



Verkarstungsphänomene im Freistaat Sachsen

Schriftenreihe, Heft 12/2017



Charakterisierung raumplanungsrelevanter Geogefahren im Freistaat Sachsen

Aushaltung subrosionsgefährdeter Bereiche
im Freistaat Sachsen auf der Grundlage
der Verbreitung karstgefährdeter Gesteine
(Karbonate, Sulfate, Chloride)
unterschiedlichen Alters

Antje Migalk, Marion Tschapek

1	Einleitung/Zielstellung	8
2	Informationsgrundlagen	8
2.1	Allgemein.....	8
2.2	Geobasisdaten	9
2.3	Fachliteratur/Sachdatenerhebung	11
3	Methodik.....	11
3.1	Datenbank/Subrosionskataster	11
3.2	Geografisches Informationssystem Karstphänomene	13
3.3	Digitales Geländemodell ATKIS-DGM2.....	13
3.4	Gefahrenhinweiskarte.....	15
4	Regionalgeologischer Überblick.....	16
5	Karstgefährdete Einheiten – Grundgebirgsstockwerk.....	18
5.1	Torgau-Doberluger Synklinorium.....	19
5.1.1	Geografische Lage	19
5.1.2	Geologie.....	19
5.1.3	Bewertung	20
5.2	Delitzscher Synklinealbereich.....	20
5.2.1	Geografische Lage	20
5.2.2	Geologie.....	20
5.2.3	Bewertung	20
5.3	Vogtländisches Synklinorium.....	21
5.3.1	Geografische Lage	21
5.3.2	Geologie.....	21
5.3.3	Bewertung	22
5.4	Bergaer Antiklinorium	22
5.4.1	Geografische Lage	22
5.4.2	Geologie.....	22
5.4.3	Bewertung	23
5.5	Wildenfelser Zwischengebirge.....	23
5.5.1	Geografische Lage	23
5.5.2	Geologie.....	23
5.5.3	Bewertung	25
5.6	Nossen-Wilsdruffer Synklinorium	25
5.6.1	Geografische Lage	25
5.6.2	Geologie.....	25
5.6.3	Bewertung	26
5.7	Maxen-Berggießhübeler Synklinorium.....	26
5.7.1	Geografische Lage	26
5.7.2	Geologie.....	26
5.7.3	Bewertung	26
5.8	Görlitzer Schiefergebirge.....	27
5.8.1	Geografische Lage	27
5.8.2	Geologie.....	27
5.8.3	Bewertung	29
5.9	Flöha-Zone	29
5.9.1	Geografische Lage	29
5.9.2	Geologie.....	29
5.9.3	Bewertung	29
5.10	Fichtelgebirgisch-Erzgebirgische Antiklinalzone.....	30

5.10.1	Geografische Lage	30
5.10.2	Geologie	30
5.10.3	Bewertung	31
5.11	Schiefermantel des Granulitgebirges.....	31
5.11.1	Geografische Lage	31
5.11.2	Geologie	31
5.11.3	Bewertung	32
6	Karstgefährdete Einheiten – Molassestockwerk	32
6.1	Döhlener Senke.....	33
6.1.1	Geografische Lage	33
6.1.2	Geologie	33
6.1.3	Bewertung	34
6.2	Vorerzgebirgs-Senke.....	35
6.2.1	Geografische Lage	35
6.2.2	Geologie	35
6.2.3	Bewertung	36
7	Karstgefährdete Einheiten – Deckgebirge	36
7.1	Dübener Senke	37
7.1.1	Geografische Lage	37
7.1.2	Geologische Verhältnisse.....	37
7.1.3	Bewertung	38
7.2	Mühlberger Senke	38
7.2.1	Geografische Lage	38
7.2.2	Geologische Verhältnisse.....	38
7.2.3	Bewertung	38
7.3	Mügelner Senke	39
7.3.1	Geografische Lage	39
7.3.2	Geologie	39
7.3.3	Bewertung	41
7.4	Elbe-Senke.....	41
7.4.1	Geografische Lage	41
7.4.2	Geologie	41
7.4.3	Bewertung	42
7.5	Bornaer Senke	42
7.5.1	Geografische Lage	42
7.5.2	Geologie	42
7.5.3	Bewertung	43
7.6	Zeitz-Schmöllner Senke	43
7.6.1	Geografische Lage	43
7.6.2	Geologie	43
7.6.3	Bewertung	44
7.7	Ostbrandenburg-Nordsudetische Senke mit der Struktur Mulkwitz	44
7.7.1	Geografische Lage	44
7.7.2	Geologie	44
7.7.3	Bewertung	46
8	Ergebnisse und Ausblick.....	46
8.1	Ergebnisse Datenbankanwendung mit GIS.....	46
8.2	Ergebnisse Sachdatenrecherche	47
8.3	Gefahrenhinweiskarte mit Verbreitung subrosionsgefährdeter Gesteine.....	48
	Literaturverzeichnis	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schummerungsbild (links) und berechnete, geschlossene Hohlformen (rechts) am Beispiel Wildenfeser Zwischengebirge.....	14
Abbildung 2:	Regionalgeologisch-tektonische Gliederung des Freistaates Sachsen (LfULG 1995).....	17
Abbildung 3:	Vereinfachtes Normalprofil des Kambriums im Raum Görlitz (ELICKI 2003).....	27
Abbildung 4:	Normalprofil Zum Rotliegenden in der Döhlener Senke (aus FRANKE 2017).....	34
Abbildung 5:	Normalprofil des Unterrotliegenden in der Vorerzgebirgs-Senke (aus FRANKE 2017).....	35
Abbildung 6:	Geologisches Profil der Bohrung Hy 2/64 von Rotliegend bis Buntsandstein (aus BERGER & KAUFMANN 2010).....	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verwendete Geo-Kartenwerke	10
Tabelle 2:	Sonstige verwendete Geobasisdaten	11
Tabelle 3:	Datenbank - Themenkomplexe und zugeordnete Fachdaten	12
Tabelle 4:	GIS-Projekt Landesübersicht Subrosion mit Fachthemen.....	13
Tabelle 5:	Einstufungskriterien zur Bewertung und Ausweisung differenzierter Gefahrenhinweisflächen auf dem Territorium des Freistaates Sachsen	16
Tabelle 6:	Einheiten des variszischen und prävariszischen Grundgebirges	18
Tabelle 7:	Einheiten des variszischen Molassestockwerkes.....	32
Tabelle 8:	Einheiten des Deckgebirges	36

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
CUI	Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur
DGM	Digitales Geländemodell
DHHN	Deutsches Haupthöhennetz
E	Osten
ETRS	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem
EV	Erzgebirge - Vogtland
GIS	Geographisches Informationssystem
GK25	Geologische Karte 1 : 25.000
GK50	Geologische Karte 1 : 50.000
GÜK400	Geologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1 : 400.000
KOR50	Karte der oberflächennahen mineralischen Rohstoffe 1 : 50.000
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LKT50	Lithofazieskarte Tertiär 1 : 50.000
N	Norden
NE	Nordosten
NW	Nordwesten
S	Süden
SE	Südosten
SGD	Staatliche Geologische Dienste
SW	Südwesten
W	Westen
Z4	Aller-Zyklus
Z3	Leine-Zyklus
Z2	Steißfurt-Zyklus
Z1	Werra-Zyklus

1 Einleitung/Zielstellung

Geologisch bedingte Naturgefahren wie Felsstürze, Rutschungen, Erdbeben oder Subrosion/Verkarstung sollen in Deutschland laut Empfehlung der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) nach einem einheitlichen Mindeststandard erfasst, bewertet, prognostiziert und in vergleichbaren Gefahrenhinweiskarten der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Der SGD definiert Gefahrenhinweiskarten als nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien erstellte Übersichtskarten mit Hinweisen auf geogene Naturgefahren, die erkannt und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet sind (AD-Hoc-Arbeitsgruppe Geologie 2016). Die Gefahrenhinweiskarten können Grundlagen für Planungsprojekte und standortbezogene Gefahrenbeurteilungen sein, aber keinesfalls ersetzen sie konkrete Untersuchungen zum Standort (z. B. Baugrunduntersuchungen).

Die Thematik Subrosion/Verkarstung wurde bisher im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) nicht umfänglich bearbeitet bzw. in einer Gefahrenhinweiskarte abgebildet.

Ziel dieses Projekts ist es, für die geologisch bedingte Naturgefahr Subrosion/Verkarstung in Karbonaten, Sulfaten und Chloriden im Freistaat Sachsen die Datengrundlagen zu schaffen und durch die Bewertung der auslaugungsfähigen Gesteinsschichten vor allem hinsichtlich ihrer Teufenlage dem LfULG diese spezielle Geogefahr in einer digitalen Karte bereitzustellen.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Sachdatengrundlagen, die Ergebnisse der Erfassung und Bewertung des potenziell verkarstungs- und auslaugungsfähigen Untergrundes und liefert im Resultat die Ausweisung differenzierter Gefahrenhinweisflächen. Die Sachdaten sind in einer MS-Access-Datenbank mit entsprechender GIS-Anbindung eingepflegt, die im Anschluss an das Auskunftssystem des LfULG eingebunden werden soll.

2 Informationsgrundlagen

2.1 Allgemein

Der Begriff Karst steht in der Geologie für die Gesamtheit der geomorphologischen Geländeformen und hydrologischen Erscheinungen, die in petrologisch auslaugungsfähigen Gesteinen durch Lösungs- und Kohlensäureverwitterung an der Geländeoberfläche oder in der Tiefe entstanden sind. Als auslaugungsfähige bzw. verkarstungsfähige Gesteine sind in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit von leicht zu schwer löslich zu nennen: Salze, Sulfatgesteine (Anhydrit, Gips), Karbonatgesteine (Kalksteine, Dolomite) und Quarzgesteine (Sandstein, Quarzite). Letztere werden im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht betrachtet.

Die Karsterscheinungen werden nach Merkmalen in verschiedene Karsttypen unterteilt. Als Unterteilung kann beispielhaft benannt werden: Unterteilung nach der Lage in oberirdische und unterirdische Karstformen, nach der Überdeckung im offenen, halbbedeckten, bedeckten oder überdeckten Karst, nach der zeitlichen Entstehung im rezenten, inaktiven, fossilen oder begrabenen Karst sowie nach den verkarstungsfähigen Gesteinen in Karbonat-, Sulfat- und Salinarkarst sowie in Quarzit- und Sandsteinkarst. Auch in den geowissenschaftlichen Fachtermini ist für Karstformen die Vielfalt der Begriffe und ihrer Synonyme je nach regionalgeologi-

schen Räumen zu beachten. Die slowenische Landschaft Kras ist Namensgeber (Karst ist abgeleitet aus dem slowenisch „kras“ = steiniger, unfruchtbarer Boden) und Typlokalität für Karstgebiete (PRINZ & STRAUß 2011).

Karstlandschaften sind an der charakteristischen Geomorphologie erkennbar. Die wichtigsten Karstformen, die an der Geländeoberfläche entstehen, sind z. B. bruchhafte Senken (Erdfälle, Einsturzdolinen), bruchlose Senken (großräumige Subrosionssenken, Lösungsdolinen), Uvalas (Verknüpfung vieler Einzelhohlformen), Erdorgeln (Spalten, meist sedimentgefüllt), Karren, Zerrspalten und Abrissklüfte. Zu den unterirdischen Karstformen zählen Karsthöhlen mit ihren durch Kalkausfällung entstandenen Tropfsteinvariationen und Sinterbildungen sowie Karstschlotten (sackförmige Hohlformen, Kluftkarst), die häufig mit feinem Sedimentmaterial oder Wasser gefüllt sind und im Allgemeinen erst durch bergmännische Auffahrungen oder Bohrungen bekannt werden. Aufgrund der fehlenden durchgehenden Oberflächenentwässerung in Karstgebieten entstehen z. B. Schwinden, die als Karstquellen wieder zutage treten, sowie unterirdische Flussläufe und Karstseen.

Das geologische Phänomen Karst ist auch im Freistaat Sachsen ausgebildet, allerdings aufgrund der spärlich sichtbaren und zugänglichen Karstausbildungen wenig bekannt. Es handelt sich überwiegend um fossile Karstformen, die in länger zurückliegenden geologischen Zeiträumen (bspw. im Tertiär) entstanden und inzwischen inaktiv sind. Jüngere Sedimentbildungen füllen diese Formen aus, sodass sich die tiefliegenden Karstformen geländemorphologisch nicht abzeichnen können. Der Karst ist begraben. Erst durch größere Steinbrüche, bergmännische Auffahrungen und engräumig geteufte Erkundungsbohrungen werden die fossilen, mit jüngeren Sedimenten überdeckten Karstformen in ihren Ausmaßen sichtbar. In konkreten Erkundungsberichten und Monografien sind die Beobachtungen und Auswirkungen der Verkarstung beschrieben.

Bisher ist keine landesweite systematische Erfassung von karstbedingten Bruch- und Verformungserscheinungen vom LfULG durchgeführt worden. Es besteht aber in der Öffentlichkeit der Informationsbedarf, inwieweit Geogefahren, die durch Subrosion/Verkarstung entstehen können, zutreffend sind. Außerdem besteht die Empfehlung der Staatlichen Geologischen Dienste, der Öffentlichkeit Gefahrenhinweiskarten zur Verfügung zu stellen (Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Geologie 2016; Personenkreis „Geogefahren“ 2008).

Das LfULG beginnt mit diesem Projekt mit der landesweiten systematischen Erfassung und Bewertung auslaugungsgefährdeter Bereiche auf der Grundlage der Verbreitung karstgefährdeter Gesteinshorizonte (LfULG 2016).

2.2 Geobasisdaten

Geo-Kartenwerke

Voraussetzung für eine zielführende Datenrecherche ist die Kenntnis der Verbreitung betreffender auslaugungsfähiger Gesteine verschiedener Alter und Tiefenlagen. Dazu wurden geologische Kartenwerke in analoger und digitaler Form des Freistaates Sachsen in unterschiedlichen Maßstäben hinsichtlich der Verbreitung von Kalksteinen, Marmoren, (Platten-)Dolomit, Anhydrit- und Gipsbildungen, Steinsalzen sowie Gesteinen mit vorwiegend karbonatischen Bindemitteln ausgewertet.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Geo-Kartenwerke wurden für die Bearbeitung genutzt und vom LfULG zur Verfügung gestellt.

Tabelle 1: Verwendete Geo-Kartenwerke

Kartenwerk	Maßstab	Datentyp	Stand/Zeitbezug
Geologische Karte (GK25) inkl. Erläuterungen	1 : 25 000	Vektor und Raster	1875; 1997 bis 2017
Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen (GK50 Eiszeitkarte)	1 : 50 000	Vektor	1995 bis 2000
Geologische Karte Erzgebirge - Vogtland (GK50 EV)	1 : 50 000	Vektor	2003 bis 2008
Lithofazieskarte Tertiär (LKT50)	1 : 50 000	Vektor	1998 bis 2016
Geologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen (GÜK400) in 3 Etagen (genutzt wurde Oberflächenkarte und Karte ohne känozoische Sedimente)	1 : 400 000	Vektor	1992 bis 1995
Karte der oberflächennahen mineralischen Rohstoffe (KOR50), Rohstoff-geologische Spezialkarte, Oberflächennahe Karbonatgesteine (Kalke, Dolomite, Marmore)	1 : 50 000	Vektor	April 2014

Die digitalen Informationen wurden in einem GIS-Projekt in der Projektion ETRS 1989 UTM Zone 33 N zusammengeführt. Als GIS-Software wurde ArcGIS 10.4.1. von ESRI genutzt.

Die GÜK400 liefert mit der Ebene „Karte ohne känozoische Sedimente“ den Überblick zum Gebirgsbau Sachsens mit der Verbreitung und Struktur der proterozoischen, paläozoischen und mesozoischen Komplexe. Von den digitalen Kartenwerken GK50 EV und GK50 Eiszeit fanden nur die Informationen der Präquartär-Layer Verwendung. Die GK50 EV deckt den südlichen Teil und die GK50 Eiszeit den nördlichen Teil Sachsens ab.

Wichtigste Grundlage für die Projektbearbeitung bilden allerdings die GK25 mit Erläuterungen. Die GK25 sind die eigentlichen geologischen Basiskarten, die über die an der Oberfläche anstehenden Bildungen informieren. Geologische Schnitte ergänzen die Informationen zum tieferen Untergrund. Die Karten liegen für den Freistaat Sachsen landesweit als analoge Ausfertigungen unterschiedlicher Bearbeitungszeiträume vor. Diese analogen GK25 konnten als Scans mit entsprechender Georeferenzierung im GIS-System eingebunden werden. Zusätzlich wurden 17 GK25 verwendet, die auf Basis neuer Kartierungen auch digital als ESRI-Shape- und Layer-Dateien vorliegen. Die digitalen Neukartierungen umfassen zusätzlich zur Oberflächenabdeckung eine Karte ohne quartäre Bildungen.

Digitales Geländemodell (DGM)

Für eine erste nähere Beurteilung der interessierenden Geländeoberflächen hinsichtlich karstmorphologischer Auffälligkeiten wurde vom LfULG das Digitale Geländemodell ATKIS-DGM2 des Freistaates Sachsen mit 2 m Gitterweite im Lagereferenzsystem ETRS89_UTM und Höhenreferenzsystem DHHN92 zur Verfügung gestellt. Dieses beinhaltet eine repräsentative Menge von Bodenpunkten und dreidimensionale Koordinaten, sodass die Geländeoberfläche eindeutig beschrieben wird. Oberflächenpunkte sind dagegen nicht enthalten. Die Aufbereitung der DGM-Daten erfolgte mit der freien Software SAGA GIS (s. Kap. 3.2).

Sonstige Geobasisdaten

Die in Tabelle 2 aufgeführten Geobasisdaten wurden als sonstige Geodaten vom LfULG bereitgestellt, bei Bedarf mit Raumbezug im amtlichen Lagereferenzsystem des Freistaates Sachsen ETRS89_UTM33.

Tabelle 2: Sonstige verwendete Geobasisdaten

Geodaten	Maßstab	Datentyp	Stand/Zeitbezug
Verwaltungsgrenzen des Freistaates Sachsen (Shape-Format, Linie)	1 : 25 000	Vektor	01.01.2015
Regionalgeologisch-tektonische Gliederung LfUG (Hrsg.)	1 : 1 000 000	tif	1995
Stratigrafische Einheiten des Freistaates Sachsen in tabellarischer Übersicht (pdstrat.dbf)	-	dbf	19.01.2017

2.3 Fachliteratur/Sachdatenerhebung

Eine Teilaufgabe des vorliegenden Projektes bestand in der Recherche von Literaturstellen konkreter karstbedingter Bruch- und Verformungserscheinungen, die zu dokumentieren waren. Gesichtet wurden geowissenschaftliche Dokumente, z. B. Erkundungs- und Kartierungsunterlagen, Fachgutachten, Zeichnungen, Fotos, Bergbaumonografien Sachsens, Erläuterungen der Geologischen Messtischblätter und diverse geologische Fachzeitschriften. Als Fundus standen das Geologische Archiv Freiberg und die Bibliothek des LfULG zur Verfügung.

Die Titelsuche erfolgte über den öffentlich zugänglichen Literaturkatalog (WEB-OPAC). Schlagwörter wie Verkarstung oder Subrosion waren dabei wenig zielführend. Geeigneter erwiesen sich Ortsbezeichnungen, die in den Titeln der Erkundungsberichte verwendet wurden. Ergänzend wurde auch im Internet (z. B. www.unbekannter-bergbau.de; www.geo-archiv.de) recherchiert. Die Erfassung der Sachdaten erfolgte in einer Microsoft Access-Datenbank (s. Kap. 3.1).

3 Methodik

3.1 Datenbank/Subrosionskataster

Nachgewiesene Karstphänomene sind laut Empfehlung der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) nach einem einheitlichen Mindeststandard zu erfassen und zu bewerten (AD-Hoc-Arbeitsgruppe Geologie 2016). Auf Grundlage dieser Empfehlung, die eine umfangreiche Fachdatensammlung beinhaltet, wurde eine Datenbankanwendung (Kataster subrosionsgefährdeter Bereiche im Freistaat Sachsen) für das Sammeln und Organisieren von Informationen zu Einzelereignissen konzipiert. Als Datenbankformat wurde in Absprache mit dem LfULG Microsoft Access 2010 verwendet.

Die Datenbank ist in Frontend und Backend aufgeteilt und besteht aus mehreren Tabellen, Formularen, Abfragen und weiteren Objekten. Die in Tabelle 3 aufgeführten Fachinformationen sind thematisch in den Datenbanktabellen gespeichert.

Tabelle 3: Datenbank – Themenkomplexe und zugeordnete Fachdaten

Thematik	Fachdaten	Beziehung zur Haupttabelle
Titel-/Standortdaten	Objektbezeichnung, Objekttyp, Angaben zur Lage, Koordinatenfindung, Messtischblattnummer der GK25, Name des Bearbeiters und Erfassungsdatum, Karstobjektnummer (Autowert)	Haupttabelle
Befahrungsdaten/Geometrie	Zeitangaben zur Befahrung oder Entstehungsdatum, Größenangaben, Beschreibung Form und sonstige Auffälligkeiten	1:n
Befahrungsdaten/Zustand	Aktivität des Ereignisses, Verfüllung, Wasserführung, Angaben zu Schäden, Festlegungen zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit, Grundlage der Datenerhebung	1:n
Geologie	Regionalgeologische Einheit, allgemeine Beschreibung der geologischen Situation, Genese der Verkarstung, Auslaugungshorizont und Lage zur heutigen GOK	1:1
Foto	Fotos oder Bilddokumente zum Karstobjekt mit Angabe von Titel, Datum, Lage des Aufnahmeortes, Bilddateiname, Blickrichtung der Aufnahme und Voransicht des Bilddokuments	1:n
Gutachten/Literatur	Gutachten oder Literaturverweise mit Angabe von Titel, Autor, Datum, Findmittel/Aktenzeichen, Dokumentdateiname	1:n

Durch die gesetzten Beziehungen der Datenbanktabellen zur Haupttabelle Standortdaten enthalten diese keine redundanten Daten. Die Formulare im Datenbank-Frontend bieten Benutzeroberflächen zur Auswahl der gewünschten Objekte, zur Eingabe/Änderung von Informationen, zur Eingabe neuer Karstobjekte und zum Drucken vorgefertigter Datenübersichten.

Für die Zuordnung der regionalgeologischen Einheit und der Stratigrafie wurden auf der Grundlage der vom LfULG bereitgestellten Geobasisdaten Auswahllisten zusammengestellt (s. Tabelle 2).

Die von den SGD 2008 unter der laufenden Nummer „S2“ vorgegebenen Subrosionsobjekte wurden in der vorliegenden Datenbank unter dem Listenfeld Objekttyp berücksichtigt. Es erfolgte eine leichte Abänderung der vorgegebenen Objekttypen, was sich vorwiegend in der Erweiterung der Liste um bruchlose und bruchhafte Verformungen mit zugehöriger Attributierung ihres Verfüllzustandes (verfüllt, wassergefüllt, etc.) widerspiegelt.

Die Zugriffsrechte auf die Datenbankanwendung werden über einen Nur-Lese-Modus und einen passwortgeschützten Bearbeitungsmodus gesteuert. Die Datenbankanwendung wurde im Projektmodus auf Funktionalität getestet und zur Datenerfassung genutzt. Fehlfunktionen wurden so schneller erkannt und beseitigt. Gleichzeitig wurde während der laufenden Projektphase die Anwendung als Testversion beim LfULG installiert. Dadurch konnten Hinweise der zukünftigen Anwender in diesem Projekt Berücksichtigung finden (z. B. Zugriffsrechte, Auswahlmöglichkeiten).

3.2 Geografisches Informationssystem Karstphänomene

Eine GIS-Anbindung ermöglicht es, direkt aus dem Datenbank-Frontend heraus die Landesübersicht im GIS-Projekt zu öffnen. Im GIS-Projekt Landesübersicht sind die in Tabelle 4 benannten Themen eingebunden.

Tabelle 4: GIS-Projekt Landesübersicht Subrosion mit Fachthemen

Fachthema	Geografische Darstellung	Erläuterung
Karstobjekt	Punkte	Lage Karstobjekt mit Karst-ID, Klassifizierung nach Objekttyp
Karstobjekt	Polygone	Fläche Karstobjekt mit Karst-ID, Klassifizierung nach Objekttyp
Fotostandort	Punkte mit Hyperlink	Fotostandort, Blickrichtung und Ansicht des Bilddokuments
Gefahrenhinweiskarte	Polygone	Flächen auslaugungs- und verkarstungsfähiger Gesteinsschichten, Klassifizierung nach Gefahrenstufe 1 bis 4 (s. Kap.3.4)
Landesgrenze Freistaat Sachsen	Linie	

Die GIS-Daten werden im Format Shape der Firma ESRI zusammen mit dazugehörigen Layerdateien bereitgestellt, sodass eine Nutzung mit weiteren GIS-Themen (z. B. ATKIS-Daten) frei zusammengestellt werden kann.

3.3 Digitales Geländemodell ATKIS-DGM2

Das vom LfULG bereitgestellte ATKIS-DGM2 wurde sowohl als Grundlage zur Erstellung von Schummern als auch zur Berechnung von geschlossenen Hohlformen genutzt. Die Bewertung des DGM2 erfolgte in Bereichen, in denen die Auswertung der geologischen Karten das Vorkommen auslaugungsfähiger Gesteine im Untergrund ergeben hat. Für die Bearbeitung wurde das Programm SAGA verwendet.

Entrauschen des ATKIS-DGM2

Vor der eigentlichen Bearbeitung wurde das DGM2 mit einem schwachen Lee-Filter (LEE 1980) entrauscht, sodass die vom Rauschen verborgenen Reliefinformationen herausgearbeitet werden. Dafür erfolgt die statistische Auswertung der Varianz von einem Punkt aus in 16 verschiedene Richtungen. Die Stärke des Rauschens ist abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit und dementsprechend innerhalb der Analysegebiete sehr heterogen ausgeprägt. Der Grund dafür besteht in der Anzahl der von der Vegetation und Versiegelung abhängigen aufnehmbaren Bodenpunkte innerhalb eines Gebietes.

In Waldgebieten können wegen des Bewuchses beispielsweise verhältnismäßig wenige Bodenpunkte aufgenommen werden, sodass die Geländeoberfläche über Ergänzungspunkte interpoliert wird. Demzufolge ergeben sich Ungenauigkeiten, die mit Hilfe des Lee-Filters minimiert werden sollen (KÖTHE & WURBS 2011).

Es handelt sich um einen kantenerhaltenden Glättungsfilter, sodass im DGM einerseits zwar Hangbrüche und enge Täler erhalten bleiben, aber laut KÖTHE (2015) andererseits dennoch eine Reduzierung der Anzahl von Tiefpunktrasterzellen (Rasterzellen ohne Abfluss) stattfindet. Weil die Tiefpunktrasterzellen eine Grundlage für das Auffinden von Subrosionsauswirkungen an der Erdoberfläche bilden, wirkt sich die Stärke der Filterung

erheblich auf das Gesamtergebnis aus. Die Stärke lässt sich im genutzten Bearbeitungsprogramm SAGA über die Einstellung „Noise“ variieren. Standardmäßig wurde wie auch bei KÖTHE (2015) eine sehr schwache Filterung mit einem Noise-Wert von 0,1 implementiert, der bei Bedarf angepasst wurde.

Schummerungsbild

Bei einem Schummerungsbild wird mit Hilfe eines simulierten Lichteinfalls eine Reliefschattierung erzeugt, sodass ein räumlicher Eindruck der relativen Höhenunterschiede des Geländes entsteht. Es dient als Unterstützung bei der Hohlraumsuche an der Erdoberfläche.

Auf Grundlage der entrauschten DGM2-Ausschnitte wurden Schummerungsbilder für ausgewählte Regionen zur optischen Ermittlung von Senken und Hohlformen erstellt (Abbildung 1).

Ermittlung von geschlossenen Hohlformen

Zusätzlich zum spezifizierten DGM mit Schummerung wurde wie bereits in Fachliteratur beschrieben die Berechnung geschlossener Hohlformen zur Abgrenzung und optischen Ermittlung von Senken herangezogen (bspw. KÖTHE 2015, PARDO-IGÚZQUIZA et al. 2013).

Dafür wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes das Verfahren „Fill sinks“ von WANG & LIU (2006) angewendet, bei dem Senken an der Erdoberfläche über Tiefpunktrasterzellen identifiziert und gefüllt werden.

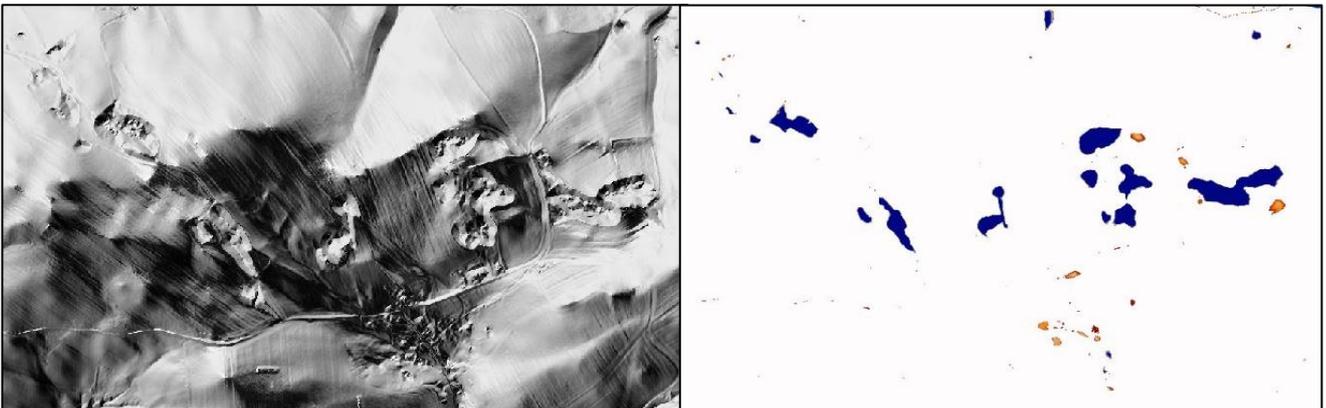


Abbildung 1: Schummerungsbild (links) und berechnete, geschlossene Hohlformen (rechts) am Beispiel Wildenfelser Zwischengebirge

Im Ergebnis entsteht ein DGM, das frei von geschlossenen Hohlräumen ist. Von diesem DGM wird im Anschluss das originale DGM abgezogen, sodass ein Bildausschnitt mit abflusslosen Senken und Talsohlen ausgegeben wird. Dieser wurde in Kombination mit frei verfügbaren Luftbildern, Schummerungsbildern, vorhandenem Kartenmaterial und Geländebegehungen zur Interpretation von potenziellen Karst-Hohlformen herangezogen.

Bewertung der Methodik

Zahlreiche ausgegebene geschlossene Hohlformen konnten bereits am Bildschirm durch den Abgleich der Schummerungsbilder mit Luftbildern/Orthofotos, topografischen Karten, Abbaurissen des Tiefbaus etc. als anthropogen bedingte Unebenheiten im Gelände wie beispielsweise Vertiefungen auf Ackerland, auflässige Steinbrüche oder tiefbaubedingte Strukturen (Tagesbrüche, Senkungen über Abbaufeldern) interpretiert werden.

Generell ist bei der Auswertung von DGM-Daten zu beachten, dass innerhalb des Freistaates Sachsen überwiegend fossile, inaktive Karstformen auftreten, die von jüngeren Sedimenten verfüllt sind, sodass sich die tiefliegenden Karstformen geländemorphologisch nicht abzeichnen können. Diese begrabenen Karstformen können nicht über Auswertung von DGM-Daten ermittelt werden.

Bestätigt wurde dies auch bei Vor-Ort-Befahrungen. Das in Abbildung 1 aufgezeigte Beispiel im Raum Wildenfels-Grünau hat bei der Befahrung gezeigt, dass an der Geländeoberfläche außerhalb der Steinbrüche keine subrosionsbedingten Depressionsformen kartiert werden konnten, obwohl mehrere Höhlensysteme in unmittelbarem Steinbruchumfeld im Untergrund bekannt und weitere Hohlräume zu vermuten sind. Lediglich kleine schmale Rissöffnungen parallel zur Böschungsoberkante im unmittelbaren Hinterland der nördlichen Bruchwand des Grauen Steinbruchs wurden gesichtet, aber als übersteilte Steinbruchböschung angesehen.

Die berechneten Hohlformen und Schummerungsbilder waren hilfreich bei der Abgrenzung der tatsächlichen Abbaustände von auflässigen Kalksteinbrüchen.

3.4 Gefahrenhinweiskarte

Der abschließende Projektabschnitt beinhaltete die Erarbeitung einer Gefahrenhinweiskarte für die geologisch bedingte Naturgefahr Subrosion/Verkarstung im Freistaat Sachsen auf der Grundlage der recherchierten und erfassten Karstphänomene sowie der Auswertung landesweiter Geo-Kartenwerke hinsichtlich auslaugungs- und verkarstungsfähiger Gesteinsschichten. Die Empfehlungen der SGD zur Erstellung von Gefahrenhinweiskarten (AD-Hoc-Arbeitsgruppe Geologie 2016) fanden Berücksichtigung. Die verwendeten Geodaten sind im Abschnitt Informationsgrundlagen beschrieben (s. Kap. 2.2).

Beginnend mit den beiden Ebenen der GÜK400 „Karte ohne känozoische Sedimente“ und „Oberflächenkarte“ wurden über das Attributfeld Geo-ID verkarstungsrelevante geologische Einheiten gefiltert (z. B. Geo-ID 63 entspricht Perm/Zechstein). Diese wurden im Shape-Format geordnet nach ihrem stratigrafischen Alter separat abgelegt. Ergänzt wurden die Informationen aus dem jeweiligen Präquartär-Layer der digitalen Kartenwerken GK50 EV und GK50 Eiszeit.

Die in den GK25 kartierten oberflächennah anstehenden geologischen Verhältnisse mit potenziell verkarstungsfähigen Merkmalen wurden entweder von den Rasterkarten digitalisiert oder über ein Attributfeld (Nummer-ID) aus den digitalen Kartenblättern gefiltert. Es folgte, wie bereits bei der GÜK400 beschrieben, eine Ablage der Ergebnisse sortiert nach stratigrafischen Kriterien im Shape-Format.

Die folgenden stratigrafischen Einheiten fanden Berücksichtigung: Neoproterozoikum/Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon, Perm/Rotliegendes, Perm/Zechstein, Trias/Buntsandstein, Trias/Muschelkalk, Trias/Keuper, Jura und Kreide. Anschließend wurden die Shapes so verschnitten, dass je stratigrafischen Alters eine Gesamtfläche erzeugt wurde.

Die dokumentierten Karstphänomene wurden mit einer 50-m-Pufferung zur Überprüfung der genügenden Flächenausdehnung einbezogen. Konkrete Bohrergebnisse von Erkundungsprojekten dienten ggf. zur Korrektur der Flächenausdehnung. Im Gesamt-Shape wurde die Auslaugungsgenese (Karbonat/Sulfat/Chloride) attribuiert (Attributfeld Genese_ID). Abschließend wurde die Gesamtfläche des Freistaates Sachsen dahingehend bewertet, inwieweit eine Verkarstungs-/Auslaugungsgefährdung zu beachten ist. Für die Darstellung der resultierenden Gefährdungsstufen wurden Farben nach dem Ampelsystem gewählt (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Einstufungskriterien zur Bewertung und Ausweisung differenzierter Gefahrenhinweisflächen auf dem Territorium des Freistaates Sachsen

Einstufungskriterien Gefahrenhinweisflächen			
Code	Legendentext	Erläuterung	Farbe
1	Verkarstung nachgewiesen mit Einzelobjektdarstellung	Verkarstung nachgewiesen mit Einzelobjektdarstellung	rot
2	Potenziell verkarstungsgefährdet	Auslaugungsfähige Gesteine im Untergrund vorhanden, Auswirkung an der Erdoberfläche möglich (z. B. Teufenlage gering bis ausstreichend/Locker-gesteinsüberdeckung gering bis keine)	gelb
3	Verkarstung unkritisch	Auslaugungsfähige Gesteine im Untergrund vorhanden, Auswirkung an der Erdoberfläche nicht zu erwarten (z. B. Deckgebirgsmächtigkeit hoch/Teufenlage hoch/Festgesteinsüberdeckung)	grün
4	Keine Verkarstung	Auslaugungsfähige Gesteine im Untergrund nicht vorhanden	-

Auf der Grundlage der vom LfULG bereitgestellten Landesgrenze Freistaat Sachsen wurde ein Polygon aus dem gelieferten Linien-Shape erzeugt und mit der Gesamtfläche subrodierbarer Gesteine verschnitten. Im Resultat entstand eine digitale Karte für die Gesamtfläche des Freistaates Sachsen mit Ausweisung differenzierter Gefahrenhinweisflächen, die im Shape-Format dem LfULG bereitgestellt wurde.

4 Regionalgeologischer Überblick

Das Grundgebirge des Freistaates Sachsen ist großräumig den europäischen Varisziden, speziell den west- und mitteleuropäischen Varisziden, mit gebirgsbildendem Alter von 300 bis 400 Mio. Jahren zuzuordnen. Der in Sachsen wirkende Geologe Franz Kossmat hat 1927 die Strukturgliederung des variszidischen Gebirgsbaus formuliert, die weitestgehend noch Gültigkeit besitzt. Im Konkreten ist das Saxothuringische Becken für den Freistaat Sachsen das bestimmende Element (PÄLCHEN & WALTER 2008). Eine Übersicht zu der regionalgeologisch-tektonischen Gliederung ist in der Abbildung 2 gegeben.

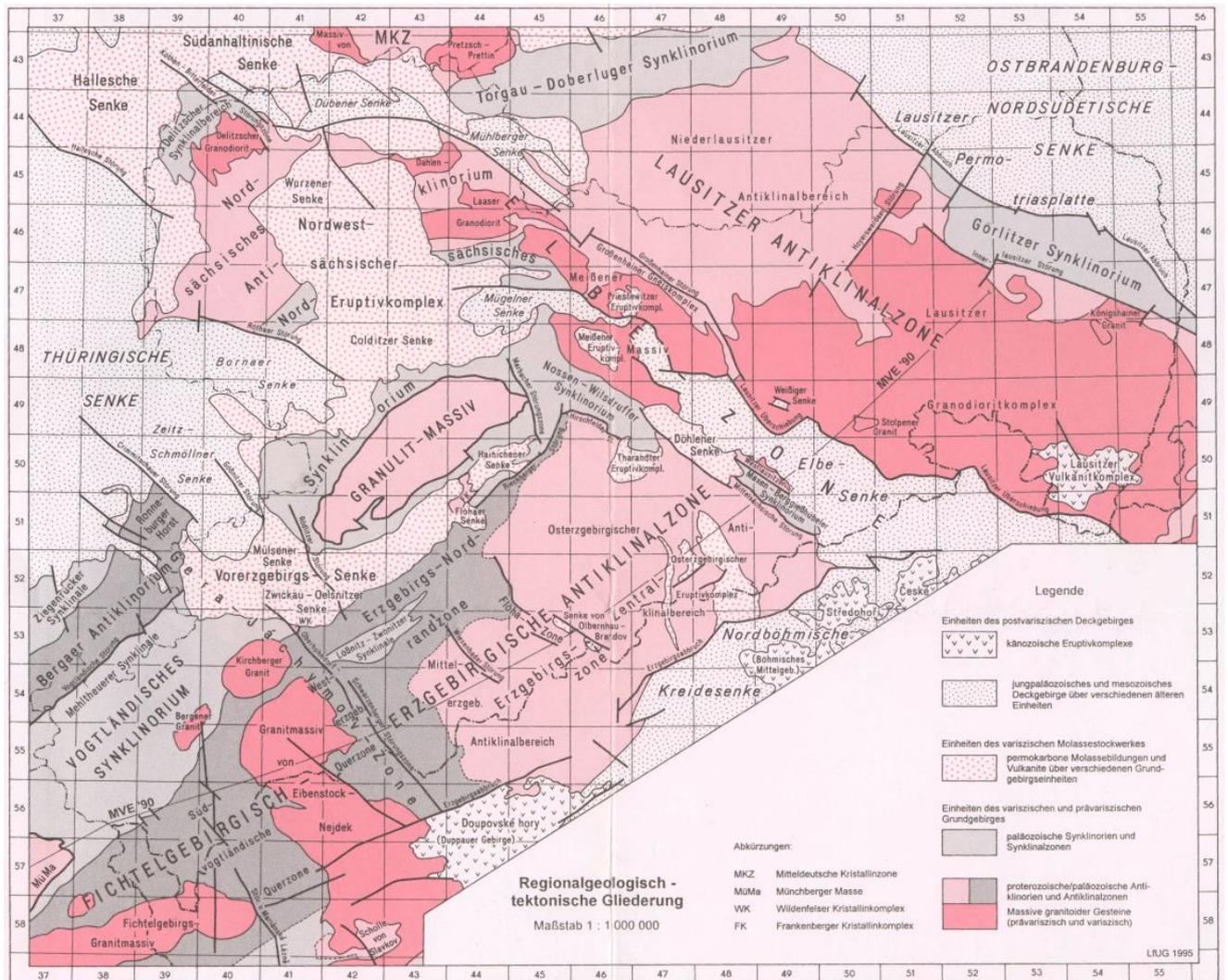


Abbildung 2: Regionalgeologisch-tektonische Gliederung des Freistaates Sachsen (LfULG 1995)

Die in dieser Abbildung verwendeten Fachtermini zur Beschreibung des geologischen Untergrundes im Freistaat Sachsen wurden sowohl in der Projektdatenbank als auch in den nachfolgenden Textausführungen zu subsionsgefährdeten Gesteinen maßgeblich verwendet. Synonyme der Fachtermini wurden ggf. in den Texten ergänzt.

Es werden vier geologische Stockwerke nach markanten zeitlichen Prägungsprozessen unterschieden (PÄLCHEN & WALTER 2008):

- Grundgebirge
- Molassestockwerk
- Deckgebirge
- Hüllstockwerk

Zum Grundgebirge werden alle geologischen Bildungen gestellt, die im späten Unterkarbon tektono-metamorph überprägt bzw. erfasst wurden (gefaltetes Grundgebirge). Dem Molassestockwerk werden spätunterkarbonisch bis unterpermisch angelegte Senken oder Grabenstrukturen zugeordnet, die mit Sedimenten/Abtragungsschutt des variszischen Grundgebirges aufgefüllt wurden. Über diesen beiden Stockwerken

werden geologische Strukturen mit mesozoischem Alter dem Deckgebirge bzw. Tafeldeckgebirge beigeordnet. Abschließend bilden känozoische Sedimente das Hüllstockwerk über den drei älteren Stockwerken.

Im Nachfolgenden werden die für die Thematik Subrosion und Verkarstung wichtigsten Struktureinheiten im Gebiet des Freistaates Sachsen nach Stockwerkzugehörigkeit (Grundgebirge, Molassestockwerk und Deckgebirge) skizziert und darin enthaltene Gesteinsschichten mit subrodierbaren Eigenschaften vertiefend benannt und bewertet.

Die Kapitel werden jeweils mit einer tabellarischen Übersicht eingeleitet, die je Struktureinheit Grundangaben zur Verkarstung und Kapitelverweise enthält.

5 Karstgefährdete Einheiten – Grundgebirgsstockwerk

Tabelle 6: Einheiten des variszischen und prävariszischen Grundgebirges

Regionalgeologische Einheit	Potenziell karstgefährdete Gesteine	Verkarstung nachgewiesen	Punkt
Nordsächsisches Antiklinorium	nein	nein	-
Nordsächsisches Synklinorium	nein	nein	-
Niederlausitzer Synklinalzone (mit Delitzscher Synklinalbereich und Torgau-Doberluger Synklinorium)	ja (s. Delitzscher Synklinalbereich, Torgau-Doberluger Synklinorium)	nein	5.1, 5.2
Delitzscher Synklinalbereich	Kambrium: Kalksteine, Dolomite, Karbonat-Lithoklasten, Oolithe, Biolithe, Schlammkarbonate der Zwethau-Formation, karbonatische Beimengungen	nein	5.2
Torgau-Doberluger Synklinorium	Kambrium: Kalksteine, Dolomite, Karbonat-Lithoklasten, Oolithe, Biolithe, Schlammkarbonate der Zwethau-Formation, karbonatische Beimengungen des Mittelkambriums	nein	5.1
Flöha-Zone	Neoproterozoikum und Altpaläozoikum: Metakarbonate	ja	5.9
Fichtelgebirgisch-Erzgebirgische Antiklinalzone	Kambrium: Klínovec-Gruppe - Raschau-Formation, Obermittweida-Formation; Jáchy-mov-Gruppe - Grießbach-Formation, Breitenbrunn-Formation Kambroordovizium: Thum-Gruppe - Herold-Formation	ja	5.10
Vogtländisches Synklinorium	Ordovizium: Kalkooid-Linsen Silur: Ockerkalke des höheren Silurs Mitteldevon: Kalkknollenschiefer der Tentakulitenkalk-Folge Oberdevon: Korallenkalke, Flaserkalke des Unteren Oberdevon Unterkarbon: Kalke	ja	5.3
Bergaer Antiklinorium	Oberdevon: Knotenkalke und Kalkknotenschiefer	ja	5.4
Wildenfesler Zwischengebirge	Unterkarbon: Untere Kohlenkalk Devon: Knotenkalk	ja	5.5

Regionalgeologische Einheit	Potenziell karstgefährdete Gesteine	Verkarstung nachgewiesen	Punkt
Frankenberger Kristallinkomplex	nein	nein	-
Mittelsächsisches Antiklinorium	nein	nein	-
Elbe-Synklinorium (mit Nossen-Wilsdruffer Synklinorium und Maxen-Berggießhübeler Synklinorium)	ja (s. Nossen-Wilsdruffer Synklinorium, Maxen-Berggießhübeler Synklinorium)	ja	5.6, 5.7
Nossen-Wilsdruffer Synklinorium	Silur: Ockerkalkformation, Oberer Graptolithenschiefer Unterdevon: Tentakulitenknollenkalk-Formation, Tentakulitenschiefer-Nereitenquarzit-Formation, Karbonatgesteine der Blankenstein-Formation Unterkarbon: kalkhaltige Grauwacken, Kalksteine	ja	5.6
Maxen-Berggießhübeler Synklinorium	Devon: Kalk- und Dolomitgesteine in Diabas-Kalkstein-Serie Karbon: Kalklagen im Kieselschiefer-Hornblende Konglomerat	ja	5.7
Lausitzer Antiklinalzone	-	-	-
Görlitzer Schiefergebirge	Unterkambrium: Kalksteine der Oberen Ludwigsdorfer Subformation, Dolomite der Unteren Ludwigsdorfer Subformation	ja	5.8
Schiefermantel des Granulitgebirges	Kambrium: Karbonatgesteine der Röhrsdorf-Formation; Karbonathorizont Rabenstein-Auerswalde-Oberlichtenau der Rabenstein-Formation Devon: Tentakulitenkalke, Kalksteinlinsen, Lagen toniger Kalksteine	vermutet	5.11

5.1 Torgau-Doberluger Synklinorium

5.1.1 Geografische Lage

Das Torgau-Doberluger Synklinorium befindet sich zu einem kleinen Teil im Nordwesten Sachsens und setzt sich über die sächsische Landesgrenze hinaus Richtung ENE fort.

GK25: Blatt 4443 bis Blatt 4445, Blatt 4344

5.1.2 Geologie

Synonyme: Synklinalzone von Torgau-Doberlug, Torgau-Doberluger Synklinale

Das Torgau-Doberluger Synklinorium setzt sich aus unter- bis mittelkambrischen Sedimentiten zusammen. In der unterkambrischen Zwethau-Formation treten Abfolgen von Karbonaten, Siliziklastika und Vulkaniten auf. Bei den karbonatischen Horizonten handelt es sich um Kalksteine, Dolomite und partiell Karbonat-Lithoklasten sowie Ooide. Im weiteren Verlauf haben sich als Flachwasserkarbonate zusätzlich Biolithe und Schlammkarbonate gebildet. Im Mittelkambrium treten vorwiegend siliziklastische Sedimente auf, die nur untergeordnet karbonatische Beimengungen und Lagen enthalten. Die kambrischen Gesteine weisen eine känozoische Überdeckung auf und sind nur aus Bohrungen bekannt (ELICKI et al. 2008).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Kambrium: Kalksteine, Dolomite, Karbonat-Lithoklasten, Oolithe, Biolithe, Schlammkarbonate der Zwethau-Formation, karbonatische Beimengungen des Mittelkambriums

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Aufgrund der flächendeckenden känozoischen Überdeckung liegen keine Tagesaufschlüsse der karbonatischen Horizonte vor. Sie sind lediglich aus Bohrungen bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Es liegen keine Informationen zu Verkarstungserscheinungen vor.

5.1.3 Bewertung

Die kambrischen Karbonate sind flächendeckend von känozoischen Sedimenten überlagert. Diese weisen jedoch teils Mächtigkeiten von unter 100 m auf, sodass eine Verkarstung mit Auswirkung an der Erdoberfläche potenziell nicht auszuschließen ist.

5.2 Delitzscher Synklinalbereich

5.2.1 Geografische Lage

Der Delitzscher Synklinalbereich befindet sich zu einem Teil im äußersten Nordwesten Sachsens und reicht im NW über die Landesgrenze hinaus nach Sachsen-Anhalt. Es handelt sich um eine SW-NE verlaufende Synklinale zwischen der Halleschen Störung im SW und der Bitterfeld-Wermsdorfer Störung im NE.

GK25: Blatt 4439 bis 4440, Blatt 4340

5.2.2 Geologie

Synonym: Delitzscher Synklinale

Der Delitzscher Synklinalbereich setzt sich aus unter- bis mittelkambrischen Sedimentiten zusammen. In der unterkambrischen Zwethau-Formation treten Abfolgen von Karbonaten, Siliziklastika und Vulkaniten auf (ELICKI et al. 2008). Die karbonatischen Horizonte wurden besonders in direkter Nähe zum Delitzscher Plutonitmassiv in kalzitische und dolomitische Marmore umgewandelt (FRANKE 2017). Im Mittelkambrium treten vorwiegend siliziklastische Sedimente auf, die nur untergeordnet karbonatische Beimengungen und Lagen enthalten (ELICKI et al. 2008). Das Kambrium wird teilweise diskordant von karbonischer Molasse überlagert (FRANKE 2017). Die Gesteine weisen eine känozoische Überdeckung auf und sind nur aus Bohrungen bekannt (ELICKI et al. 2008).

Subrodierbare Gesteinsschichten

■ Kambrium: Kalksteine, Dolomite, Karbonat-Lithoklasten, Oolithe, Biolithe, Schlammkarbonate der Zwethau-Formation, karbonatische Beimengungen des Mittelkambriums

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Aufgrund der flächendeckenden känozoischen Überdeckung liegen keine Tagesaufschlüsse der karbonatischen Horizonte vor. Sie sind lediglich aus Bohrungen bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Es liegen keine Informationen zu Verkarstungserscheinungen vor.

5.2.3 Bewertung

Die auftretenden Karbonate sind flächendeckend von känozoischen Sedimenten überlagert. Diese weisen jedoch teils Mächtigkeiten von unter 100 m auf, sodass eine Verkarstung mit Auswirkung an der Erdoberfläche potenziell nicht auszuschließen ist. In Bereichen, in denen sie von karbonischer Molasse überdeckt sind, wird nicht von einem Gefährdungspotenzial an der Erdoberfläche ausgegangen.

5.3 Vogtländisches Synklinorium

5.3.1 Geografische Lage

Das Vogtländische Synklinorium liegt im Südwesten des Freistaates Sachsen und setzt sich im Thüringischen fort. Bekannte Orte sind Plauen im Zentrum sowie Syrau im NW und die Talsperre Pöhl.

GK25: Blatt 5437 bis Blatt 5439, Blatt 5537 bis Blatt 5539, Blatt 1406-31

5.3.2 Geologie

Synonym: Vogtländische Mulde

Das Vogtländische Synklinorium gehört bezüglich des variszischen Grundgebirges zum Saxothuringikum und weist eine NE-SW streichende, asymmetrische Struktur auf, geprägt von herzynisch und erzgebirgisch streichenden Störungssystemen (LEHMANN 1998). Markant ist die Vogtländische Störung, die am NW-Rand die Grenze zum Bergaer Antiklinorium darstellt. Vorwiegend besteht das Vogtländische Synklinorium aus kambri-schen bis oberkarbonischen Gesteinen.

Im Ordovizium sind an der Grenze zum Silur dezimetergroße Kalkooid-Linsen in Schluffschiefern zu finden (BERGER 2008). Im höheren Silur treten stark tonige Ockerkalke auf (vor allem um die Talsperre Pöhl). Im Devon änderten sich die Sedimentationsbedingungen von marin zu flachmarin. Es bildete sich die Grundlage für die heute auftretenden Kalkknollenschiefer der Tentakulitenkalkfolge, Schiefer und Quarzite, die im höheren Mitteldevon von sandigen Schiefern, Grauwacken und Konglomeraten überlagert wurden. Das Untere Oberdevon ist im Gebiet durch Vulkanismus gekennzeichnet, der zur Verbreitung von Diabasen, Tuffen und Diabaskonglomeraten führte, die neben gleichalten Grauwacken, Korallenkalcken, Flaserkalcken und Tonschiefern auftreten. Für die oberdevonischen Kalke ist ein Vorkommen in etwa 20 m mächtigen Linsen häufig, die sich in nicht verkarstungsfähigem Gestein wie Tonschiefer befinden. Im Bereich einer solchen Linse befindet sich die bekannte Syrauer Drachenhöhle (BAUER 1998B). Stellenweise treten außerdem unterkarbonische Schiefer, Konglomerate und Kalke auf. Im Oberkarbon kommt es erneut zu Vulkanismus. Es folgte eine Phase der Abtragung, die bis zum Tertiär anhielt (WALZ & SCHUMACHER 1997).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Ordovizium: Kalkooid-Linsen
- Silur: Ockerkalke des höheren Silurs
- Mitteldevon: Kalkknollenschiefer der Tentakulitenkalk-Folge
- Oberdevon: Korallenkalke, Flaserkalke des Unteren Oberdevon
- Unterkarbon: Kalke

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Bekannte Tagesaufschlüsse der beschriebenen verkarstungsfähigen Gesteine sind beispielsweise:

- Syrauer Drachenhöhle und Umgebung (Devon) → rezenter Oberflächenausbiss von maximal 3 ha innerhalb der Ortslage Syrau mit weiteren kleinen, isolierten Kalkschuppen im Umfeld
- Bücherfelsen unterhalb der Ruine Liebau (Devon) → Tentakulitenkalk
- Ockerkalkfalte Neudörfel (Silur)
- Ockerkalkbruch an der Turnhalle (Silur)

- Kalkbruch am Elsterwehr (Devon)
- Kalkaufschluss am NW-Hang Koßberg (Karbon)
- Kalkbruch Bahnwärterhaus Magwitz (Devon, Karbon)
- Aufschluss vom Übergang von Kalkstein zu Tonschiefer im heutigen Höhlenpark unterhalb des Parkplatzes an alter Steinbruchwand
- kleiner Kalkbruch am Eisenberg

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstungserscheinungen sind im Raum der Syrauer Drachenhöhle und in der Höhle selbst bekannt (Syrauer Karstareal). Etwa 100 m WNW des Höhleneingangs der Drachenhöhle wurde 1902 bei Brunnenbauarbeiten eine kleine Karsthöhle aufgefunden, die jedoch wieder verfüllt wurde. Aufgrund der tertiären Erosion wurden die oberdevonischen Kalklinsen freigelegt, wodurch Sickerwässer in das vorhandene Klufnetz eindringen konnten, was zu Verkarstung führte (MUCKE 1998).

Weitere Verkarstungserscheinungen sind im Kalksteinbruch Schneiders Bruch am Weißen Stein gefunden worden (FREYER 1957).

5.3.3 Bewertung

Die zahlreichen Kalksteinaufschlüsse unterschiedlicher Alter weisen auf eine flächendeckende Oberflächennähe der betreffenden Gesteine hin. Eine Verkarstung mit Auswirkungen an der Erdoberfläche ist demzufolge potenziell nicht auszuschließen. Zusätzlich sind Verkarstungsobjekte im Gebiet bekannt, bei denen die Verkarstung als fortlaufend angesehen wird.

5.4 Bergaer Antiklinorium

5.4.1 Geografische Lage

Im Südwesten von Sachsen reicht eine Teilfläche des Bergaer Antiklinoriums mit den Gemeinden Pausa/Vogtland und Mühltroff auf sächsisches Gebiet. Die gesamte Struktur streicht NE-SW mit einer Ausdehnung von 75 x 18 km von Bad Steben bis Ronneburg.

GK25: Blatt 5437

5.4.2 Geologie

Synonym: Bergaer Antiklinalstruktur

Bei der Antiklinale handelt es sich um einen erzgebirgisch streichenden Sattel nordwestlich des Vogtländischen Synklinoriums, abgegrenzt durch die Vogtländische Störung.

Im NW treten oberdevonische Magmatite und Kalksteine auf. Diese sind von ordovizischen Sedimentiten der Phycoden- und Gräfenthal-Gruppe umgeben. Die oberdevonischen Kalksteine bestehen aus Knotenkalken und Kalkknotenschiefern des mittleren Frasniums bis hohem Famenniums und weisen eine Mächtigkeit von etwa 90 m auf. Die Ablagerung wurde stark durch submarinen Vulkanismus beeinflusst. Das überlagernde Deckgebirge besteht aus zersetzten tertiären Lockergesteinen (BAUER 1998A).

Subrodierbare Gesteinsschichten

■ Oberdevon: Knotenkalke und Kalkknotenschiefer des mittleren Frasniums bis hohem Famenniums

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Auf der sächsischen Teilfläche des Bergaer Antiklinoriums sind keine Steinbrüche mit oberdevonischen Kalke verzeichnet, weil diese nicht oberflächennah anstehen. Zahlreiche Aufschlüsse und Ausstriche der devonischen Kalke sind nordwestlich auf Thüringer Territorium bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstung tritt innerhalb der Knotenkalke und Kalkknotenschiefer des Mittleren Frasniums bis hohem Famenniums auf und fand weitestgehend während des Tertiärs statt (BAUER 1998).

5.4.3 Bewertung

Aufgrund der Tiefe der auftretenden subrodierbaren Gesteinshorizonte wird im sächsischen Teil des Bergaer Antiklinoriums nicht von einer Subrosionsgefährdung mit Auswirkungen an der Oberfläche ausgegangen.

5.5 Wildenfeser Zwischengebirge

5.5.1 Geografische Lage

Das Wildenfeser Zwischengebirge befindet sich ca. 12 km südöstlich der Stadt Zwickau in Westsachsen zwischen den Ortslagen Wildenfels, Grünau und Schönau.

GK25: Blatt 5341

5.5.2 Geologie

Synonyme: -

Das Wildenfeser Zwischengebirge wird im Süden von der Erzgebirgs-Nordrandzone, im Norden von der Vor-erzgebirgs-Senke mit der Zwickau-Oelsnitzer Senke sowie mehreren Störungen im SW und SE begrenzt. Das Zwischengebirge wird in die beiden Untereinheiten Wildenfeser Kristallinkomplex im Norden und Wildenfeser Paläozoikumkomplex im Osten, Süden bis Westen gegliedert. Für diese Untereinheiten konnte durch Bohrungen eindeutig nachgewiesen werden, dass tektonisch zwei sich überlagernde Deckenreste zu unterscheiden sind. Die Wildenfeser-Decke 1 mit variszisch eng verfaltetem und verschupptem Altpaläozoikum wird überlagert von der Wildenfeser-Decke 2 mit Kristallineinheiten. Es wird angenommen, dass die Decken im Mittleren bis Oberen Viseum endgültig die heutige Position eingenommen haben.

Die interessierenden Karbonate sind in der Wildenfeser-Decke 1 enthalten und werden nach BERGER et al. (2008a) und GAITZSCH et al (2008) wie folgt beschrieben:

Die untere Wildenfeser-Decke 1 wird vorwiegend von Bildungen des Devons bis Unterkarbons mit Diabasen, Tonschiefern, Sandsteinen, Grauwacken, Konglomeraten und stratigraphisch verschiedenen Kalksteineinschaltungen aufgebaut. Silurische Bildungen sind eher dem Gleitmaterial für die Wildenfeser-Decke 1 zuzurechnen. Karbonatische Bildungen sind bereits im Unter- bis Mitteldevon als dunkelgraue Kalksteine mit Tonschieferlagen und Tentakuliten vorhanden, die dem Tentakulitenkalk zugerechnet werden. Im tieferen Oberdevon folgt der Brachiopodenkalk, eine 30 bis 60 m mächtige Wechsellagerung von dunkelgrauen Kalksteinen und Tonschiefern innerhalb einer bis zu 200 m mächtigen Serie von effusiven und intrusiven Diabasen. Darüber ist der Kellwasserkalk, gekennzeichnet durch schwarze Kalksteine, abgelagert. Dieser ist in das Oberde-

von eingeordnet. Weiter folgen im Oberdevon die Knotenkalk-Abfolgen. Die Knotenkalksteine sind meist graue, braune oder rote Kalksteine mit wechselnder Textur, die lagig, brockig, flasrig oder linsig ausgebildet sein kann. Tonschiefer sind eingeschaltet. Die Mächtigkeit der Knotenkalk schwankt zwischen 30 und 65 m. Die Knotenkalksteine wurden als Werksteine und zur Branntkalkgewinnung abgebaut. Die Decke schließt mit einem ca. 150 m mächtigen Unterkarbonprofil ab, das ebenso stark gefaltet und verschuppt ist. Darin enthalten ist der Untere Kohlenkalkstein ungefaltet und als allseitig tektonisch begrenzter Block eingelagert. Seine Mächtigkeit beträgt 15 bis 30 m. Die Kalksteinsfolge enthält neben dem schwarzen Karbonatgestein teilweise unbedeutende Tonschieferanteile und eingelagerte Keratophyrtuffe. Dieser Kalkstein ist als Werkstein unter dem Begriff Wildenfels Marmor bereits über Jahrhunderte bekannt und in den heute auflässigen Steinbrüchen abgebaut worden.

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Unterkarbon: Unterer Kohlenkalkstein
- Oberdevon: Knotenkalkstein, Kellwasserkalk, Brachiopodenkalk
- Unter-Mitteldevon: Tentakulitenkalk

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Zwischen den OL Wildenfels, Grünau und Schönau sind zahlreiche Tagesaufschlüsse vorhanden.

- Abbaugbiet Neumühle östlich Wildenfels (Tentakulitenkalke)
- Königlicher Steinbruch Marmorbruch/Schwarzer Bruch mit drei Höhlen bei Grünau (Unterer Kohlenkalk)
- Winters Kalkbruch nördlich Grünau
- Kalksteinbruch Grauer Bruch/Schleiebruch bei Grünau
- Kalksteinbruch Herrschaftlicher Bruch/Badebruch bei Grünau
- Kalksteinbruch Roth mit Höhle bei Grünau
- Kalksteinbruch Dörre mit Höhle bei Grünau
- Kalkbruch westlich Schönau/Junghändelscher Bruch
- Schurfschacht Neumühle bei Schönau (Tentakulitenkalke)

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstet sind alle vorkommenden Kalke in unterschiedlicher Intensität (BAUER 2014). Im Allgemeinen handelt es sich um tiefliegende Verkarstungsformen, die im Grundwasserkörper korrosiv entstanden und erst durch Steinbruchaufschlüsse bekannt geworden sind. Es wurden Hohlräume mit phreatischen Laugformen, röhrenförmig erweiterte Klüfte und verzweigte Hohlraumsysteme in verschiedenen Niveaus aufgeschlossen, die durch fortschreitenden Abbaubetrieb heute nur noch teilweise erhalten sind.

Der Untere Kohlenkalk enthält markante und sehenswerte Höhlenbildungen. Dazu zählen die drei Höhlen im Königlichen Steinbruch Marmorbruch (Marmorbruchhöhle, Grotte, Schießstandhöhle) sowie Höhlen in den Steinbrüchen Roth und Dörre. Auch in allen anderen Steinbrüchen mit anstehenden oberdevonischen Knotenkalken sind bis zu dm-breite Klüfte und Verkarstungsformen enthalten (KLEFFEL 1998).

Die erstmalige Erwähnung der Marmorbruchhöhle in der geologischen Literatur erfolgte durch GUTBIER 1834. Aktuelle umfangreiche Dokumentationen sind im Höhlenkataster (WINKELHÖFER 2004), in speläologischen Fachbeiträgen (u. a. BAUER 2014, KLEFFEL 1998, KUPETZ 1982) und in Schriften des Museums Schloss Blan-

kenhain enthalten. Ein Lehrpfad „Museum in der Landschaft“ mit informativen Tafeln führt an die interessantesten Aufschlüsse.

5.5.3 Bewertung

Die Karbonate des Wildenfelder Zwischengebirges, der oberdevonische Knotenkalkstein und der unterkarbonische Kohlenkalkstein, sind gering bis unbedeckt anstehend und stark geklüftet. Oberflächenwässer können weitgehend ungehindert entlang offener Trennflächen in die Karbonate eindringen und langfristig subrodierend wirken. Bei der Gefahrenbeurteilung ist zu berücksichtigen, dass sich die derzeit bekannten Höhlensysteme nicht an der Oberfläche abzeichnen, keine natürlichen Zugänge von der Geländeoberfläche bekannt und nur die derzeit befahrbaren Höhlenteile dokumentiert sind. Beispielhaft ist das in seinen Ausmaßen noch unbekannte untere Gangsystem der Marmorbruchhöhle zu nennen. Das Vorkommen baugrundrelevanter Karsterscheinungen mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche wie größere, bisher unbekannte Hohlraumbildungen kann deshalb nicht ausgeschlossen werden.

5.6 Nossen-Wilsdruffer Synklinorium

5.6.1 Geografische Lage

Das Nossen-Wilsdruffer Synklinorium befindet sich in Zentralsachsen am SW-Rand der Elbe-Zone.

GK25: Blatt 4845 bis Blatt 4847, Blatt 4946 bis Blatt 4948

5.6.2 Geologie

Synonym: Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirge

Das Nossen-Wilsdruffer Synklinorium setzt sich aus kambroordovizischen bis unterkarbonischen Gesteinen zusammen. Im Silur setzen mit der Ockerkalk-Formation subrosionsgefährdete Schichten ein. Der Kalkanteil nimmt hin zum Hangenden der Oberen Graptolithenschiefer ab (FREYER et al. 2008). Im Unterdevon sind Tentakulitenkalke mit Übergang zu den Tentakulitenschiefern mit kalkmergeligen Lagen bekannt. Das Oberdevon ist durch die „Diabas-Kalkstein-Serie“ und die „Hornstein-Serie“ gekennzeichnet (BERGER et al. 2008a). Zusätzlich bildet der Chloritgneis der Blankenstein-Formation einen wichtigen Leithorizont (FRANKE 2017). Dieser tritt in Vergesellschaftung mit Karbonatgesteinen auf, die z. T. als Marmorlager sowie als pelitisch-karbonatische Sedimentkomplexe vorliegen (BERGER et al. 2008a). Im Unterkarbon treten lokal kalkhaltige Grauwacken und Kalksteine innerhalb des Olisthostromes bei Heyneberg auf (GAITZSCH et al. 2008). Generell sind die auftretenden Gesteine von einer süd- bis südwestvergenten Verschuppung gekennzeichnet (BERGER et al. 2008a). Känozoische Lockersedimente unterschiedlicher Mächtigkeiten bilden das Deckgebirge.

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Silur: Ockerkalkformation, Oberer Graptolithenschiefer
- Unterdevon: Tentakulitenknollenkalk-Formation, Tentakulitenschiefer-Nereitenquarzit-Formation, Karbonatgesteine der Blankenstein-Formation
- Unterkarbon: kalkhaltige Grauwacken, Kalksteine

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Die devonischen Karbonatgesteine sind am Blauen Bruch bei Miltitz aufgeschlossen.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Vogelsang beschreibt bereits 1851 Drusen- und Hohlräume innerhalb des Kalksteins von Miltitz (MITKA & BOECK 2017). Im ehemaligen Kalkwerk Miltitz im Triebischtal bei Meißen, das als Besucherbergwerk für die Öffentlichkeit zugänglich ist, sind Korrosionskolke in kontaktmetamorphen Marmoren beschrieben.

5.6.3 Bewertung

Die Karbonatvorkommen sind lokal oberflächennah anstehend bzw. ausstreichend, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche in Betracht zu ziehen ist. Lokal sind bereits Verkarstungserscheinungen innerhalb der devonischen Karbonathorizonte bekannt. Zusätzlich treten Karbonatgesteine mit mächtiger Überdeckung auf, für die nicht von einer Subrosionsgefährdung mit Auswirkungen an der Oberfläche ausgegangen wird.

5.7 Maxen-Berggießhübeler Synklinorium

5.7.1 Geografische Lage

Das Maxen-Berggießhübeler Synklinorium befindet sich im Südosten der Elbe-Zone und wird von der Mittelsächsischen und Westlausitzer Störung begrenzt

GK25: Blatt 5048 bis Blatt 5049, Blatt 5149

5.7.2 Geologie

Synonym: (Maxen-)Berggießhübeler Synklinale

Das Maxen-Berggießhübeler Synklinorium setzt sich aus kambroordovizischen bis dinantischen Gesteinen zusammen. Karbonatgesteine sind stratigrafisch im Devon und Karbon anzutreffen. Im Devon sind sie Bestandteil der Diabas-Kalkstein-Serie, die im Grenzbereich zwischen Mittel- und Oberdevon beginnt und sich bis in das Oberdevon fortsetzt (BERGER et al. 2008a). Es handelt sich um Marmor, Knotenkalksteine, massige Kalke und Plattenkalke. Das Unterkarbon setzt mit einem Kieselschiefer-Hornblende-Konglomerat ein, das im höheren Teil kalkhaltig ist und bis zu dezimetermächtige Kalklagen aufweist (GAITZSCH et al. 2008).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Devon: Kalk- und Dolomitgesteine in Diabas-Kalkstein-Serie
- Karbon: Kalklagen im Kieselschiefer-Hornblende Konglomerat

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Tagesaufschlüsse der subrodierbaren Gesteinsschichten stehen im Kalksteinbruch Borna sowie in Kalkstein- und Marmorbrüchen bei Maxen an.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Im Kalksteinbruch Borna wurden bei Erkundungsbohrungen 1967 im oberdevonischen Kalk verfüllte Schlotten aufgefunden. Außerdem sind im Abbaubereich Nentmannsdorf Verkarstungserscheinungen devonischer Kalke bis in 15 m Tiefe beschrieben (WINKELHÖFER 2004). Zusätzlich befindet sich im Maxen-Berggießhübeler Synklinorium mit der Hoffnungshöhle bei Mühlbach eine Karsthöhle (BÖRNER & SCHÖNE 1988).

5.7.3 Bewertung

Die Karbonathorizonte des Devons und Karbons sind lokal oberflächennah anstehend bzw. ausstreichend, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche

in Betracht zu ziehen ist. Lokal sind bereits Verkarstungserscheinungen innerhalb der devonischen Karbonathorizonte bekannt.

5.8 Görlitzer Schiefergebirge

5.8.1 Geografische Lage

Das Görlitzer Schiefergebirge befindet sich in Ostsachsen im Görlitzer Synklinorium zwischen der Ostbrandenburg-Nordsudetischen Senke im NE und dem Lausitzer Antiklinorium im SW. Es streicht NW-SE und setzt sich Richtung SE nach Polen fort. Das Kalkstein- und Dolomitvorkommen innerhalb des Schiefergebirges erstreckt sich ca. 6 bis 8 km nördlich vom Ortskern Görlitz und nördlich der BAB 4 in WNW-ESE streichender Richtung und setzt sich ebenfalls in Polen fort.

GK25: Blatt 4653 bis Blatt 4655, Blatt 4754 bis Blatt 4755/56

5.8.2 Geologie

Synonym: Görlitzer Schiefergebirge

Nördlich von Görlitz bildet das Unterkambrium einen WNW-ESE streichenden Horst innerhalb des Görlitzer Synklinoriums und ist stratigrafisch und räumlich isoliert innerhalb permokarbonischen und altpaläozoischen Schichten eingeschlossen. Im Süden wird der kambrische Komplex gegen das Lausitzer Granitmassiv durch die Innerlausitzer Verwerfung (Ludwigsdorfer Störung) begrenzt, im Norden dagegen taucht dieser unter känozoischen Lockersedimenten ab.

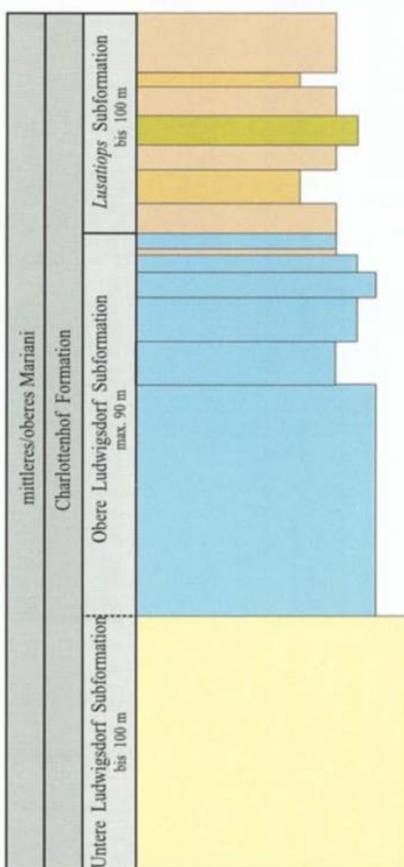


Abbildung 3: Vereinfachtes Normalprofil des Kambriums im Raum Görlitz (ELICKI 2003)

Die bis zu ca. 250 m mächtigen unterkambrischen Sedimente werden der Charlottenhof-Formation zugeordnet, die in weitere Subformationen unterteilt ist. Auslaugungsfähige Gesteine finden sich nur in der tieferen Ludwigsdorfer Subformation. Sie sind vorwiegend karbonatisch ausgebildet (HIRSCHMANN & NEUHOF 1964). Nach ELICKI (2003) wird die Abfolge von Flachwasserkarbonaten und zwischengeschalteten geringmächtigen Ton-/Siltsteinen repräsentiert, die lithologisch in die Untere und die Obere Ludwigsdorfer Subformation untergliedert wird (Abbildung 3).

Die Untere Ludwigsdorfer Subformation wird von schichtungslosen, massigen Dolomiten aufgebaut, die in älterer geologischer Literatur als sogenannte „Unterer Kalke“ benannt wurden. Ihre Farbe ist grau und gelblich bis rötlich und sie sind ohne fossile Belege. Darüber folgt die Obere Ludwigsdorfer Subformation mit Kalksteinen mit eingeschalteten geringmächtigen tonig/siltigen Sedimentlagen, die nach alter Bezeichnung die sogenannten „Oberer Kalke“ darstellen (HIRSCHMANN & NEUHOF 1964). Die Kalksteine sind gebankt oder z. T. knollig-lagig ausgebildet und von grauer bis rötlicher Färbung. ELICKI (2003) beschreibt zwei Faziestypen: gebankte, leicht knollige, fossilreiche Kalksteine und eine Wechsellagerung sogenannter „Zebrakalke“ mit massigen dolomitischen Karbonatbänken.

Das Karbonatlager wird überlagert von kambrischen, rotbraunen, schwach sandigen Tonschiefern und quartären Lockergesteinen. Die Mächtigkeit der Überdeckung schwankt zwischen 2 und 32 m (HIRSCHMANN 1959). Die Lagerstätte ist durch tektonische Längs- und Querstörungen gekennzeichnet (HIRSCHMANN & NEUHOF 1964).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Unterkambrium: Kalksteine der Oberen Ludwigsdorfer Subformation
- Unterkambrium: Dolomite der Unteren Ludwigsdorfer Subformation

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Die Kalk- und Dolomitstein-Lagerstätte wurde über drei Jahrhunderte bis 1988 (nachweislich 1752 bis 1988) in mehreren Steinbrüchen und auch im Untertagebetrieb bebaut und für Kalk- und Zementzuschlagstoffe aufbereitet. Heute sind auflässige, verwachsene oder wassergefüllte Restlöcher und Tiefbauflächen vorhanden:

- Kalkwerk Ludwigsdorf, Bruch I und Bruch II mit Untertageabbau
- Kalksteinbruch Bruch III Ludwigsdorf
- Kalksteinbruch Kunnersdorf
- Kalksteinbruch Charlottenhof
- Kalksteinbruch Dominalbruch bei Kunnersdorf

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstungserscheinungen sind nur in den Dolomiten der Unteren Ludwigsdorfer Subformation durch Aufschlüsse bekannt geworden. Hier sind insbesondere die Brüche I und II mit Untertageabbau des Kalkwerkes Ludwigsdorf zu nennen. Es wurden Hohlräume, Spalten und verzweigte Hohlraumssysteme aufgeschlossen, die heute durch den fortschreitenden Abbaubetrieb weitestgehend nicht mehr vorhanden sind. Eine umfangreiche Dokumentation von MUCKE (1963) beschreibt drei Höhlensysteme im Dolomit ab 10 bis 15 m unter Gelände. Zusätzlich berichtet er von lehmgefüllten schachtartigen Erdfällen.

5.8.3 Bewertung

Nach MUCKE (1963) handelt es sich bei den Karsterscheinungen in den Karbonaten des Görlitzer Schiefergebirges um einen bedeckten Paläokarst. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass die Karbonate oberflächennah bzw. ausstreichend sind, weshalb eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche bedacht werden muss. Es sind außerdem bereichsweise Verkarstungen nachgewiesen, die oberflächennah auftreten. In diesen Bereichen ist das Auftreten der Karbonate bei Projektplanungen besonders zu berücksichtigen.

5.9 Flöha-Zone

5.9.1 Geografische Lage

Die Flöha-Zone ist eine etwa 4 bis 8 km breite Querzone, die sich von Flöha und Augustusburg im Nordwesten über Olbernhau bis nach Hamr (Tschechien) im Südosten erstreckt. Sie bildet die Grenze zwischen dem Mittelerzgebirgischen und dem osterzgebirgischen Antiklinalbereich und hat Tiefenstörungscharakter (FRANKE 2017).

GK25: Blatt 5244 bis Blatt 5245

5.9.2 Geologie

Synonyme: Flöha-Querzone, Flöha-Synklinale, Flöhatal-Tiefbruch

Die Flöha-Zone setzt sich aus neoproterozoischen und frühpaläozoischen Gesteinen zusammen und liegt innerhalb des Deckenkomplexes E1 des Erzgebirgskristallins (BERGER et al. 2008b). Dieser besteht vorwiegend aus Ortho- und Paragneisen, Granuliten, Granatserpentiniten, Eklogiten, Metakonglomeraten und Metakarbonaten. Die Karbonatgesteine treten hauptsächlich als Einlagerungen von Marmoren, Dolomitmarmoren, Kalksilikatfelsen und Skarnen auf (BERGER et al. 2008c).

Subrodierbare Gesteinsschichten

■ Neoproterozoikum und Altpaläozoikum: Metakarbonate

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Kalkhorizonte sind oberflächennah im Roßbachtal, im Raum Lengefeld und im Raum Neunzehnhain bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstung ist nachweislich in der Lagerstätte Lengefeld und im Vorkommen Weißer Ofen innerhalb der Raschau-Formation bekannt. Es handelt sich dabei um mesozoisch-tertiäre Verkarstungen. Zu beachten ist dennoch das Auftreten von Karstwässern innerhalb der Vorkommen (HOTH et al. 2010).

5.9.3 Bewertung

Subrosionsrelevant sind Metakarbonate des Neoproterozoikums und des Altpaläozoikums. Diese sind lokal oberflächennah anstehend bzw. ausstreichend, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche bedacht werden muss. Es sind außerdem bereichsweise Verkarstungen nachgewiesen, die oberflächennah und z. T. in wasserführenden Karbonathorizonten auftreten (HOTH et al. 2010). In diesen Bereichen ist das Auftreten der Karbonate bei Projektplanungen besonders zu berücksichtigen.

5.10 Fichtelgebirgisch-Erzgebirgische Antiklinalzone

5.10.1 Geografische Lage

Die Fichtelgebirgisch-Erzgebirgische Antiklinalzone befindet sich im Süden bis Südwesten Sachsens. Sie erstreckt sich von der Fränkischen Linie im Südwesten bis zur Elbe-Zone im Nordosten. Sie unterteilt sich in das Fichtelgebirgs- und das Erzgebirgs-Antiklinorium. Diese lassen sich wiederum in die Großbereiche der Erzgebirgs-Nordrandzone und des Westerzgebirgischen, Mittelerzgebirgischen sowie Osterzgebirgischen Antiklinalbereichs unterteilen.

GK25: Blatt 1407-22, Blatt 4946 bis 4947, Blatt 5045 bis 5049, Blatt 5145 bis 5148, Blatt 5245 bis 5248, Blatt 5343 bis 5345, Blatt 5443 bis 5445, Blatt 5542 bis 5543, Blatt 5539 bis 5540, Blatt 5638 bis 5640

5.10.2 Geologie

Synonyme: Erzgebirgisch-Fichtelgebirgisches Antiklinorium

Die Erzgebirgisch-Fichtelgebirgische Antiklinalzone setzt sich aus kristallinen Gesteinen (vorwiegend Gneise, Granite, Glimmerschiefer) zusammen, die von einer Matrix aus schwach metamorphen Schiefen (Tonschiefer und Phyllite) des Saxothuringikum umgeben sind (SEBASTIAN 2013). In diese Serien sind weit verbreitet Metakarbonate und Marmore eingeschaltet.

Im Neoproterozoikum ist die Sedimentation von Grauwacken geprägt. Die Keilberg-Klínovec-Gruppe beginnt mit kambrischen Tonschiefer- und Quarzsandsteinen. Von Bedeutung sind dabei die karbonatischen Einschaltungen in der Raschau- und Obermittweida-Formation. In großen Teilen des Verbreitungsgebietes der Raschau-Formation ist das sogenannte „Raschau-Karbonat“ anzutreffen. Dabei handelt es sich um einen größtenteils aus Dolomitmarmor bestehenden Karbonathorizont, der im Hangenden Quarzglimmerschiefer bis Quarzitschiefer aufweist.

In der stratigrafisch folgenden Obermittweida-Formation treten ebenfalls Karbonatgesteine auf. Diese kommen hauptsächlich im Deckenkomplex 3 vor. Die die Klínovec-Gruppe abschließende Fichtelberg-Formation weist keine Karbonate auf.

Die folgende Joachimsthal-Jáchymov-Gruppe beinhaltet wieder karbonatische Einschaltungen. Karbonatgesteine treten in der Plavno-Subformation der Grießbach-Formation auf. Diese bilden einen Horizont mit Glimmerschiefern, Kalksilikatgesteinen und Gneisen. Lokal ist dieser Horizont an Skarnvorkommen gebunden. Zusätzlich sind dezimeter- bis metermächtige Marmorlager am Aufbau des oberen Profilabschnitts der Grießbach-Formation beteiligt. Auch in der Breitenbrunn-Formation treten an Skarne gebundene Karbonatgesteine auf. Die stratigrafisch nächstjüngere Thum-Gruppe zeigt in der unteren Herold-Formation eine Wechsellagerung aus Graphitphyllit und Kalkglimmerschiefern. Letztere sind Kalzitmarmor-führend (ELICKI et al. 2008).

In der Erzgebirgsnordrandzone und der Westerzgebirgischen Querzone dominieren kambroordovizische Metapelite, die im Zuge der variszischen Orogenese zu Phylliten und Glimmerschiefern umgewandelt und als Deckeneinheit gestapelt wurden (PÄLCHEN & WALTER 2008). Außerdem treten Gesteine des höheren Ordoviziums und des Silurs auf. Im gesamten Gebiet kam es zur Beeinflussung durch prävariszische und variszische Vulkanite und Plutonite, die zum Teil bis heute erhalten geblieben sind (s. Granitmassiv von Eibenstock-Nejdek).

Alle Gesteine sind stark metamorph überprägt und weisen weitestgehend gestörte Lagerungsverhältnisse auf.

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Kambrium: Klínovec-Gruppe - Raschau-Formation, Obermittweida-Formation
- Kambrium: Jáchymov-Gruppe - Grießbach-Formation, Breitenbrunn-Formation
- Kambroordovizium: Thum-Gruppe - Herold-Formation

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstungs- und Subrosionserscheinungen wurden vor allem im Zuge von Bergbauaktivitäten nachgewiesen und beim Abbau und Erkunden von Lagerstätten angefahren. Beispielsweise sind im NW-Feld von Ehrenfriedersdorf und der Südwest-Fortsetzung, im Vorkommen Großschirma, in den Marmorrelikten der ehemaligen Lagerstätte Pöhla-Globenstein und in der Lagerstätte Raschau Subrosionserscheinungen beschrieben. Einen Anhaltspunkt über das Auftreten von Subrosionserscheinungen innerhalb der Karbonatlagerstätten im Erzgebirge liefern HOTH et al. (2010).

5.10.3 Bewertung

Die Karbonathorizonte sind lokal oberflächennah anstehend bzw. ausstreichend, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche in Betracht zu ziehen ist. Lokal sind bereits Verkarstungserscheinungen innerhalb dieser Horizonte bekannt. Zusätzlich kommen tieferliegende, vom Festgestein überdeckte Karbonate vor, für die eine potenzielle Verkarstung berücksichtigt werden muss, aber nicht von Auswirkungen an der Oberfläche auszugehen ist.

5.11 Schiefermantel des Granulitgebirges

5.11.1 Geografische Lage

Der Schiefermantel des Granulitgebirges befindet sich in Westsachsen und verläuft konzentrisch um den NE-SW verlaufenden Granulitkomplex.

GK25: Blatt 4843, Blatt 4942 bis 4944, Blatt 5042 bis 5044, Blatt 5143

5.11.2 Geologie

Der innere Schiefermantel des Granulitgebirges setzt sich weitestgehend aus neoproterozoischen bis kambri-schen Paragneisen und Glimmerschiefern zusammen. Zum äußeren Schiefermantel hin gehen die Gesteine in phyllitische Schiefer und Tonschiefer im NW und quarzitisches Sandsteine und Tonschiefer im SE über und repräsentieren das Ordovizium. Außerdem treten partiell silurische und devonische Gesteine auf (FRANKE 2017). Der südöstliche Teil des Schiefermantels ist auch als Rabenstein-Roßwein-Synklinale bekannt. Diese setzt sich aus Kieselschieferhorizonten und dem Karbonathorizont Rabenstein-Auerswalde-Oberlichtenau zusammen. Die ältere Röhrsdorf-Formation enthält bereits etwa 5 % Karbonatgesteine, besteht jedoch hauptsächlich aus Schiefen (ELICKI et al. 2008). Die jüngere Rabenstein-Formation enthält den erwähnten Karbonathorizont, der sich aus zwei Kalzitmarmorlagen und einem kalkhaltigen Zwischenmittel aufbaut (FRANKE 2017). Neben diesen kambri-schen Gesteinen tritt Ordovizium bis Devon auf (bspw. Äquivalente der Döbra-Formation). Im nordwestlichen Schiefermantel treten devonische Tentakulitenkalke sowie Kalksteinlinsen und Lagen toniger Kalksteine innerhalb von Tonschiefern und Tuffen vor (BERGER et al. 2008A).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Kambrium: Karbonatgesteine der Röhrsdorf-Formation; Karbonathorizont Rabenstein-Auerswalde-Oberlichtenau der Rabenstein-Formation

■ Devon: Tentakulitenkalke, Kalksteinlinsen, Lagen toniger Kalksteine

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Die kambrischen Karbonatgesteine der Rabenstein-Formation sind als sogenannte Felsendome von Rabenstein im Bereich des südöstlichen Schiefermantels aufgeschlossen.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Im Bereich des ehemaligen unterirdischen Abbaus der Rabensteiner Felsendome werden Verkarstungserscheinungen vermutet.

5.11.3 Bewertung

Die Karbonathorizonte sind lokal oberflächennah anstehend bzw. ausstreichend, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche in Betracht zu ziehen ist. Verkarstungserscheinungen innerhalb dieser Horizonte werden vermutet. Zusätzlich kommen tieferliegende, vom Festgestein überdeckte Karbonate vor, für die eine potenzielle Verkarstung berücksichtigt werden muss, aber nicht von Auswirkungen an der Oberfläche auszugehen ist.

6 Karstgefährdete Einheiten – Molassestockwerk

Tabelle 7: Einheiten des variszischen Molassestockwerkes

Regionalgeologische Einheit	Potenziell karstgefährdete Gesteine	Verkarstung nachgewiesen	Punkt
Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Hochlage	nein	nein	-
Senke von Olbernhau-Brandov	nein		-
Senke von Schönfeld	nein	nein	-
Tharandter Eruptivkomplex, Eruptivgänge Schmiedeberg-Teplice, Sayda-Berggießhübeler Gangschwarm	nein	nein	-
Vorerzgebirgssenke (mit Zwickau-Oelsnitzer Senke, Flöhaer Senke, Hainichener Senke)	Perm, Rotliegend: lakustrische Karbonateinlagerungen der Härtensdorf-Formation; Karbonatgesteine des Reinsdorf-Horizontes der Leukersdorf-Formation, Gips-/Anhydrit-Poikiloblasten	nein	6.2
Nordwestsächsische Senke	nein	nein	-
Elbe-Zone (mit Döhlener Senke, Dresdener Senke, Meißener Eruptivkomplex, Priestewitzer Eruptivkomplex)	ja (s. Döhlener Senke)	nein	-
Döhlener Senke	Unterrotliegend, Niederhäslich-Formation: Kalkstein Döhlen-Formation: Kalkmergel, Hangendkarbonat des Flözes I	nein	6.1

Regionalgeologische Einheit	Potenziell karstgefährdete Gesteine	Verkarstung nach-gewiesen	Punkt
Lausitz-Riesengebirgshochlage (mit Weißiger Senke, Stolpen-Neustädter Eruptivgänge)	nein	nein	-
Niederlausitzer Senke	nein	nein	-

6.1 Döhlener Senke

6.1.1 Geografische Lage

Die Döhlener Senke erstreckt sich südwestlich von Dresden zwischen den Ortslagen Wildsdruff im NW und Kreischa im SE auf einer Länge von ca. 22 km und 6 km Breite und bildet morphologisch den Übergang zwischen dem Elbtal und dem Osterzgebirge. Weitere Orte im Bereich der Senke sind Freital, Pesterwitz, Bannewitz, Possendorf und Grumbach. Langjähriger Bergbau auf Steinkohle und Uran hat das Landschaftsbild geprägt.

GK25: Blatt 4947 bis Blatt 4948, Blatt 5047 bis Blatt 5048

6.1.2 Geologie

Synonyme: Döhlener Becken

Das Döhlener Becken ist eine im Oberkarbon angelegte Rotliegend-Senke mit NW-SE streichender Längsachse am Südwestrand der Elbe-Zone im Bereich der geotektonischen Großstruktur des Elbe-Lineaments (REICHEL & SCHAUER 2006). Die Schichtenfolgen innerhalb des Molassebeckens werden mit einer maximalen Mächtigkeit von 700 bis 800 m vom höheren Stefanium bis ins Oberrotliegend I eingeordnet und in vier Formationen gegliedert. Im Liegenden beginnt die Unkersdorf-Formation, gefolgt von der Döhlen-, Niederhäslich- und Bannewitz-Formation (Abbildung 4).

Alle Formationen unterlagen vulkanogenen Einflüssen. Für die Döhlen-Formation ist die Ausprägung von bis zu sieben Steinkohlenflözen markant, deren Zwischenmittel vorwiegend pyroklastischer und epiklastischer Natur sind (WALTER & SCHNEIDER 2008). Im Hangenden von Flöz 1 treten lokal Kalk-Mergelbänke auf, die bis zu 1,5 m Mächtigkeit erreichen. Sie sind vorwiegend aus Bohrungen bekannt (REICHEL & SCHAUER 2006).

Die Niederhäslich-Formation mit einer Mächtigkeit von bis zu 300 m enthält ebenfalls subrodierbare Kalksteinhorizonte. Diese sind im oberen Formations-Abschnitt als Niederhäslich-Kalkstein-Subformation mit bis zu 40 m Mächtigkeit anzutreffen. Diese Subformation enthält einen Unteren und einen Oberen Kalksteinhorizont, die jeweils von einem Brandschiefer-Flöz unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert sind (Abbildung 4). Ihre Verbreitung ist in weiten Teilen des Beckens nachgewiesen. Die Niederhäslich-Formation ist in vielen Bereichen von bis zu 390 m mächtigen Sedimentiten und Vulkaniten der Bannewitz-Formation überlagert. Die känozoische Überdeckung ist im Beckenbereich lediglich geringmächtig ausgeprägt.

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Unterrotliegend: Oberer Kalkstein-Horizont der Niederhäslich-Kalkstein-Subformation
- Unterrotliegend: Unterer Kalkstein-Horizont der Niederhäslich-Kalkstein-Subformation
- Unterrotliegend: Kalkmergel, Hangendkarbonat des Flözes I der Döhlen-Formation

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Im Gebiet um Freital sind höhere Profilabschnitte der Niederhäslich-Formation im Bereich der Kalkflöze aufgeschlossen, beispielsweise am Nordfuß des Windberges und am Weißeritz-Prallufer unterhalb von Schweinsdorf bis zur Kreuzstraße am Deubener Friedhof (WALTER & SCHNEIDER et al. 2008; REICHEL & SCHAUER 2006).

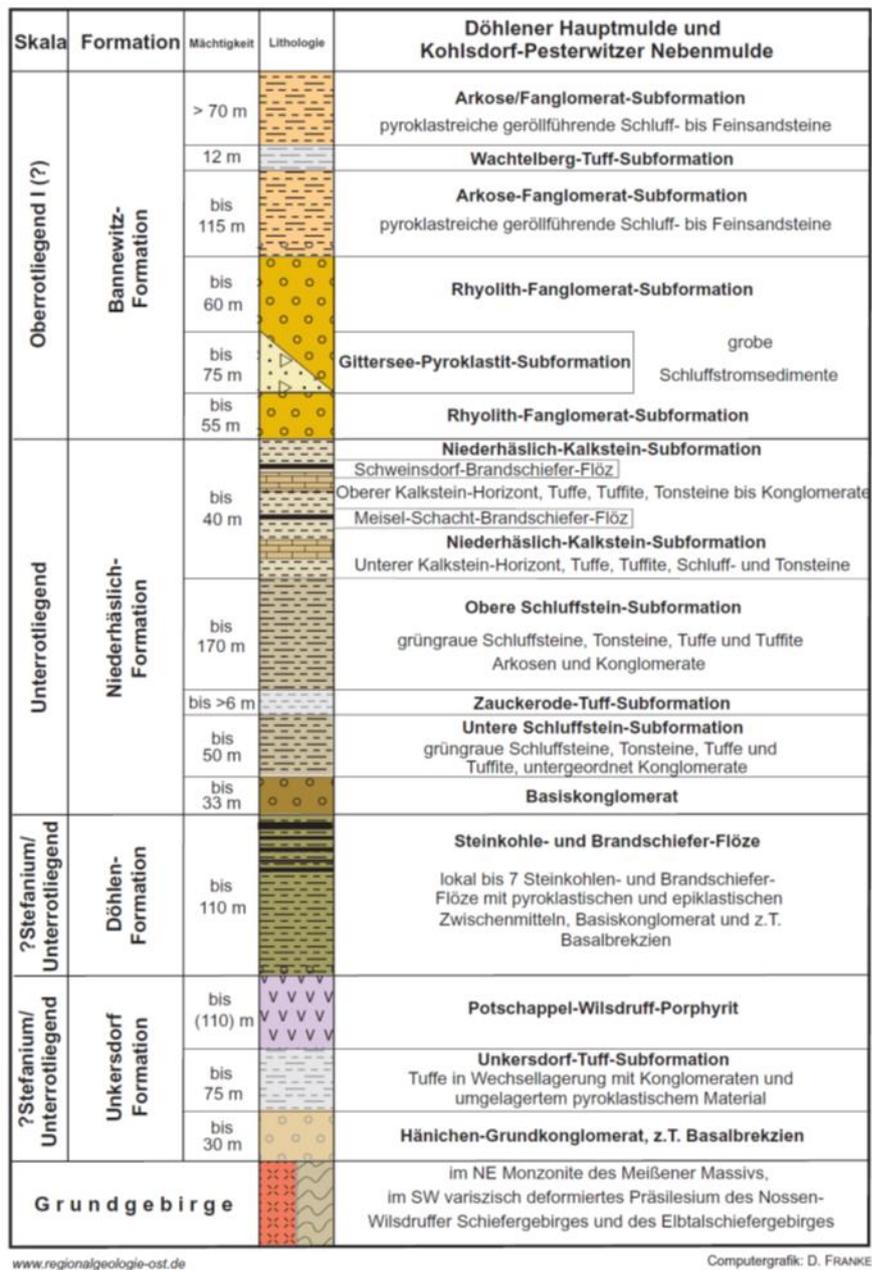


Abbildung 4: Normalprofil Zum Rotliegenden in der Döhlener Senke (aus FRANKE 2017)

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Es liegen keine Informationen zu Verkarstungen innerhalb der beschriebenen Kalkhorizonte vor.

6.1.3 Bewertung

Subrosionsrelevant sind das Hangendkarbonat des Flözes I der Döhlen-Formation und die Kalkstein-Horizonte der Niederhäslich-Formation. Letztere sind lokal gering überdeckt bzw. ausstreichend, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche in Betracht

zu ziehen ist. Der Großteil der Kalke ist jedoch von Gesteinen der Bannewitz-Formation überdeckt, sodass in diesen Bereichen aufgrund der Tiefe der entsprechenden Kalk-Schichten nicht von Subrosion mit Auswirkungen an der Oberfläche ausgegangen wird. Verkarstungserscheinungen in den auftretenden Kalkgesteinen wurden in der gängigen Fachliteratur bisher nicht beschrieben.

6.2 Vorerzgebirgs-Senke

6.2.1 Geografische Lage

Die etwa 70 km lange und 30 km breite Vorerzgebirgs-Senke befindet sich in Westsachsen. Nordwestlich liegt das Granulit-Massiv und südöstlich die Fichtelgebirgisch-Erzgebirgische Antiklinalzone.

GK25: Blatt 5143 bis 5144, Blatt 5240 bis 5243

6.2.2 Geologie

Synonyme: Erzgebirgische Mulde, Erzgebirgisches Becken

Die Vorerzgebirgs-Senke ist geprägt von kontinentalen molassoiden Sedimentfüllungen. Diese setzen mit der Härtensdorf-Formation im Unterrotliegend ein (Abbildung 5). Diese enthält lokal lakustrische Karbonateinlagerung in der vorherrschenden Schluff-Tonsteinabfolge.

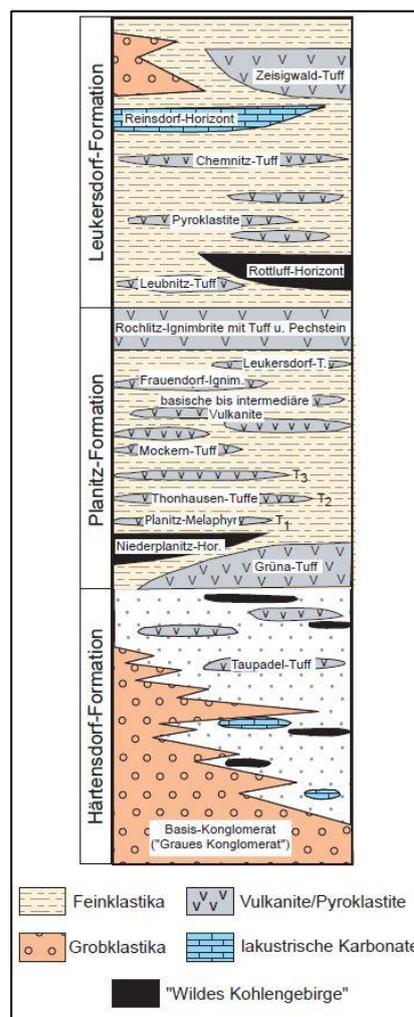


Abbildung 5: Normalprofil des Unterrotliegenden in der Vorerzgebirgs-Senke (aus FRANKE 2017)

Für die folgende Planitz-Formation sind vorwiegend vulkanische Gesteine charakteristisch. Im Hangenden sind die vorwiegend schluffigen bis sandigen Sedimentite der Leukersdorf-Formation zu finden. Diese enthalten Einlagerungen vulkanischer Gesteine und die dem Reinsdorf-Horizont zugeordneten Karbonatgesteine (WALTER & SCHNEIDER 2008). Der Reinsdorf-Horizont tritt beckenweit auf und beinhaltet eine Wechsellagerung aus Ton- bis Schluffsteinen mit max. 0,9 m mächtigen Karbonatlagen limnischen Ursprungs (FRANKE 2017). Dolomitisierung und zahlreiche Hohlräume sind im Top des Horizontes zu verzeichnen. Im Hangenden treten Gips-/Anhydrit-Poikiloblasten auf (WALTER & SCHNEIDER 2008). Im NW wird die Vorerzgebirgs-Senke vom Tafeldeckgebirge der Zeitz-Schmöllner Senke überdeckt. Die känozoische Überdeckung ist generell als geringmächtig zu betrachten.

Subrodierbare Gesteinsschichten

■ Perm, Rotliegend: lakustrische Karbonateinlagerungen der Härtensdorf-Formation; Karbonatgesteine des Reinsdorf-Horizontes der Leukersdorf-Formation, Gips-/Anhydrit-Poikiloblasten

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Übertägige Aufschlüsse des Reinsdorf-Horizontes finden sich nach WALTER & SCHNEIDER (2008) bei Reinsdorf.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Konkrete Verkarstungsobjekte liegen im Bereich der Vorerzgebirgs-Senke nicht vor.

6.2.3 Bewertung

Die Karbonatgesteine innerhalb der molassoiden Sedimentfüllung sind teils verhältnismäßig gering überdeckt, weshalb potenzielle Verkarstungen mit Auswirkungen an der Erdoberfläche möglich sind.

7 Karstgefährdete Einheiten – Deckgebirge

Tabelle 8: Einheiten des Deckgebirges

Regionalgeologische Einheit	Potenziell karstgefährdete Gesteine	Verkarstung nachgewiesen	Punkt
Dübener Senke	Zechstein: Karbonate Unterer Buntsandstein: Karbonate der Rogensteinbänke, Muschelkalk: Karbonate	nein	7.1
Mühlberger Senke	Zechstein: Karbonate Unterer Buntsandstein: Karbonate der Rogensteinbänke	nein	7.2
Mügelner Senke	Zechstein: Plattendolomit (Z3), Untere Letten mit Horizonten von Gips, Anhydrit, Dolomit (Z1 und Z2) Unterer Buntsandstein: Sand- und Schluffstein, Bindemittel teils karbonatisch-mergelig	ja	7.3
Elbe-Senke	Oberjura: Kalk	nein	7.4

Regionalgeologische Einheit	Potenziell karstgefährdete Gesteine	Verkarstung nachgewiesen	Punkt
Bornaer Senke	Untere Letten mit Horizonten von Gips, Anhydrit, Dolomit (Z1 und Z2)	ja	7.5
Zeitz-Schmöllner Senke	Zechstein: Plattendolomit, Obere Letten, dolomitische Sandsteine	ja	7.6
Ostbrandenburgische-Nordsudetische Senke mit der Struktur Mulkwitz	Muschelkalk: Kalk-, Kalkmergelsteine; Anhydritbänke Keuper: Kalkstein, Mergelstein, Dolomit Mittleren Keuper: Gipskeuper, Bänke aus Anhydrit, Gips und Steinsalz Oberer Buntsandstein: karbonatisch-anhydritische Sandsteine Zechstein: Karbonate, Anhydrite, Steinsalz Z1 bis Z4	ja	7.7

7.1 Dübener Senke

7.1.1 Geografische Lage

Die Dübener Senke befindet sich an der nördlichen Landesgrenze zwischen den Ortslagen Bad Düben im Nordwesten und Süptitz im Osten im Bereich der Dübener Heide.

GK25: Blatt 4440 bis Blatt 4443

7.1.2 Geologische Verhältnisse

Synonyme: Dübener Mulde, Dübener Graben

Die Dübener Senke ist eine W-E streichende saxonische Grabenstruktur im Ostteil der Halle-Wittenberger Scholle, in der Schichtenfolgen des Oberrotliegenden, des Zechsteins und des Buntsandsteins erhalten geblieben sind. Die Struktur der Senke ist nur aus refraktionsseismischen Kartierungen bekannt (FRIEBE 2008a). Mit der tiefsten Bohrung auf Blatt 4442 Mockrehna 1/64 ist der Zechstein erreicht, aber nicht durchteuft. Diese Bohrung, die nördlich der Muschelkalkverbreitung angesetzt wurde, hat ab 135 m unter Gelände Mittleren und Unteren Buntsandstein und ab 440 m unter Gelände das Einsturzgebirge Zechstein aufgeschlossen (BERGER & KAUFMANN 2010). Nach FRIEBE (2008A) setzt sich der Zechstein aus Oberen und Unteren Letten mit zwischengeschalteten Karbonaten in Form von Plattendolomit zusammen. Auf Grundlage von Bohrungen ist bekannt, dass im Süden der Senke Unterer Buntsandstein vorkommt, der sowohl innerhalb der Calvörde-Folge als auch an der Basis der Bernburg-Folge Rogensteinbänke bzw. allgemein oolithische Kalksteinbänke führt. Der überlagernde Mittlere Buntsandstein ist teils stark erodiert und enthält keine relevanten Karbonat- bzw. Sulfat-Horizonte. Der Buntsandstein wird von einem Muschelkalkvorkommen überdeckt. Die beschriebenen Gesteinshorizonte werden von einem mächtigen känozoischen Deckgebirge überlagert.

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Zechstein: Karbonate
- Unterer Buntsandstein: Karbonate der Rogensteinbänke
- Muschelkalk

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Es sind keine oberflächennahen Gesteinsbildungen bzw. Aufschlüsse bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Es sind keine Subrosionserscheinungen an der Geländeoberfläche bekannt.

7.1.3 Bewertung

Subrosionsrelevant sind Karbonate des Zechsteins, des Buntsandsteins und Sedimentite des Muschelkalks. Allerdings ist aufgrund der Tiefe der beschriebenen Gesteinshorizonte nicht von einer Subrosionsgefährdung mit Auswirkungen an der Oberfläche auszugehen. Verkarstungserscheinungen in den auftretenden Kalkgesteinen sind nicht bekannt bzw. in der Literatur nicht benannt.

7.2 Mühlberger Senke

7.2.1 Geografische Lage

Die Mühlberger Senke befindet sich an der nördlichen Landesgrenze Sachsens zwischen den Ortslagen Torgau im Nordwesten und Mühlberg im Südosten.

GK25: Blatt 4444 bis Blatt 4445, Blatt 4544 bis Blatt 4545

7.2.2 Geologische Verhältnisse

Synonyme: Mühlberger Mulde, Mühlberger Graben, Mühlberger Permotrias-Senke

Die Mühlberger Senke ist eine NW-SE streichende permotriassische Grabenstruktur am SW-Rand der Lausitzer Scholle. Im Norden begrenzt die Finsterwalder Störungszone die Mühlberger Senke gegen die Torgau-Doberluger Synklinale. In der Grabenstruktur sind Schichtenfolgen des Permokarbons, des Zechsteins und des Unteren Buntsandsteins erhalten geblieben (FRANKE 2017). Mit der tiefsten Bohrung Brottewitz 2/60 auf Blatt 4545 nördlich von Mühlberg ist der Zechstein durchteuft und das Proterozoikum (Lausitzer Grauwacke) ab 414 m unter Gelände aufgeschlossen. Diese Bohrung hat ab 55,5 m unter Gelände Unteren Buntsandstein und ab 219 m unter Gelände Zechstein (Z4 bis Z1) durchteuft (BERGER & KAUFMANN 2010). Außerdem wurden in der Bohrung Koßdorf Rifffkarbonate erbohrt (FRIEBE 2008a). Aufgrund ähnlicher Genese wird davon ausgegangen, dass die Buntsandsteinhorizonte analog zu denen der Dübener Senke Rogensteinbänke bzw. allgemein oolithische Kalksteinbänke enthalten. Die Mächtigkeit des känozoischen Deckgebirges wird auf Grundlage der erwähnten Bohrung Brottewitz auf weniger als 100 m geschätzt.

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Zechstein: Karbonate
- Unterer Buntsandstein: Karbonate der Rogensteinbänke

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Es sind keine oberflächennahen Gesteinsbildungen bzw. Aufschlüsse bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Es sind keine Subrosionserscheinungen an der Geländeoberfläche bekannt.

7.2.3 Bewertung

Aufgrund der Tiefe ist nicht von einer Subrosionsgefährdung der beschriebenen Zechsteinhorizonte mit Auswirkungen an der Oberfläche auszugehen. Zu beachten sind allerdings die Karbonate des Unteren Buntsandsteins. Sie sind lokal verhältnismäßig gering überdeckt, weshalb in diesen Bereichen potenzielle Verkarstun-

gen mit Auswirkungen an der Erdoberfläche möglich sind. In der gängigen Fachliteratur sind Verkarstungserscheinungen in den auftretenden Kalkgesteinen bisher nicht beschrieben.

7.3 Mügelter Senke

7.3.1 Geografische Lage

Die Mügelter Senke befindet sich zwischen Leipzig und Dresden im Grenzbereich zwischen dem Meißner Hügelland und dem Nordsächsischen Berg- und Hügelland. Größere Ortslagen sind Mügeln im Westen und Ostrau im Osten. Die Senke erreicht eine Ausdehnung von ca. 20 × 8 km.

GK25: Blatt 4744 bis Blatt 4745, Blatt 4844 bis Blatt 4845

7.3.2 Geologie

Synonyme: Mügeln-Ostrauer Becken, Mügelter Mulde, Mügelter Permotrias-Senke

Die Entwicklung der Mügelter Senke erfolgte postvariszisch im Kreuzungsbereich von NW-SE-, NE-SW- und N-S-streichenden Störungen (BECKERT et al. 2005). Sie lag als küstennahes Randbecken am Südrand des Germanischen Beckens und wurde so sowohl durch die aus Norden kommende Zechsteintransgressionen marin und temporär als auch kontinental beeinflusst (FRIEBE 2008a).

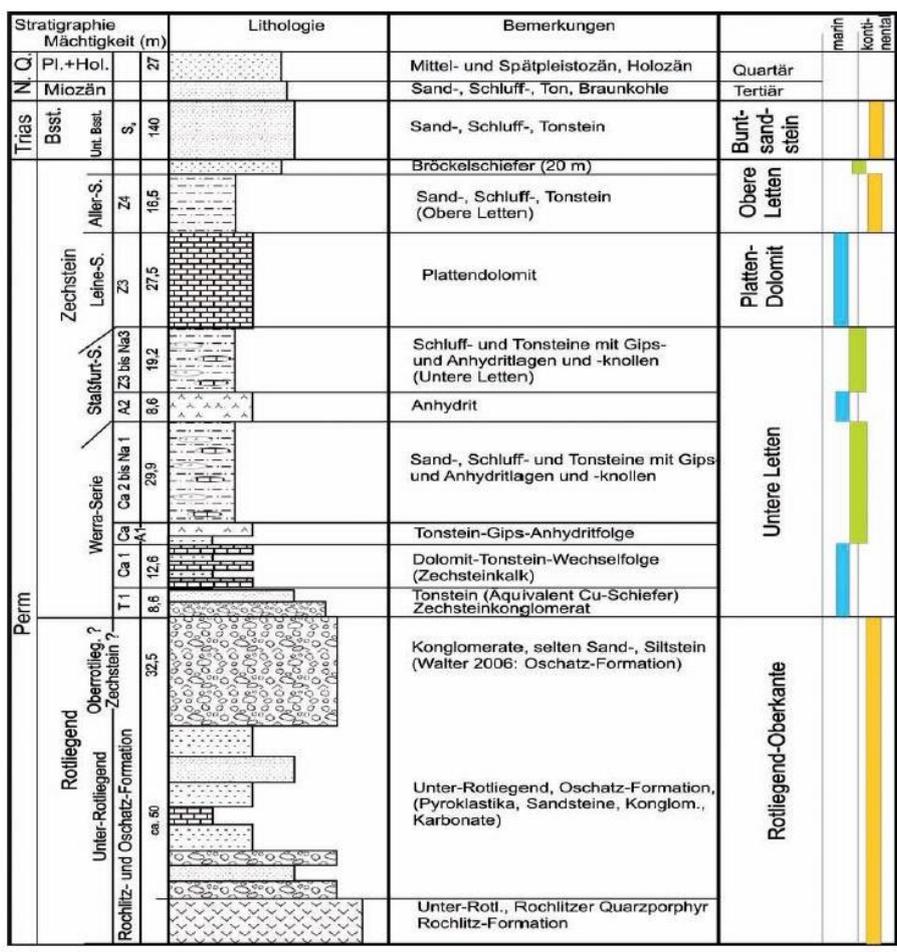


Abbildung 6: Geologisches Profil der Bohrung Hy 2/64 von Rotliegend bis Buntsandstein (aus BERGER & KAUFMANN 2010)

Die Ablagerungen des Zechsteins beginnen mit den Unteren Letten. Diese bestehen aus Schluff- und Tonsteinen sowie Karbonaten und weisen Zwischenlagen von Gips und Anhydrit auf (BECKERT et al. 2005). Die Unteren Letten gehören den Zechsteinzyklen Werra- und Staßfurt-Serie (Z1 und Z2) an (Abbildung 6).

Über den Unteren Letten bildete sich der bis zu 35 m mächtige Plattendolomit, der in der gesamten Senke verbreitet ist. Er stellt ein marines Sediment der Leine-Serie (Z3) dar und liegt als mächtige Bank vor (GAITZSCH et al. 2005). Deren Mächtigkeit reduziert sich an den Rändern der Senke auf teils unter einen Meter. Im Hangenden des Plattendolomits bildeten sich während der Aller-Serie (Z4) die Oberen Letten, die als Wechsellagerung von Sand-, Schluff- und Tonsteinen mit partiellen dünnen Dolomitlagen auftreten. Diese werden überlagert von einer bis zu 20 m mächtigen Schicht aus Bröckelschiefer. Sie wurden jedoch durch quartäre Erosion teils vollständig abgetragen und liegen vorwiegend nur dort vollständig vor, wo sie vom Buntsandstein überlagert wurden (GEIßLER et al. 2014).

Im Unteren Buntsandstein bildeten sich ca. 140 m Sand- und Schluffsteinschichten, die im Osten der Mügeler Senke noch über die Zechsteinablagerung hinausgehen (FRIEBE 2008b). Im Süden reicht die Überdeckung jedoch nicht bis zur Verbreitungsgrenze des Zechsteins (GEIßLER et al. 2014). Östlich der Elbe ist sein Bindemittel teils karbonatisch-mergelig. Des Weiteren treten dort dünne, plattige körnige Kalksteine auf (FRIEBE 2008b). Ab der Oberkreide folgten Verwitterungs- und Abtragungsprozesse, eine intensive Verkarstung des Plattendolomits und eine Kaolinisierung des Buntsandsteins (WALTER 2008).

Das Deckgebirge setzt sich aus bis zu 23 m miozänen Sanden, Schluffen, Tonen und geringmächtiger Braunkohle sowie aus bis zu 75 m pleistozänen und holozänen kaltzeitlichen Sedimenten zusammen. Die miozänen Sedimente sind lediglich als Relikte besonders im Randbereich der Mügeler Senke vertreten. Die quartären Bildungen dahingegen sind großflächig vorhanden (GEIßLER et al. 2014).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Unterer Buntsandstein: Kalksteine, dünn-plattig, körnig (östlich der Elbe)
- Unterer Buntsandstein: Sand- und Schluffstein, Bindemittel teils karbonatisch-mergelig (östlich der Elbe)
- Zechstein: Plattendolomit (Z3)
- Zechstein: Untere Letten mit Horizonten von Gips, Anhydrit und Dolomit (Z1 und Z2)

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Am südlichen Rand der Mügeler Senke sind zwischen Mügeln im Westen, Kiebitz, Rittmitz und Mönchhof im Süden und Ostrau und Zschochau im Osten Zechstein-Sedimente aufgeschlossen. Dabei handelt es sich überwiegend um Ausstriche im Bereich von Flusstälern (Kleine und Große Jahna, Krebsbach, Birnenitzer Dorfbach), auflässige Tagebaue und den aktiven Tagebau Ostrau (GAITZSCH et al. 2005). In folgenden Gebieten wurden nach GAITZSCH et al. (2005) Plattendolomitaufschlüsse angetroffen:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| ■ Zschochau (bis zu 15 m) | ■ Pfarrsteina (bis zu 2,4 m) |
| ■ Tännigt-Pulsitz (bis zu 4,5 m) | ■ Obersteina (bis zu 4 m) |
| ■ Münchhof (bis zu 15 m) | ■ Kiebitz (bis zu 0,4 m) |
| ■ Rittmitz (bis zu 5 m) | ■ Schrebitz (bis zu 8 m) |
| ■ Ostrau-Pulsitz (bis zu 17 m) | |

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Verkarstung ist im Bereich der Mügeln Senke innerhalb des Plattendolomits bekannt. Diese fand nach WALTER (2008) zwischen Kreide und Tertiär statt. Begünstigt wurde sie durch ein sich kreuzendes Kluftsystem innerhalb des Plattendolomits und darin zirkulierende Wässer. Es kam zur Herausbildung von Karstschloten und Dolinen mit einer Tiefe von bis zu 10 m. Nördlich des Dolomit-Tagebaus Pulsitz sind prätertiäre Subrosionskessel von bis zu 200 m Durchmesser und ca. 20 m Tiefe durch Erkundungsbohrungen bekannt geworden (GALILÄER & SCHELLENBERG 1981; KAUFMANN 2009). Außerdem treten an einigen Stellen trichterförmige Einsenkungen im Plattendolomit auf, beispielsweise im Kalkbruch Ostrau-Pulsitz (GAITZSCH et al. 2005). Dort sind generell intensive Karsterscheinungen anzutreffen. Im Bereich von Klüften treten Karstschloten mit Öffnungsweiten von bis zu 1,5 m auf (BECKERT et al. 2005). Auch im Dolomit-Tagebau Rittnitz sind die im Plattendolomit auftretenden Klüfte teilweise mit Karst belegt (SATTLER et al. 2008). Weitere Nachweise von Verkarstung sind vom Kalkbruch Paschkowitz (kesselartige Senken) und Plattenkalk-Bruch Zschochau aus den aktiven Abbauzeiten bekannt. Bereits in den Erläuterungen der Geologischen Messtischblätter sind umfangreiche Beschreibungen der Verkarstungen in den Plattendolomiten enthalten (SIEGERT 1908; HÄRTEL 1932 etc.).

7.3.3 Bewertung

Bei der Einschätzung des Gefährdungspotenzials durch Subrosion/Verkarstung ist von Bedeutung, dass im Süden der Mulde die Zechsteinsedimentite oberflächennah anstehen und zum Teil austreichen. Dementsprechend sind sie potenziell verkarstungsgefährdet. Lokal sind Verkarstungserscheinungen innerhalb dieser Horizonte bekannt. Innerhalb der Buntsandsteinschichten liegen keine Informationen zu Verkarstungserscheinungen vor. Dennoch muss aufgrund ihrer Karbonatführung östlich der Elbe und der geringen Überdeckung in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche bedacht werden.

7.4 Elbe-Senke

7.4.1 Geografische Lage

Die Elbesenke befindet sich im südöstlichen Teil der Elbe-Zone. Sie verläuft in NW-SE-Richtung und wird im Nordosten von der Lausitzer Überschiebung begrenzt.

GK25: Blatt 5050 bis Blatt 5052

7.4.2 Geologie

Synonyme: Elbe-Kreidesenke

Bei der Elbe-Senke handelt es sich um eine oberkretazische Senke, die vorwiegend mit Gesteinen der klastisch-sandigen Fazies verfüllt ist. Das Liegende bilden laut der Bohrung Pirna-Copitz 1/59 Gesteinshorizonte des cadomischen Lausitzer Granit-Granodiorit-Massivs. In dieser Bohrung ist eine känozoische Überdeckung der Kreidesedimente von 177 m belegt. Während der jüngeren Kreide und vermutlich auch während des Tertiärs kam es zur Herausbildung der Störung der Lausitzer Überschiebung (FRANKE 2017). Dabei wurden südlich der Störung jurassische Gesteine aufgeschoben. Es handelt sich um lokal auftretende, isolierte Schollen, die dem Oberjura zugeordnet werden. Sie sind aufgrund der Störungsnähe stark zerklüftet und gestört.

Aus dem Raum Hohnstein ist ein Profil beschrieben worden, das den Jurakalk mit 11,5 bis 14 m Tonen (evtl. Obere Letten) und 0,5 bis 7 m Tonsteinen (teils kalkhaltig) überdeckt sieht. Die Kalksteine selbst zeigen eine Mächtigkeit zwischen 1 und 17 m und lagern auf oberkretazischen Quarzsandsteinen (TRÖGER 2008b).

Subrodierbare Gesteinsschichten

■ Oberjura: Kalk

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Nach REICHEL et al. (2015) befindet sich im Raum Hinterhermsdorf im Weißbachtal eine anstehende Kalkscholle. Außerdem ist bekannt, dass Kalkstein in diesem Gebiet unterhalb der Obermühle im Tagebau abgebaut wurde.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Subrosionserscheinungen an der Geländeoberfläche sind nicht bekannt.

7.4.3 Bewertung

Subrosionsrelevant sind Kalke des Oberjura. Diese sind gering überdeckt bzw. ausstreichend und zusätzlich stark zerklüftet, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche bedacht werden muss. Generell wurden bisher jedoch keine Verkarstungserscheinungen in den auftretenden Kalkgesteinen beschrieben.

7.5 Bornaer Senke

7.5.1 Geografische Lage

Die Bornaer Senke befindet sich in Nordwestsachsen südlich von Leipzig an der Landesgrenze zu Sachsen-Anhalt im Westen und Thüringen im Süden.

GK25: Blatt 4940 bis Blatt 4942, Blatt 4839 bis Blatt 4941

7.5.2 Geologie

Synonym: -

In weiten Teilen der Bornaer Senke sind Sedimentgesteine und Vulkanite des Rotliegend von bis zu ca. 380 m Mächtigkeit oberhalb des variszischen Grundgebirges anzutreffen. Die Senke befindet sich zur Zeit des Zechsteins größtenteils im Randbereich des Germanischen Beckens. Entsprechend folgen fluviatile und marine Zechsteinsedimente (BERGER & KAUFMANN 2010). Für den Nordosten der Senke im Raum Buchheim ist die Staßfurt-Serie mit Sandsteinen und einer zwischengeschalteten, rund 7 m mächtigen Dolomit-Schicht vertreten. Im Raum Frohburg-Geithain hingegen wird die Zechsteinbasis von Grenzkonglomerat gebildet. Es folgen die weit verbreiteten Unteren Letten, die durch dolomitische Einschaltungen gekennzeichnet sind. In einer Bohrung bei Borna wurden außerdem Gips und Anhydrit gefunden.

Darüber lagern Sedimente des heutigen, rund 4 m mächtigen Plattendolomits. Sein Hangendes bilden die Oberen Letten (FRIEBE 2008a). Die Trias ist mit etwa 60 bis 145 m mächtigen Konglomeraten und Sandsteinen des Unteren Buntsandsteins vertreten. Während des Tertiärs führten die Lage am Südrand der Nordwest-Europäischen Tertiärsenke und Wechsel aus Trans- und Regressionen zu randmarinen Ablagerungen. Das känozoische Deckgebirge setzt sich entsprechend aus Braunkohleflözen, Schluffen, Tonen, Sanden und Kiesen des Eozäns bis Oligozäns mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von ca. 60 bis 80 m sowie glaziären Sedimenten zusammen (STANDKE 2008; WOLF & ALEXOWSKY 2008).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Zechstein: Plattendolomit Leine-Serie
- Zechstein: dolomitische Einschaltungen, Gips und Anhydrit der Unteren Letten der Leine-Serie
- Zechstein: Dolomit der Staßfurt-Serie

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Am Süd- und Südostrand der Senke stehen Sedimente des Zechsteins an der Oberfläche an (BERGER & KAUFMANN 2010), bspw. um Geithain, Ottenhain, Tautenhain, Ebersbach, Frohburg.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Nach EISSMANN (2008) ist in Bereichen westlich der Linie Lobstädt-Deutzen-Regis-Breitungen bereichsweise Subrosion vorwiegend im Miozän, aber partiell auch noch nach dem Unteroligozän vermutlich im Miozän aufgetreten. Subrodieren wurde die zechsteinzeitliche Anhydrit-Kalkstein-Dolomit-Folge. Diese wurde bereits 1966 im Zuge eines Bohrprogramms belegt (EISSMANN 1966). Die Subrosion der Anhydrite hatte bereits vor der Kohlebildung stattgefunden. Reste von Anhydriten sind als Subrosionsrelikte anzutreffen.

An Aufschlüssen innerhalb der Kalksteinbrüche im Ebersbacher Kirchenholz und im Kalksteinbruch Frohburg (HOHL 1952) sind Subrosionserscheinungen belegt.

7.5.3 Bewertung

Im nördlichen Teil der Senke sind die subrodierbaren Horizonte von Festgesteinsschichten des Unteren Buntsandsteins und känozoischem Deckgebirge überdeckt, sodass nicht von einer Subrosionsgefährdung der beschriebenen Zechsteinhorizonte mit Auswirkungen an der Oberfläche auszugehen ist.

Im südlichen Teil der Senke stehen die Karbonate und Sulfate oberflächennah an, weshalb in diesen Bereichen eine potenzielle Verkarstung mit möglichen Auswirkungen an der Erdoberfläche bedacht werden muss.

7.6 Zeitz-Schmöllner Senke

7.6.1 Geografische Lage

Die Zeitz-Schmöllner Senke befindet sich im Raum um Crimmitschau-Meerane nördlich von Zwickau. Sie ist Teil der Merseburger Scholle und setzt sich in nordwestliche Richtung nach Thüringen fort.

GK25: Blatt 5140 und Blatt 5240

7.6.2 Geologie

Synonyme: Zeitz-Schmöllner Mulde, Zeitz-Schmöllner Buntsandsteinmulde

Das Grundgebirge im Bereich der Zeitz-Schmöllner Senke wird von Gesteinen des Ordoviziums aufgebaut. Darüber lagern großflächig Fanglomerate und Konglomerate des Rotliegenden, gefolgt von 20 bis 80 m Zechsteinsedimentiten. Diese werden in weiten Teilen durch Basiskonglomerate, dem Culmitsch-Sandstein, Unteren Letten, Plattendolomit und Oberen Letten des Staßfurt-, Leine- und Allerzyklus repräsentiert. Die Unteren und die Oberen Letten weisen zum Teil kalkige Lagen auf. Insbesondere die Unteren Letten sind durch das Auftreten von dolomitischen Sandsteinen gekennzeichnet. Die Zechsteinsedimentation ist von einem Fazieswechsel von marin zu terrestrisch geprägt. Weiterhin treten bereichsweise maximal 50 m mächtige Sandsteinhorizonte des Unteren Buntsandsteins mit tonigen und konglomeratischen Zwischenlagen auf (FRIEBE 2008b).

Die Festgesteinsfolgen sind innerhalb der Senke mit bis zu 40 m mächtigen känozoischen Sedimenten überdeckt (BERGER & KAUFMANN 2010).

Subrodierbare Gesteinsschichten

■ Zechstein: Untere Letten, Plattendolomit, Obere Letten

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Der Zechsteinhorizont ist durch zahlreiche ehemalige Kalksteinbrüche im Raum Langenreinsdorf, Crimmitschau (z. B. in Bahnhofsnähe), Rudelswalde und in den Kalksteinbrüchen Meerane und Crotenlaide aufgeschlossen bzw. oberflächennah anstehend.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Bereits 1882 wird von SIEGERT eine Auslaugung des dolomitischen Bindemittels der Sandsteine der Unteren Letten beschrieben. Außerdem weist er auf Auslaugung im Plattendolomit hin, die teilweise zu Höhlen von mehr als 1 m Weite geführt hat, die teils offen, teils durch Obere Letten verfüllt sind (geologische Orgeln).

Zersatzbereiche und Schloten im Plattendolomit bei Crimmitschau/Langenreinsdorf finden außerdem bei FRIEBE (2008b) Erwähnung. Bei DRESSEL (1956) werden außerdem auftretende Subrosion in zwei Steinbrüchen nördlich von Langenreinsdorf beschrieben, bei denen im Zuge des Abbaus Auslaugungserscheinungen auf Klufflächen gefunden wurden. Weiterhin sind Verkarstungserscheinungen in drei Kalksteinbrüchen in Crimmitschau östlich des Bahnhofs auffällig geworden.

7.6.3 Bewertung

Bei der Einschätzung des Gefährdungspotenzials durch Subrosion/Verkarstung ist zu berücksichtigen, dass die Zechsteinsedimentite bereichsweise oberflächennah anstehen. Dementsprechend sind sie potenziell verkarstungsgefährdet. Außerdem sind lokal Verkarstungserscheinungen innerhalb der Plattendolomite und Unteren Letten bekannt. Innerhalb der Buntsandsteinschichten liegen keine Informationen zu Verkarstungserscheinungen vor. Sie dienen lokal als schützende Deckschicht für die verkarstungsgefährdeten Zechsteinhorizonte.

7.7 Ostbrandenburg-Nordsudetische Senke mit der Struktur Mulkwitz

7.7.1 Geografische Lage

Der sächsische Teil der Ostbrandenburg-Nordsudetischen Kreidesenke mit der Struktur Mulkwitz befindet sich in Nordost-Sachsen im Raum Weißwasser-Spremberg nördlich des Lausitzer Hauptabbruchs.

GK25: Blatt 4452 - Blatt 4454, Blatt 4552 bis 4555, Blatt 4653 bis Blatt 4655

7.7.2 Geologie

Synonyme: Nordsudetische Kreidesenke, Nordsudeten-Trog, Nordsudetische Senke

Bei der Struktur Mulkwitz handelt es sich um eine Antiklinalstruktur, die eine Hochlage altpaläozoischer, permischer und triassischer Gesteine darstellt. Sie liegen auf der Lausitzer Permotrias-Scholle, sind von herzynischen Störungen begrenzt und von E-W-Verwerfungen untergliedert (BERGER & KAUFMANN 2010). Die in der Region auftretenden altpaläozoischen Gesteine bestehen aus schwach geschieferten Grauwacken, Sandsteinen, Konglomeraten, Tonschiefern und Tonsteinen.

Im Rotliegend lagerten sich kontinentale Sande, Tone und Schluffe mit konglomeratischen Lagen ab, die heute mit stark variierenden Mächtigkeiten anzutreffen sind (KOPP et al. 2006).

Die Basis des Zechsteins bildet die Werra-Serie mit einem Kupferschieferflöz (KOPP et al. 2006). Diese lagert diskordant sowohl über Gebieten des Rotliegenden als auch über Altpaläozoikum. Über dem Flöz lagert Zechsteinkalk gefolgt von Werra-Anhydrit mit lokalen Steinsalz-Einschlüssen. Diese sind teils durch eine salzhaltige Anhydritbrekzie (Auslaugungsbrekzie) vertreten. Im 2. und 3. Zechsteinzyklus nimmt der Anteil der Salinersedimente zu. Zu diesen gehört der Hauptdolomit der Staßfurt-Serie, überlagert von Basalanhydrit und einer Steinsalzfolge. Der Leine-Zyklus stellt die Grundlage zur Bildung des Plattendolomits dar. Lokal tritt außerdem geringmächtig das Aller-Steinsalz auf (FRIEBE 2008a). Die Zechsteinsedimente sind fast vollständig von Sedimenten der Trias, Kreide und des Tertiärs überdeckt. Um Mulkwitz sind Sedimentgesteine des gesamten Buntsandsteins vorhanden. Durch die Röttransgression ist der Obere Buntsandstein stark karbonatisch-anhydritisch ausgebildet (FRIEBE 2008b). Es folgen die Kalksteine, Kalkmergelsteine und Tonsteine des Muschelkalks (BERGER & KAUFMANN 2010). Im mittleren Muschelkalk treten Anhydritbänke auf (KOPP et al. 2006). Außerdem ist ein kleinräumiges Keupervorkommen im Raum Mulkwitz bekannt, das sich neben Ton-, Schluff- und Sandsteinen aus Kalk-, Mergelstein, Dolomit sowie Gipskeuper und Bänken aus Anhydrit, Gips und Steinsalz zusammensetzt (FRIEBE 2008a). Im Bereich der Struktur Mulkwitz sind Muschelkalk, Buntsandstein und Keuper weitestgehend direkt von känozoischen Sedimenten bedeckt. Im Bereich der nordsudetischen Kreidesenke folgen mit bis zu 1.100 m Schluff-, Ton-, Kalk-, Kalkmergel- und Mergelsteine Sedimentite der Oberkreide. Ihre Mächtigkeit nimmt vom Zentrum der Senke zu der Struktur Mulkwitz kontinuierlich auf 0 m ab (BERGER & KAUFMANN 2010). Ab der Oberkreide kam es zu Reaktivierungen des Störungssystems des Lausitzer Hauptabbruchs (STANEK et al. 2016). Diese haben Auslaugung und Subrosion der Salinargesteine und des Dolomits zur Folge (BERGER & KAUFMANN 2010). Die oberpaläozoisch-mesozoischen Sedimente sind entlang dieser Störung aufgeschleppt, was im Bereich der Störungszone wiederum zu Auslaugung des Zechsteins führte (STANEK et al. 2016). Es folgt eine ca. 200 m mächtige diskordante Überlagerung durch känozoische Sedimente einschließlich Braunkohleflöze (STANEK et al. 2016).

Subrodierbare Gesteinsschichten

- Zechstein: Karbonate, Anhydrite, Steinsalz der Werra-, Staßfurt, Leine- und Aller-Serie
- Oberer Buntsandstein: karbonatisch-anhydritische Sandsteine
- Muschelkalk: Kalk-, Kalkmergelsteine; Anhydritbänke des Mittleren Muschelkalks
- Keuper: Kalkstein, Mergelstein, Dolomit sowie Gipskeuper, Bänke aus Anhydrit, Gips und Steinsalz im Mittleren Keuper
- Oberkreide: Kalk-, Kalkmergel-, Mergelsteine

Tagesaufschlüsse subrodierbarer Gesteinsschichten

Aufgrund der mächtigen känozoischen Überdeckung sind keine Tagesaufschlüsse bekannt.

Nachgewiesene Verkarstung/Subrosion

Im Gebiet kommen im Wesentlichen die wasserlöslichen Gesteine Anhydrit und Halitit sowie Karbonate vor. Nach KAMMHOLZ (1974) sind die Anhydrithorizonte (Sulfat 1 bis 5) im Oberen Buntsandstein stark vergipst. Die Anhydrite des Zechsteins sind in den oberen 1 bis 2 m des Werraanhydrits unterhalb des wasserführenden Hauptdolomits ebenfalls vergipst. Hohe Sulfatgehalte im Grundwasser weisen auf rezente Subrosionsprozesse hin. Außerdem wurden und werden Anhydrite verstärkt im Bereich von Störungszonen ausgelaugt. Aufgrund der großen Mächtigkeit des Deckgebirges sind keine Auswirkungen der Gipsauslaugung an der Erd-

oberfläche zu erwarten. Es wird jedoch von einem ausgedehnten unterirdischen Hohlraumsystem im Bereich der Störungszonen ausgegangen (KAMMHOLZ 1974).

Auch die Halitite des Zechsteins unterlagen und unterliegen der Subrosion, was ebenfalls über die hydrochemische Analyse des Grundwassers festgestellt wurde. Teils liegen nur noch letzte Auslaugungsrückstände der Salze vor (bspw. südwestlich von Mulkwitz). Die Auswirkungen der Subrosionsvorgänge konnten maximal bis zur prätertiären Landoberfläche und im Bereich des präsubrosiven Verbreitungsgebietes des Halitits des Werazyklus festgestellt werden (KAMMHOLZ 1974).

Lokale Unregelmäßigkeiten in den Mächtigkeiten des känozoischen Deckgebirges liefern weitere Hinweise auf Subrosionsprozesse. Im Nochtener Revier (südlich der Struktur Mulkwitz) werden beispielsweise Mächtigkeitsschwankungen innerhalb der Braunkohleflöze der Subrosion von Zechsteinsalzen zugeschrieben. Außerdem wird Auslaugung der Zechsteinsedimente entlang des Lausitzer Hauptabbruchs angenommen (STANEK et al. 2016). Zusätzlich treten im Bereich der Antiklinalstruktur Mulkwitz der starken tektonischen Beanspruchung verschuldete Subrosionsvorgänge innerhalb der Zechsteinsalze auf (BERGER & KAUFMANN 2010).

7.7.3 Bewertung

Es sind verkarstungsgefährdete Gesteine im Untergrund vorhanden. Allerdings ist aufgrund der mächtigen känozoischen Überdeckung der beschriebenen Gesteinshorizonte nicht von einer Subrosionsgefährdung mit Auswirkungen an der Oberfläche auszugehen. Zusätzlich sind die Zechstein-, Buntsandstein- und Muschelkalkhorizonte in weiten Teilen von kretazischen Schichten überdeckt.

8 Ergebnisse und Ausblick

Zur Charakterisierung raumplanungsrelevanter Geogefahren im Freistaat Sachsen wurden im Rahmen des Projektes Grundlagen zur Aushaltung subrosionsgefährdeter Bereiche geschaffen. Diese Grundlagen sind in folgenden Projektmodulen erarbeitet worden und in einem Ergebnisbericht zusammengeführt:

- Datenbankanwendung mit GIS „Kataster subrosionsgefährdeter Bereiche im Freistaat Sachsen“
- Sachdatenrecherche
- Gefahrenhinweiskarte auf der Grundlage der Verbreitung karstgefährdeter Gesteine unterschiedlichen Alters

8.1 Ergebnisse Datenbankanwendung mit GIS

Im vorliegenden Projekt wurden für das LfULG erstmalig relevante Objekte für die geologisch bedingte Naturgefahr Subrosion/Verkarstung erfasst. Diese wurden in eine Microsoft Access-Datenbankanwendung eingepflegt und die raumbezogenen Informationen über Verknüpfung in einem ArcGIS-Projekt (ESRI ArcGIS 10.2) visualisiert.

Die Datenbankanwendung mit dem GIS-Modul wurde im Projekt nach Vorgaben des LfULG entwickelt und während der laufenden Entwicklung auf Funktionalität auch im Anwenderumfeld des LfULG getestet. Die Anwendung ist für Weiterentwicklungen offen, z. B. für Anpassungen von Funktionalitäten, die erst in der eigentlichen Anwender-Umgebung sichtbar werden.

Die Datenbank enthält derzeit 80 Datensätze mit konkreten Beschreibungen von Subrosions- bzw. Verkarstungserscheinungen. Der Objekttyp Karsthöhle umfasst neun Datensätze. Die Informationen basieren vorwiegend auf Veröffentlichungen im Höhlenkataster und sonstigen speleologischen Fachbeiträgen.

Weitere 66 Datensätze beschreiben Objekte, für die Verkarstungserscheinungen in tiefliegenden Subrosionshorizonten bekannt geworden sind. Weil im Allgemeinen in der Literatur keine objektkonkreten Beschreibungen enthalten sind, wurden diese vorerst dem übergeordneten Objekttyp „Subrosionserscheinung – undifferenziert“ zugeordnet. Der Objekttyp Karstschlotte wird in fünf Datensätzen beschrieben.

Weiterhin wurden 132 Aufschlüsse in verkarstungsfähigen Gesteinen (76 Steinbrüche, 34 Abbau im Tiefbau, 22 Tageaufschlüsse [Anstehendes]) erfasst, für die bisher kein Verkarstungsnachweis geführt werden konnte. Diese Objekte gehören nicht zwingend in das Kataster. Vertiefende Recherchen, die weiterhin keine Verkarstungsnachweise bringen, können ggf. zur Bereinigung des Datensatzbestandes führen. Zur Aushaltung subrosionsgefährdeter Bereiche konnten diese Aufschlüsse im Projekt informativ genutzt werden.

Alle im Rahmen des Projektes recherchierten konkreten Karstobjekte sind karbonatischer Genese. Karstobjekte, die in Folge der Auflösung von Sulfat- oder Chloridgesteinen entstehen, sind nicht bekannt geworden, obgleich großräumige Subrosionsfolgen in der Literatur beschrieben sind. Weiterhin wurden keine Karstquellen oder -schwinden und auch keine oberflächennahen Karstformen recherchiert.

Im Ergebnis bietet die Datenbank einen ersten Überblick zum Karstinventar im Freistaat Sachsen. Im Zuge der Weiterbearbeitung sollte die Liste der auswählbaren Objekttypen, die derzeit eher eine Kartierung des aktiven oberflächennahen Sulfat- oder Chloridkarstes bedient, dem ausgeprägten Formenschatz des Tiefenkarstes und den Lösungsformen der metamorphisierten Kalksteine in Sachsen angepasst werden.

8.2 Ergebnisse Sachdatenrecherche

Die Recherchen zu Literaturstellen konkreter Verkarstungserscheinungen wurden vorwiegend im Geologischen Archiv des LfULG nach Ortsbezeichnungen oder regionalgeologischen Einheiten, die in den Titeln der Erkundungsberichte verwendet wurden, geführt. Schlagwörter wie Verkarstung oder Subrosion erwiesen sich als wenig zielführend. Weitere wichtige Fundstellen ergaben die Erläuterungen der Geologischen Messtischblätter und die Bergbaumonografien.

Die Recherche hat gezeigt, dass die Erkundungsberichte und Anlagen systematisch auf relevante Textpassagen gesichtet werden müssen. Selten waren bereits über das Inhaltsverzeichnis interessierende Kapitel erkennbar.

Der Zeitrahmen der Bearbeitung erlaubte die Sichtung der Unterlagen für wichtige regionalgeologische Einheiten oder Lagerstätten, verspricht jedoch keine Vollständigkeit.

Fortführende Arbeiten sollten weitere vertiefende Literaturrecherchen, bevorzugt zu Erkundungsberichten und ingenieurgeologischen Stellungnahmen sowie zu den Kalksteinen und Marmoren im Erzgebirge einschließen. Die Ergebnisse der durchgeführten Sachdatenrecherche wurden im Subrosionskataster dokumentiert bzw. zur Beschreibung subrosionsgefährdeter Bereiche herangezogen.

8.3 Gefahrenhinweiskarte mit Verbreitung subrosionsgefährdeter Gesteine

Im Rahmen des Projektes wurde eine Gefahrenhinweiskarte für den Freistaat Sachsen erstellt. Die Karte enthält Flächen, für die subrosionsgefährdete Gesteine im Untergrund durch die Auswertung der geologischen Kartenwerke, der geologischen Standardwerke (z. B. PÄLCHEN & WALTER 2008) und der tatsächlichen Subrosionsobjekte bekannt geworden sind. Es wurde nach Vorgabe des LfULG eine Differenzierung dieser Flächen in drei Gefahrenstufen vorgenommen und mit den verbliebenen Flächen der nicht-subrodierbaren Gesteine landesweit verschnitten. Zur optischen Hervorhebung der differenzierten Gefahreneinstufung wurde das Ampelfarbensystem gewählt (s. Kap. 3.4). Die Einstufung wurde in der Attributtabelle des Shapes vorgenommen und ist im Bearbeitungsmodus änderbar.

Während der Weiterbearbeitung der vom LfULG digital vorliegenden Daten aus den GK25 und GK50 Erzgebirge/Vogtland haben sich beim Zusammenführen und Verschneiden Ungenauigkeiten gezeigt, die zu zahlreichen sogenannten „Schnipselflächen“ geführt haben. Eigentlich identisch anzusehende Flächen, die sowohl in der GK25 als auch in der GK50 EV enthalten sind und dasselbe petrografische Detail beschreiben, wurden in der zusammengeführten Darstellung leicht versetzt abgebildet. Die Größen der Ausgangsflächen (Fläche und Umfang) weisen im Nachkommabereich Abweichungen auf. Diese Ungenauigkeiten sind im dm-Bereich einzuordnen. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Aussagegenauigkeit der Gefahrenhinweiskarte bezüglich der Verbreitung subrosionsgefährdeter Gesteine sind diese Ungenauigkeiten vernachlässigbar.

Im Rahmen des Projektes war es nicht möglich, im Detail Ausstrichbereiche auf Grundlage des Einfallens des Karbonatkörpers ggf. mit Pufferflächen zu erweitern. Weiterhin müssen Ausstrichbereiche in abgebauten Lagerstätten auf Aktualität geprüft und ggf. durch Digitalisierung angepasst werden. Außerdem wird eine Konkretisierung der Flächen mit für einzelne Bereiche vorhandenen Detailkarten empfohlen, die im Rahmen von Erkundungsprogrammen angefertigt wurden. Konkret war es nicht immer möglich, großflächig kartierte Flächen mit mehrfachen, nicht näher differenzierten petrografischen Beschreibungen (z. B. Tonschiefer mit Kalkeinlagerungen) gezielt auf die Kalkeinlagerungen zu begrenzen. Im Allgemeinen wurden die Flächen vollständig übernommen. Diese aufgeführten Arbeiten können in einer Weiterführung die Genauigkeit der Gefahrenhinweiskarte optimieren.

Literaturverzeichnis

- AD-Hoc-Arbeitsgruppe Geologie (2016): Gefahrenhinweiskarten geogener Naturgefahren in Deutschland - ein Leitfaden der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD). - Geol. Jb. A 164, 88 S., Hannover.
- BAUER, S. (1998a): Der Karst am NW-Rand des Bergaer Sattels (Thüringisches Schiefergebirge). - Festschrift „70 Jahre Drachenhöhle Syrau“, S. 45-50, Syrau.
- BAUER, S. (1998b): Der Stand der Erforschung der Drachenhöhle - neues Genesemodell, Diskussion, Aussichten. - Festschrift „70 Jahre Drachenhöhle Syrau“, S. 30-39, Syrau.
- BAUER, S. (2014): Karbonatkarst im Saxothuringikum Südostdeutschlands - ein regionaler und speläogenetischer Überblick. - Verband der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V., S. 355-366, München.
- BECKERT, R., BERGER, H.-J., KAUFMANN, H. & LEHMANN, U. (2005): Stellungnahme zum Plattendolomit in der Mügeln-Senke - Dolomitvorkommen Schrebitz, Rittmitz und Ostrau-Pulsitz. - unveröffentlicht, 12. S., Freiberg.
- BERGER, H.-J. (2008): Ordovizium. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 91-101, Stuttgart.
- BERGER, H.-J., BRAUSE, H., KURZE, M. & FREYER, G. (2008a): Devon. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 116-143, Stuttgart.
- BERGER, H.-J., KRENTZ, O. & LAPP, M. (2008b): Variszische tektonometamorph-magmatische Entwicklung. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 162-188, Stuttgart.
- BERGER, H.-J., BRAUSE, H., LEONHARDT, D. & LINNEMANN, U. (2008c): Neoproterozoikum. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 19-40, Stuttgart.
- BERGER, H.-J. & KAUFMANN, H. (2010): Untersuchung und Einschätzung regionalgeologischer Einheiten von Sachsen bezüglich einer CO₂-Speicherung - Carbon Dioxide Capture and Storage. - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 25 S., Freiberg.
- BÖRNER, F. & SCHÖNE, T. (1988): Die Hoffnungshöhle. Eine Karsthöhle im Bezirk Dresden. - Mitteilungen Höhlen- und Karstforschung 2, Uftrungen.
- DRESSEL, S. (1956): Geologische Aufnahme und Beschreibung der Zechsteindolomitbrüche von Langenreinsdorf und am Bahnhof Crimmitschau. - Hochschulschrift Bergingenieurschule „Georgius Agricola“, unveröffentlicht, 32 S., Zwickau.
- EISSMANN, L. (1966): Abschlussbericht - Tiefenkartierung Leipziger Tieflandsbucht 1963 Bohrungen Pegau 1 bis 3/63. - VEB Geologische Erkundung Süd Freiberg, unveröffentlicht, 139 S., Freiberg.
- EISSMANN, L. (2008): 50 Millionen Jahre Karstifikation (Eozän bis Holozän) in Mitteldeutschland. - Abh. Geol. B.-A. 62, S. 249-251, Wien.
- ELICKI, O., BERGER, H.-J., BRAUSE, H. & LEONHARDT, D. (2008): KAMBRIUM. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 56-79, Stuttgart.
- ELICKI, O. (2003): Das Kambrium Sachsens. - Veröff. Museum für Naturkunde Chemnitz, 26, S. 41-62, Chemnitz.

- FRANKE, D. (2017): Regionale Geologie von Ostdeutschland (Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern) - Wörterbuch regionalgeologischer Begriffe. - <http://www.regionalgeologie-ost.de/Begriffe%20A-Z.pdf>, 2069 S., Stand 19.03.2017.
- FREYER, G. (1956): Ergebnisse der geologischen Untersuchungsarbeiten auf dem Kalkzug von Ludwigsdorf-Kunnersdorf bei Görlitz in den Jahren 1953–1956. - Staatliche Geol. Kommission, unveröffentlicht. 27 S., Freiberg.
- FREYER, G. (1957): Neue Untersuchungen im Oberdevon des Vogtlandes aufgrund des Fossilieninhaltes der Kalke im Bereich der Vogtländischen Mulde. - Freiburger Forschungshefte C27, S. 1-89, Freiberg.
- FREYER, G., BERGER, H.-J. & LEONHARDT, D. (2008): Silur. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 101-116, Stuttgart.
- FRIEBE, A. (2008a): Zechstein. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 297–303, Stuttgart.
- FRIEBE, A. (2008b): Trias. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 304–308, Stuttgart.
- GAITZSCH, B., KLEINDIENST, M., HERMANN, D. & ASCH, R. (2005): Teilbericht zum Vertrag Dolomitverbreitung in der Mügelter Perm-Trias-Senke - Verbesserung des geologischen Kenntnisstandes. - TU Bergakademie Freiberg, unveröffentlicht, 67 S., Freiberg.
- GAITZSCH, B., ASCH, R. & RÖNICK, R. (2006): Teilbericht zum Vertrag Dolomitverbreitung in der Mügelter Perm-Trias Senke - Verbesserung des geologischen Kenntnisstandes. - TU Bergakademie Freiberg, unveröffentlicht, 67 S., Freiberg.
- GAITZSCH, B., BERGER, H.-J., & BRAUSE, H. (2008): Karbon - Flyschoides Unterkarbon. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 144-161, Stuttgart.
- GALILÄER, L. & SCHELLENBERG, F. (1981): Ergebnisbericht - Dolomit Pulsitz-Ostrau (Kreis Döbeln) 1980–1981 - Suche und Erkundung. - Ergebnisbericht VEB Geologische Forschung und Erkundung, unveröffentlicht, 150 S., Halle.
- GEIßLER, V., GAUER, A., & GÖRNE, S. (2014): Innovative digitale Geomodelle 2020 – Teil 1; Schriftenreihe des LfULG, Heft 22/2014, 109 S., Dresden. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/22475>
- GUTBIER, C. A. (1834): Geognostische Beschreibung des Zwickauer Schwarzkohlegebirges und seiner Umgebung. - Verlag der Richterschen Buchhandlung, 160 S., Zwickau.
- HÄRTEL, F. (1932): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen - Blatt Stauchitz, Nr. 31. - Finanz-Ministerium, 87 S., Leipzig.
- HIRSCHMANN, G. (1959): Gutachten über die geologischen Verhältnisse im Bereich der Abbaue 1 und 2 der Kalklagerstätte Ludwigsdorf bei Görlitz. - Zentraler Geologischer Dienst, unveröffentlicht, 10 S., Freiberg.
- HIRSCHMANN, G. & BRAUSE, H. (1969): Alt- und Vorpalaäozoikum des Görlitzer Schiefergebirges und der westlichen Westsudeten (Exkursionsführer). - Deutsche Gesellschaft für Geologische Wissenschaften, Exkursionsführer zum Treffen des Fachverbandes Geologie 07.-10.09.1969 in Görlitz.
- HIRSCHMANN, G. & NEUHOF, G. (1964): Beziehungen zwischen Verwitterungsvorgängen und Lagerungsverhältnissen im Bereich des Ludwigsdorfer Unterkambriums (Görlitzer Schiefergebirge). - Geologie 5, S. 524-542, Berlin.
- HOHL, R. (1954): Dolomitbohrungen Raum Frohburg mit Vorratsberechnung. - Erkundungsbericht, unveröffentlicht, 35 S., Freiberg.

- HOTH, K., KRUTSKÝ, N., SCHILKA, W. & SCHELLENBERG, F. (2010): Marmor im Erzgebirge. - LfULG, Bergbau in Sachsen, Band 16, 224 S., Freiberg. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12187>
- KAMMHOLZ, H. (1974): Projektstudie: Subrosion im Bereich der Kupferlagerstätte Spremberg und ihre Beeinflussung durch Aufschluss und Abbau der Lagerstätte. - VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, unveröffentlicht, 39 S., Halle.
- KLEFFEL, D. (1998): Verkarstungserscheinungen im Wildenfels Raum (und die Aktivitäten Freiburger Höhlenforscher). - Der Stand der Erforschung der Drachenhöhle - neues Genesemodell, Diskussion, Aussichten. - Festschrift „70 Jahre Drachenhöhle Syrau“, S. 50-55, Syrau.
- KÖTHE, R. (2015): Dokumentation „Ermittlung von Dolinen im Testgebiet Huy (Sachsen-Anhalt)“. - LAGB.
- KÖTHE, R. & WURBS, D. (2011): Analyse Geländemodell für die Erosionsbewertung. - Schriftenreihe des LfULG Heft 8/2011, 68 S., Freiberg. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15137>
- KOPP, J., SIMON, A. & GÖTHEL, M. (2006): Die Kupferlagerstätte Spremberg-Graustein in Südbrandenburg. - Brandenburg. geowiss. Beitr. 13, 1/2, S. 117-132, Kleinmachnow.
- KRENTZ, O. (2008): Postvariszische tektonische Entwicklung. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 472-478, Stuttgart.
- KUPETZ, M. (1982): Kartierung und geologische Untersuchungen in zwei Höhlen bei Wildenfels. - 15 Jahre Studentenzirkel Speläologie der Bergakademie Freiberg, S. 111-115, Freiberg.
- LEE, J.-S. (1980): Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics. - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-2, Nr. 2, S. 165-168.
- LEHMANN, U. (1998): Geologie und Geotopschutz im Vogtland. - Festschrift „70 Jahre Drachenhöhle Syrau“, S. 13-21, Syrau.
- LfULG (2016): Leistungsbeschreibung zum Projekt „Charakterisierung raumplanungsrelevanter Geogefahren im Freistaat Sachsen - Teil 1“. - LfULG, 6 S., Freiberg.
- MITKA, L. & BOECK, H.J. (2017): Zum Kalkbergbau im Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirge. - http://www.unbekannter-bergbau.de/inhalte/spot_12_2016_miltiz-groitzsch.htm, Stand 28.04.2017.
- MUCKE, D. (1963): Höhlen in kambrischen Kalken von Ludwigsdorf (Lausitz). - Lesesteine H 4/5, S. 13-24, Freiberg.
- MUCKE, D. (1998): Die Syrauer Drachenhöhle - von rauschenden Höhlenflüssen geschaffen. - Festschrift „70 Jahre Drachenhöhle Syrau“, S. 22-29, Syrau.
- PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen: Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 537 S., Stuttgart.
- PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geographisch-geologischer Überblick. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 1-16, Stuttgart.
- PARDO-IGÚZQUIZA, E., DURÁN, J. J. & DOWD, P. A. (2013): Automatic Detection and Delineation of Karst Terrain Depressions and its Application in Geomorphological Mapping and Morphometric Analysis. - Acta Carsologica 42/1, S. 17-24, Postojna.
- Personenkreis „Geogefahren“ (2008): Geogene Naturgefahren in Deutschland - Empfehlungen der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) zur Erstellung von Gefahrenhinweiskarten. - 17 S., Freiburg.
- PRINZ, H. & STRAUß, R. (2011): Ingenieurgeologie. - Spektrum Akademischer Verlag, 738 S., Heidelberg.
- REICHEL, W. & SCHAUER, M. (2006): Das Döhlener Becken bei Dresden. LfULG, Bergbau in Sachsen, Band 12, 343 S., Freiberg. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12178>

- REICHEL, W., BÖHME, R., FISCHER, M. H. & THALHEIM, K. (2015): Goldseifen und Erzbergbau im östlichen Meißner Hochland. Eine Bestandsaufnahme. - *Geologica Saxonica, Journal of Central European Geology*, Bd. 58, S. 1-146, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Dresden.
- SATTLER, S., KOGAN, I. & GAITZSCH, B. (2008): Dolomitverbreitung in der Mügelnener Perm-Trias-Senke - Verbesserung des geologischen Kenntnisstandes. - TU Bergakademie Freiberg, unveröffentlicht, 41 S., Freiberg.
- SCHÜLLER, A. (1955): Bericht über die geologisch-petrographische Exkursion durch das Paläozoikum und die kristalline Scholle von Wildenfels bei Zwickau. - *Berichte der geologischen Gesellschaft in der DDR*, Band 1, Nr. 1, S. 218-221, Berlin.
- SEBASTIAN, U. (2013): Die Geologie des Erzgebirges. - Springer-Verlag, 270 S., Berlin - Heidelberg.
- SIEGERT, T. (1882): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen - Section Meerane, Blatt 93. - K. Finanz-Ministerium, 23 S., Leipzig.
- SIEGERT, T. (1908): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen - Section Oschatz-Mügeln, Blatt 30. - K. Finanz-Ministerium, 51 S., Leipzig.
- STANDKE, G. (2008): Tertiär. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 358-419, Stuttgart.
- STANEK, K., DOMÍNGUEZ-GONZALEZ, L., ANDREANI, L. & BRÄUTIGAM, B. (2016): 3D-Modellierung des Tertiärs in der Lausitz; Schriftenreihe des LfULG, Heft 19/2016, 85 S., Freiberg. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13405>
- TRÖGER, K.-A. (2008A): Kreide - Oberkreide. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 311-358, Stuttgart.
- TRÖGER, K.-A. (2008B): Jura. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 308-311, Stuttgart.
- WALTER, H. (2008): Kretazisch-tertiäre Verwitterung. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 494-496, Stuttgart.
- WALTER, H. & SCHNEIDER, J.W. (2008): Perm - Rotliegend. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 223-257, Stuttgart.
- WALZ, U. & SCHUMACHER, U. (1997): Landschaftsökologische Bewertung für die Raumplanung mit Hilfe eines Geo-Informationssystems. Untersuchungen am Beispielraum Plauen, - IÖR Forschungsbericht, 60 S., Dresden.
- WANG, L. & LIU, H. (2006): An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modeling. - *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, Vol. 20/2, S. 193-213.
- WIEMEIER, G. (1982): Karst in kambrischen Karbonatgesteinen bei Ludwigsdorf, Kreis Görlitz. - Vorträge des Festkolloquiums 15 Jahre Studentenzirkel Speläologie der Bergakademie Freiberg am 06.12.1980 in Freiberg. Vorträge des Festkolloquiums 15 Jahre Studentenzirkel Speläologie der Bergakademie Freiberg am 06.12.1980 in Freiberg. S. 105-110, Bergakademie Freiberg.
- WINKELHÖFER, R. (2004): Die Höhlen Sachsens. Höhlenführer und Katasterdokumentation. - *Der Höhlenforscher*, 134 S., Dresden.
- WOLF, L. & ALEXOWSKY, W. (2008): Quartär. - In: PÄLCHEN, W. & WALTER, H. (2008): Geologie von Sachsen - Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 419-472, Stuttgart.

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:

Antje Migalk, Marion Tschapek
CUI Consultinggesellschaft für Umwelt und Infrastruktur mbH
Eisenbahnstr. 3, 06132 Halle/Saale
Telefon: +49 345 7742-6
Telefax: +49 345 7742-709
E-Mail: cui-halle@cui.de

Redaktion:

Peter Dommaschk
LfULG, Abteilung Geologie/Referat Ingenieurgeologie
Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 294-1301
Telefax: +49 3731 294-1099
E-Mail: peter.dommaschk@smul.sachsen.de

Titel:

Steinbruch Grauer Bruch bei Grünau (Ostwand), Initiale Karsthohlräume.
Foto: Marion Tschapek

Redaktionsschluss:

21.08.2017

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 Parteinarbeit des Herausgebers zu Gunsten 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.