

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	Bd. 32/2025	S. 69–80	4 Abb., 56 Lit.
------------------------------	---------	-------------	----------	-----------------

Geologisches 3D-Modell der Lausitz – Aufbau eines länderübergreifenden Modells der känozoischen Schichtenfolgen

Geological 3D model of the Lausitz – development of a transnational model of the Cenozoic sequences

SOPHIA RÜTTERS, SASCHA SCHMIDT, DANIEL FRANKE-LASKE, MARLEN KNOBLAUCH-SASSENSCHIEDT & LEONIE GRAFFMANN

1 Ziele des 3D-Modells

Im Zeitraum von 150 Jahren ist im Lausitzer Braunkohlenrevier durch den Bergbau eine Kulturlandschaft entstanden, welche in höchstem Maße menschlicher Steuerung unterliegt. Mit der Verabschiedung des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes (KVBG) rücken unterschiedliche Fragestellungen in den Mittelpunkt. Für den geotechnischen und hydrogeologischen Fokus ist es von elementarer Bedeutung, dass die geologischen Verhältnisse überregional detailliert erkundet und modelliert sind. Diese Modellierung ist bisher nicht erfolgt, was die Notwendigkeit des Vorhabens verdeutlicht. Daher erstellen die Staatlichen Geologischen Dienste Sachsens und Brandenburgs auf der Grundlage neuer und vorhandener Fachinformationen ein länderübergreifendes geologisches 3D-Modell der Lausitz.

Das geologische 3D-Modell wird die gesamten Tagebau- und Alttagebaubereiche der Lausitz sowie die bisher nachrangig betrachteten Zwischenbereiche umfassen (Abb. 1). Mittels des geologischen Strukturmodells werden die Stratigraphie und Lithologie der quartären und tertiären Schichtenfolge der Region hinsichtlich ihrer räumlichen Verbreitung dargestellt. Das so entstehende 3D-Modell bildet die Grundlage für weitere Modellierungen, wie beispielsweise für geotechnische Fragestellungen und oberflächennahe Geothermie und Grundwasserströmungsmodelle für die länderübergreifende Grundwasserbewirtschaftung in Sachsen und Brandenburg.

Darüber hinaus werden die Erfahrungen und die konkreten Arbeitsabläufe bei der Erstellung des 3D-Modells genutzt, um umfassende, landesweite Strukturmodelle zu erstellen.

2 Regionalgeologie

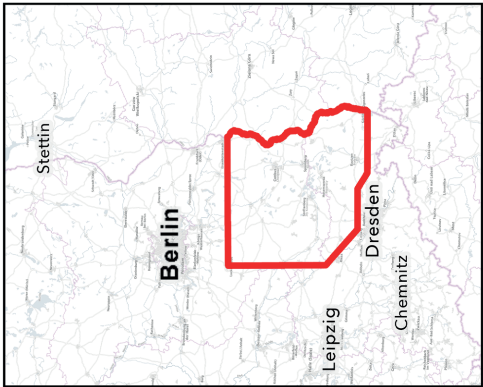
Die Geologie des Untersuchungsgebietes ist gekennzeichnet durch mächtige tertiäre Ablagerungen, welche von quartären Ablagerungen überdeckt und von tiefen quartären Rinnen durchschnitten werden. Die in Teilen mehr als 200 m mächtigen känozoischen Schichten lagern über einer nach Norden abtauchenden prätertiären Festgesteinsoberfläche. Die tertiären Ablagerungen bildeten sich in Folge mehrmaliger Wechsel mariner Trans- und Regressionen, paralischer Vermoorungen und terrestrischer Schüttungen. Im Quartär entstand durch glazigene Prozesse eine flachwellige Becken- und Moränenlandschaft und Ost-West-verlaufende Urstromtäler. Die heutigen Flussauen von Schwarzer Elster, Spree und Neiße entstanden im Weichselspätglazial; Abb. 2).

2.1 Prätertiär

Der prätertiäre Untergrund der Lausitz ist geologisch durch zwei unterschiedlich alte Teilbereiche charakterisiert – das Hebungsgebiet des Saxothuringikums im Südwesten und den Randbereich der Norddeutsch-Polnischen Senke im Nordosten. Die Grenze zwischen beiden Einheiten wird durch die Störungszone des Lausitzer Hauptabbruchs und seiner Verlängerungen als Bestandteil der Mitteldeutschen Hauptabbrüche gebildet. Das Grundgebirge der Lausitz besteht aus Gesteinen, die durch drei Gebirgsbildungsphasen geprägt wurden: Die cadomische, kaledonische und variszische Orogenese. Die ältesten Gesteine der Lausitz, turbiditische Grauwacken, gehören zur Lausitz-Gruppe (LINNEMANN et al. 2003). Vom Zechstein bis zur Kreide bildeten sich, besonders im Bereich der Norddeutsch-Polnischen Senke, Sedimente unter regressiven und transgressiven Verhältnissen, welche unter dominant flach- aber auch vollmarinen und terrestrischen Bedingungen abgelagert wurden. Die marin beeinflussten Schichtenfolgen zeichnen sich durch Sedimentation von Sand, Ton, Mergel und Kalk-

Geologisch-hydrogeologisches
Strukturmodell Lausitz:
Übersicht Modellgebiet

- Untersuchungsgebiet
- Muskauer Faltenbogen ergänzt aus LKT
- glazigen-gestörte Bereiche in Brandenburg
- glazigen-gestörte Bereiche in Sachsen nach LKT
- Profilinie Peitz-Guben



Quellenvermerk: CC BY 4.0: © GeoBasis-DE / BKG (2025) CC BY 4.0; © BKG (2025) dl-de/by-2-0, Datenquellen: https://sgx.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/datenquellen/ datenquellen_topplusopen_23.05.2025.pdf; GeoBasis-DE / LGB, Esri, TomTom, Garmin, FAO, NOAA, USGS; Map data © OpenStreetMap contributors, Microsoft, Facebook, Inc. and its affiliates, Esri Community Maps contributors, Map layer by Esri; LKT 2016; Geomontan im Auftrag des LfULG, Abschlussbericht Erarbeitung digitaler Horizontkarten Tertiär Lausitz 1:50 000, 2016

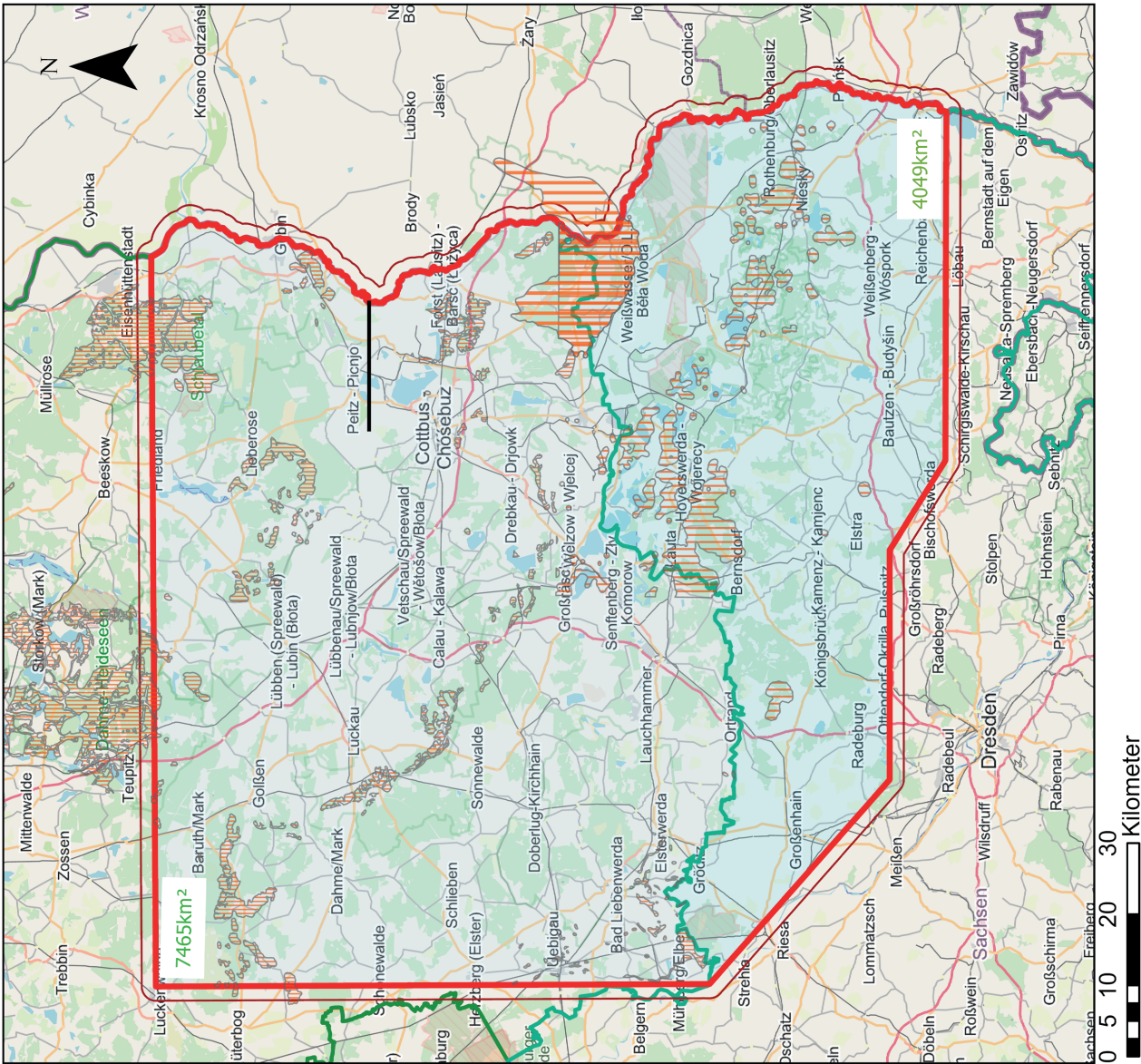


Abb. 1:

Übersicht zur geographischen Lage des 11 514 km² großen Untersuchungs- und Modellgebietes. Die Fläche verteilt sich auf Brandenburg (7 465 km²) und Sachsen (4 049 km²). Im Nordosten verläuft die Profillinie des generalisierten geologischen Profils (Abb. 2). Zentral im Osten liegt der Muskauer Faltenbogen, der anteilig die größte glazitektonisch beeinflusste Struktur im Untersuchungsgebiet darstellt. Die Daten zu den glazigen-gestörten Bereichen entstammen dem geologischen Dienst Brandenburg und der Lithofazieskarte Tertiär Sachsen (LKT; ESCHER et al. 2020).

Fig. 1:

Overview of the geographical location of the 11 514 km² study area. The area is divided between Brandenburg (7 465 km²) and Saxony (4 049 km²). The profile line of the generalized geological section runs to the northeast (Fig. 2). The Muskauer Faltenbogen is located in the central east of the area and is proportionally the largest glacitectionally influenced structure in the study area. The data on the glacially faulted areas are taken from the Brandenburg Geological Survey and the Lithofacies Map Tertiary Sachsen (LKT; ESCHER et al. 2020).

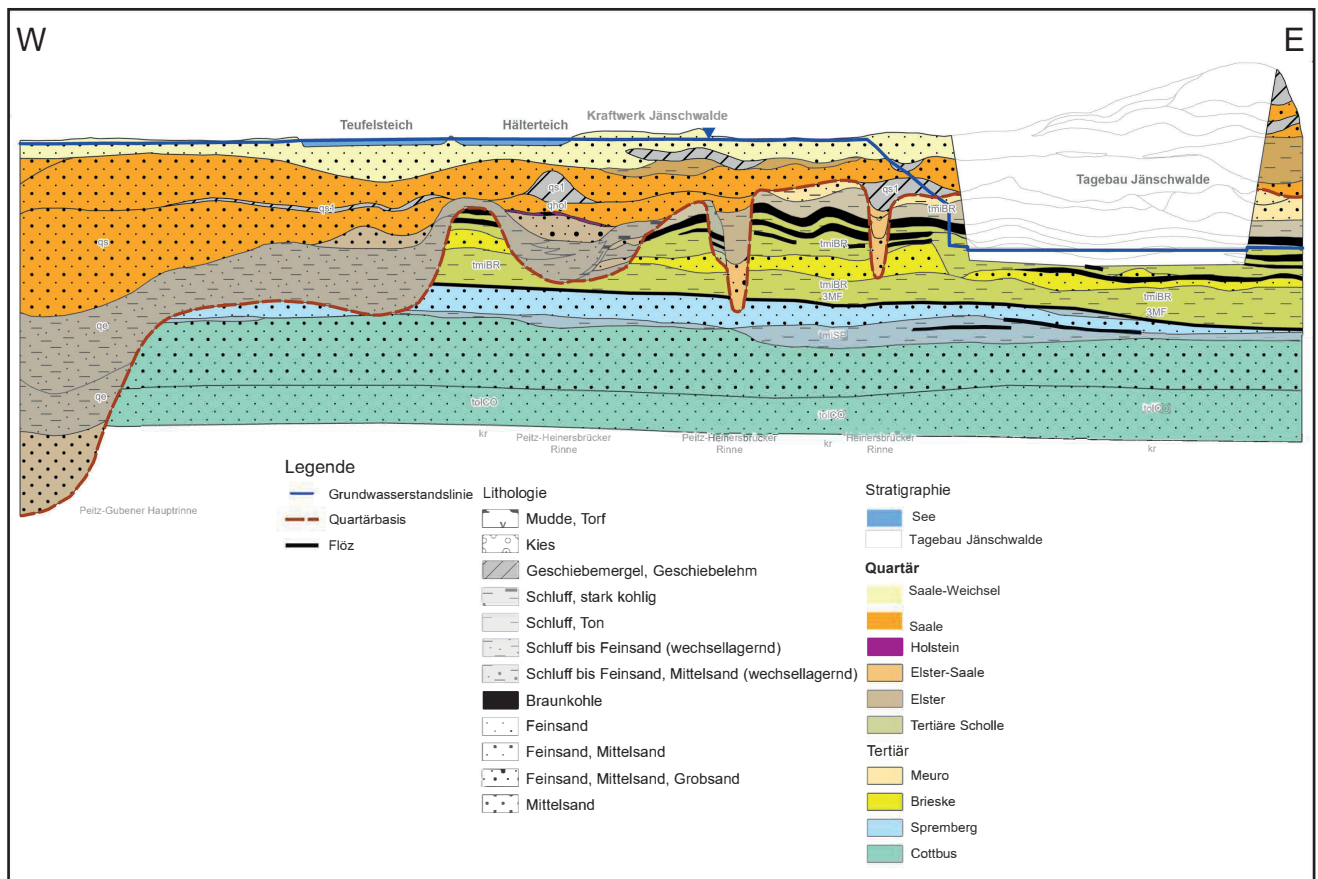


Abb. 2: Der geologische Schnitt zeigt die generalisierte känozoische Schichtenfolge im Modellgebiet einschließlich der bergbaulichen Beeinflussung. Die einzelnen Einheiten sind entsprechend ihrer stratigraphischen Zuordnung und der charakteristischen Lithologien dargestellt. Die wichtigsten Orientierungshorizonte sind die Quartärbasis sowie die Braunkohlenflöze (Bearbeitung basierend auf dem hydrogeologischen Ost-West-Schnitt 5745, Blatt L4152 Peitz/Guben des LBGR).

Fig. 2: The geological section shows the generalized Cenozoic succession within the model area, including the mining influence. The individual units are shown according to their stratigraphic classification and characteristic lithologies. The most important orientation horizons are the Quaternary base and the lignite seams (Processing based on the hydrogeological east-west section 5745, sheet L4152 Peitz/Guben of the LBGR).

stein aus, die stellenweise in evaporitische Ablagerungen übergehen. Im Gegensatz dazu sind in den kontinentalen Schichtfolgen klastische Sedimente, wie der Buntsandstein, sowie Paläoböden, insbesondere im Keuper, erhalten. Detaillierte Studien zu diesem präkänozoischen Grundgebirge sind in den Arbeiten von GÖTHEL & ELICKI (1996), GÖTHEL (2001) sowie KRENTZ et al. (2010) zu finden.

2.2 Tertiär

Die Tertiärsedimente der Lausitz wurden am Südrand der Nordwesteuropäischen Tertiärsenke abgelagert (VINKEN 1988). Diese Region war von der „Paläo-Nordsee“ beeinflusst, wobei die Dynamik von eustatischen und klimatisch bedingten Meeresspiegelschwankungen eine zentrale Rolle bei der Sedimentation spielte (Abb. 3; STANDKE et al. 2002; STANDKE 2006, 2010). In N–S gerichteten transgressiven Phasen kam es zur Ablagerung mariner Sedimente, während in regressiven Phasen terrestrische Sedimente aus dem Süden eingetragen wurden. Entlang des Küstensaums bildeten sich Küstenmoore, die zur Bildung der Lausitzer Braunkohlenflöze führten. Die Torfbildung fand sowohl während transgressiver [3. Miozäner Flözkomplex (MFK); STANDKE 2006] als auch regressiver Phasen (1., 2. und 4. MFK; GEISSLER et al. 1987) statt.

In der flachen Küstenebene zeigen sich diese Meeresspiegelschwankungen durch ausgeprägte räumliche und zeitliche Fazieswechsel. Bereits geringe relative Meeresspiegelanstiege führten zu weiträumigen Überflutungen. Die beobachteten Transgressions- und Regressionszyklen lassen sich im Rahmen der Sequenzstratigraphie den globalen eustatischen Meeresspiegelschwankungen nach HAQ et al. (1987), HAQ, HARDENBOL & VAIL (1988) sowie HARDENBOL et al. (1998) zuordnen (vgl. Abb. 3).

Die Ursachen der Meeresspiegelschwankungen sind neben großräumigen geodynamischen Prozessen, wie der alpidischen Orogenese und der Öffnung des Nordatlantiks (SEIFERT et al. 1989), auch intrakontinentale tektonische Bewegungen, wie relative Vertikalbewegungen von Blockeinheiten im Bereich des Saxothuringikums (BRAUSE 1990). Des Weiteren spielen klimatische Extremphasen, insbesondere die Auswirkungen von Inlandvereisungen im Raum Nordeuropas ab dem Miozän, eine entscheidende Rolle (LUDWIG 2015).

Die in Südostbrandenburg und Nordostsachsen nachgewiesenen Sedimentabfolgen lassen sich gemäß STANDKE (2010) sequenzstratigraphischen Zyklen zuweisen. Diese hochauflösenden Sequenzen (Zyklen bis 3. Ordnung) bieten eine Grundlage für die detaillierte Rekonstruktion der regionalen Ablagerungsverhältnisse im Bearbeitungsgebiet (vgl. Abb. 3).

Die Ablagerungen der Lausitz reichen von etwa 28 Ma (Rupel) bis 4–5 Ma (Unterpliozän). Die Ablagerungen des Paläozän bis Unteroligozän fehlen im Bearbeitungsgebiet der

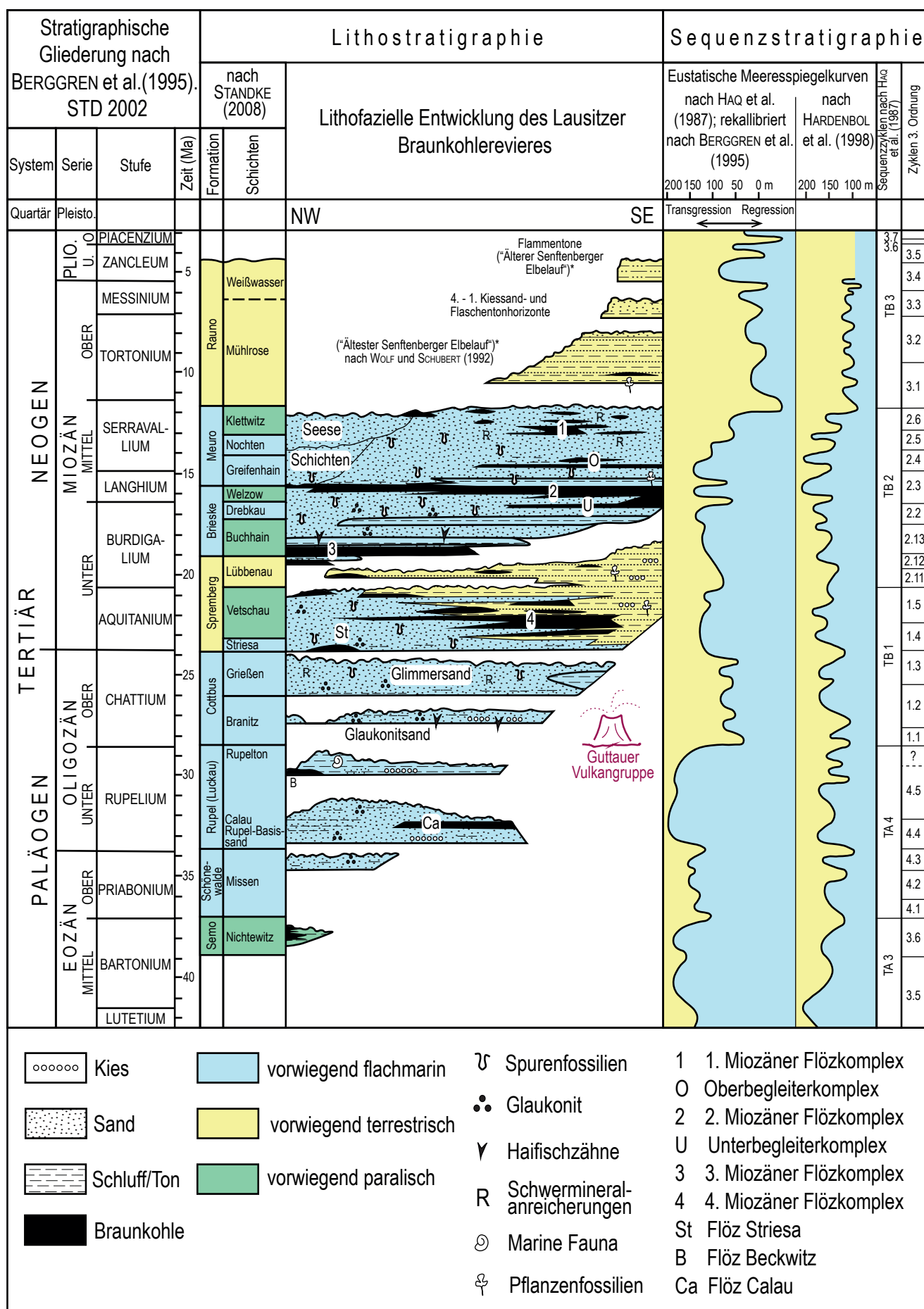
Lithofazieskarte Tertiär (LKT) 1:50 000, wo die Tertiärabfolge mit den marinen Sanden der Cottbus-Formation beginnt (ESCHER et al. 2020). Der bedeutendste Teil der Tertiärsedimente in der Lausitz wird durch die miozänen Schichtenfolgen geprägt. Sie bestehen aus einem Wechsel von marin-brackischen Sanden, Schluffen und Tonen, terrestrischen hellen Tonen und Sanden sowie wiederholten Kohlebildungen (1. bis 4. MFK), was den Einfluss der Meeresspiegelschwankungen reflektiert (STANDKE 2010). Der 2. MFK stellt in der gesamten Lausitz das wichtigste lagerstättenbildende Hauptflöz dar. In den jüngeren, obermiozänen bis pliozänen Ablagerungen wurden zudem tertiäre Schotter ehemaliger Elbeläufe nachgewiesen, darunter die Raunoer Kiessande des „Ältesten Senftenberger Elbelaufs“ und die Kiese der Schichten von Weißwasser, die dem „Älteren Senftenberger Elbelauf“ zugeordnet werden (WOLF & SCHUBERT 1992; WOLF & ALEXOWSKY 2008). Die Tertiärsedimente sind im nördlichen Teil des Modellgebietes weit verbreitet, während der südliche Teil der Oberlausitz von kleineren, oft isoliert vorkommenden Tertiärvorkommen, den sogenannten „Randbecken“, geprägt ist. Diese stellen Erosionsrelikte dar, die von südlichen Ausläufern des ursprünglich flächendeckend vorhandenen Tertiärs übriggeblieben sind. Darin finden sich oberflächennah Braunkohlenflöze, meist dem 2. MFK und seinen Äquivalenten zugeordnet, sowie Tone, Sande und Kaoline (STANDKE & STRAUSS 1991; STANDKE 1998, 2006, 2008). Eine geologische Besonderheit bildet die Guttauer Vulkangruppe im Süden des Bearbeitungsgebietes (Region Großdubrau), die drei Maare und mindestens vier Schlotkegel umfasst (BÜCHNER, SUHR & TIETZ 2017). Ihre aktive Phase konzentrierte sich laut SUHR (2003) und PFEIFFER & SUHR (2008) vorwiegend auf das Oligozän, ist jedoch auch im Miozän nachweisbar (vgl. ESCHER et al. 2020).

Abb. 3:

Lithostratigraphisches Korrelationsschema (nach STANDKE 2010) und sequenzstratigraphische Gliederung (nach HAQ et al. 1987 und HARDENBOL et al. 1998) des Lausitzer Tertiärs mit stratigraphischer Abgrenzung der geologischen Einheiten nach ESCHER (2020). Die stratigraphische Gliederung des Tertiärs erfolgte nach BERGGREN et al. (1995) und der Stratigraphischen Tabelle Deutschland (STD 2002).

Fig. 3:

Lithostratigraphic correlation scheme (after STANDKE 2010) and sequence-stratigraphic organization (after HAQ et al. 1987 and HARDENBOL et al. 1998) of the Lusatian Tertiary with stratigraphic delimitation of the geological units after ESCHER (2020). The stratigraphic classification of the Tertiary was based on BERGGREN et al. (1995) and the Stratigraphic table for Germany (STD 2002).



2.3 Quartär

In Südbrandenburg sind die quartären Ablagerungen weit verbreitet und von einer komplexen, glazigen geprägten Schichtenfolge beeinflusst. Das Basisrelief steigt von Nord nach Süd an und zeigt Inselhochlagen sowie markante Rinnenstrukturen (CEPEK 1967; KUPETZ et al. 1989). In den Hochlagen sind tertiäre Schichten bis über +130 m NHN erhalten, während in den tiefen Rinnen die Quartärbasis unter -150 m NHN fällt und teils den prätertiären Untergrund erreicht (HANNEMANN & RADTKE 1961). Das Fehlen von Ablagerungen aus der frühen Elster-Kaltzeit deutet auf tiefenwirksame Erosion und flächenhafte Abtragungen hin (LIPPSTREU 1995; KÜHNER 1991; KUPETZ 1997). Südlich der Linie Luckau-Cottbus-Guben existieren schmale Rinnenstrukturen mit variierenden Füllungen aus Schmelzwassersanden, Kiesen und Moränenmaterial (NOWEL 1983; KUPETZ et al. 1989). In den Hochlagen sind in Südbrandenburg prätertiäre Sedimente nur als Relikte erhalten (GRAHMANN 1933; WOLF 1980). Während der Elster-Kaltzeit war Brandenburg vom skandinavischen Inlandeis bedeckt, das die Landschaft stark umgestaltete. In der Oberlausitz sind zwei elsterzeitliche Geschiebemergel bekannt (PRÄGER 1976; SCHUBERT 1977). Diese treten hauptsächlich als deckenförmige Grundmoränenreste auf, die in Mächtigkeiten von bis zu 12 m vorkommen können (LIPPSTREU 1995). Die Geschiebemergel weisen häufig kohlige Partikel sowie Schlieren aus Ablagerungen der Rauno-Formation auf. Der Kleingeschiebebestand wird von Quarz und Nordischem Kristallin dominiert (KÜHNER 2000).

Während der Abschmelzphase des Elster-Eises bildete sich die Landschaft Südbrandenburgs mit ausgedehnten Seen in glazialen Rinnen und Becken heraus, die von markanten Hochflächen begrenzt werden. Ablagerungen der Holstein-Warmzeit wurden nur vereinzelt nachgewiesen, darunter in Bohrungen rund um die Kohlefelder Jänschwalde (KÜHNER et al. 2008) und Cottbus-Nord sowie westlich davon im Bereich des Lausitzer Grenzwalls und des Lausitzer Tals (vgl. Beitrag STRAHL dieser Band). Die in den ehemaligen Tagebauen Jänschwalde und Cottbus-Nord vorgefundenen Ablagerungen umfassen organogene Schluff- und Tonhorizonte, die in den fluviatilen Komplex des Spree-Neiße-Schwemmfächers eingebettet sind. In der Bohrung CoN 1504/71 wurde eine Pollenflora beobachtet, die auf eine flache, verzweigte Flusslandschaft hindeutet (ERD 1994). Vergleichbare Ergebnisse liegen aus der Jänschwalder Rinne vor. Hier wurde eine fluviatile Feinsandserie gefunden, die Schlufflagen und Wurzelhorizonte führt. Laut den pollenanalytischen Befunden (STRAHL 2023) datiert der älteste organogene Horizont in die frühe Holstein-Warmzeit. Nach einem das warmzeitliche Klimaoptimum umfassenden Hiatus setzte sich die Akkumulation erst in der späten Holstein-Warmzeit fort. Sie dauerte während des an sie anschließenden, anfangs durch subarktische Klimaverhältnisse geprägten Unter-Saale bis zum Beginn des Drenthe-Stadiums an (KREBETSCHKE, DEGERING & ALEXOWSKY 2008; STRAHL 2023). Derzeit

werden an diesem Vorkommen weitere Altersmessungen mittels IR-RF-Methode und schwermineralanalytische Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse gesondert publiziert werden sollen.

Zumindest der um Jänschwalde nachgewiesene Fluvial-Komplex korreliert mit dem Tranitzer Fluvial als lithostratigraphischem Leithorizont des Unter-Saale in der östlichen Niederlausitz (HELLWIG 1975). Das Saale-Frühglazial wird in dieser Region vor allem durch das Tranitzer Fluvial repräsentiert. Es ist der wichtigste lithostratigraphische Leithorizont. HELLWIG (1975) unterteilte die Ablagerungen in zwei Folgen. Die untere Folge besteht überwiegend aus fein- bis mittelkörnigem Material. Die obere Folge enthält mittel- bis grobkörnige Sedimente. Als Hauptlieferant der Schotter der unteren Folge gilt die Spree. Ihre Sedimentfracht wurde jedoch stark verdünnt und durchmischt. Ursache war die Einschüttung der Lausitzer Neiße (KÜHNER 2024; KÜHNER et al. 2008). Das Fluvial setzt sich nordwärts mit Ablagerungen im Raum Jänschwalde-Ost bis Schmogrow fort (CEPEK, HELLWIG & NOWEL 1994).

Im Drenthe-Stadium erreichte der erste saalezeitliche Eisvorstoß den Raum Kamenz-Bautzen-Görlitz und das Eis überdeckte die Schotterflächen des Unter-Saale. In der nördlichen Lausitz sind Staubeckensedimente und Schmelzwasserschotter dokumentiert (LIPPSTREU, HERMSDORF & SONNTAG 1995). Die Drenthe-Moräne ist durch eine schluffige Grundmasse mit wenigen großen Steinen gekennzeichnet und weist im Jänschwalder Raum ein für die Drenthe untypisches ostbaltisch geprägtes Geschiebeinventar auf (LIPPSTREU et al. 1994). Der Gletscher des Warthe-Stadiums erreichte in seiner größten Ausdehnung den Niederlausitzer Grenzwall. Dort markieren zwei hintereinander liegende markante (Stauch-)Endmoränenstufen die jeweiligen Stillstände (NOWEL 1986; GREULICH 1989; KÜHNER 2024). In diesem Bereich wurden großflächig warthezeitliche Geschiebemergel abgelagert, welche die topologische Basis für die Entstehung kleinerer Restseen und Toteislöcher waren, die den Ablagerungsraum unter anderem für die Eem-Vorkommen der Region bildeten (KÜHNER 2024). Für Südbrandenburg dokumentierten HERMSDORF & STRAHL (2008) rund 100 Eem-Vorkommen, 50 davon palynologisch gesichert. Detaillierte Studien erfolgten an Tagebauaufschlüssen, darunter die klassischen Vorkommen bei Klinge (STRIEGLER, R. 2007) sowie in Welzow-Süd (KÜHNER & STRAHL 2008), Cottbus-Nord und Jänschwalde (KÜHNER 2020, 2023), darunter auch die ältesten Belege für menschliche Besiedlung in Brandenburg (AUTORENKOLLEKTIV 2016). Eine detaillierte Beschreibung der quartären Schichtenfolge in Brandenburg kann KÜHNER (2024) entnommen werden.

Nach dem Ende der Eem-Warmzeit wechselten stadiale und interstadiale Phasen. Frühglaziale Sedimente des Weichsel wurden vor allem im Lausitzer Urstromtal abgelagert. Dort bildeten sich bis zu 25 m mächtige Sandserien mit Torf- und Muddehorizonten („Obere Talsandfolge“; CEPEK, 1965).

Im Hochglazial erreichte das Brandenburger Stadium vor ca. 30 ± 4 ka seine maximale Ausdehnung bis an den Nordrand von Cottbus. Schmelzwässer schütteten im Baruther Urstromtal bis zu 20 m mächtige Sand- und Kieskörper auf. Diese werden von Ablagerungen des Unteren und Oberen Spreeschwemmfächers überdeckt, letzterer umfasst fast die gesamte Spätglazialabfolge.

Im Raum Reichwalde (Lausitzer Urstromtal) ist die Verfüllung des Rinnen- und Beckensystems durch limnisch-fluviale Ablagerungen charakterisiert. Dieses wurde im späten Weichsel-Hochglazial erosiv stark zergliedert (ULLRICH in FRIEDRICH et al. 2001, VAN DER KROFT, RENNO & ULLRICH 2002; KÜHNER 2024).

3 Geologisches 3D-Modell

Das Modellgebiet (bzw. Untersuchungsgebiet) umfasst eine Fläche von 11 500 km² (7 450 km² Brandenburg und 4 050 km² Sachsen). Die Ost–West Ausdehnung beträgt maximal 121 km und die Nord–Süd Ausdehnung maximal 111 km. Im Osten wird das Modellgebiet vom Lauf der Lausitzer Neiße begrenzt, während die übrigen Modellgrenzen gerade Linienführungen aufweisen (Abb. 2). Im Hauptteil des Modellgebietes bildet die Prätertiär-/Tertiär-Grenze die Basis. Abweichend zum restlichen Gebiet ist im Norden der Rupelton mit Mächtigkeiten größer 20 m verbreitet, innerhalb dieses Verbreitungsgebietes bildet die Unterkante der Rupelton-Formation die Modellbasis. Zudem werden ausgewiesene geologische Sondergebiete aufgrund ihrer kleinräumigen Komplexität zunächst nicht modelliert. Dies betrifft besonders quartäre Störungszonen aber auch den Muskauer Faltenbogen (Abb. 1).

Das geologische 3D-Modell folgt dem primären Ziel einer visuellen und quantitativen Darstellung der geologischen Schichten und Strukturen im Untergrund, durch Integration von geophysikalischen, geologischen und geotechnischen Daten in einem dreidimensionalen Raum. Basierend auf einer zwischen den Staatlichen Geologischen Diensten von Brandenburg und Sachsen abgestimmten Generallegende für das Untersuchungsgebiet, werden die känozoischen Schichten mit stratigraphischen und lithologischen Informationen in dem Modell abgebildet. Zusätzlich weisen die Ablagerungen neben der sich in dem gesamten Ablagerungszeitraum stark verändernden Ablagerungsverhältnisse auch strukturelle Beeinflussungen auf. Diese sind, besonders die tertiären Sedimente betreffend, großräumige Grabensysteme (vgl. Graben von Weißwasser), aber auch damit assoziierte kleinräumigere Störungen. Strukturelemente des Quartärs sind insbesondere glazigene Störungsbereiche. In diesen Zonen wurden die abgelagerten quartären aber auch tertiären Sedimente komplex plastisch sowie spröde deformiert, aufgefaltet und überkippt.

Somit sollte das 3D-Modell auch strukturelle geologische Elemente einbeziehen. Die Modellierung solcher Elemente

erfordert eine detaillierte Analyse von seismischen Daten und geologischen Kartierungen, um die genaue Lage und Ausdehnung dieser Strukturen darzustellen.

3.1 Datenbasis für das 3D-Modell

Die Qualität und Genauigkeit des 3D-Modells hängen stark von den Eingangsdaten ab. Für das Modell der Lausitz wird ein ganzheitlicher Ansatz gewählt, der die folgenden geologischen Basisdaten integriert:

1. Geologische Karten: Topographische und geologische Karten liefern grundlegende Informationen zu Gesteinsarten, Verwerfungen und Störungszonen.
2. Bohrdaten: Daten aus geotechnischen Bohrungen (Bohrkernproben) sind unerlässlich, um die geologische Stratifikation und die Lithologie zu verstehen.
3. Geophysikalische Messungen: Bohrlochgeophysik, Seismik, Geoelektrik und -magnetik und gravimetrische Daten ermöglichen es, die Verbreitung, Teufenlage und Mächtigkeit der Sedimente sowie von tektonischen Strukturen zu erfassen.

Bei den Punktdaten „Bohrungen“ handelt es sich um ein Konsortium aus verschiedenen, historisch bedingt und gewachsenen Datenbanken. Hierbei ist eine Unterteilung in die Bohrdatenbanken der geologischen Dienste (Sachsen: Sächsische Aufschlussdatenbank AufDB; Brandenburg: Geologiedatenbank GeoDaB) und die Bohrdatenbanken der Bergbaubetreiber notwendig. Grund hierfür ist die Verschlüsselung der petrographischen und stratigraphischen Informationen nach dem SEP3-Schlüssel (GeoDaB), UHYDRO (AufDB) und der durch die Bergbaubetreiber weiterentwickelten und regional angepassten DSE-Verschlüsselung nach der Erkundungsmethodik Braunkohle (AUTORENKOLLEKTIV 1985).

Aufgrund der volkswirtschaftlichen Bedeutung und des politischen Willens in der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik wurden hunderttausende Bohrungen zur Rohstoff-erkundung, aber auch der geologischen und hydrogeologischen Kartierung abgeteuft. Bezogen auf das Untersuchungsgebiet stehen über 278 000 Bohrungen aus den verschiedenen Datenbanken für die Modellierung zur Verfügung.

Die absoluten Zahlen aus Abbildung 4 dienen ausschließlich der besseren Übersicht und werden aufgrund von Überschneidungen der einzelnen Datenbanken zuerst abgeglichen, geprüft und homogenisiert. Dabei liegt das Augenmerk auf der unterschiedlichen Verschlüsselung, aber auch der Überlappung zwischen Brandenburg und Sachsen. Eine Wichtung und Qualifizierung werden nachfolgend durch Parameter, wie Bohrrjahr, Bohrzweck, Endteufe sowie Qualität der Stratifizierung und lithologischen Beschreibung vorgenommen. Die Stammdaten der Bohrungen dienen somit der Definition möglicher Rohdaten und spiegeln das maximale Potential an Punktinformationen wider.

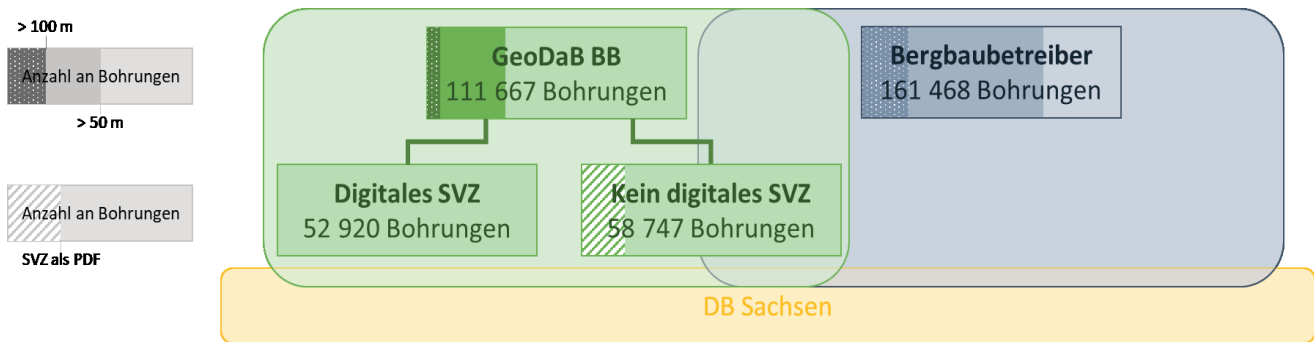


Abb. 4: Darstellung der Verteilung der für die Modellierung zur Verfügung stehenden Bohrdaten am Beispiel der Brandenburger Bohrerdatenbank. Nach dem Dopplungsabgleich und der Datenbereinigung werden die Bohrerdatenbanken aus Sachsen und Brandenburg zusammengeführt und bilden dann einen Datensatz mit etwa 278 000 Bohrungen (SVZ = Schichtenverzeichnis, DB = Datenbank).

Fig. 4: Illustration of the distribution of the well data available for modeling using the example of the Brandenburg drilling database. After the duplication adjustment and data cleansing, the well databases from Saxony and Brandenburg are merged and then form a data set with around 278 000 wells (SVZ = layer index, DB = database).

3.2 Workflow für den Aufbau des hydrogeologischen Strukturmodells

Die nachfolgenden Bearbeitungsschritte verdeutlichen den Workflow, wie er für den Aufbau des hydrogeologischen Strukturmodells angewandt wird. Die Arbeitsschritte 1–8 beginnen dabei zum Teil gleichzeitig:

1. Schaffung der Datengrundlage,
2. Erstellung des Konzeptmodells,
3. Vorarbeiten zur 3D-Modellierung,
4. Codierung der Schichtdaten,
5. 3D-Konstruktion,
6. Plausibilitätsprüfungen,
7. Parametrisierung und
8. Dokumentation.

Die Erstellung eines geologischen 3D-Modells beginnt mit der sorgfältigen Schaffung der Datengrundlagen, die einen präzisen und strukturierten Prozess erfordert. Zunächst erfolgt eine umfassende Datenrecherche bei relevanten Institutionen, wie Geologischen Landes- und Bergämtern, Bergbaubetreibern, Universitäten und Archiven. Ziel dieser Recherche ist es, alle verfügbaren geologischen Daten, wie Bohrprotokolle, geologische Karten und geophysikalische Messdaten, zu identifizieren und die aktuelle Datensituation zu erfassen. Eine Bestandsaufnahme hilft dabei, vorhandene Lücken zu erkennen und den weiteren Bedarf an Datenerhebungen zu ermitteln. Nach der Datensammlung erfolgt eine detaillierte Bewertung der Qualität und Vollständigkeit der gesammelten Informationen. Eine Defizitanalyse deckt eventuelle Datenlücken auf und ermöglicht die Erstellung eines Zwischenberichts, der als Grundlage für die weiteren Schritte dient.

Fehlende Daten, wie Bohrungen oder geophysikalische Messungen, müssen neu erfasst und aufbereitet werden. Dies beinhaltet die Digitalisierung und Harmonisierung

von Kartenmaterial sowie die Berücksichtigung regionaler geologischer Besonderheiten. Die Qualitätssicherung ist dabei von entscheidender Bedeutung, um zu garantieren, dass alle Daten korrekt und konsistent sind, bevor sie in das Modell einfließen.

Mit den aufbereiteten und qualifizierten Daten wird dann das geologische Konzeptmodell erstellt, das die Grundlage für die spätere 3D-Modellierung bildet. Zu Beginn wird ein geologisches Normalprofil erstellt, das die Schichtenfolge und Struktur der geologischen Einheiten darstellt. Ergänzend werden geologische Prinzipschnitte erzeugt, um die Verhältnisse der geologischen Einheiten in verschiedenen Bereichen des Modells zu visualisieren und das geologische Konzept weiter zu verfeinern. Die Vorarbeiten zur 3D-Modellierung sind ebenso entscheidend für eine effiziente und fehlerfreie Modellierung. Zunächst wird der Gesamtumfang des geologischen Strukturmodells definiert, um den benötigten Datenbedarf festzulegen. Eine durchdachte Modellierungsstrategie wird entwickelt, die die Anforderungen des Projekts berücksichtigt und die besten Modellierungstechniken auswählt. Die Auswahl geeigneter 3D-Geomodellier-Software, wie GOCAD, Leapfrog oder Petrel, spielt eine zentrale Rolle, um die Qualität des Modells zu gewährleisten. Dabei wird auch entschieden, ob virtuelle Stützstellen aus benachbarten geologischen Gebieten in das Modell integriert werden sollen. Ein detaillierter Bearbeitungsablauf wird erstellt und die erforderlichen Daten werden in einem strukturierten Format aufbereitet, sodass sie direkt in die Modellierung einfließen können. Im nächsten Schritt erfolgt die Codierung der Schichtdaten. Es wird ein Überführungsschlüssel, das heißt, ein Codierungssystem entwickelt, welches dazu verwendet wird, die einzelnen, heterogenen Schichten eines Bohrloches zu ihren jeweiligen stratigraphischen Schichten eindeutig zuzuordnen. Diese Codierungen werden gründlich verifiziert und gegebenenfalls korrigiert, um sicherzustellen, dass alle Schichtgrenzen korrekt und konsistent kodiert sind.

Zudem wird eine gemeinsame Stützpunkte-Datenbank erstellt, um alle relevanten Stützpunkte zu verwalten und die Konsistenz des Modells zu gewährleisten. Die eigentliche 3D-Konstruktion des geologischen Strukturmodells erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst werden klare Vorgaben für die Konstruktion dreidimensionaler Objekte festgelegt. Dies betrifft insbesondere geologische Strukturen wie Schichtgrenzen, Verwerfungen und Störungszonen. Die geologischen Körper werden dann basierend auf den Schichtdaten und geologischen Parametern dreidimensional abgebildet. Die verschiedenen hydrogeologischen Körper (HGK) werden zu einem Gesamtmodell zusammengeführt, wobei die räumliche und zeitliche Reihenfolge berücksichtigt wird. Zur Überprüfung der Genauigkeit des Modells wird es mit bestehenden Regionalmodellen abgeglichen. Abschließend erfolgt eine umfassende Prüfung, um zu gewährleisten, dass das Modell sowohl intern konsistent als auch mit den realen geologischen Gegebenheiten kompatibel ist. Eine wichtige Phase ist die Durchführung von Plausibilitätsprüfungen des geologischen Strukturmodells. Hierbei wird das Modell mit geologischen Schnitten qualifiziert, um möglichst realistische geologische Verhältnisse widerzuspiegeln. Zudem werden virtuelle Bohrungen in das Modell eingebracht, um die Gültigkeit der geologischen Strukturen und Schichtfolgen zu testen. Abschließend wird das geologische Strukturmodell mit den erforderlichen Parametern belegt. Dies umfasst die Auswahl und Dokumentation der relevanten geologischen Parameter, wie Petrographie, Kf-Werte oder Porosität. Diese Parameter werden auf ihre Plausibilität und Konsistenz kontrolliert, bevor sie den geologischen Körpern zugeordnet und in den 3D-Raum übertragen werden. Durch diese präzise Parametrisierung erhält das Modell die richtigen physikalischen Eigenschaften, die für weitergehende geologische Analysen und Simulationen erforderlich sind.

4 Ausblick

Das geologische Modell der Lausitz bietet zahlreiche Potentiale, die in zukünftigen geowissenschaftlichen Untersuchungen und Planungen eine zentrale Rolle spielen werden. Durch eine vertiefte Analyse und Weiterentwicklung dieses Modells lassen sich wertvolle Erkenntnisse über die geologischen Verhältnisse und Besonderheiten der Region gewinnen, die sowohl für die geologische Forschung als auch für die wirtschaftliche Nutzung von Rohstoffen und die Bewertung von Naturgefahren von großer Bedeutung sind.

Die Integration weiterer überregionaler Daten sowie die Anwendung etablierter Verfahren werden die Erstellung detaillierterer und präziserer Modelle auf Landesebene ermöglichen. Ein solch umfassender Ansatz wird dazu beitragen, die geologische Forschung und Modellierung auf ein neues Niveau zu heben und es ermöglichen, großräumige geologische Prozesse und Strukturen besser zu verstehen und das Wissen darüber nutzbar zu machen.

Zudem besteht die Möglichkeit, die horizontale und vertikale Auflösung des Modells dahingehend anzupassen, um lokale geologische Besonderheiten hochauflösend darzustellen. Hierzu gehören die Strukturen des Muskauer-Faltenbogens sowie die des Spreewaldes.

Nach einer erfolgreichen Modellierung der dreidimensionalen geologischen Strukturen, ist es möglich, ein komplettes numerisches Strömungsmodell anzusetzen, um den regionalen Wasserhaushalt qualitativ und quantitativ zu beschreiben.

Zuletzt müssen die Synergien des Projektes kanalisiert und konserviert werden. Dabei steht eine länderübergreifende Zusammenarbeit in der geologischen Strukturmodellierung und der hydrogeologischen Strömungsmodellierung im Vordergrund. Eine solche (nationale) Arbeitsgemeinschaft dient der Sicherung von Expertise und dem Halten von Fachexperten sowie abgesprochenen und standardisierten Modellierungsrichtlinien.

Zusammenfassung

Im Lausitzer Braunkohlenrevier wurde über 150 Jahre hinweg durch den Bergbau eine von Menschen stark geprägte Kulturlandschaft geschaffen. Mit dem Kohleausstieg rücken hydrogeologische, geotechnische und energiepolitische Fragestellungen in den Fokus und somit die Notwendigkeit einer detaillierten, überregionalen geologischen Modellierung. Die Staatlichen Geologischen Dienste Sachsens und Brandenburgs entwickeln daher ein länderübergreifendes geologisches 3D-Modell der Lausitz. Dieses Modell umfasst sämtliche Tagebau- und Alttagebaubereiche sowie bislang weniger beachtete Zwischenräume und bildet die Grundlage für weiterführende Fragestellungen.

Das geologische 3D-Modell integriert geologische, geophysikalische und geotechnische Daten. Die Modellbasis wird durch die Prätertiär-/Tertiär-Grenze bzw. den Rupelton gebildet. Die Datenbasis umfasst geologische Karten, Bohrdaten aus verschiedenen Datenbanken und geophysikalische Messungen. Insgesamt stehen über 278 000 Bohrungen zur Verfügung, die hinsichtlich Qualität, Zweck und Verschlüsselung homogenisiert und gewichtet werden. Das Modell dient als Grundlage für die Visualisierung und Analyse der geologischen Verhältnisse und unterstützt die nachhaltige Entwicklung der Region.

Summary

Over a period of more than 150 years, lignite mining in the Lausitz mining district has created a cultural landscape that is strongly shaped by human activity. With the coal phase-out hydrogeological, geotechnical and energy-political issues are coming to the fore, highlighting the need

for detailed, cross-regional geological modelling. For this reason, the State Geological Surveys of Saxony and Brandenburg are developing a cross-border geological 3D model of the Lausitz. This model encompasses all current and former mining areas as well as previously less-considered intermediate zones, and serves as the basis for further research questions.

The geological 3D model integrates geological, geophysical, and geotechnical data. The base of the model is defined by the Pre-Tertiary/Tertiary boundary or the Rupel Clay. The data foundation comprises geological maps, borehole data from various databases, and geophysical measurements. In total, more than 278 000 boreholes are available, which are homogenised and weighted according to quality, purpose, and coding. The model provides the basis for the visualisation and analysis of geological conditions and supports the sustainable development of the region.

Literatur

- AUTORENKOLLEKTIV (2016): Das Spätsaale-/Eem-Vorkommen und der mittelpaläolithische Fundplatz Jänschwalde. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **22**, 2/Arbeitsber. Bodendenkmalpfl. Brandenburg **28**, Sonderband 2016, 245 S.
- AUTORENKOLLEKTIV (1985): Erkundungsmethodik Braunkohle. Ministerium für Kohle und Energie, Ministerium für Geologie, Berlin
- BERGGREN, W. A., KENT, D. V., AUBRY, M.-P. & J. HARDENBOL, J. (Hrsg.) (1995): Geochronology, time scales and global stratigraphic correlations. – SEPM Spec. Publ. **54**, S. 129–212
- BRAUSE, H. (1990): Beiträge zur Geodynamik des Saxothuringikums. – Geoprofil **2**, 88 S.
- BÜCHNER, J., SUHR, P. & O. TIETZ (2017): Das Lausitzer Vulkanfeld unter besonderer Berücksichtigung der Guttauer Vulkangruppe. – In: SCHULZE, P.; GERSCHEL, H. & P. SUHR (Hrsg.): Maare, Rohstoffe und Bergbaufolgen in der sächsischen Oberlausitz. – EDGG **258**, S. 89–122, Hannover
- CEPEK, A.-G. (1967): Stand und Probleme der Quartärstratigraphie im Nordteil der DDR. – Ber. dt. Ges. geol. Wiss. **A 12**, 3/4, S. 375–404
- CEPEK, A. G., HELLWIG, D. & W. NOWEL (1994): Zur Gliederung des Saale-Komplexes im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **1**, 1, S. 43–83
- ERD, K. (1994): Palynologische Aussagen zum Holstein- und Saale-Komplex im Gebiet des Tagebaus Jänschwalde. – Brandenburgische Geowiss. Beitr. **1**, 1, S. 36–42
- ESCHER, D., GERSCHEL, H., GEISSLER, M., HARTMANN, A., RASCHER, J., RASCHER, M. et al. (Hrsg.) (2020): Neukartierung der Lithofazies-/Horizontkarten Tertiär i. M. 1 : 50.000 für die sächsische Lausitz (LKT50 Lausitz). – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Freiberg
- FRIEDRICH, M., KNIPPING, M., VAN DER KROFT, P., RENNO, A., SCHMIDT, S., ULLRICH, O. & J. VOLBRECHT (2001): Ein Wald am Ende der letzten Eiszeit. Untersuchungen zur Besiedlungs-, Landschafts- und Vegetationsentwicklung an einem verlandeten See im Tagebau Reichwalde, Niederschlesischer Oberlausitzkreis. – Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege **43**, S. 21–94
- GEISSLER, E., SUHR, P., STANDKE, G., ALEXOWSKY, W., SCHUBERT, G., WOLF, L., KUPETZ, M., RASCHER, J., RUDOLPH, G. & P. REINHARDT (1987): Lagerstättengeologische Forschung Braunkohle – Teilgebiet 2: Geologisches Modell der Lausitz. – 256 S. (286 Blatt), 29 Anl., VEB GFE Freiberg, 29.6.1987 (unveröff.)
- GÖTHEL, M. (2001): Das autochthone und allochthone Paläozoikum des “Görlitzer Schiefergebirges” (Mitteleuropäische Varisziden, Deutschland). – Z. geol. Wis. **29**, 1/2, S. 55–73
- GÖTHEL, M. & O. ELICKI (1996): Das Görlitzer Unterkambrium - eine variszische Duplexstruktur im Görlitzer Synklinorium? – Natur u. Landschaft i. d. Niederlausitz, **17**, S. 99–116
- GRAHMANN, R. (1933): Die Geschichte des Elbtales von Leitmeritz bis zu seinem Eintritt in das Norddeutsche Flachland. – Mitt. Ver. Erdkde. Dresden N.F. (für 1932/33), S. 132–194
- GREULICH, K. (1989): Lagerungsverhältnisse des 2. Miozänen Flözhorizontes im Bereich des Niederlausitzer Grenzwalls im Raum Neupetershain-Spremberg. – Freiburger Forschungsh. **C 434**, S. 59–71
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & P. R. VAIL (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. – Science **235**, 4793, S. 1156–1167
- HAQ, B. U., HARDENBOL, J. & P. R. VAIL (1988): Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. – In: WILGUS, C. K., HASTINGS, B. S., ROSS, C. A., POSAMENTIER, H., VAN WAGONER, J. & C. G. S. C. KENDALL (eds.): Sea-level changes: An integrated approach. – SEPM Special Publication **42**, S. 71–108
- HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M. B., THIERRY, J., GRACIANSKY, P.-C. & P. R. VAIL (1998): Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Ch11. – In: GRACIANSKY, P.-C., HARDENBOL, J., THIERRY, J. & P. R.

- VAIL (1998): Sequence Stratigraphy of European Basins. – SEPM Special Publication **60**, 786 S.
- HANNEMANN, M. & H. RADTKE (1961): Frühglaziale Ausräumungszonen in Südostbrandenburg. – Z. Angew. Geol. **7**, 2, S. 69–74
- HELLWIG, D. (1975): Fluviale Bildungen innerhalb des Saale-Komplexes im Raum Cottbus-Forst. – Z. geol. Wiss., **3**, 8, S. 1077–1090
- HERMSDORF, N. & STRAHL, J. (2008): Karte der Eem-Vorkommen des Landes Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 23–55
- KREBETSCHKE, M. R., DEGERING, D. & W. ALEXOWSKY (2008): Infrarot-Radiofluoreszenz-Alter (IR-RF) der Unteren Saale Mittel- und Ostdeutschlands. – Z. dt. Geowiss. **159**, I, S. 133–140
- KRENTZ, O., LAPP, M., SEIBEL, B. & W. BAHRT (2010): Bruchtektonik. – In: AUTORENKOLLEKTIV (2010): Die geologische Entwicklung der Lausitz. – Vattenfall Europe Mining AG (Hrsg.), S. 137–160, Cottbus
- KÜHNER, R. (1991): Einige Aspekte zu bemerkenswerten Pleistozänaufschlüssen im Tagebau Cottbus-Nord. – Z. geol. Wiss. **19**, 3, S. 317–330
- KÜHNER, R. (2000): Sedimentfolgen und Lagerungsverhältnisse im quartären Deckgebirge des Tagebaus Welzow-Süd. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **7**, S. 59–72
- KÜHNER, R. (2020): Die geologischen Verhältnisse im Tagebau Cottbus-Nord. – Natur u. Landschaft i. d. Niederlausitz **33**, S. 36–66
- KÜHNER, R. (2023): Die geologischen Verhältnisse im Tagebau Jänschwalde. – Natur u. Landschaft i. d. Niederlausitz **34**, S. 68–103
- KÜHNER, R. (2024): Das Quartär in Südbrandenburg – Ausbildung und Schichtenfolge. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **31**, S. 9–18
- KÜHNER, R. & J. STRAHL (2008): Die Eem-Vorkommen am Außenrand der warthestadialen Vereisung im Tagebau Welzow-Süd, Niederlausitz. – Z. Dt. Ges. Geowiss., **159**, 2, S. 191–204
- KUPETZ, M. (1997): Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. – Brandenburg. Geowiss. Beitr., **4**, 2, S. 1–20
- KUPETZ, M., SCHUBERT, G., SEIFERT, A. & L. WOLF (1989): Quartärbasis, pleistozäne Rinnen und Beispiele glazitektonischer Lagerungsstörungen im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – Geoprofil **1**, S. 2–17
- LINNEMANN, U., GERDES, A., DROST, K. & B. BUSCHMANN (2003): The Saxo-Thuringian zone of the Variscan Orogen in central Germany: geochronological constraints. – Geological Society, London, Special Publications **223**, S. 131–156
- LIPPSTREU, L. (1995): Brandenburg. – In: BENDA, L. (Hrsg.): Das Quartär Deutschlands. – S. 116–147, Stuttgart (Borntraeger)
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N., SONNTAG, A. & H. U. THIEKE (1994): Zur Gliederung der quartären Sedimentabfolgen im Niederlausitzer Braunkohlentagebau Jänschwalde und in seinem Umfeld – Ein Beitrag zur Gliederung der Saale-Kaltzeit in Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **1**, 1, S. 15–35
- LIPPSTREU, L., HERMSDORF, N. & A. SONNTAG (1995): Zur Gliederung der quartären Sedimentabfolgen im Niederlausitzer Braunkohlentagebau Greifenhain (LAUBAG) und seinem Umfeld. – Brandenburg. geow. Beitr., **2**, 1, S. 61–67
- LUDWIG, A. O. (2015): Inlandvereisung in Nordeuropa während des Neogens. – Z. Dt. Ges. Geowiss., **166**, 3, S. 297–320
- NOWEL, W. (1983): Die geologische Entwicklung des Bezirkes Cottbus, Teil III/B: Das Quartär (Stratigraphie). – Natur u. Landsch. Bez. Cottbus **5**, S. 3–26
- NOWEL, W. (1986): Zur regionalgeologischen Bedeutung der Ziegeleigrube Leuthen südlich Cottbus. – Natur u. Landsch. Bez. Cottbus **8**, S. 68–72
- PFEIFFER, L. & P. SUHR (2008): Tertiärer Vulkanismus. – In: PÄLCHEN, W. & H. WALTER (Hrsg.): Geologie von Sachsen. – S. 486–494, Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Nägele u. Obermiller)
- PRÄGER, F. (Hrsg.) (1976): Die glazigenen Bildungen im Südosten der DDR und ihre Beziehungen zum angrenzenden periglaziären Gebiet im Norden der CSSR. – Exkursionsf. Tagung GGW in Bautzen 1976, S. 1–47, Berlin
- SCHUBERT, G. (1977): Die Gliederung und Verbreitung elsterkaltzeitlicher Sedimente in der mittleren Lausitz. – Veröff. Mus. Westlausitz **1**, S. 37–50
- SEIFERT, A., ALEXOWSKY, W., BRAUSE, H., GEISSLER, E. & P. SUHR (1989): Zu endogenen-tektonischen Lagerungsstörungen im Niederlausitzer Braunkohlenlagerstättenbezirk. – Freib. Forsch.-H. **C 434**, S. 8–25
- STANDKE, G. (1998): Zur Stratigraphie der Tertiärvorkommen in der nördlichen Oberlausitz. – Veröff. Mus. Westlausitz Kamenz **20**, S. 23–64

STANDKE, G. (2006): Paläogeographisch-fazielle Modellierung des Unter-/Mittelmiozän-Grenzbereichs in der Lausitz (Briesker Folge/Formation). – *Schriftenr. f. Geowiss.* **14**, 130 S.

STANDKE, G. (2008): Tertiär. – In: PÄLCHEN, W. & H. WALTER (Hrsg.): *Geologie von Sachsen*. – S. 358–419, Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Nägele u. Obermiller)

STANDKE, G. (2010): Tertiär: Regionalgeologischer Überblick, Kenntnisstandsentwicklung, Stratigraphie und Schichtenfolge. – In: AUTORENKOLLEKTIV (2010): *Die geologische Entwicklung der Lausitz*. – Vattenfall Europe Mining AG (Hrsg.), S. 41–75, Cottbus

STANDKE, G. & C. STRAUSS (1991): Neue Ergebnisse zur Stratigraphie der Oberlausitzer Braunkohlenlagerstätten. – *Exkursionsf. 38. Jahrestagung GGW*, Oktober 1991, S. 84–89, Berlin

STANDKE, G., RASCHER, J. & N. VOLKMANN (2002): Lowstand Cycles and Coal Formation in Paralic Environments: New Aspects in Sequence Stratigraphy. – In: GUERS, K. (Hrsg.): *Northern European Cenozoic Stratigraphy*. – Proc 8th Bienn. Meet. RCNNS/RCNPS, S. 153–161, Flintbek

STRAHL, J. (2023): Revision der palynostratigraphischen Gliederungen der Holstein-Warmzeit und des Unter Saale Berlin-Brandenburgs. – *Brandenburg. Geowiss. Beitr.* **30**, S. 7–37

STRIEGLER, R. (2007): Die Erforschung der Eem-Vorkommen von Klinge. – *Natur u. Landschaft i. d. Niederlausitz* **24**, S. 53–106

SUHR, P. (2003): The Bohemian Massif as a catchment area for the NW European Tertiary Basin. – *Geolines* **15**, S. 147–159

VAN DER KROFT, P., RENNO, A. & O. ULLRICH (2002): Spätglaziale und holozäne Fluß-, Seen- und Niedermoorentwicklung im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet (Sachsen). – *Greifswalder Geographische Arbeiten* **26**, S. 67–71

VINKEN, R. (Hrsg.) (1988): The Northwest European Tertiary Basin. – *Geol. Jb.* **A100**, S. 1–508

WOLF, L. (1980): Die elster- und präelsterkaltzeitlichen Terrassen der Elbe. – *Z. geol. Wiss.* **8**, 10, S. 1267–1280

WOLF, M. & W. ALEXOWSKY (2008): Tertiäre Schotter in der Lausitz. – *Brandenburg. Geowiss. Beitr.* **15**, 1/2, S. 69–80

WOLF, L. & G. SCHUBERT (1991): Die Niederterrassen der Neiße; ihre Beziehungen zur Oberen Talsandfolge im Bereich des Lausitzer Urstromtals. – *Tagungsmaterial 38. Jahrestagung Ges. Geol. Wiss. DDR*, S. 135–140, Berlin, Freiberg

Anschrift der Autoren:

Sophia Rütters
Marlen Knoblauch-Saßenscheidt
Landesamt für Bergbau, Geologie
und Rohstoffe Brandenburg
Inselstraße 26
03046 Cottbus
sophia.ruetters@lbgr.brandenburg.de

Sascha Schmidt
Daniel Franke-Laske
Leonie Graffmann
Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie
Halsbrücker Str. 31a
09599 Freiberg
Sascha.Schmidt@lfulg.sachsen.de