heterogener, jedoch nur selten aufgeschlossen. Cenomane Sedimente streichen auf deutscher Seite nicht an der Oberfläche aus. Die Korrelation erfolgt in diesem Fall vorwiegend über Bohrungen. Eine genaue Beschreibung der lithologisch-stratigraphischen Verhältnisse sowie der vorliegenden Korrelation im Sächsisch-Böhmischen Kreidebecken geben Voigt et al. (2013), Voigt (2017, 2018), Nádaskay (2020) (Abb. 5) und Nádaskay et al. (a, b) in Mrázová et al. (2020) (Abb. 6) sowie Niebuhr et al (2020).

Neuere Ergebnisse von Niebuhr et al. (2020) korrelieren die Lückendorf- und die Waltersdorf-Formation ausschließlich mit der Teplice-Formation und stellen sie in das oberste Turon bis in das Unterconiac.

Vergleicht man die einzelnen Kreideprofile aus dem gesamten Projektgebiet in Hinblick auf ihre hydrogeologische Nutzung, erkennt man die fazielle Differenzierung der Sedimente und das Auskeilen verschiedener Grundwasserstauer (Abb. 5). Damit verbunden ist die Schwierigkeit einheitliche Grundwasserleiter flächendeckend auszuhalten.

2.1.4 Legende der Geologischen Karte 1:100.000

Für die Erstellung der Geologischen Karte 1:100.000 war die in Kap. 2.1.3 beschriebene Korrelation eine zwingende Voraussetzung, um eine gemeinsame, grenzüberschreitende Legende zu erarbeiten. Neben der Korrelation der Kreidesedimente war auch eine Abstimmung der tertiären und der unterpermischen Sedimente erforderlich. Die metamorphen Einheiten des Elbtalschiefergebirges und des Jeschken sind getrennt ausgehalten worden, obwohl eine Verbindung unterhalb des Česká Kamenice Beckens, welches etwa im Zentrum des Projektgebiets liegt, wahrscheinlich ist. Grund für diese Annahme ist eine vergleichbare Lithologie, welche in beiden regionalgeologischen Einheiten auftritt. Das charakteristische „Kieselschiefer-Hornstein-Konglomerat“ kann sowohl im Elbtalschiefergebirge (Seidenbach-Tal) als auch im Riesengebirge bei Kryštofovo Údolí nachgewiesen werden.

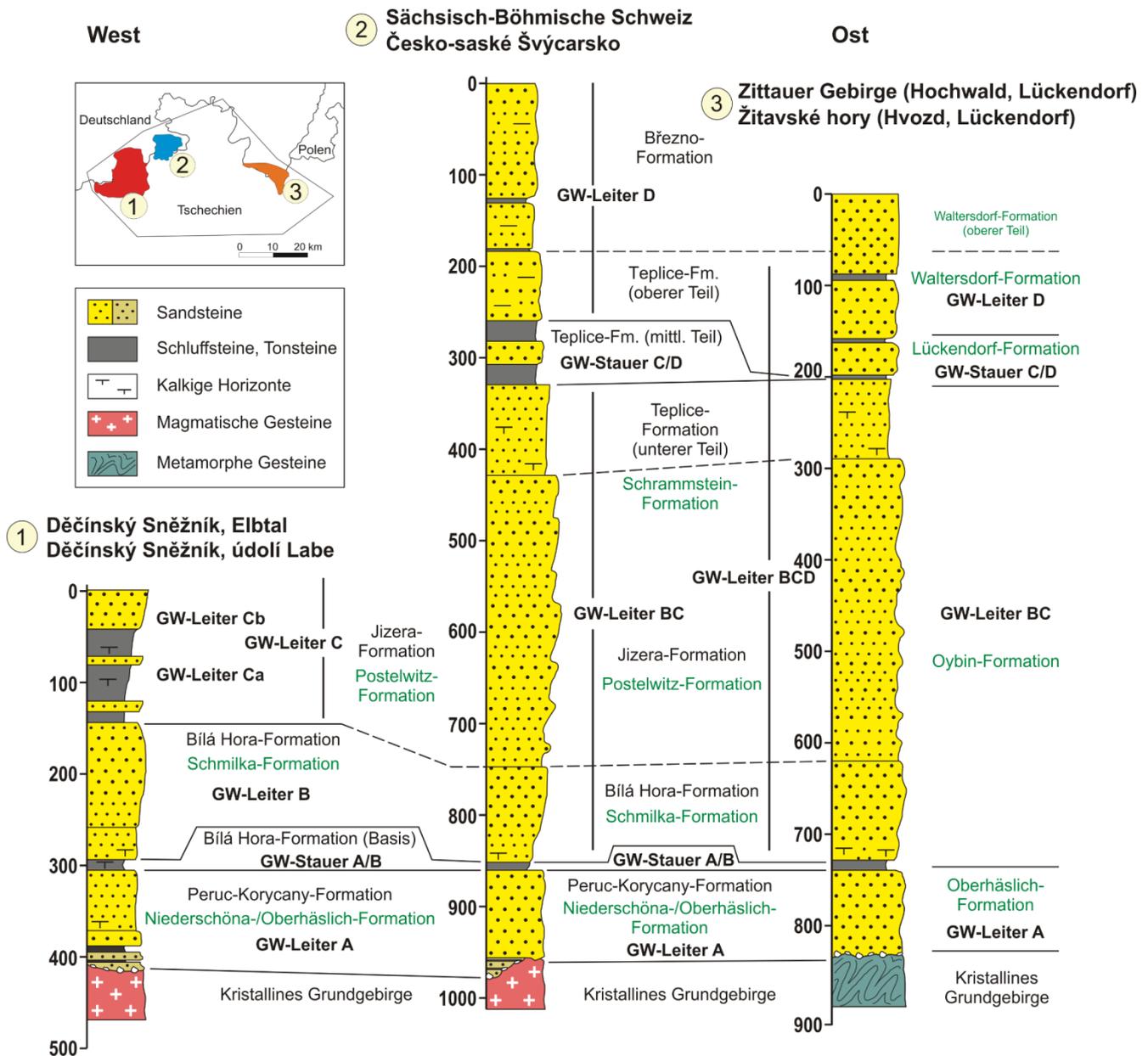


Abb. 5: Zusammengefasste lithologische Korrelation des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens in Bezug auf ihre hydrogeologische Nutzung (modifiziert nach Nádaskay 2020).

2.1.5 Geologische Übersichtskarte der präkretazischen Einheiten

Die Basis der Kreidesedimente ist zum größten Teil nur aus Bohrungen bekannt. Für die 3D-Modellierung war die Bearbeitung aller vorliegenden Bohrungen erforderlich, um die Tiefenlage, die Zuordnung und die Abgrenzung der präkretazischen Einheiten zu ermitteln. Die Darstellung wurde dabei auf die wesentlichen regionalgeologischen Einheiten - Erzgebirge, Lausitzer Massiv sowie das Altpaläozoikum des Elbtalschiefergebirges und des Riesengebirgs- und Isergebirgskristallins - begrenzt. Besondere Bedeutung hat die Darstellung des Česká Kamenice Beckens im zentralen Teil des Projektgebietes. Die Tiefenlage der Kreidebasis, die aus der 3D-Modellierung abgeleitet wurde, ist in Abb. 7 durch ein Reliefbild (*shaded relief*) angedeutet.

Die Abgrenzung der geologischen Einheiten sowie die Tiefenlage der Kreidebasis sind überwiegend tektonisch bedingt. In der Geologischen Übersichtskarte wurden die bedeutendsten Hauptstörungen zeitlich in präkretazische-, prä- und postkretazische- sowie postkretazische Störungen unterteilt (Abb. 7).

Die wichtigsten präkretazischen Störungen sind die NW–SE-streichende **Westlausitzer Störung** sowie die **Mittel-**

sächsische Störung. Diese beiden Störungen sind auf sächsischem Gebiet gut aufgeschlossen. Auf tschechischer Seite sind sie mittels Bohrungen zu verfolgen bzw. sind im Elbtal bei Hřensko aufgeschlossen (Krentz et al. 2000). Unterstützend wurde die Gravimetrische Karte 1:100.000 für den Verlauf der Westlausitzer Störung genutzt, die östlich der **Děčín-Doubice Störung** als **Česká-Kamenice Störung** verfolgbar ist und damit die südliche Abgrenzung des Lausitzer Massivs bildet. Die **Lausitzer Überschiebung** ist die markanteste Störung im Projektgebiet. Sie ist sowohl variszisch als auch postkretazisch aktiv gewesen. Die variszischen Störungen weisen überwiegend einen dextralen Bewegungssinn auf.

Zu den NE–SW-streichenden postkretazischen Störungen, die den Egergraben begrenzen, gehören der **Erzgebirgsabbruch**, die **Děčín–Doubice Störung** und die **Stráž Störung**. Dabei geht der Erzgebirgsabbruch östlich der Mittelsächsischen Störung in die Děčín-Doubice Störung über (Mičoch et al. 2018; Jelínek et al. in Mrázová et al. 2020). Weitere postkretazische NE–SW-streichende Störungen, wie die **Tlustec Störung**, **Velenice Störung** und **Svojkov Störung** gliedern den SE-Teil des Untersuchungsgebietes in mehrere Graben-und-Horst-Strukturen (Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10).

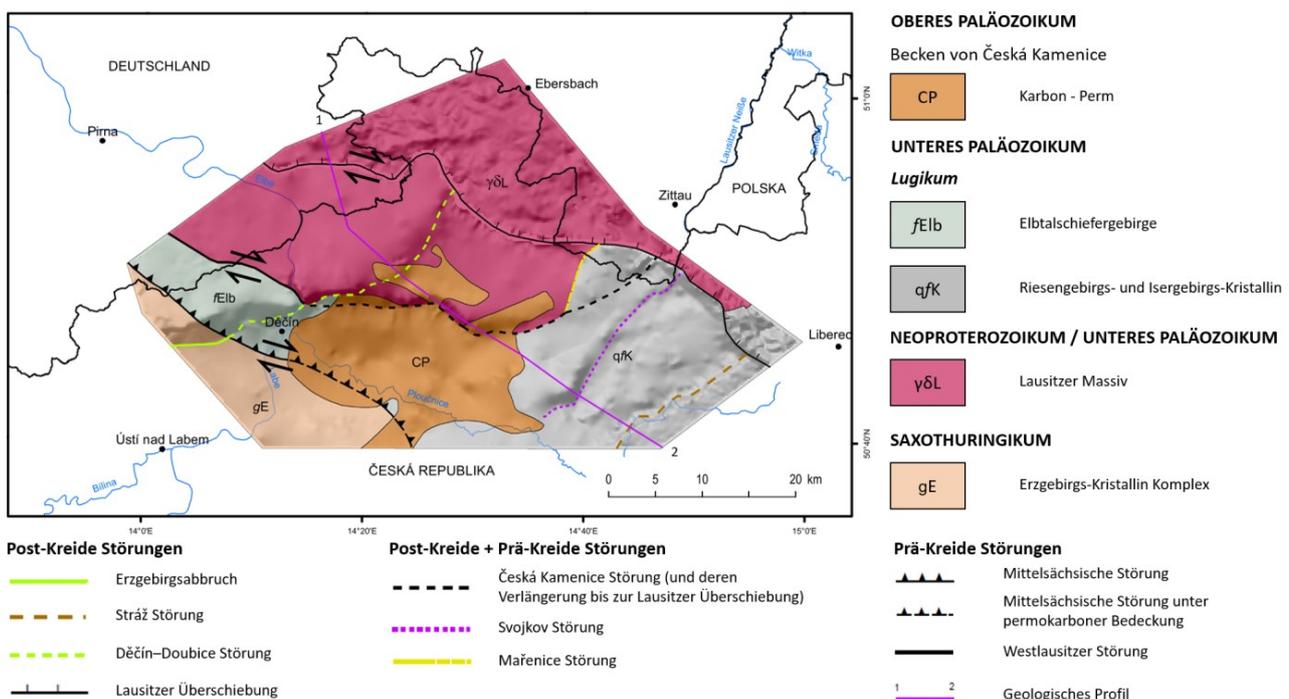


Abb. 7: Schematische Darstellung der geologischen Einheiten des Grundgebirges und bedeutender tektonischer Strukturen mit dextraler Bewegung (schwarze Pfeile) (modifiziert nach Mičoch et al. 2018).

2.1.6 Profilschnitt

Ein NW–SO-verlaufendes geologisches Profil verdeutlicht die tektonische Situation im Projektgebiet (Abb. 8). Markant ist die Lausitzer Überschiebung als Begrenzung der Elbezone im Nordosten. Der Egergraben erstreckt sich von der Děčín–Doubice Störung bis zur Stráž Störung im Südosten. Die Mächtigkeit der Kreidesedimente erreicht durchschnittlich 300 bis 600 m. Im zentralen Teil des Gebiets – im Kreuzungsbereich der Elbezone mit dem Egergraben – erreichen die Kreideablagerungen jedoch Mächtigkeiten bis zu 1000 m (Cajz et al. 1996). In diesem Gebiet liegt auch das Unterperm-Becken von Česká Kamenice.

2.1.7 Gravimetrische Karte 1:100.000

Die regionale Untersuchung der geologischen Struktur wurde durch detaillierte Schweremessungen unterstützt. Auf der Basis der existierenden Schweredaten (mehr als 400 000 Werte, mit einer Punktdichte von 2–4 Punkten pro km²) wurde durch die Firma Miligal s.r.o. Brno (Sedlák et al. 2019) auf dem Gebiet der Tschechischen Republik und Sachsens eine gravimetrische Karte der Bouguer-Anomalien im Maßstab 1:100.000 für das gesamte Projektgebiet erstellt (Abb. 9). Diese Karte präzisiert die gravimetrische Karte des zentralen Teils des Lugjums von Sedlák et al. (2007) im Grenzbereich zwischen des Lausitzer Massivs und dem Sächsisch-Böhmischen Kreidebecken.

Die vorliegende Karte zeigt die Dichteverteilung der Gesteine in größerer Tiefe (bis 1.000 m). Sie spiegeln die geologischen Verhältnisse unter den weitverbreiteten Kreidesedimenten wieder. Gut zu erkennen ist der NE–SW-verlaufende Egergraben und die NW–SO-streichende Lausitzer Überschiebung, welche die Granite und Granodiorite des Lausitzer Massivs (rot) im Norden von den Sandsteinen (grün/blau) im Süden abtrennt. Ergänzt wird die Karte durch bedeutende Störungen sowie wichtige geologische Einheiten aus der Geologischen Übersichtskarte (siehe Kap. 2.1.5).

Die Gravimetrische Karte ist verfügbar unter www.Geologie.Sachsen.de/ResiBil.html.

2.1.8 3D-Modell des Projektgebietes

Zur Erstellung eines räumlichen, konzeptionellen, geologischen Modells wurden die 3D-Programme Surfer, SKUA-GoCAD und MOVE verwendet (Abb. 10). Anhand von bereits vorhandenen Bohrungen und geophysikalischen Untersuchungen konnte jeweils die Oberkante und der Verlauf der einzelnen geologischen Schichten dargestellt werden (Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020). Die an der Oberfläche ausstreichenden Schichten wurden außerdem mit der geologischen Karte abgeglichen. In das Modell sind weiterhin nur die wichtigsten Hauptstörungen, die einen tektonischen Versatz von > 50 m ausweisen, eingearbeitet.

Die tiefste modellierte Schicht ist die Basis der kreidezeitlichen Sedimente. Die verschiedenen Kreidesedimente lagern auf dem zum Grundgebirge zählenden Lausitzer Granodiorit im Norden, den Gneisen des Erzgebirges im Südwesten, den metamorphen, altpaläozoischen Gesteinen und den Sedimenten des Unterperms im Zentrum und im Osten. Von den Kreidesedimenten wurden weiterhin Top Cenoman, Top Turon sowie Top Turon + Coniac samt Quartär modelliert (Abb. 10). Von den zahlreichen tertiären Vulkansloten des Böhmischen Mittelgebirges, welche die Schichten durchschlagen, sind beispielhaft nur die größten modelliert worden.

Eine bedeutende und sehr markante Störung, ist die Lausitzer Überschiebung, die bereits während der Ablagerung der Kreidesandsteine aktiv war. Der in NE–SW-Richtung streichende Erzgebirgsabbruch, welcher in die Děčín–Doubice Störung übergeht, die Česká-Kamenice Störung und die Stráž Störung sind durch den sprunghaften Wechsel der Tiefenlage der Kreidebasis gekennzeichnet.

Das erstellte Modell ist ein wichtiger Bestandteil für die anschließende hydrogeologisch-numerische Modellierung des Grundwasservorkommens im Projektgebiet. In Abb. 5 ist die Verbreitung und Mächtigkeit der wichtigsten Grundwasserleiter sowie ihr stratigraphische Zuordnung dargestellt.

Das 3D-Modell kann betrachtet werden unter www.Geologie.Sachsen.de/ResiBil.html.

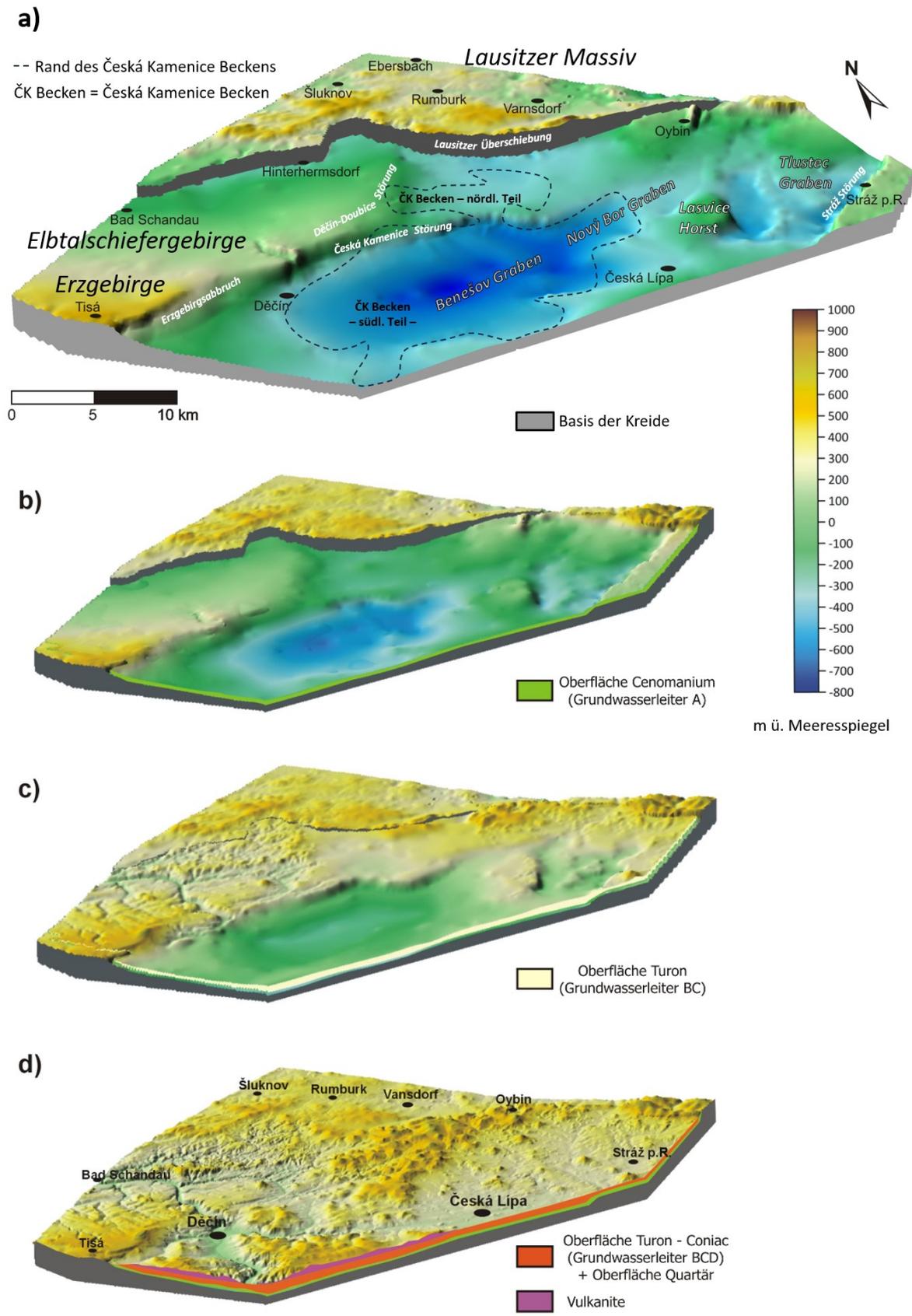


Abb. 10: Geologisches 3D-Modell des Projektgebietes mit Darstellung der (a) Basis der Kreide mit ausgewählten geologischen Einheiten und Störungen, (b) Top Cenoman, (c) Top Turon sowie (d) der rezenten Oberfläche (modifiziert nach Jelínek et al. und Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).

2.2 Fokusgebiet Lückendorf

Das Fokusgebiet Lückendorf (Abb. 11) hat seinen Schwerpunkt im Zittauer Gebirge. Dieses Gebiet ist in den letzten Jahren durch seine abgegrenzte Position zur deutsch-tschechischen Staatsgrenze auf sächsischer Seite relativ isoliert betrachtet worden. Sowohl die lithostratigraphische Korrelation der Kreideeinheiten, die tektonische Situation der Lausitzer Überschiebung als auch die NE–SW-streichenden tektonischen Querelemente konnten nur ungenügend grenzüberschreitend bearbeitet werden.

Im Rahmen des Projektes ResiBil wurden daher einerseits umfangreiche grenzübergreifende geophysikalische Untersuchungen durchgeführt, welche die tektonische Situation erfassten und zum anderen wurden die vorliegenden Ergebnisse auf sächsischem und tschechischem Territorium in die regionale Interpretation einbezogen.

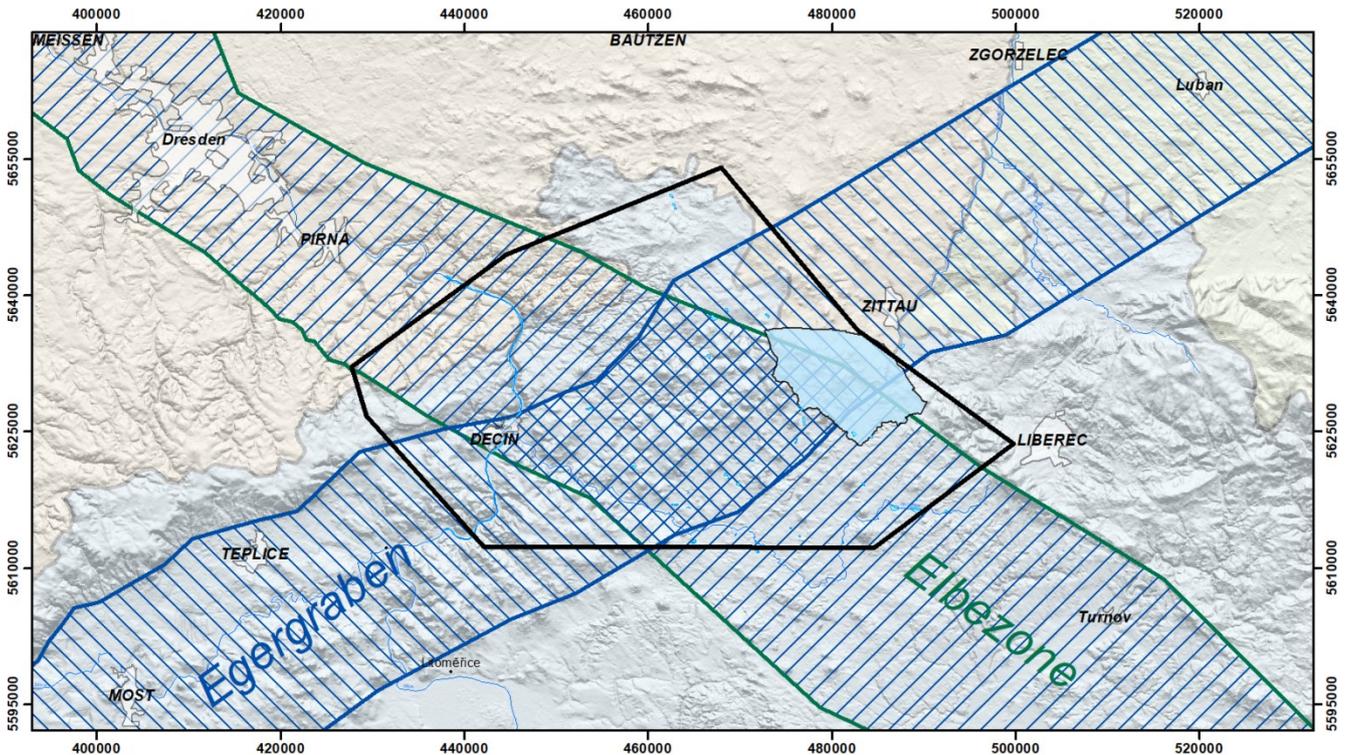


Abb. 11: Lage des Fokusgebietes Lückendorf (hellblau) im Projektgebiet (modifiziert nach Jelínek et al. in Mrázová et al. 2020).

2.2.1 Geologische Übersicht – Fokusgebiet Lückendorf

Das Fokusgebiet Lückendorf wird durch die Lausitzer Überschiebung in zwei geologische Einheiten geteilt: Im Norden treten die proterozoisch-altpaläozoischen Granodiorite und Granitoide des Lausitzer Massivs auf (Krentz et al. 2000; Kozdroj et al. 2001). Die Granodiorite werden von tertiären Sedimenten (Oligozän-Miozän) des Beckens von Zittau-Hrádek-Turów überlagert (u.a. Standke 2008; Stanek et al. 2015). Diese Sedimente reichen lokal bis an die Lausitzer Überschiebung heran (Kasiński & Panasiuk 1987; Raithel et al. 1995).

Den weitaus größeren Anteil haben jedoch die Sedimente der Oberkreide (Cenoman bis Unterconiac) südlich der

Lausitzer Überschiebung, die das Zittauer Gebirge bilden. Cenomane Ablagerungen sind im Zittauer Gebirge nicht aufgeschlossen (Andert 1929; Tröger 2008), sondern treten nur im äußersten Osten des Projektgebietes am Vysoká bei Jitrava auf (Niebuhr et al. 2020). Im Fokusgebiet erreichen die Sedimente Mächtigkeiten bis zu 700 m.

Das Gebiet wird durch einen intensiven tertiären Vulkanismus geprägt. Diese überwiegend oligozänen Basaltoide und Phonolithe bilden häufig markante Bergkegel, welche die Landschaft nachhaltig formten (Ulrych et al. 2008; Tietz et al. 2011; Büchner & Tietz 2012, Büchner et al. 2015; Wenger et al. 2017). Laven und Tuffe treten sowohl in der Umgebung der Vulkanschote als auch zwischen den tertiären Sedimenten des Zittauer Beckens auf (Büchner et al. 2006).

Tektonisch ist das Fokusgebiet durch den Kreuzungsbereich des Egergrabens mit der Elbezone gekennzeichnet. Die Lausitzer Überschiebung wirkt dabei im NE als Begrenzung der Elbezone. Die kretazisch bis känozoisch wirksame NE–SW bis E–W-streichende Lausitzer Überschiebung wurde mehrfach reaktiviert. Lange et al. (2008) sowie Voigt (2009) nehmen auf Grund von Datierungen an Apatitspaltspuren und der Interpretation der Lausitz-Riesengebirgs-Antiklinalzone als Inversionsstruktur Überschiebungshöhen von bis zu 4000 m an. Die gegenwärtigen Überschiebungshöhen erreichen im Zittauer Gebirge noch mindesten 500 m. Auf Grund der Lage des Fokusgebietes im Zentrum des NE–SW-streichenden Egergrabens treten auch zahlreiche NE–SW-gerichtete Störungen auf, die NE-streichende Gräben und Horste gebildet haben. Solche unterschiedlichen Blöcke wurden bereits von Andert (1929) beschrieben. Diese Störungen, die ebenfalls Versätze von mehreren 100 m hervorrufen können, sind jünger als die Lausitzer Überschiebung und sind auch in den Tertiärsedimenten des Zittauer Beckens nachweisbar.

Besonderes Interesse lag bei der Untersuchung auf der „Lückendorfer Störung“, die von Kasiński & Panasiuk (1987) sowie Kasiński (1991) aus dem Bereich des Turów-Beckens bis in den Raum Lückendorf dargestellt wird.

2.2.2 Geophysik - Seismik

Ziel und Methodik

Zur Klärung der geologisch-tektonischen Situation wurden entlang der Lausitzer Überschiebung sowohl auf tschechischem als auch auf sächsischem Gebiet umfangreiche seismische, geoelektrische und gravimetrische Untersuchungen durchgeführt (Abb. 12).

Das Ziel der Untersuchung war die Erkundung der Lückendorfer Störung durch reflexionsseismische Messungen. Dabei sollte die tektonische Situation im Bereich der Lausitzer Überschiebung bzw. ihrer Querstörungen geklärt sowie die Basis der tertiären und kretazischen Sedimente bestimmt werden.

Es wurden 4 Profile östlich von Oybin zwischen Lückendorf und Eichgraben mit Profillängen zwischen 800 m und ca. 2400 m gemessen (Tabelle 1). Die Erkundungstiefe betrug ca. 700 m. Die Messdaten wurden sowohl reflexionsseismisch als auch mit Tauchwellentomographie ausgewertet.

Die Messungen wurden im Dezember 2017 und Juni 2018 durch die Firma Geophysik GGD Leipzig durchgeführt (Bauer et al. 2018a, b). Die Energieanregung erfolgte mit dem beschleunigtem Fallgewicht EWG III bzw. mit technischen Kartuschen und dem System „Sissy“ an nicht anfahrbaren Profilschnitten.

Als Registrierapparatur kam das SmartSeis 24bit (Fa. Seismic Instruments Ltd., USA) zum Einsatz. Durch die gewählten Anregungs- und Registrierparametern konnten Felddaten mit guter Qualität aufgenommen werden.

Tabelle 1: Parameter der im Fokusgebiet Lückendorf durchgeführten seismischen Untersuchungen.

Profil	Länge in [m]	Geophonpunkte von - bis	Anzahl der Empfängerpunkte	Anzahl der SP auf dem Profil
ResiBil 1	1436	1101 – 1460	360	180
ResiBil 2	804	2101 – 2302	202	101
ResiBil 3	1060	3101 - 3366	266	133
ResiBil 4	2400	101 – 700	600	300

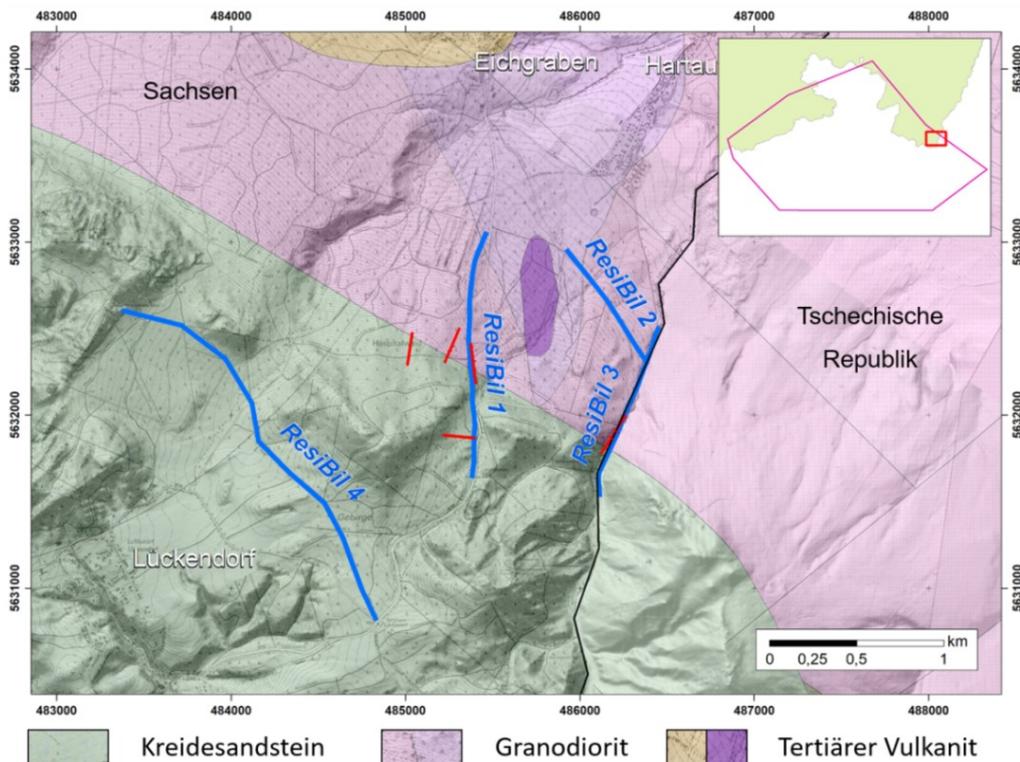


Abb. 12: Lage der untersuchten Profile im Fokusgebiet Lückendorf (blau – seismische Profile; rot – geoelektrische ERT-Profile) (modifiziert nach Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).

Ergebnisse

Das im Messgebiet bestimmende tektonische Element ist die Lausitzer Überschiebung. Sie wurde mit den Profilen **ResiBil 1 und ResiBil 3** (Abb. 13) übermessen. Diese Deformationszone lässt sich sicher in den seismischen Ergebnissen lokalisieren (ResiBil 1: CDP 1430 – 1450; ResiBil 3: CDP 6480 – 6500). Sie weist einen Versatzbetrag von ca. 110 m (ResiBil 3) bis 250 m (ResiBil 1) auf. Das genaue Einfallen der Störung lässt sich aus den Daten jedoch nicht ableiten.

Im Verbreitungsgebiet der präkambrischen Granodiorite treten deutliche Reflexionen auf, welche die Basis der Kreidesedimente und tertiären Sedimente wiedergeben. In den Profilen ResiBil 1 und ResiBil 3 ist diese Basis jeweils durch Bohrungen bestätigt. Neben der genauen Lokalisierung der Lausitzer Überschiebung konnte weiterhin die Verbreitung der tertiären Sedimente angepasst werden. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese lokal bis an die Lausitzer Überschiebung heranreichen.

Eine generelle Neigung der Basis der Kreideschichten lässt sich anhand der Reflexionen auf den seismischen Profilen nicht erkennen. Deutlich ist jedoch der Höhenunterschied

der Kreidebasis zwischen den Profilen ResiBil 1 und 3, welcher etwa 40 m in der NN-Höhe beträgt.

Die Basis der tertiären Sedimente fällt generell nach Nordosten ein. Am Nordostrand des Messgebietes treten markante Störungen auf.

Auf Profil ResiBil 1 ist eine breite Deformationszone im Bereich von CDP 1600 – 1650 zu erkennen. In diesem Profiltail besitzen die Reflexionen innerhalb des tertiären Schichtkomplexes eine dem sonstigen Einfallen der Schichten entgegengesetzte Neigung, was auf eine spitzwinklig zum Profil verlaufende Störung zurückgeführt werden kann. Dabei handelt es sich um die Beckenrandstörung SW (Abb. 13).

Durch die Bohrung BRK 716/1983 konnte auf Profil ResiBil 2 (Abb. 14) die Basis des Tertiärs nachgewiesen werden. Weiterhin tritt im Bereich CDP 2250 ein deutlicher Reflexionsversatz der Tertiärbasis auf. Gleichzeitig lässt sich in diesem Bereich ein Wechsel im Wellenbild beobachten. Nach dem geologisch-geomorphologischen Befund kann man davon ausgehen, dass es sich an dieser Stelle um die König-Johann-Quelle Störung handelt, die bereits im Profil ResiBil 1 nachvollzogen werden konnte.

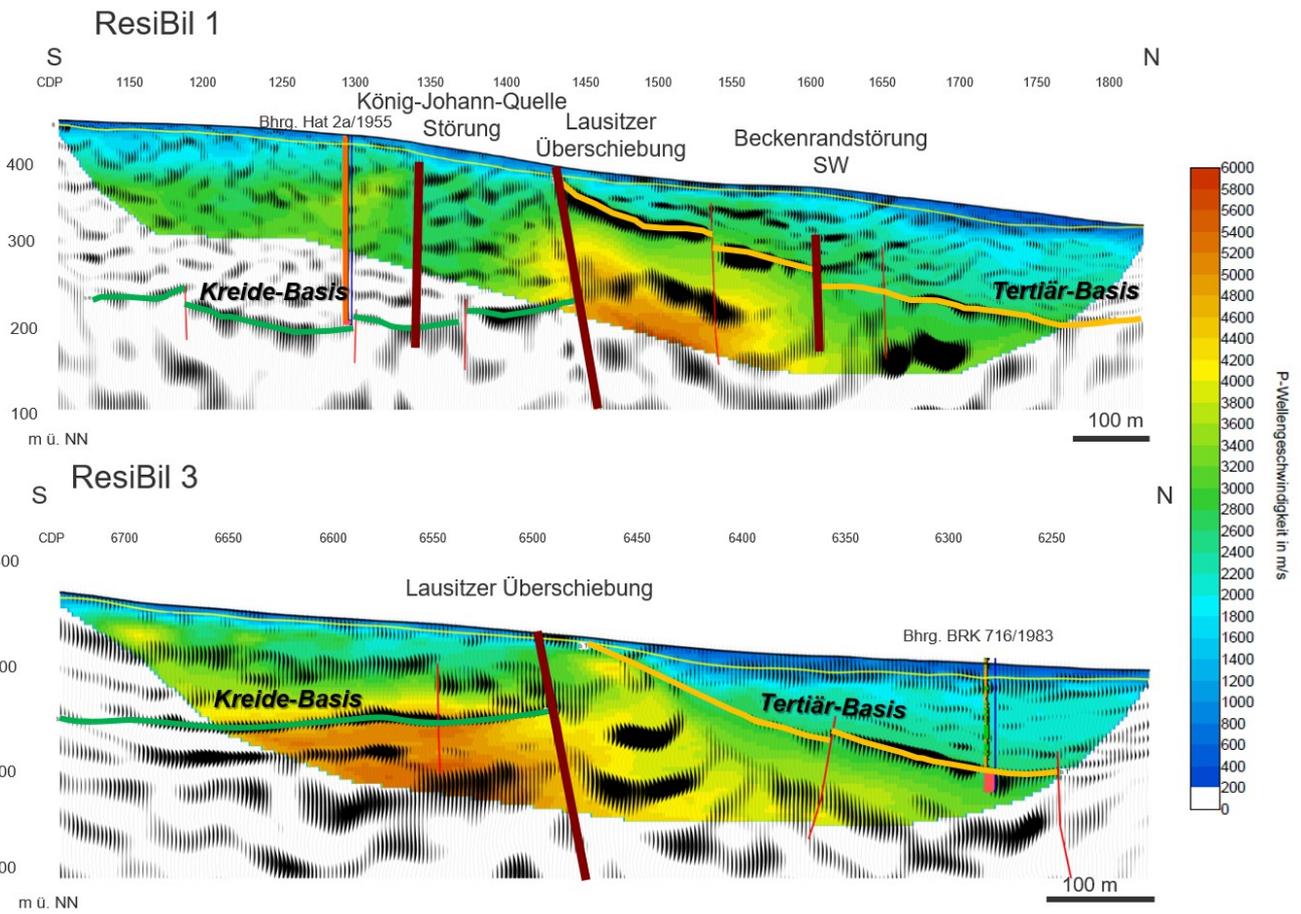


Abb. 13: Seismische Profile ResiBil 1 und ResiBil 3 mit der Lausitzer Überschiebung, der Kreidebasis und Tertiärbasis.

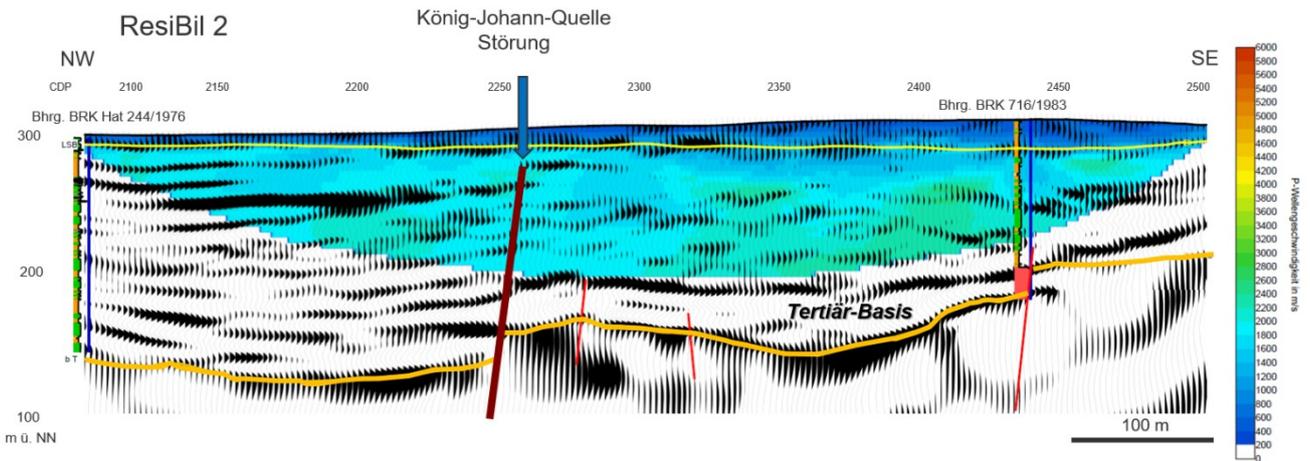


Abb. 14: Seismisches Profil ResiBil 2 mit der König-Johann-Quelle Störung und der Tertiärbasis.

Mit dem Profil **ResiBil 4**, welches zwischen den Ortslagen Lückendorf und Oybin angesetzt wurde, sollte auf einer Länge von 2400 m die Kreidebasis und mögliche Querstörungen erfasst werden (Abb. 15). Die Reflexionen sind nicht so deutlich ausgebildet wie in den Profilen 1 bis 3. Die Kreidebasis ist gut an dem Reflexionsband bei ca. -70 m NN erkennbar und durch die unmittelbar am SE-Ende abgeteufte (jedoch nicht dargestellt) Bohrung Forsthaus Lückendorf (Lcr IE/60) bestätigt.

Die westlichste Deformationszone auf dem seismischen Profil liegt zwischen CDP 1080 und 1150 und ist durch einen markanten Abbruch der hohen Geschwindigkeitswerte in den refraktionstomografischen Geschwindigkeiten und dem Einsetzen der kräftigen Reflexionen um 0 m NN gekennzeichnet. Die Verbindung beider Indikationen lässt auf ein steiles Einfallen der Störung nach SE schließen. Sie entspricht der geologisch ausgehaltenen Töpfer Störung. Das Tiefenniveau der Kreidebasis auf der Hochscholle entspricht näherungsweise der Tiefe der Kreidebasis in der Bohrung HY Oy 1/1955 (Kap. 3.2).

Weitere Störungszonen sind durch einen Wechsel der refraktionstomografischen Geschwindigkeit und dem Abbrechen markanter Reflexion an den Punkten CDP 1270, 1500 und 1650 erkennbar.

Auffällig ist der Wechsel der oberflächennahen refraktionstomografischen Geschwindigkeiten um CDP 1820. Die an

diesem Wechsel vermutete Störungszone lässt sich im Wellenfeld an Hand von Reflexionsversätze verfolgen. Östlich davon zeigen die oberflächennahen Geschwindigkeiten eine tiefgreifende Verwitterung an. Eine ähnliche Erscheinung trat in den Kreidesedimenten auf dem Profil ResiBil 1 auf. Verbindet man beide Deformationszonen flächenhaft, so ergibt sich ein NE–SW-streichende Störungszone, die als Fortsetzung der König-Johann-Quelle Störung angesehen wird.

Auffällig ist eine Zone flach geneigter Reflexionselemente, die bei CDP 1270 bei ca. 70 m NN beginnt und sich bis CDP 2000 um ca. 400 m NN verfolgen lässt. Um die Aussagekraft dieser Zone zu belegen, wurden Tiefpass-Filterungen des Zeitschnittes durchgeführt (Abb. 15a). Derartige Filterungen werden meist benutzt, um gröbere Lagerungsstrukturen zu visualisieren und mächtigere Schichtkomplexe voneinander abzugrenzen (Bauer et al. 2018b). Es ist davon auszugehen, dass es sich dabei um eine Störungszone parallel zur Lausitzer Überschiebung handelt (Zigeunerberg Störung), die spitzwinklig das Profil schneidet. In einer 3D-Modellierung wurde ein steiles Einfallen dieser Störung nach NE konstruiert (Abb. 38). Ob es sich zwischen CDP 1270 und CDP 1550 auf Grund der Vergleichbarkeit der Reflexionen auch um die Kreidebasis handelt, ist anzunehmen aber nicht sicher belegt. Deutlich erkennbar sind hingegen in der Tiefpass-Filterung die Störungen im oberflächennahen Bereich.

2.2.3 Geophysik - Geoelektrik

Ziel und Methodik

Die geoelektrischen ERT-Profile sollten zum einen die oberflächennahen Bereiche der seismischen Profile ergänzen und zum anderen im Bereich der Lausitzer Überschiebung die Lokalisierung dieser Störung verbessern.

Es wurden 5 ERT-Profile östlich von Oybin zwischen Lückendorf und Eichgraben mit Profillängen zwischen 200 m und 300 m gemessen (Abb. 16). Die Erkundungstiefe betrug jeweils ca. 40-50 m.

Die Messungen wurden im März und Juni 2018 in Zusammenarbeit mit dem ČGS durchgeführt. Die Messungen erfolgten auf Profillinien, dabei wurde die Widerstandsprofilierung (DOP) und die Sondierung (VES) eingesetzt, um den spezifischen Scheinwiderstand der

Gesteinumgebung in horizontaler und vertikaler Richtung zu erfassen. Für eine Tiefe bis 50 m wurde die elektrische Tomographie (ERT) angewandt, welche die Profilierung und die Sondierung für die gemeinsame Messung kombiniert.

Die ERT-Messungen wurden als gemessene, berechnete und invers modellierte Widerstands-Sektion angegeben (Abb. 17 und Abb. 18). Aus den regionalen Erfahrungen heraus war bekannt, dass der elektrische Widerstand in den wasserführenden tertiären Sedimenten in einem Intervall von 20-100 Ohm (blau bis grün) und in den weniger wasserführenden Kreidesandsteinen zwischen 1000-3000 Ohm (rot bis braun) liegt. Ein rascher Wechsel des Widerstandes weist hingegen auf die Existenz einer Störung hin.

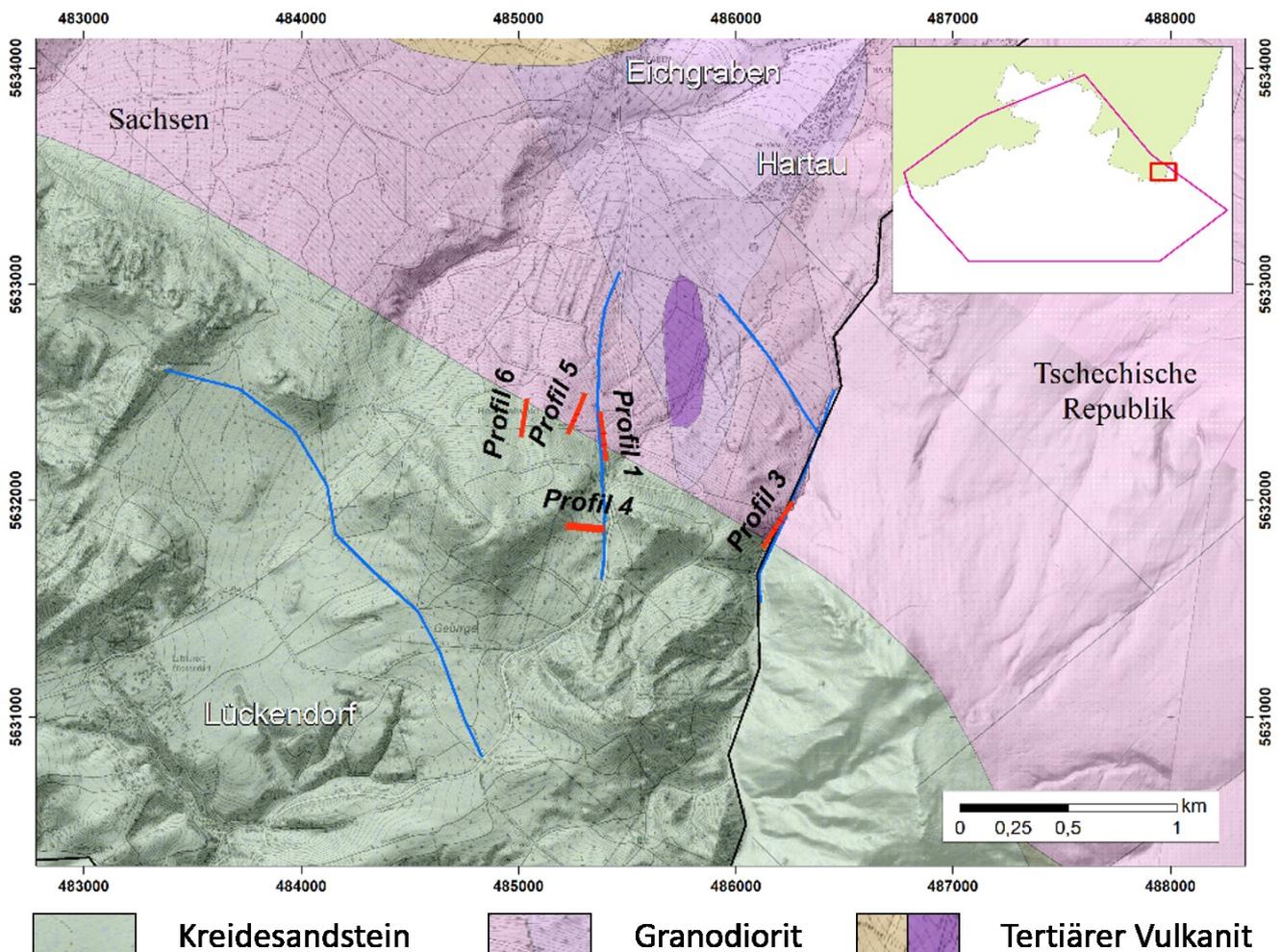


Abb. 16: Lage der untersuchten geoelektrischen ERT-Profile (rot) und der seismischen Profile (blau).

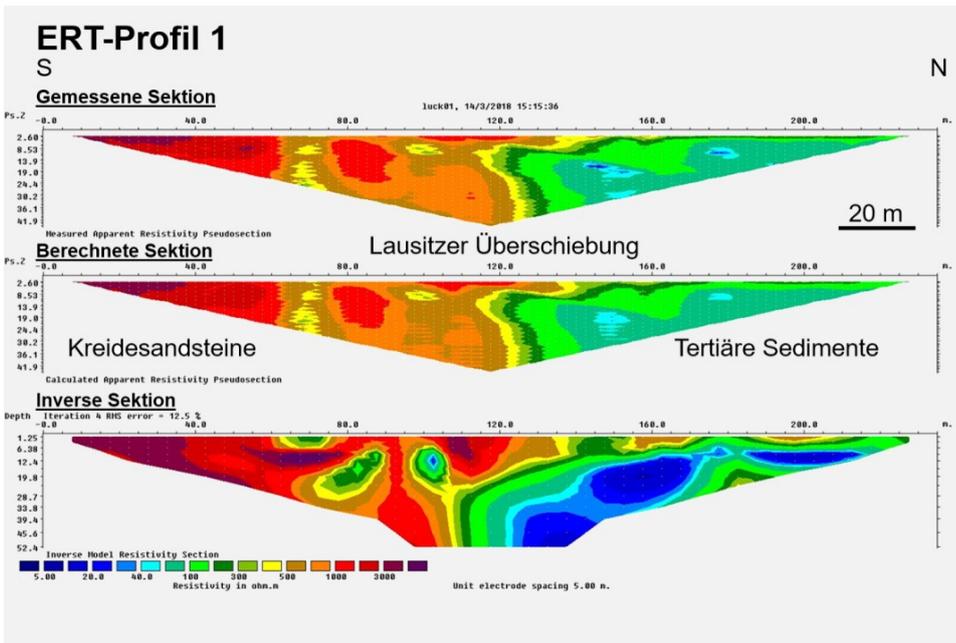


Abb. 17: ERT-Profil 1 mit der gemessenen, berechneten und invers modellierten Sektion (von oben nach unten) (modifiziert nach Stainbruch et al. 2020).

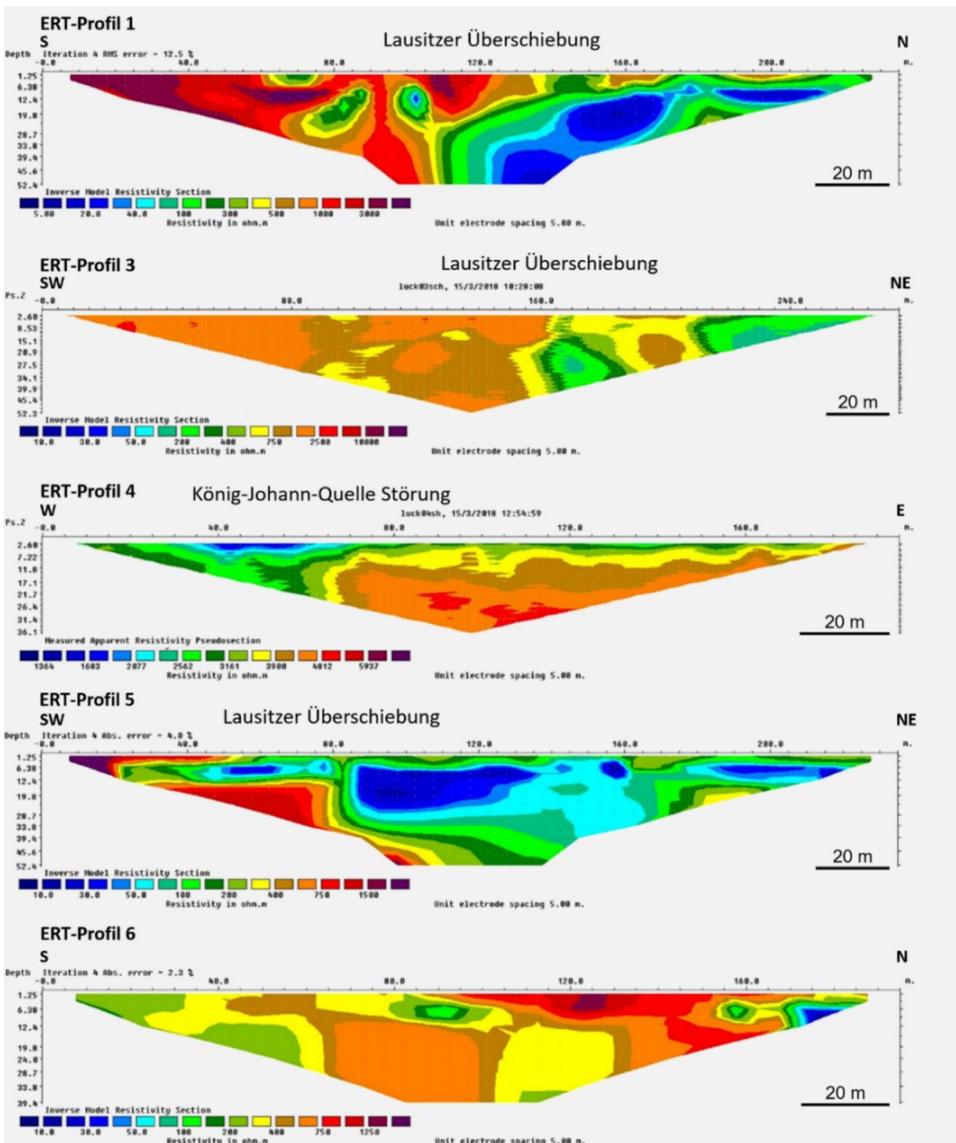


Abb. 18: Darstellung der ERT-Profile mit Angabe von Störungen (Profil 1, 5 und 6 – inverse Sektion; Profil 3 und 4 – gemessene Sektion) (modifiziert nach Stainbruch et al. 2020).

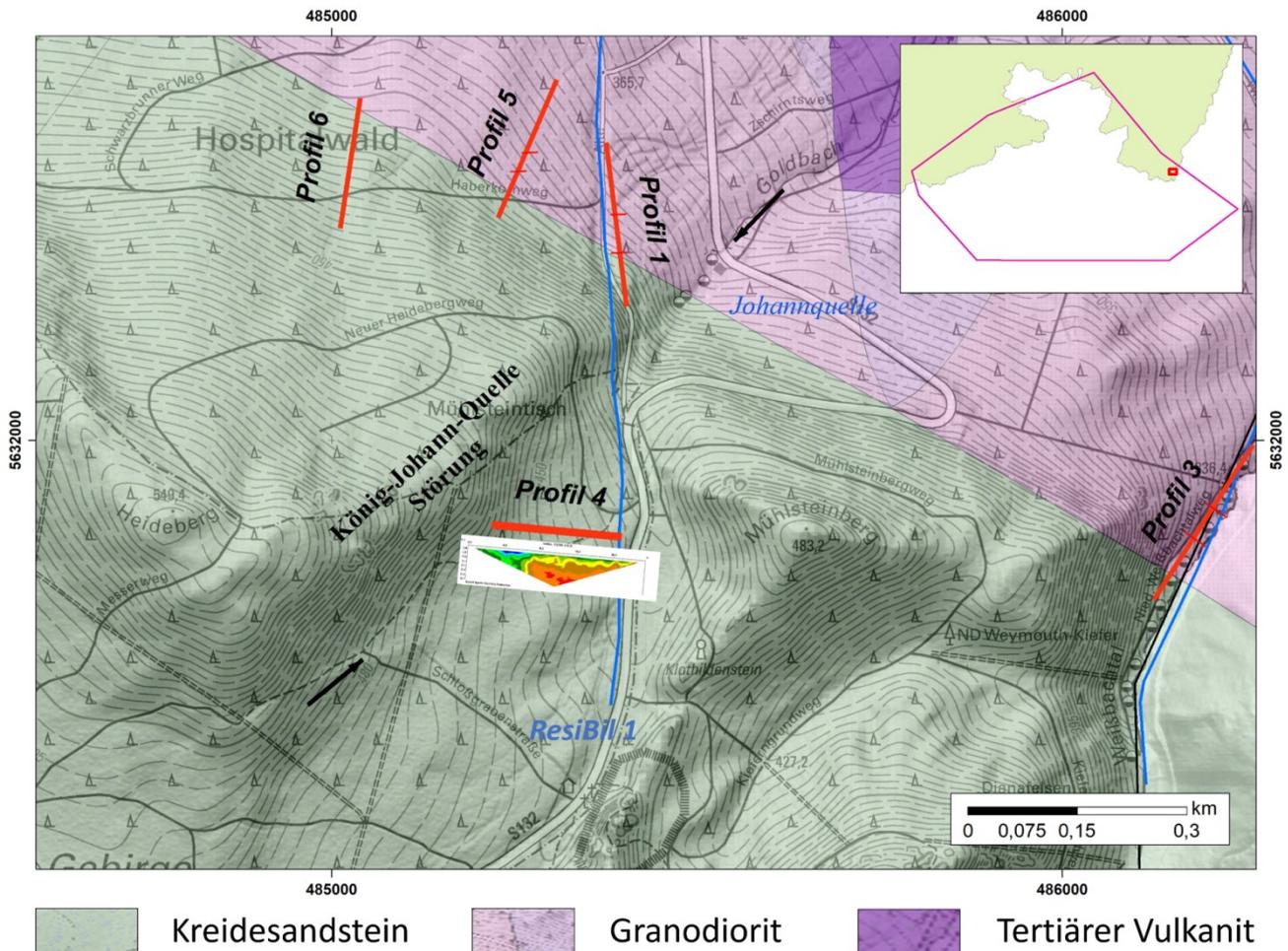


Abb. 20: ERT-Profil 4 am seismischen Profil ResiBil 1 (blaue Linie) im Bereich der vermuteten Lage der König-Johann-Quelle Störung (Lage angedeutet mit schwarzen Pfeilen).

2.2.4 Geophysik - Gravimetrische Profile

Ziel und Methodik

Zur besseren Eingrenzung der Lausitzer Überschiebung im Fokusgebiet Lückendorf wurden durch die TU Bergakademie Freiberg im Rahmen studentischer Praktika vier gravimetrische Profile senkrecht zur Störung angeordnet (Stanek 2019). Die vier Profile wurden im Abstand von etwa 3 km von einander angelegt und vermessen, die Ausrichtung ist jeweils etwa Nord-Süd orientiert (Abb. 21). Die Profile sind zwischen 3 und 5 km lang und der Messpunktabstand lag bei 20 m. Die Ergebnisse konnten zur Einschätzung der Genauigkeit der

im Rahmen des Projektes ResiBil entstandenen Gravimetrischen Karte 1:100.000 verwendet werden. Die Auswertung und Interpretation dieser Profile erfolgte auf der Basis des geologischen Messtischblattes Zittau von Siegers (1895) (Blatt Nr. 107; Maßstab 1:25.000).

Ergebnisse

Die N-S-gerichteten gravimetrischen Profile werden von Osten beginnend dargestellt (Abb. 22). Die Modellierung der Profile erfolgte mit Hilfe von Dichtebestimmungen für die Sandsteine entlang der einzelnen Profile (Stanek 2019).

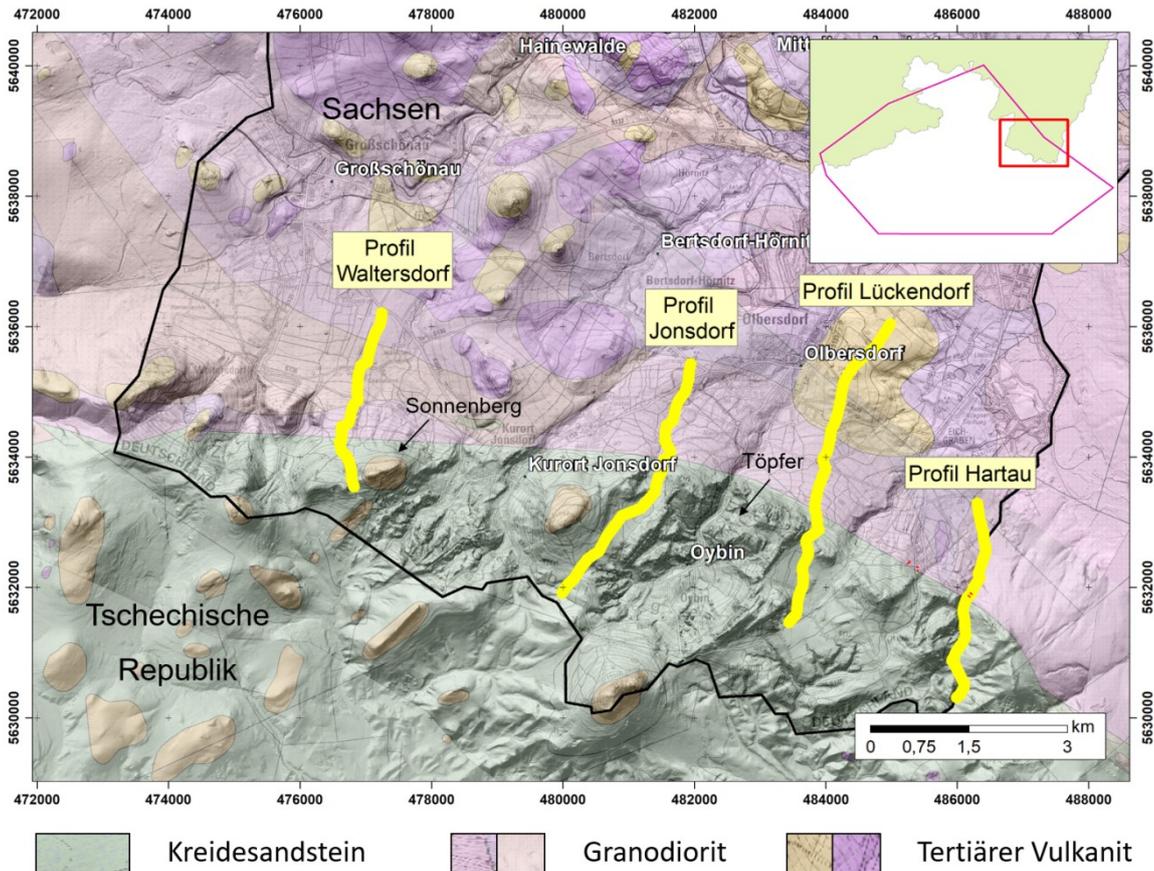


Abb. 21: Lage der vier untersuchten gravimetrischen Profile im Untersuchungsgebiet.

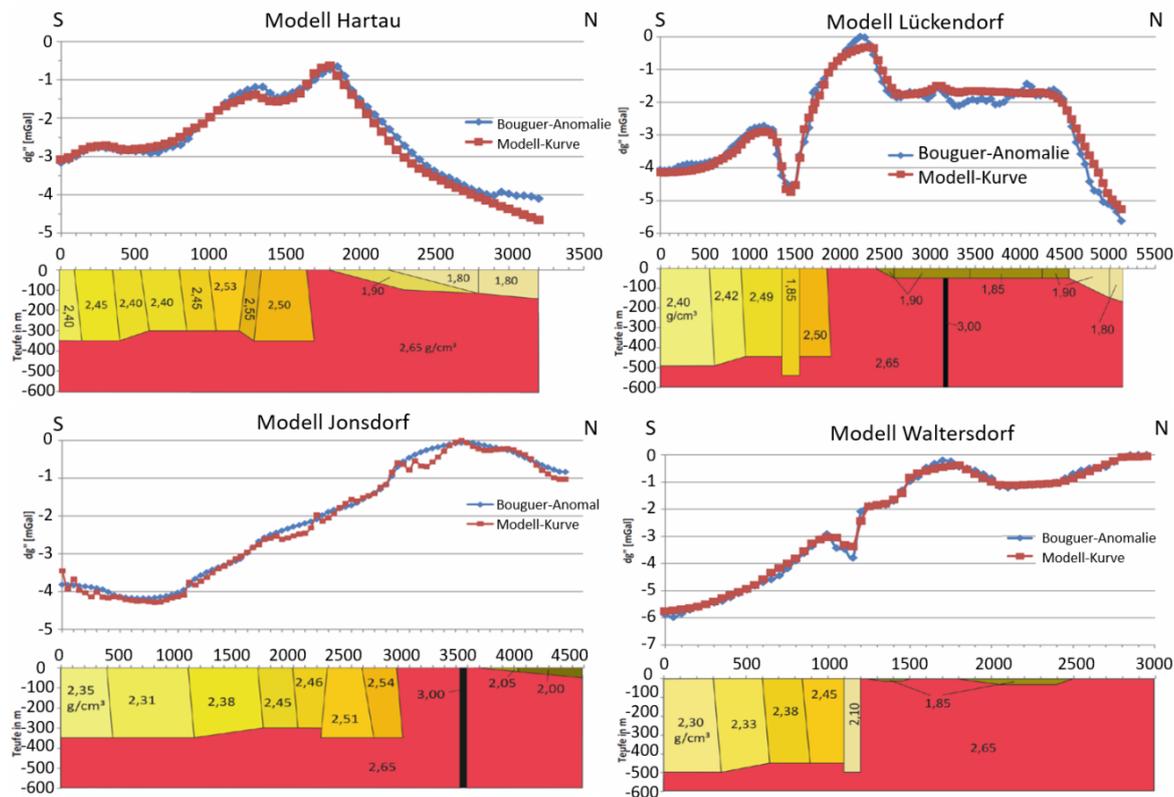


Abb. 22: Modellierung der ermittelten Bouguer-Schwerewerte aus den gravimetrischen Untersuchungen (rot – Modellkurve, blau – gemessene Kurve). Die Modellierung erfolgte bis in eine Tiefe von 600 m. Kreidesandstein (gelb), Granodiorit (rot), andere Sedimente (Tertiär-Becken – beige); Phonolith (oliv), Basalt (schwarz) (Stanek 2019).

Profil Hartau

Die Dichte des Kreidesandsteins wurde an Einzelproben ermittelt. Auffallend ist die hohe Dichte des silifizierten Sandsteins unmittelbar im Störungsbereich der Lausitzer Überschiebung. Der dadurch nicht signifikante Dichteunterschied zum Granodiorit erschwerte oft eine Aussage zur Position der Lausitzer Überschiebung. Die im Norden abfallenden gravimetrischen Messwerte sind auf die Fernwirkung des Zittauer Beckens zurückzuführen. Daraus ergibt sich ein nur schmaler Ausstrich des cadomischen Grundgebirges. Die Interpretation wurde durch elektromagnetische und seismische Profile bestätigt.

Profil Lückendorf

Wie im Profil Hartau auch kann die Lage der Lausitzer Überschiebung auf Grund der starken Silifizierung der Sandsteine an der Störung nicht exakt bestimmt werden. Im Norden ist ein Mehr-Schicht-Modell mit Sediment-Vulkanit-Granodiorit modelliert worden, welches auch durch Bohrungen kalibriert wurde. Die negative Anomalie, die den flachen Abfall der Werte im Süden überlagert, wird als ca. 50 m breite Störungszone interpretiert, in der die Sandsteine kataklastisch deformiert und aufgelockert wurden (Töpfer Störung). Diese Störung kann nach dem DGM2 an der Ostflanke des Töpferberges vermutet werden (Abb. 21).

Profil Jonsdorf

Das Profil Jonsdorf zeigt einen regelmäßigen Anstieg der Dichtewerte im Sandstein bis zur Lausitzer Überschiebung

im Norden. Die Lage der Lausitzer Überschiebung kann anhand des Profils relativ genau bestimmt werden, sie deckt sich weiterhin auch mit der durch die Kartierung vermuteten Position.

Profil Waltersdorf

Das Profil Waltersdorf wurde von Süden vom Sonneberg nach Norden bis Saalendorf (östlich von Waltersdorf) geführt. Im Gegensatz zu den östlichen Profilen ist die Dichte der Sandsteine geringer. Die markante negative Anomalie wird als Störung im Kontakt zum Granodiorit interpretiert. Sie entspricht in ihrer Lage dem E-W streichenden Zweig der Lausitzer Überschiebung.

Vergleich der Profile mit der Gravimetrischen Übersichtskarte

Die vier gravimetrischen Profile wurden weiterhin genutzt, um die Genauigkeit der im Projekt angefertigten Gravimetrischen Übersichtskarte 1:100.000 abzuschätzen (vergl. Kap 2.1.7). Der Messpunktabstand in der Gravimetrischen Übersichtskarte lag im Gebiet bei Lückendorf zwischen 250-500 m, der Messpunktabstand auf den gravimetrischen Profilen war jedoch mit 20 m viel enger.

In Abb. 23 ist die Bouguer-Schwere der Gravimetrischen Übersichtskarte 1:100.000 als braune Fläche hinterlegt. Die Messergebnisse aus den vier Profilen (blaue Linie) zeigen überwiegend eine sehr gute Übereinstimmung, was auf eine hohe Genauigkeit der Gravimetrischen Übersichtskarte schließen lässt.

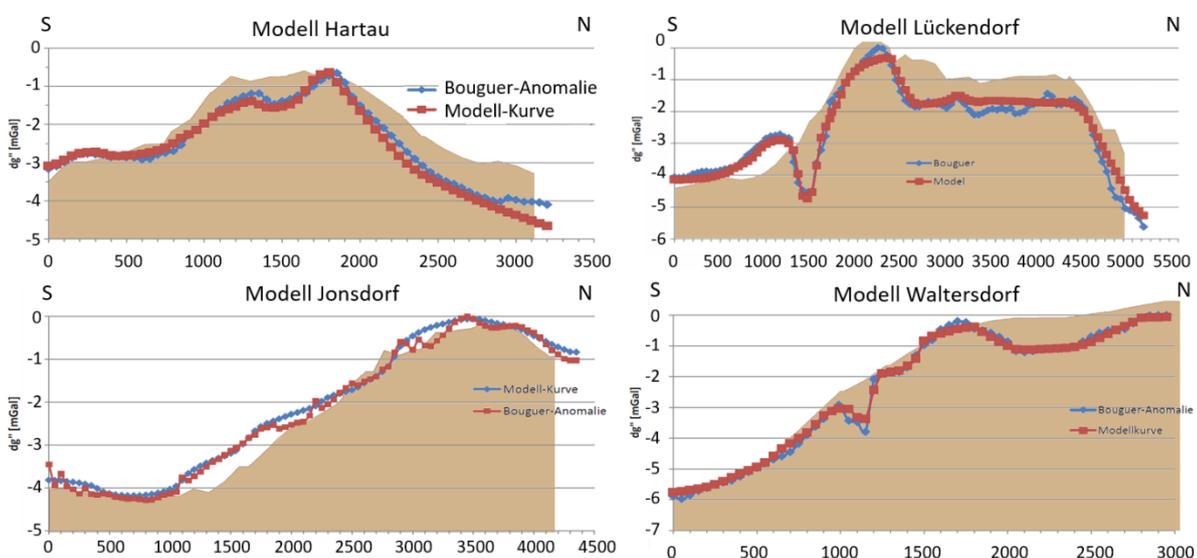


Abb. 23: Vergleich der Messergebnisse der gravimetrischen Profile (blaue Linien; Stanek 2019) mit den Werten der Bouguer-Schwere aus der Gravimetrischen Übersichtskarte (braune Flächen).

2.2.5 Geophysik – Tschechisches Projektgebiet

Auf tschechischem Projektgebiet wurden entlang der Lausitzer Überschiebung ebenfalls geophysikalische Untersuchungen – insbesondere ERT-Messungen – vorgenommen um weitere Information zum Charakter der Überschiebung zu erhalten. Die Messungen wurden ca. 1 km östlich (Dolní Sedlo) und westlich (Dolní Podluží) der deutsch-tschechischen Grenze durchgeführt (Štainbruch et al. 2020). Weiterhin wurden in Dolní Podluží die Messergebnisse durch Bohrungen verifiziert (Abb. 24)

Dolní Sedlo

Im Gebiet von Dolní Sedlo wurden durch den ČGS 6 geoelektrische ERT-Profile und ein seismisches Profil vermessen sowie hochauflösende gravimetrische Messungen durchgeführt (Štainbruch et al. 2020) (Abb. 25). Die NE–SW-streichenden ERT-Profile zeigen deutlich den Unterschied zwischen den höheren Widerständen der trockenen Kreidesandsteine (braun) und den geringen Widerständen der wassergefüllten tertiären Sande (grün) (Abb. 25).

Von besonderem Interesse ist das NW–SE-streichende ERT-Profil DS1, welches sehr nahe der Lausitzer

Überschiebung innerhalb der Lausitzer Granite verläuft. Dabei wurden zwischen Messpunkt 200 und 740 tertiäre Sedimente mit geringen Widerständen (grün) und mit Mächtigkeiten zwischen 40 m und mehr als 80 m festgestellt. Diese Interpretation wurde durch seismische Messungen auf dem gleichen Profilverlauf bestätigt. Es konnte dabei zwischen Messpunkt 200 und 420 eine Rinne von bis zu 120 m Tiefe nachgewiesen werden. Im ERT-Profil DS 7, ca. 200 m südwestlich von Profil DS 1 konnte diese Rinne zwischen Messpunkt 230 und 420 bis in eine Tiefe von mindestens 40 m noch bestätigt werden (Abb. 26).

Gravimetrische Messungen mit einem Punktabstand von ca. 50 m konnten die Struktur der Rinne in diesem Bereich mit ca. 1 mgal Unterschied nachzeichnen (Abb. 27). Damit wurde diese als tertiäre Rinne interpretierte Struktur mit drei unterschiedlichen geophysikalischen Methoden nachgewiesen.

Es muss davon ausgegangen werden, dass damit eine direkte hydraulische Verbindung zwischen den Kreidesandsteinen im Süden und den tertiären Sedimenten im Norden hergestellt wird.

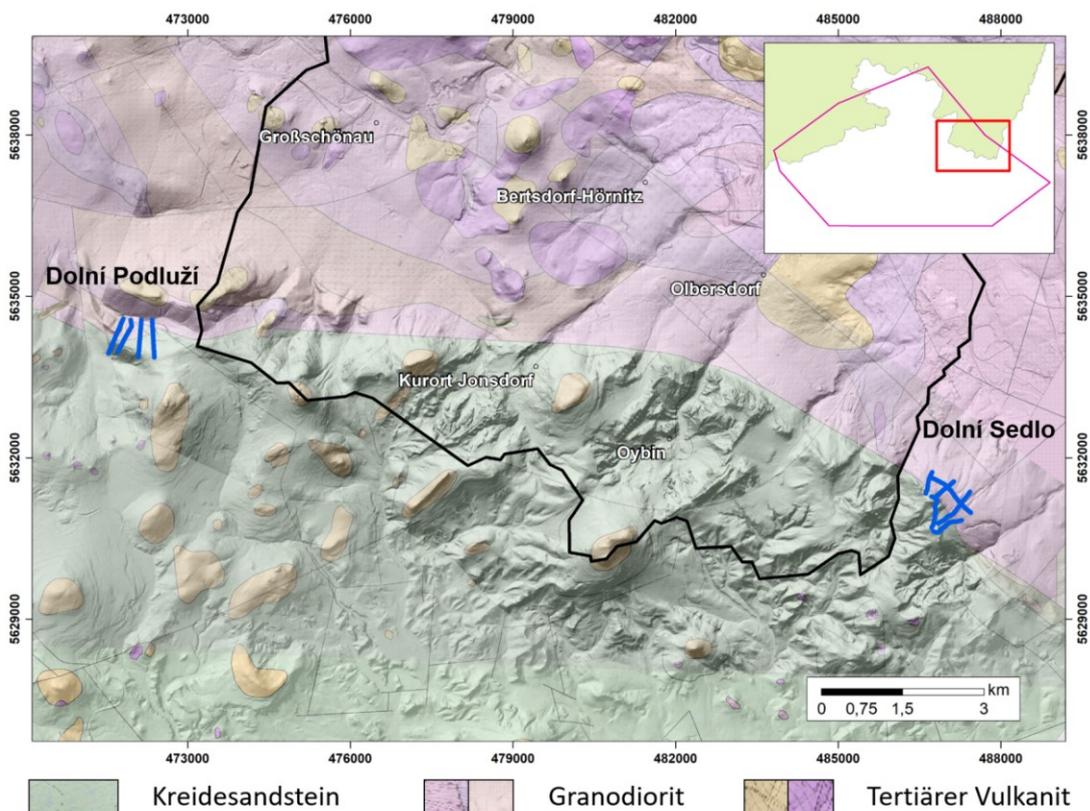


Abb. 24: Lage der tschechischen Untersuchungsgebiete (blaue Linien) bei Dolní Podluží und Dolní Sedlo unmittelbar östlich und westlich der deutsch-tschechischen Grenze.

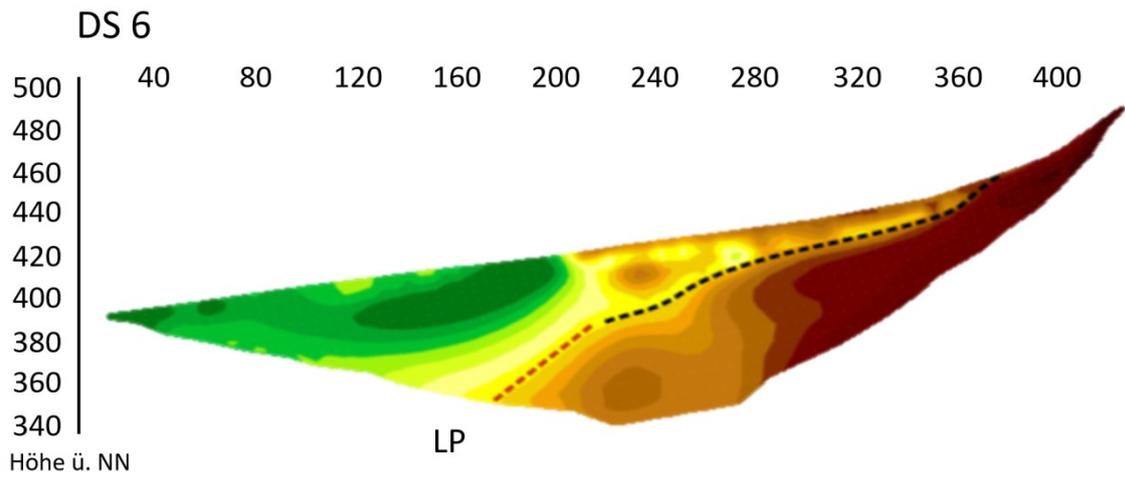
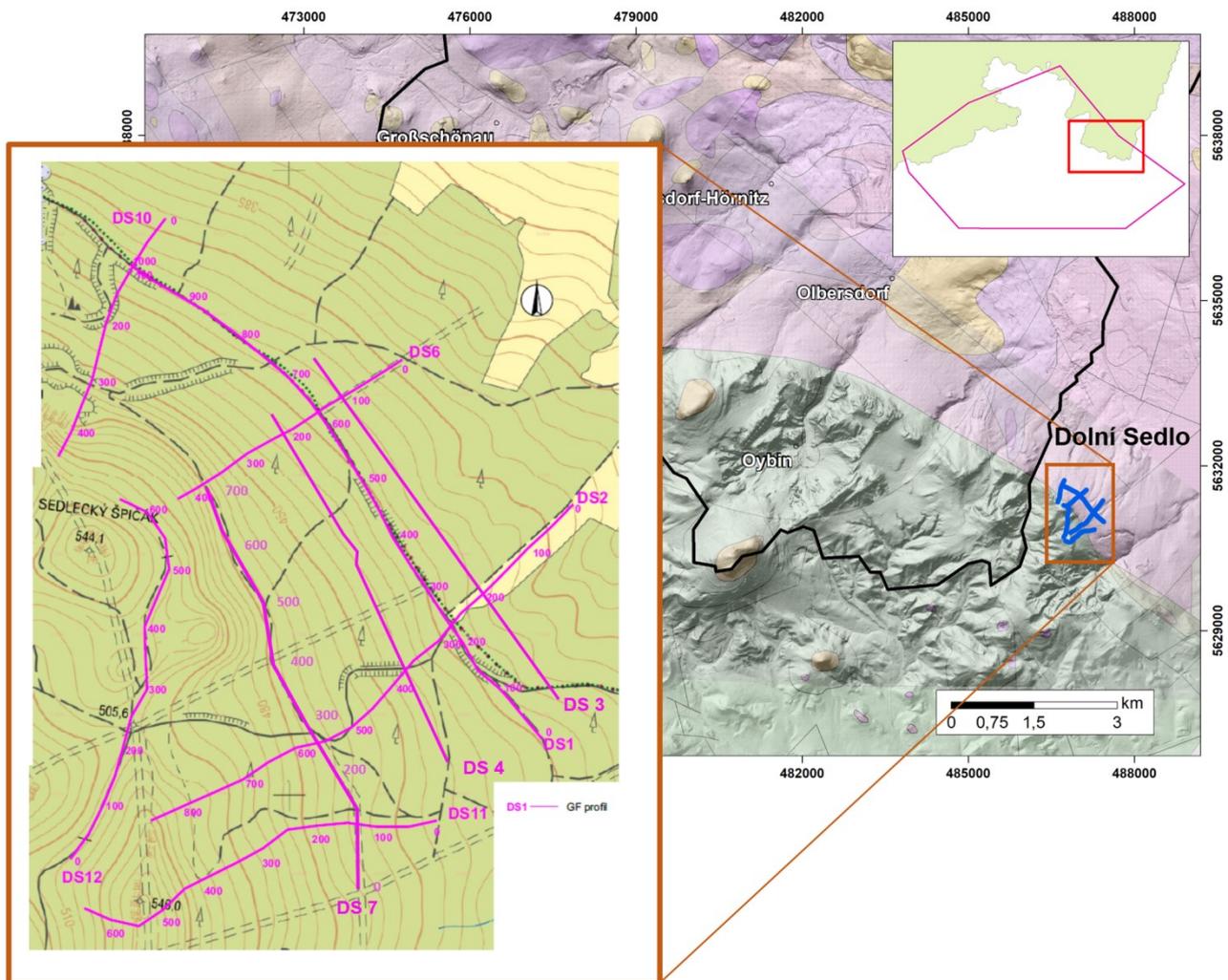


Abb. 25: (oben) Lage der Geoelektrischen Profile im Gebiet Hrádek – Dolní Sedlo und (unten) ERT-Profil DS 6 mit deutlicher Unterscheidung zwischen den Kreidesandsteinen (braun) und den tertiären Sanden (grün) (Štainbruch et al. 2020).

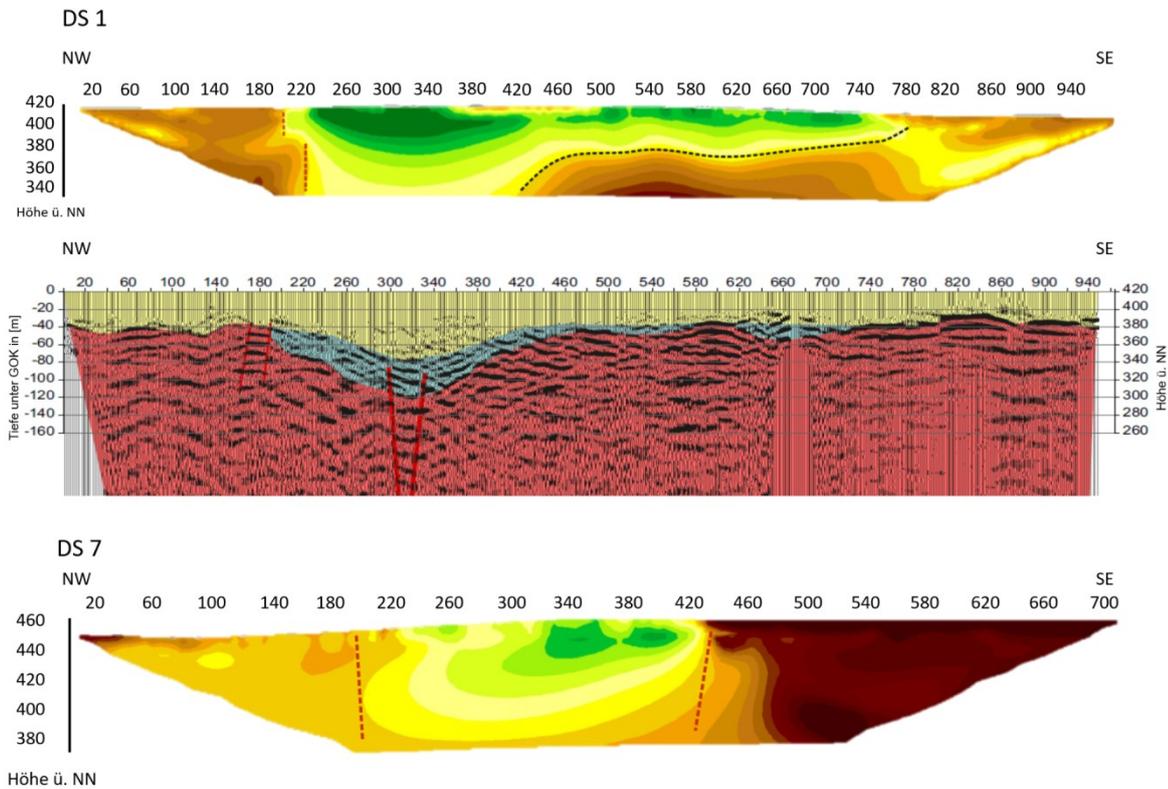


Abb. 26: Die NW–SE-streichenden ERT-Profil DS1 (oben) und DS7 (unten) zeigen zwischen den Messpunkten 200 und 450 bzw. zwischen 300 und 420 eine deutliche Anomalie (grün) von Sedimenten mit geringem Widerstand. Diese Anomalie wird durch ein seismisches Profil (mitte; Lage nicht in Abb. 25 abgebildet) parallel zum ERT-Profil DS 1 gestützt (Štainbruch et al. 2020).

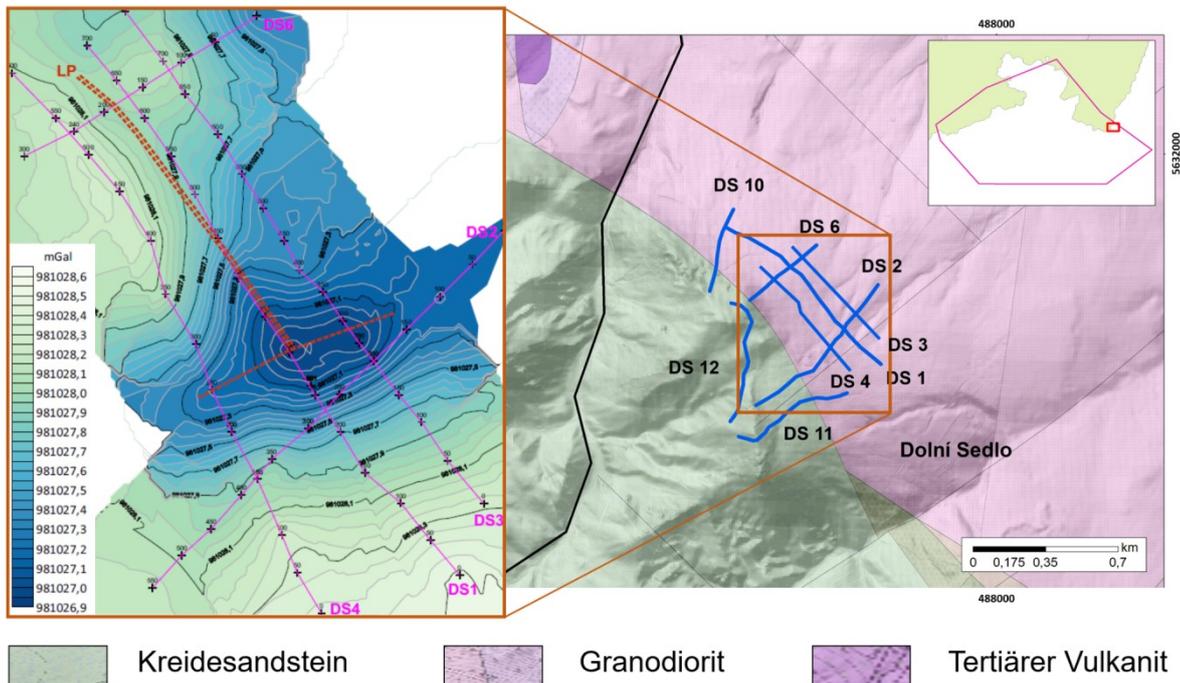


Abb. 27: Gravimetrisch nachgewiesene NE–SW-streichende Struktur senkrecht zur Lausitzer Überschiebung (modifiziert nach Štainbruch et al. 2020).

Dolní Podluží (Lesné)

Im Gebiet von Dolní Podluží existieren Hinweise, dass im Bereich der Lausitzer Überschiebung vermutlich unterpermische Sedimente (Rotliegend) zwischen den Lausitzer Granodioriten und den Kreidesedimenten eingeschaltet sind. Daraufhin wurden vier NNE–SSW-streichende geoelektrische ERT-Profile senkrecht zur Lausitzer Überschiebung vermessen (Abb. 28).

Die ERT-Profile bestätigten die Vermutung, dass sich in diesem Bereich eine ca. 50 m mächtige Schicht mit sehr geringem Widerstand befindet, die sich in allen vier Profilen abzeichnet (Abb. 30). Die Modellierung ergab weiterhin, dass sich diese gut leitende Schicht auch unter den Kreidesedimenten weiterverfolgen lässt (Abb. 29). Die Bohrung 6412_L (Lesné) bestätigte weiterhin das Vorkommen von unterpermischen Sedimenten in diesem Bereich (vergl. Kap. 3.2).

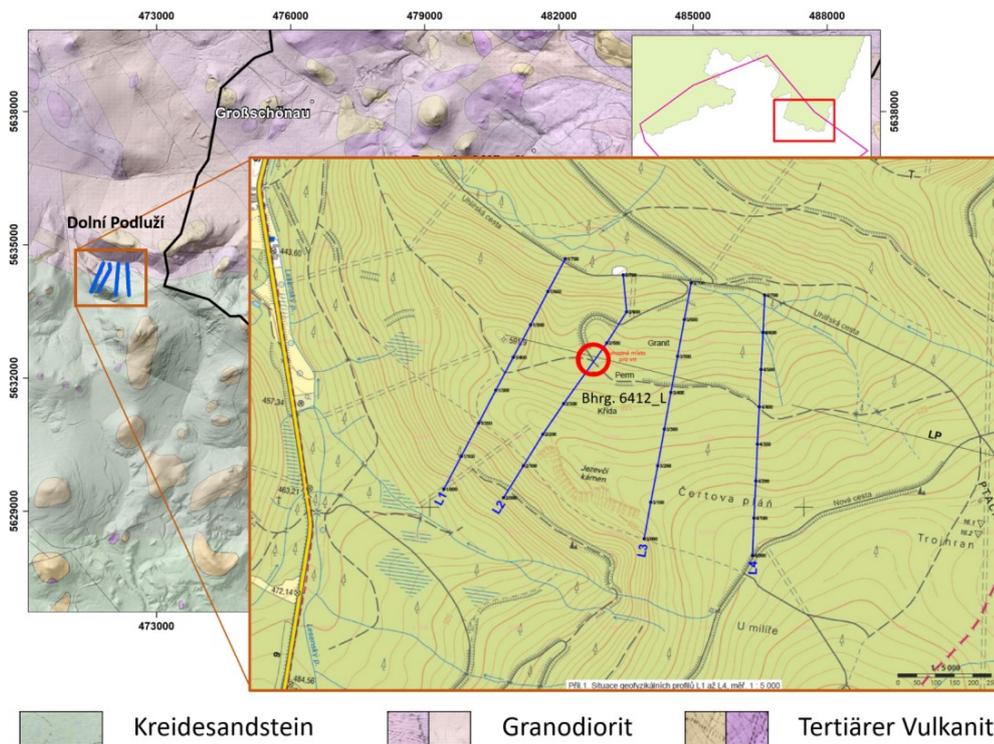


Abb. 28: Lage der ERT-Profile L1 – L4 sowie der Bohrung 6412_L (Lesné) (roter Kreis) (modifiziert nach Štainbruch et al. 2020).

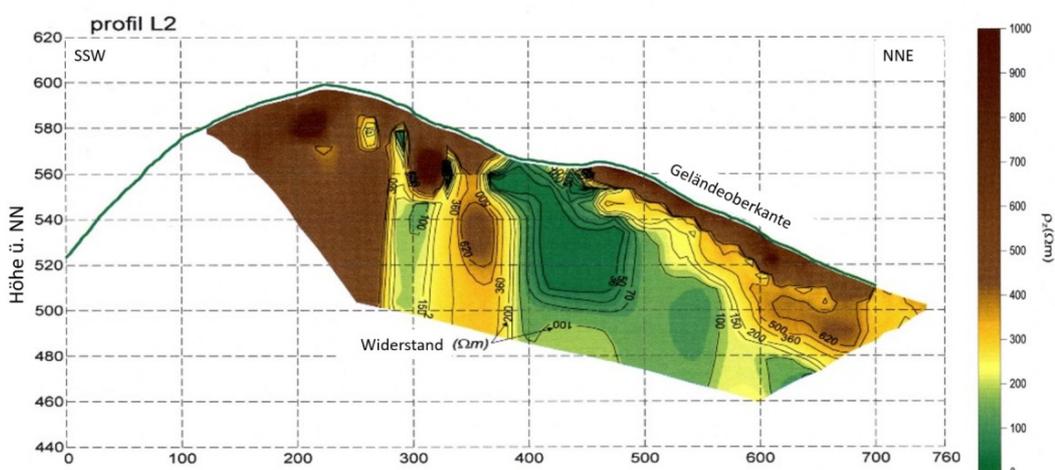


Abb. 29: Ergebnisse der elektrischen Widerstandsmessung (ERT) von Profil L2 (grün – geringer Widerstand) (Štainbruch et al. 2020).

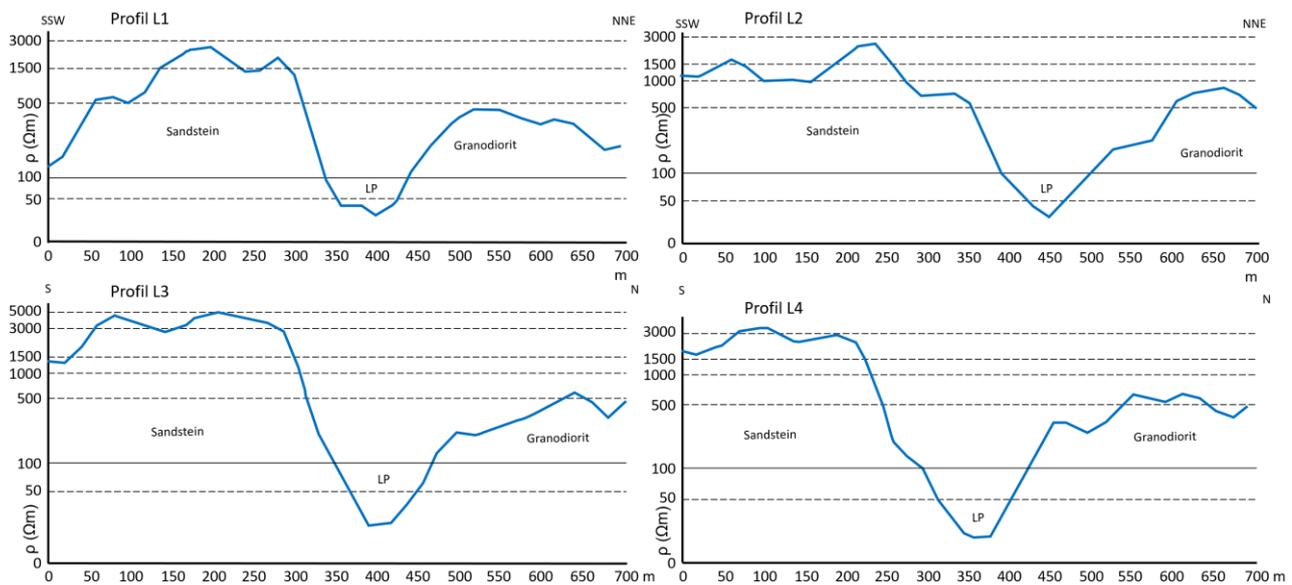


Abb. 30: Ergebnisse der ERT-Profile mit einem deutlich erkennbaren Widerstandsminimum (LP) zwischen den Kreidesandsteinen und den Granitoiden des Lausitzer Massivs (Štainbruch et al. 2020).

3 Strukturanalyse und Interpretation – Fokusgebiet Lückendorf

3.1 Geophysik – zusammenfassende Auswertung

3.1.1 Oybin Block

Im Fokusgebiet Lückendorf zeichnet sich in der Berechnung der Bouguer-Anomalie sowohl nach der Dichte $2,67 \text{ g/cm}^3$ (Granodiorit) als auch nach $2,30 \text{ g/cm}^3$ (Sandstein) im Bereich der Ortschaft Oybin eine deutliche positive Anomalie ab (Abb. 31).

Sie weist mit einer Differenz von ca. 2-3 mgal zu den umgebenen Kreideeinheiten bei Lückendorf oder Jonsdorf darauf hin, dass die granodioritische Basis der Kreide höher liegt und somit die Sandsteinüberdeckung bei Oybin deutlich geringer ausfällt als in den Nachbarregionen.

Auf eine Hebung der Kreidebasis im sogenannten **Oybin Block** weist auch das seismische Profil ResiBil 4 an seinem NW-Ende, etwa bei Schusspunkt 1100, hin. In diesem Bereich quert das Profil die NE–SW-verlaufende und morphologisch gut erkennbare Töpfer Störung (Abb. 32). Man erkennt im seismischen Profil die Kreidebasis als letzten deutlichen Reflektor unterhalb der durch kurze Reflektoren gekennzeichneten Sandsteinschichten. Der Reflektor ist auch am SE-Ende des Profils durch die Bohrung Forsthaus Lückendorf (Lcr IE/1960) belegt (vgl. Abb. 15). Im Bereich des Schusspunktes 1100 wird die Kreidebasis von etwa 0 m NN auf ca. 300 m NN im nordwestlichen Teil angehoben.

Die Tiefe der Kreidebasis wird weiterhin in diesem Gebiet durch die Bohrung HY Oy 1/1955 bestätigt.

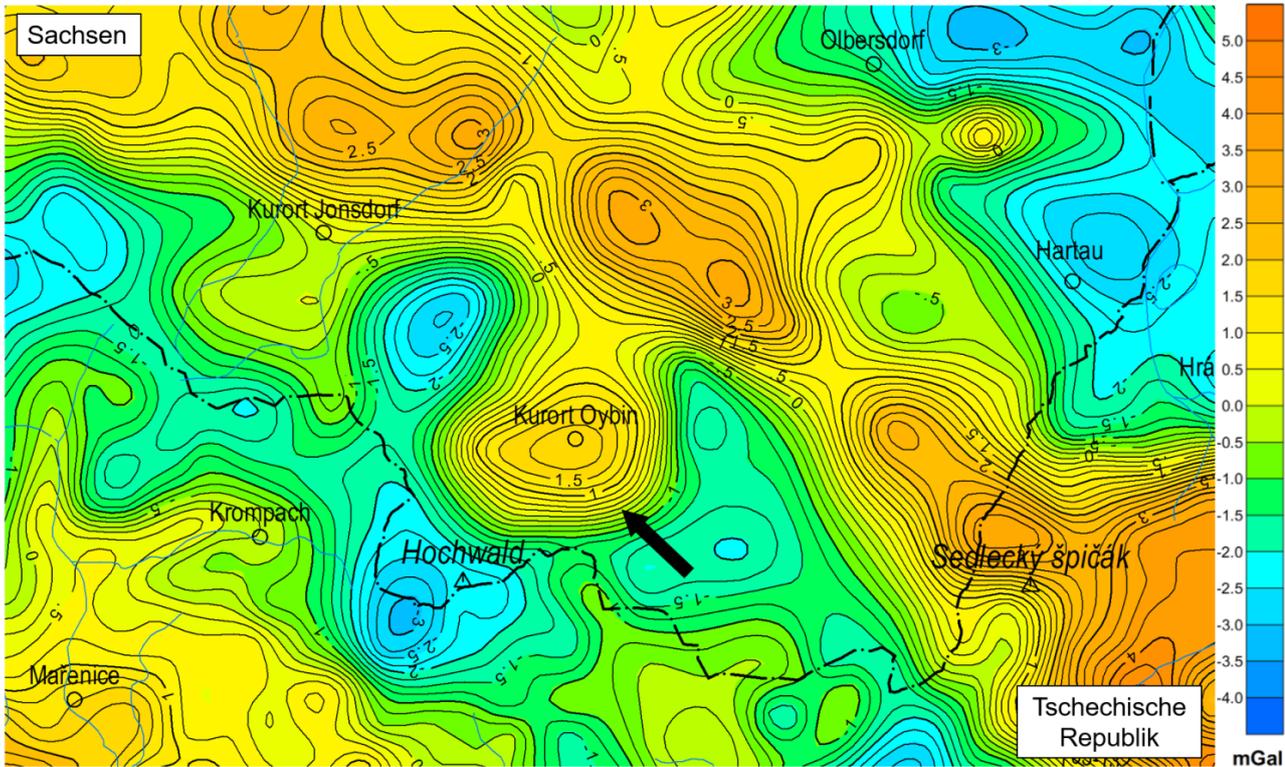


Abb. 31: Ausschnitt aus der gravimetrischen Lokalkarte (Residuumkarte) des Grenzgebietes Sachsen-Tschechische Republik. Der Oybin Block (schwarzer Pfeil) tritt mit einem deutlich erkennbaren Schwerehoch im Vergleich zu seiner Umgebung auf (Štainbruch et al. 2020).

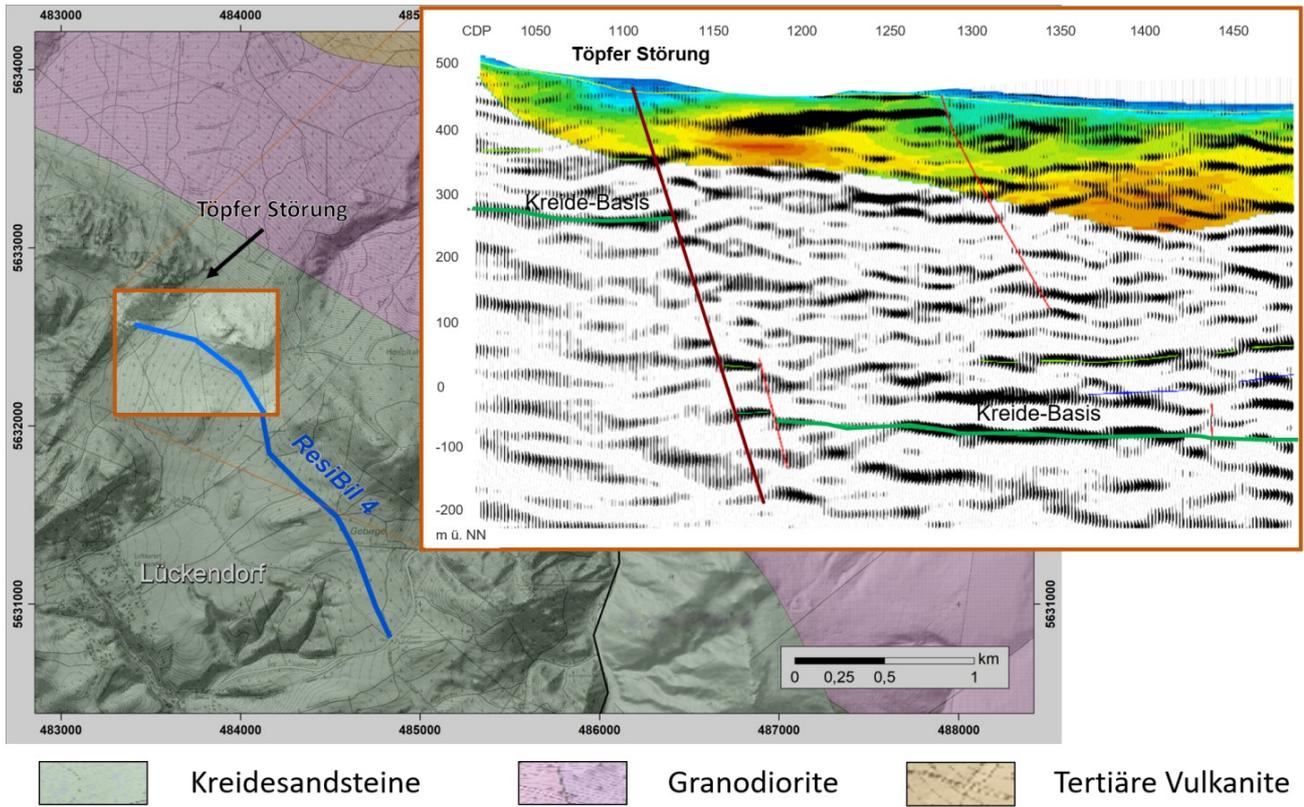


Abb. 32: Vermutete Lage der Töpfer Störung im Kartenausschnitt (Hintergrund) sowie im seismischen Profilschnitt ResiBil 4.

3.1.2 Störungen

Lausitzer Überschiebung

Die Lausitzer Überschiebung ist die markanteste Störung im Projektgebiet und trennt die prävariszischen Granitoide der Lausitz im Norden von den Kreidesedimenten im Süden. Sie kann eindeutig vom Karkonosze Becken in der Tschechische Republik bis nach Dresden verfolgt werden (Käßner et al. 2019), wo sie Sprunghöhen von durchschnittlich 500 m aufweist (Krentz & Stanek 2015). Sie ist jedoch keine einheitliche Störung, sondern wechselt abschnittsweise ihre Ausbildung (Wagenbreth 1967; Müller & Wächter 1970; Krentz & Stanek 2015). Damit verbunden ist häufig auch ein Wechsel in ihrem Charakter und in ihrem Einfallswinkel (Coubal et al. 2014). Stanek (2019) weist darauf hin, dass besonders im östlichen Bereich des Fokusgebiete eine Silifizierung der Kreidesandsteine entlang der Lausitzer Überschiebung auftritt.

Die Seismik-Profile ResiBil 1 und 3 (vgl. Abb. 13) zwischen Lückendorf und Hartau wurden so angelegt, dass sie den östlichen Abschnitt der Lausitzer Überschiebung im Zittauer Gebirge lokalisieren und besser charakterisieren sollten. Die Untersuchungen erbrachten unter anderem folgende Ergebnisse (Abb. 33):

1. Das Einfallen der Lausitzer Überschiebung

Das Einfallen der Lausitzer Überschiebung im Bereich des Zittauer Gebirges ist nicht genau bekannt. Sowohl der bedeutende Aufschluss an der Wartenbergstrasse im Polentztal bei Hohenstein als auch Untersuchungen von Krentz & Stanek (2015) im Zittauer Gebirge ermittelten Einfallswinkel von ca. 45°. Coubal et al. (2014) beschreiben wiederum bei Doubice und Horní Jiřetín im Westen bzw.

Horní Sedlo im Osten Einfallswinkel zwischen 16° und 27°. Aus den seismischen Profilen kann das Einfallen der Störung nicht eindeutig bestimmt werden, da in Störungszonen die seismischen Geschwindigkeiten lateral stark variieren und verzerrt sind und daher eine eindeutige Abbildung nicht möglich ist (Bauer et al. 2018a, b).

2. Die Kreidebasis in den seismischen Profilen

ResiBil 1 und ResiBil 3

Beide Profile sind ca. 1200 m voneinander entfernt. Auf Profil ResiBil 1 liegt die mittlere Tiefe bei ca. 210 m NN und auf Profil ResiBil 3 bei 250 - 270 m NN (Abb. 48). Entweder fällt die Kreidebasis in nordwestliche Richtung ein oder zwischen beiden Profilen muss eine Querstörung angenommen werden. Die Kreidebasis lagert in beiden Profilen fast horizontal.

3. Weitere Störung südlich der Lausitzer Überschiebung

Beide Profile zeigen südlich der Lausitzer Überschiebung in einer Entfernung von 200 m (Profil ResiBil 1) bzw. 100 m (ResiBil 3) eine weitere Störung.

Bei ResiBil 3 konnte diese Störung zusätzlich durch das ERT-Profil 3 bestätigt werden. Da das Streichen dieser Störung nicht bekannt ist, müssen zwei Interpretationsmöglichkeiten diskutiert werden. Einmal kann es sich um eine Parallelstörung zur Lausitzer Überschiebung handeln, zum anderen können steil zum Profilverlauf streichende Störungen das Profil kreuzen. Das kann beim Profil ResiBil 1 die König-Johann-Quelle Störung und beim Profil ResiBil 3 die vermutete Weißbach Störung sein (Abb. 33).

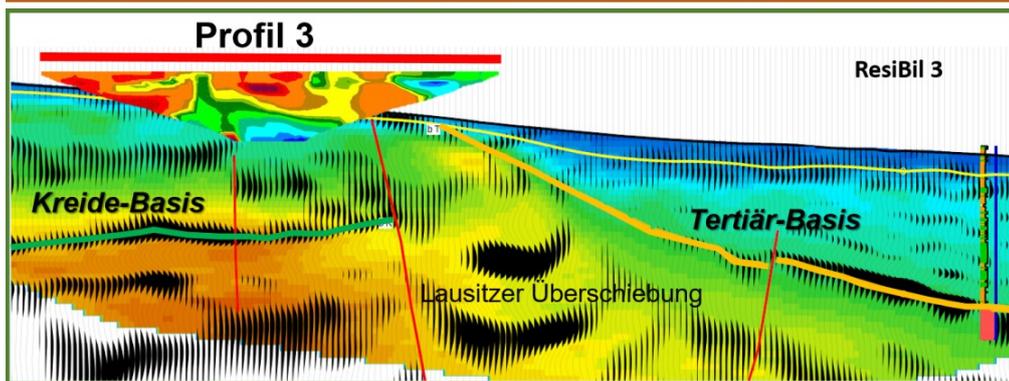
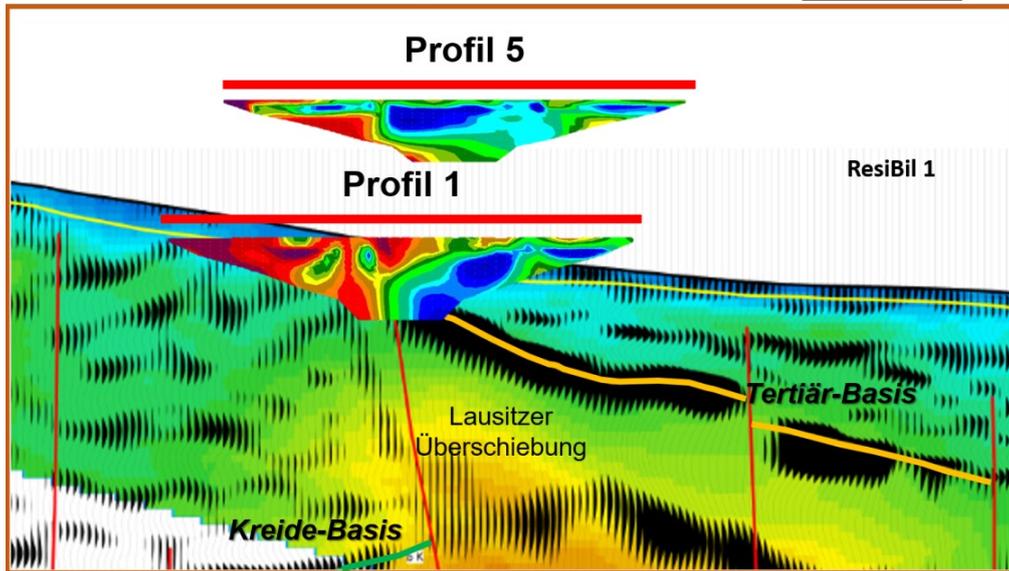
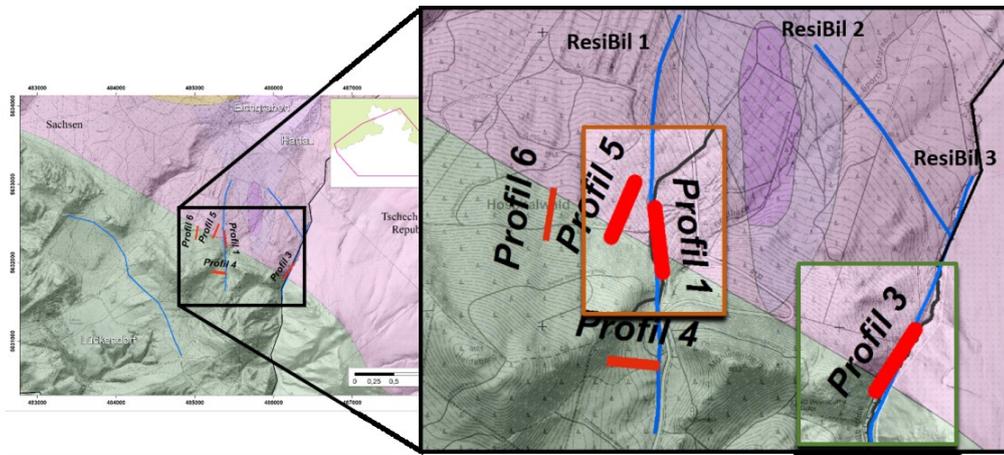


Abb. 33: Erfassung der Lausitzer Überschiebung mit den Seismik-Profilen ResiBil 1 und ResiBil 3 sowie den ERT-Profilen 1, 3 und 5.

Lückendorfer Störung

Die Lückendorfer Störung ist eine von Kasiński & Panasiuk (1987), Kasiński (1991) und Raithel et al. (1995) angenommene NE–SW-verlaufende Störung, die eine hydraulische Verbindung zwischen den Kreidesandsteinen im SW mit den tertiären Sedimenten des Zittauer Beckens im NE über die Lausitzer Überschiebung hinweg ermöglichen soll. Ihre Lage im Dreiländereck Deutschland-

Tschechische Republik-Polen erschwerte die genaue Positionierung dieser vermuteten Störung erheblich. Die geophysikalischen Untersuchungen im Rahmen des EU-Projektes geben Hinweise darauf, dass mehrere NE–SW-streichende Strukturen sowohl auf sächsischem als auch auf tschechischem Gebiet solch eine Funktion übernehmen könnten (Abb. 34 und Abb. 35).

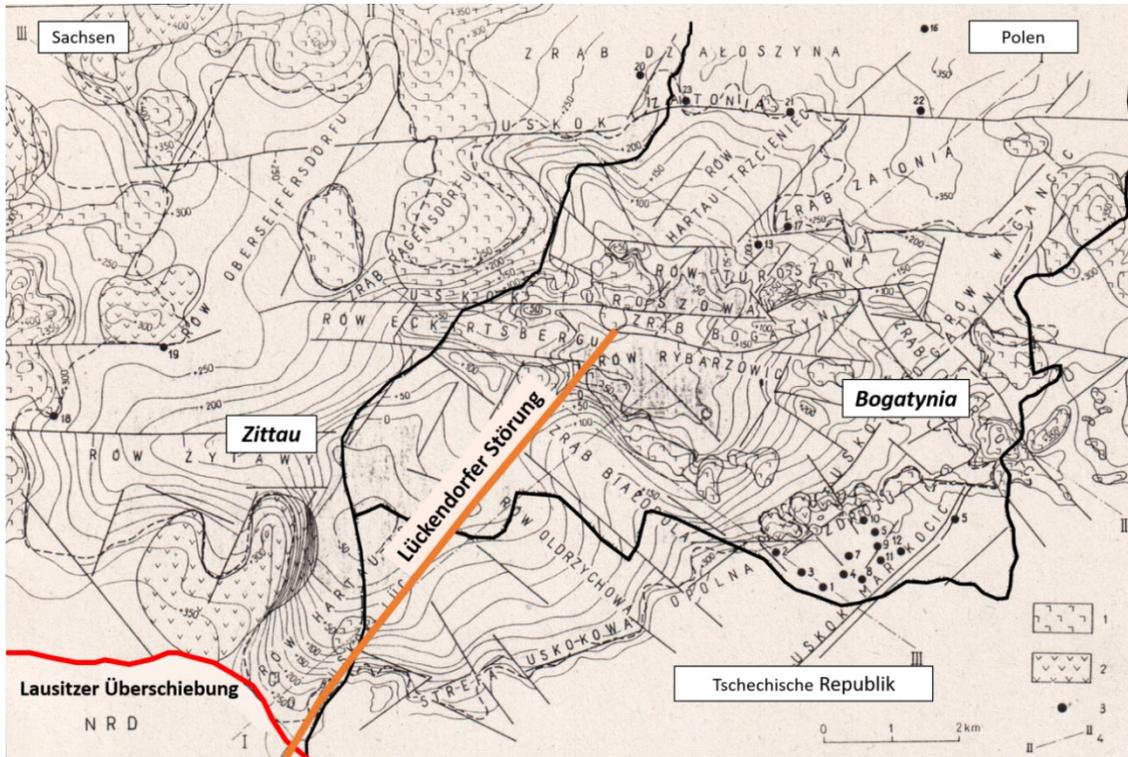


Abb. 34: Lage der Lückendorfer Störung (orange) und der Lausitzer Überschiebung (rot) im Grenzgebiet von Deutschland-Tschechische Republik-Polen (modifiziert nach Kasiński & Panasiuk 1987).

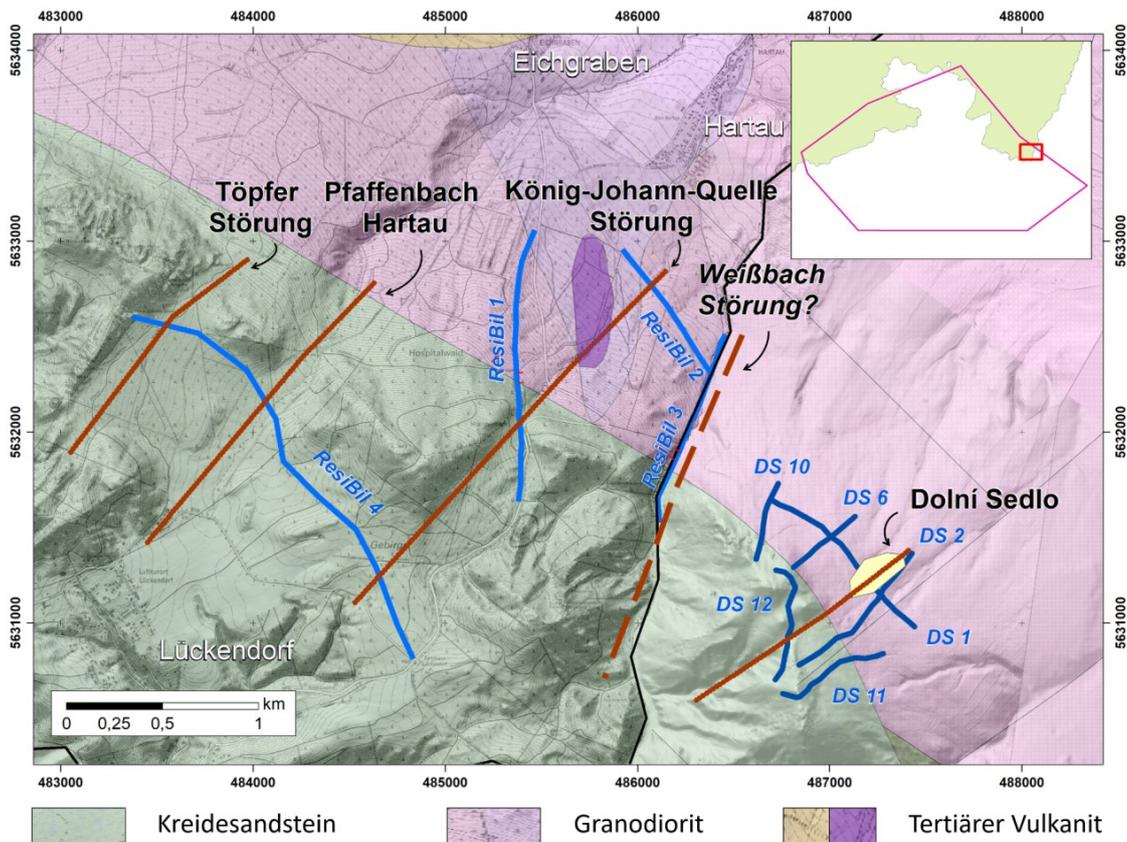


Abb. 35: Lage der NE-SW-streichenden Störungen (braune Linien), die im Zusammenhang mit der „Lückendorfer Störung“ stehen und Lage der seismischen (hellblau) und ERT (dunkelblau)-Profile. Die gelbe Fläche zeigt die tertiäre Rinne bei Dolní Sedlo (vgl. Abb. 27).

Die **Töpfer Störung** wurde bereits im Kap. 3.1.1 beschrieben. Der Versatz der Kreidebasis um ca. 300 m, der jünger als die Lausitzer Überschiebung ist, hat mit hoher Wahrscheinlichkeit auch erheblichen Einfluss auf die Granodiorite und Kontakt zu den darüber liegenden tertiären Sedimenten.

Der **Pfaffenbach Hartau** ist ein die Lausitzer Überschiebung querendes Bachtal mit relativ steiler Morphologie. Hinweise auf eine NE–SW-gerichtete tektonische Beanspruchung sind an den relativ schlecht aufgeschlossenen Flanken nicht gefunden worden. Der Pfaffenbach fällt jedoch vor allem durch seine deutliche negative

gravimetrische Anomalie von mindestens 2 mgal auf. (Abb. 36). Dieses gravimetrische Minimum durchschneidet den Granodioritrücken an der Lausitzer Überschiebung und verbindet so die tertiären Sedimente des nördlich gelegenen Zittauer Beckens und des Beckens von Hrádek mit den Kreidesandsteinen. Hinzu kommt, dass in Verlängerung des Tals des Pfaffenbachs Hartau nach Süden durch das Profil ResiBil 4 am Schusspunkt 1450 eine Störung erkennbar ist, die mit der Störung des Pfaffenbaches korreliert werden kann, deren Einfallen jedoch auf Grund der nicht genau bekannten Streichrichtung unsicher ist (Abb. 37).

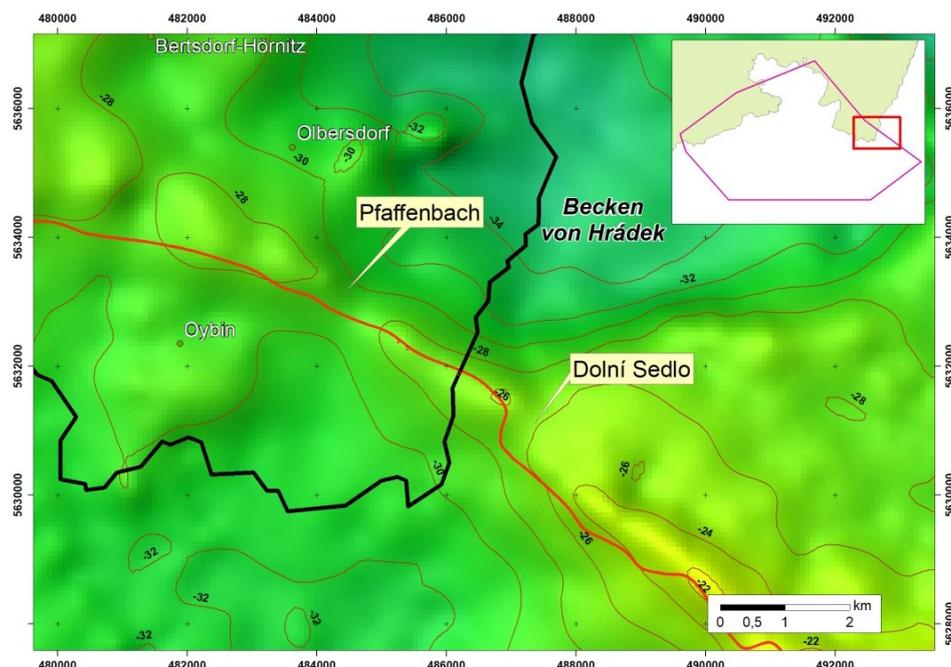


Abb. 36: Detailausschnitt aus der Gravimetrischen Karte 1:100.000. Die negativen gravimetrischen Anomalien an der Lausitzer Überschiebung (rote Linie) südöstlich von Olbersdorf im Bereich des Pfaffenbaches und bei Dolní Sedlo treten deutlich hervor.

Eine vergleichbare negative gravimetrische Anomalie wie am Pfaffenbach ist auf tschechischer Seite im Bereich von **Dolní Sedlo** erkennbar. Auch hier ist eine Verbindung der Kreidesandsteine zu den Sedimenten im Becken von Hrádek erkennbar. Geophysikalische Untersuchungen in diesem Gebiet haben anstelle einer Störung eine mindestens 400 m lange und ca. 100 m tiefe tertiäre Rinne nachgewiesen (vgl. Kap. 2.2.5), welche die Lausitzer Überschiebung quert und bis in die Kreidesandsteine reicht.

Ein großer Teil der NE–SW-streichenden Störungen konnte im NW–SE-streichenden seismischen Profil ResiBil 4 nachgewiesen werden (vgl. Abb. 15 und Abb. 37). Sie bilden sich sowohl in den unterbrochenen seismischen Reflexionen als auch oberflächennah in der seismischen

Tomographie ab und können gut mit den Oberflächenbefunden und Kartierungsergebnissen korreliert werden.

Am deutlichsten ist die **König-Johann-Quelle Störung** ausgebildet. Sie ist sowohl in der Morphologie als auch in den seismischen Profilen ResiBil 1, ResiBil 2 und ResiBil 4 erkennbar (Abb. 37). Das geoelektrische ERT-Profil 4, welches unmittelbar südlich der Lausitzer Überschiebung vermessen wurde, weist darauf hin, dass es sich um eine bis zu 200 m breite Störungszone handeln könnte. Gravimetrisch tritt die König-Johann-Quelle Störung nicht in Erscheinung. Am deutlichsten weisen jedoch die sehr ergiebigen und namensgebenden König-Johann Quellen an der Straße von Lückendorf nach Eichgraben auf eine hydrologische Verbindung zu den nur 150 m oberhalb anstehenden Sandsteinen hin.

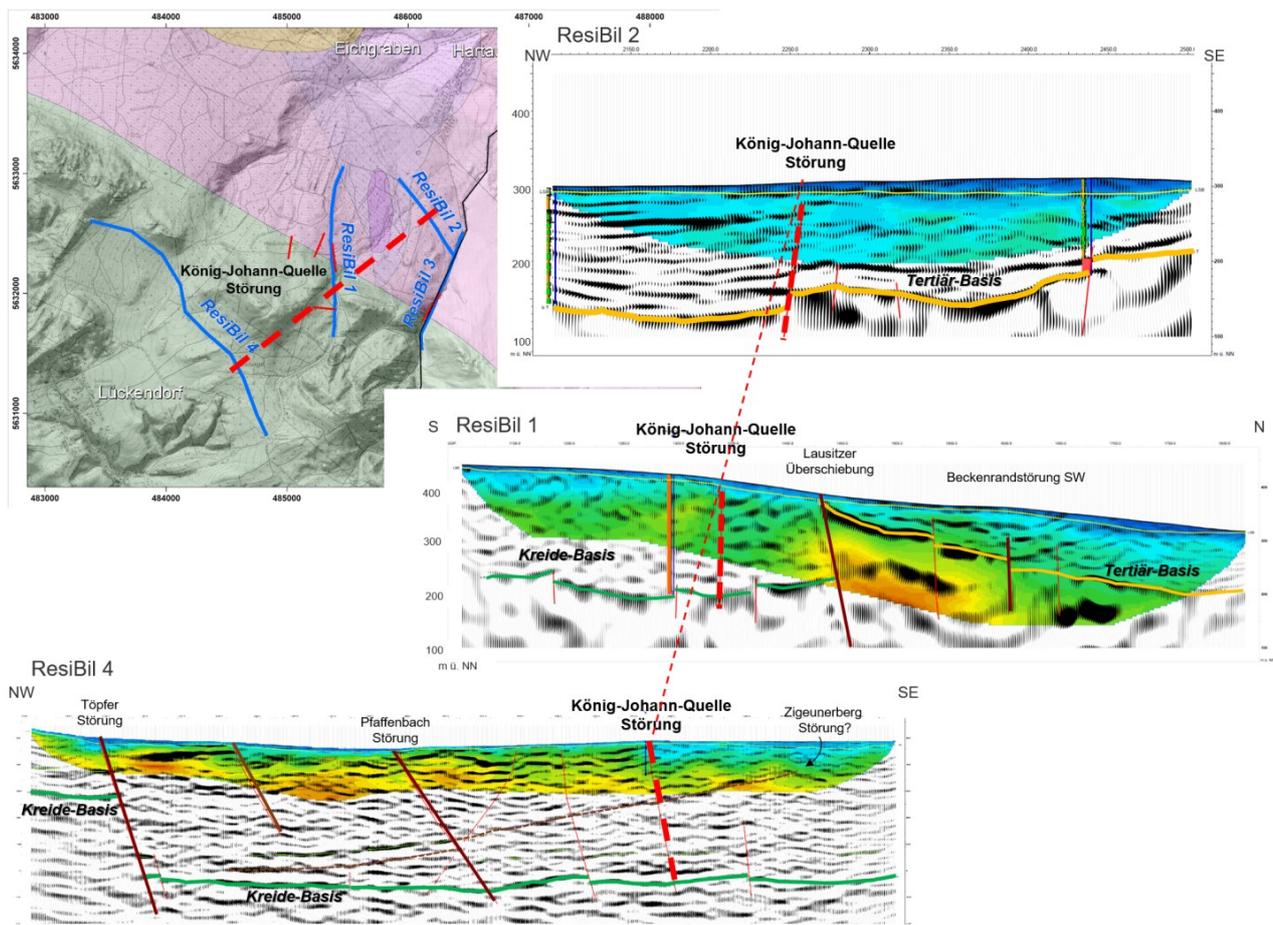


Abb. 37: Lage der König-Johann-Quelle Störung im Kartenausschnitt (rotgestrichelte Linie) sowie die Darstellung in Bezug auf die Seismik-Profile ResiBil 1, 2 und 4.

Sehr ergiebige Quellen treten auch im Weißbachtal unmittelbar an der östlichen sächsisch-tschechischen Grenze auf. Sowohl seismische Untersuchungen (Profil ResiBil 3; Kap. 2.2.2) als auch geoelektrische Messungen (ERT-Profil 3; Kap. 2.2.3) parallel zum Weißbachtal erbrachten die genaue Position der Lausitzer Überschiebung sowie einer ca. 50 m südlich davon verlaufenden Störung. Die Streichrichtung der südlichen Störung konnte durch die Messungen nicht ermittelt werden und wurde auch im Gelände nicht belegt. Im Gegensatz zum seismischen Profil ResiBil 1 wurde hier jedoch ein ca. 30 m breiter Granodioritrücken zwischen den tertiären Sedimenten und den Kreidesandsteinen nachgewiesen. Die Existenz einer vermuteten **Weißbach Störung** ist derzeit noch nicht geklärt.

Zigeunerberg Störung

Die NW–SE-streichende Zigeunerberg Störung, welche ca. 1300 m NE von Lückendorf und ca. 200 – 300 m NE vom Forsthaus Lückendorf verläuft, wurde auf Grund von

Bohrergebnissen in diesem Gebiet bereits seit längerem vermutet. Die Bohrung Hat 2a/1955 liegt etwa 120 m südlich der Lausitzer Überschiebung und erbohrte bereits bei +207 m NN die Basis der Kreidesedimente. Die ca. 1500 m bzw. 1900 m SW gelegenen Bohrungen Lcr IE/1960 und Lcr 1/1963 erreichten dagegen die Kreidebasis erst bei ca. -80 m NN (Abb. 38).

Es bestehen zwei Möglichkeiten, um diesen markanten Versatz zu erklären: 1) Die Kreidebasis wurde an der Lausitzer Überschiebung gekippt, wie es auf der tschechischen Seite im Raum Dolní Sedlo angenommen wird oder 2) es verläuft eine Störung mit einem Versatz von ca. 300 m zwischen den genannten Bohrungen. Die seismischen Profile ResiBil 1 und ResiBil 3 belegen jedoch eindeutig, dass die Kreidebasis in diesem Bereich an der Lausitzer Überschiebung nicht angekippt ist. Die Kreidebasis liegt subhorizontal bei ResiBil 1 bei ca. 200 bis 220 m NN und bei ResiBil 3 bei ca. 250 - 260 m NN (vgl. Abb. 13).

Die im seismischen Profil ResiBil 4 nachgewiesenen und nach NW abtauchenden Reflexionen lassen darauf schließen, dass es sich um eine nach NE einfallende Störung handelt, die sehr spitzwinklig zum Verlauf des seismischen Profils angeschnitten worden ist (vergl. Kap.

2.2.2). In der 3D-Modellierung wurde der vermutete Verlauf sowie ein steiles Einfallen der Störung nach NE konstruiert (Abb. 38). Der Verlauf der Störung ist bei Stanek (2019) in der tektonischen Karte des Gebietes dargestellt (Abb. 42).

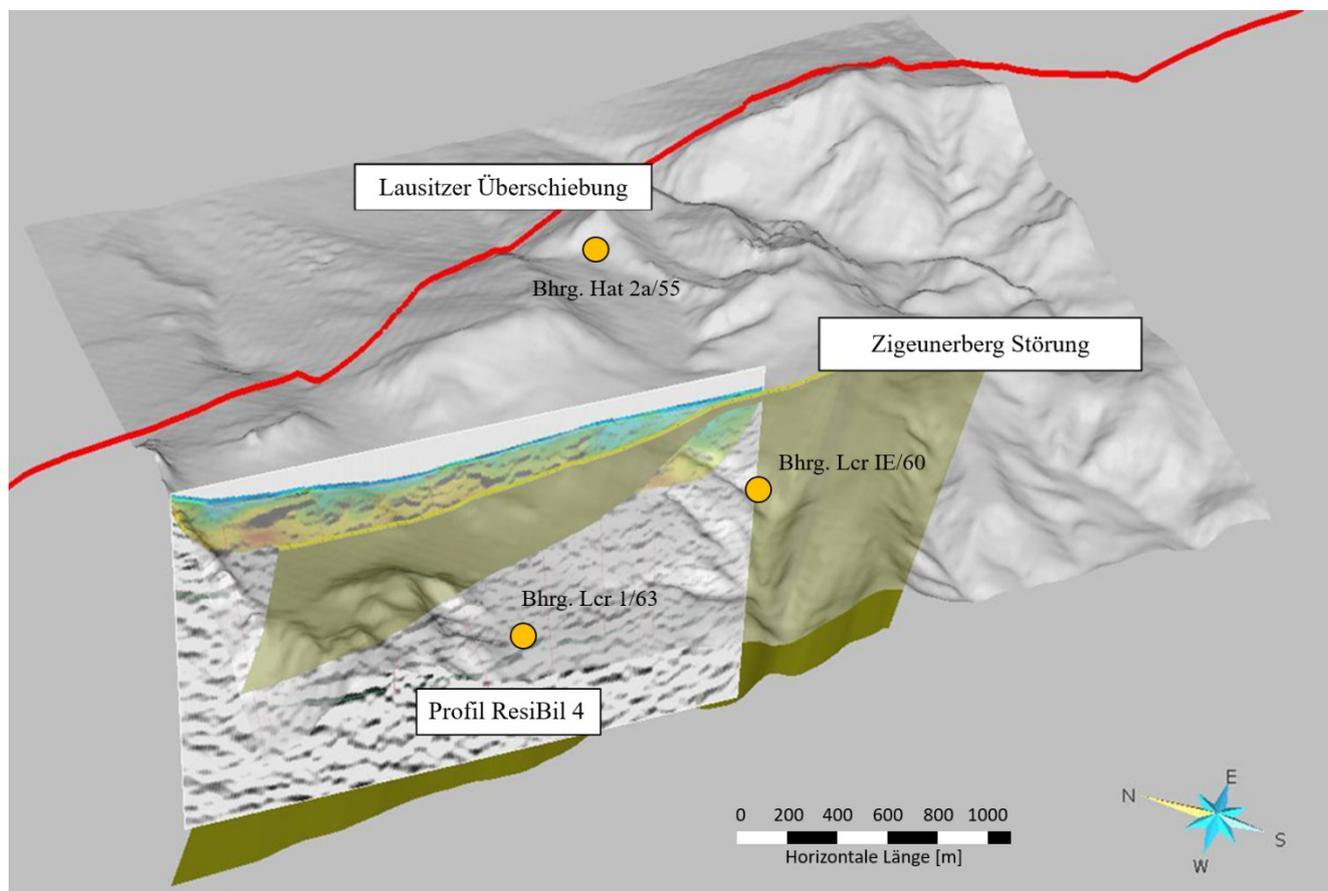


Abb. 38: Mögliche Lage der Zigeunerberg Störung (gelbe Fläche) anhand des Seismik-Profiles ResiBil 4 im 3D-Modell.

3.2 Bohrungen

Im nachfolgenden Abschnitt wird vor allem auf die Bohrungen eingegangen, die Bedeutung für den Struktur- bau des Fokusgebietes Lückendorf haben.

Im Rahmen des Projektes wurden 2018 zwei Erkundungs- bohrungen südlich von Vamsdorf abgeteuft. Die Bohrung 6412_L bei Lesné in der Nähe von Dolní Podlužní sollte detaillierte Aussage zur Lausitzer Überschiebung erbringen. Die Bohrung 4650_Y bei Jedlová hatte zum Ziel, Fragen zur stratigraphischen Abfolge in den Kreidesedimenten zu klären (Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).

Zusätzlich wurde die Basis der Bohrung HY Oybin 1/1955, die eine erhebliche Bedeutung bei der Interpretation der Tektonik des Oybin Blocks besitzt und bisher unter-

schiedlich beschrieben wurde, noch einmal petrographisch überarbeitet und neu beurteilt.

Bohrung 6412_L (Lesné) bei Dolní Podlužní

Das Ziel der Erkundungsbohrung 6412_L (Lesné) war die Charakterisierung der Lausitzer Überschiebung, die im Projektgebiet die Sedimente der Oberen Kreide des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens im Süden von den Granitoiden des Lausitzer Massivs im Norden trennt (Abb. 28). Die Bohrung erreichte eine Teufe von 101,25 m und wurde vollständig gekernt (Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020). Der Standort liegt ca. 20 m vom anstehendem Granodiorit und etwa 50 m von Sandsteinvorkommen entfernt (Abb. 39).

Das Hauptergebnis der Bohrung lag im Nachweis eines ca. 50 m mächtigen Sedimentpaketes, welches dem Unterperm (Vrchlabí-Formation) zugeordnet werden kann (Nádaskay et al. 2020c). Dieses Paket liegt tektonisch zwischen den Granodioriten und den Kreidesedimenten eingeschuppt vor (Tabelle 2).

Die Obergrenze der unterpermischen Sedimente mit dem Kontakt zum Granodiorit, und damit der obere Teil der Lausitzer Überschiebung, wurde nicht erreicht, da die Bohrung bereits in den Unterperm-Sedimenten stand. Die

durchteufte Untergrenze zeigt hingegen einen unspektakulären Kontaktbereich. Es handelt sich um eine ca. 20 cm mächtige Tonlage zwischen den roten mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen des Unterperm und den feinkörnigen gelblichgrauen Sandsteinen der Oberkreide (Abb. 40). Im Umfeld wurde keine erhöhte tektonische Beanspruchung oder Klüftung angetroffen. Der komplexe Charakter der Lausitzer Überschiebung wurde bereits in mehreren wissenschaftlichen Abhandlungen diskutiert (z. B. Coubal et al. 2014, 2015; Krentz & Stanek 2015), tritt in den Bohrkernen jedoch nicht in Erscheinung.



Abb. 39: Standort der Bohrung 6412_L (Lesné) zwischen anstehendem Granodiorit im Norden, den Kreidesandsteinen im Süden und den eingeschuppten permischen Sedimenten.

Tabelle 2: Vereinfachte Bohrungsbeschreibung und stratigraphische Einstufung der Bohrung 6412_L (Lesné) (Mrázová et al. in Mrázová et al. 2020).

Tiefe in [m]		Gesteinsbeschreibung	Stratigraphische Einstufung
von	bis		
0,0	0,35	Ton, sandiger Ton	Quartär
0,35	55,58	Wechselagerung von rötlichen Sandsteinen und Tonsteinen/Schluffsteinen, untergeordnet treten Konglomerate auf; der gesamte Abschnitt ist stark tektonisch überprägt	Perm – Vrchlabí-Formation
55,58	101,25	Wechsel von gelblichen Sandsteinen mit tonigen Schichten und Lagen aus Quarz; lokal auftretende, dünne (cm–dm) Einlagerungen von Schluffsteinen und Tonsteinen	Obere Kreide – Březno-Formation



Abb. 40: Bohrkern der Bohrung 6412_L (Lesné) bei 54,75 m Teufe. Zwischen den roten Sandsteinen des Unterperm (Rotliegend) und den feinkörnigen Sandsteinen der Oberkreide ist eine ca. 20 cm mächtige plastische Tonlage als Teil der Lausitzer Überschiebung erkennbar.

Bohrung Oybin 1/1955

Die Wasserbohrung Oybin 1/1955 (HY Oy 1/55) wurde auf der Bürgerwiese in der Ortschaft Oybin als Erstaufnahme zunächst von Pietsch (1955) angesprochen und von Blüher & Neukirchner (1957) noch einmal überarbeitet. Die Bohrung ist von speziellem Interesse, da einerseits die Kreidebasis bereits bei 126 m bzw. 133 m (ca. +250 m NN) Teufe angetroffen und beschrieben wird, andererseits weichen beide Bearbeitungen im Bereich der Kreidebasis deutlich voneinander ab. Weiterhin wurde die Kreidebasis in der nur ca. 220 m entfernt abgeteuften Wismutbohrung von 1965 (WIS Oy 1247/1965) bei 350 m, d.h. etwa 200 m tiefer (bei ca. +46 m NN), erreicht. Da diese Informationen von erheblicher tektonischer Relevanz sind, wurde der tiefere Teil der Bohrung HY Oy 1/55 im Rahmen des Projektes noch einmal aufgenommen und petrographisch bearbeitet (Abb. 41). Das Kernmaterial liegt derzeit im Kernlager des LfJLG vor.

Pietsch (1955) in Köhler & Schubert (1957) beschreibt unterhalb der Kreidesandsteine zwischen 126,5 m und 156,8 m einen Tuff (bzw. Tuffsteine), der teilweise zahlreiche Gesteinsbruchstücke führt. In einer Teufe von 157 m soll dieser Tuff in einen proterozoischen Granit übergehen.

Blüher & Neukirchner (1957) in Köhler & Schubert (1957) beschreiben dagegen unter dem Sandstein bei 133,2 m zunächst eine stark ausgeprägte Störungszone mit Störungsletten, die anschließend bis ca. 153 m Teufe in einen „Gneisbruchstücke“-führenden Mylonit übergeht. Danach beschreiben sie einen tektonisch stark beanspruchten „Gneis“.

Die im Rahmen des Projektes erfolgte petrographische Neuaufnahme der Bohrung unterhalb der Kreidebasis ergab folgendes Bild (Abb. 41):

Unter dem silifizierten Sandstein tritt zwischen 128 m und 130 m Bohrtiefe ein Mylonit mit „gneisartigem“ Gefüge auf (Probe a). Darunter erscheint bis 134 m eine phonolithische Gangbrekzie mit Bruchstücken von Mylonit und Sandstein (Probe b). Dem folgt bis 156 m ein Kataklasit mit erkennbarem magmatischen Gefüge und einem Bereich mit gneisartigem Gefüge (Probe c). Nach einer nur 20 cm mächtigen Mylonitlage tritt anschließend das typisch ausgebildete Grundgebirge in Form von Granodiorit mit einzelnen Scherbahnen auf (Probe d).

Die Ansprachen erfolgten sowohl über gesägte Bohrkern als auch über Dünnschliffe.

Es wird davon ausgegangen, dass es sich an dieser Stelle nicht um die reguläre Basis der Kreide handelt, sondern um eine Störungszone, in die ein phonolithischer Gang intrudiert ist.

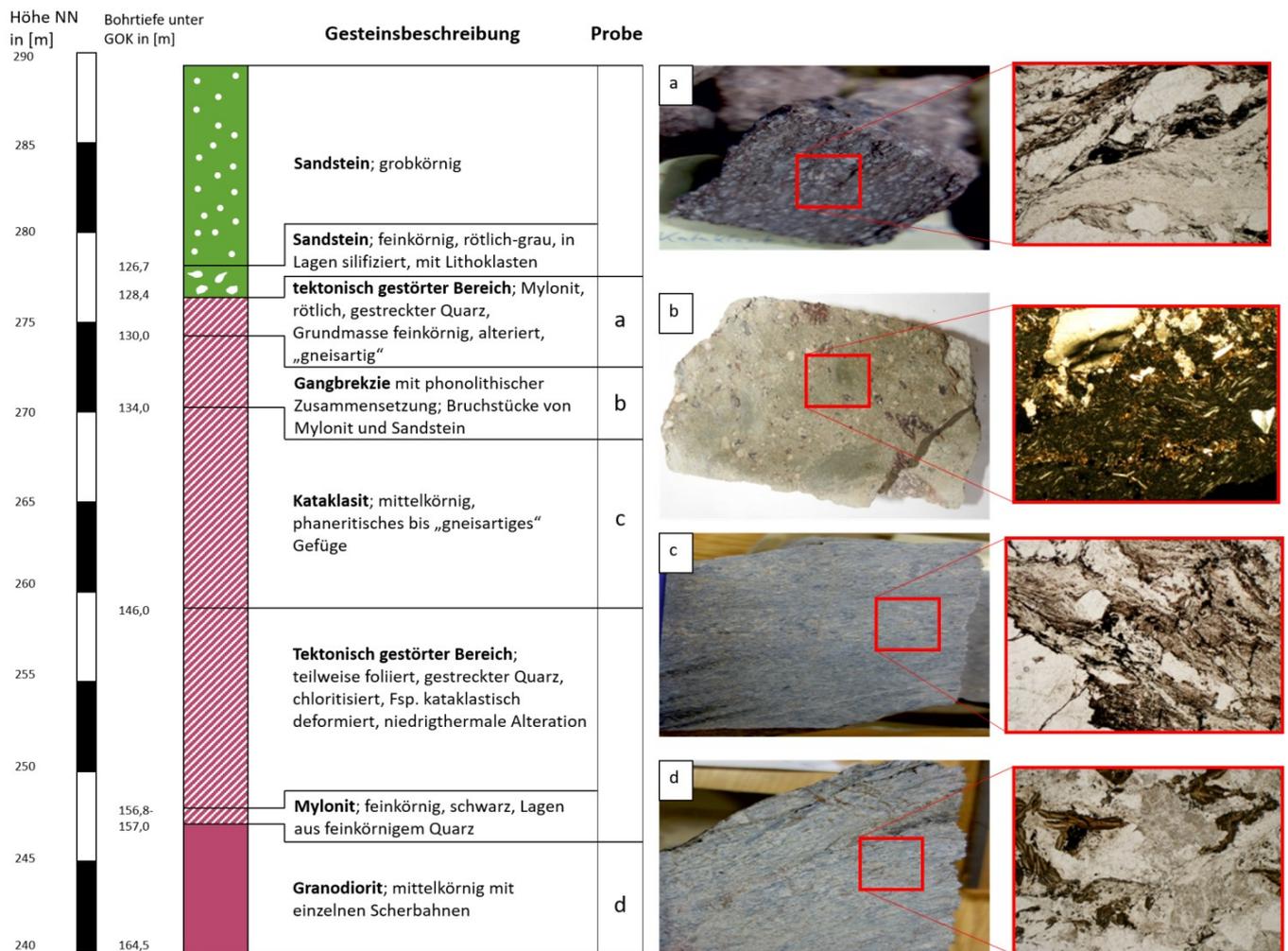


Abb. 41: Neu aufgenommener basaler Bereich der Bohrung HY Oy 1/55. Zugeordnet sind die gesägten Bohrkern und die dazugehörigen Dünnschliffe der Proben a bis d. (Bohrungsaufnahme O. Krentz, R. Junge, K.P. Stanek, M. Lapp 2018/19; Profil modifiziert nach Stanek 2019).

3.3 Strukturbaubau –Gebiet Lückendorf

Bereits 1929 beschrieb Andert im Gebiet des Zittauer Gebirges unterschiedliche Blöcke, die mehrere 100 m Höhenunterschied zueinander aufweisen können (Abb. 43). In den letzten Jahrzehnten ist dieser Sachverhalt jedoch strukturgeologisch nur ungenügend bearbeitet worden. Ursachen sind die abgegrenzte, geographische Position unmittelbar im tschechischen Grenzgebiet sowie die sehr geringe Anzahl von tiefen Bohrungen, welche die Kreidebasis durchteuft haben (Voigt et al. 2013). Die Einbeziehung tschechischer Ergebnisse (Bohrungen, Geophysik, Stratigraphie) im Rahmen des Projektes erlaubte eine grenzüberschreitende Bearbeitung und Modellierung des Gebietes. Ergänzt wurden sie durch neue und umfangreiche strukturgeologische und seismische Untersuchungen auf sächsischem Gebiet.

Das Fokusgebiet Lückendorf kann nach tektonischen und stratigraphischen Aspekten in drei Blöcke unterteilt werden: den Waltersdorfer Block im Westen, den Jonsdorf-Oybin Block im Zentrum und den Lückendorfer Block im Osten (Voigt et al. 2013, 2017; Stanek 2019) (Abb. 42).

Ausschlaggebend für den **Waltersdorfer Block** ist die Aushaltung der Waltersdorf-Formation, die mit dem oberen Teil der Teplice-Formation und dem unteren Teil der Březno-Formation im Unterconiac korreliert wird und ca. 600-700 m über der Kreidebasis liegt. Stanek (2019) nimmt die Kreidebasis im Waltersdorfer Block bei ca. -150 m bis -200 m NN an.

Im **Jonsdorf-Oybin Block** treten Sedimente der Oybin-Formation aus dem Unter- bis Oberturon auf. Die genaue Abgrenzung zum Waltersdorfer Block ist nicht belegt, wird aber aufgrund morphologischer Aspekte an den Osthang des Buchberges gelegt (Stanek 2019). Besonders der westliche Teil des Jonsdorf-Oybin Blocks ist durch zahlreiche NE–SW-streichende magmatische Gänge (Phonolithe, Basanite) gekennzeichnet. Die Kreidebasis wird bei ca. -80 m NN angenommen. Es ist wahrscheinlich, dass innerhalb des Jonsdorf-Oybin Blocks östlich des Jonsberges durch weitere Störungen ein eigener **Oybin-Teilblock** abgetrennt wird. Ein wichtiger Hinweis darauf sind die Bohrungen HY Oy 1/1955 und WIS 1247/1965 in der Ortschaft Oybin, die den Lausitzer Granodiorit bei +158 m NN bzw. +48 m NN angetroffen haben (Kap. 3.2) sowie das gravimetrische Schwerehoch (Kap. 3.1.1).

Der östlich anschließende **Lückendorfer Block** wird durch die NE–SW-streichende Töpfer Störung abgegrenzt, die einen Versatz von ca. 300 m aufweist. Die Sedimente gehören sowohl der Oybin-Formation als auch der

oberturonen Lückendorf-Formation an, wodurch man auf eine Mächtigkeit der Kreide von ca. 500-600 m schließen kann. Diese Interpretation wird auch durch zwei Bohrungen (HY Lcr 1/1963 und WIS Lcr 1248/1965) bestätigt, welche die Kreidebasis bei - 83 m NN bzw. -79 m NN angetroffen haben.

Neben den NE–SW-streichenden Blöcken existieren auch NW–SE-streichende Blöcke parallel zur Lausitzer Überschiebung. Nachgewiesen ist der **Mühlsteinberg Block** durch die Bohrung HY Hat 2a/1955, ca. 300 m südlich der König-Johann-Quelle, unmittelbar an der Lausitzer Überschiebung. Diese durchteuft bereits nach 218 m die Kreidebasis bei +205 m NN. Abgegrenzt wird der Mühlsteinberg Block durch die Zigeunerberg Störung, die damit einen Versatz gegenüber dem südlichen Lückendorfer Block von fast 300 m aufweist (Abb. 44).

Die NE–SW-streichenden Störungen, welche die Blöcke voneinander abgrenzen, sind südlich des Fokusgebietes auf tschechischem Gebiet ebenfalls nachvollziehbar und bilden markante Graben-und-Horst-Strukturen. Zu diesem Graben-und-Horst-System gehören der Nový Bor Graben, der Lasvice Horst und der Graben von Tlustec sowie das nordwestlich der Stráž Störung verlaufende Störungssystem mit der Tlustec-, der Velenice- und der Svojkov Störung. Bei diesen NE–SW-streichenden Störungen können erhebliche Versatzbeträge (bis mehrere 100 m) auftreten (vergl. Abb. 8 und Abb. 10).

So eine NE–SW-streichende Störung scheint auch östlich im Raum zwischen dem Weißbachtal und Dolní Sedlo einen erheblichen strukturellen Wechsel entlang der Lausitzer Überschiebung zu verursachen. Während auf sächsischer Seite die Lausitzer Überschiebung steil einfällt und Versätze von 200-300 m nachgewiesen sind, scheinen nach derzeitigem Kenntnisstand auf tschechischem Gebiet die Sedimente flach nach SW einzufallen. Der hier beschriebene Blockbau wurde bereits von Voigt et al. (2013) und Voigt (2017) prinzipiell dargestellt und zeigt deutlich den Aufbau der Kreidesedimente mit seine Mächtigkeiten als auch die Heraushebung des Oybin Blocks (Abb. 45)

Diese Ergebnisse bildeten die Grundlage für das strukturgeologische 3D-Modell des Fokusgebietes Lückendorf (Abb. 46). Die einzelnen Blöcke mit ihrer unterschiedlichen Tiefenlage der Kreidebasis sind durch die verschiedenen NE–SW-streichenden Störung im 3D-Modell gut voneinander abgrenzbar. Sehr deutlich wird der strukturelle Wechsel zwischen dem Mühlsteinberg Block und dem Bereich bei Dolní Sedlo. In diesem Gebiet sind weitere Untersuchungen erforderlich.

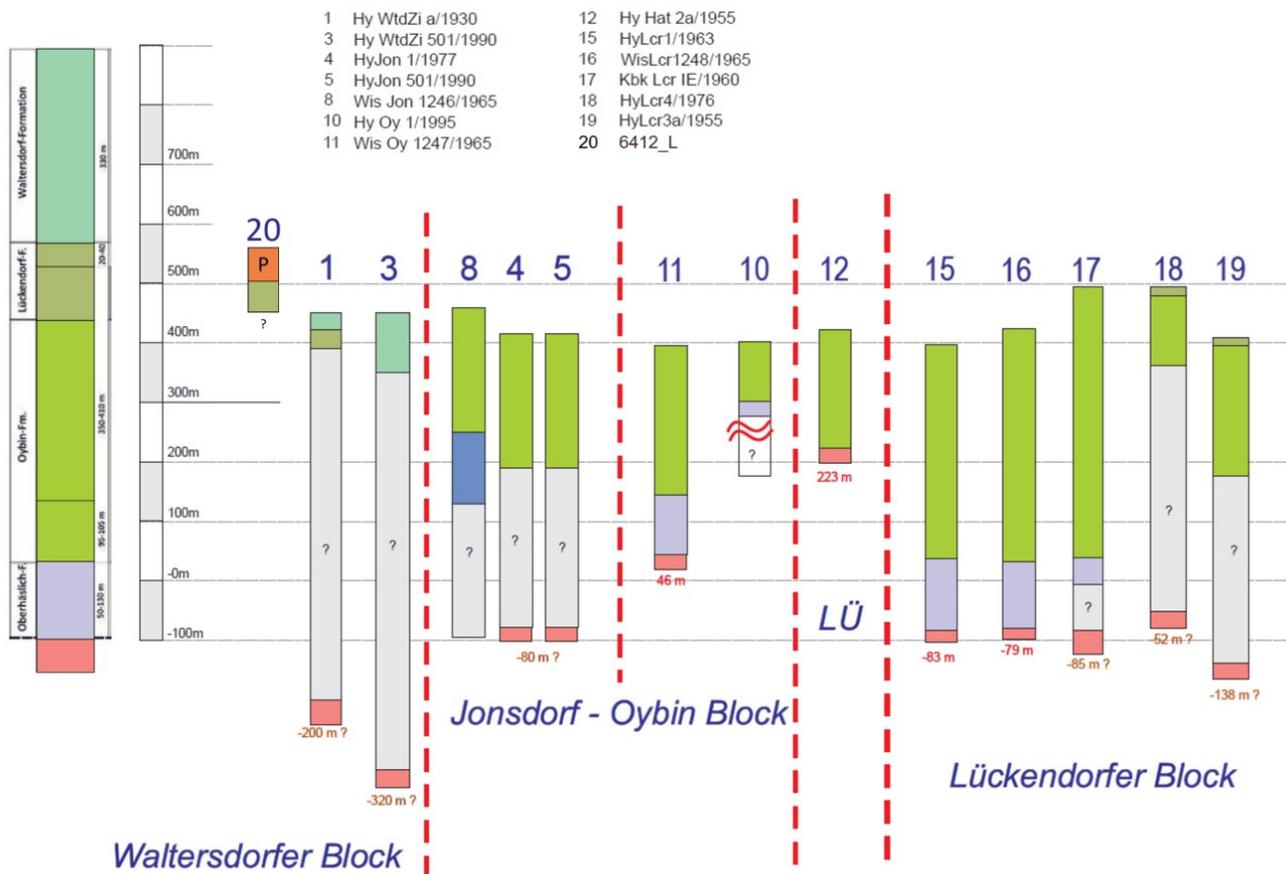
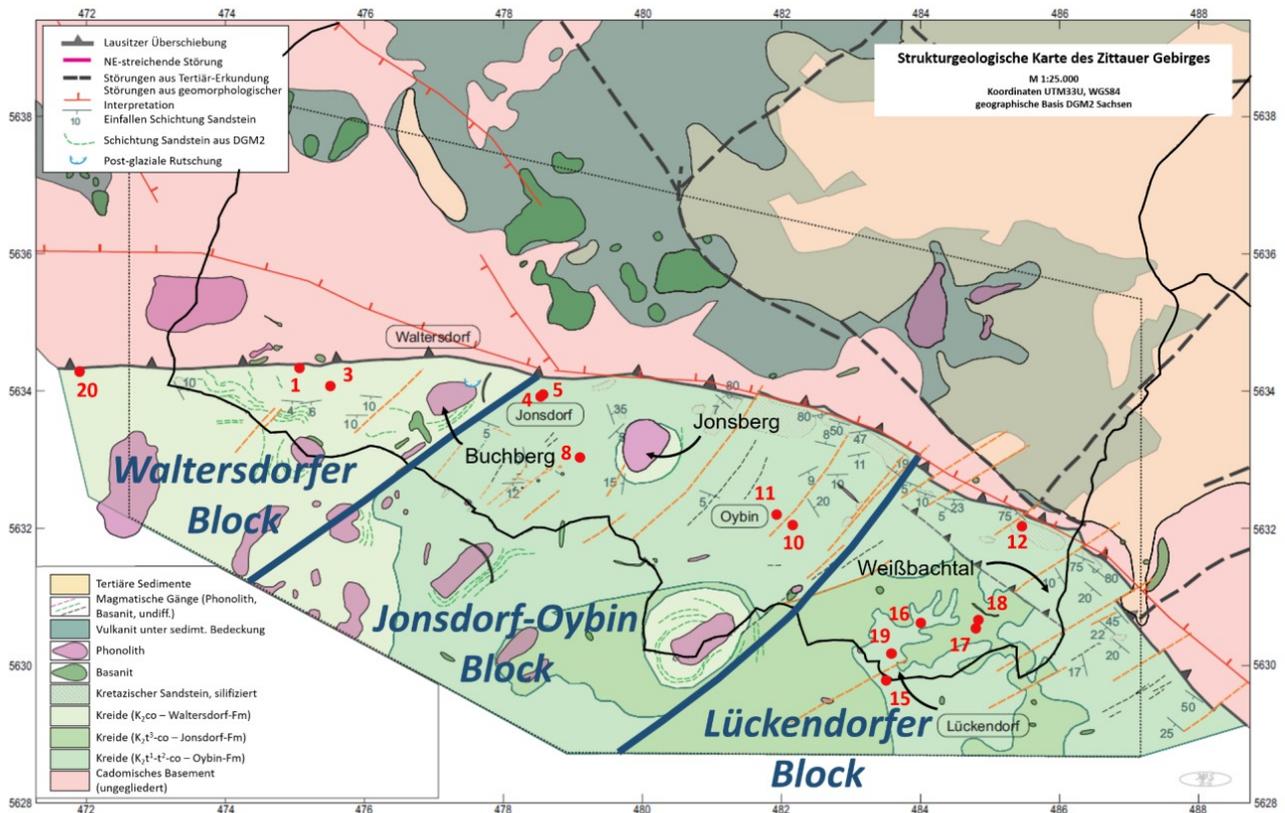


Abb. 42: (oben) Blockgliederung der kretazischen Sedimente südlich der Lausitzer Überschiebung und Lage der dargestellten Bohrungen. (unten) Vereinfachte Bohrprofile der für die strukturgeologische Untersuchung im Fokusgebiet Lückendorf verwendeten Bohrungen (modifiziert nach Voigt et al. 2013; Stanek 2019).

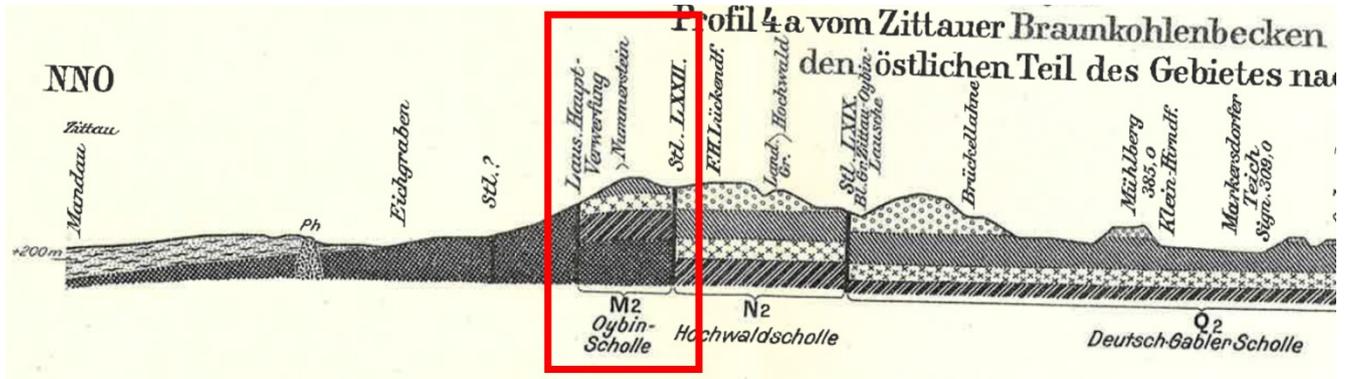


Abb. 43: Ausschnitt aus dem geologischen NNO-SSW Profil nach Andert (1929) von Zittau, über die tertiären Braunkohlebecken, das Zittauer Gebirge bis nach Jablonné v Podještědí mit Darstellung der Oybin-Scholle (roter Rahmen).

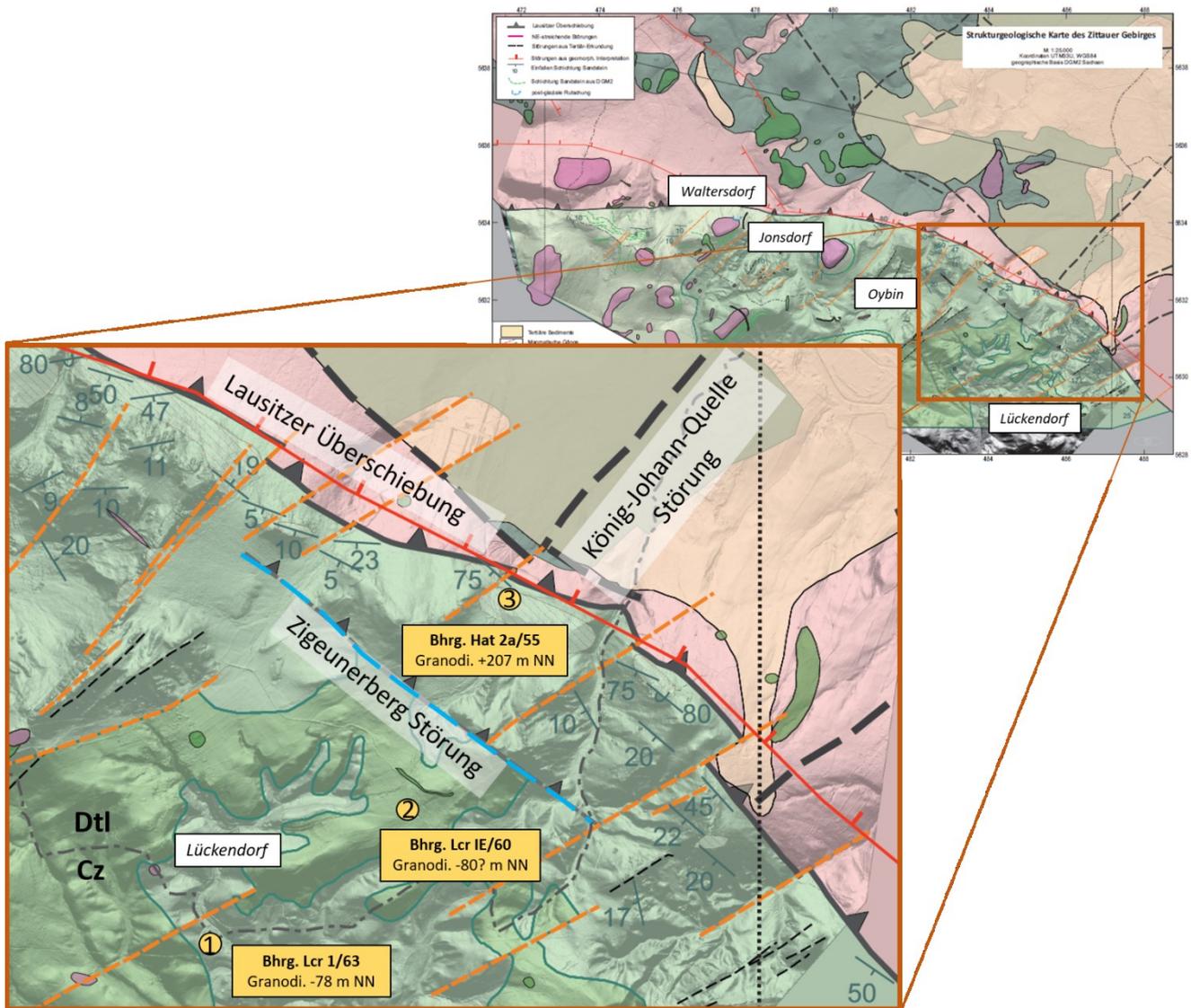


Abb. 44: Lage der NW–SE-streichenden Zigeunerberg Störung (blau) nordöstlich von Lückendorf und Position der tiefreichenden Bohrungen (gelbe Punkte) (modifiziert nach Stanek 2019).

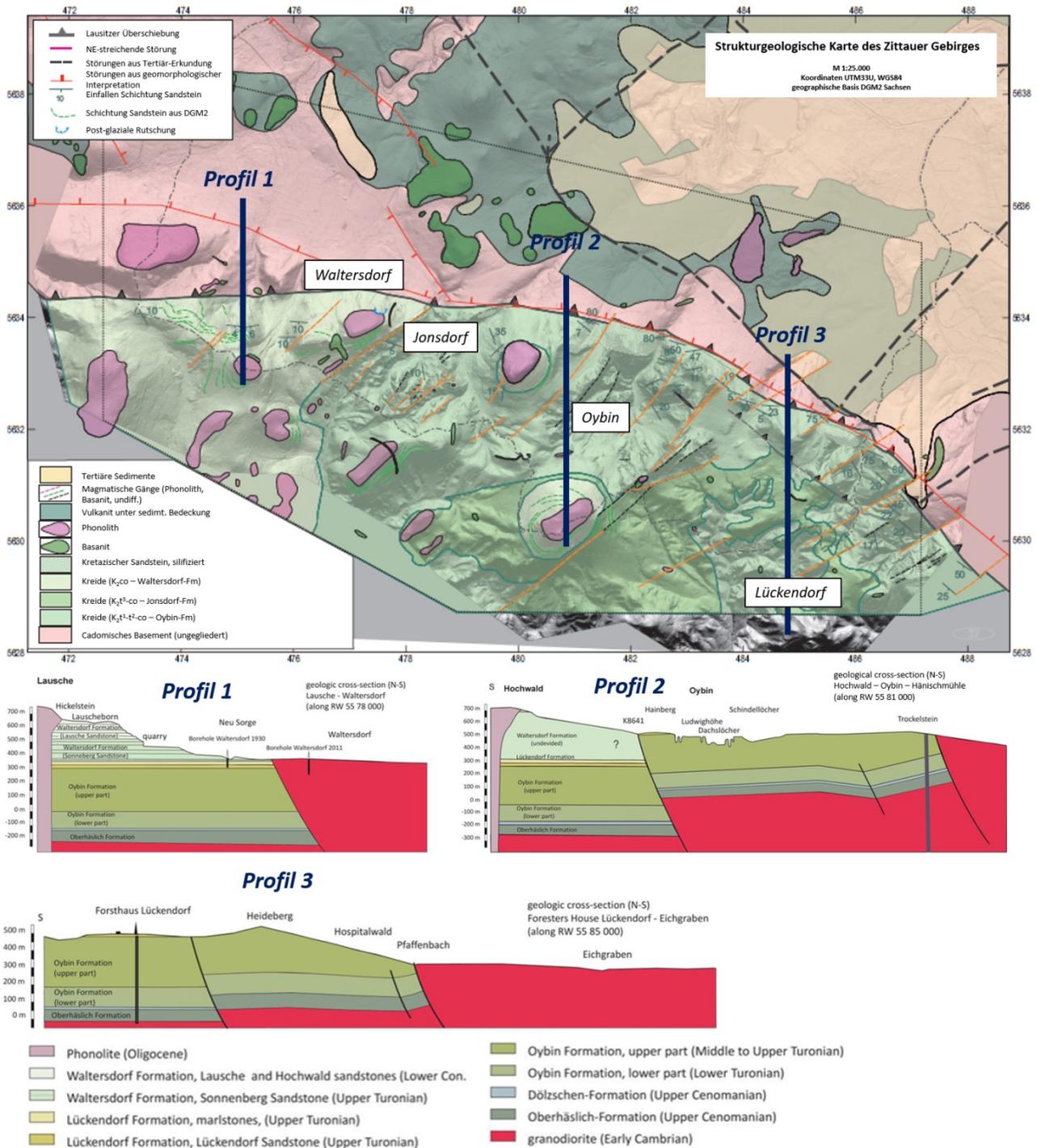


Abb. 45: (oben) Lage der N-S-gerichteten geologischen Schnitte von Voigt et al. (2013) und Voigt (2017) über die Lausitzer Überschiebung und das Zittauer Gebirge im Bereich der Lausche (Profil 1), Hochwald (Profil 2) und Lückendorf (Profil 3). Sie zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den neuen geophysikalischen Ergebnissen. (unten) Die geologischen Profile verdeutlichen die Mächtigkeiten der Kreidesedimente am Hochwald und der Lausche von bis zu 1000 m (Voigt et al. 2013; Voigt 2017; Stanek 2019, Niebuhr et al. 2020).

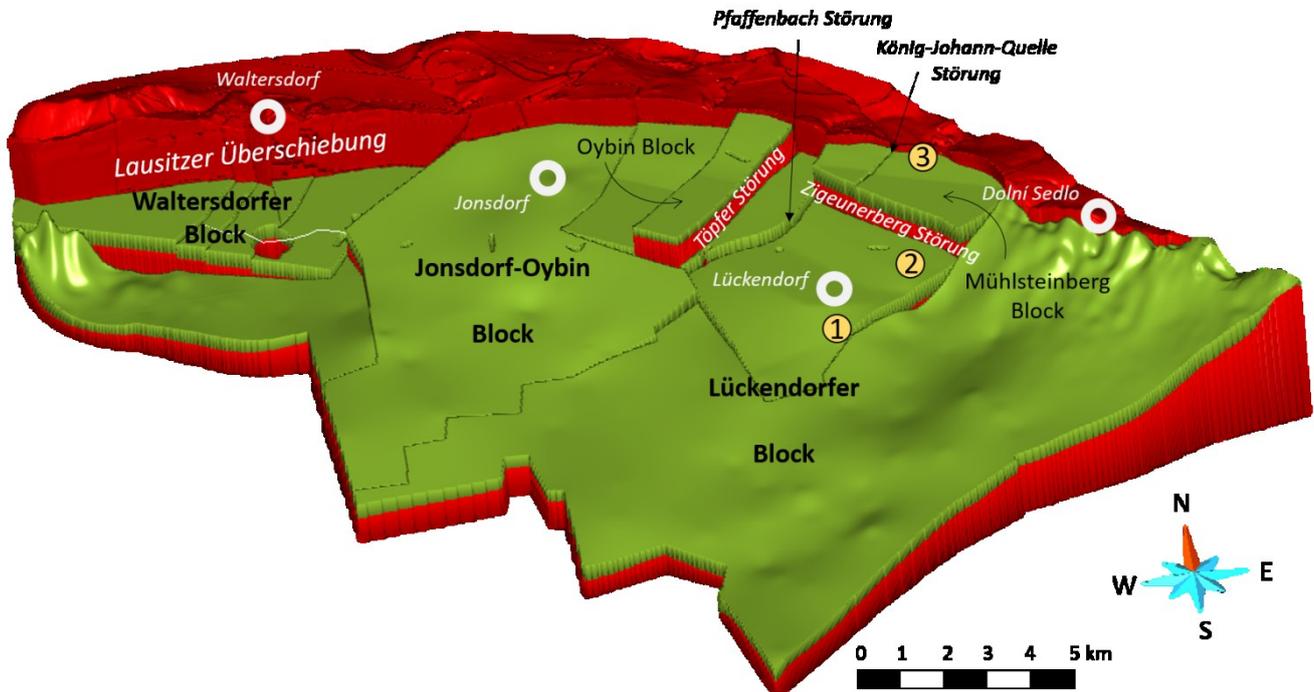


Abb. 46: Strukturmodell des Fokusgebietes Lückendorf und den ausgehaltenen Blöcken. Die gelben Punkte entsprechen den Bohrungen aus Abb. 38 und Abb. 44 und können auch in Abb. 42 wiedergefunden werden. Das Modell ist 3-fach überhöht dargestellt.

3.4 3D-Modell – Fokusgebiet Lückendorf

Das geologische 3D-Modell des Fokusgebietes Lückendorf wurde mit der 3D-Software GoCAD und Surfer modelliert. Die strukturgeologischen Grundlagen wurden durch die Abteilung Geologie des LfULG erarbeitet und die technische Umsetzung erfolgte durch die Firma G. E. O. S. Ingenieurgesellschaft mbH. Trotz der relativ geringen Anzahl an tiefen Bohrungen konnte auf Grund der umfangreichen geophysikalischen Messungen und intensiven geologischen Geländearbeiten ein relativ detailliertes strukturgeologisches Modell erstellt werden.

Die Basis des Modells bilden Granodiorite und Schiefer. Die Granodiorite des Lausitzer Massivs treten nördlich der Lausitzer Überschiebung an der Oberfläche auf und bilden auch die Basis der tertiären Sedimente. Südlich der Lausitzer Überschiebung bilden Granodiorite des Lausitzer Massivs sowie die Schiefer des Riesengebirgs- und Isergebirgskristallins die Basis der Kreidesedimente.

Von den Kreidesedimenten wurde das Cenoman, der basale Grundwasserstauer (Aquiclude A/B) und der darüber liegende Grundwasserleiter (Aquifer BC) der Oybin-Formation, die Lückendorf-Formation und die Waltersdorf-Formation modelliert. Hauptaugenmerk bei der

Modellierung der Kreideeinheiten lag auf der Darstellung der einzelnen Leiter- und Stauerhorizonte. Diese korrelieren nicht immer mit den stratigraphischen Einheiten (vgl. Abb. 6).

Die tertiären Sedimente des Zittauer Beckens treten nur im Norden des Fokusgebietes auf. Dagegen sind die tertiären Vulkanite sowohl als Vulkanschote als auch als Laven im gesamten Gebiet modelliert (Abb. 47). Die quartären Sedimente, die im Süden überwiegend nur in den Flusstälern vorzufinden sind, im Norden hingegen flächen-deckend auftreten, wurden zusammengefasst modelliert. Sie sind aufgrund der Übersichtlichkeit in Abb. 47 nicht dargestellt. Die umfangreichsten Arbeiten lagen auf der tektonischen und strukturgeologischen Modellierung (vergl. Kap. 3.3). Dabei bildete die Herausarbeitung der unterschiedlichen Blöcke und der Anschluss an die Tektonik der tschechischen Seite einen besonderen Schwerpunkt.

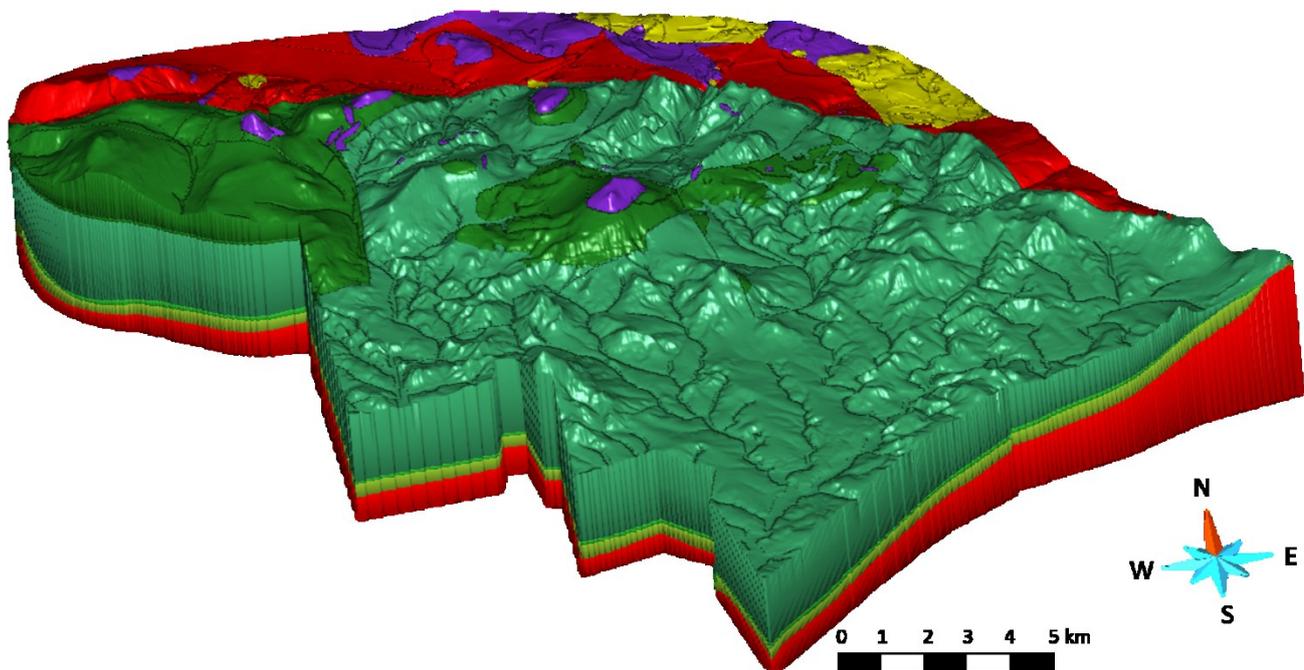


Abb. 47: Geologisches 3D-Modell des Fokusgebietes Lückendorf (rot – Granodiorite des Lausitzer Massivs und Einheiten des Riesengebirgs- und Isergebirgskristallins; grün – unterschiedliche Kreide-Formationen; gelb – tertiäre Sedimente; violett – tertiäre Vulkanite).

4 Ergebnisse

Das Fokusgebiet Lückendorf hat innerhalb des Projektgebietes eine besondere Position. Es liegt zentral im NE–SW-streichenden Egergraben, direkt an der NE-Begrenzung der Elbezone, die durch die Lausitzer Überschiebung gebildet wird. Dadurch konnten in diesem Bereich besonders gut die Vergitterung beider Hauptstörungsrichtungen beobachtet werden.

Ein wichtiges Ergebnis ist die Analyse der Lausitzer Überschiebung durch seismische Untersuchungen. Die Profile ResiBil 1 und ResiBil 3 wiesen nach, dass die NW–SE-streichende Lausitzer Überschiebung steiler einfällt, als die Ergebnisse von Coubal et al. (2014) erwarten ließen. Diese hatten sowohl westlich des Projektgebietes bei Doubice und Horní Jiřetín als auch im östlichen Teil des Projektgebietes bei Horní Sedlo einen Einfallwinkel der Lausitzer Überschiebung von nur 16° bzw. 27° gemessen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass sich die beiden

tschechischen Untersuchungspunkte auf unterschiedlichen Schollen innerhalb des Egergrabens befinden und sich der Charakter der Störung dadurch ändert. Dies würde auf einen recht kleinräumigen Wechsel der Schollentektonik innerhalb des Egergrabens hinweisen.

Die Lausitzer Überschiebung wurde bisher als eine einheitliche hydrogeologische Barriere angesehen. Die Untersuchungen im Rahmen des Projektes ergaben jedoch, dass lokal Lücken bzw. durchlässige Stellen existieren, die eine hydraulische Verbindung durch Übergreifen der tertiären Sedimente auf die Kreidesandsteine ermöglichen. Das ist einmal bei Dolní Sedlo (Kap. 2.2.5) der Fall und trifft möglicherweise auch auf den Bereich südlich der König-Johann-Quelle zu. Dort schrumpft die Mächtigkeit des trennenden Granodiorits zwischen den Profilen ResiBil 1 und ResiBil 3 von ca. 35 m auf unter 10 m, so dass ein direkter Kontakt zwischen den Sedimenten nicht ausgeschlossen werden kann (Abb. 48).

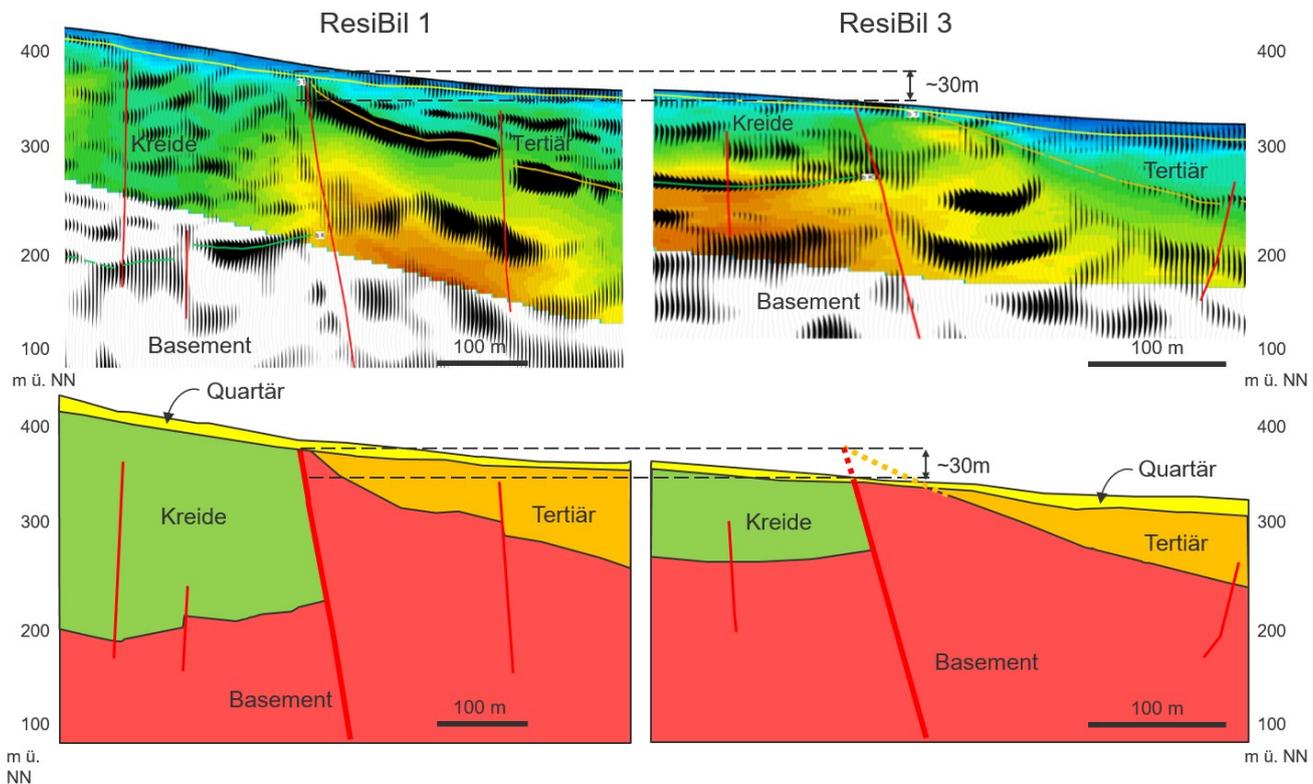


Abb. 48: Die Seismik-Profile ResiBil 1 und ResiBil 3 zeigen die sehr geringe Dicke des Granodiorits an der Lausitzer Überschiebung.

Neben den überlappenden Sedimenten spielen die NE–SW-streichenden Störungen eine wesentliche Rolle. Kasiński & Panasiuk (1987), Kasiński (1991) sowie Raithel et al. (1995) hatten bereits auf die Lückendorfer Störung hingewiesen, die eine hydraulische Verbindung zwischen den kreidezeitlichen und tertiären Ablagerungen herstellen könnte. Deren genaue Lage konnte im Dreiländereck jedoch bisher nicht eindeutig belegt werden. Stanek (2019) sowie die in diesem Projekt vorgenommenen Untersuchungen lassen auf ein komplexes Störungssystem schließen. Dieses dem Egergraben parallele Störungssystem ist mindestens aus dem Raum Nový Bor bis in das Zittauer Becken verfolgbar (Stanek 2016). Dabei treten die König-Johann-Quelle Störung, der Bereich der Töpfer Störung sowie die Pfaffenbach Störung wahrscheinlich als hydraulisch wirksam auf (Kap. 3.1.2).

Ein weiteres Ergebnis ist die Herausarbeitung eines Blockmodells für das Zittauer Gebirge, das bereits von Andert (1929) vermutet und von Voigt (2017) und Niebuhr et al. (2020) weiterentwickelt wurde. Dabei wurden die 3 Hauptblöcke Waltersdorf, Jonsdorf-Oybin und Lückendorf sowie der Mühlsteinberg-Block anhand von

Bohrungen und geophysikalischen Ergebnissen neu definiert. Durch die Korrelation mit tschechischen Bohrungen und strukturgeologischen Modellen konnte gezeigt werden, dass für den zentralen Teil des Egergrabens dieses Graben-Horst-System ein typisches Erscheinungsbild ist. Im Profilschnitt der geologischen Karte 1:100.000 wird dieser Aufbau deutlich (Abb. 8). Die Gravimetrische Übersichtskarte zeigt weiterhin, dass sich dieser Bau bis in das Fokusgebiet Lückendorf fortsetzt (Abb. 9).

Zusammenfassend weisen die vorliegenden Untersuchungen darauf hin, dass die Blocktektonik innerhalb des Egergrabens deutlich intensiver ist als bisher angenommen wurde. Bei einer hydrogeologischen Modellierung – insbesondere der tieferen Grundwasserleiter – spielen diese Ergebnisse auch im Bereich des Zittauer Gebirges eine erhebliche Rolle.

Danksagung

Die hier vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des von der Europäischen Union finanzierten INTERREG V A Projektes ResiBil (Nr. 100267011) durchgeführt. Neben der wasserwirtschaftlichen Zielstellung des Projektes waren die geologischen Untersuchungen eine wesentliche Aufgabe, die hydrologische Modellierungen ermöglicht haben.

Die außerordentlich gute Zusammenarbeit mit den Kollegen des Tschechischen Geologischen Dienstes (ČGS) in Prag Štěpánka Mrázová, Bedřich Mlčoch, Roland Nádaskay und Zuzana Skácelová war die Basis für die Erarbeitung der sehr interessanten und grenzübergreifenden Ergebnisse. Insbesondere die problemlose Durchführung der geoelektrischen Untersuchungen auf beiden Seiten der Staatsgrenze durch den ČGS erlaubte eine schnelle und einheitliche Realisierung der Messungen und anschließende Interpretation der Ergebnisse.

Die Mitarbeit von Thomas Voigt von der Friedrich-Schiller-Universität Jena bei der grenzüberschreitenden stratigraphischen Korrelation der Sedimente im Sächsisch-Böhmischen Kreidebecken war eine wichtige Voraussetzung für die Erstellung der gemeinsamen Geologischen Karte.

Die Unterstützung und intensive Diskussion mit Klaus Stanek von der TU Bergakademie Freiberg zur regionalen und lokalen Tektonik im Zittauer Gebirge brachte neue Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zur tektonischen Entwicklung der gesamten Region.

Der geologische Bereich der Projektgruppe „ResiBil“ am LfULG mit Robert Junge und Silke Reinhardt erarbeitete Basisinformationen und unterstützte maßgeblich durch Geländearbeiten und Messungen die Erstellung des vorliegenden Strukturmodells des Zittauer Gebirges.

Literaturverzeichnis

- ADAMOVIČ, J. & COUBAL, M. (1999): Intrusive geometries and Cenozoic stress history of the northern part of the BM. – *Geolines*, 9: 5-14; Praha.
- ANDERT, H. (1929): Die Kreideablagerungen zwischen Elbe und Jeschken. Teil II: Die nordböhmisches Kreide zwischen Elbsandsteingebirge und Jeschken und das Zittauer Sandsteingebirge. – *Abh. Preuß. Geol. Landesanst.*, 117: 1-227, Berlin.
- BADURA, J. (2011): Polish part of the Ohre (Eger) Graben. – Abstracts: 12th Czech-Polish workshop on recent geodynamics of the Sudety Mts, and adjacent areas. 20-22.10.2011, Jugowice (Poland).
- BAUER, M., HENNIG, H. & KARP, T. (2018a): Geophysikalische Untersuchungen zur Erkundung der Lückendorfer Störung in Bezug auf deren Verlauf und Einfluss auf die Grundwasserdynamik mittels Reflexions- und Refraktionsseismik.- unveröffentl. Ergebnisbericht, Geophysik GGD mbH, 14 S., Leipzig.
- BAUER, M., HENNIG, H. & KARP, T. (2018b): Geophysikalische Untersuchungen zur Erkundung des östlichen Zittauer Gebirges mittels Reflexions- und Refraktionsseismik.- unveröffentl. Ergebnisbericht, Geophysik GGD mbH, 15 S., Leipzig.
- BÜCHNER, J., TIETZ, O. & HEINISCH, H. (2006): Die Tertiärvulkanite des Berzdorfer Braunkohlebeckens in der Oberlausitz/Sachsen und ihre sialische Verwitterung.- *Z.geol.Wiss.* 34, H 3-4, 121-141, Berlin.
- BÜCHNER, J. & TIETZ, O. (2012): Reconstruction of the Landeskrona Scoria Cone in the Lusatian Volcanic Field, Eastern Germany – Long-term degradation of the edifices and implications for landscape evolution.- *Geomorphology*, 151-152, 175-187, Elsevier.
- BÜCHNER, J.; TIETZ, O.; VIERECK, L.; SUHR, P. & ABRATIS, M. (2015): Volcanology, geochemistry and age of the Lausitz Volcanic Field.- *Int.J.Earth Sci. (Geol. Rundsch.)*, 104(8), 2057-2083.
- CAJZ, V. (ED.), MLČOCH, B., ČECH, S., VALEČKA, J., KADLEC, J., BURDA, J., HOLÝ, M., ULRYCH, J., KINSKÝ, J. & CHVÁTAL, P. (1996): České středohoří. *Geologická a přírodovědná mapa 1 : 100.000.* – ČGÚ, 160 S., Prag.
- CHÁB, J., BREITR, K., FATKA, O., HLADIL, J., KALVODA, J., ŠIMŮNEK, Z., ŠTORCH, P., VAŠÍČEK, Z., ZAJÍC, J. & ZAPLETAL, J. (2008): *Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu.* – Česká geol. služba, 283 S., Prag.
- COUBAL, M., ADAMOVIČ, J., MALEK, J. & PROUZA, V. (2014): Architecture of thrust faults with along-strike variations in fault-plane dip: Anatomy of the Lusatian Fault, Bohemian Massif. – *Journal of Geosciences*, 59, 183–208.
- COUBAL, M., MALEK, J., ADAMOVIČ, J. & ŠTĚPANČIKOVA, P. (2015): Late Cretaceous and Cenozoic dynamics of the Bohemian Massif inferred from the palaeostress history of the Lusatian Faultbelt. – *Journal of Geodynamics*, 87, 26–49.
- HOFMANN, M., LINNEMANN, U., & VOIGT, T. (2013). The Upper Cretaceous section at Schmilka in Saxony (Elbsandsteingebirge, Germany) – syntectonic sedimentation and inverted zircon age populations revealed by LA-ICP-MS U/Pb data. *Geol. Saxonica*, 59, 101-130.
- HOFMANN, M., VOIGT, T., BITTNER, L., GÄRTNER, A., ZIEGER, J., & LINNEMANN, U. (2018). Reworked Middle Jurassic sandstones as a marker for Upper Cretaceous basin inversion in Central Europe—a case study for the U–Pb detrital zircon record of the Upper Cretaceous Schmilka section and their implication for the sedimentary cover of the Lausitz Block (Saxony, Germany). *International Journal of Earth Sciences*, 107(3), 913-932.
- JELÍNEK, J., KRENTZ, O., MLČOCH, B., NÁDASKAY, R. & VALEČKA, J. (2020): Tektonik. – In: Mrázová, S., Tomanová Petrová, P. & Krentz, O. (eds.) (2020): *Geologie des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Erzgebirge und Jeschken.* – Ergebnisse des EU-Projektes „Wasserressourcenbilanzierung- und resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-böhmischen Grenzraumes (ResiBil)“. Czech Geological Survey, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, 103 S., Dresden/Freiberg.
- KADLECOVÁ, R. ET AL. (2015): Rebilance zásob podzemních vod - rozšířený abstrakt. – Bericht, Ceska geologická služba, 18 S., Prag.
- KALINOVÁ, M., ECKHARDT, P., MARTÍNKOVÁ, M., SIMEK, P., BÍLÝ, M., KOUBKOVÁ, L., BÖHM, A.-K., BÖRKE, P. & SCHULZ, C. (2014a): Grundwasserressourcen im Tschechisch-Sächsischen Grenzraum – II. Gebiet Petrovice-Lückendorf-Jonsdorf-Oybin.- Ergebnisse des EU-Projektes “Gemeinsam genutzte Grundwasserressourcen im tschechisch-sächsischen Grenzgebiet (GRACE)”, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, 91 S., Dresden/Freiberg.

- KASIŃSKI, J.R. & PANASIUK, M.P. (1987): Geneza i ewolucja strukturalna niecki Zytawskiej. - Biuletyn Instytutu Geologicznego, 357, 1987, 5-38.
- KASIŃSKI, J.R. (1991): Tertiary lignite-bearing lacustrine facies of the Zittau Basin: Ohře rift system, (Poland, Germany and Czechoslovakia). Spec. Pubs. Int. Ass. Sediment., 13, 93-107.
- KÄßNER, A., STANEK, K. & LAPP, M. (2019). Post-Variscan tectonic and landscape evolution of the Elbe Fault Zone and the Lusatian Block based on apatite fission-track data and geomorphologic constraints. *Geomorphology*.
- KÖHLER & SCHUBERT (1957): Hydrogeologisches Gutachten über die drei Kembrohungen im Gebiet Oybin-Lückendorf für die Verbesserung der Wasserversorgung von Zittau.- unveröff. Gutachten, geol. Archiv des LfULG, Freiberg.
- KOZDROJ, W., KRENTZ, O. & OPLETAL, M. (2001): Comments on the Geological map Lausitz – Jizera – Karkonosze (without Cenozoic sediments). Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie/Bereich Boden und Geologie, Freiberg, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa. Český geologický ústav Praha, 64 S., Warschau.
- KRENTZ, O., OPLETAL, M. & KOZDROJ, W. (2000): Geologische Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze (ohne känozoische Sedimente) 1 : 100 000 = Geological Map Lausitz-Jizera-Karkonosze (without Cenozoic sediments) 1:100 000. - 1. Aufl. – M 1:100 000. – Landesvermessungsamt, Dresden.
- KRENTZ, O. (2008): Postvariszische tektonische Entwicklung. – In: Pälchen, W. & H. Walter (eds.): *Geologie von Sachsen – Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte*. – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 472–478, Stuttgart.
- KRENTZ, O. & STANEK, K. (2015): Die Lausitzer Überschiebung zwischen Meißen und Jeschken – neue Aspekte. – Bericht der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz, Band 23, Seite 123–137, Görlitz.
- LAMPRECHT, F. (1928): Schichtenfolge und Oberflächenformen im Winterberg-Gebiete des Elbsandsteingebietes. – Mitt. Verein Erdkunde Dresden: 1–48.
- LAMPRECHT, F. (1934): Die Schichtlagerung des Turons im sächsisch-böhmischen Elbsandsteingebirge. – Ber. math.-phys. Kl. Sächs. Akad. Wiss., 86: 155–186.
- LANGE, J.-M., TONK, C. & WAGNER, G.A. (2008): Apatitspaltspurdaten zur postvariszischen thermotektonischen Entwicklung des sächsischen Grundgebirges - erste Ergebnisse. *Z. dt. Ges. Geowiss.*, 159, 123-132, Stuttgart.
- MISAŘ, Z. (1983): Lugická oblast. – In: Misař, Z., Dudek, A., Havlena, V., Weiss, J. (eds.): *Geologie ČSSR I, Český masív*. 173–198. SPN Prag.
- MLČOCH B., KRENTZ O., NÁDASKAY R., VALEČKA J., MRÁZOVÁ Š., JUNGE R., REINHARDT S. & POHLE M. (2018): Geologische Karte des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens/Geologická mapa sasko-česke křídové panve M 1 : 100.000. – Czech Geological Survey, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg.
- MRÁZOVÁ, S (2020): Einleitung. – in: Mrázová, S., Tomanová Petrová, P. & Krentz, O. (eds.) (2020): *Geologie des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Erzgebirge und Jeschken.- Ergebnisse des EU-Projektes „Wasserressourcenbilanzierung- und resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-böhmischen Grenzraumes (ResiBil)“*. Czech Geological Survey, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg, 103 S., Prag.
- MRÁZOVÁ, Š., NÁDASKAY, R., SIDORINOVÁ, T., SKÁCELOVÁ, Z. & TOMANOVÁ PETROVÁ, P. (2020): Methodik und Ergebnisse der Feldarbeit. – in: Mrázová, S., Tomanová Petrová, P. & Krentz, O. (eds.) (2020): *Geologie des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Erzgebirge und Jeschken.- Ergebnisse des EU-Projektes „Wasserressourcenbilanzierung- und resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-böhmischen Grenzraumes (ResiBil)“*. Czech Geological Survey, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg, 103 S., Prag.
- MRÁZOVÁ, S., TOMANOVÁ PETROVÁ, P. & KRENTZ, O. (EDS.) (2020): *Geologie des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Erzgebirge und Jeschken.- Ergebnisse des EU-Projektes „Wasserressourcenbilanzierung- und resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-böhmischen Grenzraumes (ResiBil)“*. Czech Geological Survey, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg, 103 S., Prag.

- MÜLLER, B. & WÄCHTER, K. (1970): Beiträge zur Tektonik der Elbtalzone unter besonderer Berücksichtigung der Lausitzer Störung. Geodätisch Geophysikalische Veröffentlichungen Reihe III 18: 1–52.
- NÁDASKAY, R. (2020): (Hydro)geologie. - Roll up; Wanderausstellung Projekt ResiBil; <https://www.resibil.sachsen.de/downloads-4111.html>; 28.08.2020, 09:57 Uhr.
- NÁDASKAY, R., VALEČKA, J. & VOIGT, T. (2020a): Sächsisch-Böhmisches Kreidebecken. - in: Mrázová, S., Tomanová Petrová, P. & Krentz, O. (eds.) (2020): Geologie des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Erzgebirge und Jeschken. - Ergebnisse des EU-Projektes „Wasserressourcenbilanzierung- und resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-böhmischen Grenzraumes (ResiBil)“. Czech Geological Survey, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg, 103 S., Prag.
- NÁDASKAY, R., VOIGT, T. & ROMMEL, A. (2020b): Stratigraphisches Schema. - in: Mrázová, S., Tomanová Petrová, P. & Krentz, O. (eds.) (2020): Geologie des Sächsisch-Böhmischen Kreidebeckens zwischen Erzgebirge und Jeschken. - Ergebnisse des EU-Projektes „Wasserressourcenbilanzierung- und resilienzbewertung im Ostteil des sächsisch-böhmischen Grenzraumes (ResiBil)“. Czech Geological Survey, Wasserforschungsinstitut T.G. Masaryk, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg, 103 S., Prag.
- NÁDASKAY, R., MLČOCH, B., VALEČKA, J., SKÁCELOVÁ, Z., HORNA, F., KAROUS, M. & KOŘALKA, S. (2020c): Permian deposits at the Lusatian Fault and within the Elbe Zone: discussion of their formation and subsequent deformation. - Journal of Geosciences, in präp.
- NÁDASKAY, R., VALEČKA, J. & VOIGT, T. (2020d): One basin, threefold lithostratigraphy. Discussion of stratigraphic correlation of the Saxon-Bohemian Cretaceous Basin. - Zeitschr. Dt. Geol. Ges., in präp.
- NIEBUHR, B.; WILMSEN, M. & VOIGT, T. (2020): Die Oberkreide (Cenomanium–Mittelconiacium) im Zittauer Sandsteingebirge (Deutschland, Tschechien). - Z. Dt. Ges. Geowiss., 171(2), S. 163-197, Stuttgart.
- OPLUŠTIL, S. & CLEAL, C. J. (2007): A comparative analysis of some late Carboniferous basins of Variscan Europe. - Geol. Magazine, 144, 417–448.
- OPLUŠTIL, S., SCHMITZ, M. D., KACHLÍK, V. & ŠTAMBERG, S. (2016): Re-assessment of lithostratigraphy, biostratigraphy, and volcanic activity of the Late Paleozoic Intra-Sudetic, Krkonoše Piedmont and Mnichovo Hradiště basins (Czech Republic) based on new U–Pb CA-ID-TIMS ages. Bulletin of Geosciences, 91, s. 399–432.
- PRESCHER, H. (1981): Probleme der Korrelation des Cenomans und Turons in der Sächsischen und Böhmisches Kreide. - Z. geol. Wiss., 9 (4): 367–373.
- RAITHEL, E., STÖCKEL, M., FÖRSTER, W., SCHREYER, A. & MÜHLICH, K. (1995): Geotechnische, geodätische und hydrogeologische Untersuchungen im Raum Zittau-Turow 1994/95. - unveröffentl. Ergebnisbericht, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, 1221 S., Freiberg.
- SEDLÁK, J., GNOJEK, I., ZABADAL, ST., FABRIZ, J., CWOJDZINSKI, ST. & SCHEIBE, R. (2007): Geological interpretation of a gravity low in the central part of the Lugian Unit (Czech Republic, Germany and Poland). - Journal of Geosciences, 52, 181-197, Prag.
- SEDLÁK, J., SKÁCELOVÁ, Z., MLČOCH, B. & KRENTZ, O. (2019): Gravimetricka mapa hraniční oblasti Saska a České republiky/Gravimetrische Übersichtskarte im Grenzgebiet Sachsen–Tschechische Republik M 1 : 100.000. - Miligal s.r.o., Brno; Czech Geological Survey, Prag; Sächsisches Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft, Geologie, Dresden/Freiberg.
- SIEGERT, T. (1895): Geologische Spezialkarte des Königreichs Sachsen – Section Zittau-Oybin-Lausche – Maßstab 1.25000 – Blatt 107; Königliches Finanzministerium Sachsen.
- ŠTAINBRUCH, J., KAROUS M. & JIRKŮ J. (2020): RESIBIL geophysic measurements on the surface and interpretation for the 3D geological model. - unveröffentl. Bericht, Czech Geological Survey, Prag.
- STANDKE, G. (2008): Tertiär. - In: Pälchen, W. & Walter, H. (eds.), Geologie von Sachsen – Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte, 358-419, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- STANEK, K.P. (2013). Junge (känozoische) tektonische Entwicklung der Kristallingebiete in Sachsen Abschlussbericht 25.11.2013. LfULG, Freiberg.
- STANEK, K.P. (2016). Kenntnisstandsanalyse zum tektonischen Bau von Sachsen. Abschlussbericht 18.12.2016. LfULG, Freiberg.

- STANEK, K.P., ADREANI, L., DOMINGUEZ-GONZALEZ, L. & BRÄUTIGAM, B. (2015). Geologisch-geomorphologische 3D-Modellierung der tertiären Einheiten der Lausitz einschließlich Neiße-Zone. Abschlussbericht 20.11.2015. LfULG, Freiberg.
- Stanek, K.P. (2019): Kenntnisstandanalyse zum geotektonischen Strukturbaue und Charakterisierung und Korrelation von Störungen im Sächsisch-Böhmischen Grenzbereich im Rahmen des Interreg VA-Projektes „ResiBil“. - unveröffentl. Abschlussbericht, TU Bergakademie Freiberg, 28 S.
- TIETZ, O., GÄRTNER, A. & BÜCHNER, J. (2011): The monogenetic Sonnenberg Scoria Cone – implication for volcanic development and landscape evolution in the Zittau Mountains (Germany). – Zeitschr. geol. Wiss., 39, H5/6, 311-334, Berlin.
- TRÖGER, K.A. (2008): Kreide-Oberkreide.- in: Pälchen, W. & Walter, H. (eds.), Geologie von Sachsen – Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte, 311-357, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ULRYCH, J., PIVEC, E., LANG, M., BALOGH, K. & KROPÁČEK, V. (1999). Cenozoic intraplate volcanic rock series of the Bohemian Massif: A review. Geolines. 9. 123-129.
- VOIGT, T., FRANKE, J. & FRANKE, S. (2013): Grundlagen für ein geologisch-tektonisches Modell der Kreideablagerungen 709 im Sächsisch-Böhmischen Grenzbereich im Rahmen des Ziel3. – Projektes GRACE. Abschlussbericht.
- VOIGT, T. & TRÖGER, K.-A. (2007a): Elbtal-Gruppe. – In: Niebuhr, B., Hiss, M., Kaplan, U., Tröger, K.-A., Voigt, S., Voigt, T., Wiese, F. & Wilmsen, M. (Hg.): Lithostratigraphie der norddeutschen Oberkreide. – Schriftenr. Dt. Ges. Geowiss., 55: 49–51.
- VOIGT, T. (2009): Die Lausitz- Riesengebirgs- Antiklinalzone als kreidezeitliche Inversionsstruktur: Geologische Hinweise aus den umgebenden Kreidebecken. – Zeitschr. geol. Wiss. 37, 1/2: 15–39.
- VOIGT, T. (2017): Field guidebook 6.-7.06.2017 - Geology of the Zittau Mountains, - unveröffentl. Exkursionsführer im Rahmen des EU-Projektes ResiBil, LfULG, Freiberg/Dresden, 35 S.
- VOIGT, T. (2018): Field guidebook, German part 28.- 29.05.2018 - Geology of the western Elbsandsteingebirge,- unveröffentl. Exkursionsführer im Rahmen des EU-Projektes ResiBil, LfULG, Freiberg/Dresden, 25 S.
- WAGENBRETH, O. (1967): Die Lausitzer Überschiebung und die Geschichte ihrer geologischen Erforschung. Teil II. – Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. 12: 79–368.
- WENGER, E.; BÜCHNER, J.; TIETZ, O. & MRLINA, J. (2017): The polycyclic Lausche Volcano (Lausitz Vol-canic Field) and its message concerning landscape evolution in the Lausitz Mountains (northern Bohemian Massif, Central Europe).- Geomorphology, 292, S. 193-210.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.lfulg.sachsen.de

Autoren:

Ottomar Krentz, Axel Rommel
Abteilung 10
Referat 102 | Grundgebirgskartierung, Geophysik, Geologische Grundlagen
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Halsbrücker Straße 31 a | 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 294 1200
Telefax: +49 3731 294-1099
E-Mail: orkrentz@arcor.de; axel-rommel@web.de; frank.homa@smul.sachsen.de

Fotos:

Autoren

Redaktionsschluss:

13.09.2020

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis:

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de