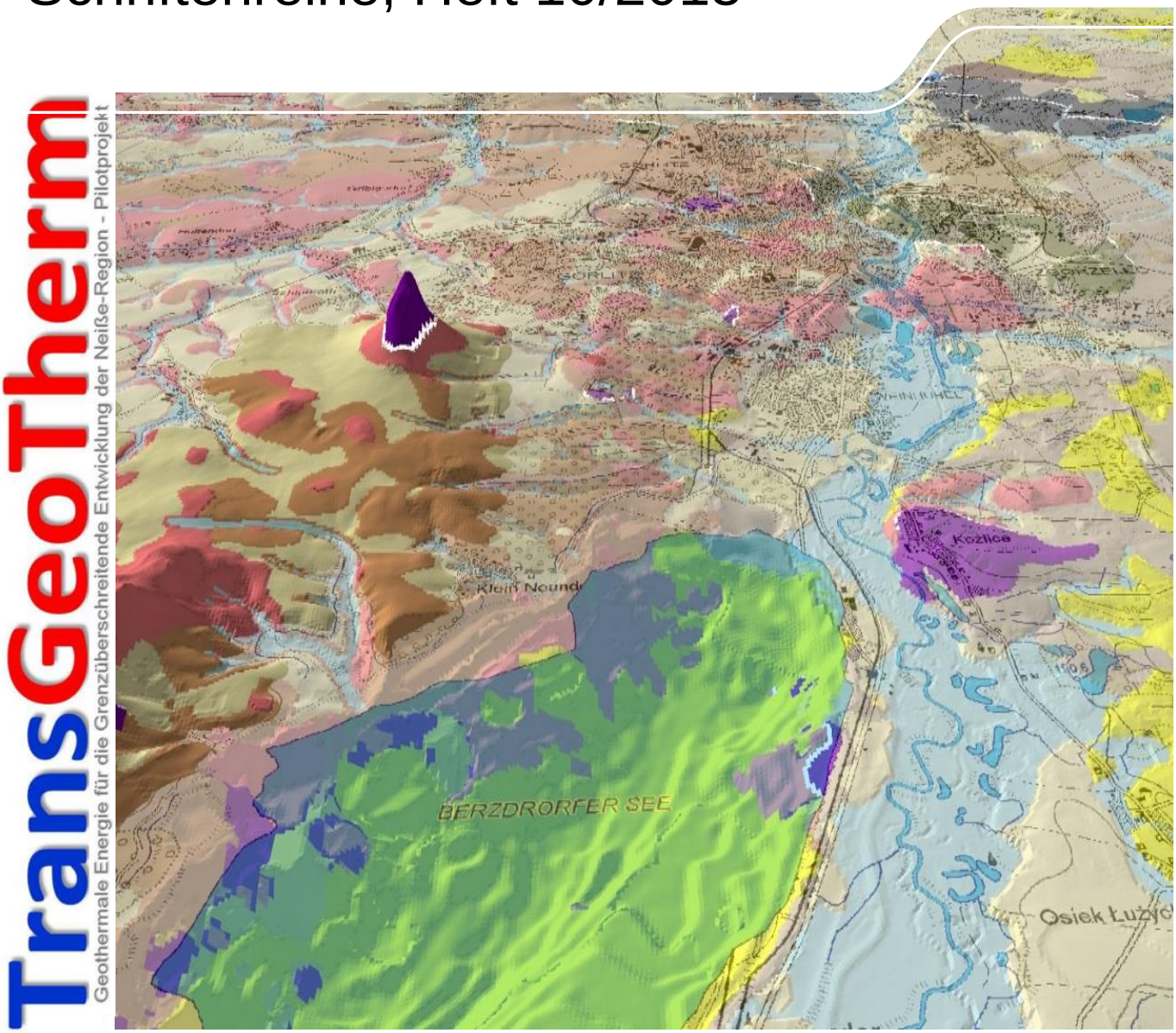
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

Freistaat
SACHSEN

TransGeoTherm – Erdwärme-potenzial in der Neiße-Region

Schriftenreihe, Heft 10/2015



EU-Projekt „TransGeoTherm“
Geothermale Energie für die grenzüber-greifende Entwicklung der Neiße-Region
Pilotprojekt 2012–2014

- Abschlussbericht -

Dr. Ottomar Krentz, Dr. Peter Riedel, Silke Reinhardt, Mario Bretschneider, Karina Hofmann

Unia Europejska. Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego: Inwestujemy w waszą przyszłość/
Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung: Investition in Ihre Zukunft

Inhalt

1 Einleitung 6
2 Zielstellung 6
3 Lage des Projektgebietes 7
4 Geologie des Projektgebietes 8
5 Umsetzung des Projektes 10
5.1 Geologisches Strukturmodell (Normalprofil und geologische Schnitte) 10
5.2 Methodik zur Erstellung geologischer 3D-Modelle als Grundlage geothermischer Karten 11
5.3 Datenvorbereitung für die 3D-Modellierung und die Berechnung der geothermischen Karten 13
5.4 Datenmanagementsysteme 16
5.4.1 ACCESS-Datenbanken 16
5.4.2 ArcGIS-Geodatabase 16
5.4.3 Software GST 17
5.5 3D-Modellierung 17
5.5.1 Erstellung eines 3D-Modells durch geologische Begrenzungsflächen 18
5.5.2 Erstellung eines 3D-Modells durch Interpolation 19
5.6 Berechnung der geothermischen Karten 20
6 Ergebnisse 22
6.1 Eigenschaften der modellierten Einheiten 22
6.2 Geologische Schnitte 23
6.3 3D-Modell 24
6.4 Karte des Grundwasserflurabstandes 25
6.4.1 Bereich mit Grundwasserleiter 26
6.4.2 Bereich ohne Grundwasserleiter 27
6.5 Geothermische Karten 27
6.6 Handbuch zur Erstellung von geothermischen Karten auf der Basis eines grenzübergreifenden 3D-Untergrundmodells 29
6.7 Informationsbroschüre zur Erdwärmenutzung 30
7 Zusammenfassung und Ausblick 32
8 Literatur 33
Anlage: Hydrogeologisches-geothermisches Normalprofil 34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Projektgebietes *TransGeoTherm* 7
Abbildung 2: Übersicht zur Geologie des Projektgebietes TransGeoTherm (ohne känozoische Sedimente) 8
Abbildung 3: a) Lage der Schnittspuren der geologischen Schnitte im Projektgebiet *TransGeoTherm* (ohne die Schnittspuren des Modellgebietes Berzdorf und Radomiezyce)
b) Ausgewählte Schnitte aus dem gesamten Projektgebiet zur Darstellung des Strukturbaus 10
Abbildung 4: Fließschema der Arbeitsschritte (nach LfULG 2012) 12
Abbildung 5: Beispiele von Geologischen Karten, die zur Extraktion von Ausstrichen und Verbreitungen der geologischen Einheiten verwendet wurden 14
Abbildung 6: Lage und Verteilung der im Kartiergebiet codierten Bohrungen 15
Abbildung 7: Kartiergebiet *TransGeoTherm* mit den Pufferbereichen und den Blattschnitten, 1 : 25.000 18
Abbildung 8: Ausschnitt aus dem 3D-Modell mit Darstellung der Störungen im Grundgebirge 19
Abbildung 9: Modellierte Basisflächen der quartären Einheiten Auenkies der Neiße (blau) und Höhere Niederterrasse (braun) mit Lage der zur Modellierung verwendeten Bohrungen 20
Abbildung 10: Schematischer Ablauf zur Berechnung geothermischer Karten 21
Abbildung 11: Erstellter Schnitt 1 des Kartiergebietes *TransGeotherm* 23
Abbildung 12: Mittels Software GoCad erarbeitetes 3D-Detailmodell 24
Abbildung 13: Ablaufschema Erstellung Grundwasserflurabstandsgrid 26
Abbildung 14: Übersicht berechneter geothermischer Kartensätze, *public* und *professional version* 28
Abbildung 15: Beispiel geothermische Karte der Entzugsleistungen – *public version* 28
Abbildung 16: Beispiel geothermische Karte der Gesteinswärmeleitfähigkeiten – *professional version* 28
Abbildung 17: Titelseite des im Projekt *TransGeoTherm* erstellten Handbuches 30
Abbildung 18: Titelseite der im Projekt *TransGeoTherm* erstellten Infobroschüre 31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Datengrundlagen 13
Tabelle 2: Übersicht verfügbarer und verwendeter Schichtdaten 15
Tabelle 3: Gliederung der Gesteinsdurchlässigkeit für Lockergesteine (BGR 1997) 22
Tabelle 4: Beispiele für die Attributierung von Gesteinsschichten polnischer Aufschlüsse mit Petrografieschlüsseln der Aufschlussdatenbank des LfULG 23

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
DEM	digitales Höhenmodell *(digital elevation model)*
E	Ost
EU	Europäische Union
GW	Grundwasser
GWGL	Grundwassergeringleiter
GWL	Grundwasserleiter
HGE	hydrogeologisch-geothermische Einheit
HyE	hydrogeologische Einheit
HyK50	Hydrogeologische Spezialkarte im Maßstab 1 : 50.000
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
N	Nord
NE	Nord-Ost
PL	Polen
PGI	Polnisches Geologisches Institut
S	Süd
SW	Süd-West
SN	Sachsen
W	West

1 Einleitung

In den letzten 20 Jahren rückte die Erdwärme als alternative Energie immer mehr in den Vordergrund. Deshalb verstärkte die Landesverwaltung in Sachsen ihre Aktivitäten zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien und veröffentlichte im Jahr 2009 die erste Geothermiekarte Sachsens im Internet. Seitdem werden kontinuierlich weitere Karten für Gesamtsachsen im Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) erstellt und publiziert.

Angeregt durch den sächsischen Geothermieatlas entwickelte sich beim Polnischen Geologischen Dienst die Idee, die Erfahrungen Sachsens bei der Erstellung geothermischer Karten zu nutzen. Im Herbst 2011 trat der Polnische Geologische Dienst, Sektion Niederschlesien in Wroclaw, an das LfULG heran, um im Rahmen eines gemeinsamen Projektes grenzüberschreitende Geothermiekarten der spezifischen Entzugsleistungen entsprechend der sächsischen Methodik zu erstellen. Daraus entstand das Projekt *TransGeoTherm*, das von der Europäischen Union im Rahmen des operationellen Programms der grenzübergreifenden Zusammenarbeit Sachsen–Polen von 2007 bis 2013 gefördert wurde.

In das 3D-Modell des Projektgebietes *TransGeoTherm* wurden Modelldaten der tertiären Beckenstrukturen Berzdorf und Radomierzyce mit ihren Braunkohleflözen aus Fremdleistungen eingearbeitet.

Die Aufarbeitung dieser Daten ist in diesem Bericht nicht beschrieben. Hier kann auf die entsprechenden Dokumentationen der Firmen G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH und Poltegor zurückgegriffen werden (RAITHEL et. al 2013).

2 Zielstellung

Zum einen sollte die Technologie zur Erstellung geothermischer Karten dem polnischen Partner vermittelt und zum anderen Planungsgrundlagen und Qualitätsstandards für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie in der sächsisch-polnischen Neiße-Region erarbeitet und bereitgestellt werden. Dazu wurde die sächsische Methodik an die regionalen Anforderungen angepasst und weiterentwickelt.

Zielgruppe sind Behörden und Bauherren von Erdwärmeanlagen sowie interessierte Bürger. Weiterhin sollte eine neue Darstellungsmöglichkeit des geothermischen Potenzials im Sinne von gesteinsspezifischen Wärmeleitfähigkeiten für den professionelle Anwender wie Planer oder Bohrfirmen entwickelt werden.

Das Projekt *TransGeoTherm* setzt ein deutlich sichtbares Zeichen für die zunehmende Nutzung des Erdwärmepotenzials in Sachsen und Polen.

3 Lage des Projektgebietes

Das Projektgebiet befindet sich in der polnisch-sächsischen Neiße-Region in der Umgebung von Görlitz und Zgorzelec. In Polen umfasst es den Landkreis Zgorzelec und den westlichen Teil der Landkreise Bolesławiec und Lubań.

Es reicht von der tschechischen Grenze im Raum Zawidow im Süden bis in die Region südlich von Ruszow im Norden. In Sachsen liegt der größte Projektgebietsteil im Landkreis Görlitz und im östlichen Teil des Landkreises Bautzen und erstreckt sich von Ostritz im Süden bis Rothenburg/Lodenau im Norden.

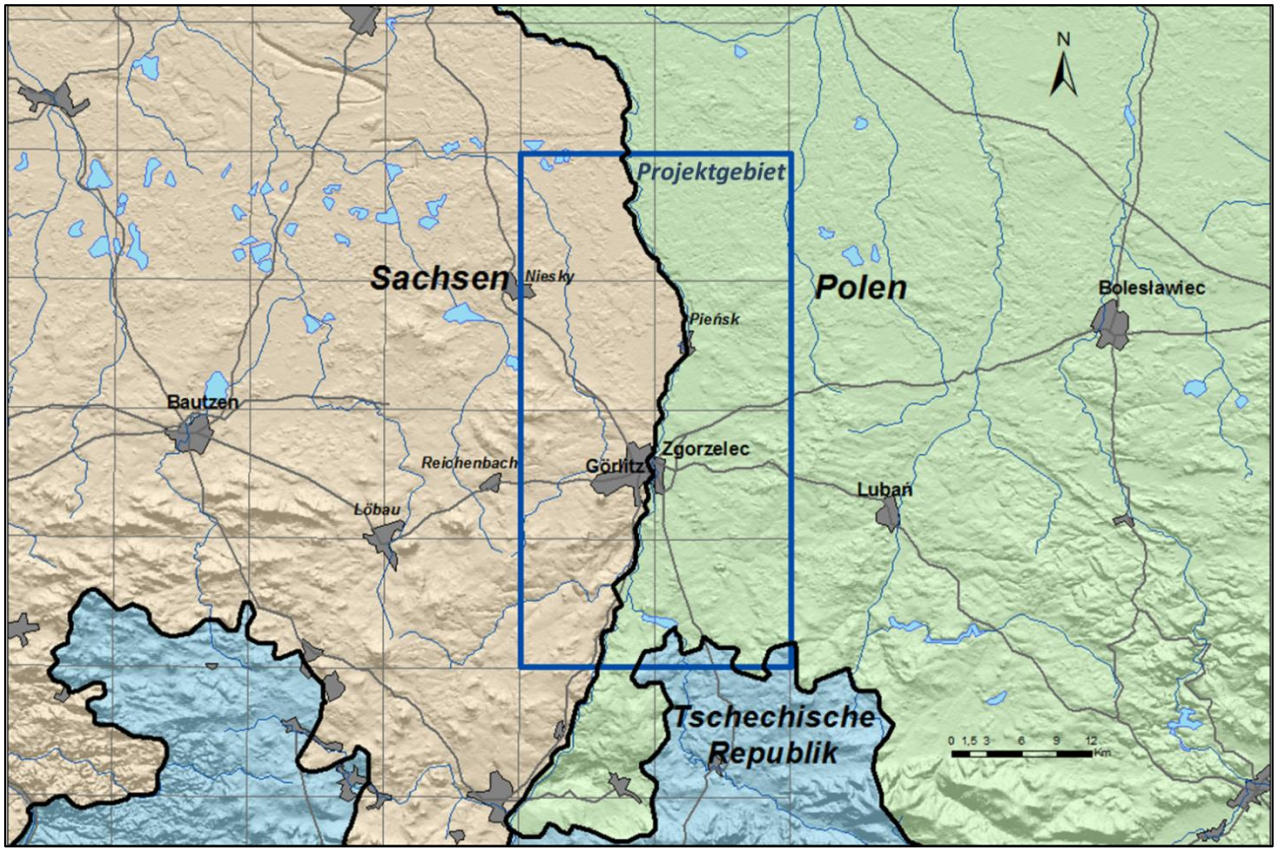


Abbildung 1: Lage des Projektgebietes *TransGeoTherm*

Die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes umfasst auf deutscher und polnischer Seite jeweils vier topografische Messtischblätter im Maßstab 1 : 25.000 und beträgt etwa 650 km^2. Die Neiße als Staatsgrenze teilt das Projektgebiet in zwei annähernd gleichgroße Teile.

4 Geologie des Projektgebietes

Das Projektgebiet ist geologisch sehr heterogen aufgebaut und tektonisch stark beansprucht. Charakteristische geologische Einheiten sind die proterozoischen und paläozoischen Lausitzer Granodioritkomplexe, die paläozoischen Schiefergesteinsserien des Görlitzer Schiefergebirges und die Beckenfüllungen der Kreidezeit aus Sandsteinen und Mergelsteinen (Abbildung 2). Überlagert werden diese Festgesteinseinheiten von mächtigen tertiären Lockersedimentabfolgen und eiszeitlichen Ablagerungen des so genannten Randpleistozäns. Die Gesteine werden örtlich von tertiären Vulkaniten durchschlagen (nach PÄLCHEN et. al 2008).

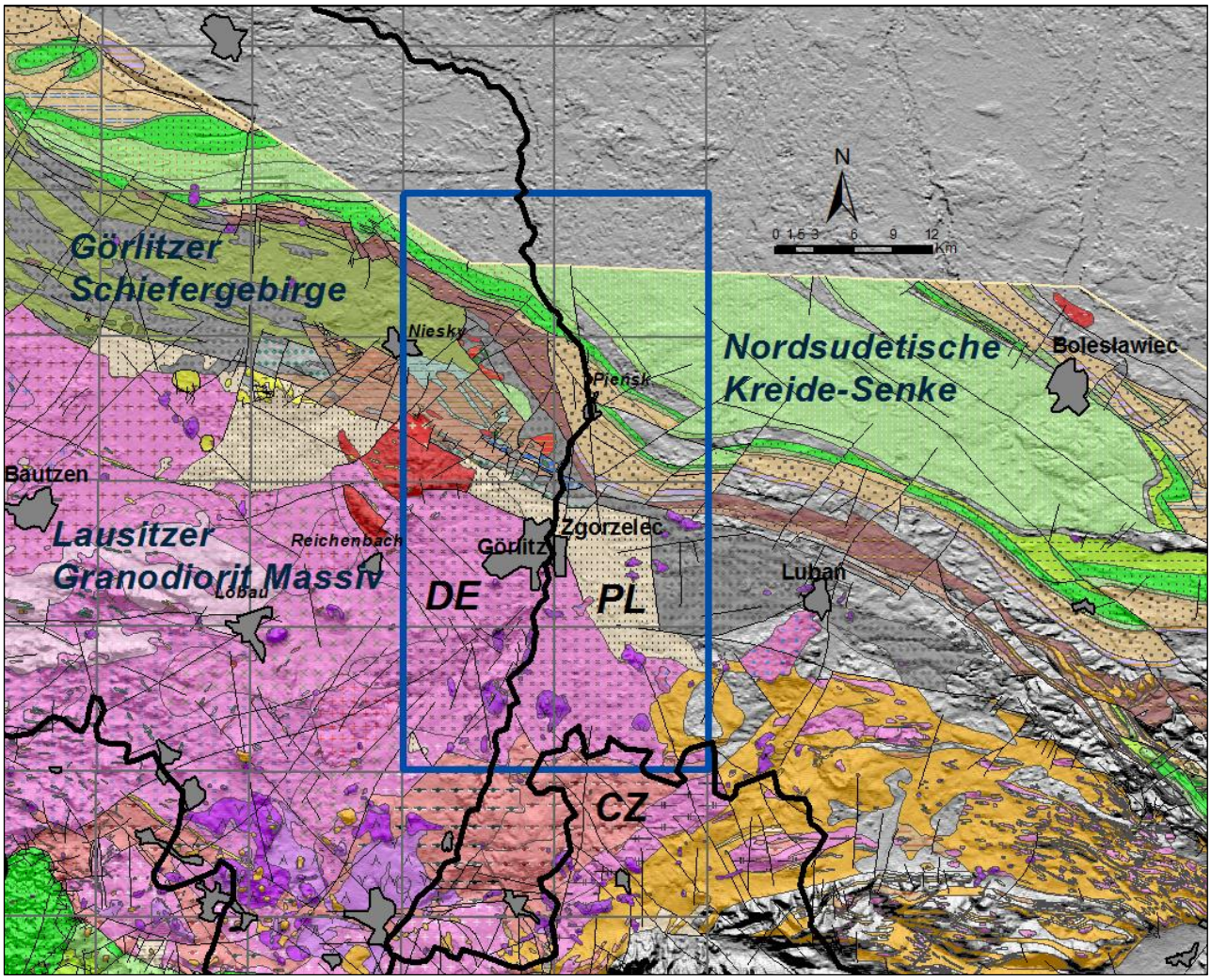


Abbildung 2: Übersicht zur Geologie des Projektgebietes TransGeoTherm (ohne känozoische Sedimente)

Die prätertiären Einheiten zeigen eine deutliche Dreigliederung. Im Südteil des Projektgebietes dominieren die proterozoischen Granodiorite des Lausitzer Granodioritmassivs, die in proterozoische Grauwacken eingedrungen sind. In den Granodioriten sind die variskischen Granite von Königshain eingelagert.

Im zentralen Bereich treten in einer stark gestörten Abfolge altpaläozoische Phyllite, Tonschiefer, Grauwacken, Kieselschiefer, Marmore sowie basische und saure Vulkanite des Görlitzer Schiefergebirges auf. Sie finden nach Osten ihre Fortsetzung im Bober-Katzbach-Gebirge, das als ein prävariskischer Olistostrom-

Komplex angesehen wird. Mächtige Einheiten von unterpermischen Konglomeraten und Sandsteinen schließen sich in Richtung Norden an.

Die Plattformsedimente (im Wesentlichen Evaporite, Sandsteine, Mergelsteine) des Zechsteins, der Trias und der Oberkreide, die den tieferen Untergrund im nördlichen Teil des Projektgebietes charakterisieren, bilden die Beckenfüllung der Nordsudetischen Kreide-Senke.

Tertiäre, braunkohleführende Sedimente (Sande, Kiese, Schluffe) lagern dem Grundgebirge im Nordteil des Projektgebietes flächendeckend mit Mächtigkeiten bis zu 100 m auf und keilen nach Süden hin aus. Lokal sind diese Ablagerungen durch die Gletscherbewegungen der Eiszeit gestaucht und z. T. stark gestört. Während im zentralen Teil des Projektgebietes die tertiären Sedimente nur reliktisch bzw. gar nicht vorhanden sind, erreichen sie im Südteil im Becken von Berzdorf und Radomierzyce wiederum eine Mächtigkeit von 200-250 m. Besonders im südlichen Teil des Projektgebietes treten lokal tertiäre Vulkanite und Laven auf.

Die eiszeitlichen (pleistozänen) Bildungen der Elster-, Saale- und Weichselzeit mit ihren Moränen, See- und Flussablagerungen aus Mergeln, Kiesen, Sanden, Schluffen und Tonen sind im Norden flächenhaft weit verbreitet. Ablagerungen in einzelnen quartären Rinnen erreichen Mächtigkeiten von 50–80 m. Im südlichen Teil des Projektgebietes nimmt die Verbreitung und Mächtigkeit der eiszeitlichen Sedimente ab und wird dort als so genanntes Randpleistozän bezeichnet. Überlagert werden diese Sedimente durch spätweichselzeitliche Aufwehungen von Dünen und Löss oder durch Verwitterungsdecken (Gehängelehm).

Die rezenten warmzeitlichen (holozänen) Sedimente sind vor allem in den jungen Bächen und Flüssen als Auenlehme und -kiese/-sande abgelagert. Die Neiße zeigt die jüngste Entwicklung besonders deutlich.

Tektonisch wird das Projektgebiet durch den NW-SE streichenden Lausitzer Hauptabbruch geprägt, der am nördlichen Rand des Görlitzer Schiefergebirges die mesozoischen Sedimente der Nordsudetischen Kreidesenke um mindestens 1.500 m absenkt. Seine Aktivität reicht bis ins Jungtertiär hinein. Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich der NE-SW streichende, vulkanisch geprägte Egergraben von der Böhmischen Kreidesenke durch das Projektgebiet bis in die Nordsudetische Kreide-Senke erstrecken könnte. Zusammen mit N-S und E-W streichenden Störungen führte das zur Herausbildung der bis zu 300 m tiefen tertiären Becken von Berzdorf-Radomierzyce und Zittau-Turow.

5 Umsetzung des Projektes

5.1 Geologisches Strukturmodell (Normalprofil und geologische Schnitte)

Zur Erarbeitung eines 3D-Strukturmodells ist eine Analyse der geologischen Verhältnisse erforderlich. Dazu wurden geologische Karten und Dokumentationen ausgewertet und alle im Kartiergebiet nachgewiesenen geologischen Einheiten in einem so genannten **Normalprofil** stratigrafisch, d. h. in der Reihenfolge ihres Alters, zusammengestellt und zu insgesamt 75 hydrogeologisch-geothermischen Einheiten (HGE = Modellkörper) mit vergleichbaren Eigenschaften zusammengefasst. Von den im Arbeitsgebiet auftretenden tektonischen Störungen wurde eine Auswahl der geologisch relevanten Elemente getroffen sowie deren Lage, das Einfallen und das Alter festgelegt. Um einen ersten Überblick über die örtlichen Mächtigkeiten und Lagerungsverhältnisse der HGE zu erhalten, wurden Bohrungen entlang festgelegter Schnittspuren ausgewählt, korreliert, interpretiert und zu geologischen Schnitten verarbeitet. Die Lage der **geologischen Schnitte** zeigt die folgende Schnittspurkarte (Abbildung 3a).

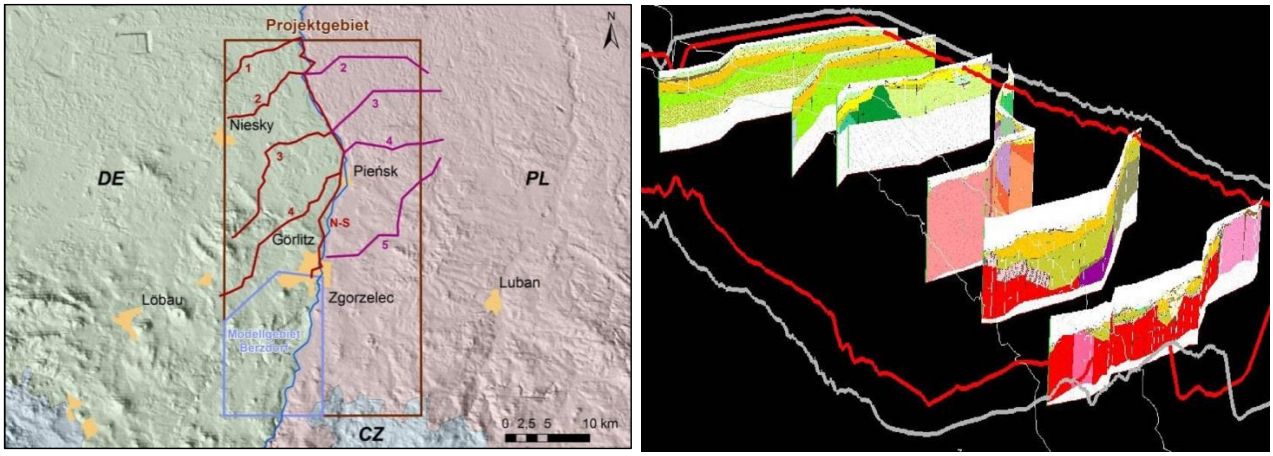


Abbildung 3: a) Lage der Schnittspuren der geologischen Schnitte im Projektgebiet *TransGeoTherm* (ohne die Schnittspuren des Modellgebietes Berzdorf und Radomiezyce)
b) Ausgewählte Schnitte aus dem gesamten Projektgebiet zur Darstellung des Strukturbaus

Das Normalprofil und die geologischen Schnitte bilden zusammen das prinzipielle Strukturmodell für das Kartiergebiet und stellen das Gerüst der 3D-Modellierung dar. Es wurden fünf Südwest-Nordost streichende geologische Schnitte im Maßstab 1 : 25.000 erstellt. Drei Schnitte verlaufen grenzüberschreitend. Die Schnitte sind meist senkrecht zu den geologischen Strukturen des Grundgebirges (Görlitzer Schiefergebirge, Lausitzer Granit- und Grauwackenkomplex) und der nordsudetischen Senke orientiert.

Ergänzend wurde aus modelltechnischen Aspekten ein Nord-Süd streichender Schnitt im Maßstab 1 : 25.000 und einer 5-fachen Überhöhung erarbeitet. Dieser verläuft westlich der Neiße, weil hier zahlreiche tiefe und aussagefähige Bohrungen zur Verfügung stehen. Er wurde vom polnischen und deutschen Projektteam gleichermaßen zur Randanpassung im Grenzgebiet genutzt. Aufgrund der geringeren Überhöhung sind im Schnitt die känozoischen Einheiten Quartär und Tertiär jeweils zusammengefasst dargestellt.

5.2 Methodik zur Erstellung geologischer 3D-Modelle als Grundlage geothermischer Karten

Neben der Erarbeitung des geologischen Strukturmodells wurden alle Aufschlussdaten aktualisiert, codiert und die Verbreitungsgrenzen der einzelnen hydrogeologisch-geothermischen Einheiten festgelegt.

Auf dieser Basis erfolgte die 3D-Modellierung der Modellobjekte (HGE) mithilfe der Software GoCAD, um die Raumlage der Modellkörper festzulegen. Durch die Umwandlung der Geometrien in ein regelmäßiges 25 m-Raster erhält man die Grids der Oberflächen jeder einzelnen HGE.

Über die Zuweisung der Wärmeleitfähigkeiten der Schichtdaten und der Aggregierung zu mittleren Wärmeleitfähigkeiten für jede HGE sowie der Einbeziehung des Grundwasserflurabstandes als Entscheidungskriterium der Wertzuweisung für wassergesättigtes oder trockenes Gestein werden die Karten der Wärmeleitfähigkeit (W/m·K) für 40 m, 70 m, 100 m und 130 m Tiefe berechnet. Weiterhin werden mithilfe einer GIS-Extension Karten der geothermischen Entzugsleistung des Untergrundes in Watt pro Meter (W/m) berechnet. Für die gleichen Tiefenintervalle werden hier jeweils zwei Varianten der Gebäudeklimatisierung angezeigt. Zum einen für den Fall des ausschließlichen Heizens (1.800 Jahresbetriebsstunden einer Wärmepumpe) und zum anderen für den Fall des Heizens und der Warmwasserbereitung (2.400 Jahresbetriebsstunden einer Wärmepumpe).

Die einzelnen Arbeitsschritte sind in der separat erarbeiteten Handlungsanweisung „Handbuch zur Erstellung von geothermischen Karten auf der Basis eines grenzübergreifenden 3D-Untergrundmodells“ (LfULG 2014a) eingehend beschrieben. Dieses Handbuch ist unter http://www.transgeotherm.eu/index.de.html verfügbar.

Abbildung 4 gibt eine Übersicht über den technischen Projektablauf.

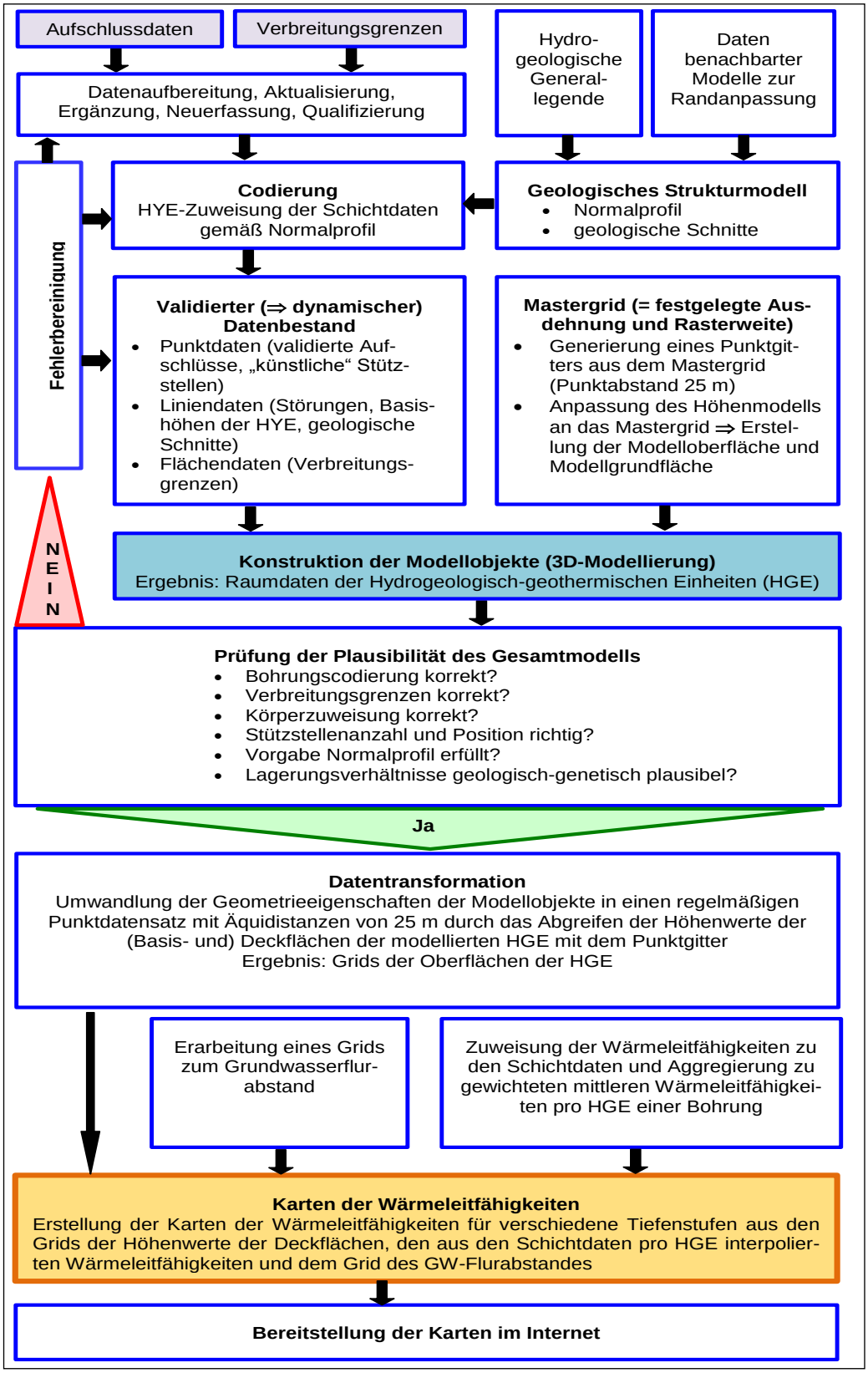


Abbildung 4: Fließschema der Arbeitsschritte (nach LfULG 2012)

5.3 Datenvorbereitung für die 3D-Modellierung und die Berechnung der geothermischen Karten

Für eine 3D-Modellierung und eine anschließende Berechnung von geothermischen Karten werden verschiedene Daten verwendet. Tabelle 1 listet die im Projekt *TransGeoTherm* verwendeten Datengrundlagen auf.

Tabelle 1: Verwendete Datengrundlagen

Datentypgruppe	Datensatz	Herkunft	Verwendung
Fläche Typ grid	Digitales Höhenmodell 2, 10	Vermessungsämter SN und PL	3D-Modellierung, Erstellung des Flurabstandsgrids 25
Fläche Typ grid	Flurabstandsgrid 50	LfULG	Erstellung des Flurabstandsgrids 25
Fläche Typ shape	Verbreitungen	Geologische, lithofazielle und hydrogeologische Karten verschiedener Maßstäbe der Geologischen Dienste SN und PL des Projektgebietes	3D-Modellierung, Berechnung der geothermischen Karten
Linie	Tiefenlinien von geologischen Einheiten	Lithofazieskarte Quartär der Blätter Niesky und Görlitz	3D-Modellierung
Linie	Tiefenlinien von geologischen Einheiten	Digitalisierung durch das Projektteam aus den erstellten geologischen Schnitten	3D-Modellierung
Linie	Störungen	Geologische Karten	3D-Modellierung
Punkt	Schichtdaten von Bohrungen	Aufschlussdatenbanken der Geologischen Dienste SN und PL	3D-Modellierung, Berechnung der geothermischen Karten
Punkt	Stützstellen	Erstellung durch das Projektteam	3D-Modellierung, Berechnung der geothermischen Karten
Punkt	Bohrwasserstände	Aufschlussdatenbank des Geologischen Dienst SN	Erstellung des Flurabstandsgrids 25
Punkt	Mittelwerte gemessener Grundwasserhöhen	Grundwasserdatenbank STYX des LfULG	Erstellung des Flurabstandsgrids 25
Punkt	ALS-Messungen von Gewässerhöhen	LfULG	Erstellung des Flurabstandsgrids 25

Diese Daten wurden vor ihrer Verwendung angepasst, auf Plausibilität und Aktualität geprüft und untereinander harmonisiert. Die Schichtdaten der Bohrungen wurden unter den Aspekten Lage und gleichmäßige Verteilung innerhalb der Verbreitung, Tiefe und Qualität (z. B. der Schichtbeschreibung) ausgewählt. Wichtigste Datengrundlage sind neben den Bohrungsdaten die vorliegenden unterschiedlichen geologischen und hydrogeologischen Karten (Abbildung 5). Im Rahmen des Projektes wurden folgende geologische Kartengrundlagen verwendet:

Deutsches Projektgebiet

- Geol. Karte 1 : 25.000, Blatt 4655 (Rothenburg), 4755 (Horka/Zodel), 4955 (Ostritz)
- Geol. Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen 1 : 50.000, Blatt 2570 (Niesky), Blatt 2670 (Görlitz)
- Lithofazieskarte Quartär 1 : 50.000, Blatt 2570 (Niesky), Blatt 2670 (Görlitz)
- Geol. Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze (ohne känozoische Sedimente) 1 : 100.000

Polnisches Projektgebiet

- Geol. Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze (ohne känozoische Sedimente) 1 : 100.000
- Hydrogeologische Karte 1 : 50.000
- Geol. Karte 1 : 50.000, Blatt Reczyn, Zgorzelec, Luban

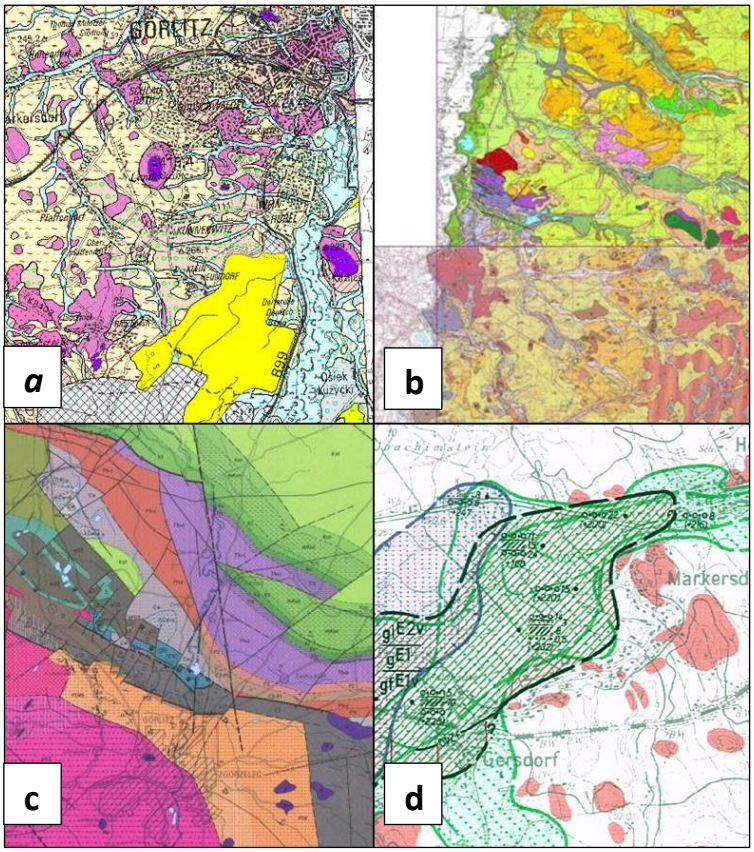


Abbildung 5: Beispiele von Geologischen Karten, die zur Extraktion von Ausstrichen und Verbreitungen der geologischen Einheiten verwendet wurden

a) Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen 1 : 50.000
b) Geologische Karte Blatt Reczyn, Zgorzelec 1 : 50.000
c) Geologische Karte Lausitz-Jizera-Karkonocze (ohne känozoische Sedimente) 1 : 100.000
d) Lithofazieskarte Quartär 1 : 50.000

Zur Erfassung der Tiefenreichweite der einzelnen Körper und als Grundlage für die 3D-Modellierung wurden alle verfügbaren Bohrungen im Projektgebiet einschließlich einer Pufferzone von ca. 2 km bearbeitet. Die Verteilung der Bohrungen erwies sich als sehr inhomogen (Abbildung 6).

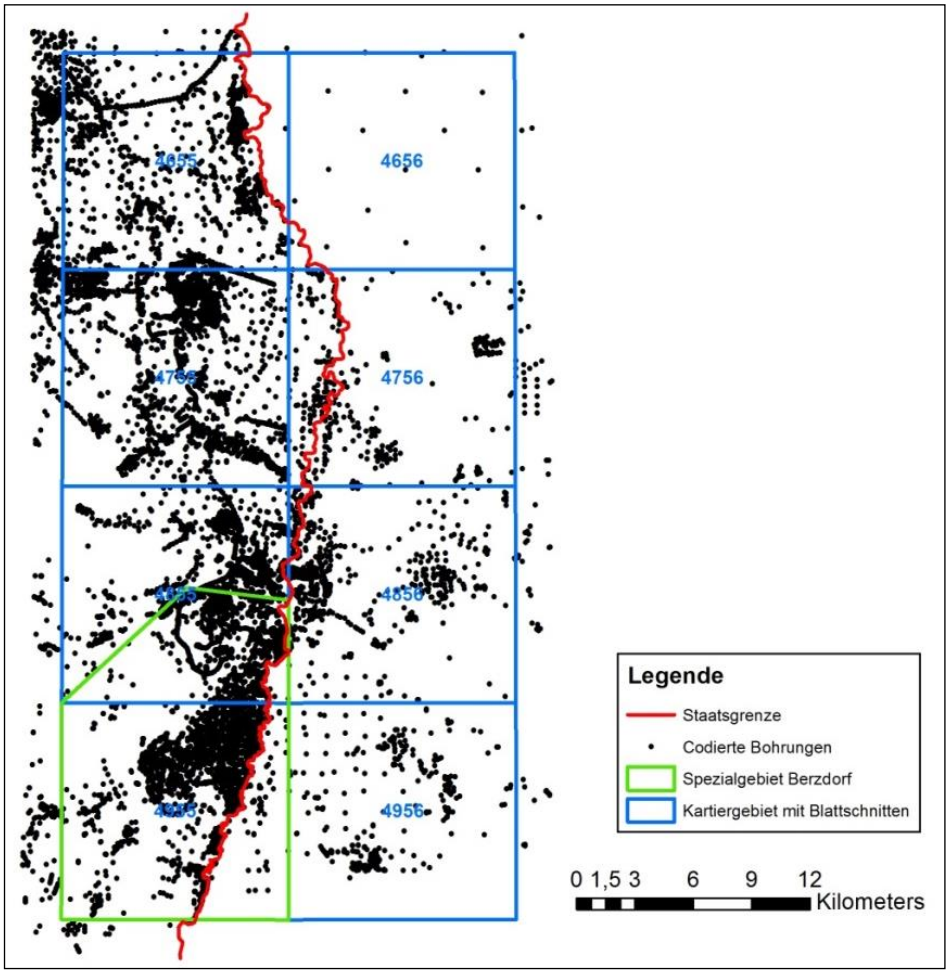


Abbildung 6: Lage und Verteilung der im Kartiergebiet codierten Bohrungen

Für den deutschen Anteil standen ca. 11.500 Bohrungen aus der Aufschlussdatenbank des LfULG zur Verfügung, wobei ca. 11.000 Bohrungen nicht tiefer als 50 m waren. Hinzu kamen ca. 5.000 Bohrungen aus dem Spezialgebiet Berzdorf (RAITHEL et. al 2013). Insgesamt wurden davon ca. 12.000 Bohrungen für die Schichtcodierung des deutschen Anteils verwendet.

Für den polnischen Anteil konnten 1.265 Bohrungen ausgewertet werden. Tabelle 2 zeigt die Anzahl der codierten Schichten der verfügbaren Bohrungen differenziert nach Bearbeitungsgebieten:

Tabelle 2: Übersicht verfügbarer und verwendeter Schichtdaten

Schichtdaten	Anzahl
verfügbare Schichten gesamt	133.551
codierte Schichten	79.559
codierte Schichten Spezialgebiet Berzdorf	32.028
codierte Schichten Sachsen (ohne Berzdorf)	35.061
codierte Schichten Polen (incl. Spezialgebiet Radomierzyce)	12.470

5.4 Datenmanagementsysteme

5.4.1 ACCESS-Datenbanken

Die Bearbeitung der Daten aus den Aufschlussdatenbanken des LfULG und des PGI sowie der Landesgrundwasserdatenbanken erfolgte jeweils in ACCESS-Datenbanken.

Dabei werden für die geologischen Bohrungen zunächst die Stammdaten (Name der Bohrung, Hochwert, Rechtswert, Höhe, Endteufe) und die erbohrten Schichten zusammengestellt. Danach erfolgt die Zuordnung der Schichten zu den einzelnen hydrogeologisch-geothermischen Einheiten (Codierung der Schichten). Die codierten Schichtendaten bilden die Grundlage für die Überprüfung und Aushaltung der Verbreitungsgrenzen der einzelnen HGE, die 3D-Modellierung und die Berechnung der geothermischen Karten.

Für die Ermittlung des Grundwasserflurabstandes werden zunächst die Grundwassermessstellen (Name der Messstelle, Hochwert, Rechtwert, Höhe, mittlerer Grundwasserstand) erfasst und daraus unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse und der bereits vorliegenden Grundwasserflurabstandskarten der Grundwasserflurabstand für das gesamte Projektgebiet im Mastergrid (25 x 25 m) abgeleitet. Der Grundwasserflurabstand hat entscheidenden Einfluss auf die Berechnung der geothermischen Karten.

Die ACCESS-Datenbanken wurden mit den Projektpartnern abgestimmt und anschließend ausgetauscht.

5.4.2 ArcGIS-Geodatabase

Alle Ergebnisse des Projektes wurden in einer ArcGIS-Geodatabase zusammengefasst. Der Vorteil einer ArcGIS-Geodatabase liegt darin, dass sowohl Geometriedaten (z. B. Verbreitungen, Störungen) und Sachdaten (Codes, GW-Stände, Tiefenangaben) als auch Bilddaten (z. B. Topografien, Profile) gemeinsam ArcGIS-gerecht in einer Datenbank abgelegt werden können.

Die *TransGeoTherm*-Geodatabase enthält folgende Daten:

- Verbreitungen der modellierten Einheiten (HGE)
- Schichtdaten der Bohrungen mit sächsischem Petrografie-Schlüssel, codiert mit dem HGE-Code
- Störungslinien
- Profillinien
- virtuelle Bohrungen und Fixpunkte
- Position des Grundwasserstandes als Grid
- Grundwasserflurabstand als Grid
- Naturschutzgebiete
- Trinkwasserschutzgebiete
- Verkürztes Normalprofil (einschließlich: HGE, Name, Beschreibung, Wärmeleitfähigkeit, hydraulische Leitfähigkeit-KF-Wert)
- DEM
- Master-Grid
- Grenze des Projektgebietes und Pufferzonen

- Geothermische Karten für die Tiefen von 40 m, 70 m, 100 m und 130 m als Grid
- Tops der HGE-Körper als Grid
- Topografie
- Modellbasis

Die Ergebnisse des Projektes stehen so als Teildatensätze auch anderen Bearbeitungen zur Verfügung oder können für eine Aktualisierung des Modells verwendet werden.

5.4.3 Software GST

Der Name GST steht für 'Geosciences in Space and Time' der Firma GiGa-infosystems GbR. Die Software enthält verschiedene Komponenten zur Speicherung, Verwaltung und Visualisierung von dreidimensionalen Datensätzen. Große Datenmengen können dabei in relativ kurzer Zeit bearbeitet und bereitgestellt werden.

Im Rahmen des Projektes wurde die Software vor allem für die Darstellung eines geologischen 3D-Übersichtsmodells des Projektgebietes im Internet eingesetzt. Der Vorteil dabei ist, dass eine vereinfachte Geologie räumlich dargestellt wird, die ohne den Einsatz spezieller Software von Seiten des Nutzers betrachtet werden kann.

5.5 3D-Modellierung

Modelliert werden hydrogeologisch-geothermische Einheiten (HGE) entsprechend dem Normalprofil. Diese sind geometrisch durch ihre Deck- und Basisfläche oder eine Fläche und die Mächtigkeit in ihrer Verbreitung definiert. Mehrere lückenlos sich überlagernde und aneinander grenzende HGE mit gemeinsamer Seitenbegrenzung bilden das 3D-Modell, das zur Berechnung der geothermischen Karten verwendet wird.

Um einen eindeutigen Bezug zwischen einzelnen Bearbeitungsgebieten herzustellen, wird ein „Mastergrid" mit einem Raster von 25 x 25 m erzeugt. Dabei trägt der Mittelpunkt der Rasterzelle den Wert. Die obere horizontale Begrenzung des Modells wurde aus dem DGM 2 abgeleitet, bei dem die anthropogene Infrastruktur (z. B. Gebäude, Dämme, Straßen, Brücken) eliminiert wurde (HGN/HGC, 2008).

Um eine saubere Randanpassung sowohl unterschiedlicher Kartierungsgebiete innerhalb des Projektgebietes („innerer" Puffer) als auch außerhalb des Projektgebietes („äußerer" Puffer) zu gewährleisten, wurden jeweils eine 2 km breite Pufferzone an den Grenzen mit bearbeitet (Abbildung 7).

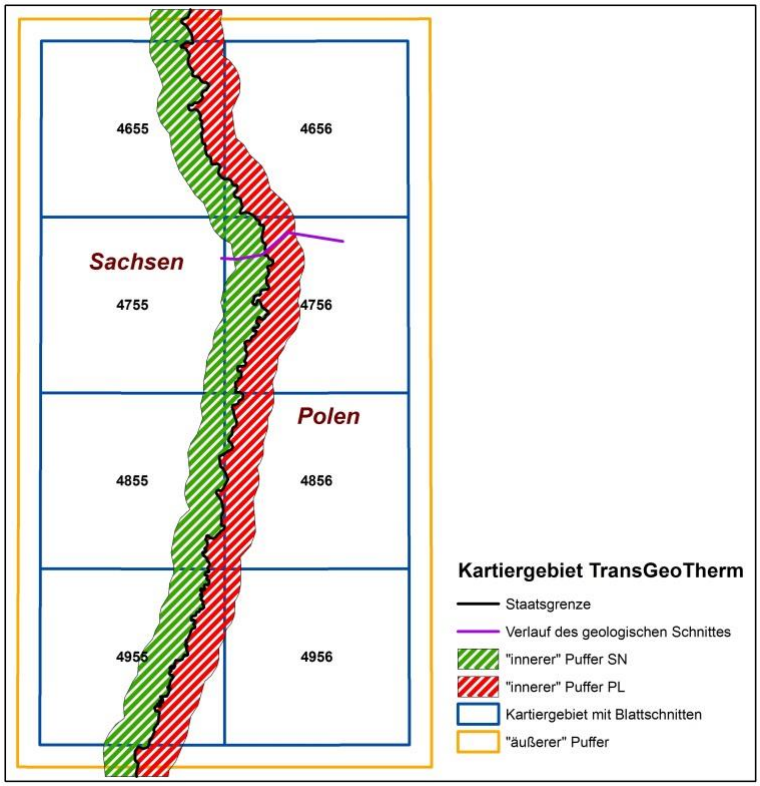


Abbildung 7: Kartiergebiet *TransGeoTherm* mit den Pufferbereichen und den Blattschnitten, 1 : 25.000

Für die kleinsten zu modellierenden Körper wurde eine Verbreitungsfläche (Maximalverbreitung in Horizontalprojektion) mit einer Mindestgröße von 10.000 m^2 (1 ha) je Teilfläche festgelegt. Das Kriterium gilt ebenfalls für „Fenster“ in den Verbreitungen. Zu kleine Flächen werden mit dem umgebenden Modellkörper plausibel „verschmolzen“ und Fenster aus den Verbreitungen entfernt.

Langgestreckte Strukturelemente (z. B. Gänge, geringmächtige Einschaltungen, enge Täler) werden kartiert, wenn ihre Breite mindestens 25 m beträgt. Zu beachten ist, dass sie in der Regel in kleinmaßstäblichen Karten (ab 1 : 50.000) überproportional dargestellt sind.

Für die 3D-Modellierung wurde die Software GoCAD verwendet. Dabei können methodisch verschiedene Herangehensweisen bei der Modellierung gewählt werden:

5.5.1 Erstellung eines 3D-Modells durch geologische Begrenzungsflächen

1. Erstellung von Verbreitungsgrenzen oder Verwendung von Ausstrichflächen
2. Input des analogen regionalgeologisch-genetischen Kenntnisstandes in Form von z. B. Verlauf, Einfallwinkel und Einfallrichtung der geologischen Grenzen oder typischen, genetisch bedingten Strukturformen
3. Manuelle Konstruktion von Begrenzungsflächen oder Verwendung von „Workflows“ in GoCAD-SKUA
4. Umwandlung der modellierten Flächen in „Solids“ (optional)
   Diese Methode ist vor allem im Prätertiär für senkrecht einfallende geologische Grenzen oder der Konstruktion von Störungen geeignet (Abbildung 8).

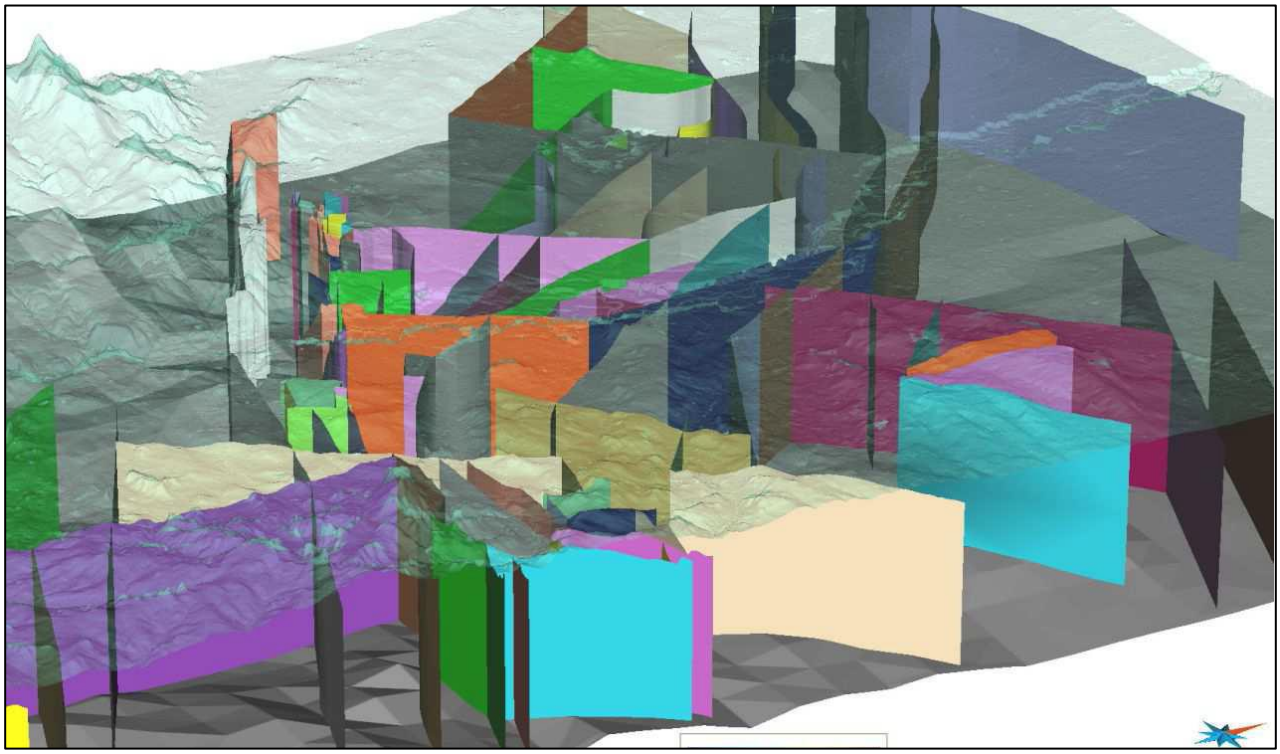


Abbildung 8: Ausschnitt aus dem 3D-Modell mit Darstellung der Störungen im Grundgebirge

5.5.2 Erstellung eines 3D-Modells durch Interpolation

1. Erstellung von Verbreitungsgrenzen
2. Manueller Input des regionalgeologisch-genetischen Kenntnisstandes: Konstruktion von virtuellen Stützstellen für die Gesamtverbreitung der HGE unter Berücksichtigung lokal nachgewiesener Schichtmächtigkeiten und der räumlichen Variabilität der Bohrungsdaten
3. (Geostatistische) Interpolation von Schichtmächtigkeiten und/oder Basisflächen unter Verwendung aller geeigneten Aufschlussdaten, virtuellen Stützstellen und bekannten Basisisolinien
4. Konstruktion des Modells über die Basisflächen der Modellkörper
5. Umwandlung der modellierten Flächen in „Solids“ aus Deck- und Basisflächen (optional)
   Diese Methode wird überwiegend bei der Modellierung flacher Sedimentbecken oder in Auenbereichen angewandt (Abbildung 9). Bei der Konstruktion oberflächennaher geringmächtiger Einheiten (Auenlehm, Auffülle) ist aufgrund der Ungenauigkeiten im Höhenmodell die Interpolation über die Mächtigkeit zu empfehlen.

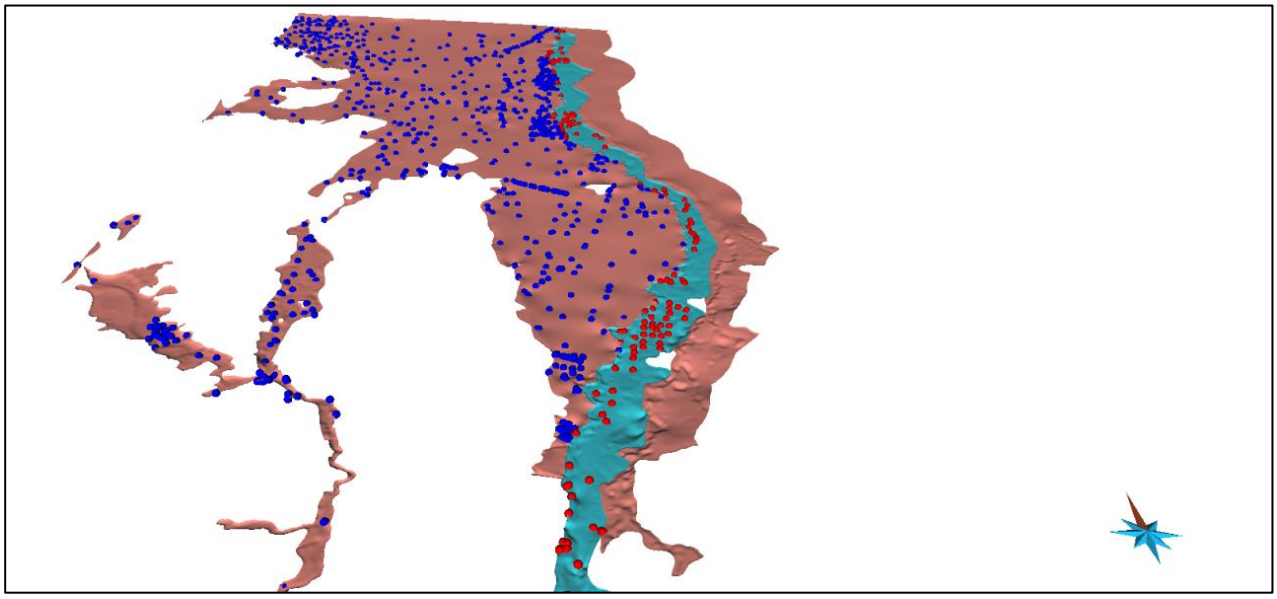


Abbildung 9: Modellierte Basisflächen der quartären Einheiten Auenkies der Neiße (blau) und Höhere Niederterrasse (braun) mit Lage der zur Modellierung verwendeten Bohrungen

Die Konstruktionsergebnisse müssen auf Plausibilität geprüft werden. Die Prüfung kann in der 3D-Umgebung oder an den im Rasterformat exportierten Raumdaten (Deckflächen, Basisflächen, Mächtigkeitsverteilung) in ArcGIS (ArcMap, ArcScene) erfolgen. Abgleiche sind z. B. anhand bekannter Modelle der Quartär- oder Tertiärbasis oder anderer markanter und gut erkundeter Horizonte möglich.

5.6 Berechnung der geothermischen Karten

Die Datenbasis der geothermischen Karten stellen die dreidimensionalen hydrogeologischen Einheiten („HGE“) dar. Hierbei dienen die 25 x 25 m Raster (Grid) der Oberkanten als Berechnungsgrundlage. Ein schematischer Ablauf der Arbeitsschritte ist in Abbildung 10 dargestellt.

In einem ersten Schritt werden alle Bohrungen (Aufschlüsse), die zur 3D-Körper-Bildung verwendet wurden, zur Interpolation von Wärmeleitfähigkeitsrastern herangezogen. Für jede hydrogeologische Einheit werden zwei 25 x 25 m Wärmeleitfähigkeitsraster (einmal für nasses Gestein, einmal für trockenes Gestein) erzeugt. Dies erfolgt durch petrografiebezogene, schichtenweise Zuweisung von spezifischen Wärmeleitfähigkeitswerten der in den realen Bohrungen angetroffenen Gesteine innerhalb jeder hydrogeologischen Einheit. Es wird ein nach der Körpermächtigkeit gewichteter mittlerer Wärmeleitfähigkeitswert für jede Bohrung berechnet.

Zur Erzeugung von räumlichen, den hydrogeologischen Körpern entsprechenden Wärmeleitfähigkeitsrastern erfolgt eine Interpolation der Wärmeleitfähigkeitswerte zwischen den realen Bohrungen innerhalb der Körperverbreitung. Die Daten der hydrogeologischen Körper werden mit den ihnen entsprechenden Wärmeleitfähigkeitsrastern über eine programmierte GIS-Erweiterung verschnitten. Weiterhin wird die Ebene Grundwasserflurabstand als Rasterdatensatz hinzugeladen. Dieser dient im Programm als Entscheidungskriterium der Zuweisung von „nassem“ oder „trockenem“ Wärmeleitfähigkeitsraster zum hydrogeologischen Körper. Eine mögliche starke Grundwasserströmung, die sich positiv auf die Entzugsleistung auswirken kann, wird in dieser Berechnung nicht berücksichtigt (LfULG 2014c).

Als Ergebnis entstehen für vier verschiedene Tiefen (40 m, 70 m, 100 m und 130 m) Karten der für die jeweilige Tiefe mittleren Gesteinswärmeleitfähigkeit.

In einem letzten Arbeitsschritt werden die spezifischen Entzugsleistungen für ausgewählte Tiefen (40 m, 70 m, 100 m und 130 m) berechnet. In die Berechnung der spezifischen Entzugsleistungen gehen neben der spezifischen Wärmeleitfähigkeit und des Grundwasserflurabstandes weitere anlagenspezifische Parameter ein, wie z. B. technische Daten zu Sonden, spezifische Wärmepumpenangaben. Dafür wurde eine empirische Formel für den im Freistaat Sachsen („durchschnittlich“) ermittelten Einfamilienhaustyp angewendet (LfULG 2014c).

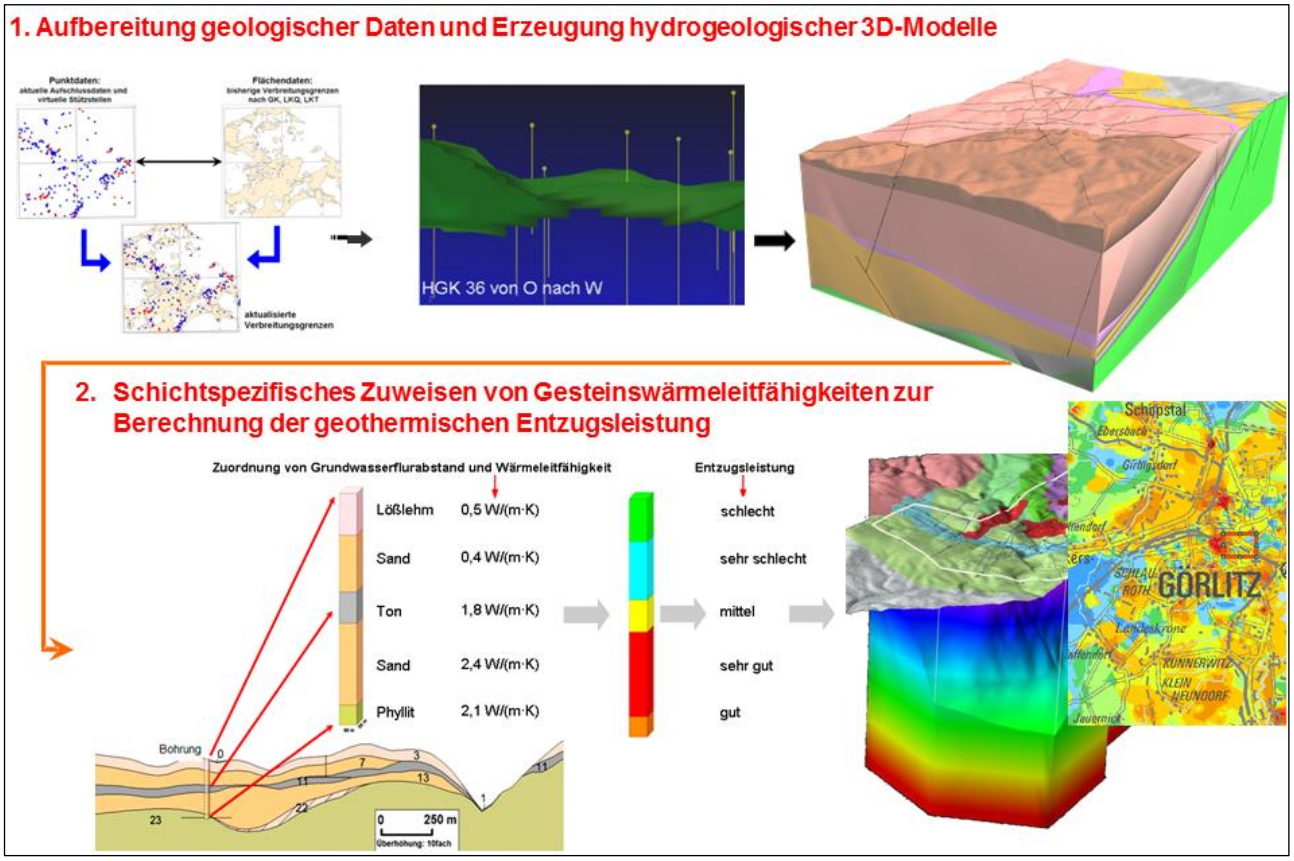


Abbildung 10: Schematischer Ablauf zur Berechnung geothermischer Karten

6 Ergebnisse

6.1 Eigenschaften der modellierten Einheiten

Die separate Darstellung bzw. Zusammenfassung geologischer Einheiten wird neben hydrogeologischen und stratigrafischen Kriterien vor allem im Festgesteinsbereich anhand geothermischer Gesteinseigenschaften petrografisch durchgeführt. Es sind insgesamt 75 hydrogeologische Einheiten (HGE) im Kartiergebiet ausgehalten. Im Quartär werden 28 HGE im Modell dargestellt. Besonderheiten im Kartiergebiet sind im Quartär z. B. glazial induzierte Stauchgebiete, in denen durch Gletscher tertiäre Schollen in quartäre Bildungen eingeschuppt wurden. Im Tertiär sind insgesamt 21 HGE ausgehalten, die hauptsächlich aus Grundwassergeringleitern bzw. Mischtypen bestehen. Besonderheiten im Kartiergebiet sind im Tertiär der ehemalige, jetzt geflutete Braunkohlentagebau Berzdorf und auf polnischer Seite die Braunkohlenlagerstätte Radomierzyce.

Insgesamt 26 Einheiten bilden prätertiäre Festgesteinseinheiten. Im Prätertiär sind vor allem die weit verbreiteten Magmatite hervorzuheben. Alle im Kartiergebiet modellierten hydrogeologischen Einheiten sind im Normalprofil der Anlage aufgeführt. Zur Beschreibung der Eigenschaften der modellierten Einheiten im Projektgebiet wurden Daten zu hydraulischen und geothermalen Leitfähigkeiten analysiert und Wertespannen ermittelt. Für die HGE, für die keine konkreten Werte vorliegen, werden Wertespannen aus anderen Bearbeitungsgebieten oder der Literatur herangezogen. Zur Kennzeichnung der modellierten Einheiten im 3D-Modell, werden diese mit numerischen Attributen belegt. Diese Möglichkeit wird für die hydrogeologische Charakterisierung und farbliche Darstellung der HGE gemäß der Durchlässigkeitsklasse genutzt.

Tabelle 3: Gliederung der Gesteinsdurchlässigkeit für Lockergesteine (BGR 1997)

HK 50 - Vorschlag

Leitertyp	Grundwassergeringleiter					Grundwasserleiter					
Durchlässigkeits-klasse	7 äußerst gering	6 sehr gering		5 gering		4 mäßig		3 mittel		2 hoch		1 sehr hoch
Unterklasse	7	6.2	6.1	5.2	5.1	4.2	4.1	3.2	3.1	2.2	2.1	1
k_f-Wert (Grenzen) [m/s]	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	

Es existieren international verschiedene Klassifikationen für hydraulische Leitfähigkeiten. Aufgrund der Kompatibilität mit anderen sächsischen Bearbeitungen wurde im gesamten Bearbeitungsgebiet des Projektes *TransGeoTherm* zur Klassifizierung der hydraulischen Leitfähigkeiten der Empfehlung aus der „Hydrogeologischen Kartieranleitung“ der BGR (1997) gefolgt (Tabelle 3). Für die in der Aufschlussdatenbank des LfULG vorhandenen Petrografieschlüssel liegen spezifische Wärmeleitfähigkeiten für trockenes (λ_T) und wassergesättigtes (λ_F) Gestein aus eigenen Messungen an Bohrkernen und aus Literaturquellen vor. Zur grenzübergreifenden Nutzung der Datensammlung werden die polnischen Bohrungen mit einem generalisierten Petrografieschlüssel versehen, der mit dem Schlüssel der Aufschlussdatenbank des LfULG kompatibel ist. Anschließend werden die Schichtdaten des Gesamtgebietes zusammengeführt, um dann die Zuweisung der λ-Werte zu den codierten Schichten der Bohrungen am LfULG durchzuführen. Zur Veranschaulichung sind in Tabelle 4 beispielhaft Gesteinstypen mit den dazugehörigen Petrografieschlüsseln und entsprechend zugewiesenen Wärmeleitfähigkeitswerten für nass und trocken dargestellt.

Tabelle 4: Beispiele für die Attributierung von Gesteinsschichten polnischer Aufschlüsse mit Petrografieschlüsseln der Aufschlussdatenbank des LfULG

Petrografieschlüssel	Gestein	λ_F [W/(m·K)]	λ_T [W/(m·K)]
IIPDgD.....	Granodiorit	2,30	2,30
MTSpTs.....	Tonschiefer	2,10	2,10
SKFSWg.....	Grauwacke	2,50	2,50
SKLSsd.....	Sand	2,40	0,40
SKLSt.....	Ton	1,70	0,50
SKLSus.....	Schluff	1,70	0,50
SOLOKo.....	Braunkohle	0,60	0,30

In der Anlage sind im Normalprofil die hydraulischen Leitfähigkeiten sowie die mittleren zugewiesenen Wärmeleitfähigkeiten für nasses und trockenes Gestein der einzelnen HGE aufgelistet.

6.2 Geologische Schnitte

In Vorbereitung des geologischen 3D-Modells wurden während des Projektes insgesamt sechs Schnitte erarbeitet, die den geologischen Bau des Gebietes prinzipiell darstellen (vergl. Kapitel 5.1). Geringfügige Veränderungen, die sich im Verlauf der 3D-Modellierung ergeben haben, sind jedoch nicht auszuschließen. Dargestellt werden die hydrogeologisch-geothermischen Einheiten. Eine Kurzbeschreibung der dargestellten Einheiten mit ihrer zeitlichen Einordnung wird im Normalprofil gegeben (s. Anlage), das in deutscher und polnischer Sprache zur Verfügung steht. In Prätertiär-Schnitten wurde mit einer 5-fachen Überhöhung und in Tertiär-Quartär-Schnitten mit einer 10-fachen Überhöhung gearbeitet (Abbildung 11).

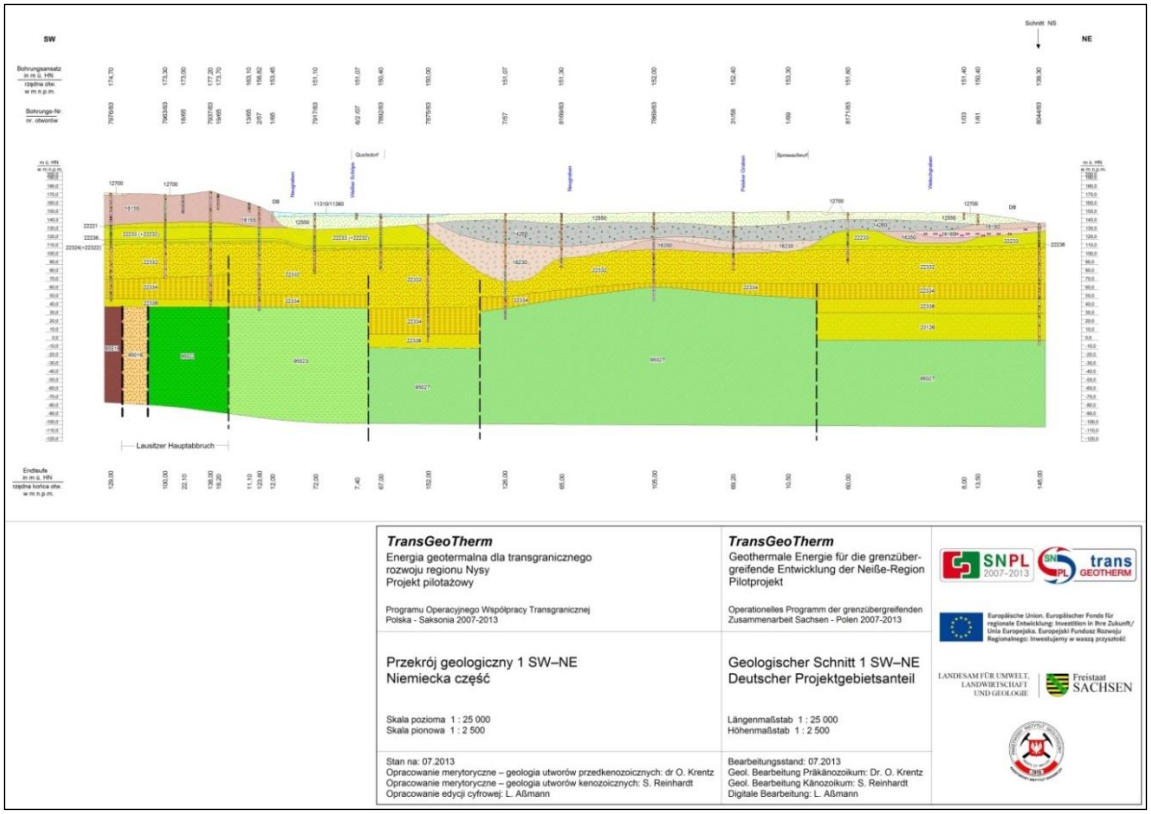


Abbildung 11: Erstellter Schnitt 1 des Kartiergebietes *TransGeotherm*

Die im Rahmen des Projektes erstellten geologischen Schnitte liegen den Geologischen Diensten von Sachsen und Polen als Bilddateien vor und stehen so auch anderen Planungsvorhaben und Projekten zur Verfügung.

6.3 3D-Modell

Die Bearbeitung und Berechnung aller Daten basiert auf den hydrogeologisch-geothermischen 3D-Modellen.

Grundlage für die Erstellung der geothermischen Karten ist das so genannte **3D-Detailmodell**. Dabei werden alle im Normalprofil zusammengestellten 75 hydrogeologisch-geothermischen Einheiten (HGE) dargestellt. Dieses Modell hat den höchsten Detaillierungsgrad und enthält alle im Laufe des Projektes erarbeiteten Informationen.

Die Datensätze für dieses Modell können nur mit einer speziellen 3D-Software betrachtet werden. Die enorme Datenmenge erschwert jedoch die Arbeit mit dem gesamten Datensatz. Daher wurde zusätzlich ein **3D-Übersichtsmodell** erarbeitet. Es sind hier die 75 hydrogeologisch-geothermischen Einheiten zu 30 HGE zusammengefasst, wobei die verständliche geologische Darstellung im Vordergrund steht. Dieses vereinfachte geologische Strukturmodell wird mit der Software GST über die Projektwebseite bereitgestellt, sodass sich jeder Nutzer auch ohne eine spezielle 3D-Software eine Vorstellung über die geologischen Verhältnisse des Projektgebietes verschaffen kann.

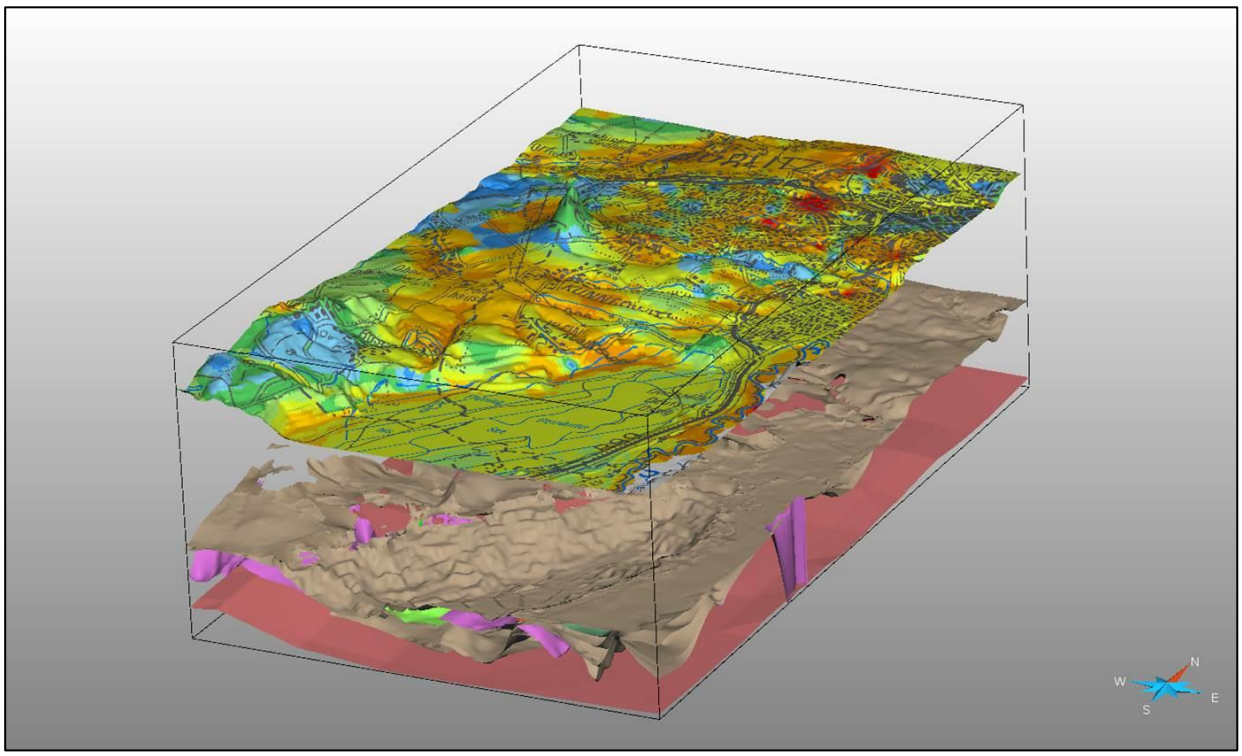


Abbildung 12: Mittels Software GoCad erarbeitetes 3D-Detailmodell

6.4 Karte des Grundwasserflurabstandes

Bei der Berechnung der geothermischen Karte geht neben den Raumdaten der hydrogeologisch-geothermischen Einheiten die Wassersättigung des Gesteins ein. Dazu ist es erforderlich, Informationen zum Grundwasserflurabstand zu erheben. Die verfügbaren Informationen zum Grundwasserstand sind in der Regel in sehr unterschiedlicher Verbreitung, zeitlicher und räumlicher Auflösung sowie Qualität verfügbar (siehe LfULG 2014b).

Das Ablaufschema in Abbildung 13 zeigt die einzelnen Schritte zur Erstellung des Grundwasserflurabstands-grids. Zusätzlich werden die Ergebnisse der Grundwasserflurabstandsberechnung in einer Karte dargestellt, die als pdf-Datei zum Download zur Verfügung steht unter:
http://www.transgeotherm.eu/graf/pobierz/mapa_hydro/water_de.pdf.

Das Projektgebiet wurde mit Hilfe der Verbreitungen der HGE schematisch in einen Bereich mit Grundwasserleiter (GWL) und einen Bereich ohne GWL gegliedert. Für den Bereich mit vorhandenen Grundwasserleitern wird der GW-Flurabstand erzeugt.

Weil der GW-Flurabstand im Projekt *TransGeoTherm* ausschließlich zur Berechnung der geothermischen Karten erforderlich ist, wird für Teilarbeitsschritte eine vereinfachte Vorgehensweise gewählt (keine Berechnung des Flurabstands für Gebiete ohne GWL, Anpassung von Berechnungsergebnissen über Flur, stichtagsunabhängige Datenzusammenstellung). Die erzielte Genauigkeit wird fachlich als ausreichend angesehen.

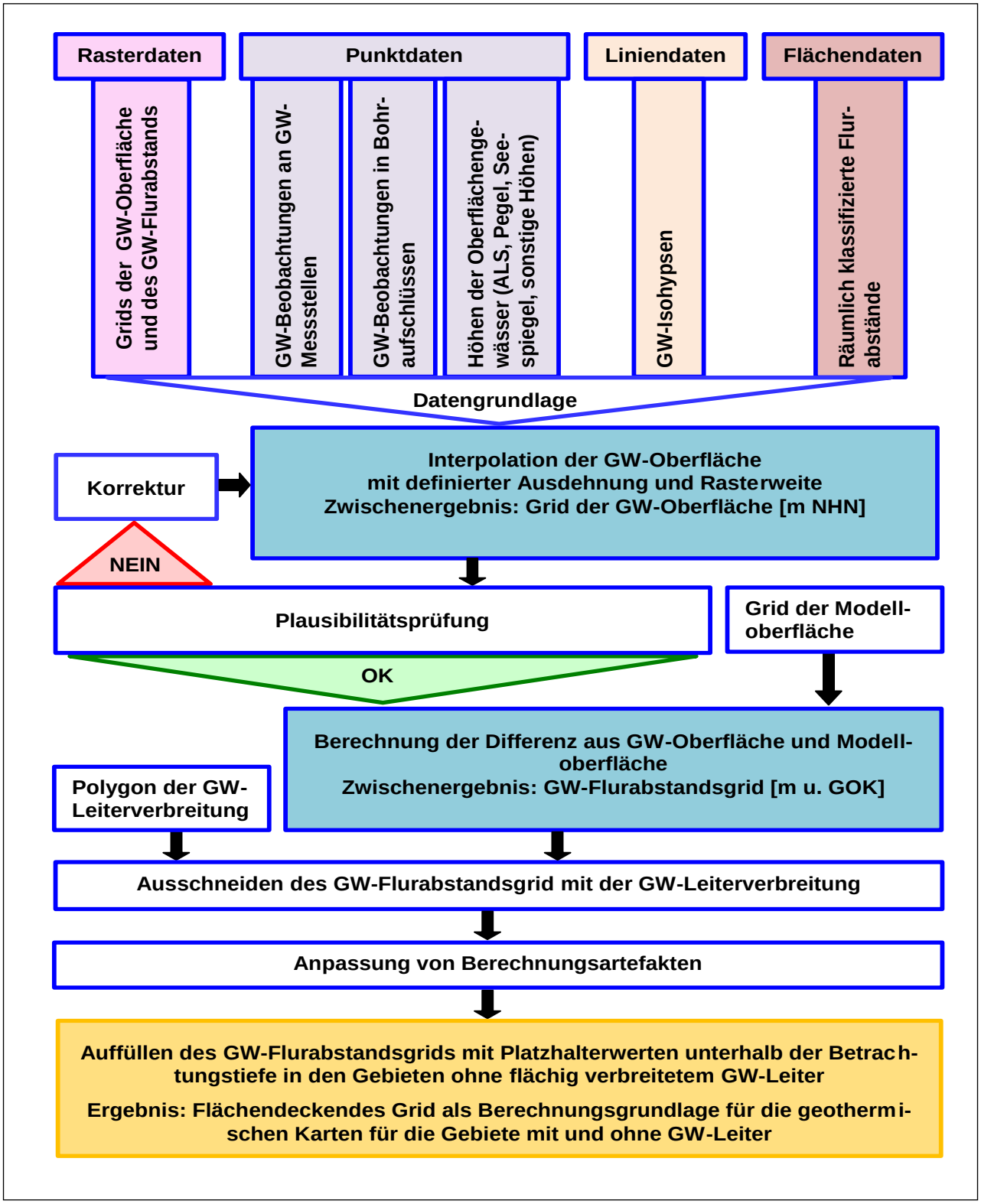


Abbildung 13: Ablaufschema Erstellung Grundwasserflurabstandsgrid

6.4.1 Bereich mit Grundwasserleiter

Der Bereich mit GWL umfasst alle im Normalprofil als GWL bewerteten HGE (Porengrundwasserleiter der Locker- und Festgesteinseinheiten) sowie „hydrogeologische Mischeinheiten“. Es wird zwischen Gebieten mit gespanntem und ungespanntem Grundwasser unterschieden. Für den sächsischen Teil des Kartiergebietes werden die verfügbaren verschiedenen Datengrundlagen zu Punktdaten umgewandelt und zu einem Daten-

satz von örtlichen Grundwasserhöhen kombiniert. Aus den Daten wird mit Hilfe der Software Surfer mittels geostatistischem Verfahren Kriging eine zusammenhängende Grundwasseroberfläche regionalisiert. Der Grundwasserflurabstand wird durch eine Differenzenbildung mit der Modelloberfläche erzeugt. Die Prüfung von gespannten und ungespannten Grundwasserverhältnissen erfolgt mit den Deck- und Basisflächen der modellierten HGE entsprechend ihrer Eigenschaft als GWL in der 3D-Umgebung.

Für den polnischen Teil des Kartiergebietes werden alle Daten des Grundwasserflurabstandes in Metern unter Geländeoberfläche in die GIS-Software Geomedia Professional oder ArcGIS importiert. Auf ihrer Basis werden anschließend Hydroisobathen des Grundwasserflurabstands gebildet, in Punktdatenreihen umgewandelt und durch die gemessenen Flurabstände an Bohrungen und Brunnen ergänzt. Der kombinierte Punktdatensatz wird dann einer Interpolation mit der Software Surfer nach der Kriging-Methode unterzogen. Das auf diese Weise erhaltene Grid des Grundwasserflurabstandes wird in die Software GoCAD importiert und auf Plausibilität geprüft.

6.4.2 Bereich ohne Grundwasserleiter

Der Bereich ohne Grundwasserleiter nimmt die Grundwassergeringleiter (GWGL) des Lockergesteins und die Festgesteinseinheiten auf, die ausschließlich Kluftgrundwasserleiter sind. In diesem Bereich stellt die Konstruktion des Grundwasserflurabstands eine besondere Schwierigkeit dar. Es existiert häufig kein zusammenhängender flächig verbreiteter Grundwasserspiegel oder dieser ist nicht ermittelbar. Weil bei Kluftgrundwasserleitern im Festgestein die Wassersättigung bezüglich der Wärmeleitfähigkeit in der Regel keine gewichtige Einflussgröße darstellt, wurden diese Gebiete datentechnisch „ignoriert“. Sie wurden auf der Karte des Grundwasserflurabstands als separate Einheit dargestellt.

6.5 Geothermische Karten

Die erarbeiteten 12 geothermischen Karten stellen Übersichten für die Nutzung von Erdwärme mittels Erdwärmesonden für verschiedene Tiefenstufen dar (Abbildung 14). Aus ihnen kann abgelesen werden, wie gut ein Standort auf Grund seiner Geologie zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme geeignet ist. Für die praktische Planung einer Erdwärmeanlage sind die so entstandenen Karten eine erste Orientierungshilfe und dienen damit der Unterstützung eines Planvorhabens.

Die im *TransGeoTherm*-Projekt erstellten geothermischen Karten sind in zwei Varianten verfügbar: als **„public version“** und als **„professional version“**.

Die **„public version“** gibt für vier verschiedene Tiefenintervalle (0-40 m, 0-70 m, 0-100 m, 0-130 m) und zwei mögliche Betriebsszenarien einer Wärmepumpe (1.800 Betriebsstunden pro Jahr für den reinen Heizbetrieb oder 2.400 Stunden pro Jahr für eine zusätzliche Warmwasserbereitung) die dem Untergrund entziehbare geothermische Entzugsleistung in Watt pro Meter an. Standorte können damit verglichen oder die generelle Machbarkeit für verschiedene Bohrtiefen abgeschätzt werden. Diese Version ist insbesondere für Bauherren bzw. für den Einfamilienhausbereich geeignet (Abbildung 15).

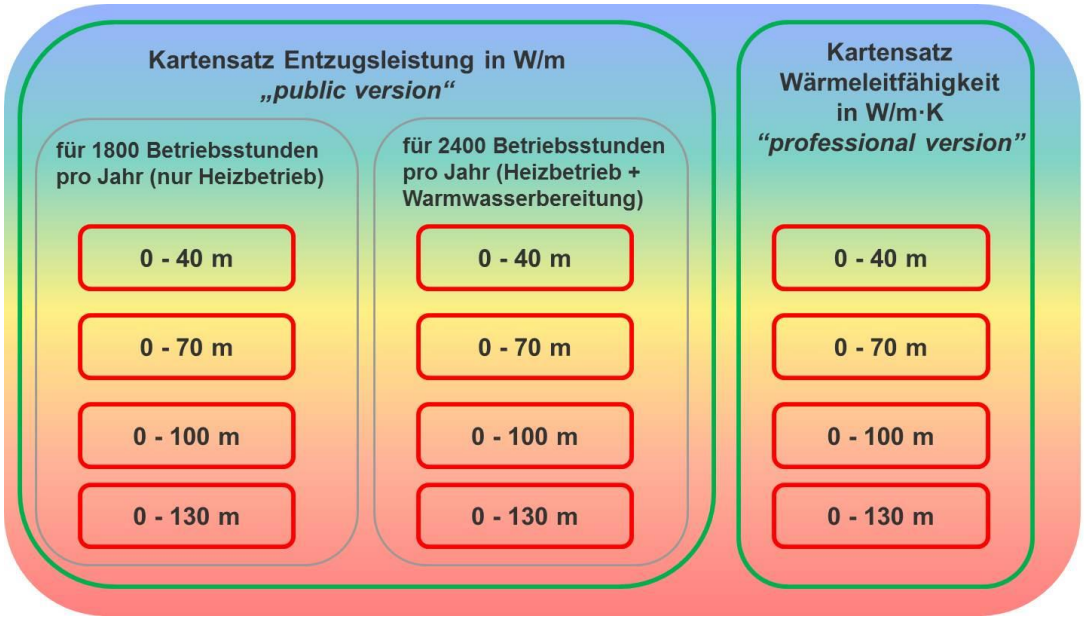


Abbildung 14: Übersicht berechneter geothermischer Kartensätze, *public* und *professional version*

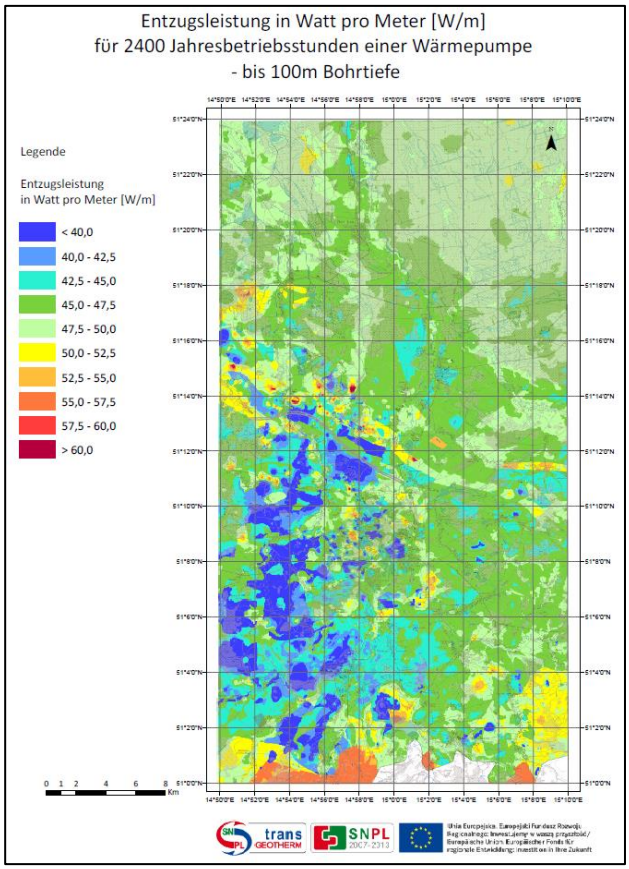


Abbildung 15: Beispiel geothermische Karte der Entzugsleistungen – *public version*

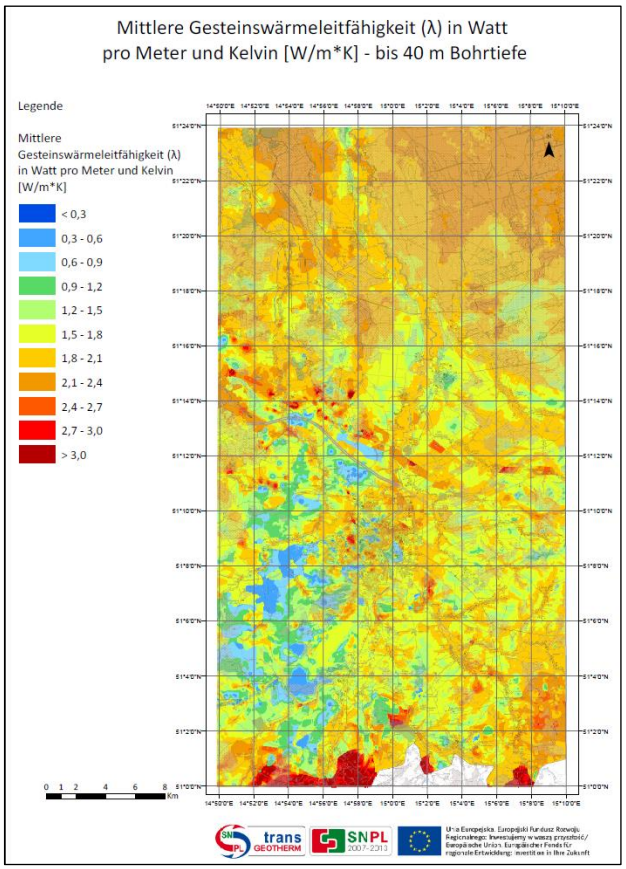


Abbildung 16: Beispiel geothermische Karte der Gesteinswärmeleitfähigkeiten – *professional version*

Für Planungs-, Architektur- und Ingenieurbüros, Bohrunternehmen und Behörden wurde die ***„professional version“*** entwickelt (Abbildung 16). Dieser Karte kann der für die geothermische Standortbewertung zugrunde gelegte spezifische Kennwert der mittleren Gesteinswärmeleitfähigkeit in Watt pro Meter und Kelvin für die vier entsprechenden Tiefenintervalle entnommen werden. Er kann zur Planung eines Erdwärmevorhabens (Erstellung einer Energiebilanz, Auslegung der Wärmepumpe, fachgerechte Dimensionierung der Erdwärmeanlage) genutzt werden. Er kann jedoch nicht die genaue geophysikalische Wärmeleitfähigkeitsbestimmung wie z. B. mithilfe eines Thermal-Response-Tests in einer Bohrung ersetzen.

6.6 Handbuch zur Erstellung von geothermischen Karten auf der Basis eines grenzübergreifenden 3D-Untergrundmodells

Das im Rahmen des Projektes erstellte „Handbuch zur Erstellung von geothermischen Karten auf der Basis eines grenzübergreifenden 3D-Untergrundmodells“ (LfULG 2014a) beschreibt am Beispiel des EU-Projektes *TransGeoTherm*, wie geothermische Karten auf der Basis eines 3D-Untergrundmodells, des Grundwasserflurabstandes und der Wärmeleitfähigkeiten der anstehenden Gesteine erzeugt werden. Es basiert auf Erfahrungen und Arbeiten, die im Rahmen des Projektes *TransGeoTherm* auf der Grundlage der sächsischen Methodik der Hydrogeologischen Spezialkartierung in Sachsen (HyK50) (LfULG 2012) durchgeführt wurden.

Zielgruppe für dieses Handbuch sind Spezialisten und Bearbeiter, die vergleichbare Arbeiten durchführen wollen. Es beschreibt detailliert die einzelnen Arbeitsschritte, setzt jedoch auch eine gewisse Grundkenntnis der durchzuführenden Arbeiten voraus.

Im Handbuch werden folgende Hauptarbeitsschritte beschrieben:

1. Bestandsaufnahme der verfügbaren Daten
2. Erstellung eines prinzipiellen Strukturmodells (Normalprofil, geologische Schnitte)
3. Datenvorbereitung (Punktdaten, Liniendaten, Flächendaten)
4. 3D-Modellierung von Geoobjekten
5. Export von Grids der Oberflächen der hydrogeologisch-geothermischen Einheiten (HGE)
6. Erstellung eines Grids des Grundwasserflurabstandes
7. Zuweisung der Wärmeleitfähigkeiten zu den codierten Schichtdaten von Bohrungen
8. Berechnung der geothermischen Karten der Gesteinswärmeleitfähigkeiten

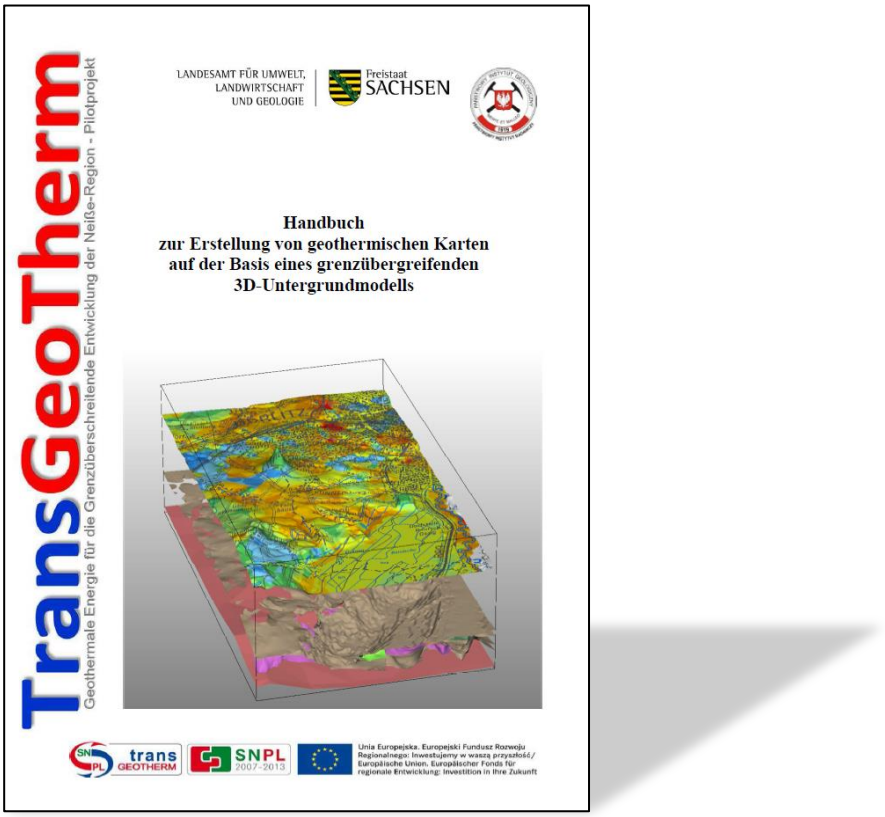


Abbildung 17: Titelseite des im Projekt *TransGeoTherm* erstellten Handbuches

Ziel ist es, dem Nutzer nachvollziehbar darzustellen, welche Datengrundlagen, welche methodischen Bearbeitungsschritte und welche Berechnungsansätze erforderlich sind, um über das geologische Strukturmodell, die petrografische Zusammensetzung und die hydrogeologischen Gegebenheiten geothermische Karten zu erstellen.

6.7 Informationsbroschüre zur Erdwärmenutzung

Mit der „Informationsbroschüre zur Nutzung oberflächennaher Geothermie“ (LfULG 2014b) wird der Zielgruppe des Projektes, den Behörden, Planungsbüros und Bauherren von Erdwärmeanlagen sowie allen interessierten Bürgern in der sächsisch-polnischen Neiße-Region eine Anleitung zur Nutzung der Oberflächennahen Geothermie bereitgestellt. In dieser Broschüre wird der Schwerpunkt auf den rechtlichen und planerischen Rahmen der Erdwärmenutzung mit Erdwärmesonden gerichtet und die Anwendung der im Projekt erarbeiteten Kartengrundlagen nutzerfreundlich für das Projektgebiet Sachsen und Polen zweisprachig erläutert. Es werden die verschiedenen Möglichkeiten und Technologien der Erdwärmenutzung beschrieben.

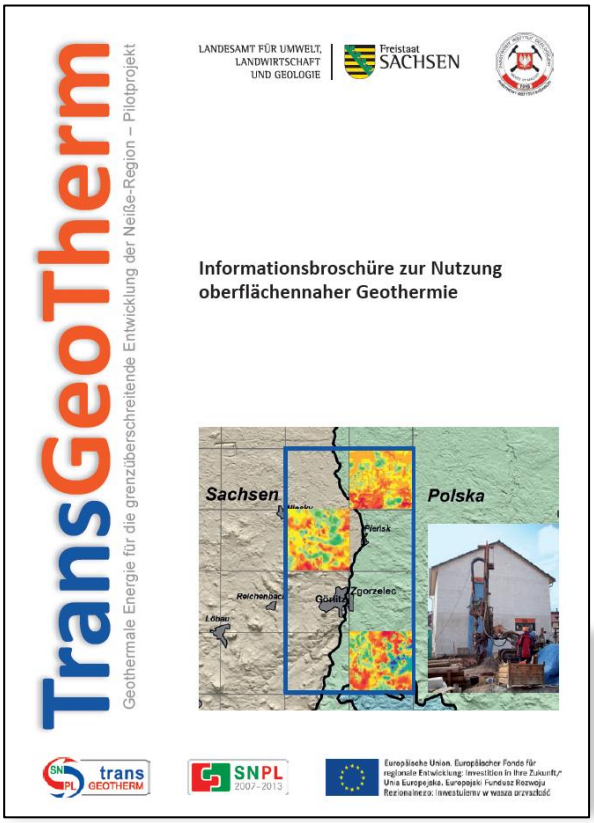


Abbildung 18: Titelseite der im Projekt *TransGeoTherm* erstellten Infobroschüre

Ein weiteres Kapitel widmet sich dem Bau und der Funktionsweise von Erdwärmesondenanlagen. Bei der Behandlung der rechtlichen und fachlichen Beurteilung von Erdwärmesonden werden nicht nur die rechtlichen Rahmenbedingungen und der Verfahrensablauf erläutert, sondern es wird auch auf die hydrogeologischen und wasserrechtlichen Kriterien zur Beurteilung der Genehmigungsfähigkeit eingegangen.

Die Hinweise zu Planung, Bauausführung und Anlagenbetrieb sollen eine qualitätsgesicherte Errichtung der Anlage und einen nachhaltigen Betrieb gewährleisten. Im Anlagenteil finden sich detaillierte Ausführungen zu den Anforderungen an die Bauausführung und den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen. Weiterhin sind die für die Antragstellung erforderlichen Formulare beigefügt.

Die Broschüre und die Antragsformulare können im Internet unter http://www.transgeotherm.eu/index.de.html heruntergeladen werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projektes wurden einerseits die Erfahrungen und die Technologie der Erstellung geothermischer Karten dem polnischen Partner weiter vermittelt. Andererseits konnten Planungsgrundlagen für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie in der sächsisch-polnischen Neiße-Region erarbeitet und für die Öffentlichkeit bereitgestellt werden.

Ausgehend von der einheitlichen Überarbeitung des vorliegenden, sehr umfangreichen Bohr- und Kartenmaterials wurde ein grenzüberschreitendes **geologisches 3D-Modell** geschaffen, das den prinzipiellen geologischen Bau in dieser geologisch-tektonisch sehr anspruchsvollen Region nach dem derzeitigen Wissensstand bestmöglich wiedergibt.

Unter Einbeziehung aller hydrogeologischen Informationen wurde eine **Karte des Grundwasserflurabstandes** abgeleitet. Zusammen mit den zuordenbaren Gesteinseigenschaften aus dem geologischen 3D-Modell bildete sie die Basis bei der Berechnung der **geothermischen Karten** für die Tiefenbereiche bis 40, 70, 100 und bis 130 m. Weil die geothermischen Karten sowohl die **Wärmeentzugsleistung** für 1.800 und 2.400 Jahresbetriebsstunden einer Wärmepumpe („*public version*“) als auch die **Wärmeleitfähigkeit** der Gesteine („*professional version*“) angibt, bieten sie Informationen für den interessierten Bauherrn und auch für Spezialisten und Planer.

Die Ergebnisse des Projektes sollten in **zukünftige Arbeiten** in Sachsen mit einfließen. Dazu gehört einmal die Erfahrung, dass die **Wärmeleitfähigkeit der Gesteine für ganz Sachsen** im Geothermie-Atlas dargestellt werden muss. Das ist eine notwendige Voraussetzung für die verbesserte Planung und Errichtung von Erdwärmeanlagen.

Weiterhin zeigte sich, dass in grenznahen Regionen eine Zusammenarbeit mit den Nachbarländern, verbunden mit dem **Austausch von Daten und Informationen** zwingend erforderlich ist. Grenzübergreifende geologische Strukturen können auch durch ihr mögliches Gefährdungspotenzial die Genehmigungsfähigkeit und somit die Errichtung von Erdwärmeanlagen beeinflussen. Die grenzübergreifende Kenntnis dieser Strukturen bietet eine Hilfestellung, diese Gefährdungspotenziale zu erkennen und mögliche Schadensfälle zu vermeiden. Die bestmögliche Kenntnis über den geologischen Untergrund ist eine Voraussetzung für den **qualitätsgerechten Bau und Betrieb** von Erdwärmeanlagen.

Letztendlich geht der **grenzübergreifende Austausch** von geologischen Daten und Informationen sowie der **Erfahrungs- und Wissenstransfer** in Grenzregionen weit über die Anforderungen für geothermische Fragestellungen hinaus. Die Verknüpfung geologischer Informationen beiderseits der Grenzen sollte genutzt werden, um die **Aktualisierung des vorliegenden geologischen Kartenmaterials** weiter voranzutreiben.

8 Literatur

BGR (1997): Hydrogeologische Kartieranleitung. In: Geologisches Jahrbuch, Reihe G, Heft 2, S. 3-157. Hannover.

BURGER, H. (2004-1): Schriftliche Empfehlung an das LfULG, Thema: Zur 3DVerarbeitung von Bohrdaten. - Freie Universität Berlin, FB Geowissenschaften.

BURGER, H. (2004-2): 3D-Modelling of stratified sequences under uncertainty. - Freie Universität Berlin, FB Geowissenschaften.

GIGA INFOSYSTEMS (2013) GST Version 2.5.9, Dokumentation GOLDEN SOFTWARE, INC. (1993-2002) Surfer 8, User's Guide

HGC/HGN (2008): Hydrogeologische Spezialkarte Sachsen M 1 : 50 000, Generallegende.

HGN/HGC (2008): Methodik Hydrogeologische Spezialkartierung Sachsen Maßstab 1 : 50.000 mit Anhang Methodik Ingenieurgeologie und Modul Geothermie. Torgau/Freiberg [im Auftrag des LfUG, Referat Hydrogeologie] (cum lit.)

PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen: Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte, E. Schweizerbart`sche Verlagsbuchhandung, Freiberg

RAITHEL, E.; STÖCKEL, M.; HERMANN, D.; RENKER, S.; KUTZKE, A.;LÖSER, R. & WEBER, B. (2013): Erarbeitung eines geologisch-tektonischen 3D-Modells für das Gebiet Berzdorf, Abschlussbericht.- G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, 38 S., Freiberg.

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (2012): Methodik der hydrogeologischen Spezialkartierung (Hyk50)

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (2014a): Handbuch zur Erstellung von geothermischen Karten auf der Basis eines grenzübergreifenden 3D-Untergrundmodells, Freiberg, http://www.transgeotherm.eu/publikationen.html

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (2014b): Informationsbroschüre zur Nutzung oberflächennaher Geothermie, Freiberg, https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22374

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (2014c): Geothermieatlas Sachsen - Allgemeine Erläuterungen zum Kartenwerk der geothermischen Entzugsleistungen im Maßstab 1 : 50.000 GTK 50, Freiberg, http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/geologie/18992.htm

TU Bergakademie Freiberg (2013): Introduction to 3D Geomodelling with gOcad, short course material, unveröffentlicht

Anlage: Hydrogeologisches-geothermisches Normalprofil

Anlage 1

Hydrogeologisches-geothermisches "Normalprofil" EU-Projekt TransGeoTherm

Hydrogeologische Einheit (HyE) - Gliederung		HyE-Kurzbezeichnung	generalisierte HyE-Petrographie	HyE-shortname English language	HyE-shortname Polish language	Stratigraphie (deutsche Klassifizierung)				
HyE	Vor-kommen									
11100	SN/PL	Anthropogene Bildungen	variabel	anthropogenic fillings	utwory antropogeniczne	Känozoikum	Quartär	Holozän		
11400	SN/PL	Organogene Bildungen	Torf, Moorerde	organic sediments	osady organiczne	Känozoikum	Quartär	Holozän		
11310	SN/PL	Auenlehm	Lehm	haugh	gliny aluwialne	Känozoikum	Quartär	Holozän		
11360	SN/PL	Kiesanteil der Auenbildungen	Kies, Sand	sands and gravels of alluvial meadows	piaski i żwiry rzeczne dolin średniej wielkości	Känozoikum	Quartär	Holozän		
11300	SN/PL	Auenbildungen (allgemein)	Kies, Sand, Schluff, Ton	valley sediments (in general)		Känozoikum	Quartär	Holozän		
12210	SN/PL	Gehängelehm	Lehm	slopeloam	gliny deluwialne (stokowe)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12200	SN/PL	Löss	Schluff	loess	lessy	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12700	SN/PL	Dünensand	Feinstsand, Schluff	dune sands	piaski eoliczne w wydmach	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12110	SN/PL	Tallehm	Lehm	prior loamy valley deposits	gliny aluwialne	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12800	SN/PL	Blockschutt	Felsblöcke	boulder	głazowiska	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12510	SN/PL	Tiefere Niederterrasse (TNT): kleine und mittlere Flüsse	Kies, Sand	low terrace - lower part	osady piaszczysto-żwirowe dolnych niskich tarasów w małych i średniej wielkości dolinach	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12550	SN/PL	Höhere Niederterrasse (HNT): kleine und mittlere Flüsse	Kies, Sand	low terrace - higher part	osady piaszczysto-żwirowe górnych niskich tarasów w małych i średniej wielkości dolinach	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Weichselkaltzeit	
12940	SN	Beckenbildungen ((S-) Eem (-W))	Feinsand, Schluff	limnic and limnoglacial sediments (S-) Eem (-W)	osady jeziorne i jeziorno-lodowcowe	Känozoikum	Quartär	Pleistozän		Saale bis Weichsel
14260	SN/PL	Glazifluviatile Bildungen (S1n)	Sand	gaciofluvial sediments (S1n)	osady wodnolodowcowe (S1n)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Saale-Kaltzeit	Saale-I-Kaltzeit
14270	SN/PL	Grundmoräne (S1)	Geschiebemergel, -lehm	till (S1)	gliny zwałowe (S1)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Saale-Kaltzeit	Saale-I-Kaltzeit
14280	SN/PL	Beckenbildungen (S1v)	Feinsand, Schluff	limnoglacial sediments (S1v)	osady zastoiskowe (S1v)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Saale-Kaltzeit	Saale-I-Kaltzeit
14510	SN/PL	Tiefere Mittelterrasse (TMT): kleine und mittlere Flüsse	Kies, Sand	medium terrace - lower part	osady żwirowo-piaszczyste dolnych średnich tarasów w małych i średniej wielkości dolinach	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Saale-Kaltzeit	Saale-I-Kaltzeit
14930	SN/PL	Beckenbildungen ((E-) Holstein (-S))	Feinsand, Schluff	limnic and limnoglacial sediments ((E-) Holstein (-S))	osady jeziorne i jeziorno-lodowcowe	Känozoikum	Quartär	Pleistozän		Elster bis Saale
16155	SN/PL	Stauchendmoräne(E2) und Schollen gestörter tertiärer Sedimente	Geschiebemergel, -lehm, Kies, Sand, Braunkohle	compressed strata set/compressed till (E2) including blocks of disturbed tertiary sediments	gliny lodowcowe moren czołowych(E2)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän		
16130	SN/PL	Glazifluviatile Bildungen (E2n)	Sand	glaciofluvial sediments (E2n)	osady wodnolodowcowe(E2n)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-II-Kaltzeit
16150	SN/PL	Grundmoräne (E2)	Geschiebemergel, -lehm	till (E2)	gliny zwałowe (S1)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-II-Kaltzeit
16160	SN/PL	Beckenbildungen (E2v)	Feinsand, Schluff	limnoglacial sediments (E2v)	osady jeziorno-lodowcowe (E2v)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-II-Kaltzeit
16245	SN	Mittlere Mittelterrasse (MMT): kleine und mittlere Flüsse	Kies, Sand	medium terrace - medium part	osady żwirowo-piaszczyste środkowych średnich tarasów w małych i średniej wielkości dolinach	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-II-Kaltzeit
16230	SN/PL	Glazifluviatile Bildungen (E1n-E2v)	Sand	glaciofluvial sediments (E1n-E2v)	osady wodnolodowcowe (E1n-E2v)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-I bis Elster-II
16350	SN/PL	Grundmoräne (E1)	Geschiebemergel, -lehm	till (E1)	gliny zwałowe (E1)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-I-Kaltzeit
16360	SN/PL	Beckenbildungen (E1v)	Feinsand, Schluff	limnoglacial sediments (E1v)	osady jeziorno-lodowcowe (E1v)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-I-Kaltzeit
16380	SN/PL	Glazifluviatile Bildungen (E1v)	Sand	glaciofluvial sediments (E1v)	osady wodnolodowcowe (E1v)	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-I-Kaltzeit
16410	SN	Höhere Mittelterrasse (HMT): kleine und mittlere Flüsse	Kies, Sand	medium terrace - higher part	osady żwirowo-piaszczyste wyższych średnich tarasów w małych i średniej wielkości dolinach	Känozoikum	Quartär	Pleistozän	Elster-Kaltzeit	Elster-I-Kaltzeit
22150	PL	Jungtertiäre Terrassen	Kies, Sand	late tertiary terrasses	późnoneogeńskie i preglacialne osady rzeczne	Känozoikum	Tertiär			
22150	PL	Weißwasser- und Mühlrose-Schichten	Kiessand, Ton	gravelsand, clay	piaski ze żwirami, iły	Känozoikum	Tertiär	Mittel-Obermiozän	Rauno-Formation	Weißwasser- und Mühlrose-Schichten
22221	SN	Klettwitz-Schichten + 1. MFK	Sand, Ton, Braunkohle	sand, clay, lignite	piaski, iły, węgle brunatne	Känozoikum	Tertiär		Meuro-Formation	Klettwitz-Schichten + 1. MFK
22232	SN	Nochten-Schichten	Sand	sand	piaski	Känozoikum	Tertiär	Mittel-miozän	Meuro-Formation	Nochten-Schichten
22233	SN	Greifenhain-Schichten + Oberbegleiter	Sand, Schluff, Ton, Braunkohle	sand, silt, clay, lignite	piaski, mułki, iły, węgle brunatne	Känozoikum	Tertiär	Mittel-miozän	Meuro-Formation	Greifenhain-Schichten + Oberbegleiter
22236	SN	Welzow-Schichten + 2. MFK	Braunkohle, untergeordnet Sande, Schluff	lignite, partly sands, silt	węgle brunatne, miejscami piaski, mułki	Känozoikum	Tertiär	Mittel-miozän	Brieske-Formation	Welzow-Schichten + 2. MFK
22322	SN	(Rietschen- und) Drebkau-Schichten + Unterbegleiter	Sand, untergeordnet Braunkohle	sand, partly lignite	piaski, miejscami węgle brunatne	Känozoikum	Tertiär	Unter-miozän	Brieske-Formation	(Rietschen- und) Drebkau-Schichten + Unterbegleiter
22324	SN	Buchhain-Schichten	Schluff, untergeordnet Feinsand	silt, partly fine sand	mułki, miejscami piaski drobnoziarniste	Känozoikum	Tertiär	Unter-miozän	Brieske-Formation	Buchhain-Schichten
22329	PL	Lübbenau-Schichten mit Anteilen der Briesker Formation	Sand, Schluff, Ton, untergeordnet Braunkohle	sand, silt, clay, partly lignite	piaski, mułki, iły, miejscami węgle brunatne	Känozoikum	Tertiär	Unter-miozän		Lübbenau-Schichten mit Anteilen der Briesker Formation
22332	SN	Lübbenau-Schichten	Sand, Schluff, Ton	sand, silt, clay	piaski, mułki, iły	Känozoikum	Tertiär	Unter-miozän	Spremberg-Formation	Lübbenau-Schichten
22334	SN/PL	Vetschau-Schichten + 4. MFK mit Anteilen der Striesa-Schichten	Schluff, Ton, Braunkohle, untergeordnet Sand	silt, clay, lignite, partly sand	mułki, iły, węgle brunatne, miejscami piaski	Känozoikum	Tertiär	Unter-miozän	Spremberg-Formation	Vetschau-Schichten + 4. MFK mit Anteilen der Striesa-Schichten
22338	PL	Striesa-Schichten	Sand, untergeordnet Braunkohle, Schluff, Ton	sand, partly lignite, silt, clay	piaski, miejscami węgle brunatne, mułki, iły	Känozoikum	Tertiär	Unter-miozän	Spremberg-Formation	Striesa-Schichten
22010	PL	Radomierzyce - Tertiär über Kohleflöz	Schluff, Ton, untergeordnet Braunkohle	gray-green clay, gray-green silt, locally coal bearing	iły i mułki szaro-zielone, lokalnie węgle brunatne	Känozoikum	Tertiär	Miozän	Becken von Radomierzyce	
22011	PL	Radomierzyce - Tertiär mit Kohleflöz	Braunkohle mit tonig-schluffigen Einschaltungen	lignite with clay and silt intercalation	węgle brunatne z przewarstwieniami iłów i mułków	Känozoikum	Tertiär	Miozän	Becken von Radomierzyce	
22012	SN	Berzdorf - Flözkomplex (Flöze 5-13) über der Schluffmulde und liegende Zwischenmittel	Braunkohle, Schluff	lignite, silt	węgle brunatne, mułki	Känozoikum	Tertiär	Miozän	Berzdorfer Tertiärbecken	
22014	SN	Berzdorf - Zwischenmittel in sandig-schluffiger Fazies (Schluffmulde) und tonig-kohliger Fazies	Schluff und Sand oder Ton mit Braunkohle	silt and sand or clay including lignite	mułki, piaski lub iły z węgle brunatne	Känozoikum	Tertiär	Miozän	Berzdorfer Tertiärbecken	
22017	SN	Berzdorf - Flözkomplex (Flöze 1.1-1.5, 2-4) unter der Schluffmulde einschließlich der Zwischenmittel und Liegendton	Braunkohle, Ton, Schluff	lignite, clay, silt	węgle brunatne, iły, mułki	Känozoikum	Tertiär	Miozän	Berzdorfer Tertiärbecken	
22016	PL	Radomierzyce - Tertiär unter Kohleflöz	Ton, Schluff, Sand, Kies	clay, silt, sand, gravel	Iły, mułki, piaski, żwiry	Känozoikum	Tertiär	Miozän	Becken von Radomierzyce	
23010	SN	Oberer Schuttfächer	Kies, Sand, Schluff	gravel, sand, silt	żwiry, piaski, mułki	Känozoikum	Tertiär	Oligozän	Berzdorfer Tertiärbecken	
23012	SN	Berzdorf - Unterer Schuttfächer	Kies, Sand, Schluff, Ton	gravel, sand, silt, clay	Iły, mułki, piaski, żwiry	Känozoikum	Tertiär	Oligozän	Berzdorfer Tertiärbecken	
29950		silikatische/kaolinitische Verwitterungsprodukte über feldspatführendem Festgestein	Kaolin, Ton	silica based/kaolinitic weathering products on feldspar containing hard rock	regolity, kaoliny					

HyE	Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen 1:50.000			LKQ 1:50.000 – Blatt Niesky			LKQ 1:50.000 – Blatt Görlitz			SMGP 1:50 000, ark. Zgorzelec, Ręczyn, Węgliniec - kompilacja (kompilation)				
	VERBID	Symbol	Beschreibung	Beschreibung	Legenden-einheit	Symbol	Beschreibung	Legendeneinheit	Symbol	Age	PL	English	nr wg legendy	nr wg legendy
11100	1	aQHo	Anthropogene Aufschüttung	anthropogene Aufschüttungen	1365	*ohne (schwarze Schraffur)*	anthropogene Aufschüttungen	1266	a					
11400	3	hslQHo	Moorerde; Humus, sandig	Torf, Moorerde - limnisch	1314	hlQh					Torfy, miejscami namuły organiczno-mineralne	Peats and locally organic and mineral silts	3	1
11400	5	hflQHo	Flachmoortorf (Niedermoortorf)	Moorerde - limnisch	1315	lQh	limnische Bildungen (Niedermoor)	1267	lHo					
11310				Auelehm - Auen	1316	fQh								
11310	107	lfQHo/fQHo	Schluff, sandig (Auelehm) über fluviatilem holozänem Sand und Kies *(bindiger Anteil)*								Mułki, miejscami z domieszką piasków (mady) tarasów zalewowych 1,5-3,0 m n.p. rzeki	Fluvial silts, locally sandy silts - floodplain deposists	4	**3**
11310											Namuły zagłębień bezodpływowych i okresowo przepływowych	Aggradational silty loams in local depressions	2	2
11310							fluviatile Bildungen (Auelehm lfHo, Sande und Kiese) *(bindiger Anteil)*	1268	fHo					
11360	16	fHo	Kies und Sand, untergeordnet Schluff- und Tonlagen	Sand, Kies - Auen	1317, 1293	sfQh	fluviatile Bildungen (Auelehm lfHo, Sande und Kiese) *(rolliger Anteil)*	1268	fHo		Piaski i piaski z żwirami den dolinnych Piaski i żwiry rzeczne, lokalnie mady tarasów zalewowych 3,5-6,0 m n. p. rzeki	Fluvial sands and gravely sands Fluvial sands and gravels	**1** +5	**3**
11360	107	lfQHo/fQHo	Schluff, sandig (Auelehm) über fluviatilem holozänem Sand und Kies *(rolliger Anteil)*											
11360											Piaski i piaski z żwirami den dolinnych	Fluvial sands and gravely sands	**1**	**3**
11300	10	Qho	Sand, Kies, Schluff der kleinen Täler (einschließlich "Wiesenlehm")				*(nicht in Legende aufgeführt aber Symbol in Karte ausgewiesen)*	1363	lfHo					
11300	107	lfQHo/fQHo	Schluff, sandig (Auelehm) über fluviatilem holozänem Sand und Kies *(bindiger Anteil)*											
11300	14	lfQHo	Schluff, sandig, z.T. humos ("Auenlehm")											
12210	265	ldQW	Gehängelehm (Fließlehm, meist solifluidal umgelagerter Lößlehm), z.T. kiesig	Gehängelehm	1319	dQW	deluviale Bildungen (Fließ- und Gehängelehm, Hangschutte) *(Anteil Gehängelehm)*	1271	dW *(+ ldW)*		Gliny i piaski deluwialne	Slope deposits - loams and loamy sands	6	4+5
12200	29	eQW	Löß, Lößlehm, einschließlich Lößderivate, z.T. solifluidal umgelagert				äolische Bildungen (Löß, Lößlehm incl. Lößderivate)	1272	eW		Lessy, gliny lessopodobne, miejscami zapiaszczone	Loesses nad silty loams	12	5
12700	31	edQW-Ho	Dünensand, mächtige Flugsanddecken	Dünen	1320	sdQW+edQW					Piaski eoliczne pokrywowe i w wydmach	Aeolian sands	7+8	
12110	110	lfQW-Ho	Schluff, sandig (Tallehm), über fluviatilem weichselzeitlichem Sand und Kies *(bindiger Anteil)*											
12110	301	lfQWh	Fluviatiler Schluff, sandig (Tallehm) = Tiefere Niederterrasse (Hochweichsel) *(bindiger Anteil)*	Terrassen *(bindiger Anteil) (Text der digitalen Bearbeitung: fluviatile Tone und Lehme (Auenlehm))*	1311	fW								
12110	303	lfQWh/fQWh	Schluff, sandig (Tallehm) über fluviatilem hochweichselzeitlichem Kies und Sand *(bindiger Anteil)*											
12110				Terrassen *(bindiger Anteil)*		fS3-fW								
12800	34	dQW	Fein- bis Grobschutt, z.T. tonig-schluffig				deluviale Bildungen (Fließ- und Gehängelehm, Hangschutte) *(Anteil Hangschutte)*	1270	dW					
12800	35	bdQW	Blockschutt, ungegliedert				*(nicht in Legende aufgeführt aber Symbol in Karte ausgewiesen)*	1269	bdW					
12510	110	lfQW-Ho	Schluff, sandig (Tallehm), über fluviatilem weichselzeitlichem Sand und Kies *(rolliger Anteil)*								Piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych 6,0-10,0 m n. p. rzeki	Fluvial sands and gravels - terraces 6-10 m	9	7
12510	25	fQWh	Fluviatiler Kies und Sand = Tiefere Niederterrasse (Hochweichsel)	fluviatil *(rolliger Anteil) (Text der digitalen Bearbeitung: Flusssandbildungen der Weichsel-Kaltzeit)*	1309, 1389	fW					Piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych 8,0-12,0 m n. p. rzeki (na styku z ark. Zgorzelec)	Fluvial sands and gravels - terraces 8 -12 m	53	8
12510	301	lfQWh	Fluviatiler Schluff, sandig (Tallehm) = Tiefere Niederterrasse (Hochweichsel) *(rolliger Anteil)*											
12510	303	lfQWh/fQWh	Schluff, sandig (Tallehm) über fluviatilem hochweichselzeitlichem Kies und Sand *(rolliger Anteil)*											
12510					1312 *(im Schöpstal und der Neiße)*	fSIII-fW	fluviatile Bildungen (Sande und Kiese)	1273	fW-fSIII					
12550	27	fQWf	Fluviatiler Sand (=HNT bzw. Obere Talsandfolge)		1312 *(wo HNT auf Eiszeitkarte ausstreicht)*	fSIII-fW	fluviatile Bildungen (Sande und Kiese)				Piaski, żwiry i mułki rzeczne tarasów nadzalewowych 12,0-20,0 m n. p. rzeki Piaski i żwiry stożków napływowych	Fluvial sands and gravels, locally muds - terraces 12 -20 m Sands and gravels of fluvial fans	10 +11	
12550				fluviatil *(rolliger Anteil)*	1313	fS3-fW								
12940				*(limnische und)* glazilimnische Tone und Schluffe	1310 *(wenn im Liegenden der Niederterrasse)* 1307 *(wenn bindig und über gfS1)* 1313 *(wenn an Basis zu 12550)*	ohne					Piaski, mułki, miejscami torfy *	Sands, silts, locally peats	13	
14260	51	gfQS1n	Glazifluviatiler Sand und Kies (Nachschüttbildungen)	*glazifluviale Bildungen*	1305 1307 *(wenn rollig, vermutlich häufigster Fall)*	gfS					Piaski i żwiry wodnolodowcowe Piaski kemów Piaski i żwiry tarasów kemowych	Glaciofluvial sands and gravels	14	**9** +10
14270				*(limnische und)* glazilimnische Tone und Schluffe	1307 *(wenn bindig und unter gfS1)*	ohne								
14270	55	gQS1	Geschiebemergel und -lehm (Grundmoräne)	*Grundmoräne des 1. Saale-Vorstoßes*	1306	gS	Grundmoräne	1260	gS1		Gliny zwałowe *	Glacial tills	17	12
14270	60	geQS1	Sand, Kies, Geschiebemergel und -lehm (Endmoräne)								Piaski, żwiry i głazy, miejscami gliny zwałowe moren czołowych	Sands, gravels and boulders, locally tills in end moraines	16	11
14280	62	glQS1v	Glazilimnischer Feinsand, Schluff und Ton (Vorschüttbildungen)	glazilimnische Vorschüttbildungen des 1. Saale-Vorstoßes	1241, 1388	glS1v	Vorschüttbildungen: glazilimnisch	1261	glS1v		Mułki zastoiskowe * Mułki i iły kemów	Limnoglacial silts	15	**9**
14510	203	fQSf	Fluviatiler Kies und Sand = Tiefere Mittelterrasse (= Hauptterrasse)	fluviatile frühsaalezeitliche Bildungen	1299	fS1	Vorschüttbildungen: fluviatil	1262	fS1					
14510				glazifluviatile Nachschüttbildungen der Elstereiszeit oder fluviatile frühsaaleglaziale Bildungen *(saalezeitlicher Anteil)*	(1301)	(fS1/gfE2n ?)								
14930							glazilimnische Nach- oder Vorschüttbildungen (wenn unter fS1)	1370	glE2n/glS1v					
14930				Holstein-Warmzeit in limnischer Fazies (Kahlemeile)	1300	liH								
16155	75	geQE2	Geschiebemergel und -lehm (Endmoräne)											
16155	217	TT4-5	Ton, Kies und Sand, lokal Braunkohle (Raunoer Folge) *(teilweise)*											
16155	115	fTT4-5	Fluviatiler Kies und Sand (Ältester und Älterer Senftenberger Elbelauf und Lausitzer Flüsse)	eburonzeitliche fluviatile Bildungen ("Bautzener Elbelauf", präglaziale Neiße)	1240	fEb								
16155	116	TT4b	Ton, Schluff, Feinsand und Braunkohle (Briesker Folge) *(teilweise)*											
16130	71	gfE2n	Glazifluviatiler Sand und Kies (Nachschüttbildungen z.T. nicht abtrennbar von Vorschüttbildungen)	glazifluviatile Nachschüttbildungen	1302	gfE2n	glazifluviatile Nachschüttbildungen	1264	gfE2n		Piaski i żwiry wodnolodowcowe * Piaski i żwiry rynien subglacjalnych *	Glaciofluvial sands and gravels Sands and gravels of subglacial tunnel channels	18 **+20** +22	13
16130				glazifluviatile Nachschüttbildungen der Elstereiszeit oder fluviatile frühsaaleglaziale Bildungen *(elsterzeitlicher Anteil)*	1301	fS1/gfE2n ?								
16150	74	gQE2	Geschiebemergel und -lehm (Grundmoräne)	Grundmoräne des 2. Elstervorstoßes	1303	gE2	Grundmoräne	1265	gE2		Gliny zwałowe * gliny rynien subglacjalnych *	Glacial tills	21 **+20**	
16160	81	glQE2v	Glazilimnischer Schluff, z.T. gebändert, und Feinsand (Vorschüttbildungen)	glazilimnische Vorschüttbildungen des 2. Elster-Vorstoßes	1235, 1239	glE2v	glazilimnische Vorschüttbildungen	1357, 1253	glE2v		Mułki zastoiskowe mułki rynien subglacjalnych *	Limnoglacial silts	19 **+20**	
16160							glazilimnische Vor- oder Nachschüttbildungen zwischen den beiden Elster-Virstößen *(wenn über gfQE1n-2v)*	1255,1355,1356	glE1/2					
16245	73	fQE2	Fluviatiler Kies und Sand = Mittlere Mittelterrasse											
16245	274	fQE1/2	Fluviatiler Kies und Sand, ungegliedert (Schotter Torga, Mauschwitz, Niederludwigsdorf)	fluviatile (bis glazifluviatile) Bildungen zwischen den beiden Elstervorstößen	1236	f(-gf) E1/2	*(nicht in Legende aufgeführt aber fluviatile Flächen vorhanden, korreliert mit Niesky)*	1358	fE1/2					
16245	85	f/gfQE1/2	Fluviatiler (bis glazifluviatiler) Kies und Sand		1366	f E1/2								
16230	83	gfQE1n-2v	Glazifluviatiler Sand und Kies (Nach- oder Vorschüttbildungen)				glazifluviatile (z.T. auch fluviatile) Vor- und Nachschüttbildungen zwischen den beiden Elstervorstößen	1254	gfE1/2					
16230				glazifluviatile und glazilimnische Nachschüttbildungen des 1. Elstervorstoßes	1328, 1223, 1237	gf+gl E1n								
16230							glazilimnische Vor- oder Nachschüttbildungen zwischen den beiden Elster-Vorstößen *(wenn unter gfQE1n-2v)*	1255,1355,1356	glE1/2					
16350	91	gQE1	Geschiebemergel und -lehm (Grundmoräne)	Grundmoräne	1238	gE1	Grundmoräne	1256	gE1					
16360				glazifluviatile und glazilimnische Vorschüttbildungen des 1. Elstervorstoßes *(glazilimnischer Anteil)*	1367, 1224	gf+gl E1v								
16380							glazifluviatil	1258	gfE1v					
16410	251	fQMp	Fluviatiler Kies und Sand = Tiefere Hochterrasse				fluviatil	1259	fE1v					
22150											Piaski, żwiry, mułki i iły kaolinowe - (formacja gozdnicka)	Sands, gravels, silts and kaolin clays	23+51	17
22150	217	TT4-5	Ton, Kies und Sand, lokal Braunkohle (Raunoer Folge) *(teilweise)*	TT4-5		Ton, Kies und Sand, lokal Braunkohle (Raunoer Folge)					Iły, mułki, piaski miejscami węgle brunatne - (formacja ścinawska, pawłowicka i adamowska)	Clays, silts and sands locally brown coals	25	15+16
22221	217	TT4-5	Ton, Kies und Sand, lokal Braunkohle (Raunoer Folge) *(teilweise)*											
22232	116	TT4b	Ton, Schluff, Feinsand und Braunkohle (Briesker Folge) *(teilweise)*											
22233	116	TT4b	Ton, Schluff, Feinsand und Braunkohle (Briesker Folge) *(teilweise)*											
22236	116	TT4b	Ton, Schluff, Feinsand und Braunkohle (Briesker Folge) *(teilweise)*											
22322	116	TT4b	Ton, Schluff, Feinsand und Braunkohle (Briesker Folge) *(teilweise)*											
22324	116	TT4b	Ton, Schluff, Feinsand und Braunkohle (Briesker Folge) *(teilweise)*											
22329											Iły, mułki, piaski miejscami węgle brunatne - (formacja ścinawska, pawłowicka i adamowska)	Clays, silts and sands locally brown coals	25	15+16
22332														
22334											Iły, mułki, piaski miejscami węgle brunatne - (formacja ścinawska, pawłowicka i adamowska)	Clays, silts and sands locally brown coals	25	15+16
22338														
22010														
22011														
22012	327	TT4	Ton, Schluff, z.T sandig, mit z.T mächtigen Braunkohlenflözen (im Tagebau)						TT4					
22014	327	TT4	Ton, Schluff, z.T sandig, mit z.T mächtigen Braunkohlenflözen (im Tagebau)						TT4					
22017	327	TT4	Ton, Schluff, z.T sandig, mit z.T mächtigen Braunkohlenflözen (im Tagebau)						TT4					
22016														
23010														
23012														
29950														

HyE	Geol. Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze 1:100.000 - german area			Geol. Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze 1:100.000 - polish area		
	Nr. Legende	Symbol	Beschreibung	ID	Symbol	Beschreibung

Hydrogeologische Einheit (HyE) - Gliederung		HyE-Kurzbezeichnung	generalisierte HyE-Petrographie	HyE-shortname English language	HyE-shortname Polish language	Stratigraphie (deutsche Klassifizierung)					Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen 1:50.000			LKQ 1:50.000 Blatt Niesky			LKQ 1:50.000 Blatt Görlitz		
HyE	Vor-kommen										VERBID	Symbol	Beschreibung	Beschreibung	Legenden-einheit	Symbol	Beschreibung	Legendeneinheit	Symbol
93001	SN	Tertiäre Vulkanite	Basische Laven und Pyroklastika (T)	basic extrusive rocks and pyroclastics (T)	wylewne skały zasadowe (T)	Känozoikum	Tertiär	Oligozän bis Miozän		Tertiärvulkanismus									
95028	SN/PL	Sandsteine;Schluffsteine, Tonsteine (st) - Czerna- + Węgliniec-Formation		sandstones, claystones, siltstones (st) - Czerna + Węgliniec formation	piaskowce, mułowce i iłowce (st) - Formacja z Czernej + Węglińca	Mesozoikum	Kreide	Santon											
95025	SN/PL	Sandsteine und Mergelsteine (cn)		sandstones and marlstones (cn)	piaskowce i margle (cn)			Coniac											
95022	SN	Mergelsteine (t)		marlstones (t)	margle (t) (formacja z Rakowic - lower part)			Turon											
95020	SN/PL	Kalke (t)		limestones (t)	wapienie (t) - ogniwo z Przewozu														
95018	SN/PL	Sandsteine (c), local Mergelsteine		sandstones (c), locally marlstones	piaskowce (c) - ogniowo z Wilkowa, lokalnie margle			Cenoman											
95017	PL	Schluffsteine und Evaporite (T1.3)		siltstones and evaporites (T1.3)	iłowce i ewaporaty (T1.3)		Trias	B untsandstein	oberer Buntsandstein										
95016	SN/PL	Sandsteine und Konglomerate (T1.1-1.2)		sandstones and conglmerates (T1.1-1.2)	piaskowce i zlepieńce (T1.1-1.2)				unterer-mittlerer Buntsandstein										
95519	SN/PL	Evaporite (P2)		evaporites (P2)	ewaporaty (P2)		Perm	Zechstein											
95521	PL	Sandsteine und Konglomerate (P1)		sandstones and conglmerates (P1)	piaskowce i zlepieńce (P1))			Rotliegendes											
95518	SN/PL	Konglomerate und Sandsteine (P1 und C2-P1)		conglomerates and sandstones (P1 and C2-P1)	zlepieńce i piaskowce (P1 i C2-P1))														
96003	SN	Biotit-Monzogranite		biotit-monzogranites	mozogranity biotytowe	Paläozoikum		Variszischer Magmatit-Komplex		Königshain / Wiesa									
96019	SN	Basische Vulkanite (C2)		basic extrusive rocks (C2)	wylewne skały zasadowe (C2)			Oberkarbon											
96209	SN	Saure Vulkanite (C2)		acid extrusive rocks (C2)	wylewne skały kwaśne (C2)														
96207	SN/PL	Konglomerate und Schluffsteine (C2)		conglomerates and siltstones (C2)	zlepieńce i iłowce (C2)														
96212	PL	Phyllite (C1)		phyllites (C1)	fyllity (C1)			Unterkarbon											
96208	SN/PL	Grauwacken und Sandsteine (C1)		greywackes and sandstones (C1)	szarogłazy i piaskowce (C1)														
96206	SN/PL	Grauwacken und Schluffsteine (C1)		greywackes and siltstones (C1)	szarogłazy i iłowce (C1)														
97508	SN/PL	Schiefer, Grauwacken, Quarzite, Diabase und Tuffe (O-D)		slates, greywackes, quarzites, diabases and tuffs (O-D)	łupki, szarogłazy, kwarcyty, daiabazy i tufy (O-D)		Ordovizium-Devon	Devon / Silur											
97816	SN/PL	Biotit-Granit-Monzogranit (ЄO)		biotite-granites-monzogranites (ЄO)	granity i monzogranity biotytowe (ЄO)		Kambro-Ordovizium	Altpaläoz. Magmatitkomplex		Rumburk									
97612	PL	Orthogneise (ЄO)		orthogneises (ЄO)	ortognejsy (ЄO)														
97708	SN	Biotit-Monzogranit-Granodiorite (ЄO)		biotite-monzogranite-granodiorite (ЄO)	monzogranity - granodioryty biotytowe (ЄO)					Vaclavice									
97264	SN/PL	Dolomite, Kalke und Tonschiefer (Є)		dolomites, limestones and slates (Є)	dolomity, wapienie i łupki (Є)		Kambrium												
97265	SN	Basische Vulkanite (Є)		basic extrusive rocks (Є)	zasadowe skały wylewne (Є)														
97707	SN/PL	Biotit-Granodiorite (PR)		biotite-granodiorite (PR)	granodioryty biotytowe (PR)	Proterozoikum bis Paläozoikum				Komplex von Radeberg-Löbau									
97711	SN/PL	kontaktmetamorphe Grauwacken und Schiefer (=Hornfelse)		contact metamorphosed greywackes and slates (=hornfelses)	zmetamorfizowane kontaktowo szarogłazy i łupki (=hornfelsy)														
97709	SN/PL	Grauwacken und Schiefer (PR)		greywackes and slates (PR)	szarogłazy i łupki (PR)	Proterozoikum	Neoproterozoikum	vendischer Sedimentkomplex		Lausitzer Hauptgruppe / Kamenz-Gruppe / Wüsteberg-Gruppe									
xxx		Rhyolith- und Granitporhyrgänge		rhyolitic veins	żyły ryolitowe	Alter unterschiedlich					145	λ'	Saure u. intermediäre Ganggesteine						
xxx		Dioritgänge		dioritic veins	żyły diorytowe														
xxx		Lamprophyrgänge		lamprophyr veins	żyły lamprofirowe						293	χ	Mikrogabbro und Mikrodiorit in Gängen ("Lamprophyr")						
xxx		Quarzgänge		quartz veins	żyły kwarcowe						173	q	Gangquarz						

HyE	SMGP 1:50 000, ark. Zgorzelec, Ręczyn, Węgliniec - kompilacja (kompilation): Age	PL	English	nr wg legendy	nr wg legendy	Geol. Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze 1:100.000 - german area: Nr. Legende	Symbol	Beschreibung	Geol. Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze 1:100.000 - polish area: ID	Symbol	Beschreibung
93001		Bazalty + Tufy bazaltowe?	Basalts + Basaltic tuffs?	26	18 +19?	2001	φ	Basaltoide, allgemein	1	φ	Bazaltoidy w ogólności
						2002	Nφ	Nephelinbasanite, Olivinnephelinite	2	Nφ	Bazanity nefelinowe, oliwinowe nefelinity
									3	Tφ	Nefelinowe tefryty
						2007	υ	Phonolite	7		
95028	Cr3st	Piaskowce z wkładkami iłów, mułków i węgli brunatnych (formacja z Czernej)	Sandstones with inserts of clays, silts and brown coals (Czerna formation)			2009	Kst	Santon, ungegliedert: Sandsteine, Schluffsteine, Tonsteine	9	Kst	Piaskowce, mułowce, iłowce, margle
95025						2012 (2)	Kcn	Sandsteine, Mergel (sKcn–st) *(überwiegend Sandsteine)*	12 (2)		
	Cr3cn	Piaskowce kwarcowe (formacja z Rakowic Wlk.(?) (= Ogniwo z Dobrej albo z Żerkowic)	Quartz sandstones (Rakowice Wlk. Formation) (?) (Dobra or Zerkowice member)			2013			14	sKcn	Piaskowce, przewznie kwarcowe
	Cr3cn	Margle piaszczyste (formacja z Rakowic Wlk.)	Sandy marls			2012 (1)	Kcn	Sandsteine, Mergel (sKcn–st) *(überwiegend Mergelsteine)*	12 (1)		
95022	Cr3t	Piaskowce margliste i kwarcowe	Marly and quartz sandstones			2016 (2)	Kt	Turon, ungegliedert: Sandsteine, Mergel, Tonsteine *(überwiegend Mergelsteine)*	17 (3)	Kt	Turon, nierozdzielony: piaskowce, mułowce, iłowce
95020						2016 (1)	Kt	Turon, ungegliedert: Sandsteine, Mergel, Tonsteine *(überwiegend Kalke)*	17 (1)		
95018	Cr3c	Piaskowce kwarcowe	Quartz sandstones			2022	Kc	Cenoman, ungegliedert: Sandsteine, tonige und glaukonitische Sandsteine, Mergel, lokal Konglomerate	24	Kc	Cenoman nierozdzielony: piaskowce, piaskowce ilaste i glaukonitowe, margle, lokalnie konglomeraty
95017						2029	T13	Schluffsteine, Sandsteine mit Einlagerungen von Mergeln, Kalksteinen, Dolomiten, Anhydrit und Gips	31	T13	Mułowce, piaskowce z przeławiceniami margli, wapienie, dolomity, anhydryty i gipsy
95016		Piaskowce kwarcowe * (formacja z Radłówki)	Quartz sandstones			2030	T11+2	Sandsteine, Schluffsteine, teilweise konglomeratisch, karbonatische Sandsteine, Schluffsteine, oolithische Kalksteine und Dolomite	32	T11+2	Piaskowce, mułowce, miejscami konglomeraty i piaskowce wapniste, mułowce, wapienie i dolomity oolityczne
		Piaskowce * (formacja z Radłówki)	Sandstones								
95519	P3 (=P2)	Wapienie, wapienie dolomityczne, podrzędnie mułowce i iłowce (ogniwo z Niwnic)	Limestones, dolomitic limestones, partially mudstones and claystones			2031	P2	Oberes Perm, ungegliedert: Dolomite, Kalksteine, Mergel, Anhydrit, Salz	33	P2	Górny perm nierozdzielony: dolomity, wapienie, margle, anhydryty, sole kamienne
95521	P1	Piaskowce, zlepieńce i mułowce (formacja z Rząśnika)	Sandstones conglomerates and mudstones (Rząśnik Formation)						39	P11-1	Piaskowce, mułowce, łupki węgliste, konglomeraty (przeważnie fanglomeraty), węgle, sporadycznie wapienie, tufy i inne skały wulkaniczne
95518	P2 (=P1 = Upper Rotliegend)	Piaskowce, iłowce i zlepieńce	Sandstones, claystones and conglomerates								
	P1	Piaskowce, zlepieńce i wkładki wapieni (formacja z Płóczek)	Sandstones conglomerates with inserts of limestones (Płóczki Formation)			2034	P11-2	Konglomerate (meist Fanglomerate), Sandsteine, Schluffsteine, lokal Kohle, vulkanische Gesteine, Tonmergel, Kalksteine	38	P11-2	Konglomeraty (przewaznie fanglomeraty), piaskowce, mułowce, lokalnie wegle, skały wulkaniczne, margle, wapienie
						2036	C2-P1	Oberes Karbon–Unteres Perm, ungegliedert: Konglomerate (meist Fanglomerate), Sand- u. Schluffsteine, Tuffe; vereinzelt Kalksteine, Vulkanite	40	C2-P1	Górny karbon - dolny perm nierozdzielony: konglomeraty (przeważnie fanglomeraty), piaskowce, łupki ilaste, tufy
96003						2118	γK	Biotit- Monzogranite (Typen Königshain und Arnsdorf)	211		
						2043	γδhW	Biotit- Monzogranite bis Quarzdiorite, hornblendeführend, mittelkörnig, teilweise porphyrisch (Typen: Wiesa, Kleinschweidnitz)	51		
96019						2128	aCw-s	Basaltandesite, Trachybasalte, Tuffe	242		
96209						2038	lCw-s	Rhyolithe, Rhyodazite, Porphyrite	43		
96207	Cs	Piaskowce, mułowce, i zlepieńce (formacja ze Starej Kraśnicy)	Sandstones, mudstones and conglomerates (Stara Kraśnica Formation)						42	Cs	Arkozy, piaskowce, konglomeraty, mułowce, lokalnie pokłady wegla
	Cw	Iłowce, mułowce z wkładkami drobnoziarnistych piaskowców	Claystones, mudstones with bends of fine sandstones			2039	Cw	Konglomerate, Sandsteine, Schluffsteine, Tuffe, Kohlenflöze	45	Cw	Konglomeraty, piaskowce, mułowce, tufy, pokłady węgli
96212		Fyllity (metaiłowce, metamułowce i metapiaskowce) (asocjacja "fliszu dzikiego")	Phyllites (meta-claystones, meta-mudstones and meta-sandstones) ("wild flysch")								
96208	C1	Fyllity (metaiłowce i metamułowce) z wkładkami piaskowców szarogłazowych i kwarcytowych (asocjacja fliszu normalnego)	Phyllites (meta-claystones, meta-sandstones) with inserts of greywackes and quartz sandstones ("normal flysch")			2051	C1	Unteres Karbon, ungegliedert: Grauwacken, Sandsteine, Schluffschiefer (teilweise Phyllite), Tonsteine, Kalksteine	66	C1	Dolny karbon nierozdzielony: szarowaki, piaskowce, iłołupki (częściowo sfyllityzowane), iłowce, wapienie
96206	C1	Zlepieńce szarogłazowe	Greywacke conglomerates			2052	kC1	Tonschiefer, Grauwacken mit Konglomeraten (Kieselschiefer-Hornstein-Konglomerat)	67	kC1	Łupki ilaste i szarowaki z konglomeratami („Kieselschiefer-Hornstein-Konglomerat")
97508	D-C1	Fyllity i łupki krystaliczne	Phyllites and shists			2056	D	Devon, ungegliedert: Tonschiefer, Quarzite, basische Tuffe, Konglomerate, Cherts (Hornstein) / Teilweise Kalksteine	84		
						2122	wD3	Wechsellagerung von Grauwacken und Schiefern	218		
	D	Diabazy + Gabra zserpentynizowane	Diabases + Serpentinized gabros			2121	tb¦D3	Diabase und Diabastuffe	217		
	D3	Łupki krystaliczne, kwarcyty i wapienie krystaliczne	Shists, quartzites and crystalline limestones			2059	jD3	Rote und grüne Tonschiefer, Hornsteine und silifizierte Schiefer	92		
		Łupki krystaliczne, kwarcyty i wapienie krystaliczne				2059	jD3	Rote und grüne Tonschiefer, Hornsteine und silifizierte Schiefer	92		
						2060	qD3	Quarzsandsteine, Quarzite	93		
	S	Łupki krzemionkowe (czerty)	Quartz and graphite shists			2062	S	Silur, ungegliedert: Kiesel- und Alaunschiefer, teilweise mit Kalksteinen	102		
	O-S	Fyllity i kwarcyty	Phyllites and quartzites			2063	O3-D	Oberes Ordovizium–Devon, ungegliedert: Tonschiefer, Quarzite, Diabase	107		
									108	O?Ś	Ordowik nierozdzielony: fyllity, kwarcyty, lokalnie łupki zieleńcowe ("formacja Świerzawy")
97816						2069	gR	Biotit-Granite bis Monzogranite, ungegliedert (Typ Rumburk)	125	gR	Granity biotytowe do monzogranitów, nierozdzielone (typ "Rumburk")
						2070			126	cgR	Granity biotytowe do monzogranitów, od grubo- do bardzogruboziarnistych, porfirowate
						2071			127	fgR	Granity biotytowe do monzogranitów, od drobno- do średnioziarnistych
97612									129	GI	Ortognejsy w ogólności (typ: "gnejsy izerskie")
	Cm-O	Gnejsy gruboziarniste + Gnejsy porfirowate + Gnejsy oczkowe + Gnejsy równoziarniste + Gnejsy warstewkowe	Coarse-grained gneisses + Porphyritic gneisses + Eye gneisses + Even-grained gneisses + Banded gneisses			2075			133	aGI	Gnejsy oczkowe i granitognejsy
97708						2123	γδV	Biotit- Monzogranit- Granodiorite (Typ: Vaclavice)	224		
97264	Cm	Dolomity krystaliczne, anhydryty, gipsy + Wapienie krystaliczne	Crystalline dolomites, anhydrites and gypsum + Crystalline limestones			2082	?1Є	Massive Dolomite, Kalksteine und Tonschiefer (Charlottenhof-Formation)	166	Є1C	Masywne dolomity, wapienie i łupki ilaste ("formacja z Charlottenhof ")
97265						2131	bæЄ	Basische Vulkanite und Pyroklastite	247		
97707	Pt-Cm	Granodioryty	Granodiorites			2094	γδZ	Biotit- Granodiorite, mittelkörnig (Typ: Zawidow)	178	γδZ	Granodioryty biotytowe do biotytowo-hornblendowych, średnioziarniste (typ „Zawidów")
						2090	γδL	muskowitführende Biotit-Granodiorite bis Tonalite, mittelkörnig (Typ Löbau)	174		
97711											
97709						2105	PTL	Grauwacken, pelitische Grauwacken (Lausitzer Hauptgruppe)	196		
	Pt3	Piaskowce szarogłazowe i łupki mułowcowe	Greywackes and silty shales			2106	PTK	Grauwacken, Schluffsteine und Tonsteine, lokal mit Konglomeraten, Kalksilikatgesteinen, Schwarzschiefer (Kamenz-Gruppe)	197	PTK	Szarowaki, mułowce i argility, lokalnie konglomeraty, skały wapniowo-krzemianowe i czarne iłołupki ("grupa z Kamenz")
						2107	PTWb	Grauwacken, Schluffsteine, und Tonsteine, lokal mit Kalksilikatgesteinen (Wüsteberg-Gruppe)	198		
xxx (Rhyolith- und Granitporhyrgänge)						2041	λ	Rhyolite	48		
xxx (Dioritgänge)						2135	δ	Diorite	254		
xxx (Lamprophyrgänge)						2133	χ	Lamprophyre, allgemein	252		
						2143	δν	Spessartite	1252		
xxx (Quarzgänge)		Żyły kwarcowe	Quartz veins			2132	q	Quarzgänge	249		

xxx zu umgebender Einheit hinzugefügt / added to the encircling unit

Grundwasserleiter / aquifer

Mischtyp / mix type

Grundwasser-Geringleiter / aquiclude

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.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:
Dr. Ottomar Krentz, Dr. Peter Riedel, Silke Reinhardt, Mario Bretschneider, Karina Hofmann
Abteilung Geologie/Projektteam TransGeoTherm
Halsbrücker Straße 31a, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 294-1201
Telefax: +49 3731 294-1099
E-Mail: ottomar.krentz@smul.sachsen.de
transgeotherm.lfulg@smul.sachsen.de

Redaktion:
Karina Hofmann
Abteilung Geologie/Projektteam TransGeoTherm
Halsbrücker Straße 31a, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 294-1409
Telefax: +49 3731 294-1099
E-Mail: karina.hofmann@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:
26.06.2015

ISSN:
1867-2868

Hinweis:
Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter https://publikationen.sachsen.de/bdb/ 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 im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl 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. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.
Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.