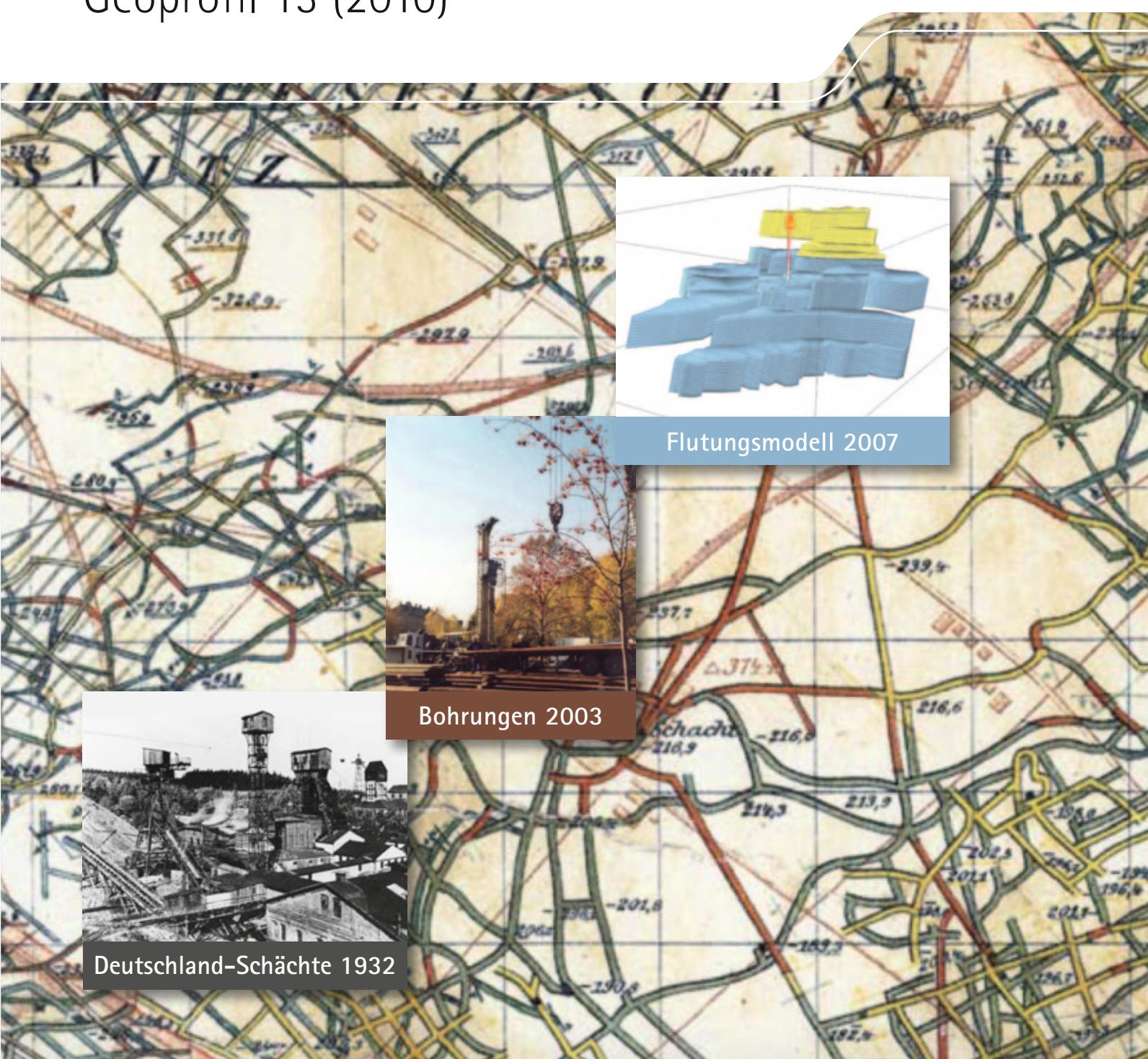


Geologie und Bergbaufolgen im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz

Geoprofil 13 (2010)



Vorwort

Der Steinkohlebergbau in Sachsen bildete eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung der Industrie und insbesondere der Schwerindustrie im westsächsischen Raum.

Wie jede Art von Bergbau stellte auch der Steinkohlebergbau einen Eingriff in die natürliche Umwelt dar. Obwohl der Steinkohlebergbau im Revier Lugau/Oelsnitz schon im Jahr 1971 eingestellt wurde, werden die Umweltmedien noch immer in unterschiedlicher Art und Intensität beeinflusst.

Nach bundesdeutschem Recht werden durch die Bergbautreibenden Rücklagen gebildet, die die finanzielle Basis für die Bewältigung der Bergbaufolgen darstellen. Nach der politischen Wende 1989/90 liegt die Rechtsnachfolge für einen Großteil der Bergbauflächen in kommunaler Hand. Die betroffenen Städte und Kommunen verfügten aber weder über die notwendige fachliche Kompetenz noch die notwendigen Finanzmittel, um den komplexen Bergbaufolgeproblemen zu begegnen. Basierend auf einem zwischen dem Freistaat und den betroffenen Kommunen abgestimmten Maßnahmekatalog wurden durch den Freistaat Sachsen in den letzten Jahren im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz eine Reihe von grundlegenden Arbeiten zur Bergbaufolgeproblematisierung durchgeführt.

Das vorliegende Heft aus der Reihe „Geoprofil“ stellt einige ausgewählte Ergebnisse daraus vor. Die Arbeiten dazu wurden vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, vom Sächsischen Oberbergamt bzw. von beauftragten Firmen und Universitäten durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis weiterer Untersuchungen und Maßnahmen. Sie tragen dazu bei, die bisherigen Umweltauswirkungen zu reduzieren und das ehemalige Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz rekultiviert wieder in seine natürliche Umgebung einzugliedern.



A handwritten signature in black ink, appearing to read "N. Eichhorn".

Norbert Eichhorn
Präsident des Sächsischen Landesamtes
für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
Steinkohlebergbau und Bergbaufolgen im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz (FELIX, M., BERGER, H.-J.)	7
Stratigraphie und Tektonik im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz (BERGER, H.-J., STEINBORN, H., GÖRNE, S., JUNGHANNS, C.).....	15
Korrelation des Oberkarbons von Lugau/ Oelsnitz mit dem von Zwickau aus sporologischer Sicht (DÖRING, H.; HOTH, K.; LOBST, R.)	45
Bergbaubedingte Senkungen und Hebungen in Oelsnitz/E. (LÖBEL, K.-H., DÖHNER, S.).....	55
Dreidimensionale Modellierung von Geologie und Bergbau als Grundlage für die Bewältigung der Bergbaufolgen im Lugau/Oelsnitzer Revier (GÖRNE, S.; FELIX, M. ¹ ; BERGER, H.-J.)	71
Die Tiefbohrung Oelsnitz 1A/ 2003 im Zentrum des Bergbaureviers und ihr Ausbau zur Grubenwassermessstelle (FELIX, M., BERGER, H.-J., LAUSCH, C., DÖHNER, S., KÖHLER, U., ECKART, M., KLINGER, CH., ABRAHAM, TH.)	79
Das Grubenwasseranstiegsmodell im Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz (FELIX, M., ECKART, M., GÖRNE, S.)	99
Die Halden im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz und ihr Gefährdungspotenzial für die Umwelt (HERTWIG, TH., FRENZEL, M., FELIX, M., SOHR, A.).....	107
Ergebnisse der Untersuchungen auf verschiedene Schwefel-Modifikationen sowie der Quantifizierung ausgewählter Mikroorganismengruppen bei der Untersuchung der Steinkohlebergehalden in den Revieren Lugau/Oelsnitz und Zwickau auf ihr Gefährdungspotenzial (WILLSCHER, S., STARKE, S., FELIX, M., SOHR, A.)	125
Bergbaufolgespezifische Kartierung der Standorte, Waldbestände und Vegetation auf der Vertrauensschacht-Halde und der Deutschlandschacht-Halde (NEEF, A.)	145
Datenbank Steinkohlehalden Sachsen (SCHERER, V., SOHR, A., FELIX, M.)	155
Zur geothermischen Nutzbarkeit des Grubenwassers im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz (FELIX, M., MÖLLMANN, G., WAGNER, ST., GÖRNE, S.).....	169

Abkürzungs- und Begriffsverzeichnis

AKZ	Altlastenkennziffer im Sächsischen Altlastenkataster
ALASKA	Altlastenkataster Bergbau: „Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkataster)“
AOX	adsorbierbare Organisch gebundene Halogene
APV	ausgetauschtes Porenvolumen
ArcGIS	Geographisches Informationssystem der Firma ESRI
ATKIS	Amtliches topographisch-kartographisches Informationssystem
B GW	Besorgniswerte für Grundwasser - Mensch, LfUG 6/02, ORIENT
B OW	Besorgniswerte für Oberflächenwasser - aquatische Lebensgemeinschaften nach LfUG 6/02, ORIENT
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutzverordnung
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BHD	Brusthöhendurchmesser
BOWAHALD	Computerprogramm zur Sickerwassermodellierung, entwickelt an der TU BAF
CwA	Karbon, Westfal A
CwC	Karbon, Westfal C
CwD	Karbon, Westfal D
DGM	digitales Höhenmodell
E	Ost
ESA	eluerbare Stoffmengenanteile
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
FEB	formale Erstbewertung
FEFLOW	Computerprogramm zur hydrogeologischen Modellierung der Firma DHI-WASY
GEFA	Computerprogramm zur formalen Gefährdungsabschätzung von Altlastverdachtsflächen
GEFA	Computerprogramm zur Erfassung und Bewertung von Altlastverdachtsflächen
GEFAHALD	steinkohlenhaldenspezifische Erweiterung der konventionellen Bewertungsmethodik GEFA
GFK	glasfaserverstärkter Kunststoff
GFS	Geringfügigkeitsschwelle nach LAWA 12/2004
GOCAD	3-dimensionale Modellierungssoftware der Firma Paradigm™
GOK	Geländeoberkante
GrW	Grubenwasser
GrWM	Grubenwassermessstelle
GV	Glühverlust
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermessstelle (Stand und Beschaffenheit)
GZ	Großzyklus
HE	Historische Erkundung
HW 2002	Luftbilder aus der Befliegung zum Hochwasser 2002
IAA	Industrielle Absetzanlage
KA 5	bodenkundliche Kartieranleitung
KbE	Koloniebildende Einheit bei der Quantifizierung von Mikroorganismen
LF	elektrische Leitfähigkeit
LfUG	Landesamt für Umwelt und Geologie, Vorläufer des LfULG
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MAK	maximale Arbeitsplatzkonzentration
Ma%	Masseprozent
MKZ	Messstellenkennziffer
MPN	most probable number
N	Nord
NN	Normalnull

OBA	Sächsisches Oberbergamt
OE	Orientierende Erkundung
OU	Orientierende Untersuchung
PHREEQC	Computerprogramm zur geochemischen Modellierung des USGS
PV	Pumpversuch
PW SiWa	Prüfwert für Schadstoffgehalte im Sickerwasser nach LfUG 6/2002 (BBodSchV)
RKS	Kleinrammbohrung
R_{subj}	Faktor zur Berücksichtigung des subjektiven Risikos bei der Altlastenbewertung
SALKA	Sächsisches Altlastenkataster
S	Süd
UBG	Umweltbetriebsgesellschaft, Vorläufer der BfUL
UHYDRO	Erfassungsprogramm für geowissenschaftliche Aufschlüsse des LfULG
UIS	Umweltinformationssystem
Vfm/ha	Vorratsfestmeter je Hektar
W	West

Steinkohlebergbau und Bergbaufolgen im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz

(FELIX, M.¹, BERGER, H.-J.¹)

Im Lugau/Oelsnitzer Raum bildete sich im Oberkarbon vor ca. 305 Mio. Jahren ein Sedimentpaket, welches im Grubenrevier bis zu 200 m mächtig ist und 12 abbauwürdige Steinkohleflöze führt, die z. T. im Bereich Neu-Oelsnitz an der Oberfläche ausstreichend. Hier wurden sie 1831 bei der Anlage eines Entwässerungsgrabens entdeckt. Die Kohleförderung begann in diesem Raum allerdings erst 1844 über flache Schächte im Ausstrich der Kohlenformation. Nachfolgend dehnte sich der Eigenlöhner-Bergbau weiter nach Norden auf Lugau zu und nach Nordwesten auf Oelsnitz zu aus.

Im Jahre 1858 erhielt das Revier über die Bahnstrecke Neu-Oelsnitz-Wüstenbrand Eisenbahnanschluss nach Chemnitz. Die zunehmenden Kohlelieferungen an die großen Industriebetriebe in Chemnitz förderte die Entwicklung größerer Bergwerksbetriebe.

Erste Bergbaugesellschaften, wie der Steinkohlebauverein Gottes Segen und die Oelsnitzer Bergbaugesellschaft entstanden. Die Steinkohleförderung überschritt im Jahre 1884 das erste Mal die 1 Mio. t-Grenze und erreichte ihren höchsten Stand im Jahre 1913 mit über 2 Mio. t.

Später entwickelten sich

- die Gewerkschaft Deutschland mit dem Deutschlandschacht I und II, dem Hedwig- und Friedens-Schacht und dem Helene und Ida-Schacht und
- die Gewerkschaft Gottes Segen mit den Schächten Gottes-Segen, Glück-auf, Gottes-Hilfe, Kaiserin-Augusta u. a.

Diese Gewerkschaften bestanden aus mehreren Betriebsabteilungen. Die Gewerkschaft Gottes Segen hatte 1935 ca. 3.650 Beschäftigte, wovon ca. 77 % unterteilt waren. An ca. 15 Betriebspunkten wurde durchschnittlich pro Tag 176 Tonnen Kohle abgebaut.

Der Schacht Vereinigtfeld III wurde 1897 auf 876 m abgeteuft, zwischenzeitlich 1933 wieder verfüllt und ab 1952 als Rudolf-Breitscheid-Schacht III aufgewältigt und bis 1200 m geteuft. Er hielt zeitweilig den europäischen Teufenrekord.

Der Kaiserin-Augusta-Schacht (Karl-Liebknecht-Schacht) in Neu-Oelsnitz wurde zum zentralen Förderschacht der Gewerkschaft Gottes Segen ausgebaut. Das Großfüllort liegt auf der -146 m-Sohle und hat eine Dimension von 7 m Höhe und 11 m Breite (Abb. 1).



Abb. 1:

Großfüllort am Kaiserin-Augusta-Schacht (Karl-Liebknecht-Schacht, Foto aus VOGEL 1993)

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Die einzelnen Kohleflöze wurden vorwiegend im Scheibenabbau (Abb. 2) von unten nach oben mit Blasversatz gewonnen. Der Blasversatz wurde aus Lese- und Waschbergen, aber auch aus besonders aufbereiteten Haldenbergen, gewonnen. Der Kaiser-Augusta-Schacht entwickelte sich durch den Bau einer neuen Kohlenaufbereitung, einer modernen Verladeanlage für den Eisenbahntransport und eines zentralen Kraftwerkes seinerzeit zum modernsten und leistungsfähigsten in Europa.



Abb. 2: Flözabbau (Foto aus VOGEL 1993)

Nach dem 2. Weltkrieg wurde aus der „Gewerkschaft Gottes Segen“ der „VEB Steinkohlewerk Karl Liebknecht“ und aus der Gewerkschaft Deutschland der „VEB Steinkohlewerk Deutschland“. Der „Kaiser-Augusta-Schacht“ wurde in „Karl-Liebknecht-Schacht“ umbenannt. Im Jahr 1960 wurden beide Steinkohlewerke zu einem Betrieb zusammen gelegt. Untertage wurde eine Förderverbindung zwischen beiden über den Gesteinsberg 900 geschaffen (VOGEL 1993).

Auf Beschluss der Regierung der DDR wurde ab 1968 eine planmäßige und schrittweise Einstellung der Kohleförderung betrieben. Am 31. März 1971 wurde die letzte Kohle gefördert. Damit endete eine 127 Jahre währende Bergbautradition.

Die Raube- und Sicherungsarbeiten und die Schachtverfüllungen zogen sich bis 1975 hin.

Ab 1986 entstand auf dem Gelände des „Karl-Liebknecht-Schachts“ ein imposantes Bergbaumuseum, welches auch den 50 m hohen Förderturm nutzt. Die Anlage des Lugau/Oelsnitzer Bergbaulehrpfades gibt an 35 Stationen einen Einblick in den Steinkohlebergbau und seine Folgen in der Region. Unter anderem kann man auf der Halde des Deutschland-Schachtes in 486 m über NN einen Aussichtsturm besteigen oder aber im Bereich Waldesruh eine Skulptur besichtigen, die das Niveau der Erdoberfläche vor Beginn der bergbaubedingten Senkung (17 m) in beeindruckender Weise zeigt (Abb. 3).

Im Abbauzeitraum von 1859 bis 1971 wurden im Revier Lugau/Oelsnitz 141.951.842 t verwertbare Kohle gefördert (BEYER 1974).

Zu Hochzeiten des Bergbaus im Lugau/Oelsnitzer Revier, in den 50-er Jahren des 20. Jahrhunderts, wies das Grubengebäude (Tagesschächte, Blindschächte, Querschläge, Gesteinsberge, Abbaustrecken, Kammern etc.) eine Gesamtlänge von ca. 140 km auf (STOLL & TUNGER 1997).

Dazu liegen ein detailliertes bergmännisches Risswerk sowie entsprechende Flözabbaurisse der damaligen Gruppenmark-scheiderei Oelsnitz i. E. im Maßstab 1 : 5.000 vor (Abb. 4 und 5).



Abb. 3:
Senkungsskulptur (Foto: Stadt Oelsnitz/Erzgeb. 2009)

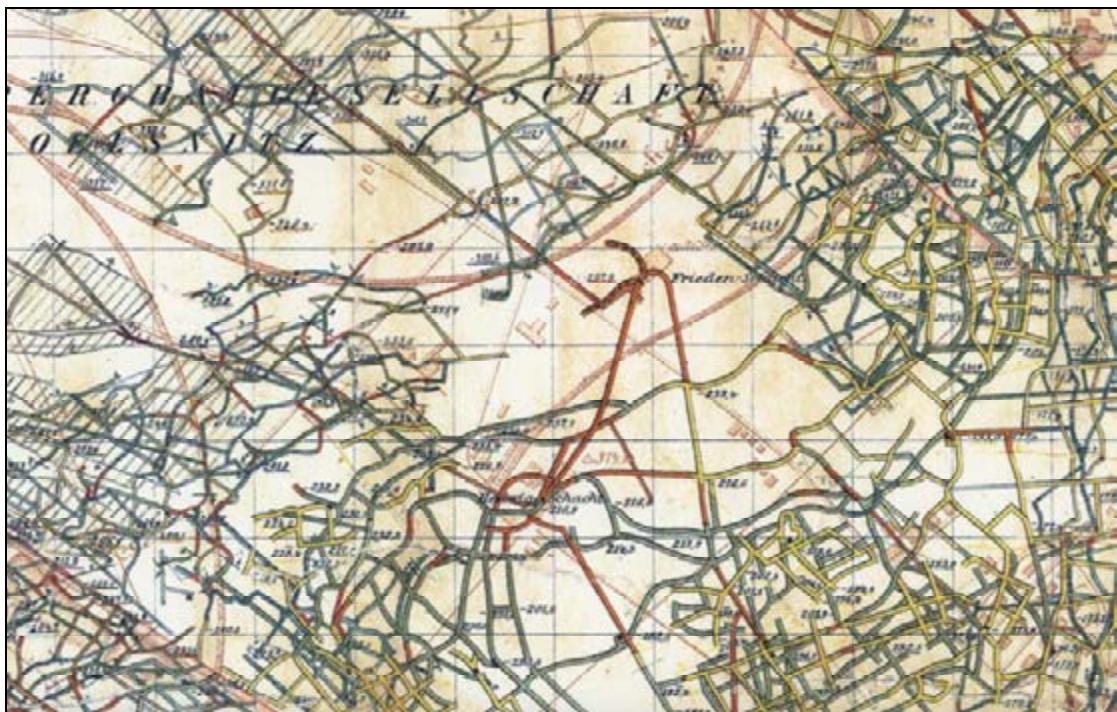


Abb. 4: Auszug aus dem Generalriss von den Bauen der Steinkohlewerke des östlichen erzgebirg'schen Steinkohlereviers Lugau, Oelsnitz, Gersdorf, Hohndorf (SCHEIBNER 1882)

Im Revier Lugau/Oelsnitz sind über 100 Tagesschächte archiv- und risskundlich bekannt. Ihre Anzahl ist insbesondere im Bereich des älteren oberflächennahen Bergbaus im Ostteil des Reviers (Nähe Bergbaumuseum) sehr groß. Die Vielzahl der relativ flachen „alten Bauernschächte“ ist aber risskundlich nur teilweise belegt.

Mit zunehmender Abbauteufe nimmt die Anzahl der Tagesschächte nach Westen hin ab.

Die wichtigsten Schächte und Sohlen des Bergbaureviers (= Tagesschächte und Bewetterungsstrecken) sind in Abb. 6 schematisch dargestellt.

Nach Einstellung des Steinkohlebergbaus im Revier Lugau/Oelsnitz und der Beendigung der Wasserhaltung begann die Flutung des Grubengebäudes.

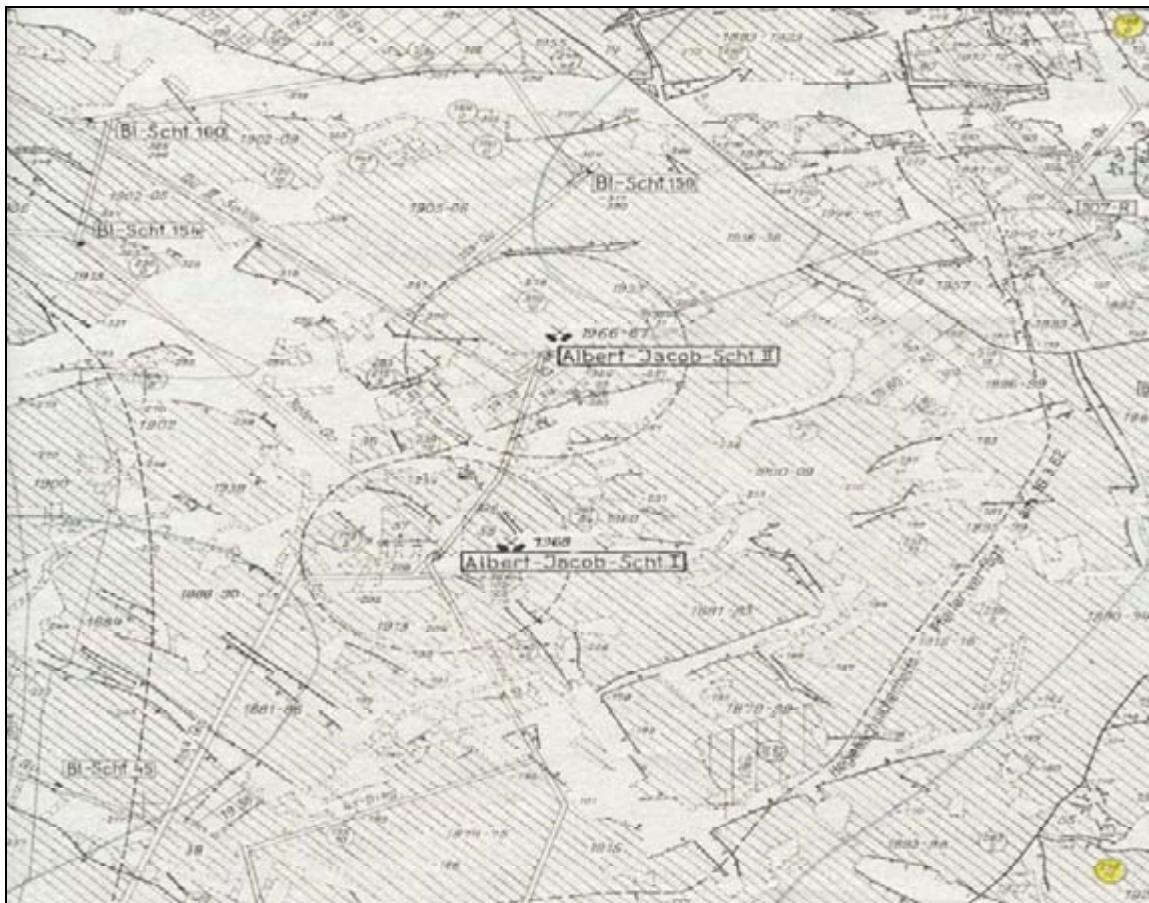


Abb. 5: Ausschnitt aus dem Übersichtsriß - Vertrauenflöz - Blatt Oelsnitz II (Gruppenmarkscheiderei Oelsnitz)

Die bisher aufgetretenen bzw. zu erwartenden Bergbaufolgen im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz lassen sich mit dem Zeit-schnitt 1971 gliedern in:

a) vor Einstellung des Bergbaus:

- Bergbaubedingte Deformationen der Tagesoberfläche (vorwiegend Senkungen, Erdisse, Entstehung Poldergebiet in Verbindung mit dem Kohleabbau)
- Veränderung des Oberflächenreliefs durch Aufschüttung der Bergehalde
- Umweltbeeinflussung durch die Bergehalde (z. B. Haldenbrände)

b) nach Einstellung des Bergbaus

- Bergbaubedingte Deformationen der Tagesoberfläche in Verbindung mit dem Anstieg des Grubenwassers (vorwiegend Hebungen)
- Umweltbeeinflussung durch die Steinkohlebergehalde (Boden, Grund- und Oberflächenwässer)
- Probleme, die mit dem Anstieg des Grubenwassers und einer Beeinflussung des Grund- und Oberflächenwassers verbunden sind.

Mit Beendigung des Bergbaus begann die Flutung des ca. 152 Mio. m³ Hohlraum umfassenden Grubengebäudes.

Das Grubenwasser steigt im Revier aufgrund der durch seine geographische Lage im Wasserscheidenbereich bedingte geringen Oberflächenwasserzuflüsse im Vergleich zu anderen Grubenrevieren sehr langsam.

Flutungen von Grubengebäuden werden heutzutage in der Regel so technisch vorbereitet, dass einerseits ein Monitoring des Flutungsverlaufes und andererseits Möglichkeiten eines aktiven Eingreifens in den Flutungsverlauf bei Bedarf ermöglicht wird. Im Steinkohlebergbaurevier Lugau/Oelsnitz wurden diese technischen Voraussetzungen vor Einstellung der Wasserhaltung nicht getroffen. 35 Jahre nach Beginn der Flutung lagen somit keine belastbaren Daten zum Flutungsstand vor. Es bestand deshalb die dringende Notwendigkeit, entsprechende Monitoringmöglichkeiten über Grubenwassermessstellen zu schaffen sowie die sonstigen bergbaubedingten Umweltgefahren einzuschätzen bzw. zu prognostizieren.

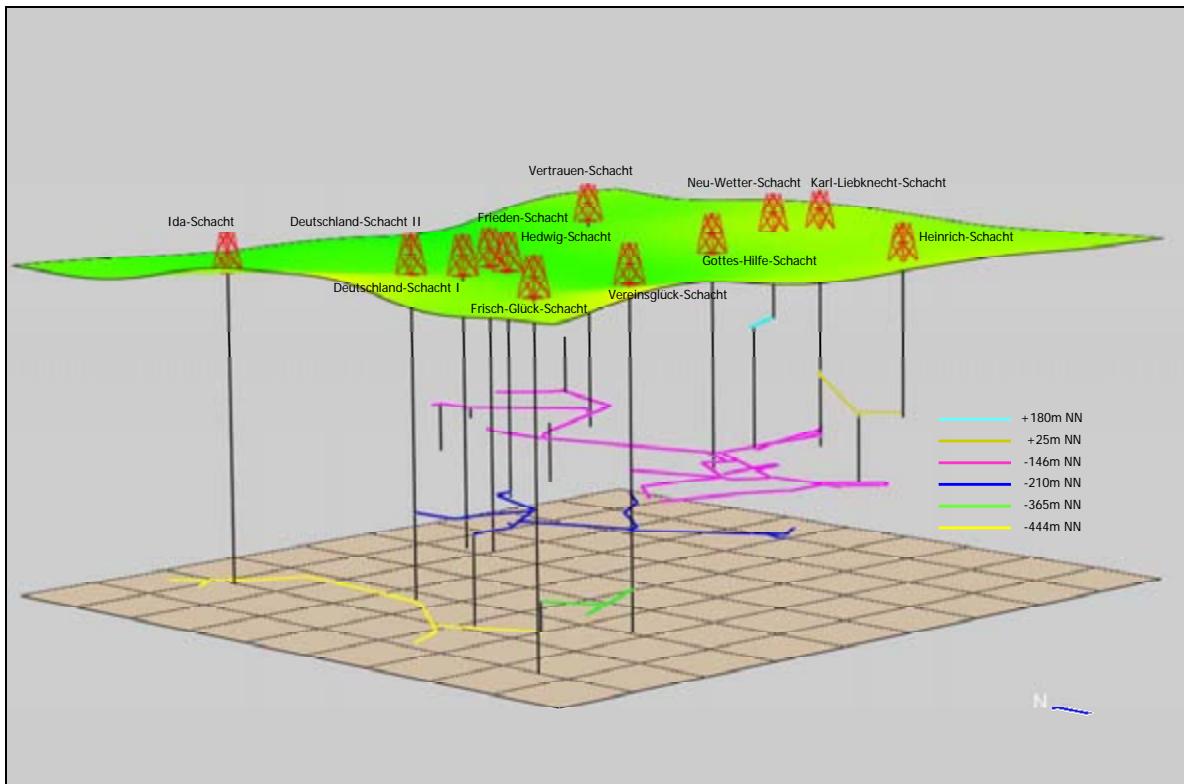


Abb. 6: Schematische Darstellung des Tagesschacht- und Streckennetzes im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Entsprechende Arbeiten erfolgten ab 2002 auf der Grundlage der grundsätzlichen ordnungsrechtlichen Zuständigkeit des Freistaates Sachsen hinsichtlich der Erkundung und Abwehr von Gefahren aus dem früheren Steinkohlebergbau (MÜCKE 1997) und basierend auf einem zwischen dem Freistaat und den betroffenen Kommunen abgestimmten Maßnahmekatalog (BAYER 2003).

Im Vorfeld dazu wurden 3-dimensionale geologische und Abbau-Modelle (GÖRNE u. a. dieses Heft) aufgebaut, die unter anderem auch zur Festlegung des Ansatzpunktes für die erste Tiefbohrung und nachfolgendem Ausbau zur Grubenwassermessstelle nach der politischen Wende diente.

Auf dieser Basis und unter Berücksichtigung der Berechnung des Resthohlraumvolumens der Gruben nach Senkung der Tagesoberfläche (LÖBEL & DÖHNER dieses Heft) wurde ein 3-dimensionales Grubenwasseranstiegsmodell (FELIX u. a. dieses Heft) erarbeitet, welches nach derzeitigem Kenntnisstand eine Grubenwasseranstiegsprognose für die nächsten Jahrzehnte erlaubt.

Die im Zeitraum 2003 bis 2006 abgeteufte Bohrung und deren Ausbau zur ersten Grubenwassermessstelle im Revier (FELIX u. a. dieses Heft) liefert seit 2006 kontinuierliche Daten zum Grubenwasseranstieg, die jährlich mit den Prognoseredaten des Anstiegsmodells verglichen werden. Bei stärkeren Abweichungen der gemessenen Daten von den Modelldaten können weitere Untersuchungen eingeleitet werden.

Daneben besteht auch die Möglichkeit der Beprobung des Grubenwassers. Die einmal jährlich durchgeführte Probenahme und chemische Analytik des Grubenwassers gestattet Schlussfolgerungen für die Entwicklung des Grubenwasserchemismus.

Im Bergbaurevier wurden im Verlauf der Bergbautätigkeit 21 größere Steinkohlebergehalde angelegt, die sich z. T. bis heute markant im Oberflächenrelief abzeichnen (Abb. 7).

Die Halden setzen sich im Wesentlichen aus den anfallenden Gesteinsmassen bei Teuf-, Vortriebs- und Abbauarbeiten sowie Rückständen der Trocken- und Nassaufbereitung der Kohle zusammen.

Nach dem Ende des aktiven Bergbaus im jeweiligen Schachtbereich nutzte man einige Halden auch als Deponien für Siedlungs- und Industrieabfälle. Auf anderen Halden wurden Kleingartenanlagen, Sportplätze, Lagerplätze oder Industrieanlagen angelegt.

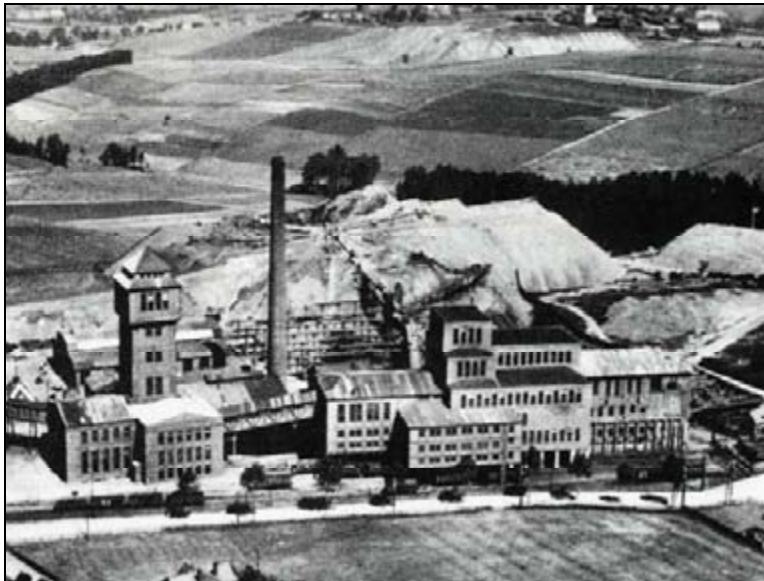


Abb. 7:
Kaiserin-Augusta-Schacht mit Haldengelände, 1935 (Foto aus VOGEL 1993)

Aus der Sicht der Bergbaufolgen sind die Halden in Bezug auf die Gefährdungen für die Schutzgüter Wasser, Boden und Luft zu betrachten. Die Notwendigkeit, die Steinkohlebergehalde in ihrer Gesamtheit zu bewerten, resultiert aus dem breiten Spektrum der in den Halden abgelagerten Stoffe (HERTWIG u. a. 2007). Auch die Kohle selbst ist hier mit einzubeziehen, da sie aufgrund ihrer geochemischen Eigenschaften zum Beispiel zur Konzentration von Metallsulfiden führt und ihr hoher Kohle- und Sulfidgehalt nicht selten eine Selbstentzündung der Haldenkörper und ein „vor sich hin - Brennen“ z. T. über Jahrzehnte zur Folge hatte. Diese sog. Schwelbrände sind auf den meistens Halden schon abgeklungen. Auf einigen Halden setzen sich diese Brände, wie z. B. auf der Deutschland-Schacht-Halde, aber bis heute fort.

Die Eindämmung von Haldenbränden erfolgte durch eine gezielte Abdeckung der Haldenkörper. Damit verbunden waren auch umfangreiche Rekultivierungs- und Wiederaufforstungsmaßnahmen in den 70-er Jahren des 20. Jahrhunderts (Methodik HOTH u. a. 2009). Damit wurde schon damals eine erste wesentliche Reduzierung des Schadstoffaustausches erreicht.

Die heutige europäische und nationale Umweltgesetzgebung setzt strenge Maßstäbe an den Schadstoffaustausch in den Boden und das Wasser.

Die systematische Bewertung der Halden bezüglich ihres Gefährdungspotenzials und insbesondere des Schadstoffeintrages in den Boden und den Wasserkreislauf war und ist bis heute Gegenstand weiterer Untersuchungen (HERTWIG u. a. dieses Heft).

Die Frage, wie sich die Rekultivierungs- und Wiederaufforstungsmaßnahmen bewährt haben und welcher Handlungsbedarf sich aus aktueller Sicht insbesondere für eine weitere Schadstoffreduzierung ergibt, war Gegenstand bergbaufolgespezifischer Karterierungen der Standorte, der Waldbestände und der Vegetation an ausgewählten Haldenobjekten (NEEF dieses Heft).

Viele der Bergbaufolgen sind uns heute zwar prinzipiell, aber in ihren Mechanismen und Auswirkungen nicht vollständig bis ins Detail bekannt. Auch ihr zeitlicher Ablauf und die gesamtheitlichen Konsequenzen insbesondere auf die Umweltmedien Boden und Wasser sind mit Kenntnisstand 2010 nicht immer vollständig prognostizier- bzw. modellierbar.

Somit bekommt auch der alte Bergmannsspruch „Vor der Hacke ist es duster“ bezüglich der Bergbaufolgen eine neue Entsprechung:

„Nicht nur vor der Hacke ist es duster, sondern auch dahinter!“

Der starke Eingriff des Steinkohlebergbaus in die natürliche Umwelt wird auch lange nach Beendigung der aktiven Bergbauaktivität im Bergbaurevier die Umweltmedien in unterschiedlichster Art und Intensität beeinflussen. Die Thematik wird somit auch noch die Generationen nach uns beschäftigen.

Die wesentlichen Weichenstellungen, um unseren Nachfolgegenerationen eine bergbaufolgearme und somit lebenswerte Umwelt zu übergeben, müssen aber heute bzw. zeitnah erfolgen.

Literatur

- BAYER, J. (2003): Ergebnisprotokoll Gespräch am 14.04.03 im SMWA zu den Folgen des Steinkohlebergbaus in Zwickau und Oelsnitz und zum Forderungskatalog. - Unveröff. Protokoll des SMWA, Dresden.
- BEYER, C. u. a. (1974): Bergschadenskundliche Analyse „Lugau-Oelsnitz“. - Unveröff., VEB Baugrund Berlin, Produktionsbereich Zwickau & VEB Steinkohlenwerk Oelsnitz, Zwickau, Archiv Oberbergamt; Freiberg
- HERTWIG, TH., FRENZEL, M., WILLSCHER, S. u. a. (2007): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz, unveröff. Bericht, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg.
- HOTH, K. u. a. (2009): Die Steinkohlelagerstätte Zwickau. - Bergbau in Sachsen, Band 15, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Sächsisches Oberbergamt, Freiberg, 160 S., 12 Tafeln.
- MÜCKE, M. (1997): Gutachten zur Rechtsnachfolge in ordnungsrechtlichen Pflichten und die Bergschadenshaftung beim eingestellten Steinkohlebergbau der ehemaligen DDR unter besonderer Berücksichtigung der Rechtslage in Zwickau. - Unveröff. Bericht, Dresden, Archiv LfUG; Freiberg, 29 S.
- SCHEIBNER, H. (1882): General-Riss von den Bauen der Steinkohlewerke des oestlichen erzgebirg'schen Steinkohlenreviers Lugau, Oelsnitz, Gersdorf, Hohndorf. - Verein für bergbauliche Interessen, Archiv Förderverein Bergbaumuseum Oelsnitz / Erzgeb.
- STOLL, R. & TUNGER, B. (1997): Untersuchung der infrastrukturellen und umweltrelevanten Auswirkungen des Auflassens des Bergbaus im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau-Oelsnitz und Erarbeitung von Vorschlägen zur praktischen Umsetzung und Nutzung der erzielten Ergebnisse. - Unveröff., C & E Consulting und Engineering GmbH Chemnitz, Archiv LfUG: 57 S.; Freiberg.
- VOGEL, R. (1993): Das Lugau/Oelsnitzer Steinkohlerevier. - Förderverein Bergbaumuseum Oelsnitz/Erzgeb. e. V.

Stratigraphie und Tektonik im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz

(BERGER, H.-J.¹, STEINBORN, H.², GÖRNE, S.¹, JUNGHANNS, C.³)

Für das Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz gibt es gegenwärtig keine neuzeitliche zusammenfassende Darstellung der geologisch-tektonischen Verhältnisse. Aufbauend auf den in den vergangenen Jahren gelaufenen Arbeiten zu den Bergbaufolgen, speziell dem Grubenwasserwiederanstieg (FELIX u. a. 2007) und den damit im Zusammenhang stehenden Ergebnissen der Kernbohrung Oelsnitz 1A/2003 (JUNGHANNS 2004a/b, JASCHKE & SCHNEIDER 2005) konnten eine Reihe von neuen Aspekten zur Geologie des Karbon und des Rotliegend umfassend bearbeitet werden. Für das Känozoikum wurden im westlichen Randbereich des Reviers die neuen Kartierungsergebnisse der Geologischen Karte Blatt Zwickau-Ost (ALEXOWSKY u. a. 2007) genutzt. Für das übrige Gebiet wurde auf Daten aus der Altkartierung (SIEGERT 1881, BLÜHER 1950) und der Neukartierung von Blatt Stollberg (HÜBNER & GEIßLER 2009) zurückgegriffen.

Regionalgeologische Übersicht

Das Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz befindet sich im westlichen Teil von Blatt Stollberg/Erzgeb., inmitten des zentralen NE-SW streichenden Teils der Vorerzgebirgs-Senke. Die Vorerzgebirgs-Senke (Abb. 1) und die sich darunter befindenden oberkarbonen Vorläufersenken von Lugau/Oelsnitz und Zwickau bildeten sich in einem tektonisch vorgeprägten Grenzbereich zwischen Erzgebirge, Granulit-Massiv und Bergaer Antiklinorium. Dieser entstand nach Faltung, Metamorphose und spätunterkarboner Deckenstapelung von Grundgebirgseinheiten am Rand des nach NW vordringenden Erzgebirgs-Kristallins im Bereich einer abschließenden finalen Extension des variszischen Orogens. Gefüllt wurden diese Senken mit dem Abtragungsschutt (postvariszischen Flysch/Molasse) des variszischen Orogens.

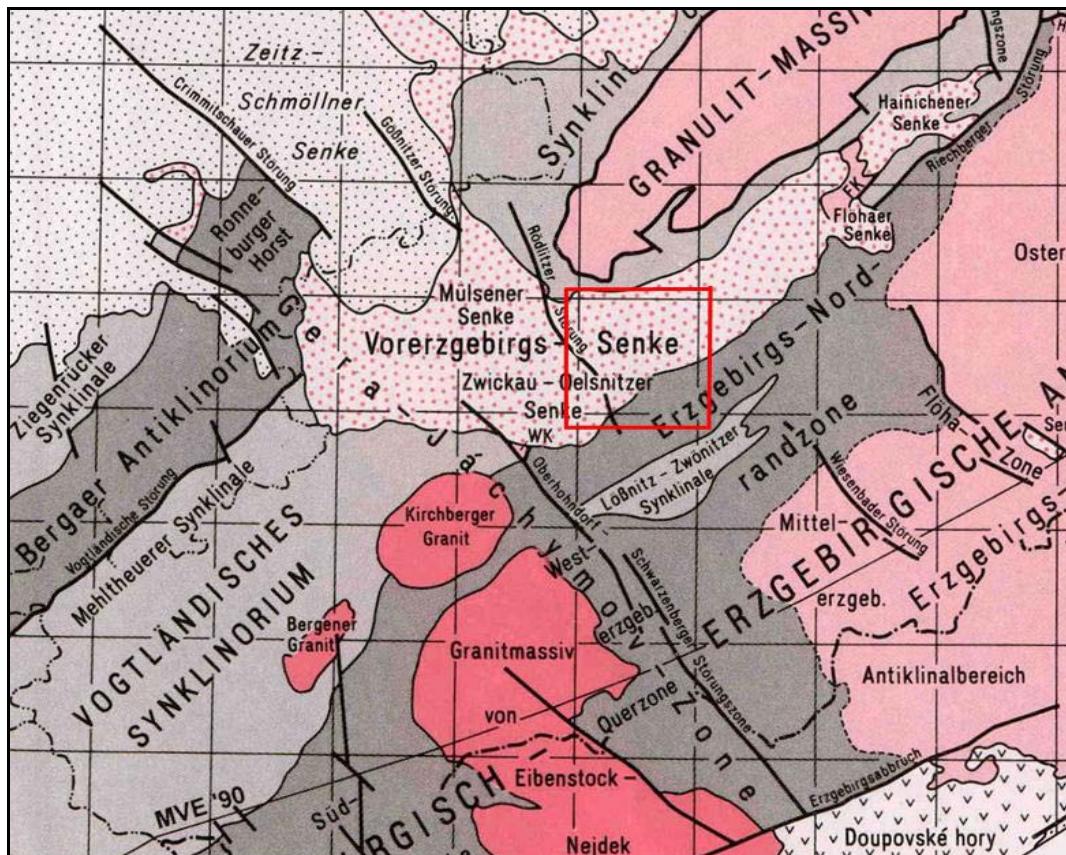


Abb. 1: Regionalgeologische Übersicht im Raum Oelsnitz (Auszug aus der geologischen Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1 : 400 000, 1995, rot umrandet Blatt Stollberg/Erzgeb.)

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

² Thüringer Landesbergamt Bad Salzungen

³ Geonorm GmbH Gießen

Der Grenzbereich zwischen Erzgebirgs-Kristallin und dem NW-lich vor gelagerten Schiefergebirge stellt eine überregionale Krustenblöcke begrenzende Zone dar, die vormals nach WATZNAUER (1964) und KURZE (1966) als „Zentralsächsisches Lineament“ bezeichnet wurde. In Anlehnung an KRONER (1995) bezeichnen wir sie heute als Nordostbayerische-Mittelsächsische Störungszone, die durch mehrere NW-SE verlaufende Seismikprofile hinreichend belegt ist. Im Verlauf des variszischen Kollisionsprozesses spielt die Grenzzone auch eine besondere Rolle beim Aufstieg des Granulit-Massivs (KRONER 1997).

Für die Anlage der Beckenkonfiguration waren mehrere überregionale Störungszonen von Bedeutung:

- N-S streichende Störungszone
Klingenthal-Zwickau-Meerane-Altenburg, Hohenstein-Lößnitz
- NW-SE streichende Störungszonen
von Gera-Jachymov, von Frohburg-Warmbad und von Flöha
- NE-SW streichende Mittelsächsische Störungszone

Im Oberkarbon entwickelt sich über das Erzgebirge hinweg ein NW-gerichtetes Entwässerungssystem von den böhmischen Steinkohlesenken über Vorkommen bei Olbernhau und Flöha, die Dachkomplexe des noch verdeckten Granulit-Massivs südwestlich umfließend über Lugau/Oelsnitz nach Zwickau und weiter bis in den Raum nördlich von Halle (GAITZSCH u. a. 1998).

Die Absenkung bzw. der Einbruch der Becken und damit verbunden die Ausweitung des Entwässerungssystems verlief zeitlich und räumlich gestaffelt von SE über NE nach SW. Im NE wurde als älteste postvariszische Einheit die Hainichen-Subgruppe im Visè 3b bis 3c abgelagert.

Nach W folgten im Anschluss Absenkungen und Ablagerungen mit der oberkarbonen Flöha-Formation (Westfal B/C), im Revier Lugau/Oelsnitz mit der Oelsnitz-Formation im Zeitraum hohes Westfal C bis Westfal D und im Revier Zwickau mit der Zwickau-Formation im Zeitraum Westfal D bis Cantabrien.

Im Zeitraum des Stefans beruhigte sich das tektonische Regime und die Absenkung innerhalb der Beckenachse kam zum Stillstand. Es erfolgte eine erste tektonische Verstellung und eine Abtragung von oberkarbonen Sedimenten. Mit Beginn des unteren Rotliegend überlagert erosionsdiskordant das „Graue Konglomerat“ der Unteren Härtendorf-Formation das Oberkarbon. Das sich im Rotliegend bildende, relativ einheitlich NE-SW gerichtete Becken mit einer den Karbonbecken nordwestlich vor gelagerten Beckenachse entstand über der Mittelsächsischen Störungszone. Dieses Becken dehnte sich nach S über das Karbonbecken aus und bedeckt es überwiegend.

Die tektonische Vorzeichnung an einem N-S-Element bzw. die grabenartigen vulkanotektonischen Vorgänge auf diesem Element führten zur Erweiterung der westlichen Beckenkonfiguration in Richtung N. Bei den Sedimenten vom höchsten Unterkarbon bis zum oberen Rotliegend handelt es sich generell um kontinentale, durch wechselnde Reliefbewegungen zyklisch aufgebaute fluviatile bis lakustrine/palustrine Ablagerungen, welche nach SCHNEIDER u. a. (2001) die Molasse des aufgearbeiteten variszischen Orogens darstellen.

Vulkanogene Bildungen unterschiedlicher Ausbildung sind in diese Schichtenfolgen eingeschaltet. Überwiegend Post-Rotliegend wurden die Bildungen der Vorerzgebirgs-Senke an einem System von wieder aktivierten herzn und rheinisch streichenden Störungen intensiv bruchtektonisch zerblockt. Diese Zerblockung wird auf saxonische Bewegungen zurückgeführt und prägt das heutige Strukturbild.

Präkarbonen Grundgebirge

Die Gesteinseinheiten des präkarbonen Grundgebirges im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz zählen im südöstlichen Teil regional-geologisch zum Bereich der Erzgebirgsnordrandzone und werden aus z. T. epizonalen metamorphen Bildungen der thüringischen Fazies des Ordoviziums aufgebaut. Aus vorhandenem Probenmaterial und den Beschreibungen zum Grundgebirge kann auf eine Ausbildung von Äquivalenten der Frauenbach- und Phycoden-Gruppe geschlussfolgert werden.

NW-lich der Härtendorfer Störung (Abb. 2; Teilelement der Nordostbayerisch-Mittelsächsischen Störungszone) werden die Grundgebirgseinheiten dem Schieferstockwerk der Vogtländischen Synklinale zugeordnet und umfassen auch Bildungen der Phycoden-Gruppe.

Kennzeichnend für das Bergbaurevier sind NW-SE und NNW-SSE streichende Grundgebirgsrücken, wie der Vaterland-Rücken (VaR), der Vereinsglück-Rücken (VerR) und die Niederwürschnitzer Schwelle. Diese üben zum Ablagerungszeitraum des Oberkarbons Einfluss auf die fazielle Ausbildung der Sedimentfolgen aus.

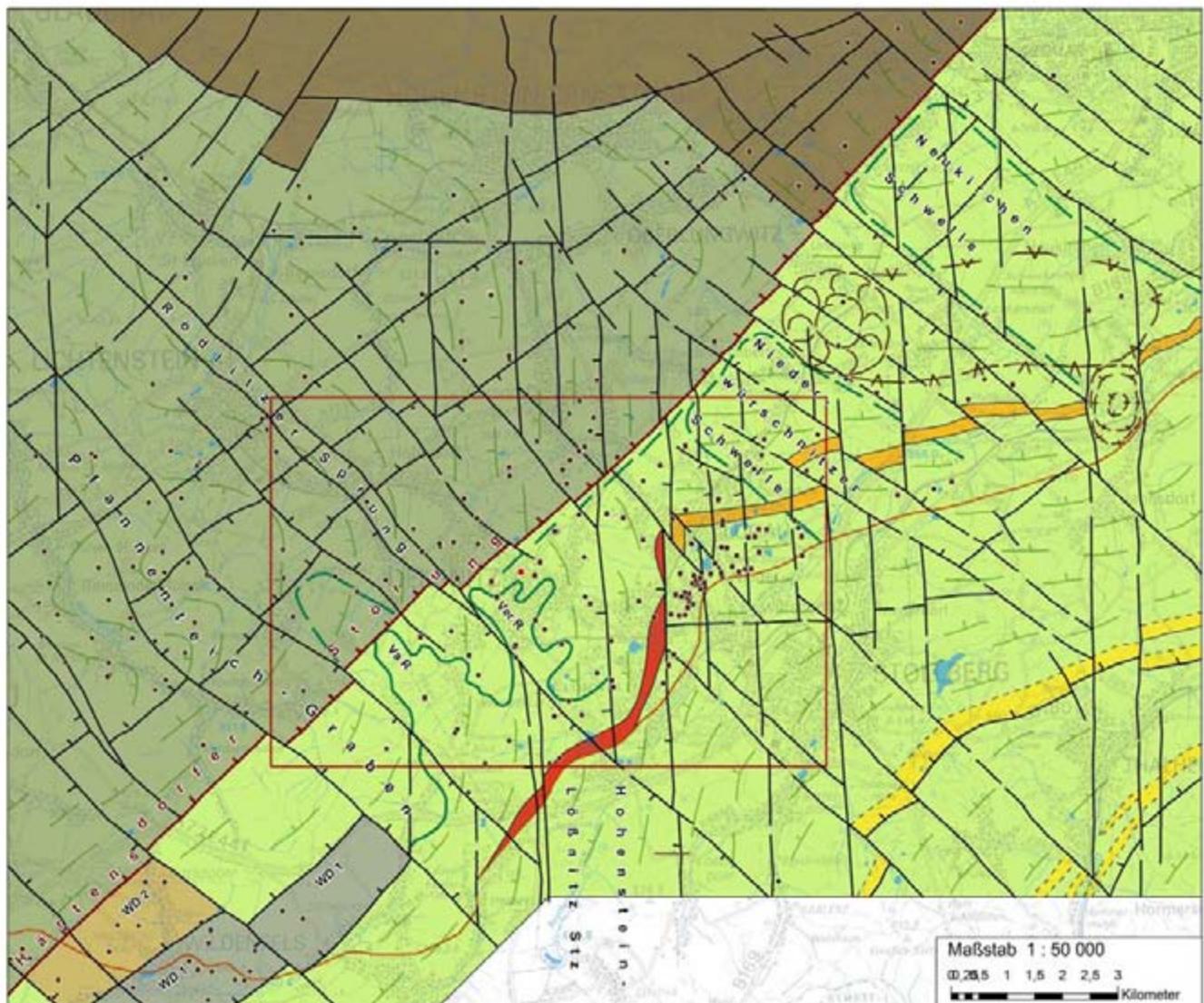


Abb. 2: Geologisch-tektonische Übersicht zum Grundgebirge im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz
(nach BERGER in FELIX u. a. 2007)

Oberkarbon

Das Gesamtprofil des Oberkarbons im Revier Lugau/Oelsnitz wird nach den durchteuften Schacht- und Bohrprofilen und unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse von SIEGERT (1881), BLÜHER (1948, 1955), DABER (1955, 1957), LOBST (1984) und dem Profil der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003 als Oelsnitz-Formation (Abb. 3) zusammengefasst. Nach BERGER (FELIX u. a. 2007) wird die **Oelsnitz-Formation** erstmals in 4 neu in ihren Grenzen definierte Subformationen gegliedert. Vom Hangenden zum Liegenden werden unterschieden:

Neuflöz-Subformation

Hoffnungflöz-Subformation

Hauptflöz-Subformation

Lugau-Subformation

Die Mächtigkeit der Oelsnitz-Formation unterliegt auf Grund der ausgeprägten Morphologie der Phyllitoberfläche und der einschneidenden Erosionsfläche der Härtendorf-Formation großen Schwankungen und reicht von ca. 5 m im Ausstrichbereich bis etwas über 120 m im Bereich des Rudolf-Breitscheid-Schachtes II.

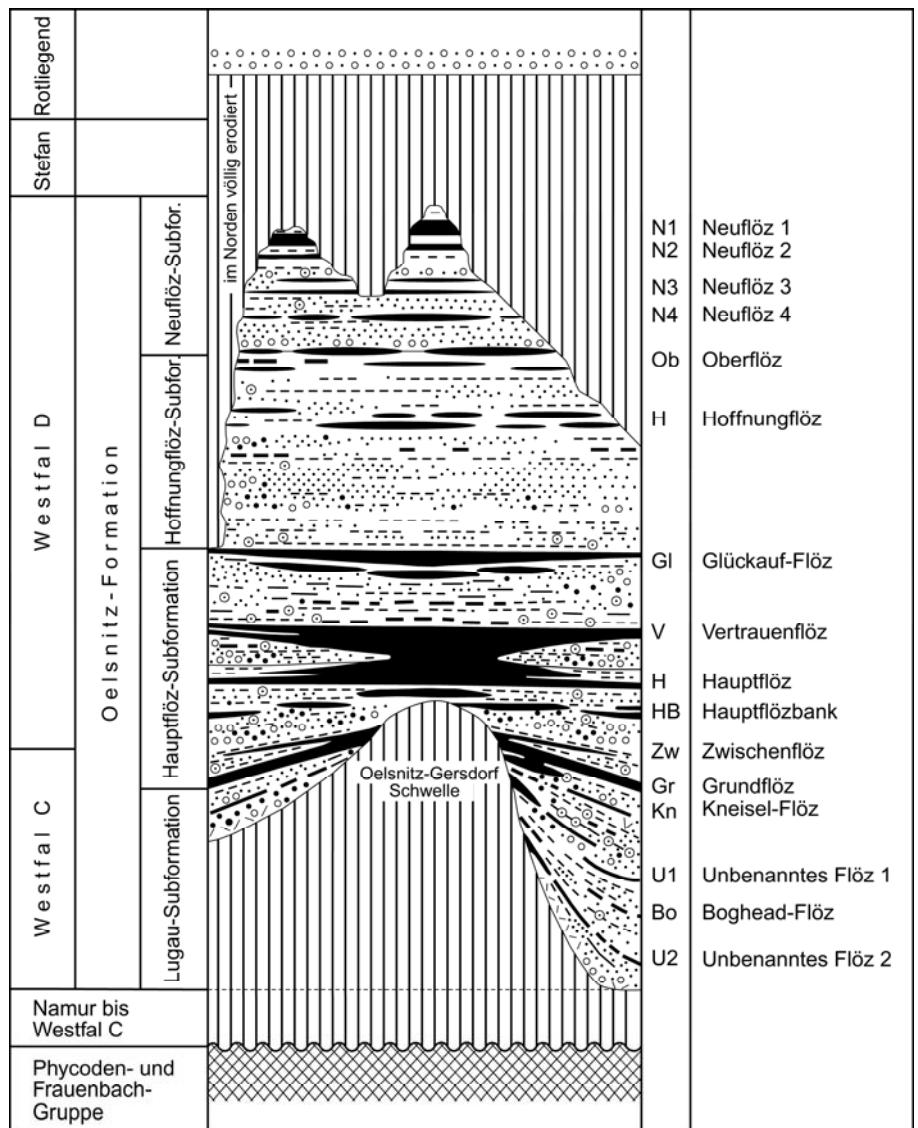


Abb. 3:
Normalprofil des Westfal im Oelsnitz-Becken (BERGER in ALEXOWSKY u. a. 2007)

Im Lugau/Oelsnitzer Revier begann die postorogene Senkenbildung entlang der NE-SW verlaufenden Nordostbayerisch-Mittelsächsischen Störungszone. Über dieser entwickelte sich in einer ersten Phase eine NE-SW gerichtete Grabenstruktur - der Gersdorfer Graben - deren Achse auf Höhe der Kaisergrube-Schächte in Richtung NE gegen Gersdorf verlief.

Gleichzeitig mit dieser Phase verbunden kam es im tektonisch vorgezeichneten Raum zwischen Hermann-Bläsche-Schacht im Süden, dem nördlich davon gelegenen Friedrich-Engels-Schacht und den Concordia-Schächten im Norden auf der Ostseite des

Vereinsglück-Phyllitrückens (VerR in Abb. 2) zur Anlage einer N-S gerichteten Grabenstruktur mit flachem E- und steilem W-Schenkel.

Eine dritte NNW-SSE gerichtete Grabenstruktur entwickelte sich westlich des Vereinsglück-Phyllitrückens im Bereich des Frisch-Glück-Schachtes, die wiederum im Westen von einem Phyllitrücken - dem Vaterland-Phyllitrücken (VaR in Abb.2) - begrenzt wird.

Diese Grabenstrukturen waren der Sedimentationsraum für die **Lugau-Subformation**. Auf dem aus Phylliten bestehenden Verwitterungsschutt („Kümmelgebirge“ bzw. „weißes Zeug“) des Grundgebirges und einem nur lokal im weiteren Bereich um den Frisch-Glück-Schacht auftretenden Grundkonglomerat, welches auf eine Schüttung aus südlicher Richtung hinweist, folgten dann bis zum Grundflöz Schiefer tone und Sandsteine mit den nur lokal ausgebildeten Unbenannten-Flözen (U 1, U 2), dem Boghead-Flöz und dem Kneisel-Flöz. Das Kneisel-Flöz setzt sich aus Glanzstreifenkohlen mit über 60 % Vitrit zusammen und führt eine Sphärosideritlage (HARTLIEB 1964). Nachdem diese Grabenstrukturen mit Sedimenten erfüllt waren, führte die abnehmende Reliefenergie zu einer ersten flächenhaften Vermoorung. Diese ging außer im unmittelbaren Bereich der Vereinsglück-Schäfte auch über die Phyllitrücken hinweg und führte zur Bildung des Grundflözes.

Mit dem Grundflöz (Abb. 4) wurde die Grenze zur **Hauptflöz-Subformation** gezogen. Deren Reichweite erstreckte sich vom Grundflöz über Zwischenflöz, Hauptflözbank, Hauptflöz und Vertrauenflöz bis zum Glückauf-Flöz einschließlich deren Zwischenmittel.

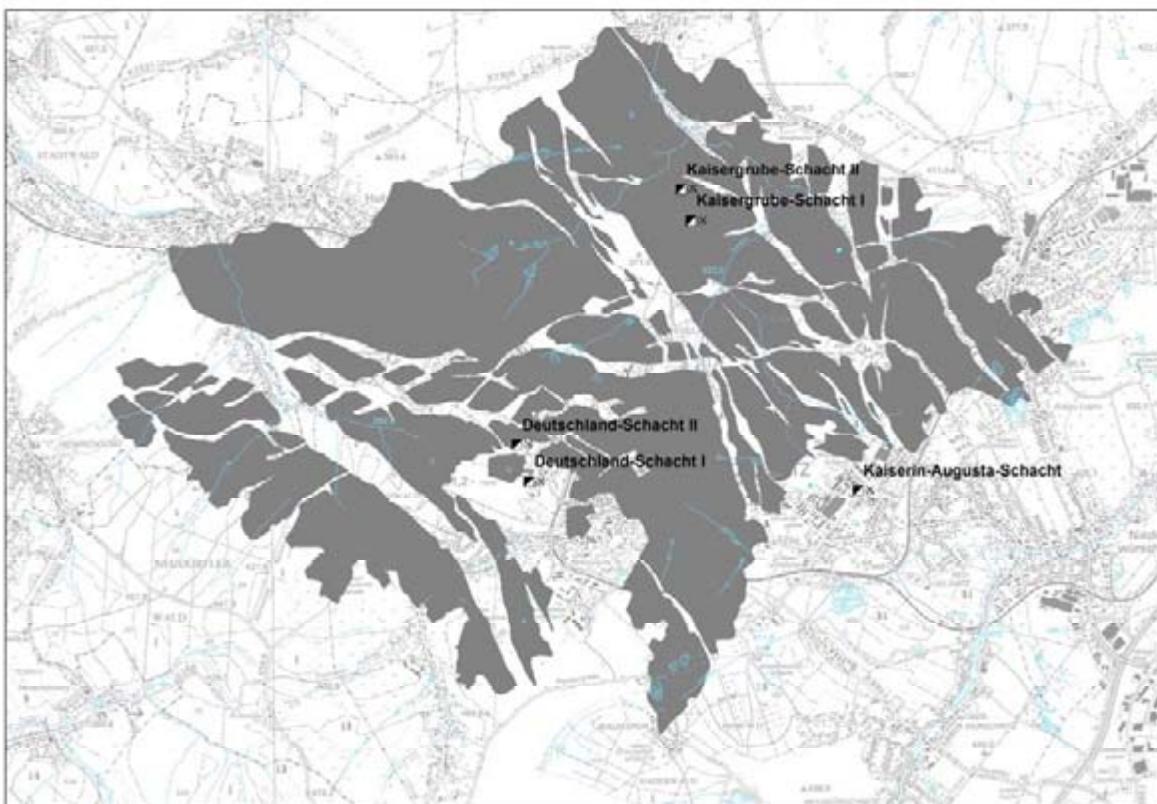
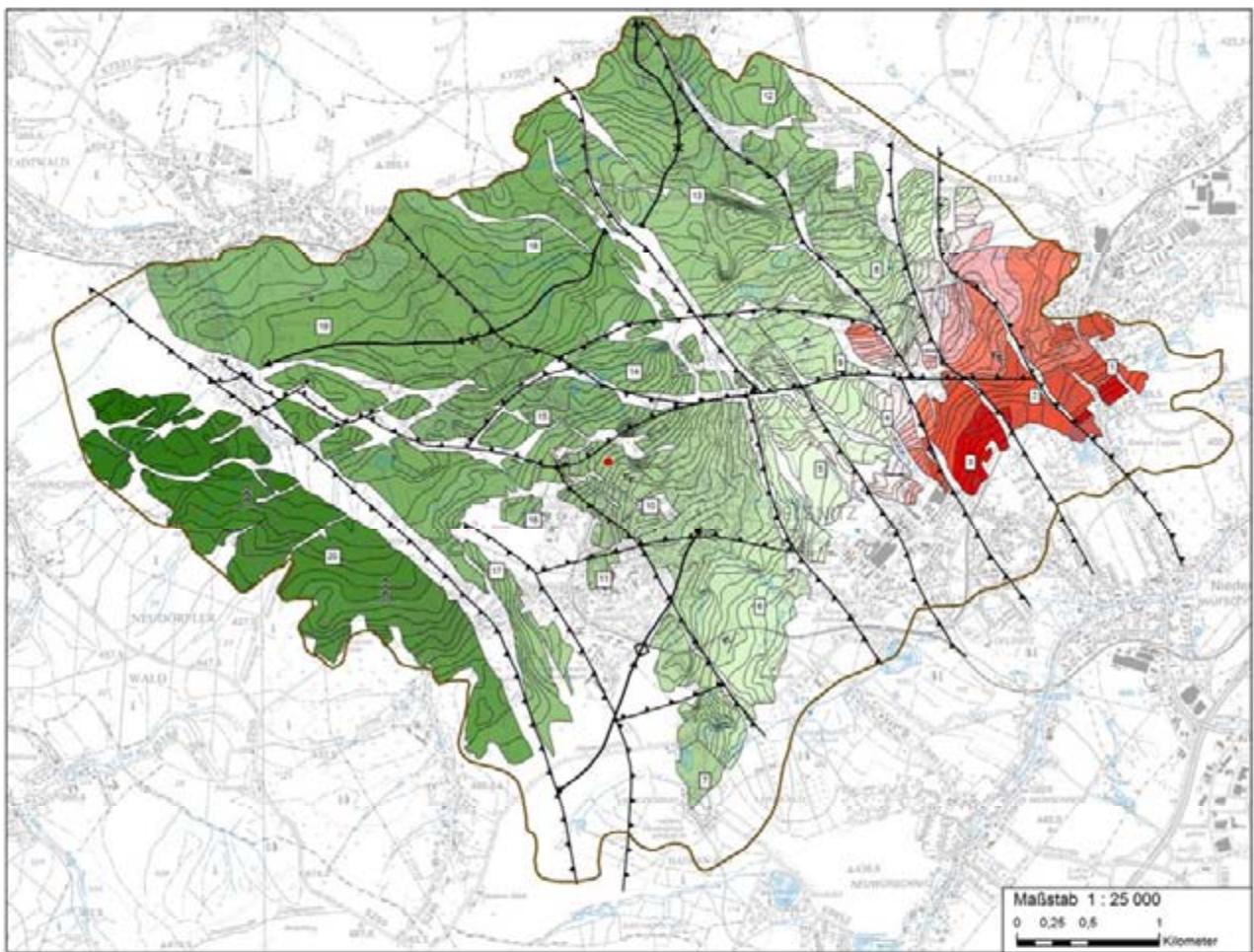


Abb. 4: Abbaufläche des Grundflözes im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz (tektonisch bedingte flözfreie Räume weiß)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Besonderen Einfluss auf die Kohlebildung, deren Mächtigkeit und eine verstärkte Bergemittelführung besaß die sich immer wieder durchpausende erhöhte Absenkungsgeschwindigkeit in den oben genannten Grabenbereichen. Hier entstanden zunächst NNW-SSE gerichtete Rinnensysteme, wie z. B. die Neu-Oelsnitzer Rinne mit ihrem Zentrum am Karl-Liebknecht-Schacht zwischen dem Vereinsglück-Rücken und dem Niederwürschnitzer Rücken.

Dem gegenüber stehen Bereiche mit geringer Reliefenergie, wie der Niederwürschnitzer Rücken, der Vereinsglück-Phyllitrücken und die sich nördlich anschließende so genannte Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle (Gebiet um die Albert-Jacob-Schäfte), weiter über die Concordia-Schäfte bis in den Bereich westlich der Kaisergruben-Schäfte. Über diesen Bereichen kommt es zu einer verstärkten Kohlebildung und damit zur Vereinigung von Flözen ohne größere Zwischenmittelmächtigkeiten.



- Ansatzpunkt der Tiefbohrung 1A/2003
 - Begrenzung der Lagerstätte nach BEYER (1974)
 - 18 Nummer der tektonischen Scholle
 - Tektonische Hauptelemente
- Ausrichtung und Neigung der tektonischen Schollen
- ↖ Scholleneinfallen flach
 - ↖ Scholleneinfallen mittelsteil
 - ↑ Scholleneinfallen steil
 - ↗ Muldenachse mit Einfallrichtung
 - ↗ Sattelachse mit Einfallrichtung (unter Berücksichtigung der Grundgebirgsschwelle)

Abbauhöhen im Grundflöz in m HN

- 790 - - 750
- 750 - - 700
- 700 - - 650
- 650 - - 600
- 600 - - 550
- 550 - - 500
- 500 - - 450
- 450 - - 400
- 400 - - 350
- 350 - - 300
- 300 - - 250
- 250 - - 200
- 200 - - 150
- 150 - - 100
- 100 - - 50
- 50 - - 0
0 - 50
50 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 250

Abb. 5: Flözisohypsen und Blocktektonik im Grundflöz des Bergbaureviers Lugau/Oelsnitz

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Das Grundflöz (Abb. 4 und 5) ist das erste flächenhaft im Revier verbreitete Flöz und besitzt eine Mächtigkeit von bis zu 3,5 m Kohle. Es ist das Durit-reichste Flöz. Lediglich im SE, in der Neu-Oelsnitzer Rinne um den Karl-Liebknecht-, den Hösel- und den Gühne-Schacht, spaltet es sich durch vermehrte Bergeführung (Schluff- und Tonsteine) in eine Unter- und Oberbank auf. Im Westfeld (Rudolf Breitscheid Schächte) besteht die Unterbank des Flözes aus Mattkohlen. Das Zwischenmittel bis zum Hauptflöz nimmt vom Ausstrich im Bereich des Niederwürschnitzer Rückens in NW-Richtung vom Rachel-Schacht mit 0 m über den D-Schacht mit 5,3 m, den Neu-Schacht mit ≥ 17 m und den Viktoria-Schacht mit 21,5 m zum Saxonia-Schacht auf 23,3 m und weiter nach NW bis auf ca. 30 m zu.

In WSW-Richtung nimmt die Mächtigkeit vom Ausstrich beim August-Schacht mit 0 m über den Hösel-Schacht mit 8 m auf 11,6 m beim Karl-Liebknecht-Schacht zu und im weiteren Verlauf bis zum Vereinsglück-Rücken wieder auf ca. 0,1 m beim 406-Schacht (Blindschacht) ab.

Die Mächtigkeiten der Zwischenmittel im N entlang der NNE-SSW streichenden Beckenachse erreichen im Gebiet der Kaisergruben-Schächte ca. 26 m, am Pluto-Schacht ca. 34 m, am Helene-Schacht ca. 28 m und bei den Rudolf-Breitscheid-Schächten ca. 25 m. Über der Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle nimmt das Zwischenmittel vom Merkur-Schacht mit ca. 24 m über die Concordia-Schächte mit ca. 14 m, dem Albert-Jacob-Schacht II mit ca. 9 m, dem Albert-Jacob-Schacht mit ca. 6 m zum Vereinsglück-Schacht auf dem Phyllirücken auf 0 m ab.

Westlich des Phyllirückens nimmt die Mächtigkeit zunächst bis zum Rinnenzentrum beim 31-Schacht (Blindschacht) auf ca. 16 m zu, um dann über den Frisch-Glück-Schacht mit 8,5 m bis auf den Vaterland-Frisch-Glück-Phyllirücken auf 0 m abzunehmen.

Das Zwischenflöz, aus Streifen- und Mattstreifenkohle bestehend, besitzt nur lokale Verbreitung und ist teilweise auch in seiner Position zum Grund- bzw. Hauptflöz in unterschiedlicher Entfernung.

Mit dem **Hauptflöz** (Abb. 6) entstand das zweite flächenhaft verbreitete Flöz mit einer Mächtigkeit von bis zu 5,5 m Kohle. Es besteht in seinem unteren Teil aus Glanzstreifenkohle und im höheren Teil aus Mattstreifen- bis Mattkohle, die sich zu ca. 30 % aus Durit, ca. 38 % Duroclarit und ca. 31 % aus Fusit zusammen setzt. Insbesondere über dem Bereich der Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle wurden die größten Kohlemächtigkeiten festgestellt. So besitzt das Flöz um die Concordia-Schächte eine Mächtigkeit von ca. 4,2 m, die bis zum Albert-Jacob-Schacht I auf ca. 5 m ansteigt. Bei den Albert-Funk-Schächten liegt das Flöz direkt auf dem Phyllirücken auf. Nach W, in der Rinne um den Frischglück-Schacht nimmt die Mächtigkeit auf 1 m ab. Flözvereinigungen mit dem Vertrauenflöz kommen über dem Vereinsglück-Phyllirücken vom Albert-Funk-Schacht I über die Schächte 214, 111, 124 und 41 (Blindschächte), südwestlich und westlich vom Friedrich-Engels-Schacht gelegen, bis über der Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle beim Albert-Jacob-Schacht I und hin zum Pluto-Schacht vor. Die Zwischenmittelausbildung und -mächtigkeit zum Vertrauenflöz verdeutlicht dabei eindrucksvoll die Zweiteilung des Lugau/Oelsnitzer Reviers durch die Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle. Eine deutliche NNE-SSW streichende Beckenachse, wie bei dem oben beschriebenen Zwischenmittel ist nicht ausgebildet. Diese hat sich in der östlichen Neu-Oelsnitzer Senke/Rinne zwischen Karl-Liebknecht-Schacht und den Kaisergruben-Schächten weit nach S auf die Höhe des Viktoria- bzw. des Neu-Schachtes (Zwischenmittel 19,4 m bzw. 19,3 m) verschoben und streicht von hier nach SW in Richtung Glückauf-Schacht und 4-Schacht (19,4 m Zwischenmittel) beim Gottes-Hilfe-Schacht. Lokale Senken mit erhöhter Mächtigkeit liegen um den J-Schacht (Blindschacht) bei den Kaisergruben-Schächten mit 18,5 m und um den Hebeschacht 3 (Blindschacht) mit 16,7 m. Westlich der Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle bleibt die NNW-SSE gerichtete Senke um den Frisch-Glück-Schacht erhalten. Am selbigen Schacht hat das Zwischenmittel eine Mächtigkeit von ca. 18 m und nimmt in Richtung SW, SE und NNE bis auf 0 m ab. Schüttungen von vorwiegend sandigem Material kamen aus S. In Richtung NNW zu den Rudolf-Breitscheid-Schächten, insbesondere zum 16-Schacht (Blindschacht) steigt die Mächtigkeit auf über 20 m an.

In einer nachfolgenden Ruhephase entstand das in seinem unteren Teil aus Glanzstreifen und im höheren Teil aus Mattstreifenkohle bestehende dritte flächenhaft verbreitete Flöz, das **Vertrauenflöz**. Es besitzt eine summierte Mächtigkeit von bis zu 4,5 m. Auch für dieses Flöz gelten die schon zum Hauptflöz gemachten Aussagen bezüglich der Mächtigkeit im Bereich der Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle. Diese verliert allerdings ihre Breitenwirksamkeit und reicht im N nur noch bis auf Höhe der Concordia-Schächte. Flözvereinigungen mit dem Glückauf-Flöz gibt es im südlichen Teil der Schwelle um den 122-, 127-, 41-, 104-, 124-, 111- und 106-Schacht (Blindschächte) sowie im N um den Albert-Jacob-Schacht I. Ein weiterer Bereich liegt im NE der Plutoschacht-Verwerfung beim S-Schacht (Blindschacht) und beim Kaisergruben-Schacht II.

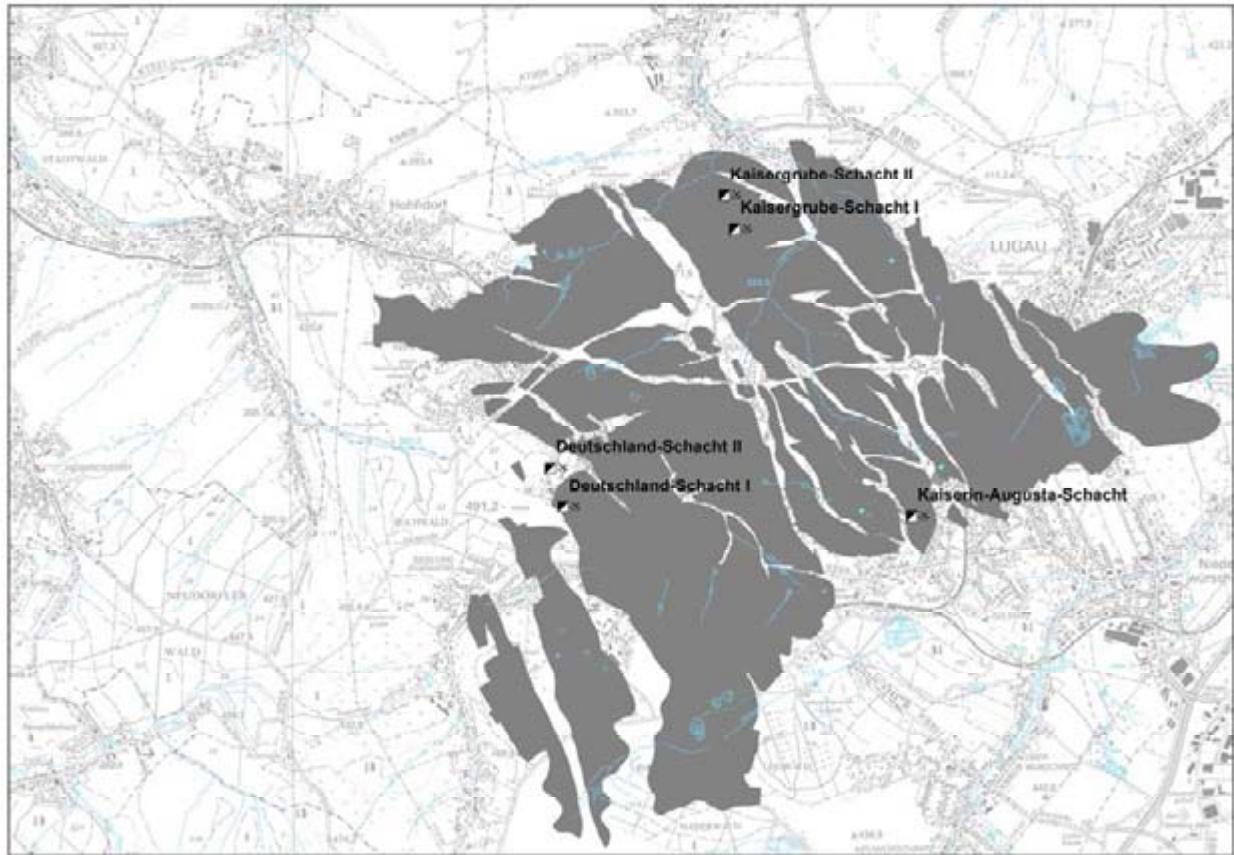


Abb. 6: Abbaufläche des Hauptflöz im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

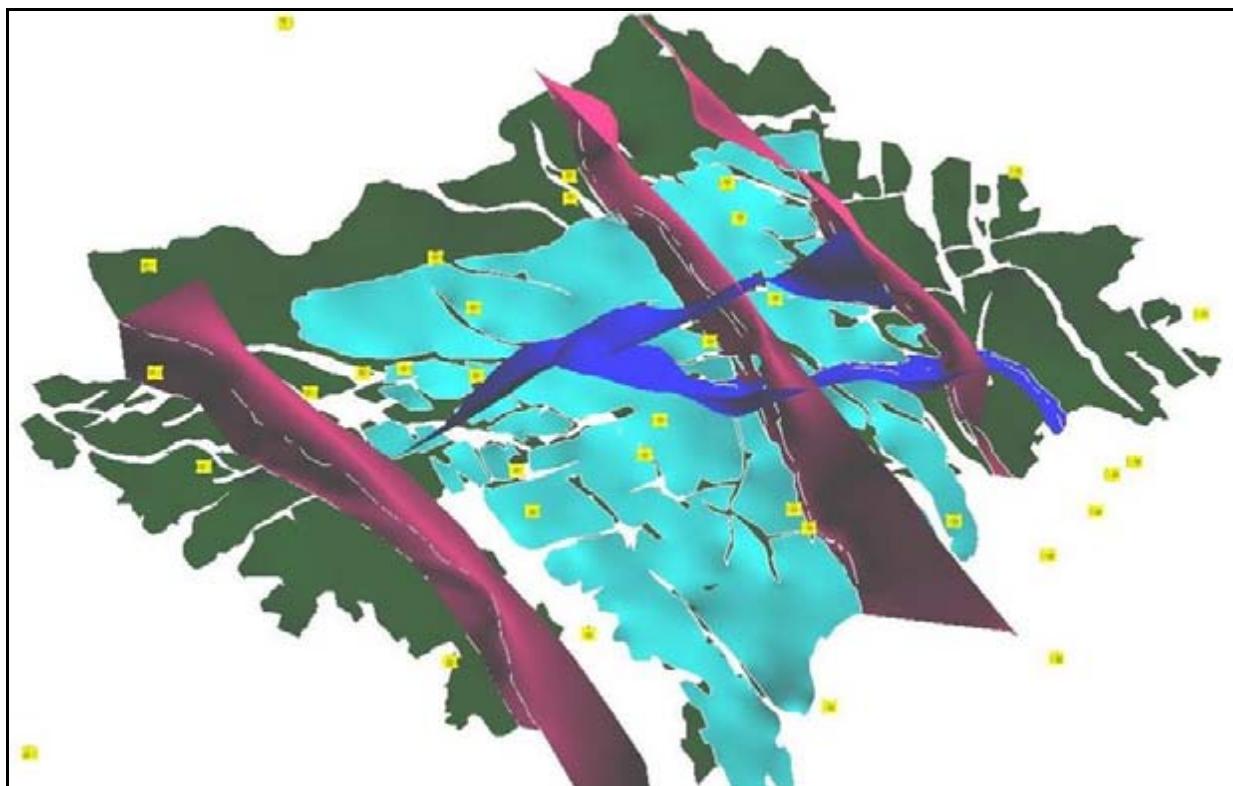


Abb. 7: Verbreitung der Abbaugrenzen von Grundflöz (dunkelgrün) und Glückauf-Flöz (grün) im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz mit wichtigen Störungen und Schächten (erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

An der Ostflanke der Schwelle hingegen entsteht um den Friedrich-Engels-Schacht eine ca. 2 km lange N-S-gerichtete Senke, in der verstärkt Zwischenmittel zum Glückauf-Flöz aus südlichen Richtungen geschüttet wurden. Weiter nach E in der Neu-Oelsnitzer Senke hat sich die Beckenachse des Zwischenmittels weiter nach S auf Höhe Albert- nach Johannis-Schacht verschoben. Bei erhöhten Mächtigkeiten von über 12 m wird es zunehmend sandig und z. T. konglomeratisch. Der Niederwürschnitzer Rücken verliert völlig seine Wirksamkeit, so dass hier auch Zwischenmittel mit erhöhter Mächtigkeit sedimentiert werden und die Flöze (Vertrauen und Glückauf) zunehmend aufspalten und versteinen. Westlich der Oelsnitz-Gersdorfer Schwelle setzt sich die überwiegend eigenständige Entwicklung fort, hier erreichen die Zwischenmittel Mächtigkeiten von bis zu 27 m.

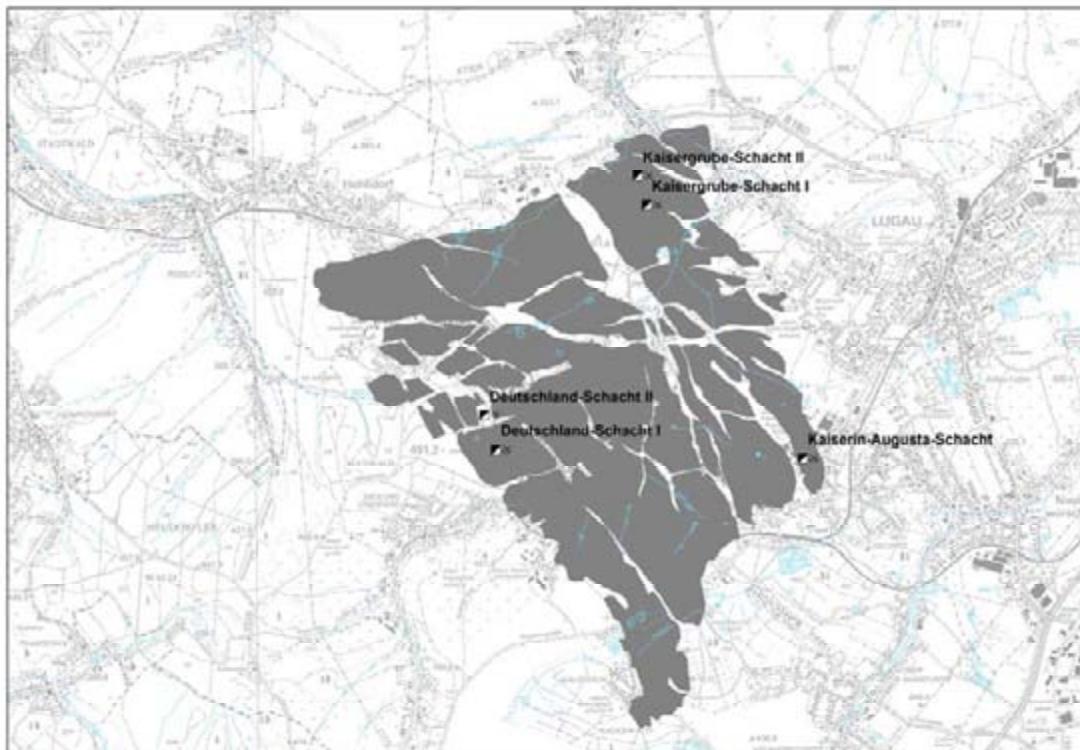


Abb. 8: Abbaufläche des Glückauf-Flözes im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Mit der Bildung des **Glückauf-Flözes** (Abb. 7, 8) endet die Hauptflöz-Subformation (untere Flözgruppe). Das Glückauf-Flöz selbst besitzt gegenüber den anderen Flözen der Subformation eine geringere abbauwürdige Verbreitung.



Abb. 9: Bohrung Oelsnitz 1A/2003

Teufe 604-610 m, Auflockerungszone in den Sand- und Schluffsteinen und Holzausbau bei 610 m im Firstbereich des Glückauf-Flözes

In der Neu-Oelsnitzer Senke beträgt die Mächtigkeit durchweg unter 1,5 m und es ist häufig eine Aufspaltung in Ober- und Unterbank zu beobachten. Größere Mächtigkeiten besitzt das Flöz im Bereich der Kaisergruben-Schächte und im zentralen Teil um die Schächte Albert-Jacob I, Deutschland I und II und Rudolf-Breitscheid I bis III. Im Frischglück-Schacht wurden lediglich noch einige schwache Flözchen angetroffen.

Die weitere Beschreibung des Oberkarbons stützt sich im Wesentlichen auf das Profil der Kernbohrung Oelsnitz 1A/2003.

Über dem Glückauf-Flöz beginnt die **Hoffnungflöz-Subformation** mit dem Hoffnungflöz und dem Oberflöz sowie den jeweiligen Zwischenmitteln. Das Zwischenmittel zwischen Glückauf-Flöz und Hoffnungflöz beträgt am Albert-Jacob-Schacht I und am Deutschland-Schacht II ca. 30 m, an den Concordia-Schächten ca. 49 m, am Rudolf-Breitscheid-Schacht II ca. 10 m und kann bis ca. 84 m, wie am Karl-Liebknecht-Schacht anwachsen. In der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 besteht das ca. 20 m mächtige Zwischenmittel über dem Glückauf-Flöz (Abb. 9) bis zum Hoffnungflöz, Bank 1 zunächst an der Basis der Subformation aus z. T. konglomeratischen Grob- bis Feinsandsteinen, an die sich eine Wechselfolge von Ton- und Schluffsteinen mit mehrfacher „finning up“-Ausbildung anschließt.

Das **Hoffnungflöz** hat seine größten Mächtigkeiten im Umfeld der Deutschland- und Albert-Funk-Schächte und besteht überwiegend aus bis zu 5 Flözbänken mit summierten ca. 2 m Kohle. Die Kohle ist eine Glanz- bis Glanzstreifenkohle und setzt sich aus ca. 44 % Vitrit, ca. 37 % Duroclarit, ca. 9 % Fusit und ca. 4 % Durit zusammen (HARTLIEB 1964). In der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 besteht es aus 3 Lagen mit Einzelmächtigkeiten von 20 cm (Abb. 10 und 11).

Zwischen dem Hoffnungflöz, Bank 3 und dem Oberflöz, Bank 1 folgen ca. 9 m Zwischenmittel aus einer Wechselfolge von Ton- und Schluffsteinen mit dm-mächtigen Sandsteinlagen. Im Albert-Jacob-Schacht beträgt dieses Zwischenmittel ca. 13 m und im Rudolf-Breitscheid-Schacht II ca. 10 m.



Abb. 10: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Teufe 580-586 m, Hoffnungflöz mit Flözbank 1
bei 584,18-584,39 m

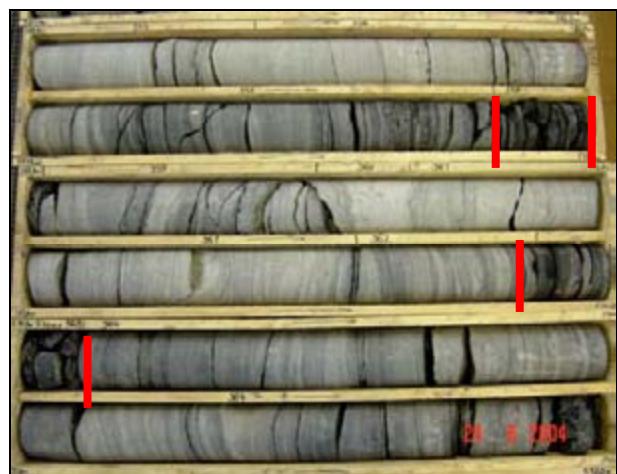


Abb. 11: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Teufe 586-592 m, Hoffnungflöz mit Flözbank 2
bei 587,8-588,0 m und Flözbank 3 bei 589,9-
590,1 m

Hierauf folgt das **Oberflöz** (Abb. 12, 13 14) mit bauwürdigen Mächtigkeiten wiederum im Umfeld der Deutschland- und Albert-Funk-Schächte.

Dieses Flöz enthält neben relativ viel Clarodurit auch Kaolinitgraupen und besteht aus einer größeren Anzahl von Bänken/Lagen, so z. B. im Rudolf-Breitscheid-Schacht II aus 4 Lagen von 0,2 bis 0,48 m Kohle auf 4 m Profil.

Auch aus dem Albert-Jacob-Schacht sind mindestens 4 Bänke des Flözes bekannt. Die Bohrung Oelsnitz 1A/2003 hat das Oberflöz mit 3 Bänken im Teufenabschnitt 571,3 bis 575,0 m durchbohrt, wobei die Einzelmächtigkeit max. 0,4 m aufwies.

Mit den über dem Oberflöz einsetzenden Konglomeraten und Sandsteinen (Abb. 14) beginnt die **Neuflöz-Subformation**.

Diese Grenze lässt sich deutlich in allen bekannten Schachtprofilen ziehen. So findet sich im Deutschland-Schacht I im Hängenden des Oberflözes ein ca. 7 m mächtiger Sandstein und bei ca. 10 m setzt das Neuflöz 4 ein. Das Neuflöz 3 mit mehreren Lagen befindet sich ca. 15 m über dem Oberflöz. In der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 setzt die Neuflöz-Subformation mit der ca. 4 m mächtigen Wechselfolge von Konglomeraten bis Grobsandsteinen (566,1 bis 570,4 m, Abb. 14 Teufe 569,3 m) ein.

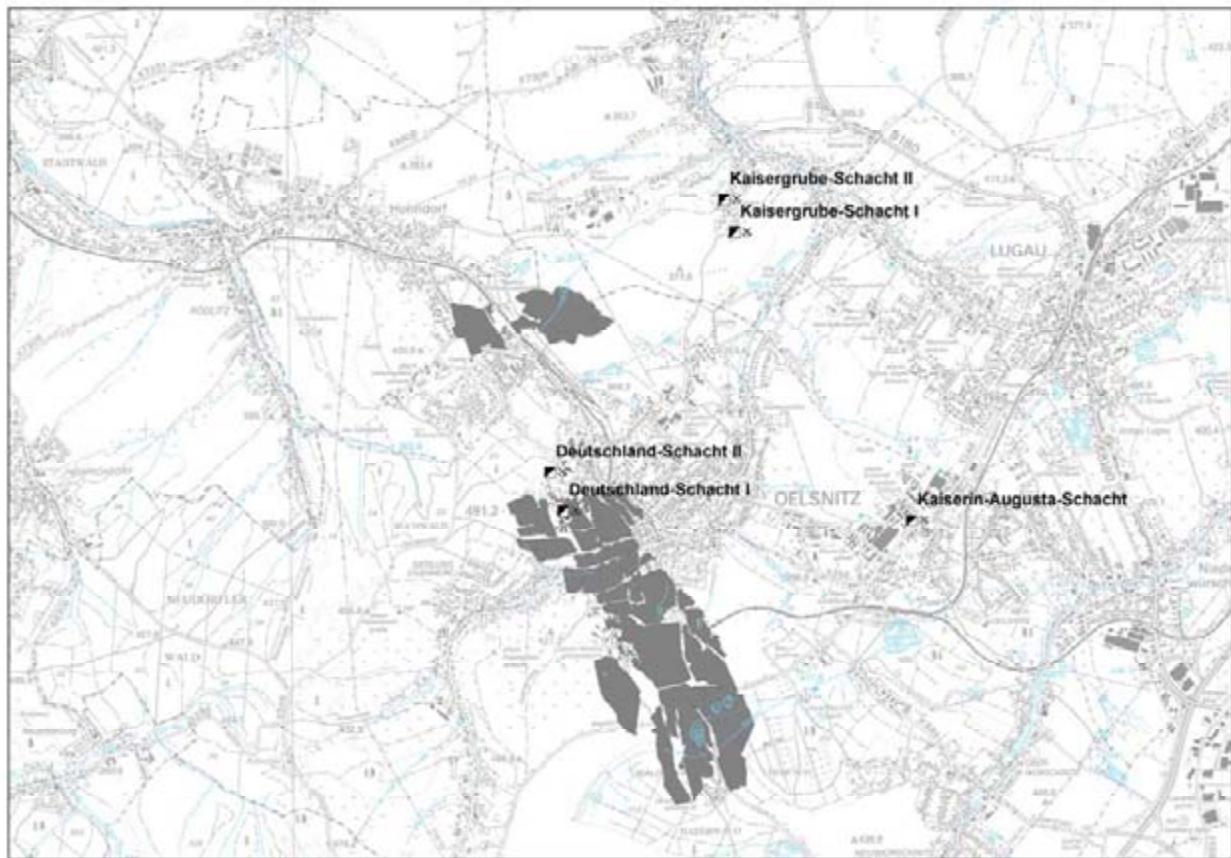


Abb. 12: Abbaufläche des Oberflözes im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)



Abb. 13: Bohrung Oelsnitz 1A/2003

Teufe 574-580 m, Oberflöz mit Flözbank 1
bei 574,61-575,0 m

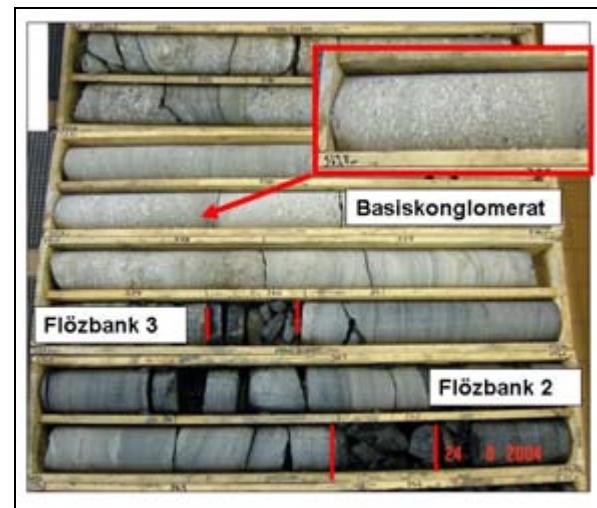


Abb. 14: Bohrung Oelsnitz 1A/2003

Oberflöz mit Flözbank 3 bei 571,3-571,5 m,
Flözbank 2 bei 573,6-573,8 m und Basiskong-
lomerat der Neuflöz-Subformation

Die Subformation wird aus den Neuflözen 4 bis 1 und deren Zwischenmitteln aufgebaut und besitzt auf Grund der stefanischen Erosion eine geringe Flächenausdehnung (Abb. 15). Charakteristisch für diese Subformation ist das erstmalige Auftreten von *Linopteris bronniarti* in den Basissetimenten (DÄBER 1957). Ebenfalls tritt ab dem Neuflöz 4 *Spinosporites spinosus* als ein regelmäßiges Element auf und stellt damit eine deutliche sporenstratigraphische Abgrenzung der Neuflöz-Subformation zur liegenden Hoffnungflöz-Subformation dar (DÖRING u. a. dieses Heft). Dieser Fakt unterstreicht deutlich die getroffene Grenzziehung.

Die Verbreitung der Flöze konzentriert sich auf den Bereich zwischen den Deutschland-Schächten, den Albert-Funk-Schächten, dem Hermann-Bläsche-Schacht, dem Karl-Liebknecht-Schacht und dem Friedrich-Engels-Schacht. Im Allgemeinen sind die Flöze aus mehreren Flözlagen und -bänken aufgebaut, wobei Einzelmächtigkeiten von bis zu 1,6 m vorkommen können. Stellenweise ist eine Trennung von Neuflöz 1 und Neuflöz 2 nicht möglich, hier kann die Einzelmächtigkeit bis auf 3,4 m ansteigen.

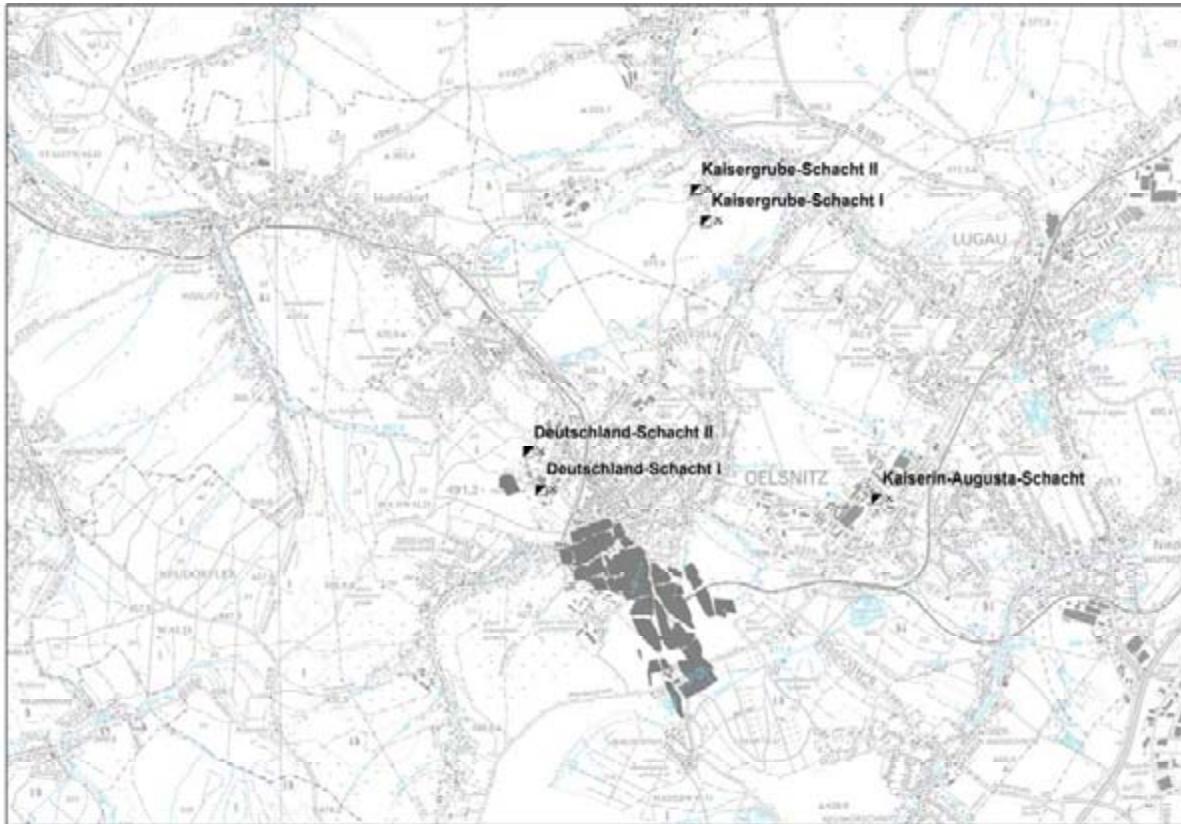


Abb. 15: Abbaufäche des Neuflözes 4 im Bergbaurevier Lugau / Oelsnitz

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Im Neuflöz 3 konnte ein bis zu 3 cm mächtiger Graupentonstein (Abb. 16) sowohl im Bereich des Deutschland-Schachtes II als auch im Bereich des Hermann-Bläsche-Schachtes nachgewiesen werden (STUTZER 1935; TAUBERT 1965).



Abb. 16:
Graupentonstein im Neuflöz 3 aus dem Bereich Deutschland-Schacht II (Foto aus TAUBERT 1965)

Der hellgraue Graupentonstein setzt sich innerhalb der Kohle deutlich von dieser ab und besteht aus ovalen, z. T. runden Graupen, deren Längsachsen parallel zur Schichtung eingeregelt sind. Eine Graduierung mit groben Graupen unten und feineren Graupen oben kann beobachtet werden. Lokal wurde ein Kristalltonstein dokumentiert. Mikroskopische und röntgenographische Untersuchungen (TAUBERT 1965) weisen die Graupen als aus Kaolinit bestehend aus.

Vergleiche mit dem Lehestreifen aus dem Lehekohlenflöz des Zwickauer Reviers unterstreichen eine identische Ausbildung und führten zu einer Parallelisierung von Lehekohlenflöz und Neuflöz 3. In beiden Fällen handelt es sich um Aschelagen, die z. T. Lapilli führen und deren Glasführung Ähnlichkeit besitzt. Unter der Voraussetzung, dass die Asche vom selben Ascheregen abstammt, muss auf Grund der Korngrößenverteilung davon ausgegangen werden, dass der Vulkan westlich der beiden Kohlebecken gelegen hat (STUTZER 1935).

Die Abbildungen 17, 19 und 21 geben eine Übersicht über die Neuflöze in der Bohrung Oelsnitz 1A/2003.



Abb. 17: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Teufenbereich 560,0 - 566,0 m, Neuflözkomplex
4: 561,48-561,64 m, 561,8-561,85 m, 562,08-
562,25 m, 562,44-562,73 m, 563,73-564,27 m



Abb. 18: Sporen von Bärlappbäumen aus dem Neuflözkomplex 4 (HERRMANN 2006)



Abb. 19: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Teufenbereich 556,0-562,0 m
Neuflöz 3: 556,96-557,10 m, 557,57-557,62 m
557,67-557,87 m, 558,30-558,57 m



Abb. 20: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Teufenbereich 552,0-556,0 m, Grenzkonglomerat zwischen den zwei Sporenassoziationen

Sporenuntersuchungen über den Bereich der Neuflöze ermöglichen eine Abgrenzung von Mooren mit einer Bärlappgewächs- vormacht (Mangrovenwald) für die Neuflöze 3 und 4 (Abb. 18) gegenüber einer Baumfarn-/Calamitenvormacht (Riedmoor) im Neuflöz 2 (HERRMANN 2006, Abb. 22). An der Grenze befindet sich ein Konglomerathorizont (Abb. 20) zwischen 552,4 und 554,5 m.

Flözparallelisierungen zwischen dem Oelsnitzer und Zwickauer Revier sind auf Grund fehlender Leithorizonte und eindeutiger paläontologischer Belege nach wie vor mit Problemen behaftet. Nach den Arbeiten von ZERNDT (1932), der die Megasporen der

Flöze untersuchte, soll das Grundflöz dem Segen-Gottes-Flöz, das Hauptflöz dem Tiefen Planitzer Flöz, das Vertrauenflöz dem Rußkohlenflöz, das Glückauf-Flöz dem Schichtenkohlenflöz und das Neuflöz 3 dem Lehekohlenflöz entsprechen.

Generell setzen sich die Sedimente des Lugau/Oelsnitzer Oberkarbons aus einer Wechsellagerung von Ton-, Schluff- und Feinsandsteinen zusammen, in denen unterschiedlich mächtige Kohleflöze bis -lagen zwischengeschaltet sind, die in einem fluviatil-limnischen Milieu (Graufazies) zur Ablagerung kamen.



Abb. 21: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Teufenbereich 541,0-548,0 m
Neuflöz 2: 542,6-543,30 m, 543,55-544,00 m,
544,47-544,55 m, 545,64-545,77 m, 545,90-546,05 m,
547,59-547,78 m, 548,93-548,97 m

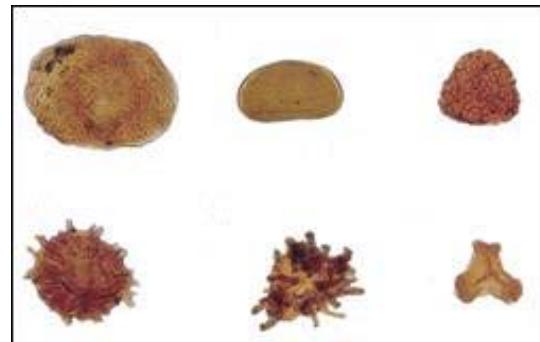


Abb. 22: Farnsporen aus dem Neuflöz 2
(HERRMANN 2006)

Die Kohlen entstanden dabei in einem subtropisch-kontinentalen Klima als palustrine bis lakustrine „floodbasin“-Bildungen (Flachwasser-Waldmoore bis Totarm-Moore).



Abb. 23:
Bohrung Oelsnitz 1A/2003 Sedimentstrukturen des Oberkarbons; halbierter Bohrkern von 545,0-545,8 m (Foto JASCHKE 2005)

Abb. 23 zeigt neben der Wechsellagerung von Feinklastiten mit kohligen Schluffsteinen und größer klastischen Sandsteinen, dass es im unteren Teil durch die bogige, leicht schräge Schichtung im sedimentationsruhigeren Bereich (z. B. Totarmbereich) immer wieder durch Verlagerung des aktiven „channels“ (Rinnenfazies) oder durch Überflutungseignisse zur Unterbrechung der Stillwasserfazies kam.

Grobklastische Horizonte belegen einen zeitweise verstärkten fluviatilen Einfluss. Das molassoide Verwitterungsmaterial stammt aus angrenzenden variszischen Deckenstapeln und wurde ausgehend von den Geröllspektren der Konglomerate sowohl aus südlichen als auch aus nördlichen bis nordöstlichen Richtungen geschüttet.

Im Gegensatz zur Aussage in SCHNEIDER u. a. (2005) hat BLÜHER sowohl in seiner Ausgangsarbeiten zur Flözausbildung und Zwischenmittelfazies im Lugau/Oelsnitzer Revier von 1948 als auch in der angeführten Veröffentlichung von 1955 keine Granulitgerölle in Zwischenmitteln der Oelsnitzer Flöze beobachtet und beschrieben.

Schon SIEGERT (1881) schreibt hierzu, dass im untersten Konglomerat des Rotliegend überall kopfgroße Granulitgerölle aufgetreten und die darunter liegenden karbonischen Konglomerate keine enthalten. Der Transport von Granulitgerölle ist demnach erst nach dem Oberkarbon möglich gewesen.

Dieses stimmt auch mit den Beobachtungen am Kernmaterial der durchbohrten oberkarbonen Konglomerate der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 überein. Granulitgerölle wurden hier nicht nachgewiesen.

Die Sedimente des Oberkarbons im Lugau/Oelsnitzer Becken unterlagen im Verlauf des Stefans einer längeren Erosion, bei der vor allem der nördliche Teil der oberkarbonen Sedimente abgetragen wurde. Diskordant wurde das Oberkarbon danach durch die Härtendorf-Formation des Unterrotliegend überlagert, wobei die Rotliegend-Beckenachse der des Karbonbeckens nordwestlich vorgelagert war.

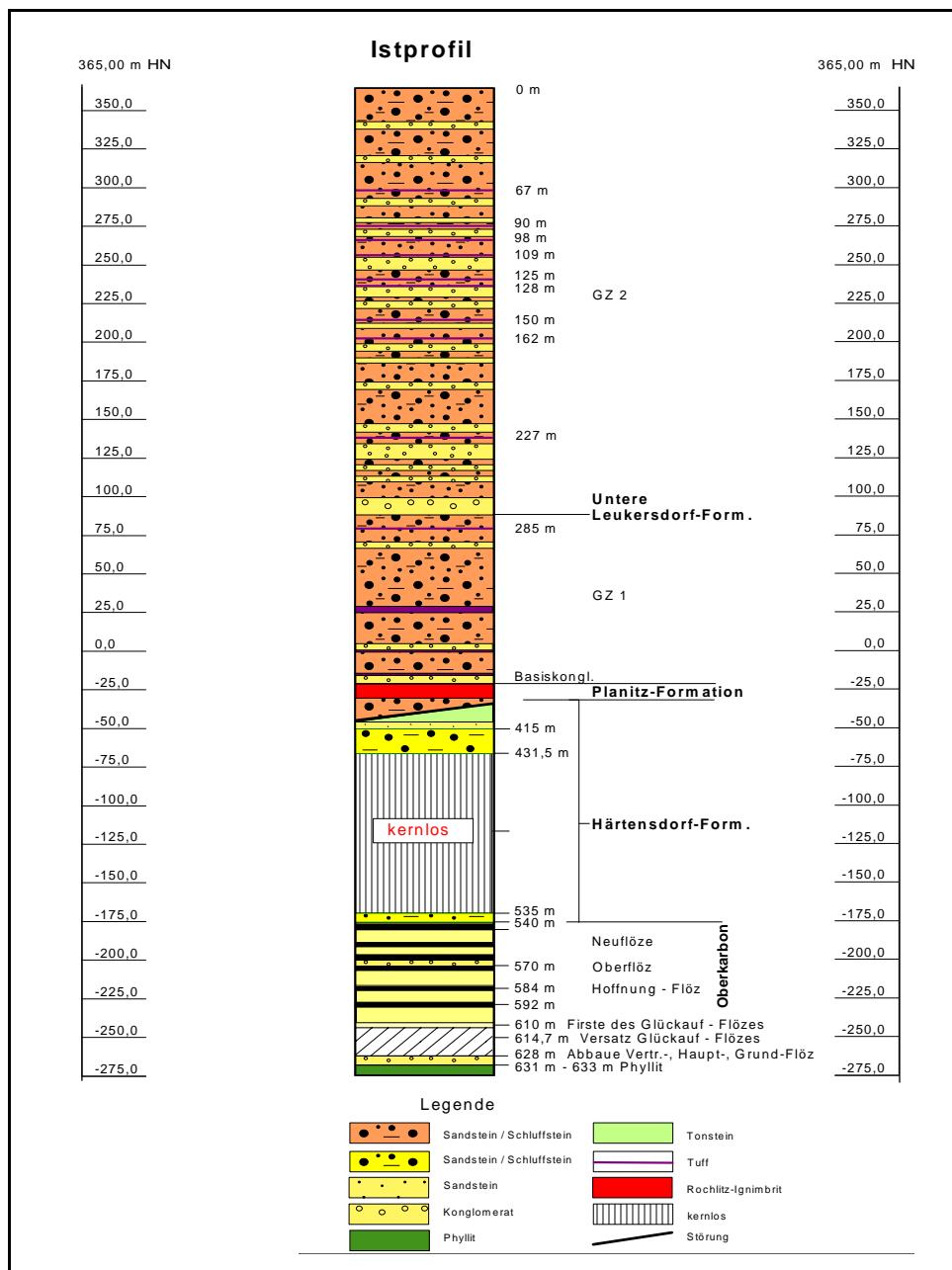


Abb. 24: Geologisches Profil der Bohrung Oelsnitz 1A/2003

Oberkarbon im Grenzbereich von Oelsnitz-Becken und Zwickau-Becken

Nach BERGER in ALEXOWSKY (2007) grenzt im Mülsenfeld speziell im Bereich des Pfannenteich-Grabens (Abb. 2) von E kommend das Oelsnitz-Becken an das von W kommende Zwickau-Becken. Zwischen beiden Becken ist eine Flözparallelisierung über das Zwischengebiet Mülsenfeld mit den Mülsengrund-Bohrungen (Mü I bis XX) aufgrund fehlender Leithorizonte und eindeutiger paläontologischer Belege nach wie vor mit Problemen behaftet (vgl. BLÜHER 1957).

Die **Zwickau-Formation** ist aufgrund der Abbaue im Mülsenfeld und verschiedener Mülsengrund-Bohrungen bis an den Westrand des Pfannenteich-Grabens mit der Oberhohndorf-Subformation und der Marienthal-Pöhlau-Subformation vertreten (Tab. 1).

Möglichkeiten der stratigraphischen Einbindung der Flözprofile der Mülsengrund-Bohrungen ergaben sich im Umfeld der Bohrung Mülsengrund VI mit dem Kohlenabbau im Baufeld 475, östlich vom Martin-Hoop-Schacht IX. Hier wurde 1977 das Schichtenkohlenflöz II mit nordöstlichem Einfalten von 7 Grad zwischen -593,5 m und -595,7 m NN abgebaut. Für das in der Bohrung Mülsengrund VI (Ansatz +392,8 m NN) zwischen 985,2 und 987,6 m (= -594,8 m NN) angetroffene Flözprofil ergibt sich somit eine Einstufung in das Schichtenkohlen-Flöz II. Die weiteren Flözprofile zwischen 989,1 und 998,7 m sind Rußkohlenflöz I (Ober- und Unterbank) und Rußkohlenflöz II. Rußsandstein und Konglomerat folgen bis 1.005,0 m. Das Rußkohlenflöz III liegt zwischen 1.009,8 und 1.010,6 m.

Eine weitere Einbindung der Flözprofile ergab sich ebenfalls 1977 östlich vom Martin-Hoop-Schacht IX im Abbaufeld 969 des Elligen Flözes Oberbank. In diesem Abbaufeld wurde das verfüllte Loch der Bohrung Mülsengrund VIII angetroffen. Das Flöz hat hier eine Teufenlage von ca. -557 m NN. Somit ist in der Bohrung Mü VIII der Flözbereich bei ca. 915 m Teufe mit dem Elligen Flöz gleichzusetzen.

Unter Berücksichtigung der Lithologie können die Profile der Bohrungen Mü VI, VII und VIII mit dem Profil des Schachtes Martin Hoop IX über das gemeinsam auftretende Basiskonglomerat der Oberhohndorf-Subformation korreliert werden. Die Abgrenzung der Marienthal-Pöhlau-Subformation gegen die Schedewitz-Subformation ergibt sich unter Berücksichtigung des Gesamtprofils.

Hierzu kann das Auftreten des Amandus-Sandsteins in Form eines Konglomerates ca. 70 bis 80 m unter dem Rußkohlenflöz herangezogen werden.

Tab. 1: Teufe der Basiskonglomerate der Subformationen des Zwickauer Oberkarbons im Mülsenfeld

Bohrung	Erosionsgrenze P1/C2	Basiskonglomerat Oberhohndorf-Subformation	Basiskonglomerat Marienthal-Pöhlau-Subformation
Mülsengrund VI	901,9	934,1-937,4	1090,3-1093,1
Mülsengrund VII	750,0	791,9-796,1	913,5-917,8
Mülsengrund VIII	903,5	926,9-930,2	1073,0-1075,0
Martin Hoop IX	771,5	800,5-803,5	--

Im Mülsenfeld befindet sich das Zentrum der Kohlenführung im Umfeld der Bohrungen Mü I, II, IV, VI, VII, VIII, X, XII und dem Schacht Martin Hoop IX. Die Kohlenverbreitung umfasst den Abschnitt vom Rußkohlenflöz bis zum Elligen Flöz, wobei das Ellige Flöz am weitesten nach Osten reicht. Tiefere Flöze, wie das Tiefe Planitzer Flöz, welches ca. 500 m nordwestlich vom Schacht Martin Hoop IX endet, sind nicht entwickelt. Das Oberkarbon des Mülsenfeldes weist Mächtigkeiten zwischen 150 und 340 m auf, wobei das Maximum in der Bohrung Mü VII auftritt. Aus dieser Bohrung können die Konglomerate zwischen 990,0 und 1.002 m mit dem Zwickau-Konglomerat und die Konglomerate von 1.040 bis 1.054 m mit dem Schedewitz-Konglomerat parallelisiert werden. Bohrungen südlich und östlich der Kohlenhauptverbreitung, wie Mü XI, XII, XV, XVI und XVII, sind überwiegend flözfrei und durch eine verstärkte Vormacht von limnisch-fluviatilen Ablagerungen (medial alluvial-fan) gekennzeichnet.

Ganz im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Profilen des Oberkarbons stehen die der Bohrungen auf der Ostseite des Pfannenteich-Grabens. Hierzu zählen die Mü XIX und XX, die Bohrung Sauteich sowie die Bohrungen Heinrichsort 1/50 und 2/53. In diesen Bohrungen wurde die Westfortsetzung der Oelsnitz-Formation mit nicht bauwürdigen Flözen und Flözvertretern angetroffen. Für das Profil der Bohrung Sauteich kann aufgrund des eindeutigen Nachweises des Bogheadflözes zwischen 1.207,0 und 1.207,5 m eine stratigraphische Abgrenzung der Subformationen der Oelsnitz-Formation vom Liegenden zum Hangenden vorgenommen werden (Tab. 2).

Tab. 2: Gliederung der Oelsnitz-Formation mit Angabe der Teufe in m NN

Bohrung	Erosionsgrenze P1/C2	Basis Neuflöz-Subformation	Basis Hoffnungflöz-Subformation	Basis Hauptflöz-Subformation	Basis Lugau-Subformation / Grundgebirge
Sauteich	965,8	erodiert	1007,8	1162,8	1225,9
Heinrichsort 1/50	1047,7	erodiert	1063,5	1216,0	1246,8
Heinrichsort 2/53	1048,8	erodiert	1084,2	1171,8	1191,8

Die Bogheadkohle, eine Algenkohle, besteht im Wesentlichen aus Pila-Algen. Diese haben eine ovale bis kugelförmige Gestalt mit radialstrahligem Gefüge.

In den Profilen der Bohrungen Heinrichsort 1/50 und 2/53 wurde nach dem Vorkommen des Glückauf-Flözes bei 1.078 m (1/50) bzw. bei 1.086 m (2/53) erosionsbedingt keine Neuflöz-Subformation und nur teilweise die Hoffnungflöz-Subformation angetroffen. Das Grundflöz bzw. Äquivalente davon liegen bei 1.217 m (1/50) und 1.171 m (2/53), wobei dessen Ausbildung abhängig ist von der Lage der Bohrung zum Rand des NW-SO-streichenden Vaterland-Phyllitrückens. Dieser Rücken bildet eine Schwelle zwischen den beiden Becken

Während auf der Westseite sich infolge von Senkungen ein bedeutendes Flusssystem ausbildete, befand sich auf der Ostseite ein größerer Bereich mit Vermoorung. Im Bereich des tektonisch angelegten Pfannenteich-Grabens befand sich zur Zeit des Oberkarbons eine Schwelle, die das Zwickau-Becken im Verlauf seiner Osterweiterung vom früher angelegten Oelsnitz-Becken trennte.

Nach derzeitigem Kenntnisstand (BERGER in ALEXOWSKY 2007) sprechen alle Daten für eine Parallelisierung von **Rußkohlenflöz des Zwickau-Beckens** mit dem **Glückauf-Flöz des Oelsnitz-Beckens** sowie von **Segen-Gottes-Flöz mit dem Grundflöz**. Dies bedeutet für die Oelsnitz-Formation, dass zumindest für den Profilabschnitt unter dem Grundflöz, die Lugau-Subformation, ein Alter von Westfal C wahrscheinlich ist (vgl. DÖRING, HOTH, LOBST dieses Heft).

Rotliegend

Das Rotliegend der Vorerzgebirgs-Senke wurde in der Vergangenheit von mehreren Autoren intensiv behandelt. Die hier gegebene Zusammenfassung basiert im Wesentlichen auf den Arbeiten von FISCHER (1991), JUNGHANNS (2002) und JASCHKE (2005) und wird hier um die speziellen Ergebnisse aus der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003 ergänzt (Normalprofil Abb. 32). In der Tiefbohrung wurde die Grenze Oberkarbon/Rotliegend bei 539,4 m erbohrt. Diese wird deutlich durch den Umschwung von einer Grausedimentation in eine Rotsedimentation (Abb. 25).

Die Härtendorf-Formation bildet den untersten Teil des Rotliegend. Die Formation kann in zwei Sedimentationszyklen unterteilt werden, wobei die Untere Härtendorf-Formation (bis >200 m mächtig) hauptsächlich aus Konglomerat („Graues Konglomerat“) mit Schluff-/Tonsteinabfolgen und einer im Topbereich lokal schwach palustrischen Entwicklung („Wildes Kohlengebirge“) sowie geringmächtigen lakustrinen Karbonaten besteht. In der Oberen Härtendorf-Formation (20-40 m, bis >100 m mächtig) belegen pyroklastische Horizonte, wie der Taupadel-Tuff an der Basis, eine schwache vulkanische Aktivität.

Nach den Ergebnissen der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003 reicht die Härtendorf-Formation von 402 m bis 539,4 m, wobei Kernmaterial von 402 bis 431 m und 536 bis 539,4 m vorliegt. Der Zwischenabschnitt wurde nicht gekernt. Das in der Bohrung angetroffene Profil umfasst nach der lithologischen Ausbildung nur die Untere Härtendorf-Formation.

Vergleichbare Tiefbohrungen der WISMUT liegen zwischen den Orten Ursprung und Kirchberg und erbohrten die Härtendorf-Formation mit ca. 170 bis 200 m (Wis 2001/73; Wis 2002/73). Die Profile lassen auf Grund einer mehr beckenzentralen Lage eine Zweiteilung in Untere und Obere Härtendorf-Formation zu. Auch zwei weitere Bohrungen im Steegen-Wald, östlich Lugau haben die Formation mit ca. 180 m durchbohrt (Wis 2019/73; Wis 2020/73).



Abb. 25: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Grenze Rotliegend/ Oberkarbon bei 539,4 m
Härtdendorf-Formation

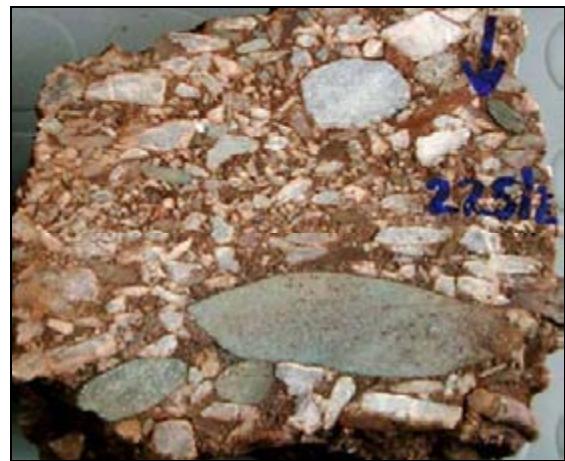


Abb. 26: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Grobklastika der Härtdendorf-Formation, Probe
225/2, Teufe 428,9-429,0 m (Foto JASCHKE 2005)

Untere Härtdendorf-Formation

Die Rotliegend-Molassesedimentation setzte in einem sich bildenden NE-SW orientierten grabenartigen Becken nach längerer Stefan zeitlicher Sedimentationsunterbrechung ein. Die Basis stellt eine aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen kommende Fächerschüttung bzw. Grobklastika (Abb. 26) eines mäandrierenden Flusssystems dar, welche sich in Richtung Beckenzentrum mit Feinklastika (Ton-/Schluffsteinfolgen) verzahnt (FISCHER 1991).

Die im höheren Teil auftretenden geringmächtigen Brandschieferlagen bis Steinkohlenflözchen (das sog. „Wilde Kohlengebirge“) werden als Bildungen in den Totarmen der mäandrierenden Flusssysteme angesehen.

Darauf folgen Schluff- bis Tonsteinhorizonte, in denen nur selten gröberklastische Sedimente eingeschaltet sind. Der ca. 32 m lange gekernte Bereich der Härtdendorf-Formation der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 belegt für den oberen Teil fluviatile Ablagerungen aus grauen gut geschichteten Sandsteinen („barren facies“) und meist gut eingeregelten, sortierten und komponenten-gestützten Konglomeraten („channel lag facies“) (Abb. 27).



Abb. 27:
Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Basiskonglomerat der Graufolge bei 417,2 m

Insbesondere in den Sandsteinen sind immer wieder kohlige Feinklastika bzw. geringmächtige kohle- bzw. brandschieferähnliche Sedimente zwischengeschaltet („Wildes Kohlengebirge“).

Bei 411,7 m wurde ein verkieseltes Koniferenholz durchbohrt (Abb. 28).

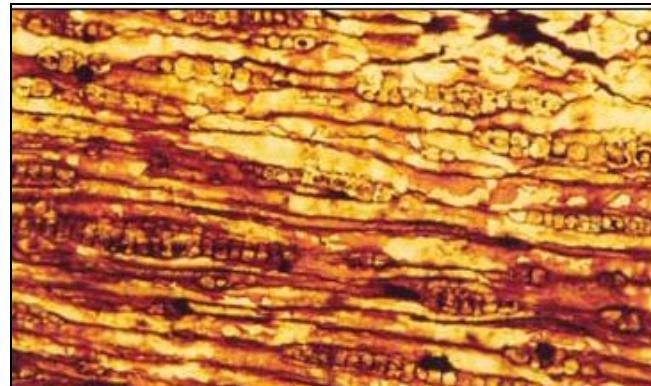


Abb. 28:
Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Obere Graufolge der Härtendorf-Formation mit Kieselholz bei 411,7 m

Bei etwa 406 m treten mm bis cm-mächtige Tufflagen auf (lapilli-bimsreiche Asche bis Kristalltuffe), die z. T. in die kohlig Feinklastika eingearbeitet sind. Im unteren Teil dominieren alluviale Sedimente, die von „debris flow“-Ablagerungen und deren feineren Äquivalenten gebildet werden.

Im Lugau/Oelsnitzer Revier ist das „Wilde Kohlengebirge“ in fast allen zentralen Schächten in unterschiedlicher Mächtigkeit angetroffen worden. Teilweise kann in diesem aus den Schachtprofilen eine untere Graufolge und eine obere Graufolge abgegrenzt werden (SIEGERT 1881).

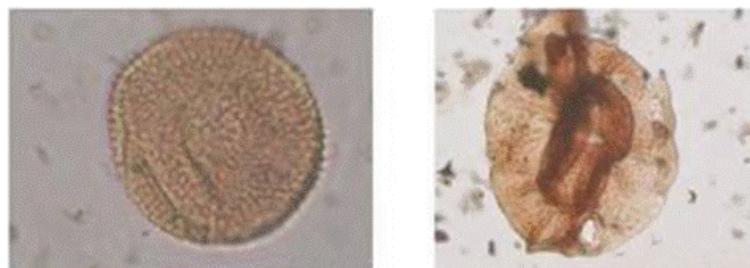


Abb. 29:
Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Sporen der Oberen Graufolge im Bereich 408,0-409,0 m der Härtendorf-Formation

Spinosporites spinosus Alpern
 Probe Wa 59/30; 408,90 m

Guthoerlisporites magnificus Bhardway
 Probe Wa 59/22; 408,18 m

In den Bohrungen Wis 2002/73 (bei der Ortslage Ursprung) und Oelsnitz 1A/2003 wurde die obere Graufolge am Top der Unteren Härtendorf-Formation erbohrt. Das Basiskonglomerat dieser Graufolge ist nicht identisch mit dem „Grauen Konglomerat“, welches in verschiedenen Schächten an der eigentlichen Basis des Rotliegend vorkommt, aber in der Bohrung nicht angetroffen wurde.

Aus der Mächtigkeitsanalyse der Härtendorf-Formation ist als Sedimentationsraum eine über der Mittelsächsischen Störungszone angelegte NE-SW-streichende Grabenstruktur, der Gersdorfer Graben, ableitbar.

Dieser Graben befindet sich auf der Linie König-Johann-Schacht (P1Ht = 238 m max. Mächtigkeit), Ferdinand-Schacht (P1Ht = 236 m max. Mächtigkeit), Kaisergrube-Schacht II (P1Ht = 224 m max. Mächtigkeit), Merkur-Schacht (P1Ht = 200 m max. Mächtigkeit) bis zum Rudolf-Breitscheid-Schacht I. In direkter Fortsetzung nach SW verflacht die Grabenstruktur und die Mächtigkeiten gehen im Mülsenfeld im Kreuzungsbereich mit dem Pfannenteich-Graben auf unter 170 m bzw. in der Bohrung Neuschönburg auf 170 m und in der Bohrung Heinrichsort 2/53 auf 150 m zurück.

Die Grabenstruktur erfährt vom Rudolph-Breitscheid-Schacht I eine nach SE reichende Ausbuchtung über den Deutschland-Schacht I, dem Frisch-Glück-Schacht und dem Albert-Funk-Schacht I, wo nochmals Mächtigkeiten von etwas über 200 m auftreten. Dieses Nebenmaximum befindet in der Senke zwischen dem Vereinsglück- und Vaterlands-Grundgebirgsrücken.

Am Ende des Sedimentationszyklus der Unteren Härtendorf-Formation lagerten sich geringmächtige graue lakustrische Karbonate in lokal begrenzten Arealen, wie z. B. im Umfeld des Frisch-Glück-Schachtes, in der Bohrung Wis 2026/73 und in der Bohrung Neuschönburg (Blatt Zwickau Ost) ab. Das und die typischen vertikalen Scyenia-Grabgänge charakterisieren diesen Ablagerungsraum als „fan and flood basin system“.

Ein Wechsel von Phasen mit flacher Wasserbedeckung und Austrocknung wird dabei durch fein laminierte Sedimente, Strömungsmarken (Wasserbedeckung) sowie durch Haftmarken, Mergelkonkretionen und Trockenrisse belegt.

Obere Härtendorf-Formation

Eine Abgrenzung dieser Teilformation ist nur in den Fällen möglich, wo eine vollständige Ausbildung der Unteren Formation vorhanden ist. In der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 wurde diese erosions- und störungsbedingt nicht angetroffen (Abb. 22). Die Basis der Oberen Härtendorf-Formation ist nach FISCHER (1991) eine vorwiegend aus Sandsteinen bis Konglomeraten aufgebauten Sequenz, über der eine Wechselfolge von tuffogenen Tonsteinen, Schluffsteinen und Einschaltungen von Fanglomeraten folgt. Im oberen Teil dieser Wechselfolge schließen sich lapilli-führende Aschentuffe (Taupadel-Tuff) als pyroklastische „air fall“-Horizonte an, die im Gegensatz zur vulkanifreien Unteren Härtendorf-Formation erste schwache vulkanische Aktivitäten belegen.

Die Planitz-Formation wird in der Vorerzgebirgs-Senke durch den fast überall an der Basis auftretenden Grüna-Tuff eindeutig gegen die liegende Härtendorf-Formation abgegrenzt. Im oberen Teil hingegen sind Rochlitz-Ignimbrite charakteristisch, die wiederum z. T. erosiv von Grobklastika der Leukersdorf-Formation überlagert werden.

Planitz-Formation

Nach FISCHER (1991) wird die Formation auf Grund eines Wechsels im Eruptionsstil von Lavaeruptionen zu ignimbritischen Eruptionen in eine Untere und Obere Planitz-Formation gegliedert. Die unterschiedlich weite Verbreitung, die Mächtigkeit und die Zusammensetzung an basischen bis intermediären Vulkaniten führen zu größeren Schwankungen der Mächtigkeit der Formation.

Im zentralen Teil des Lugau/Oelsnitzer Reviers beginnt die im Allgemeinen um 50 m mächtige Formation mit dem Grüna-Tuff, einem graugrünen Aschen- bis lapilli-führenden Aschentuff. Im südlichen Teil, zwischen Karl-Liebknecht-Schacht und Frisch-Glück-Schacht, der Autobahnanschlussstelle Hartenstein der A 72 bis hin zur Bohrung Neuschönburg und der Bohrung Sau-teich auf Blatt Zwickau Ost hingegen, befindet sich an der Basis ein ca. 3 bis 15 m mächtiger Melaphyr/Melaphyrmandelstein bzw. ein unmittelbar darunter liegender Tuff, der nicht mit dem Grüna-Tuff zu parallelisieren ist.

Die direkte Auflagerung des Melaphyrs auf dem Grundgebirge konnte 2006 an der neuen Autobahnanschlussstelle Hartenstein beobachtet werden. Auch im Raum Oelsnitz bildet im Gegensatz zu FISCHER (1991) der lakustrine Niederplanitz-Horizont („Will des Kohlengelände“ im sog. Unteren Tuffrotliegend) über dem Grüna-Tuff den Höhepunkt einer „alluvial-plain“-Entwicklung mit partiell tuffogenen grauen bis schwarzgrauen Schluff-/Tonsteinablagerungen und Kohlelagen, welche durch feine Lamination gekennzeichnet ist.

Generell wurde dieser Horizont nur außerhalb des Verbreitungsgebietes des Melaphyrs, z. B. im Albert-Jacob-Schacht I, im Concordia-Schacht I und im Saxonia-Schacht (SIEGERT 1881), aber auch in den Bohrungen Wis 2027/73 (SW Bahnhof Hohenstein-Ernstthal) und Wis 2002/73 (NE Kirchberg) angetroffen.

In weiteren zentralen Schächten, wie Pluto- und Merkur-Schacht, sind äquivalente Sedimentpakete in gleicher Position. Im Hangenden des Melaphyrs bzw. über der Tuffsequenz folgen bis zu 15 m Sedimente als Abschluss der Unteren Planitz-Formation.

Die Obere Planitz-Formation wird im Revier Lugau/Oelsnitz zum einen aus einer Sequenz von Tuffen mit einer bis 7 m mächtigen Pechstein Einschaltung bzw. nur aus Rochlitz-Ignimbriten aufgebaut. Profile mit Pechstein wurden in den Rudolf-Breitscheid-Schächten, im Helene-, Pluto-, Merkur-, in den Albert-Jacob-, den Kaisergruben- und Concordia-Schacht, aber auch in beiden Deutschland-Schächten, im Saxonia-, im König-Johann- und im Dufour-Schacht aufgeschlossen. Das Verbreitungsgebiet des Pechsteins liegt somit auf und nordwestlich der Mittelsächsischen Störungszone.

In der Bohrung Oelsnitz 1A/03 wurde die Planitz-Formation störungsbedingt nur stark verkürzt von 385,5 m bis 402 m erbohrt. Hierzu entfallen die unteren ca. 8 m auf eine Wechsellagerung von rotbraunvioletten Feinklastika (Schluff- bis Mittelsandstein) und Grobklastika (Grobsandsteine bis Konglomerate).

Darüber folgen mit etwa 8 m Mächtigkeit lapilli- bis kristallführende Asche- und Staubtuffe der Rochlitz-Ignimbrite (Abb. 30). Im Topbereich bildet ein ca. 20 cm mächtiger hellgrüngrauer Bleichungshorizont (Abb. 30) die Auflage des darüber folgenden Basiskonglomerates der Leukersdorf-Formation.



Abb. 30: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
**Grenze der Oberen Planitz-Formation mit Rochlitz-
 Ignimbrit, Bleichungen im Top und Basiskong-
 lomerat der Leukersdorf-Formation ab 385,5 m**



Abb. 31: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
**Basiskonglomerat des Großzyklus 2 der
 Unteren Leukersdorf-Formation bei 274,8 m**

Leukersdorf-Formation

Die Leukersdorf-Formation definiert sich heute aus der Zusammenfassung der Stufe der Arkosesandsteine und Schieferletten (= Obere Stufe des mittleren Rotliegend [Mittelrotliegend - rm2]) und der Stufe der vorherrschenden Schieferletten (Untere Stufe des Oberrotliegenden - ro1). Mit FISCHER (1991) wird die Leukersdorf-Formation in eine Untere und Obere Leukersdorf-Formation gegliedert. In der Vorerzgebirgs-Senke werden Gesamtmächtigkeiten von maximal 700 m erreicht. Innerhalb der Unteren Leukersdorf-Formation können der untere und der obere Großzyklus (GZ 1, GZ 2) ausgehalten werden.

Der GZ 1 beginnt im Top der Planitz-Formation mit rötlichbraunen Fein- bis Grobsandsteinen und dunkelrotbraunen Konglomeraten - einem unterschiedlich mächtigen Basiskonglomerat (Abb. 28). Hierauf schließt sich eine Wechselfolge von unterschiedlich mächtigen rotbraunen bis dunkelbraunen, z. T. violetten Schluff- bis Sandsteinen von wechselnder Körnung mit einzelnen dm mächtigen Pyroklastiten (Aschentuffe bis -tuffite) an. Den Abschluss des unteren Zyklus bildet der Rottluff-Horizont, eine fluviatil-palustrische Ablagerung von grauen bis schwarzgrauen Schluff- bis Tonsteinen mit Kohlenlagen („Wildes Kohlengebirge“). Er ist bis zu 25 m mächtig und setzt regional unterschiedlich ca. 20 bis 60 m oberhalb des Tops der Planitz-Formation ein. Nach Schacht- und Bohrungsprofilen kommt der Rottluff-Horizont nur am nördlichen Beckenrand außerhalb des eigentlichen Bergbaureviers vom Teutonia- über den Ferdinand-, den König-Johann- und Dufour-Schacht bis zum Richard-Hartmann-Schacht auf Blatt Chemnitz sowie in den Bohrungen Wis 2027, 2006, 2004 und 2034/73 vor.

Der GZ 2 der Unteren Leukersdorf-Formation beginnt ebenfalls mit einer rotbraunen Grobsandstein-Konglomerat-Sequenz (Abb. 29) über einer feinklastischen Sequenz des GZ 1.

Bis zum Top der Unteren Leukersdorf-Formation mit dem Reinsdorf-Horizont besteht der GZ 2 aus einer Wechselfolge von Schluff-/Tonsteinen mit Sandsteinen und Konglomeraten. Den Abschluss des GZ 2 auf Blatt Stollberg und auf dem nördlich angrenzenden Blatt Hohenstein-Ernstthal bildet der lokal am nördlichen Beckenrand vorkommende Reinsdorf-Horizont aus mikritischen, grauen Kalksteinen (Algenmikrit). Seine Ablagerung und Fazies deutet auf eine „Salz-Playa“ mit durchfeuchteter Oberfläche hin, wobei die westlichen Teile mit höheren Dolomitgehalten eine verstärkte Salinität gegenüber Bildungen im Chemnitz-Becken aufweisen. Seine Verbreitung am nördlichen Beckenrand ist damit etwa äquivalent zum Rottluff-Horizont.

In der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 wurden innerhalb der 385,5 m-mächtigen Leukersdorf-Formation weder der Rottluff-Horizont noch der Reinsdorf-Horizont angetroffen, was auf Grund der faziellen Verbreitung beider auch nicht zu erwarten war. Auf Grund dieser Tatsache kann es sich bei dem durchbohrten Profil nur um die Untere Leukersdorf-Formation handeln. Charakteristisch für die Leukersdorf-Formation sind weiterhin Pyroklastithorizonte, von denen in der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 10 Horizonte mit dm-Mächtigkeit angetroffen wurden. Es sind im Allgemeinen kristall- bis lapilliführende Asche- und Staubbuffe, wobei einige Anzeichen von Bioturbation und pedogener Überprägung zeigen.

Nach den Untersuchungen von JASCHKE 2005 setzt sich das Profil der Unteren Leukersdorf-Subformation der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 aus alluvialen und fluviatilen Ablagerungen zusammen, wobei Flussablagerungen und besonders deren Auen („floodplain“) überwiegen. Fächerablagerungen treten nur sporadisch auf. Rotbraune, massive bis fein laminar geschichtete Ton- bis Feinsandsteine bilden die „floodplain“-Ablagerungen. Gelegentlich sind in diese gröbere, z. T. karbonatisch zementierte Sand-

steinlagen und -linsen eingeschaltet, die als „crevasse splaydeposits“ („Damm-Durchbruch-Ablagerungen“) gedeutet werden können. In einigen Bereichen treten häufiger Karbonat- bzw. Dolomitkonkretionen auf, die neben Wurzelrelikten, pedogenen Harnischen und Bioturbation Indikatoren für eine beginnende Bodenbildung sind. Fluviale Ablagerungen spiegeln sich durch sortierte, überwiegend komponentengestützte und gut eingeregelte (z. T. mit Imbriaktion) Grobklastika („channel lag facies“) und gut geschichteten Sandsteinen („barren facies“) wieder. Fächerablagerungen werden dominiert durch schlecht sortierte, matrix- bis komponentengestützte Konglomerate („debris flow“-Ablagerungen) bzw. Fanglomerate, seltener treten „fining up“-Zyklen auf. In der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 sind nicht nur proximale Ablagerungen vorhanden, sondern auch jene, die den medialen bis distalen Bereich vertreten und dementsprechend auch feinere Sedimente (Grobsandsteine bis Schluffsteine) umfassen.

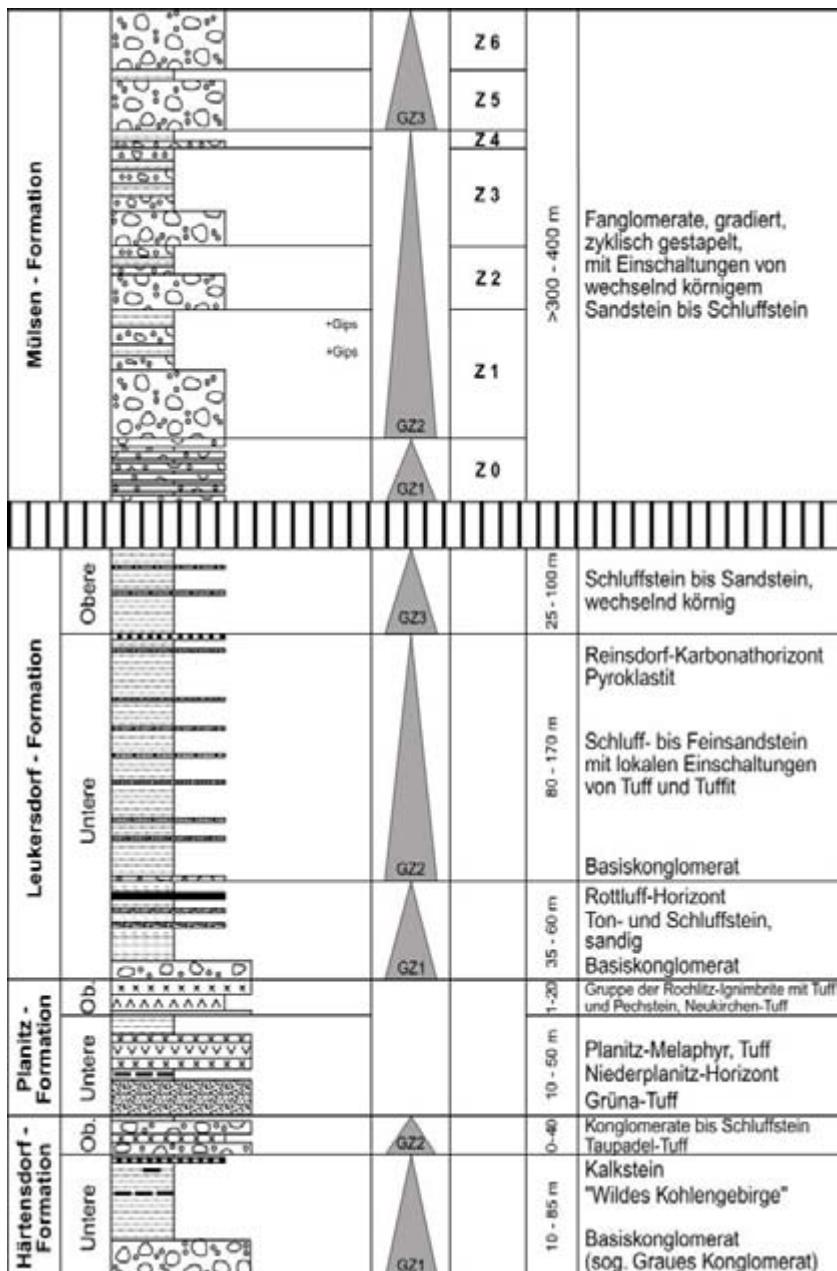


Abb. 32:
Normalprofil des Rotliegend im Westteil der
Vorerzgebirgs-Senke (nach FISCHER 1991,
SCHNEIDER 2002, JUNGHANNS 2002 und
SCHNEIDER & HESSE 2003, SCHNEIDER & BER-
GER 2007)

Bei der Geröllanalyse zeichnen sich Tendenzen im Geröllspektrum zwischen den fluviatilen und alluvialen Ablagerungen ab. Im fluviatilen Bereich treten fast ausschließlich Metamorphe (Phyllite, Metasedimente, Quarze, gelegentlich Kieselschiefer, Gneise und in einigen Bereichen auch granatführende Glimmerschiefer) und sporadisch Melaphyre auf. In den alluvialen Ablagerungen hingegen treten neben den „üblichen“ Metamorphen (des fluviatilen Spektrums) u. a. auch Fruchtschiefer und relativ häufig verschiedene Vulkanite, wie Rhyolithe, Porphyrite und Melaphyr auf.

Ein Granulitgeröll aus einem grobklastischen Horizont der Leukersdorf-Formation bei 259 m bleibt eine Einzelbeobachtung.

Granatführender Glimmerschiefer wurde in den Sedimenten des Oberkarbons nicht beobachtet, jedoch in der Härtendorf-Formation, hier zusammen mit Granat-Einzelkristallen und ab einer Teufe von 170 m auch in der Leukersdorf-Formation.

Ein markanter Typ eines Fruchtschiefers (Abb. 33) wurde ausschließlich in der Leukersdorf-Formation ab einer Teufe von 192 m beobachtet. Die meist länglichen und gut kantengerundeten Klasten treten fast ausschließlich in einer Geröllassoziation mit Porphyrit und Melaphyr auf (Abb. 34).

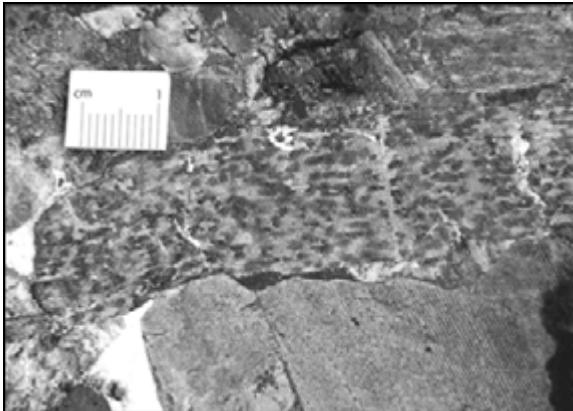


Abb. 33: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Fruchtschiefergeröll, Teufe 117,51-117,33 m,
(Probe 59/2, Foto JASCHKE 2005)

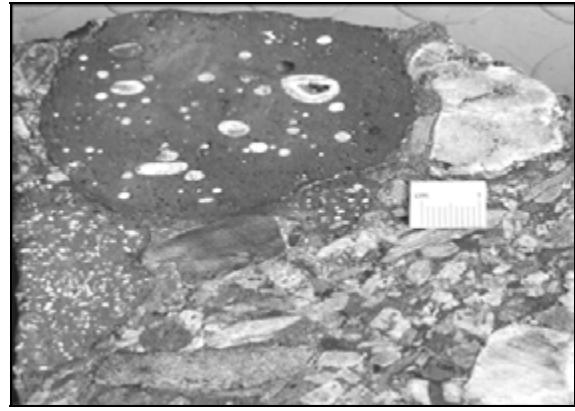


Abb. 34: Bohrung Oelsnitz 1A/2003
Melaphyrmandelsteingeröll, Teufe 141,59-
141,90 m (Probe 71/1, Foto JASCHKE 2005)

Ein violetter Melaphyr wurde als Komponente ausschließlich in den alluvial abgelagerten Grobklastika, in geringem Umfang auch in fluviatilen Sedimenten der Leukersdorf-Formation ab einer Teufe von 274 m dokumentiert.

Über die Verbreitung und Mächtigkeit der Oberen Leukersdorf-Formation können nur bedingt Aussagen getroffen werden, da deren Abgrenzung abhängig ist vom Auftreten des Reinsdorf-Horizontes. Hinweise zur Oberen Leukersdorf-Formation liefern außerdem Beschreibungen zur Stufe der vorherrschenden Schieferletten (Untere Stufe des Oberrotliegenden - ro1). Genauere Angaben sind im Gebiet nordöstlich der Niederwürschnitzer Schwelle möglich. Hier beträgt die Mächtigkeit der Oberen Leukersdorf-Formation in der Bohrung Wis 2002/73 138 m und im Ferdinand-Schacht ca. 180 m.

Mülsen-Formation

Im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz ist die Mülsen-Formation als jüngste Molassebildung westlich einer Linie von Hohndorf über die Deutschland-Schächte I und II bis zu den Albert-Funk-Schächten I und II verbreitet. Die ehemals als Stufe des kleinstückigen Konglomerats auf den Karten ausgehaltenen Fanglomeratschüttungen erreichen Mächtigkeiten bis ca. 200 m. Oberflächennah sind sie meist tiefgründig delithifiziert und besitzen in der Zersatzone Lockergesteinscharakter. Während im isolierten Verbreitungsgebiet um den Ferdinand-Schacht lediglich 18 m durchteuft wurden, beträgt die Mächtigkeit im Frisch-Glück-Schacht ca. 105 m, im Rudolf-Breitscheid-Schacht II 175 m und im Rudolf-Breitscheid-Schacht I 200 m.

Das Hauptverbreitungsgebiet der Mülsen-Formation liegt auf den westlich gelegenen Blättern Zwickau und Zwickau-Ost, wo insbesondere durch die Bohrungen im Umfeld der IAA Helmsdorf/Crossen eine genauere lithofazielle Gliederung und Charakteristik der Formation möglich wurde. Unter Berücksichtigung der in diesem Raum geteuften Bohrungen muss die Gesamtmächtigkeit der Formation über 400 m betragen haben. Die Isopachenkarte deutet ein Beckenzentrum mit überwiegend NW-SE orientierter Subsidenz auf Blatt Zwickau an (WÜNSCH 1999).

Eine nicht näher einzustufende post-permische Erosion führt zur Verwitterung und Abtragung der Rotliegend-Molasse.

Tertiär, Eozän

Tertiäre Sande und Kiese kommen nur im westlichen (Chemnitzberg bei Lichtenstein, um 370-401 m NN, und östlich von Neuschönburg, um 450-475 m NN bei Mächtigkeiten von oft nur wenig über 2 m) und im südlichen Teil des Bearbeitungsgebietes (bei Oberwürschnitz, um 425-438 m NN) auf Hochflächen vor. Das Sand- und Kieslager mit untergeordneten Tonen bei Oberwürschnitz „zeigt eine ziemlich regelmäßige Schichtung, welche teils durch die verschiedene Größe der Gerölle, teils durch eine Abwechslung von weißen, gelben und bräunlichen Farben markiert wird, besitzt eine Mächtigkeit von 6 bis 8 m und ruht zum Teil auf einem weißen, sandigen Ton auf. Die Gerölle bestehen aus Quarz, erreichen meist nur die Größe einer Walnuss und

sind stellenweise oberflächlich durch Eisenhydroxid gelblich gefärbt oder auch durch Eisen- und Manganhydroxid verkittet“ (SIEGERT 1881). Zumindest bei den erstgenannten Vorkommen handelt es sich offensichtlich um die Sedimente eines Nebenflusses zum so genannten Zwickauer Fluss, welcher aufgrund einer in Mosel gefundenen Flora heute dem Obereozän zugeordnet wird. Der als Lichtensteiner Fluss bezeichnete Nebenfluss mündete vermutlich bei Glauchau in den Zwickauer Fluss (Urmulde).

Quartär, Pleistozän und Holozän

Glazigene, d. h. durch die Tätigkeit von eiszeitlichen Gletschern abgelagerte Bildungen, sind nur am südlichen Talhang des Rödlitzbaches auskariert worden. Es handelt sich sowohl um Elster-eiszeitliche Grundmoränenbildungen (Geschiebelehm) als auch Schmelzwasserkies. Im übrigen Gebiet fehlen sie wahrscheinlich deshalb, weil das Inlandeis den weiter nördlich gelegenen, über 480 m hohen Bergrücken bei Hohnstein nicht überwinden konnte, während es westlich davon bis Zwickau vordrang.

Darüber hinaus fanden im Pleistozän unter kaltzeitlichen Bedingungen außerhalb der Gletschertätigkeit periglaziäre und fluviatile Prozesse statt. Die Täler wurden tiefer gelegt und Flussschotter abgelagert. Die heutige Schotterbasis der Flüsse und größeren Bäche ist ein Ergebnis dieser Tiefenerosion.

Teile einer Mitteltasse (vermutlich Saalekaltzeitlich) sind von SIEGERT (1881) aus dem Oelsnitzer Tal beschrieben: Sie sollen eine Mächtigkeit von über 8 m erreichen, die Terrassenoberfläche liegt 10 bis 20 m über der jetzigen Talsohle. „Ihre Gerölle entstammen vorwiegend dem Rotliegenden man findet vorwiegend Quarz und Kieselschiefer, ferner Gneis, Glimmerschiefer, Phyllit, Hornblendeschiefer, Porphyrtuff, Melaphyr, Porphyrr, sowie vereinzelte Knollensteine. Nicht selten ist die Farbe dieser Kies- und Sandablagerung eine rotbraune oder es sind rotbraune sandige und lettige Lagen eingeschaltet, so dass dadurch oft eine große Ähnlichkeit derselben mit den lockeren Konglomeratschichten des Rotliegenden hervorgerufen wird. Der Schotter wird häufig von Gehängelehm bedeckt“ (SIEGERT 1881).

Lokal können unter den heutigen Auen tiefere Teile der Flussschotter-Relikte der Weichsel-kaltzeitlichen Niederterrasse sein. Ebenso weisen vereinzelte Angaben von Kies unter Gehängelehm, z. B. westlich von Oberwürschnitz, auf eine verdeckte Niederterrasse (oder Mitteltasse) hin.

Gehängelehm ist ein Produkt solifluidaler (deluvialer) Umlagerung (hier überwiegend Weichsel-kaltzeitlich) von aufgewehter Lössdecke und von Verwitterungsbildungen des Untergrundes. Überwiegen gröbere Bestandteile, handelt es sich um Hangschutt. Mächtigkeiten, die 2 m überschreiten können, werden vor allem an den flachen Hängen (meist die W- und S-Seite) der Täler angetroffen.

Die holozänen Auensedimente der größeren Bäche (Würschnitz, Rödlitzbach, Oelsnitzer Hegebach, Neuschönburger Hegebach) gliedern sich meist in einen hangenden Auenlehm und einen liegenden Kies. Der Auenlehm „stellt einen teils sehr sandigen, teils aber auch tonigen oder torfigen Lehm dar, welcher gewöhnlich nur wenige Dezimeter, selten über 1 m mächtig ist und in der Regel auf einem mehr oder weniger grobstückigen Flusskies aufruht. Die Gerölle desselben sind von der nächsten Umgebung geliefert, oft ziemlich grob und gewöhnlich schlecht gerundet“ (SIEGERT 1881). Die Gesamtmächtigkeit der Auensedimente liegt häufig bei 2 bis 4 m, maximal wurden in einer Bohrung an der Herrenmühle in Oelsnitz 6,7 m beschrieben.

„In den kleinen Tälchen und zumal in den Bachanfängen“ ist diese Gliederung nicht zu beobachten. Es überwiegen geringmächtige, schluffig-sandige bis tonig-torfige Bildungen („Geneigter Wiesenlehm“ nach SIEGERT 1881). Die Mächtigkeiten schwanken häufig um 2 m, es bestehen Übergänge vom deluvialen Gehängelehm zu den fluviatilen Bachsedimenten. Die Bildungszeit dieser Sedimente begann in der Weichsel-Kaltzeit und hält bis ins Holozän an.

Die Quartärmächtigkeiten liegen nach Bohrungen häufig nur wenig über 2 m, oft zwischen 2 und 4 m, vereinzelt auch bis etwas über 6 m. Auch innerhalb der als Quartär ausgehaltenen Flächen wurden in Bohrungen wiederholt Mächtigkeiten von weniger als 2 m dokumentiert. Einzelne Angaben von 7 und mehr Metern Lehm sind hingegen fraglich.

Außerhalb der als Quartär kartierten Flächen sind auch in den Bohrungen meist deutlich unter 2 m mächtige Deckgebirgsbildungen angegeben. Jedoch können auch oberflächennahe Abschnitte der präquartären Bildungen zu „Lockergestein“ entfestigt bzw. verwittert sein. So sind z. B. Unterscheidungen zwischen verwittertem Schluffschiefer und Hangschutt/Gehängelehm oder zwischen Rotliegend-Konglomerat und Kies an Hand von Altbohrungen nicht eindeutig möglich.

Die insbesondere vor Beginn des Bergbaus beschriebenen Staunässeerscheinungen auf der Hochlage zwischen Niederwürschnitz und Lugau (ca. 400 m NN) sind bedingt durch eine lehmig-tonige Verwitterung im Ausstrichbereich von Oberkarbon und Härtendorf-Formation des Rotliegend. Es kann sich hier sowohl um rezente als auch um fossile (tertiäre bis pleistozäne) Verwitterungen handeln.

Regionalgeologisch-tektonische Entwicklung und wichtige tektonische Elemente

Das Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz befindet sich im mittleren Teil der intramontanen Vorerzgebirgs-Senke, welche sich postvariszisch durch Extension von variszischen Deckenstapeln zwischen Hainichen im NE und Zwickau im SW über der Mittelsächsischen Störungszone (Nordostbayrische-Mittelsächsische Störungszone) entwickelte.

Im Steinkohlerevier streicht diese Störungszone diagonal von NE nach SW von Erlbach (Bereich Ferdinand-Schacht) über Oelsnitz (Bereich NW-lich Deutschland-Schächte) und Neuschönburg in Richtung Härtendorf (Abb. 2). Sie begrenzt die im SE liegende Erzgebirgsnordrandzone gegen eine Schiefergebirgszone in Verlängerung der Vogtländischen Synklinale.

Im N, im Bereich Hohenstein-Ernstthal-Wüstenbrand-Rabenstein, grenzen hingegen Teile der Rabenstein-Roßweiner Synklinale (sog. Äußerer Schiefermantel des Granulitgebirges) gegen die Erzgebirgsnordrandzone.

Der Aufstieg des Granulitgebirges und damit verbunden die Heraushebung seiner Oberplatte ist an diese Störungszone gebunden, wobei die spätere Erosion der Einheiten der Oberplatte Einfluss auf das Geröllspektrum der Konglomerate im Oberkarbon bzw. im Rotliegend hatte.

Das Grundgebirge wird beiderseits der Mittelsächsischen Störungszone aus Äquivalenten der Frauenbach- und Phycoden-Gruppe aufgebaut.

Mit Beginn der postkollisionalen Extension im höheren Visé (Unterkarbon) entwickelten sich von NE nach SW fortlaufend über der Mittelsächsischen Störungszone und besonders an Stellen, wo sie sich mit N-S bis NNW-SSO Störungen kreuzt, intramontane Becken.

Die Beckenbildung begann mit dem von Hainichen, daran schloss sich das von Flöha (Westfal B/C), das von Oelsnitz (Westfal C/D) und das von Zwickau (Westfal D - Cantabrien) an (Abb. 35).

Zeitgleich veränderte das immer höher aufsteigende Granulitgebirge mit seiner Oberplatte (sog. Innerer und Äußerer Schiefermantel) die Entwässerung in eine dieses Gebirge umfließende SW-gerichtete Hauptabflussrichtung.

Im Raum Oelsnitz bildeten sich in einer erzgebirgisch gerichteten Grabenstruktur, dem Gersdorfer Graben, die untersten Kohlenflöze (U2-, Boghead-, U1-, Kneisel-Flöz), die unter dem Begriff der Lugau-Subformation zusammengefasst werden. Nachdem diese Grabenstrukturen mit Sedimenten erfüllt waren, führte die abnehmende Reliefenergie zu einer ersten flächenhaften Vermoorung. Beginnend mit dem Grundflöz, über Zwischen-, Haupt-, Vertrauen- und Glückauf-Flöz wurden diese zur Hauptflöz-Subformation zusammengefassten Bildungen in einem flachen Becken sedimentiert, dessen Achse parallel zur Mittelsächsischen Störungszone NE-SW verläuft. Ausdruck einer zunehmenden synsedimentären tektonischen Aktivität vor allem an den Schwellenrändern und über der Mittelsächsischen Störung sind erhöhte Mächtigkeiten an psammitischen Zwischenmitteln sowie eine stärkere Aufspaltung der Flöze.

Die Konglomerate der Oelsnitz-Formation sind frei von Granulitgeröllen (SIEGERT 1881). Das heißt, dass das Granulitgebirge zu dieser Zeit noch von seiner metamorphen Oberplatte überdeckt war.

Mit den Konglomeraten und Sandsteinen über dem Oberflöz begann eine fluviatile Sequenz, die sich deutlich in allen bekannten Schachtprofilen und in der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 feststellen lässt. Sie stellen die Basis der Neuflöz-Subformation (Abb. 14) dar. Die Subformation wird aus den Neuflözen 1 bis 4 und deren Zwischenmitteln aufgebaut und beendete die oberkarbone Sedimentation im Lugau/Oelsnitzer Revier.

Eine stefanische Erosion führte insbesondere am NW-lichen Muldenflügel zur Reduzierung der Flächenausdehnung der Neuflöz-Subformation und erodierte auch Teile der älteren Subformationen bis auf das Grundflöz hinab.

Postwestfal- bis frührotliegendzeitliche Bewegungen entlang mehrerer parallel verlaufender erzgebirgisch streichender Störungen führten zum Einbruch der rotliegendzeitlichen Vorerzgebirgs-Senke mit einer der Oberkarbon-Senke nordwestlich vorgelagerten Senkenachse. Es kam zur Ablagerung der Rotliegend-Molasse. Mit den Konglomeraten an der Basis der Härtendorf-Formation kam es erstmals vom Granulitgebirge zu eindeutigen Schüttungen aus NE mit bis zu kopfgroßen Granulitgeröllen (SIEGERT 1881) bis an den S-Rand der Senke. Das Senkenzentrum mit den höchsten Mächtigkeiten von Sedimenten der Härtendorf-Formation befindet sich im NE-SW streichenden Gersdorfer Graben. Weitere lokale Schüttungen sind sowohl aus SW als auch aus S vom Erzgebirge belegt.

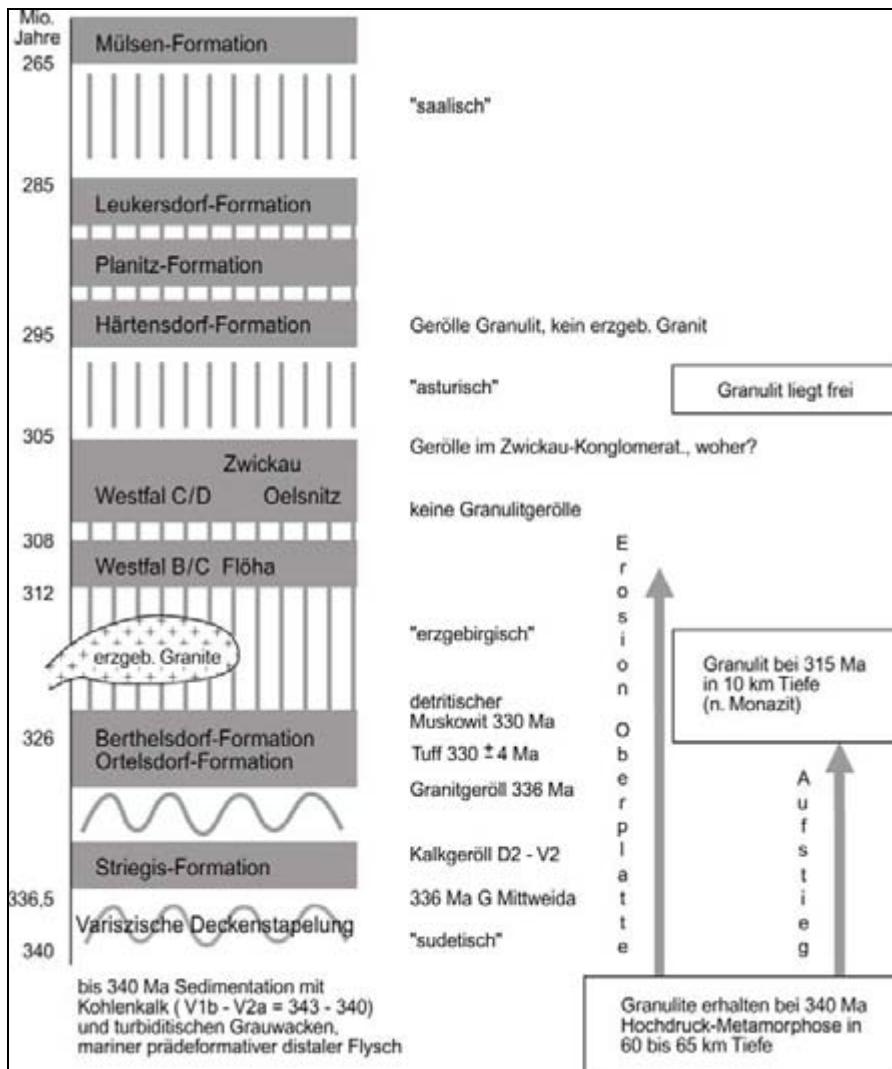


Abb. 35:
Zeitliche Entwicklung in der Vorerzgebirgs-Senke (BERGER in ALEXOWSKY 2007)

Die vorwiegend vulkanogene Planitz-Formation lagert kontinuierlich über der liegenden Härtendorf-Formation. An der Basis kann fast in der gesamten Vorerzgebirgs-Senke ein charakteristischer lapilliführender Aschentuff, der Grüna-Tuff (Unterer Tuff), abgegrenzt werden. Im Top der Planitz-Formation sind hingegen Gesteine der Gruppe der Rochlitz-Ignimbrite vorherrschend.

Die anschließende Leukersdorf-Formation mit ihren limnisch-fluviatilen Ablagerungen wird in eine Untere und Obere Leukersdorf-Formation gegliedert. Grenzhorizont zwischen der Unteren und Oberen Formation ist der Reinsdorf-Horizont, ein lakustrischer Karbonathorizont. Innerhalb der Unteren Formation werden von FISCHER (1991) auf Grund der Ausbildung des fluviatil-palustrinen Rottluff-Horizontes zwei Großzyklen (GZ 1, GZ 2) ausgehalten. Die Obere Formation stellt den dritten Großzyklus (GZ 3) dar. Prä-Mülsen-zeitliche und post-Rotliegend-zeitliche Erosion führte zu erheblichen Mächtigkeitsschwankungen bis hin zum völligen Fehlen der Oberen Subformation und Teilen des GZ 2 der Leukersdorf-Formation, wie das Profil der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003 zeigt. Die Mülsen-Formation lagert mit deutlicher Erosionsdiskordanz auf Gesteinen der Leukersdorf-Formation.

Nach der Ablagerung der Mülsen-Formation erfolgte eine intensive tektonische Zerblockung an herzen streichenden Verwerfungen. Die Anlage dieser Verwerfungen deutet auf eine Weitungstektonik im Zusammenhang mit der - als saxonische Tektonik bezeichneten - Intraplattentektonik der alpidischen Orogenese hin. Die Bewegungen am Rödlitzer Sprung gehören zu den bedeutendsten dieser saxonischen Tektonik.

Die Formationen des Oberkarbon und Rotliegenden unterlagen einer ausgeprägten Zerrungstektonik (Abb. 36). Teilweise schon präkarbonisch angelegte Störungen, die in Zusammenhang mit der Absenkungsbewegung des Beckens standen, beeinflussten durch deren Belebung im Untergrund immer wieder die Beckenkonfiguration. Durch Anhebung des südlich angrenzenden Gebietes führten intrakarbonisch angelegte Störungen zu Schollenkippung und bewirkten ein generelles Einfallen der Formationen nach N bis NE. Diese Störungen sind vorwiegend NE-SW gerichtet und besitzen nur einige Dekameter (3 bis 30 m) Sprunghö-

he. Eine vermutlich präotliegend angelegte und immer wieder bewegte Störung verläuft E-W aus dem Gebiet des Gottes-Segen-Schachtes bis westlich der Rudolf-Breitscheid-Schäfte. Ihre Bewegungen beeinflussen auch die in E-W-Richtung verlaufende Erosionsgrenze des Neuflözes 3.

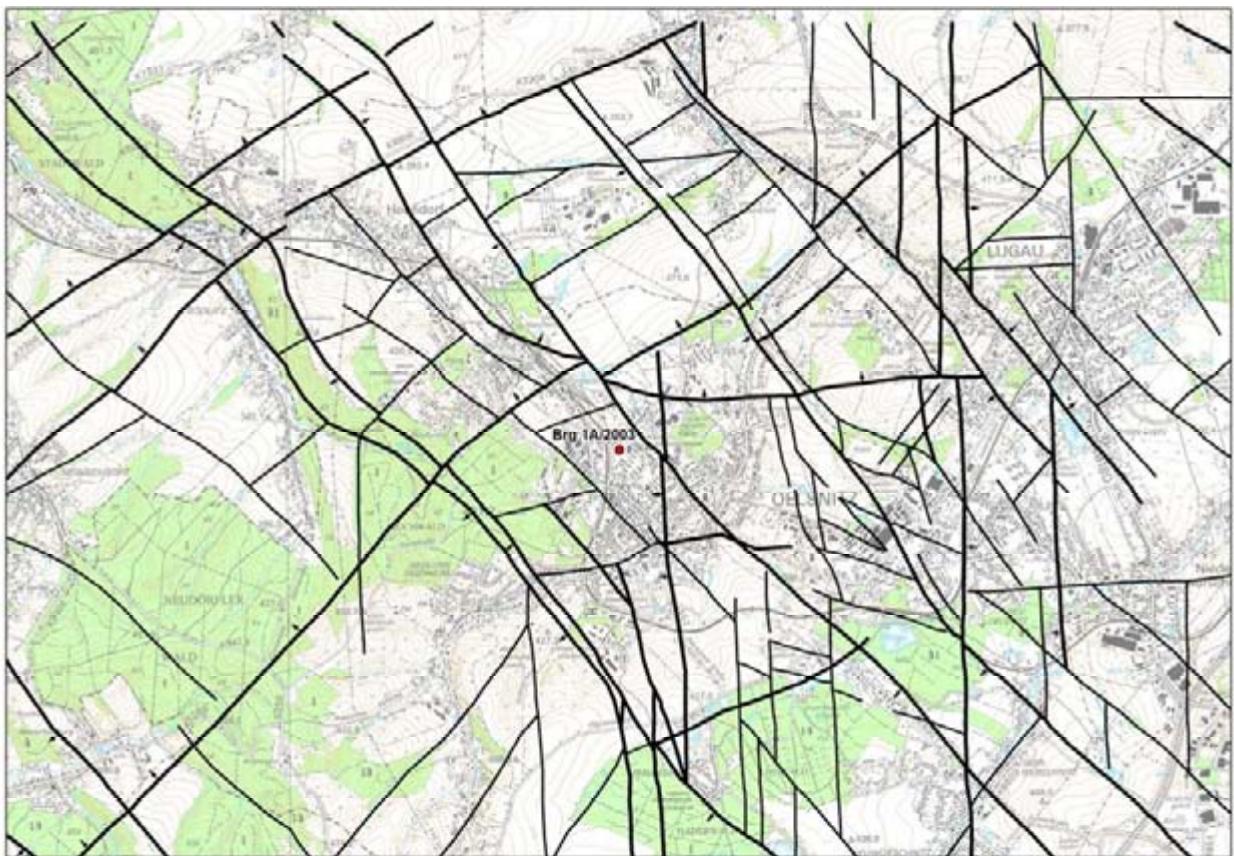


Abb. 36: Tektonische Übersichtskarte Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz mit Lage der Bohrung 1A/2003

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Dominierende Störungselemente sind die NW-SE verlaufenden Block begrenzenden Störungen, die überwiegend postunterrot-liegend angelegt und bis tertiärzeitlich immer wieder bewegt wurden. Diese großen Verwerfungen fallen mit 40° bis 60° ein und können in ihrem Verlauf auch den Einfallswinkel wechseln.

Für die Abbauführung und als Blockgrenzen sind von W nach E von besonderer Bedeutung:

- **Härtensdorfer Störung:** mit maximal 50 m Sprunghöhe und NW-Einfallen,
- **Rödlitzer Sprung:** mit maximal 350 m Sprunghöhe und SW-Einfallen,
- **Helene-Hedwig-Schacht-Verwerfung:** mit maximal 80 m Sprunghöhe und SW-Einfallen,
- **Pluto-Schacht-Verwerfung:** mit maximal 150 m Sprunghöhe und SW-Einfallen,
- **Lugauer Verwerfung :** mit maximal 65 m Sprunghöhe und SW-Einfallen und
- **Carl-Schacht-Verwerfung:** mit maximal 50 m Sprunghöhe und NE-Einfallen.

Diese Störungen wurden im 3D-Modell berücksichtigt (s. GÖRNE u. a. dieses Heft).

Literaturverzeichnis

- ALEXOWSKY, W. u. a. (2007): Oberkarbon - Zwickau-Formation/Oelsnitz-Formation. - Erläuterungen zu den Blättern 5240 Zwickau und 5241 Zwickau Ost der GK 25, 3. Auflage, 184 S., 75 Abb., 17 Tab., Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie Freiberg
- BERGER, H.-J. (2007): Oberkarbon: Zwickau-Formation/Oelsnitz-Formation . - 7 Abb., 2 Tab. - In: ALEXOWSKY, W. u. a. (2007): Geologische Karte des Freistaates Sachsen 1 : 25 000: Erläuterungen. - 5240/5241 Blätter 5240 Zwickau und 5241 Zwickau Ost - 3., neu bearb. Aufl. / 2., neu bearb. Aufl. S. 17-29. Landesamt für Umwelt und Geologie Freiberg.
- BLÜHER, H.-J. (1948): Flözausbildung und Zwischenmittelfazies im Lugau-Ölsnitzer Steinkohlerevier. - Unveröff. Bericht, Deut.

- Geologische Landesanstalt, Zweigstelle Freiberg, 21 S., 3 Kartenbeilagen und 4 Profilserien, Archiv LfULG Freiberg.
- BLÜHER, H.-J. (1949): Schnitte zur Erkundung Mülsenfeld. - Unveröff., Archiv LfULG Freiberg.
- BLÜHER, H.-J. (1950): Bericht über die Ergebnisse der geologischen Neuaufnahme des südwestlichen Teiles von Blatt Stollberg (Nr. 113). - Unveröff. Bericht, Archiv LfULG Freiberg.
- BLÜHER, H.-J. (1955): Flözausbildung und Zwischenmittelfazies im Lugau/Oelsnitzer Steinkohlerevier. - Z. angew. Geol. **1** (3/4): 102-115; Berlin.
- BLÜHER, H.-J. (1957): Stand der geologischen Untersuchungen im Zwischengebiet Zwickau-Oelsnitz. - Freib. Forsch.-H. **A 81**: 5-16; Berlin.
- DABER, R. (1955): Pflanzengeographische Besonderheiten der Karbonflora des Zwickau-Lugauer Steinkohlereviers. - Beih. Geol. **13**: 95 S.; Berlin.
- DABER, R. (1957): Parallelisierung der Flöze des Zwickauer und des Lugau/Oelsnitzer Steinkohlereviers auf Grund paläobotanischer Untersuchungen. - Beih. Geol. **19**: 76 S.; Berlin.
- FELIX, M., BERGER, H.-J.; SCHUBERT, H.; GÖRNE, S. u. a. (2007): Bergbaufolgen im ehemaligen Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz unter besonderer Berücksichtigung des Grubenwasseranstiegs. - Unveröff., Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie; Freiberg.
- FISCHER, F. (1991): Das Rotliegende des ostthüringisch-westsächsischen Raumes (Vorerzgebirgs-Senke, nordwestsächsischer Vulkanitkomplex, Geraer Becken). - Unveröff. Diss., 172 S., TU Bergakademie Freiberg.
- GAITZSCH, B. G.; RÖSSLER, R.; SCHNEIDER, J. W. & SCHRETZENMAYR, S. (1998): Neue Ergebnisse zur Verbreitung potentieller Muttergesteine im Karbon der variscischen Vorsenke in Nordostdeutschland. - Geol. Jb. **A 149**: 25-58; Hannover.
- GRUPPENMARKSCHEIDEREI OELSNITZ i. E.: Flözrisse, Blätter Oelsnitz I bis IV, Würschnitz I bis IV, Lugau I bis IV und Stollberg I bis IV, Maßstab 1 : 5.000.
- HARTLIEB, J. (1964): II. Petrographische Untersuchungen an Kohlen und Kohlenbegleitgesteinen als Hilfsmittel der Karbonstratigraphie: Kohlenpetrographie der Flöze des Lugau-Oelsnitzer und Zwickauer Reviers im Erzgebirgischen Becken. - Sonderdruck, Aus: Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen, S. 429-450, 9 Abb., 4 Taf., 5 Tab. - Lit., Krefeld 12.
- HERRMANN, S. (2006): Palynologie, Palökologie und Biostratigraphie des Oberkarbon und Perm im Erzgebirge Becken. - Unveröff. Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, 118 S., Freiberg.
- HÜBNER, F. & GEISLER, L. (2009): Abschlußbericht Geologische Landesaufnahme des Quartärs für GK 25 Blatt Stollberg(5242). - Unveröff. Bericht GEOMONTAN Freiberg im Auftrag LfULG Freiberg, 46 S., 13 Abb., 11 Tab., 9 Anl.
- JASCHKE, I. & SCHNEIDER, J. W. (2005): Petrographische und geochemische Untersuchungen an Gesteinen der Bohrung Oelsnitz 1A/2003, Teilbericht zum Forschungsthema: Angewandte Modellierung im Schwerpunktprojekt „Steinkohlereviere Zwickau und Lugau/Oelsnitz“ mittels Gocad. - Unveröff. Bericht, TU Bergakademie Freiberg im Auftrag LfUG, Archiv LfUG Freiberg.
- JUNGHANNS, C. (2002): Lithologie, Stratigraphie und Faziesmuster des Rotliegend von Zwickau - Grundlagen für die Neukartierung und angewandte Geologie. - Unveröff. Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg.
- JUNGHANNS, C. (2004 a): Detaildokumentation der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003. - Unveröff. Bericht, Geonorm GmbH Glauchau im Auftrag des LfUG, Archiv LfUG Freiberg.
- JUNGHANNS, C. (2004 b): Abschlußbericht zur Detaildokumentation der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003. - Unveröff. Bericht, Archiv LfUG Freiberg.
- KRÖNER, U. (1995): Postkollisionale Extension am Nordrand der Böhmischem Masse - Die Exhumierung des Sächsischen Granulitgebirges. - Freib. Forsch.-H. **C 457**: 117 S.; Leipzig.
- KRÖNER, U. & SEBASTIAN, U. (1997): Der Deckenbau des östlichen Saxothuringikums. - Freiberger Forschungshefte: **C 470**: Joachim Hofmann - Festschrift, TU Bergakademie Freiberg.
- KURZE, M. (1966): Die tektonisch-fazielle Entwicklung im Nordostteil des Zentralsächsischen Lineaments. - Freib. Forsch.-H. **C 201**: 5-89; Leipzig.
- LOBST, R. (1984): Borna-Ebersdorfer Teilsenke. - In: Studie Steinkohleressourcen DDR, Geologie der Einzelvorkommen, Bd. 2 (1984). - Unveröff. Bericht VEB GFE Freiberg, Archiv LfULG Freiberg.
- SIEGERT, T. (1881): Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen, Section Stollberg-Lugau Blatt 113. - 1. Aufl.: 180 S.; Leipzig.
- SIEGERT, T. (1881): Profile durch das Steinkohlerevier von Lugau/Oelsnitz. - Erl. geol. Specialkarte des Königreichs Sachsen, 137 S.; Leipzig.
- SCHNEIDER, J. W. (2001): Rotliegendstratigraphie - Prinzipien und Probleme, Beitr. Geol. Thüringen, S. 7-42, Jena.
- SCHNEIDER, J. W. (2002): Geologische Detaildokumentation und sedimentologisch-stratigraphische Interpretation der Bohrung Hy 971A/01: Unveröff. Ergebnisbericht, 15 S. [96 Bl.]: 2 Tab., 8 Anl., TU Bergakademie Freiberg. Archiv LfULG Freiberg.

- SCHNEIDER, J. W. & HESSE, A. (2003): Feinstratigraphische Bohrkernaufnahme, detaillierte Profildarstellung und komplexe geologische Auswertung mit 3D-Modellierung der Mülsen-Formation im Gebiet der IAA Helmsdorf. - Unveröff. Bericht, TU Bergakademie Freiberg.
- SCHNEIDER, J. W.; HOTH, K.; GAITZSCH, B. G.; BERGER, H.-J.; STEINBORN, H.; WALTER, H. & ZEIDLER, M. K. (2005): Carboniferous stratigraphy and development of the Erzgebirge Basin, East Germany. - Z. dt. Ges. Geowiss. **156** (3): 431-466; Stuttgart.
- SCHNEIDER, J. W. & BERGER, H.-J. unter Mitarbeit von C. JUNGHANNS und H. STEINBORN (2007): Kapitel Rotliegend in ALEXOWSKY, W.; BERGER, H.-J.; GOTTH, K., HÜBNER, F.; JUNGHANNS, C., SCHNEIDER, J. W. & WOLF, L. (2007): Geologische Karte des Freistaates Sachsen 1 : 25 000, Erläuterungen zu den Blättern 5240 Zwickau und 5241 Zwickau Ost. - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 3. Aufl.: 183 S.; Freiberg.
- SCHNEIDER J. W. & JASCHKE I., STEINBORN J. (2005): Abschlußbericht zum Forschungsvertrag: Angewandte Modellierung im Schwerpunktprojekt „Steinkohlebergbaureviere Zwickau und Lugau/Oelsnitz“ mittels GoCad, „Das Strukturmodell als Grundlage für hydrogeologische Aussagemöglichkeiten“. - TU Bergakademie Freiberg, unveröff. Bericht, Archiv LfUG Freiberg.
- STUTZER, O. (1935): Mutmaßliche Übereinstimmung des Neuflözes 3 im Lugau-Ölsnitzer Bezirk mit dem Lehekohlenflöz im Zwickauer Bezirk. - Glückauf **50**: 1229-1231; Freiberg.
- TAUBERT, P. (1965): Die Kohlentonsteine von Zwickau-Oelsnitz. - Unveröff. Meldearbeit: 54 S., Bergakademie Freiberg.
- WATZNAUER, A. (1964): Tektonische Bewegungsflächen als Zonen von Diaphthorese und Anaphthorese. - In: Beiträge zur Regionalen Geologie Thüringens und angrenzender Gebiete sowie zu anderen Problemen. - Festschrift zum 65. Geburtstag von Fritz Deubel: 393-396; Berlin.
- WÜNSCH, R. (1999): Faziesmuster, Genese und regionale Verbreitung der Mülsen-Formation als Grundlage für das Altlast-Monitoring. - Unveröff. Diplomarbeit: 86 S., TU Bergakademie Freiberg.
- ZERNDT, J. (1932): Megasporen aus dem Zwickauer und Lugauer-Ölsnitzer Karbon. - Jb. Berg- und Hüttenwesen Sachsen, Jg. 1932: A10 - A16; Freiberg.

Korrelation des Oberkarbons von Lugau/Oelsnitz mit dem von Zwickau aus sporologischer und lithostratigraphischer Sicht (DÖRING, H.¹; HOTH, K.²; LOBST, R.³)

Vorbemerkungen

Der erste Versuch, die Flöze der beiden o. g. Reviere zu parallelisieren wurde von GEINITZ (1855) unternommen. Nachdem seine Resultate aus paläobotanischen Gründen bald von STERZEL (1881, 1901) abgelehnt wurden, hat es mehrfach Versuche zur Korrelation/Teilkorrelation der Schichtfolgen beider Reviere gegeben (STUTZER 1935, HORST 1954, BLÜHER 1954, DABER 1957, BEYER 1965 u. a.). Neuerdings hat BERGER (2007: 29) die DABERSCHE Flözgleichstellung in wichtigen Punkten unterstützt und parallelisiert mit ihm:

Lugau/Oelsnitz	Zwickau
Glückaufflöz	–
Vertrauenflöz	–
Hauptflöz	–
Grundflöz	–
	Rußkohlenflöz
	Planitzer Flöz (Amandusflöz)
	Ludwigflöz
	Segen-Gottes-Flöz

In den höheren Profilteilen weicht BERGER von DABER ab, indem er - STUTZER (1935) und RÖSLER u. a. (1967) folgend - die Gleichstellung des Lehestreifens im Lehekohlenflöz des Zwickauer Reviers mit dem(n) Graupentonstein(en) im Neuflöz 3 bzw. im unmittelbaren Hangenden von Neuflöz 4 (BEYER 1965, KAHLERT 1964, RÖSLER u. a. 1967, BERGER 2007: 26, BERGER u. a. dieses Heft) für möglich hält. Damit ergibt sich für die verbleibenden hohen Profilteile die Wahrscheinlichkeit einer „Gleichstellung“ des Hoffnungsflözes mit dem Schichtenkohlenflöz von Zwickau und des Oberflözes mit dem Zachkohlenflöz. Auf Grund der erwiesenen Unsicherheit in der Abgrenzung der *Linopteris neuropteroides*/*L. bronniarti*-Verbreitung bleiben die Korrelationsresultate allerdings immer mit Zweifeln behaftet (BERGER 2007: 26).

Schon vor 50 Jahren ist die Notwendigkeit der Mikrosporen-Bearbeitung im Revier mehrfach betont worden (vgl. DABER 1957: 10), ohne dass verwendbare Ergebnisse erzielt worden wären. Nun liegt seit schon 10 Jahren eine mikrosporen-paläontologische Bearbeitung aus dem Lugau/Oelsnitzer Revier vor (DÖRING 1989), über die hier erstmals berichtet wird. Von allen wichtigen Oelsnitzer Flözen, einschließlich der Gruppe Neuflöz 2-4, wurden 3 bis 5 Mazerale untersucht, von Neuflöz 1 sogar 6. Lediglich aus dem ausschließlich lokal verbreiteten Zwischenflöz liegen nur 2 Mazerale vor. Alle Proben stammen aus dem Bereich der Schächte Karl Liebknecht (Kaiserin Augusta), Gottes Segen, Deutschland und in einem Fall (Hauptflöz) auch vom Höselschacht.

Der Sporeninhalt des Lugau-Oelsnitzer Profils (vgl. Tab. 1)

Aus Tab. 1 geht hervor, dass im **Profilbereich vom Unbenannten Flöz II bis zum Vertrauenflöz** eine Mikrofloengesellschaft vorhanden ist, die insbesondere durch folgende Elemente repräsentiert wird (Häufigkeit des Auftretens: V - vereinzelt, S - selten, M - mäßig häufig, H - häufig, Z - zahlreich):

	Häufigkeit des Auftretens
<i>Alatisporites</i> spp. (Nr. 04 in Tab. 1)	S-M
<i>Cirratiradites saturni</i> (Nr. 03)	M
<i>Crassispora</i> spp. (Nr. 13)	Z-S
<i>Florinites pumicosus</i> -F. <i>junior</i> -Gruppe (Nr. 15)	M
<i>Laevigatosporites desmoinensis</i> (Nr. 19)	S-M
<i>Lycospora</i> spp. (Nr. 06)	Z-V
<i>Punctatosporites granifer</i> -P. <i>granulatus</i> -Gruppe (Nr. 22)	M-Z
<i>Reticulatisporites polygonalis</i> (Nr. 21)	S
<i>Reticulatisporites reticulatus</i> (Nr. 17)	S(-M)
<i>Thymospora obscura</i> (Nr. 01)	V-M
<i>Thymospora thiessenii</i> (Nr. 36)	V-M
<i>Torispora laevigata</i> -T. <i>securis</i> -Gruppe (Nr. 11/12)	H-Z
<i>Triquiritites sculptilis</i> (Nr. 42)	S-Z (vor allem im Haupt- und Vertrauenflöz).

¹ Dr. Harry Döring, Mewesstr. 31, 13125 Berlin

² Dr. Klaus Hoth, Richard-Beck-Str. 11, 09599 Freiberg

³ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Tab. 1: Sporenerfassung für das Lugau/Oelsnitzer Revier

? Westfäl. C	Westfäl. D	Ifd. Nr.	Sporenarten										Bemerkungen
			S	M	H	Z	V	S	M	H	Z	V	
Neuflöz 1			V	M	S		V	S	V	M		V	01 Thymospora obscure KOS.
Neuflöz 2			V	V	M	M	H	H	H	M		V	02 Vestispora fenestrata (KOS. & BROK)
Neuflöz 3			M	M	M	M	V	S	M	M		V	03 Cirrularadites saturni (IBR.)
Neuflöz 4			S	S	S	M	V	S	S	S		V	04 Alatisporites spp.
Oberflöz			Z	Z	V	V	V	H	V	V		V	04.1 Alatisporites trivalvis KOS.
Hoffnungsföz			M	V	V	V	S	V	V	V		V	05 Candiispora spp.
Glückaufflöz Lücke?			S	S	S	M	V	S	V	V		V	06 Lycospora spp.
Vertrauenflöz			S	S	S	V	V	H	V	V		V	07 Lycospora pusilla (IBR.)
Hauptflöz			M	V	Z	V	V	H	V	V		V	08 Raistrickia aculeata WILS. & COE
Zwischenflöz			S	S	S	S	V	M	V	V		V	09 Laternina triete ALP.
Grundflöz			M	M	M	M	M	S	M	S		S	10 Githonitisporites incertus BARTH
Kneiselföz			S	S	S	S	S	S	V	V		S	11 Torispora laevigata BHARD.
Unbenanntes Flöz I			S	S	S	S	S	S	S	S		S	12 Torispora securis BALME
Bogheadflöz			S	M	Z	H	H	S	S	Z		M	13 Grassispora spp.
Unbenanntes Flöz II			S	S	S	S	S	S	S	S		S	14 Florinites mediapudens (LOOSE)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	15 Florinites pumicosis (IBR.) – F. junior POT. & KR.-Grp.
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	16 Latosporites latius (KOS.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	17 Reticulatisporites reticulatus (IBR.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	18 Wilsonites spp.
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	19 Laevigatosporites deinoensis (WILS. & COE)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	20 Triquinites tribulatus (IBR.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	21 Punctatosporites polygonalis (IBR.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	22 Punctatosporites granifer POT. & KR.-P. granulatus (BHARDW.)-Grp.
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	23 Laevigatosporites vulgaris (IBR.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	24 Triquinites spinosus (IBR.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	25 Triquinites tritrigulus (LOOSE)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	26 Punctatosporites nolundus BHARDW.
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	27 Vestispora wanlessi PEP.–V. profunda WILS. & HOFFM.-Grp.
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	28 Endosporites zonalis (LOOSE)
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	28.1 Endosporites globiformis IBR.
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	29 Triquinites trigonopendix (LOOSE)
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	30 Lundstedtspora gieseckea (ALP.)
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	31 Kosankelsporites elegans (KOS.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	32 Apiculatisporites abditius (LOOSE) – A. grumosus (IBR.)
			M	M	M	M	M	M	M	M		M	33 Punctatosporites nudis PEP.
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	34 Cycloaculispores grandiverticosus (KOS.)
			S	S	S	S	S	S	S	S		S	35 Calanospore spp.
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	36 Thymospora thiesenii (KOS.)
			Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z		Z	37 Crassispora pilicata PEP.
			M	M	M	M	M	M	M	M		M	38 Punctatosporites scabellus (MGR.)
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	39 Endosporites omelius WILS. & COE
			V	V	V	V	V	V	V	V		V	40 Githonitisporites magnificus BHARDW.

Dazu sind im Profilabschnitt Unbenanntes Flöz II bis Kneiselflöz *Endosporites* spp. (*Endosporites zonalis* – *E. globiformis*-Gruppe [Nr. 28.1/28.2] S) nur im Bogheadflöz und im Kneiselflöz, *Kosankeisporites elegans* [Nr. 31] (V) nur im Boghead- und Unbenannten Flöz I beobachtet worden.

Thymospora obscura (Nr. 01) und *Wilsonites* spp. (Nr. 18) treten hier im tiefen Profilabschnitt durchgängig, wenngleich nur vereinzelt oder selten auf, *T. thiessenii* (Nr. 36) ist auf den Bereich Unbenanntes Flöz I bis zum Kneisel-Flöz beschränkt. Die beiden *Thymospora*-Arten sind lediglich im Kneisel-Flöz relativ häufig vorhanden. *Crassispora plicata* (Nr. 37) findet sich sowohl im Unbenannten Flöz I als auch im Kneisel-Flöz häufig. *Wilsonites* spp. (Nr. 18) tritt durchgängig in diesem Profilabschnitt auf und fehlt im Hangenden nahezu völlig.

Hinzu kommt, dass in diesem ganzen tiefen Profilabschnitt im Gegensatz zu seinem Hangenden zahlreiche Sporen unter Nr. 01 bis 37 (s. Tab. 1) wechselnd häufig vorhanden sind. All das rechtfertigt, den Profilabschnitt Unbenanntes Flöz II bis Kneisel-Flöz einer speziellen Betrachtung zu unterziehen (s. unten).

Der **Profilbereich vom Glückaufflöz bis zum Oberflöz** zeigt gegenüber dem erstgenannten Profilbereich andere charakteristische Elemente:

<i>Calamospora</i> spp. (Nr. 35)	M
<i>Laevigatosporites desmoinensis</i> (Nr. 19)	H-M
<i>Latensina trileta</i> (Nr. 09)	M-V
<i>Latosporites latus</i> (Nr. 16)	V
<i>Punctatosporites rotundus</i> (Nr. 26)	S
<i>Punctatosporites granifer</i> – <i>P. Granulatus</i> -Gruppe (Nr. 22)	H/M
<i>Savitrisporites camptotus</i> (Nr. 46)	M-S
<i>Schopfites</i> spp. (Nr. 49.1)	V-S
<i>Speciososporites triletoides</i> – <i>S. minor</i> -Gruppe (Nr. 63/43)	H/M
<i>Torispora verrucosa</i> (Nr. 56.2)	V
<i>Triquitrites spinosus</i> (Nr. 24)	S
<i>Triquitrites sculptilis</i> (Nr. 42)	Z-M
<i>Triquitrites trigurtritus</i> (Nr. 25)	M-S
<i>Vestispora fenestrata</i> (Nr. 02)	H
<i>Westphalensisporites clarus</i> (Nr. 45)	V-M
<i>Westphalensisporites constringatus</i> (Nr. 52)	M

Der Profilbereich unterscheidet sich mikropaläobotanisch deutlich vom Liegenden durch das häufige Auftreten von *Vestispora fenestrata*. Die genannte Art ist unterhalb des Glückauflözes lediglich im Unbenannten Flöz I und darunter nachgewiesen worden, und zwar als ein völlig untergeordneter Bestandteil. Dagegen ist *Torispora laevigata* (Nr. 11) im Profilbereich Glückaufflöz bis Oberflöz nur noch ein seltenes Element der jeweiligen Mikrofloren.

Im **höchsten Oelsnitzer Profilbereich der Neuflöze 4 – 1** ist eine Mikroflora vorhanden, die derjenigen des Profilbereichs Glückaufflöz bis Oberflöz teilweise ähnelt. In den Neuflözen treten insbesondere folgende Sporen auf:

<i>Alatisporites</i> ssp. (Nr. 04)	S-V
<i>Calamospora pallida</i> – <i>C. breviradiata</i> -Gruppe (Nr. 68)	Z/H
<i>Calamospora</i> spp. (Nr. 35)	Z-M
<i>Cirratiradites saturni</i> (Nr. 03)	M
<i>Crassispora kosankei</i> – <i>C. ovalis</i> -Gruppe (Nr. 13)	M
<i>Guthoerlisporites incertus</i> (Nr. 10)	S
<i>Laevigatosporites desmoinensis</i> (Nr. 19)	H
<i>Latosporites latus</i> (Nr. 16)	M-S
<i>Microreticulatisporites fistulosus</i> (Nr. 57)	H
<i>Microreticulatisporites nobilis</i> (Nr. 41)	M-S
<i>Savitrisporites camptotus</i> (Nr. 46)	H
<i>Speciosporites minor</i> (Nr. 43)	S-M
<i>Spinosporites spinosus</i> (Nr. 48)	M-S
<i>Thymospora obscura</i> (Nr. 01)	S-M
<i>Thymospora thiessenii</i> (Nr. 36)	V-M
<i>Torispora granulata</i> (Nr. 56.1)	M-S
<i>Triquitrites tribulatus</i> (Nr. 20)	V-S
<i>Triquitrites triturgitus</i> – <i>T. pulvinatus</i> -Gruppe (Nr. 25/54)	M-H
<i>Vestispora fenestrata</i> (Nr. 02)	Z-M

und als Durchläufer

<i>Punctatosporites granifer</i> – <i>P. granulatus</i> -Gruppe (Nr. 22)	S-M
<i>Punctatosporites rotundus</i> (Nr. 26)	S-M
<i>Triquiritites sculptilis</i> (Nr. 42)	S-V.

Folgende im Bereich der Neuflöze 3 – 2 gefundenen Sporen wurden in den älteren Profilabschnitten nicht nachgewiesen:

<i>Calamospora membrana</i> (Nr. 66)	S-V
<i>Lophotriletes pseudoaculeatus</i> (Nr. 67)	V
<i>Punctatisporites grandis</i> (Nr. 65)	V
<i>Schopfites dimorphus</i> (Nr. 49.2)	S

Von besonderer Bedeutung ist, dass *Spinosporites spinosus* (Nr. 48) ab Neuflöz 4 im obersten Profilbereich des Lugau/Oelsnitzer Teilbeckens als ein regelmäßig auftretendes Element der jeweiligen Sporen-Assoziation vorkommt. Dadurch ist eine deutliche sporenstratigraphische Abgrenzung der Neuflöze 4 – 1 vom liegenden Profilbereich (Glückaufflöz bis Oberflöz) gegeben.

Vergleich mit den Verhältnissen in Zwickau

Vergleicht man die aus dem Lugau/Oelsnitzer **Profilbereich Unbenanntes Flöz II bis Vertrauenflöz** vorliegende Sporengesellschaft mit den Sporengesellschaften aus dem Zwickauer Revier, so zeigt sich, dass diejenige aus dem höheren Teil dieses Profilbereichs, d. h. aus dem Abschnitt vom Grundflöz bis zum Vertrauenflöz, mit der Sporengesellschaft WZ 1 von Zwickau (s. Tab. 1: rechte Spalte) weitgehend übereinstimmt. Diese Übereinstimmung betrifft insbesondere die in Tab. 2 aufgelisteten Sporen:

Tab. 2: Vergleich der Sporengesellschaft in der Sporengesellschaft WZ 1 von Zwickau mit Lugau/Oelsnitz

	Zwickau	Oelsnitz
<i>Alatisporites</i> spp. (Nr. 04)	S/V	S-M
<i>Crassispora</i> spp. (insbesondere <i>C. kosankei</i> , <i>C. ovalis</i> , <i>C. plicata</i>) (Nr. 13, 37)	V-M	S
<i>Punctatosporites granifer</i> – <i>P. granulatus</i> -Gruppe (Nr. 22)	S-Z	S-Z
<i>Thymospora obscura</i> (Nr. 01)	M-S	S
<i>Torispora laevigata</i> – <i>T. securis</i> -Gruppe (Nr. 11, 12)	M-Z	H/Z
<i>Triquiritites sculptilis</i> (Nr. 42)	V-H	S-Z

Der Profilabschnitt Grundflöz bis Vertrauenflöz von Lugau/Oelsnitz ist danach stratigraphisch weitgehend der Sporengesellschaft WZ 1 des Zwickauer Reviers gleichzusetzen und als tiefes CwD anzusehen. - Bezuglich der Flözparallelisierung ergibt sich daraus mit hoher Wahrscheinlichkeit eine ungefähre zeitliche Gleichstellung des Grundflözes mit dem Segen-Gottes-Flöz (untere Abteilung); des Hauptflözes mit den höheren Abteilungen des Segen-Gottes-Flözes und des Vertrauenflözes mit dem Ludwigflöz von Zwickau.

Der Vergleich des tiefsten Oelsnitzer Profilabschnitts unterhalb des Grundflözes (Lugau-Subformation nach BERGER = Korrelationseinheiten 2 und 3 nach LOBST 1983) mit Zwickau ist schwierig, weil in Zwickau die unteren Schedewitzer Schichten, d. h. der Profilteil unterhalb der Segen-Gottes-Flöze, mangels Proben kaum untersucht sind. Die in Oelsnitz deutlichen Unterschiede in der Sporenhäufigkeit und Sporengesellschaft zwischen der Lugau-Subformation und ihrem Hangenden legen nahe, dass es sich bei der Lugau-Subformation um einen Profilabschnitt handelt, der auch orthostratigraphisch älter ist als das tiefe CwD. Dafür käme dann nur CwC in Frage. Für ein CwC-Alter dieses tieferen Profilteils spricht nach Ansicht des Zweitautors auch das Auftreten von Sporen der *Endosporites zonalis* – *E. globiformis*-Gruppe (Nr. 28.1, 28.2), die an der Ruhr von CwA bis CwC auftreten, im Becken von Kladno im Radnice-member (CwC) vorhanden sind, im Nýřany-member (CwD) jedoch fehlen (BEK 1993) und z. B. in Großbritannien, Nordfrankreich und Rügen sowie Illinois nur wenig ins CwD hinaufreichen.

Die Mikroflore der über dem Vertrauenflöz bzw. dem Ludwigflöz (obere Abteilung) folgenden Profilbereiche beider Reviere, also der **Profilbereich Glückaufflöz bis Oberflöz** im Lugau/Oelsnitzer Revier einerseits und der Profilbereich Amandusflöz bis Schichtenkohlenflöz I (WZ 2) im Zwickauer Revier andererseits, sind nahezu identisch (Tab. 3). Sie weisen übereinstimmend *Vestispora fenestrata* (Nr. 02) mit sehr hohen Anteilen (M-Z) und eine Häufigkeitszunahme gegenüber dem Liegenden bei *Savitrisporites camptotus* (Nr. 46) und *Westphalensisporites constringatus* (Nr. 52) auf. Im Oberkarbon beider Reviere treten in den genannten Profilbereichen *Torispora verrucosa* (Nr. 56.2; S-V) und *Schopfites* spp. (Nr. 49.1; V-S) erstmalig auf. Dagegen kommt die *Torispora laevigata*–*T. securis*-Gruppe (Nr. 11, 12) nur in sehr geringen Quantitäten (S-V) vor. Die weiteren in Tab. 3 aufgelisteten Sporen treten in den oben genannten Profilbereichen beider Reviere im Gegensatz zu den Sporengesellschaften des Liegenden relativ häufig bzw. als Dominanten auf.

Tab. 3: Vergleich der Sporenführung in der Sporenenzone WZ 2 von Zwickau mit Luga/Oelsnitz

	Zwickau	Oelsnitz
<i>Vestispora fenestrata</i> (Nr. 02)	Z-M	M-H
<i>Savitrisporites camptotus</i> (Nr. 46)	M-V	H(-M)
<i>Westphalensisporites constringatus</i> (Nr. 52)	H-M	M
<i>Torispora verrucosa</i> (Nr. 56.2)	S-V	S
<i>Schopfites</i> spp. (Nr. 49.1)	V	S
<i>Torispora laevigata</i> – <i>T. securis</i> -Gruppe (Nr. 11/12)	S-V	S
<i>Calamospora</i> spp. (Nr. 35) (u. a. <i>C. pallida</i> (Nr. 68)– <i>C. breviradiata</i> -Gruppe)	Z	M
<i>Latensina trileta</i> (Nr. 09)	S/V	M-V
<i>Punctatosporites granifer</i> – <i>P. granulatus</i> -Gruppe (Nr. 22)	S-Z	H(-M)
<i>Speciososporites triletoides</i> – <i>S. minor</i> -Gruppe (Nr. 63, 43)	H/M	M/H
<i>Triquitrites sculptilis</i> (Nr. 42)	H/Z	Z-M
<i>Triquitrites triturgitus</i> – <i>T. pulvinatus</i> -Gruppe (Nr. 25, 54)	M	M-V
<i>Westphalensisporites clarus</i> (Nr. 45; = <i>Westphalensisporites irregularis</i> ALP.)	M-Z	V-M

Der Profilbereich Glückaufflöz bis Oberflöz gehört daher wie die Sporenenzone WZ 2 von Zwickau ins mittlere CwD.

Bezüglich der speziellen Flözparallelisierung zwischen den Revieren ergeben sich Schwierigkeiten, da im Zwickauer Profilbereich mindestens drei mächtige Flözkomplexe und drei bis vier geringermächtige Flöze auftreten, während in Lugau/Oelsnitz nur zwei max. 3,5 m bzw. 2,5 m mächtige Flöze und das geringmächtige Hoffnungsfloz vorhanden sind.

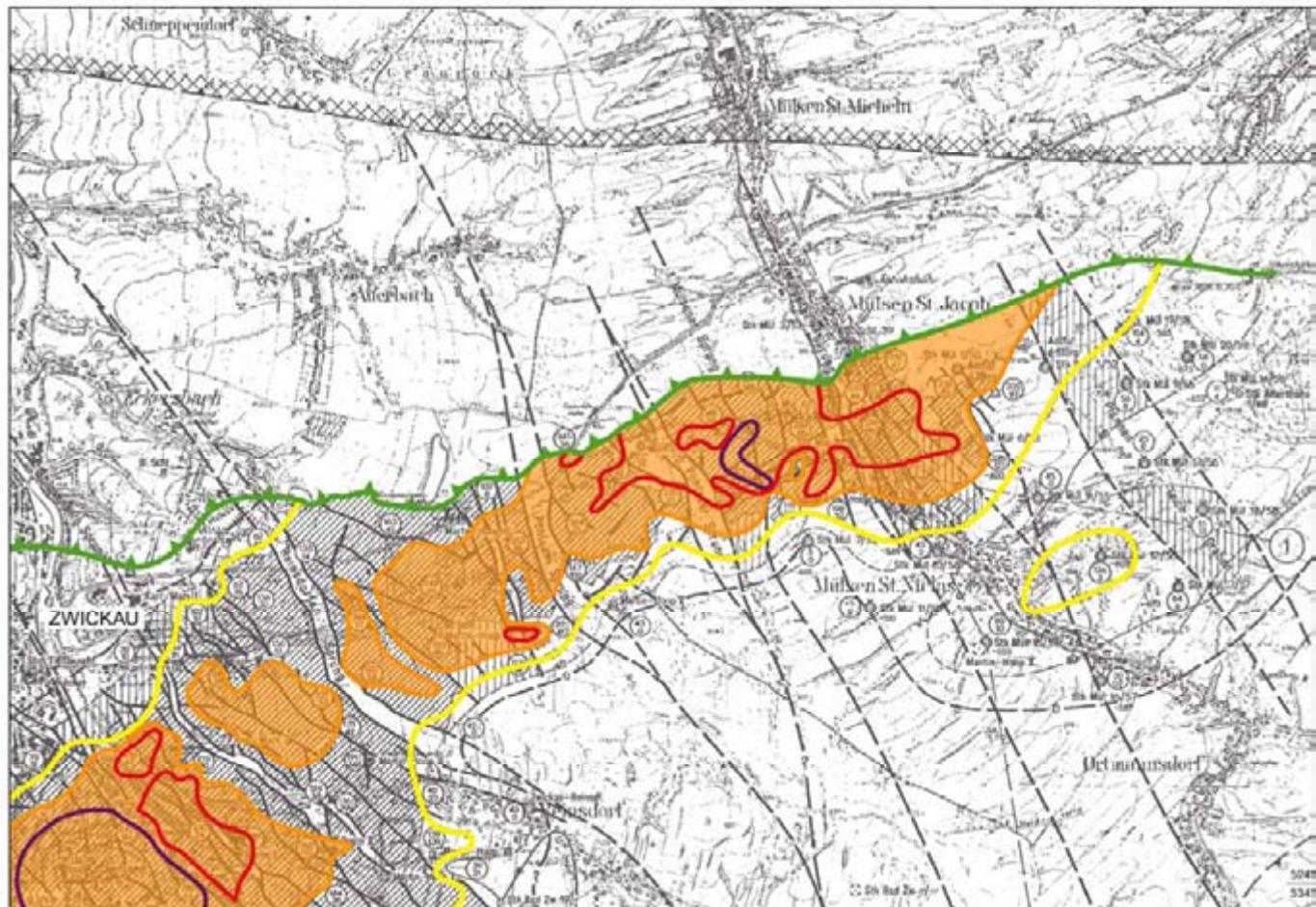


Abb. 1a: Mächtigkeitsdarstellung des Rußkohlenflözes im Zwickauer Revier (Ausschnitt Mülsenfeld; HOTH 1984, Anl. 27). 100-200-300->400-cm-Isopachen hervorgehoben. Schrägschraffiert: ausgekohlte Flächen. Grüne Zackenlinie: Grenze der permischen Flözerosion

Hinsichtlich der lithologischen Ausbildung und Mächtigkeitsentwicklung dieses Profilbereiches und seines unmittelbaren Liegenden (Korrelationseinheiten mind. 8a bis 10b bei LOBST 1983 - etwa Hoffnungsflöz-Subformation BERGER 2007, BERGER u. a. dieses Heft) ist in Lugau/Oelsnitz auffällig, dass trotz weitgehend grüberklastischer Ausbildung hier die geringsten Mächtigkeiten im Vergleich beider Profile auftreten (hier nur 45-50 % des Zwickauer Profils). Das lässt den Verdacht aufkommen, dass im WZ 2 von Lugau/Oelsnitz größere Lücken vorhanden sind. Schon BLÜHER (1955: 110, 112) hat auf eine Zunahme der Mobilität in diesem Zeitabschnitt hingewiesen. Wenn sich im konglomeratischen Glückaufflöz-Liegendsandstein (Korrelationseinheit 8a bei LOBST) eine größere Lücke verbirgt, die den Bereich der tiefen Planitzer Flöze umfasste, so wäre BERGERS Korrelation des Oelsnitzer Glückaufflözes mit dem Zwickauer Rußkohlenflöz zu halten. Für die Parallelisierung von Glückaufflöz und Rußkohlenflöz gibt es nämlich auch insofern gute Gründe, als beide Flöze in ihren Revieren am weitesten verbreitet sind, ihre Mächtigkeitsmaxima von der Rotliegend-Erosion gekappt wurden und ursprünglich im NW zusammengehangen haben könnten (vgl. Abb. 1b mit der lückenlos anschließenden Abb. 1a [HOTH u. a. 2009, Beilage 8]).

Unter allen diesen Umständen parallelisieren auch wir - bis zum Beweis des Gegenteils - das Glückaufflöz mit dem Komplex der Rußkohlenflöze, das Hoffnungsflöz mit dem Schichtenkohlenflöz II und das Oberflöz mit dem Schichtenkohlenflöz I. Der Hoffnungsflöz-Liegendsandstein-Komplex (Korrelationseinheit 9 LOBST) entspräche dann dem z. T. mächtigen Unteren Schichten-sandstein von Zwickau.

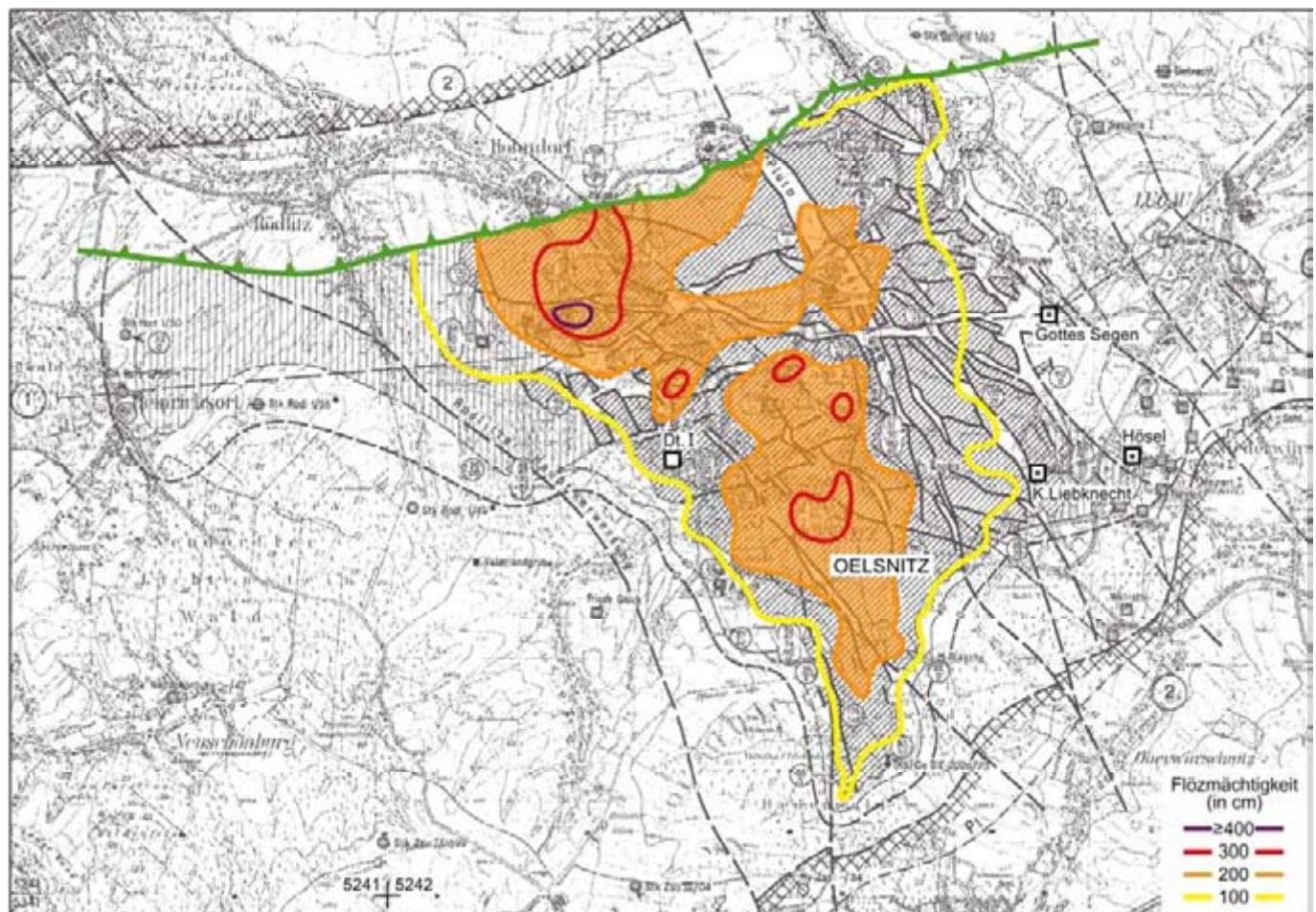


Abb. 1b: Mächtigkeitsdarstellung des Glückaufflözes im Lugau/Oelsnitzer Revier (LOBST 1983, Anl. 21). 100-200-300- \geq 400-cm-Isopachen hervorgehoben. Schrägschraffiert: ausgekohlte Flächen. Grüne Zackenlinie: Grenze der permischen Flözerosion. Hervorgehobene Quadrate: Schächte der beprobeden Bereiche, da von Quadrat mit Punkt: Schächte mit charakteristischer Verbreitung der Neuoeinsitz-Subformation

Die Mikroflora des Profilbereichs der Neuflöze 4 - 1, d. h. des höchsten Profilbereichs des Lugau/Oelsnitzer Reviers, unterscheidet sich nur unwesentlich von der Zwickauer Sporenzone WZ 3.1. Für die biostratigraphische Korrelation ist besonders wichtig, dass *Spinosporites spinosus* (Nr. 48) regelmäßig und in relativ großer Anzahl in den betreffenden Profilbereichen beider Regionen auftritt. Bemerkenswert ist weiter, dass *Reticulatisporites polygonalis* (Nr. 21) in Zwickau oberhalb des Zachkohlenflözes und in Lugau/Oelsnitz oberhalb des Neuflözes 4 nicht nachgewiesen wurde, was für eine zeitliche Gleichstellung beider Flöze sprechen könnte. - In anderen Fällen ergaben sich gewisse Verbreitungsdifferenzen. So tritt *Westphalensisporites constringatus* (Nr. 52) oberhalb des Zwickauer Lehekohlenflözes und des Neuflözes 4 nicht mehr auf. *Punctatosporites obliquus*, der in Zwickau im Bereich Lehekohlenflöz bis Ellige Flöz vorkommt, wurde im Lugau/Oelsnitzer Revier nicht gefunden. *Westphalensisporites clarus* (Nr. 45) kommt in Zwickau noch in Zach- bis Scherbenkohlenflöz und in Oelsnitz im Neuflöz 4 selten bzw. vereinzelt vor, in den Neuflözen 3 bis 1 wurde sie dagegen nicht mehr nachgewiesen.

Trotz dieser Abweichungen in der stratigraphischen Verbreitung einiger Mikroflorenelemente ist unter Berücksichtigung aller sporostratigraphischen Gegebenheiten eine altersmäßige Übereinstimmung zwischen dem Zwickauer Profilbereich Zachkohlenflöz bis Scherbenkohlenflöz (Sporenzone WZ 3.1) einerseits und dem Bereich Neuflöze 4 bis 1 von Lugau/Oelsnitz andererseits anzunehmen. Der letztgenannte Bereich gehört daher ebenfalls ins höhere CwD. Bezuglich der speziellen Flözparallelisierungen ergibt sich unseres Erachtens eine weitgehende Gleichstellung des Neuflözes 4 mit dem Zachkohlenflöz, eine Parallelisierung des Neuflözes 3 mit dem Lehekohlenflöz und der Neuflöze 2 und 1 mit dem Niveau des Scherbenkohlenflözes.

Das schon länger nachgewiesene Auftreten von Pyroklastika in Neuflöz 3 und Lehekohlenflöz [Graupentonstein bzw. Lehestreifen, s. v.; RÖSLER u. a. 1967, HOPPE 1966] bietet die Möglichkeit radiometrischer Altersdatierungen. Hierfür kann auf vorhandenes Archivprobenmaterial (LfULG, Freiberg) zurückgegriffen werden.

Höhere Profilbereiche sind im Lugau-Oelsnitzer Revier nicht nachgewiesen worden. Die in der höchsten Sporenzone des Zwickauer Reviers - WZ 3.2 (Ellige Flöz) - auftretende Sporengesellschaft wurde bei Oelsnitz nicht angetroffen. Dies betrifft insbesondere die folgenden Sporen:

Punctatosporites obliquus
Cirratiradites flabelliformis-C. *annulatus*-Gruppe
Thymospora verrucosa
Microsporites radiatus.

Fazit der Untersuchungen

Das Lugau/Oelsnitzer Oberkarbon, und zwar seine Lugau-Subformation, beginnt mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits im Bolsovium, und zwar im hohen Westfal C. Im Zwickauer Stadtfeld und im Pöhlauer Feld ist dieser Profilabschnitt nur in seinen höchsten Teilen bereichsweise vorhanden. Das rezent noch vorhandene Oelsnitzer Profil reicht - anders als das von Zwickau - nur bis in die Sporenzone WZ 3.1 des höheren Westfal D.

Die Korrelation der Schichtfolgen beider Reviere ist durch ausführliche sporologische Untersuchungen im Großen und Ganzen gelungen. Die Zwickauer Sporenzone WZ 1 bis WZ 3.1 sind im Gegensatz zur Sporenzone WZ 3.2 auch in Oelsnitz vorhanden.

Auch die Flözparallelisierung zwischen den beiden Reviere hat Fortschritte gemacht (siehe rechte Spalte in Tab. 1). Das Zwickauer Rußkohlenflöz und das Oelsnitzer Glückaufflöz, die beide in der Sporenzone WZ 2 liegen, lassen sich nur dann parallelisieren, wenn im Zeitbereich der Zwickauer Tiefen Planitzer Flöze im Oelsnitzer Revier eine größere Abtragungslücke vorliegt. Die Verbreitung und Mächtigkeitsverteilung beider Flöze weist auf einen früheren Zusammenhang hin (Abb. 1a und 1b).

Die Benennung des mittleren Oelsnitzer Profilabschnitts als „Hoffnung[s]flöz-Subformation“ (BERGER 2007: 27) ist unglücklich. Während „Hauptflöz-Subformation“ und Neuflöz-Subformation“ den Charakter der betreffenden Schichtenfolgen treffen, ist das bei der deutlich klastischen „Hoffnungflöz-Subformation“ nicht der Fall (vgl. BERGER u. a. dieses Heft: Abb. 3). Stattdessen sollte man besser „Neuoelsnitz-Subformation“ gebrauchen, denn u. a. in den Schächten Gottes Segen, Karl Liebknecht/Kaiserin Augusta und Hösel ist diese Subformation besonders charakteristisch ausgebildet. Die letzteren beiden Schächte liegen im Stadtteil Neuoelsnitz.

Literatur

- BEK, J. (1993): Upper Carboniferous miospores of the Kladno Basin. Part I: Miospore assemblages from the Ři-21 and Ři-23 boreholes. - Věst. českého geol. úst., **68**: 7-25, Praha.
- BEK, J. (1993): Upper Carboniferous miospores of the Kladno Basin. Part II: Miospore assemblages from the Ři-22 and Ři-24 boreholes. - Věst. českého geol. úst., **68**: 41-56, Praha.
- BERGER, H.-J. (2007): Oberkarbon: Zwickau-Formation/Oelsnitz-Formation. - In: ALEXOWSKY, W. u. a.: Erläuterungen zu den Blättern 5240 Zwickau und 5241 Zwickau-Ost: 17-29. - 3., neu bearb. Aufl., Geol. Karte d. Freistaates Sachsen 1 : 25 000, Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geol., Freiberg.
- BEYER, C. (1965): Beitrag zur altersmäßigen Gleichstellung der Steinkohlevorkommen von Zwickau und Lugau/Oelsnitz. - Geologie, **14**: 211-216, Berlin.
- BLÜHER, H.-J. (1954): Beiträge zur Geologie des erzgebirgischen Steinkohlebeckens. - Geologie, **3**: 832-844, Berlin.
- BLÜHER, H.-J. (1955): Flözausbildung und Zwischenmittelfazies im Lugau/Oelsnitzer Steinkohlerevier. - Z. angew. Geol. **1**: 102-115, Berlin.
- DABER, R. (1957): Parallelisierung der Flöze des Zwickauer und des Lugau/Oelsnitzer Steinkohlereviers auf Grund paläobotanischer Untersuchungen. - Beih. Geol., **19**: 76 S., Berlin.
- DÖRING, H. (1989): Sporostratigraphische Untersuchungen im Westfal-Komplex von Zwickau-Oelsnitz. - Unveröff. Forsch.-ber. Zentr. Geol. Inst. Berlin, 24 S., 7 Anl., Bernau.
- GEINITZ, H. B. (1855): Die Versteinerungen der Steinkohleformation in Sachsen. - 61 S., 36 Taf., Verl. v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- HOPPE, G. (1966): Nachweis der pyroklastischen Entstehung der Kohlentonsteine von Oelsnitz (Sachsen). - Ber. dt. Ges. Geol. Wiss., B, Miner. Lagerstättenforsch., **11**: 215-222, Akademie-Verl. Berlin.
- HORST, U. (1954): Einige mikrostratigraphische Probleme des flözführenden Karbons des erzgebirgischen Beckens. - Geologie, **3**: 844-852, Berlin.
- HOTH, K. (1984): Ressourchenpotential Steinkohler DDR - 4. Zwickau-Mülsener Teilsenke. - Unveröff. Ber. VEB Geol. Forsch. Erkund. Freiberg, 25 S.
- HOTH, K. u. a. (2009): Die Steinkohlenlagerstätte Zwickau. - Bergbau in Sachsen, Bd. 15: 160 S. m. Anh., Sächs. Landesamt f. Umwelt, Landwirtschaft u. Geologie / Sächs. Oberbergamt, Freiberg.
- KAHLERT, E. (1964): Graupentonsteinhorizont (Lehestreifen) aus dem Neuflöz 3 und 4 (*Linopteris brongniarti*-Zone) des Oelsnitzer Steinkohlereviers. - Mber. Dt. Akad. Wiss., **6**: 548-551, Berlin.
- LOBST, R. (1983): Ressourchenpotential Steinkohler DDR - 3. Lugau/Oelsnitzer Teilsenke. - Unveröff. Ber. VEB Geol. Forsch. Erkund. Freiberg, 20 S.
- RÖSLER, H. J.; PÄLCHEN, W.; OSSENKOPF, W.; TAUBERT, P. (1967): Die Kohlentonsteine aus den Steinkohlebecken von Zwickau-Oelsnitz, Freital-Döhlen (bei Dresden) und Doberlug. - Freiberger Forschungsh., **C 211**: 146 S., VEB Dt. Verl. f. Grundstof-find. Leipzig.
- STERZEL, J. T. (1881): Palaeontologischer Charakter der oberen Steinkohleformation und des Rothliegenden im erzgebirgischen Becken. - Ber. Nat.-wiss. Ges. Chemnitz, **7**: 155-276, Chemnitz.
- STERZEL, J. T. (1901): Paläontologischer Charakter der Steinkohleformation von Zwickau und die Genesis der dortigen Flötze. - In: SIEGERT, T.: Erläuterungen zur geologischen Specialkarte des Königreichs Sachsen, Section Zwickau-Werdau, Blatt 111: 87-123. - 2. Aufl., m. 1 Flözkarte, W. Engelmann, Leipzig.
- STUTZER, O. (1935): Mutmaßliche Übereinstimmung des Neuflözes 3 im Lugau-Ölsnitzer Bezirk mit dem Lehekohlenflöz im Zwickauer Bezirk. - Glückauf, **71** (50): 1229-1231, Essen.

Bergbaubedingte Senkungen und Hebungen in Oelsnitz/E.

(K.-H. Löbel¹, S. Döhner²)

Hinterlassenschaften des seit 1847 im Oelsnitzer Revier bis 1971 umgegangenen Steinkohlebergbaus wie Fördertürme, typische Bergwerksgebäude, Halden, etc. prägen als Sachzeugen vielerorts auch heute noch das Landschaftsbild in der Region. Zwar sind die extremen Auswirkungen, die das nicht mehr zugängliche Grubengebäude in Form von bergbaubedingten Senkungen einst an der Tagesoberfläche hinterlassen hat im Bewusstsein der Menschen mit den Jahren fast in Vergessenheit geraten, im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg ist die Form des Senkungstroges und die Art und Weise seiner Entstehung aber durchaus von aktuellem Interesse.

Von 1900 bis 1972 wurden in Abständen von zwei Jahren so genannte „Reviernivellierungen“ beobachtet. Auf diesen vermessungstechnischen Grundlagen sind mit den zu der damaligen Zeit üblichen Auswerte- und Darstellungsverfahren sowohl für den jeweils letzten Zeitschritt als auch für den Gesamtzeitraum seit 1900 Isokatabasen-Karten (Linien gleicher Senkung) erstellt worden.

Im Rahmen der Schaffung einer konsistenten digitalen Datenbasis auf der Grundlage einer Analyse der historischen Höhendaten sollte eine Darstellung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Deformationsgeschehens mit modernen Technologien erarbeitet werden. In die Datenanalyse wurden historische Literaturquellen und Karten einbezogen.

Im Ergebnis sind digitale Video-Sequenzen entstanden, welche das Senkungsgeschehen von 72 Jahren Steinkohlebergbau im Bereich Oelsnitz im Zeitraffer in wenigen Minuten darstellen.

Aus der generierten Datenbasis mit den Messergebnissen von 1900 bis 1972 erfolgte darüber hinaus eine Berechnung der Senkungsvolumina, die als Grundlage im Rahmen der Modellierung des Grubenwasseranstieges für eine Abschätzung des vor 1900 zu veranschlagenden Senkungsvolumens diente (FELIX u. a. dieses Heft).

Lagerstätte und Abbau

Das Lugau/Oelsnitzer Steinkohlerevier besitzt eine Ausdehnung von ca. 5 x 6 km. Es werden die Ortslagen Lugau, Niederwürschnitz, Neuwürschnitz, Oelsnitz, Hohndorf, Rödlitz und Gersdorf tangiert. Der Schwerpunkt der Abbaueinwirkungen auf die Tagesoberfläche liegt im Bereich der Stadt Oelsnitz und deren südlicher Peripherie.

Die Kohlenflöze im bis zu ca. 190 m mächtigen Oberkarbon lagern im Wechsel mit Schieferton-, Sandstein-, und Toneisenerz-Schichten und weisen ein Einfallen in nordwestlicher Richtung von 10 bis 15° auf. Im südlichen Randbereich des Beckens steigt das Einfallen auf 22 bis 27° an. Im Revier sind 14 Flöze mit Mächtigkeiten von 0.6 bis 5 m abgebaut worden. Die Abbauverhältnisse sind als recht kompliziert einzuschätzen, da die Flöze nicht nur durch die nach Südwest einfallenden tektonischen Hauptstörungen mit Sprunghöhen von 150 m (Plutoschacht-Störung) und 350 m (Rödlitzer Verwerfung), sondern auch durch kleinere Störungen mit Sprunghöhen von 3 bis 30 m stark gegliedert sind (GÖRNE u. a. dieses Heft). Die Mächtigkeiten der Flöze werden als sehr veränderlich eingeschätzt.

Die starke Zerrissenheit des Gebirges sowie zahlreiche Kohlenlagen und -schmitzen, die neben den abbauwürdigen Flözen im Gebirge anstanden, begünstigten das Ablösen der über dem Abbau und den Strecken anstehenden Schichten. Die Beanspruchungen des Ausbaus wurden noch zusätzlich durch die Abbaueinwirkungen verstärkt, was umfangreiche Unterhaltungsarbeiten und damit hohe Kosten zur Folge hatte. Aus diesem Grund wurde ein erheblicher Teil der Ausrichtungsgrubenbaue im Grundgebirge im Ostteil des Reviers angelegt.

Von 1848 bis etwa zur Jahrhundertwende wurde im Kammer-Pfeilerbau, im Kammer-Bruchbau und im Wanderpfeiler-Bruchbau abgebaut, wobei die Hohlräume teilweise oder vollständig mit Hand versetzt wurden. In den letzten Jahren des 19. Jh. wurde verstärkt zum Strebau übergegangen. Bei großen Mächtigkeiten wurde im Scheibenabbau von unten nach oben mit Bergversatz abgebaut. In einscheibigen Flözen wurde Bruchbau, in den mehrscheibigen Flözen Abbau mit Blasversatz bevorzugt.

¹ TU Bergakademie Freiberg - Institut für Markscheidewesen und Geodäsie

² Sächsisches Oberbergamt Freiberg

Modellierung des Senkungstroges

Generierung der Primärdaten

Bisher lagen im Bergbaurevier Senkungsdaten von WEBER (1994) und BRÄUER (2005) vor, die allerdings in sich z. T. widersprüchlich waren. Deshalb wurden alle für die Lösung der Aufgabenstellung relevanten Primärdaten für die einzelnen Beobachtungszeitpunkte in eine Datenbank neu eingepflegt.

Dabei wurden zunächst drei, nach dem Typ der Punkte unterschiedene, getrennte Tabellen generiert. Es wurden alle Höhendaten von 439 sog. Höhensteinen, 145 Höhenbolzen und 33 sog. Nummernbolzen für alle Zeitschritte neu erfasst (Abb. 1). Insgesamt wurden somit ca. 23.000 Datenzellen belegt. In diesen Dateien wurden aus den Höhendifferenzen zum jeweils vorhergehenden verfügbaren Höhenwert zunächst die Senkungsraten jedes Zeitabschnittes von zwei Jahren abgeleitet.



Abb. 1: Beispiele für Höhenbolzen bzw. Höhenmarken im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz

Eine Plausibilitätsbetrachtung ergab einen unerwartet hohen Anteil an signifikanten Hebungs beträgen in vielen Zeitintervallen, so dass die neu eingegebenen Höhenwerte diesbezüglich nochmals stichprobenartig kritisch geprüft werden mussten.

Die Erfassung der Lage fast aller beobachteten Punkte konnte erst mit Verfügbarkeit einer gescannten historischen Isokatabasen-Karte erfolgen (Abb. 2).

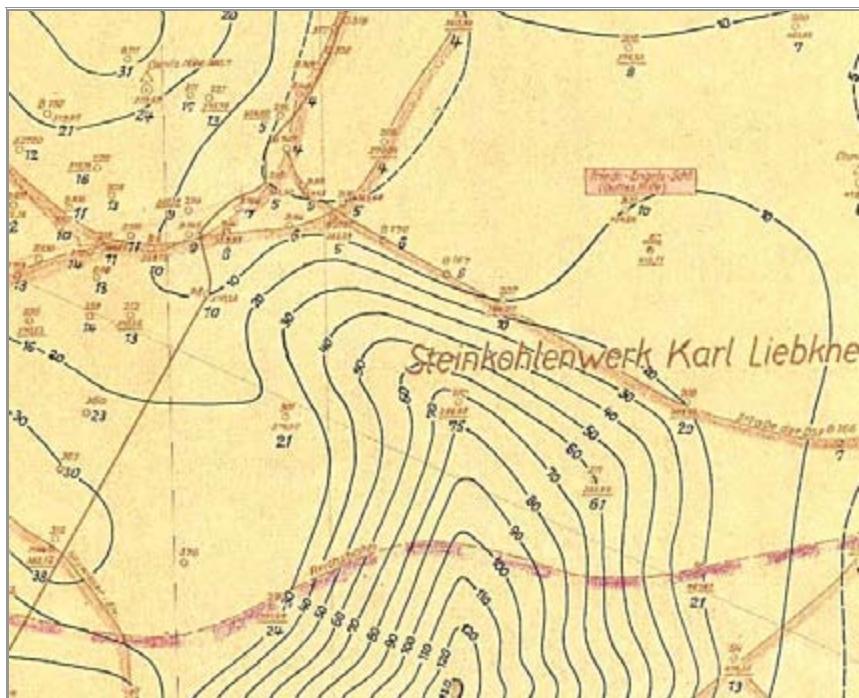


Abb. 2: Historische Isokatabasen-Karte (Ausschnitt)

Die Georeferenzierung dieser thematischen Karte war lediglich über identische topographische Objekte mit einer bereits referenzierten TK 25 bzw. mit den bereits in WEBER (1994) koordinierten Punkten möglich (Abb. 3).

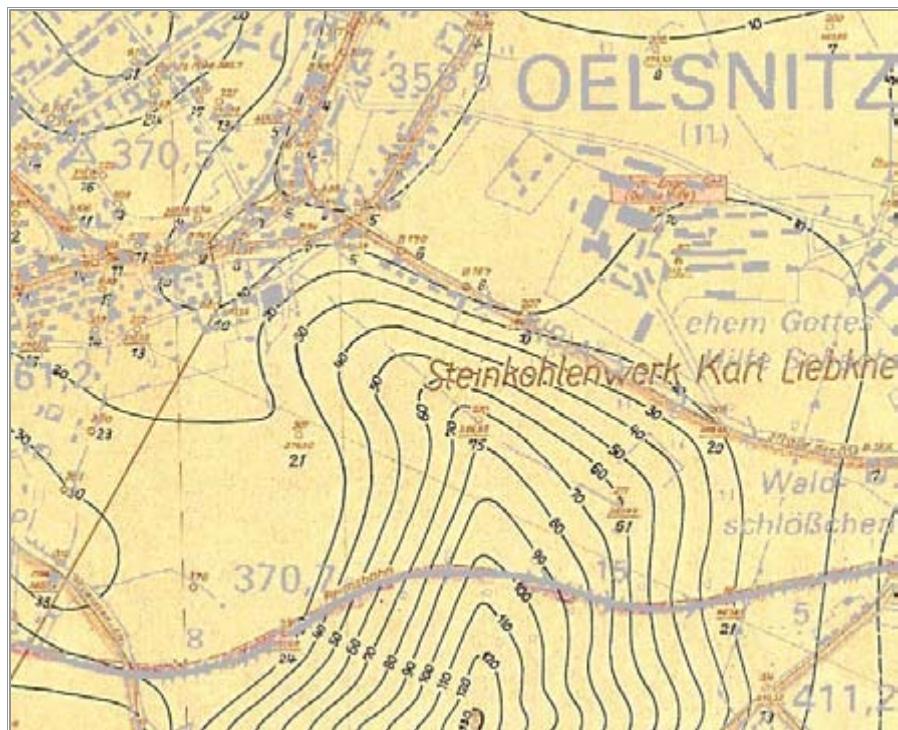


Abb. 3: Referenzierung mit identischen Topographischen Elementen

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Bei der On-Screen-Digitalisierung wurde am Punkt jeweils die Punktbezeichnung (wie in den Dateien genutzt) verwendet, so dass im System ArcView-GIS die Datenbank der zusammengefassten Punktdateien mit der Standard-Attribute-Table der digitalisierten Punkte über den Punktnamen eindeutig verlinkt werden konnte (Abb. 4).

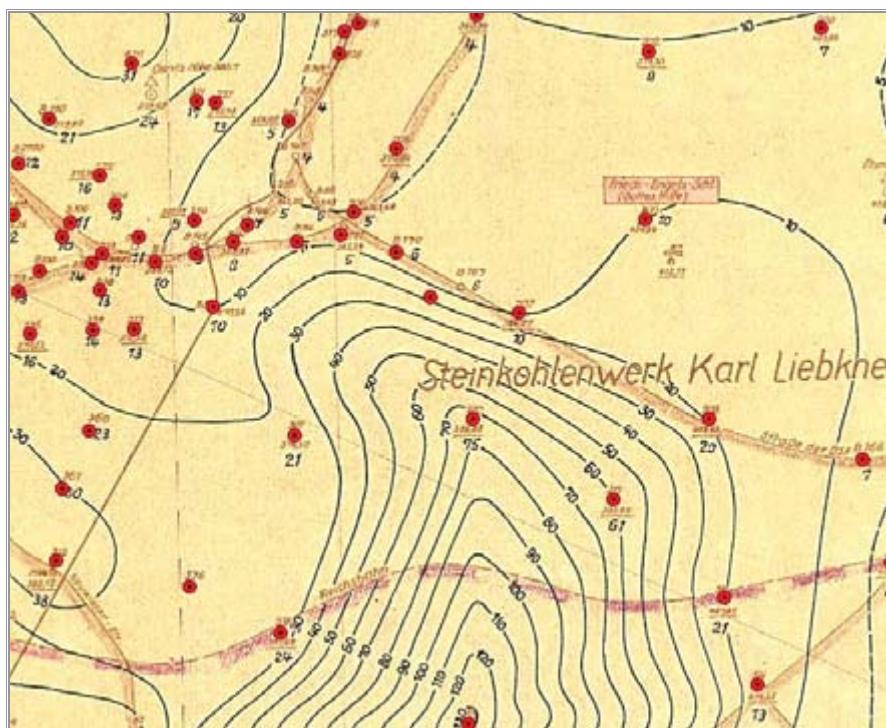


Abb. 4: On Screen Digitalisierung der Punkte

Nach Einfügen der Lagekoordinaten in die GIS-Datenbank wurden die drei Dateien für die weitere Modellierung als Stützpunktdatei der Punktwolke (Abb. 5) in eine Geostatistik-Softwarelösung exportiert.

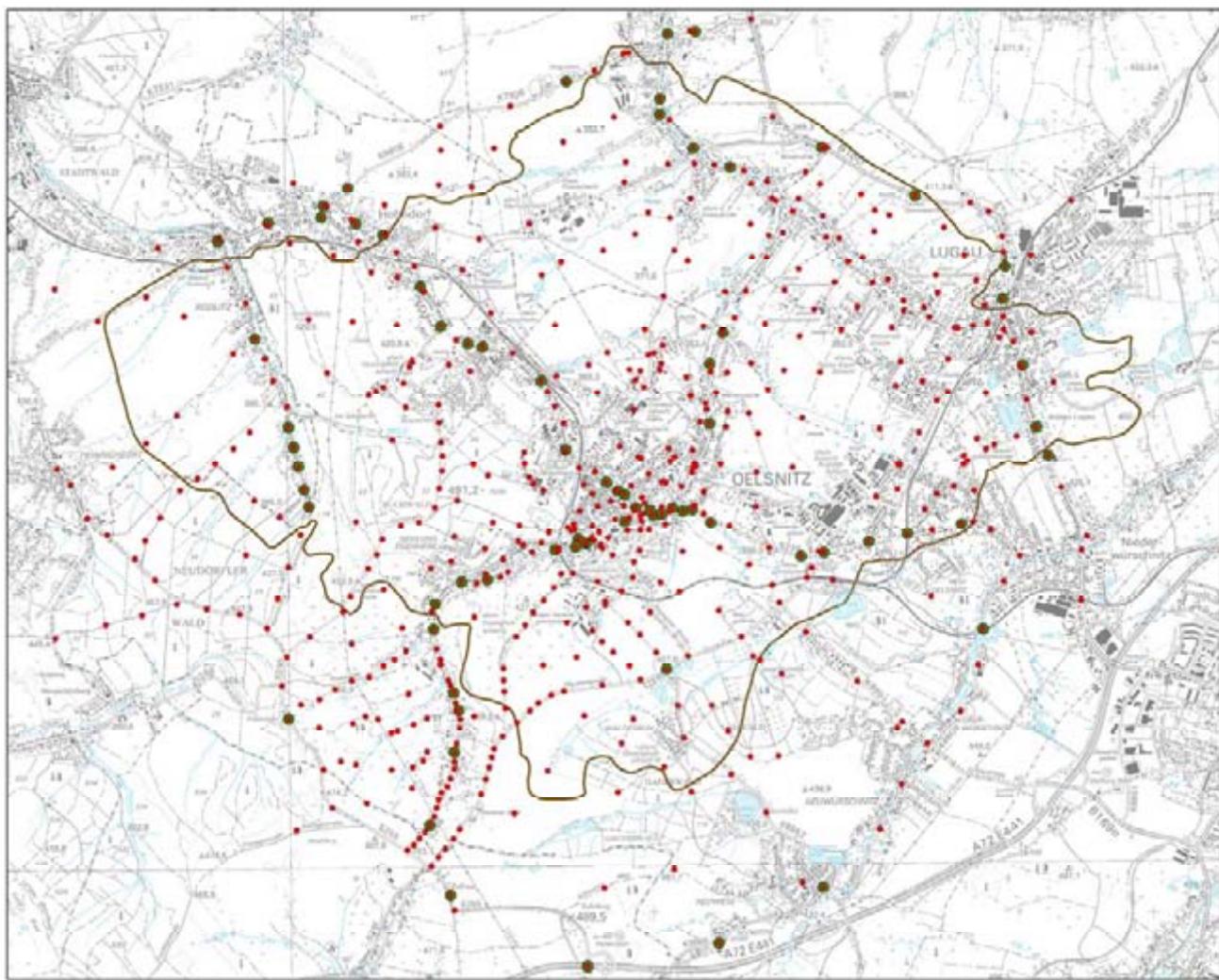


Abb. 5: Stützpunktwolke aller koordinierten Punkte (identische Punkte der Wiederholungsnivellements 1998 und 2002 mit größerem Radius und grün dargestellt)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Datenmodellierung

Vor der Modellierung der relativ zufällig verteilten Stützpunktwolken in den einzelnen Zeitabschnitten wurde zur Vermeidung von Randeffekten durch Extrapolation ein a priori-Senkungsnullrand generiert und an die Stützpunktdatei angehängt.

Die Interpolation erfolgte mit der vielfach bewährten und stützpunkttreuen multiquadratischen Methode unter Einbeziehung jeweils aller pro Zeitintervall verfügbaren Stützpunkte. Somit sind die einzelnen Zeitschritte mit der jeweils optimalen Informationsdichte generiert, wobei sich die Verteilung der Stützpunkte benachbarter Zeitintervalle ändert. Im Ergebnis liegen stetige Gittermodelle bei einer Maschenweite von 20 m und mit 446 * 456 Zellen vor.

Wie Abb. 6 zeigt, sind die Hebungen (negative Werte in mm) durchaus keine, nur auf einzelne Punkte oder Nivellementslinien einzugrenzende bzw. im Sinne von Fehlern bei der Messung oder Auswertung lokal zu interpretierende Phänomene.

Bei ungünstiger Punktkonstellation werden durch extreme Gradienten mit den Interpolationsalgorithmen stetige Modelle mit weitaus größeren Amplituden berechnet als in den Stützpunkten beobachtet. Aus diesem Grunde wurden die Modelle mit den jeweiligen Extremenwerten der Senkungs- und Hebungsbeträge in den Stützpunktdateien vor der weiteren Bearbeitungsstufe „beschnitten“.

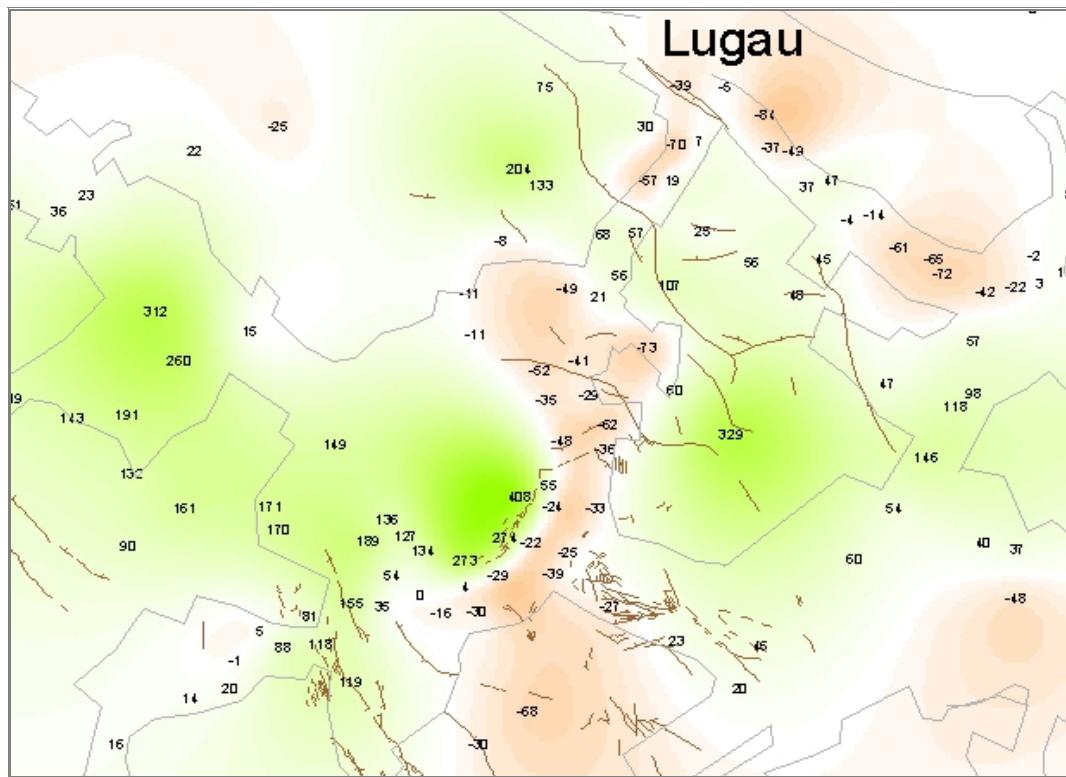


Abb. 6: Modell der Senkungsrate 1900-1902 mit Stützpunkten (Ausschnitt)

Im Ergebnis der Modellierung liegen 38 Grid-Dateien der Senkungsgraten pro Zeitintervall vor (Abb. 7), die mit der jeweils maximal möglichen Anzahl von Stützpunkten generiert werden konnten. Weil zunächst erst einmal Stützpunkte relevant sind, die in aufeinander folgenden Zeitpunkten beobachtet wurden, ergeben sich zwangsläufig veränderliche Stützpunktkonfigurationen (Abb. 8). Eine Vergleichbarkeit der Modelle war dadurch etwas eingeschränkt.

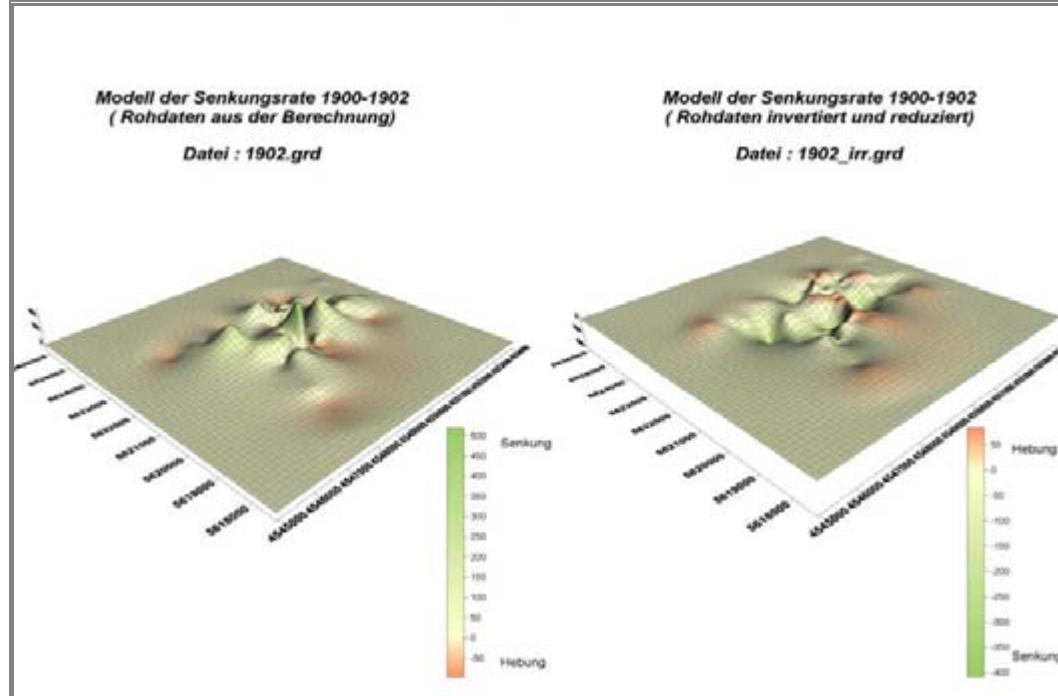


Abb. 7: Modelle der Senkungsgraten exemplarisch

Interpretation der Ergebnisse

Schon aus den Abb. 6 und 7 ist deutlich erkennbar, dass die Beträge der Senkungsraten die der Hebungsrraten um ein Vielfaches übersteigen. Aus Abb. 9, in der die Hebungsrraten mit zehnfacher Überhöhung dargestellt sind, geht hervor, dass die Hebungsrraten noch etwa bis 1930 relativ stark schwanken und sich danach aber bis in die siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts hinein in einem Intervall von 2 bis 6 cm bewegen.

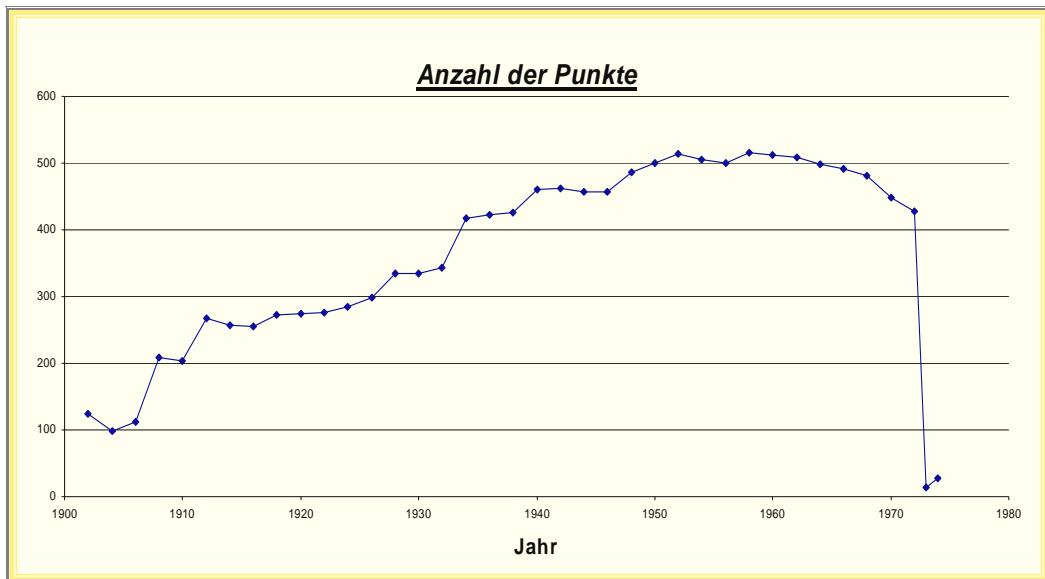


Abb. 8: Anzahl der Stützpunkte in den Modellen

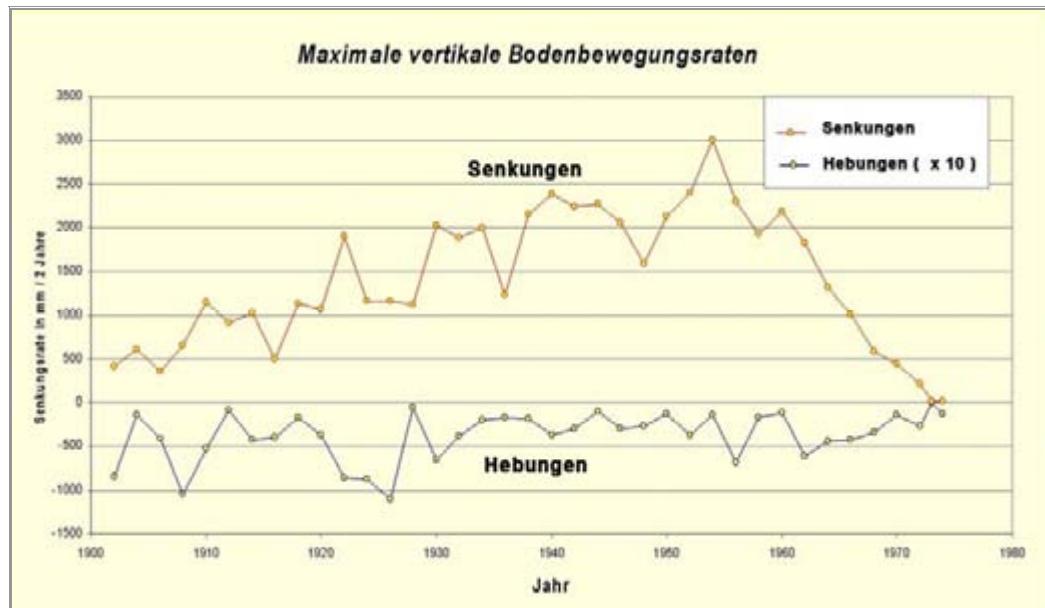


Abb. 9: Bodenbewegungsraten / 2 Jahre (Hebungen 10-fach überhöht)

In der älteren Fachliteratur (LEHMANN 1919, QUIRING 1938, KAMPERS 1939, OBERSTE-BRINK 1940) wurden Hebungsphänomene während der Abbauphase vorwiegend im Randbereich des Senkungstroges aber auch im Muldenzentrum auftretend, kontrovers diskutiert und mit verschiedenen theoretischen Überlegungen begründet. In der aktuelleren Literatur zur Bergschadenkunde (z. B. in KRATZSCH 1919) spielen diese Phänomene keine Rolle mehr. Dies mag einerseits an der Tatsache liegen, dass die Beträge keine Schadenrelevanz besaßen oder etwa andererseits, dass keine derartigen Beobachtungen mehr gemacht wurden.

Visualisierung der Modelle in Form von farbcodierten Karten und Blockbildern

Aus den Extremwerten der in Abb. 9 gezeigten Beträge der vertikalen Bodenbewegungsraten/2 Jahre resultiert letztendlich die Spannweite der Farbskala für die Visualisierung. Die Hebungsätze (0 bis 200 mm) sind von weiß bis ocker codiert. Die Senkungsraten von 0 bis 3000 mm sind weiß, gelb, grün, hellblau bis dunkelblau codiert.

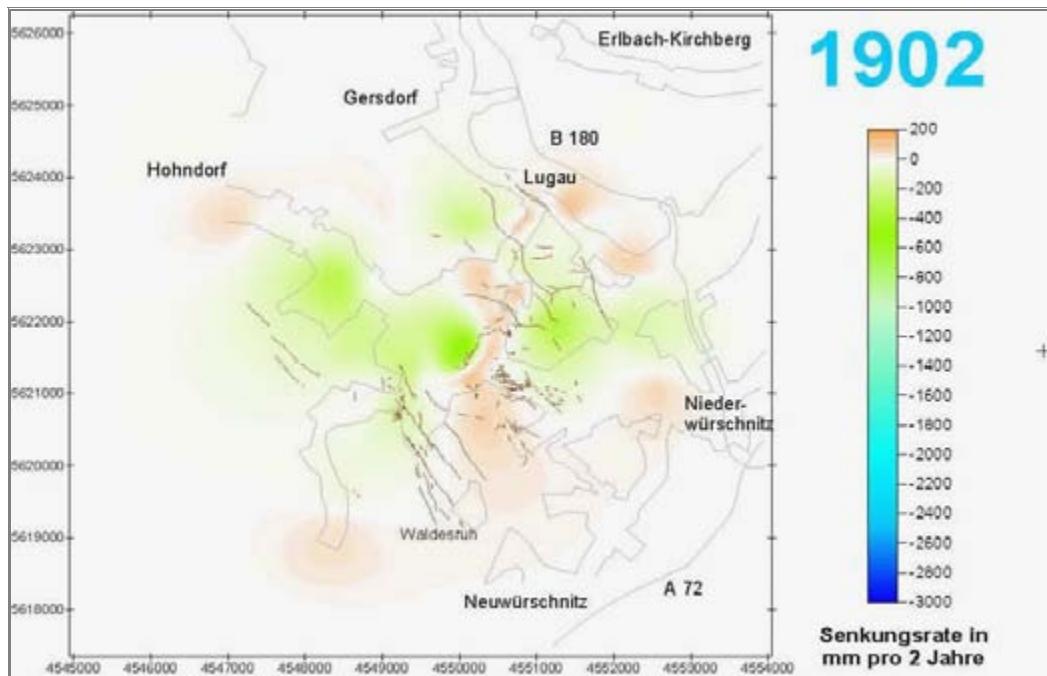


Abb. 10: Visualisierung der Senkungsraten im Grundriss mit Erdrisse

Die ursprünglich beabsichtigte Darstellung, neben den Ortslagen und den Hauptverkehrswegen zur groben Orientierung auch die im Verlauf des Abbaus zu Tage getretenen Erdrisse und Spalten (Abb. 10) darzustellen, wurde wieder verworfen. Dafür wurden die wichtigsten tektonischen Störungen, die Plutoschacht-Verwerfung und die Rödlitzer Verwerfung als an die Oberfläche projizierte Einfallfläche (Abb. 11) mit dargestellt. Außerdem wurden, von 1910 an beginnend, aller 10 Jahre ausgewählte Isokatabasen (Linien gleicher Senkung) visualisiert, so dass neben den farbcodierten Senkungsraten auch die Entwicklung der geometrischen Struktur der Gesamtsenkungsmulde sichtbar wird.

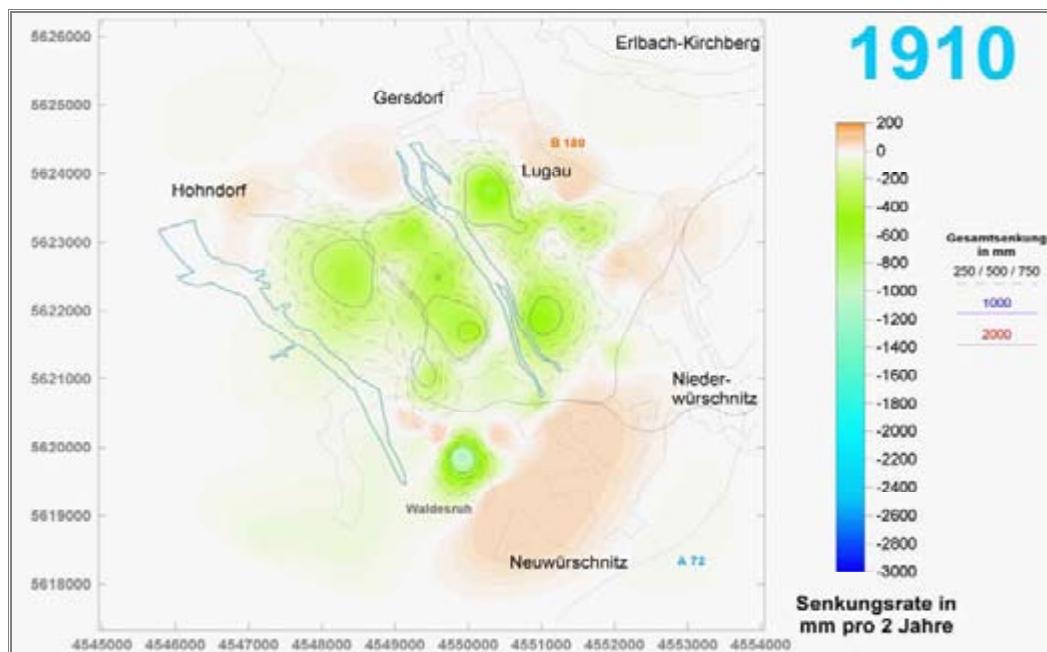


Abb. 11: Visualisierung der Senkungsraten mit Störungen und Isokatabasen

Die durch die Störungen bedingte Blockstruktur der Abbauentwicklung kommt sowohl in der räumlichen Entwicklung des gesamten Senkungstroges als auch in der Entwicklung der Senkungs- und Hebungsbereiche zum Ausdruck.

Die Gesamtsenkung wurde auch als Blockbild visualisiert. Bei einer Endsenkung im Bereich „Waldesruh“ von ca. 17,5 m sind neben einer geeigneten Farbskala auch die Auswahl einer sinnvollen Projektion, der Perspektive sowie des Maßstabsverhältnisses

$$M_x, M_y : M_z$$

äußerst eingeschränkt. So sind Senkungen von ca. 2 m im Jahre 1910 nur durch die Farbcodierung, nicht aber am Relief des Modells erkennbar (Abb. 12).

Eine denkbare Steigerung der Überhöhung der Senkungen durch Änderung des Maßstabsverhältnisses könnte diesen Umstand zwar beheben, würde aber bezüglich der Visualisierung des Endzustandes dazu führen, dass der Einblick in die Senkungsmulde nicht mehr gegeben ist. In Abb. 13 ist die extreme Mulde im Bereich des ehemaligen Gasthauses „Waldesruh“ sowohl durch die Farbcodierung als auch im Relief des Schaubildes gut erkennbar.

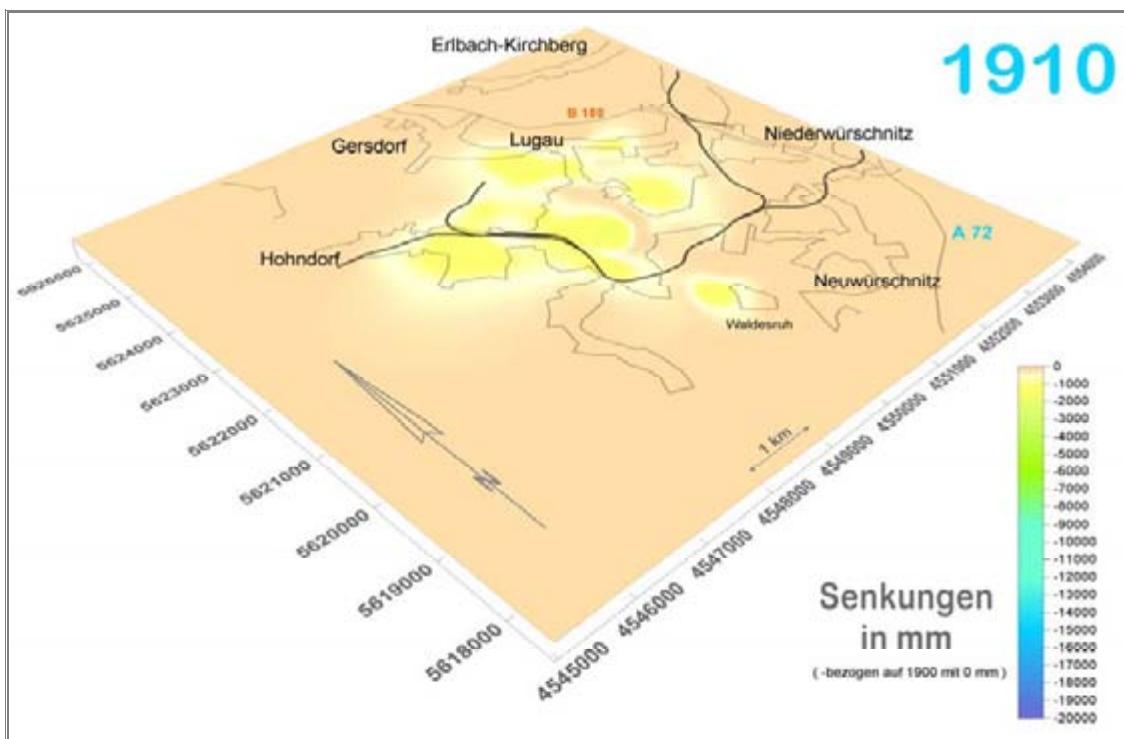


Abb. 12: Visualisierung des Senkungstroges als Blockbild (1910)

Die Darstellungen sind aus dem Geostatistik Softwaresystem SURFER als JPEG-Image-Dateien exportiert worden und stehen für eine weitere Bearbeitung zur Verfügung.

Visualisierung der Modelle in Form einer multimedialen Präsentation

Für die Animation der Einzelbilder wurde eine Softwarelösung verwendet, welche die Einzelbilder mit entsprechenden Überblend-Effekten verbindet. Außerdem gestattet die Software die Einfügung und Animation von Titeltexten und ermöglicht zusätzlich die Einbindung von Audiodateien, so dass aus den generierten Einzelbildern letztendlich mehrere multimediale Präsentationen entstanden sind.

Im Ergebnis der Auswertung und Analyse der sog. „Reviernivellierungen“ stehen Videoclips zur Verfügung, die zum einen die 2-Jahres-Senkungsraten und zum anderen die Gesamtsenkung als räumliche und zeitliche Entwicklung des Senkungstroges von 1900 bis 1972 in wenigen Minuten zeigen können.

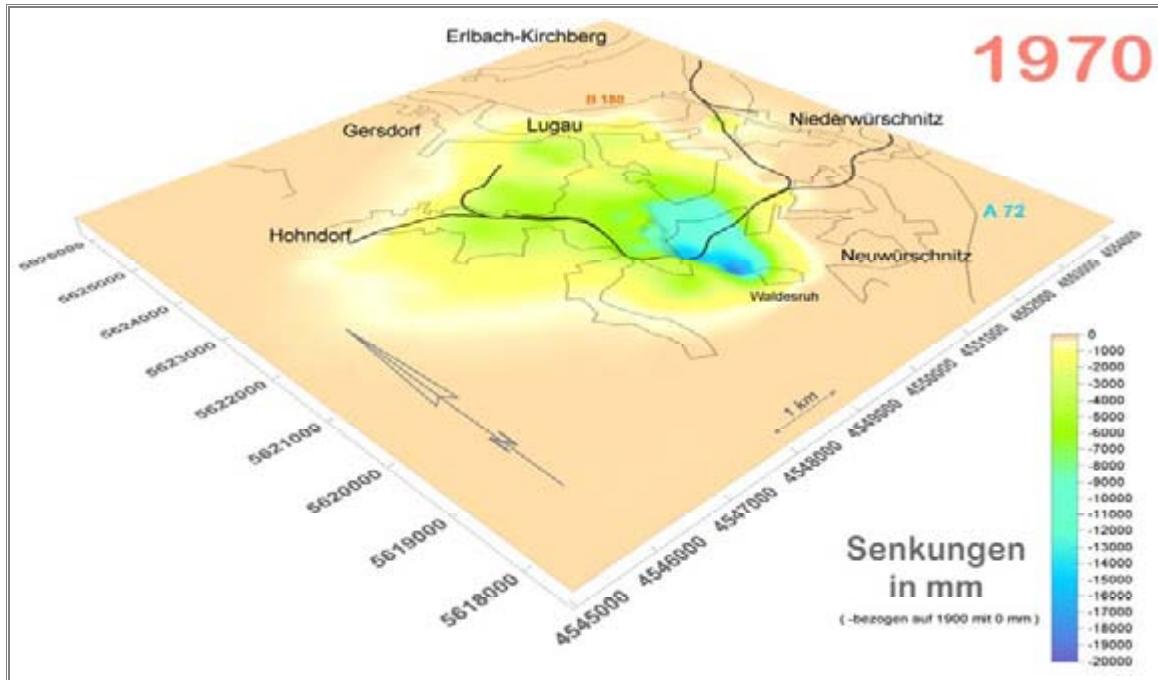


Abb. 13: Visualisierung des Senkungstroges als Blockbild (1970)

Vergleich mit dem Senkungsmodell von Markscheider Beyer 1974

Die Abb. 14 und 15 zeigen die unabhängig voneinander erstellten Iskatabasen-Darstellungen des Senkungstroges in vergleichbarer kartographischer Bearbeitung.

Es ist eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Modellen erkennbar. Größere Unterschiede, vor allem im Randbereich des Senkungstroges, sind auf Grund der Anwendung unterschiedlicher Interpolationsverfahren als normal einzuschätzen.

Hebungen durch den Grubenwasseranstieg

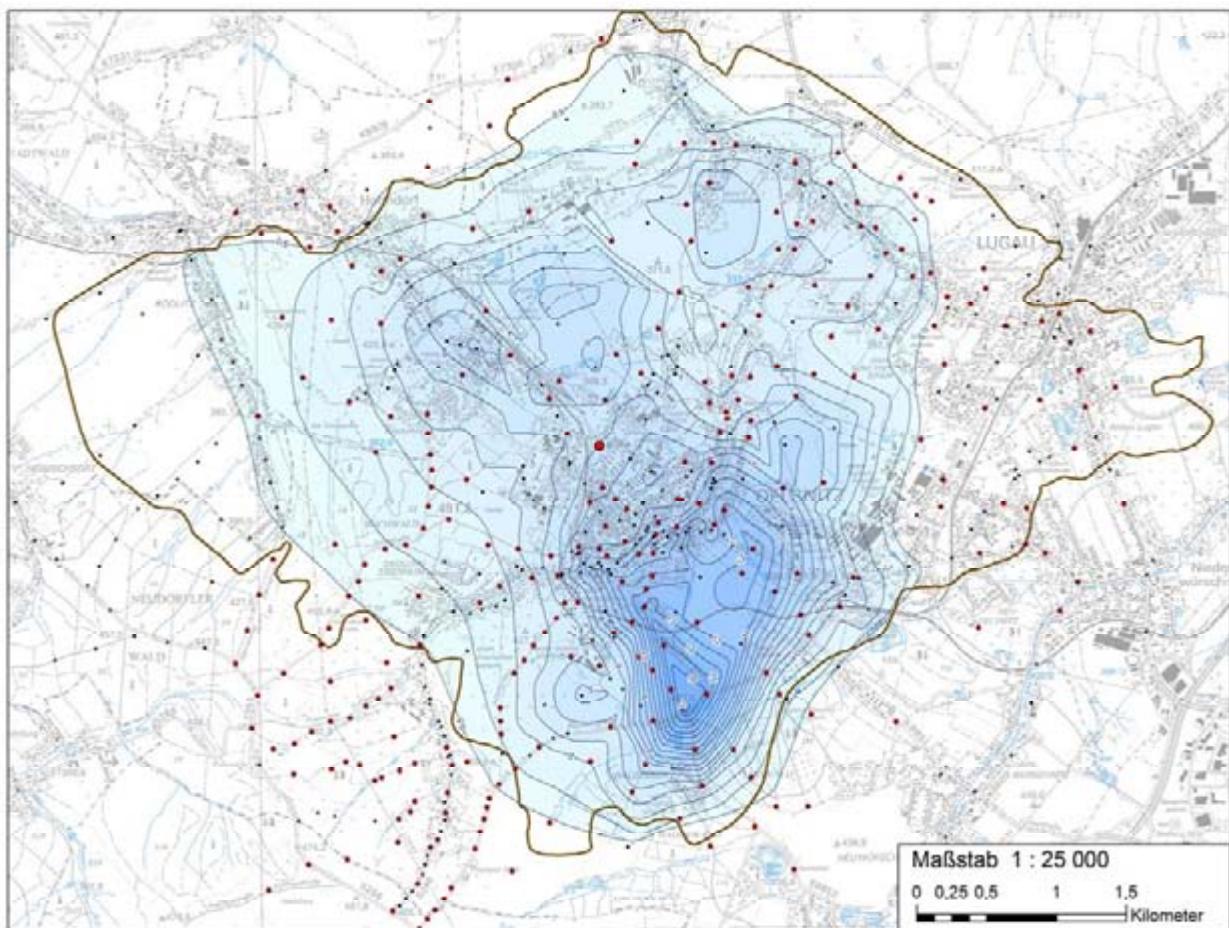
Grubenwasseranstieg

Während der aktiven Bergbauphase mussten die über die Kluftsysteme bzw. Tagesschächte zusitzenden Wässer mit Pumpen bis auf ein Niveau gehoben werden, so dass sie über einen Stollen durch natürliches Gefälle einem Vorfluter übergeben werden konnten. Mit Einstellung des Bergbaus 1971 wurde auch die bergbauliche Wasserhaltung eingestellt und das zusitzende Wasser steigt seither in den Resthöhlräumen nach Abklingen der Senkungen an. Im Oelsnitzer Revier vollzieht sich dieser Grubenwasseranstieg auf Grund des geringen Aufkommens an zusitzenden Wässern im Vergleich zu anderen sächsischen Bergbaurevieren (Zwickau, Dresden-Bannowitz, Dresden-Gittersee) sehr langsam.

Im Zusammenhang mit dem Grubenwasseranstieg sind aus anderen Bergbaurevieren unterschiedliche Reaktionen an der Tagesoberfläche beobachtet worden. An entsprechenden Prognosemodellen wird gegenwärtig noch gearbeitet, da die Datenlage recht dünn ist. Im Vergleich zu den Senkungen während der aktiven Bergbauphase fallen diese Hebungen von ihrem Betrag sehr gering aus. Vollziehen sich diese Bodenbewegungen hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Struktur stetig, so sind kaum schädigende Einwirkungen an der Tagesoberfläche zu erwarten.

Nivellement-Messungen seit 1996

Mit der Aufarbeitung der historischen Unterlagen und der Beantwortung der Fragestellung des tatsächlichen Standes des Grubenwasserpegels wurden 1996/97 erstmals wieder Teilbereiche des Reviernivellements vermessungstechnisch beobachtet. Auf Grund der begrenzten finanziellen Mittel mussten sich diese Messungen leider auf einen relativ bescheidenen Umfang beschränken.



- im Reviernivellement 1972 gemessene Höhenmesspunkte
- alle sonstigen Höhenpunkte im Reviernivellementsnetz
- Ansatzpunkt der Tiefbohrung 1A/2003
- Begrenzung der Lagerstätte nach BEYER (1974)

Abb. 14: Deformationen an der Tagesoberfläche von 1900 bis 1972 nach BEYER (1974), Auszug aus FELIX u. a. (2007)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Im Jahre 2002 konnte eine umfangreichere Messkampagne durchgeführt werden, die auch peripherie Nivellement-Linien einbezog und somit relativ genaue und zuverlässige Aussagen mit den Methoden der sog. Ausgleichsrechnung ermöglicht. Dieses Nivellement-Netz wurde 2006 mit vergleichbarem Aufwand erneut gemessen, so dass ein Epochenvergleich möglich wurde.

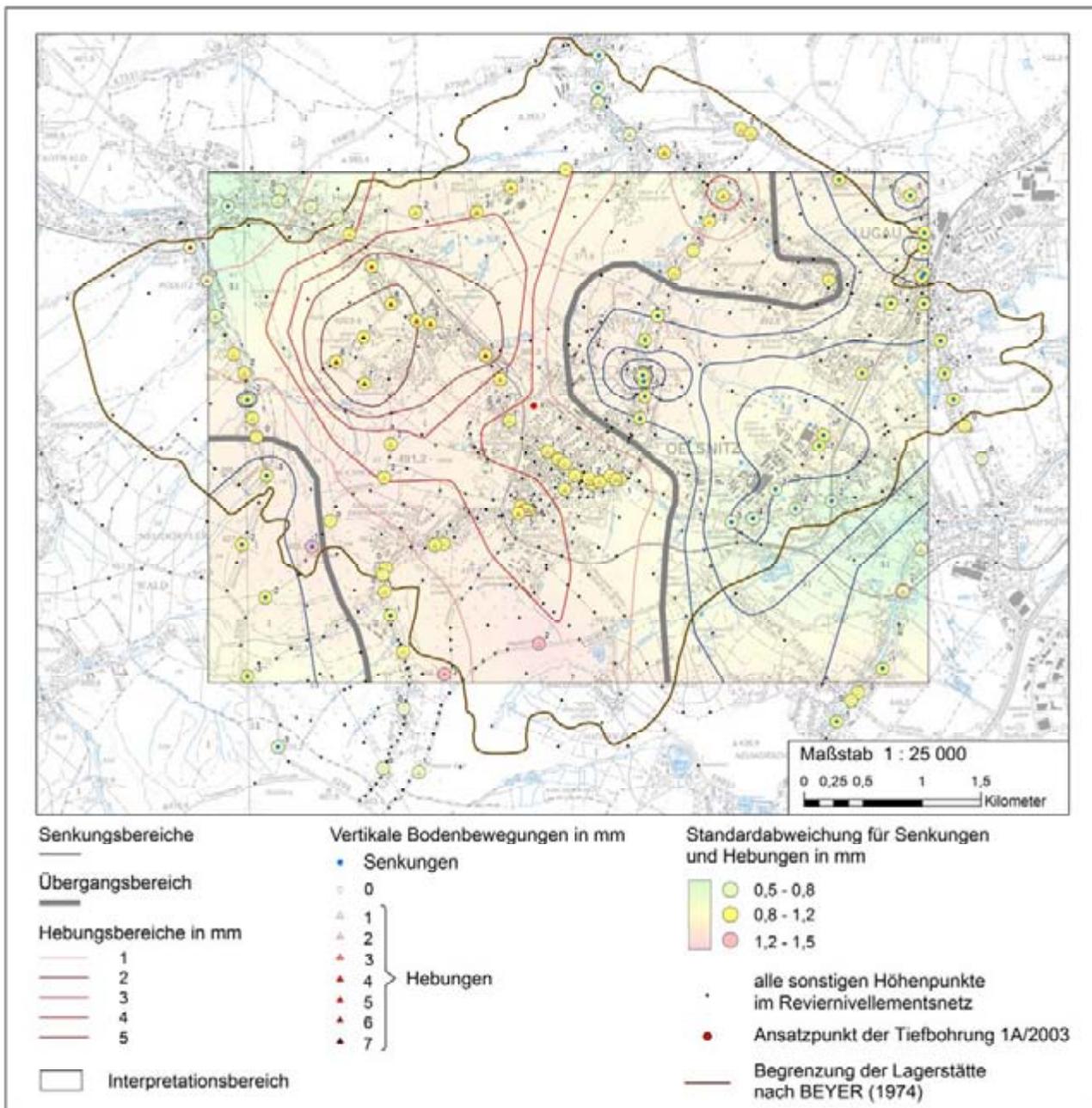


Abb. 15: Vertikale Bodenbewegungen 2002 – 2006 nach LÖBEL & DÖHNER, Ausschnitt aus FELIX u. a. (2007)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Epochenvergleiche

Grundsätzlich muss zu dieser Problematik angemerkt werden, dass mit geringer werdenden Beträgen der zu erwartenden Bodenbewegungen die Anforderungen an die Genauigkeit und damit der vermessungstechnische Aufwand überproportional steigt. Der Vergleich durch Differenzbildung der Höhenangaben der beiden in sich ausgeglichenen Beobachtungsepochen bedingt, dass die Ergebnisse umso eindeutiger interpretiert werden können, je deutlicher sich die Bewegungsbeträge von den Standardabweichungen der ausgeglichenen Höhen (Genauigkeiten der Messungen) unterscheiden. Aus diesem Grunde wurden bei der kartographischen Visualisierung der Höhendifferenzen beide Sachverhalte (Betrag der vertikalen Bodenbewegung und Standardabweichung) gleichzeitig sichtbar gemacht. Die mit den Ampelfarben hinterlegten äußeren Kreissymbole an den Beobachtungspunkten kennzeichnen die Standardabweichung. Die in den Kreisen eingetragenen dreieckigen Symbole sind entsprechend ihres Hebungsbetrages von hellrot nach dunkelrot hinterlegt.

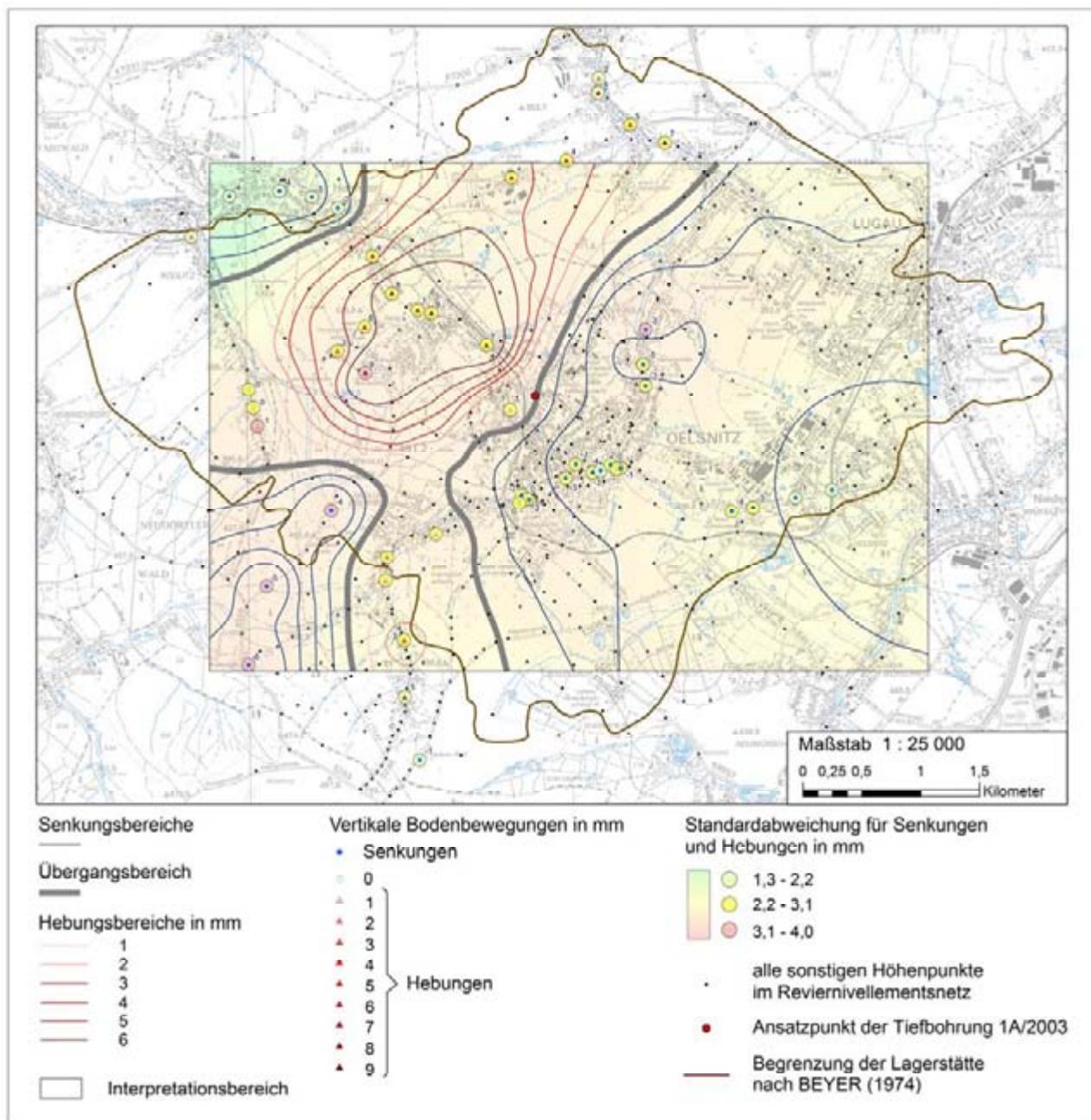


Abb. 16: Vertikale Bodenbewegungen von 1996/97 bis 2002 (LÖBEL, DÖHNER) Ausschnitt aus FELIX u. a. (2007)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Die Darstellung der Hebungen (Abb. 16) zeigt, dass ein großer Teil der vertikalen Bodenbewegung aus den Differenzen in der Größenordnung der Standardabweichungen liegt, d. h. eine eindeutige Aussage zum tatsächlichen Bewegungsbetrag ist in diesen Bereichen wage.

Noch bedenklicher werden Aussagen aus dem Epochenvergleich 2002 mit 1996/97, da die innere Messgenauigkeit 1996/97 relativ niedrig eingeschätzt werden musste und außerdem noch weniger Punkte gemessen wurden.

Abb. 17 resultiert aus dem Epochenvergleich 1972-1996/97, wobei die farbige Hinterlegung in den Ampelfarben lediglich die Standardabweichungen der Messkampagne 1996/97 beschreibt. Die entsprechenden Angaben für die Auswertung der Messungen 1972 standen leider nicht zur Verfügung.

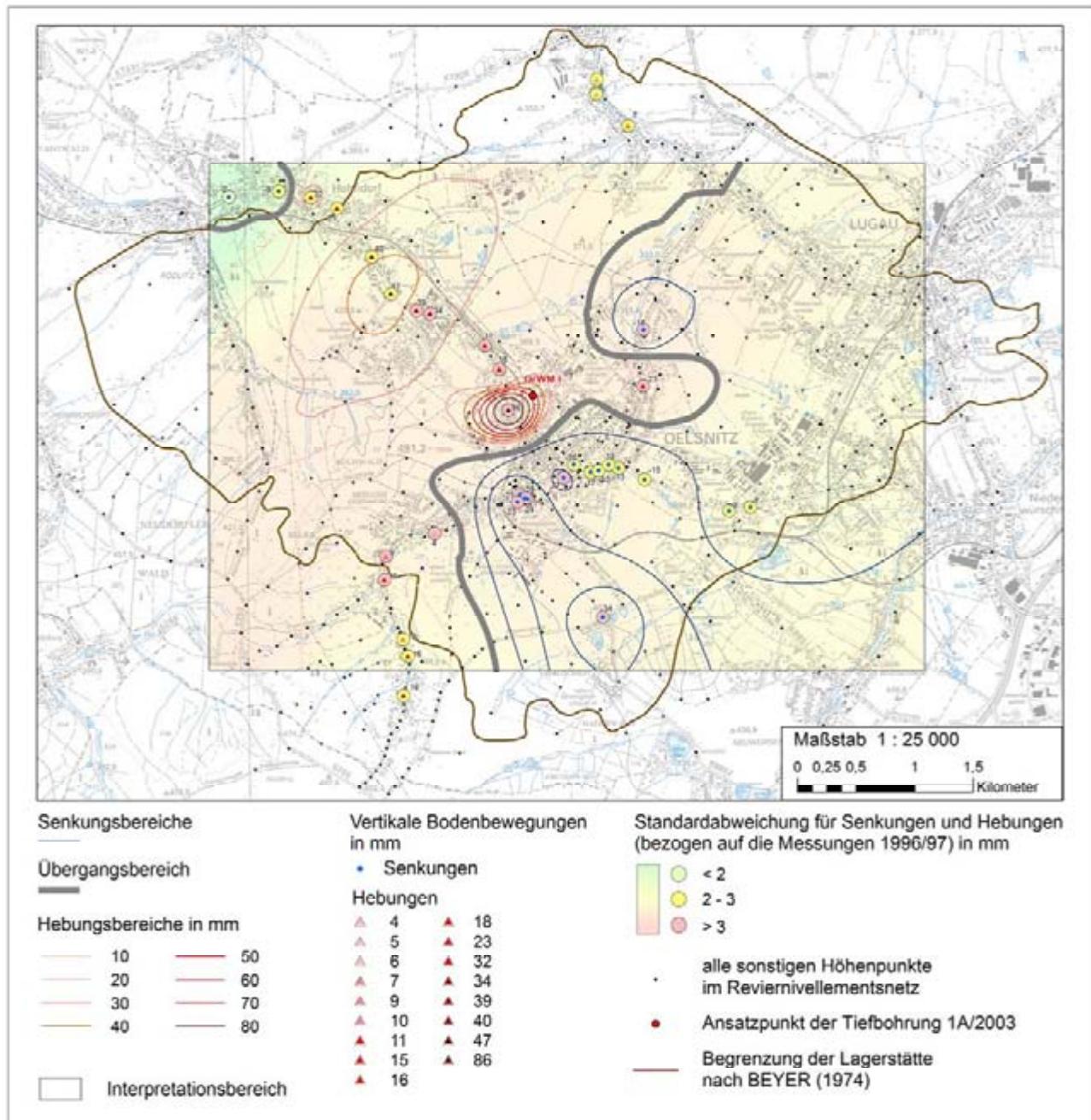


Abb. 17: Vertikale Bodenbewegungen von 1972 bis 1996/97 (Löbel, Döhner), Ausschnitt aus Felix u. a. (2007)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Das Ergebnis des Epochenvergleiches ist analog zu 2002-2006 in Abb. 18 dargestellt. Die Ähnlichkeit der hauptsächlichen Konturen ist eindeutig erkennbar, so dass die Aussagen tendenziell bestätigt werden. Dieses Beispiel zeigt eindrucksvoll, dass durch eine geringere Genauigkeit (höhere Standardabweichung) nicht zwangsläufig eine schlechtere Schätzung im Sinne des mathematisch ausgeglichenen konkreten einzelnen Höhenwertes verbunden sein muss.

Abgesehen von einigen Merkwürdigkeiten an einzelnen Punkten, deren Ursachen durch den langen Betrachtungszeitraum nicht geklärt werden können und müssen, bestätigt doch die Ähnlichkeit in den wesentlichen Konturen das seit 1996/97 vermessungstechnisch nachgewiesene Bewegungsbild. Auch die im Hebungsbereich ausgewiesenen 47 mm bedeuten eine mittlere Hebeungsrate von ca. 2 mm/Jahr, was der seit 1996/97 beobachteten Größenordnung entspricht.

Abb. 18 zeigt die Plausibilität des Bewegungsbildes in Bezug auf das Grubenwasseranstiegsmodell (FELIX u. a. dieses Heft). Es ist deutlich zu erkennen, dass die gelb-schwarz markierten noch nicht gefluteten Modellierungsboxen 1-5 im NE der Pluto-Schacht-Verwerfung (dunkelblau) im Wesentlichen außerhalb des Hebungsbereiches liegen.

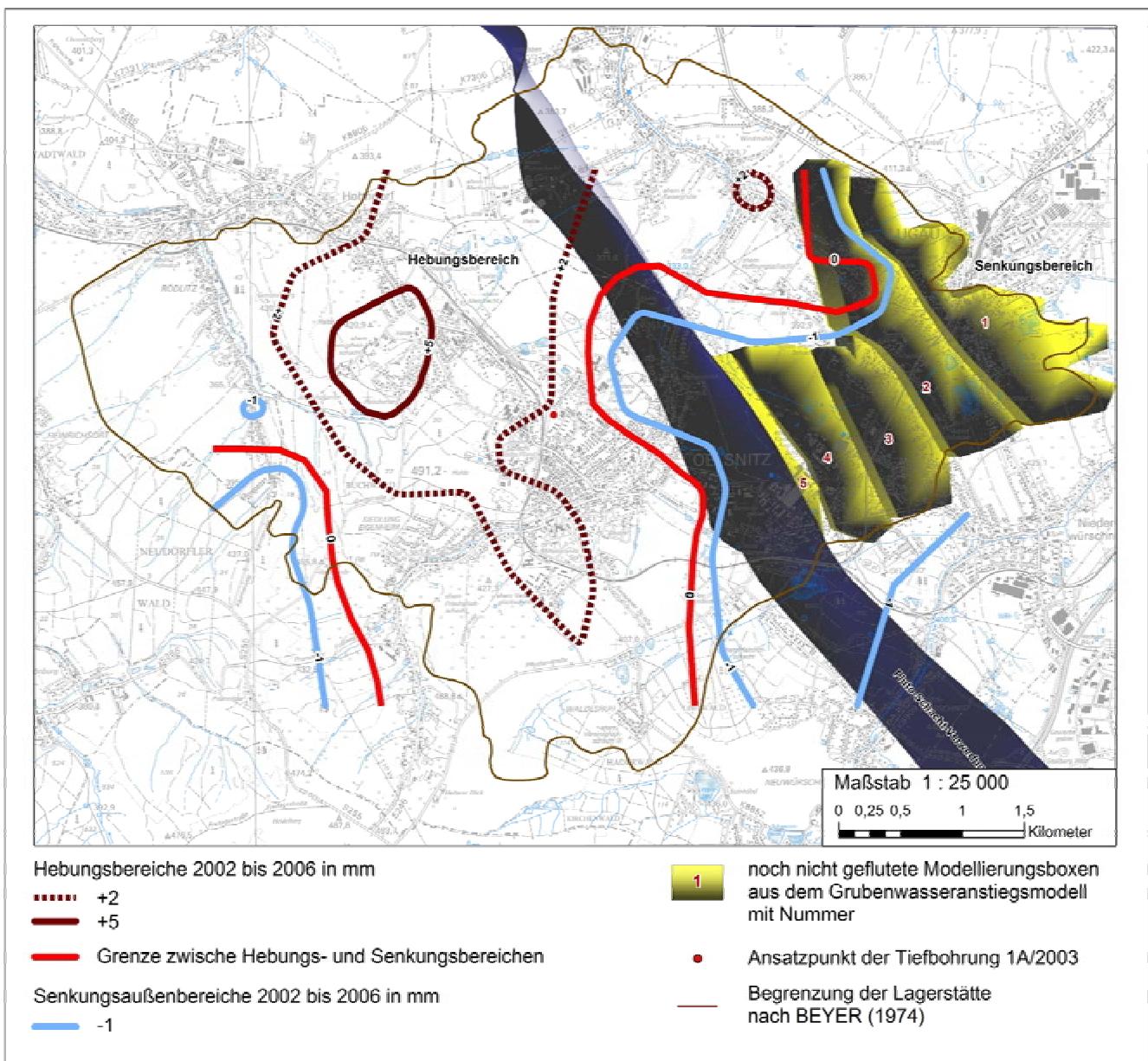


Abb. 18: Vertikale Bodenbewegungen 2002-2006 im Vergleich zur Lage der über dem Niveau des Flutungspegels stehenden „Boxen“ des Flutungsmodells (aus FELIX u. a. 2007)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Literaturverzeichnis

- BEYER, C.; SCHNEIDER, H.; UNGER, R. (1974): Die bergschadenkundliche Analyse der Steinkohlenglagerstätte Lugau/Oelsnitz. - VEB Baugrund Berlin/Produktionsbereich Zwickau (unveröffentlicht), Stand: Oktober 1974.
- BRÄUER, CH. (2005): Analyse von Senkungsbeobachtungen im Bergaugebiet Oelsnitz/Erzgebirge. - TU Bergakademie Freiberg, Studienarbeit, unveröffentlicht.
- C&E-Consulting und Engineering GmbH (2002): Reviernivellement 2002 Oelsnitz/Erzgebirge. - Akte beim sächsischen Oberbergamt in Freiberg, unveröffentlicht, Chemnitz.
- Ergebnisse der Reviernivellierungen im Lugau/Oelsnitzer Bergbaubezirk. - Akte beim sächsischen Oberbergamt in Freiberg, unveröffentlicht.
- FELIX, M. u. a. (2007): Unveröffentlichter Abschlußbericht - Bergbaufolgen im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz unter besonderer Berücksichtigung des Grubenwasseranstiegs. - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg.
- KAMPERS, D. B. (1939): Hebungen am Rande bergbaulicher Senkungsmulden infolge Aufwölbungen von Sattelkuppen. - in: Kohle und Erz, 36, S. 521-53.

- KRATZSCH; H. (1997): Bergschadenkunde. - Deutscher Markscheider-Verein e.V., Bochum, 1997.
- LEHMANN, K.(1919): Bewegungsvorgänge bei der Bildung von Pingen und Trögen. - in: Glückauf, 55, S. 933-942.
- ÖBERSTE-BRINK, K. (1929): Das Wesen des Bewegungsvorganges bei Bodensenkungen infolge von Einwirkungen des Bergbaus. - in: Glückauf, 65, S.121-131.
- ÖBERSTE-BRINK, K. (1940): Die Frage der Hebungen bei Bodenbewegungen infolge Bergbaues. - in: Glückauf, 76, , Sp. 521-530.
- QUIRING, H. (1938): Hebungen am Rande und im Inneren bergbaulicher Senkungsmulden. - in: Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Band 86, S. 413-418.
- VOGEL, R. (1993): Das Lugau/Oelsnitzer Steinkohlenrevier. - Mugler Druck-Service GmbH Hohenstein-Ernstthal.
- WEBER, S. (1994): Erfassung und Bewertung von Informationen zu bergbaubedingten Altlasten im ehemaligen Steinkohlenrevier Oelsnitz/E. und Verarbeitung in einem Geo-Informationssystem. - TU Bergakademie Freiberg, Studienarbeit, unveröffentlicht.

Dreidimensionale Modellierung von Geologie und Bergbau als Grundlage für die Bewältigung der Bergbaufolgen im Lugau/Oelsnitzer Revier

(GÖRNE, S.¹; FELIX, M.¹; BERGER, H.-J.¹)

Einleitung

Die Welt der Geologie und des Bergbaus ist dreidimensional. Die traditionellen zweidimensionalen geologischen Oberflächenkarten reichen für die Zwecke der Bergbaufolgenbewältigung etc. häufig nicht mehr aus.

Dem entgegen kommt die schnelle Entwicklung leistungsfähiger Hardware sowie dreidimensionaler Modellierungssoftware in den letzten Jahren. Um die komplexe Bergbaufolgeproblematik zu modellieren und zu visualisieren, kam im Revier Lugau/Oelsnitz erstmals in größerem Umfang 3D-Geomodellierungssoftware zum Einsatz.

Datenaufbereitung/Datenverarbeitung

Die vor allem für die Rekonstruktion des Bergbaureviers in größeren Teufen wichtigen Angaben zu den Tagesschächten wurden der bergschadenkundliche Analyse (BEYER u. a. 1974), den Grubenrissen der Gruppenmarkscheiderei Oelsnitz und dem Aufschlussarchiv des LfULG entnommen. Die Angaben zu den Ansatzhöhen und den Teufen der verschiedenen geologischen Einheiten wiesen z. T. starke Differenzen auf.

Für die weiteren Bearbeitungs- und Modellierungsschritte wurden die Daten der LfULG-Aufschlussdatenbank zur Grundlage genommen. Im Falle des Fehlens von Angaben wurde auf BEYER (1974) bzw. auf die Grubenrisse zurückgegriffen.

Die Daten zu den untertägigen Auffahrungen (Blindschächte, Strecken, Überhauen, Abbaublöcke, Abbaizeiträume etc.) wurden ebenfalls den genannten Grubenrissen entnommen. Die wesentlichen Daten aus den Rissen wie Verlauf und Teufenlage relativ zur Oberfläche wurden aus den gescannten und georeferenzierten Unterlagen digital erfasst und z. T. generalisiert dem Objektdatenbestand Lugau/Oelsnitz zugeführt. Sie bilden neben den Schacht- und Bohrungsdaten und den Abaugebieten der verschiedenen Flöze den wesentlichen Bestandteil dieses Datenpools.

Eine Vielzahl von Unterlagen zum Abbau, der Wasserhaltung etc. über den gesamten Bergbauzeitraum beinhalten die Archivdaten des Bergbaumuseums Oelsnitz und des Bergarchivs Freiberg. Diese Unterlagen wurden gesichtet und als Eckdaten für die Modellierung einbezogen.

Zum Grubenrevier existieren des Weiteren im Archivbestand des LfULG ca. 1.300 geologische Aufschlüsse, wobei nicht für alle Schichtenverzeichnisse vorliegen. Die vorhandenen Archivbohrungen wurden auf ihre Relevanz zu Aussagen über die Abgrenzung der geologischen Einheit gesichtet. Der Großteil dieser Bohrungen erwies sich v. a. wegen zu geringer Teufenerstreckung für die Modellbildung als nicht verwendbar.

Nutzung des digitalen Höhenmodells

Für den Raum Oelsnitz liegt das digitale Geländemodell von ATKIS Qualitätsstufe 2 (DGM/Q2) des Landesvermessungsamtes Sachsen mit einer Auflösung von 20 m vor. Die Daten wurden für die Visualisierung und 3D- bzw. Wasseranstiegsmodellierung genutzt. Für die Lösung detaillierter Fragestellungen, z. B. bezüglich der aktuellen Ansatzhöhen der Schächte, waren die Daten aufgrund der Höhengenauigkeit von ca. +/- 2 m nur bedingt geeignet.

Aufbau eines digitalen thematischen Kartenwerkes

Die digitalisierten Daten (Grubenrisse, Schnitte etc.) und neu erzeugten Daten wurden mit dem Geografischen Informationssystem (GIS) ESRI ArcGIS 9.1 aufgearbeitet und zu thematischen Kartenebenen zusammengestellt. Für das Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz liegt damit ein digitales Kartenwerk zur Thematik Bergbau/Bergbaufolgen vor, welches bei Bedarf für weiterführende Arbeiten genutzt werden kann.

Aufbau der geologisch-tektonischen und bergmännischen 3D-Modelle

Um die äußerst komplizierten geologisch-tektonischen Verhältnisse in ihrer Komplexität effektiv bearbeiten zu können und gleichzeitig die notwendige Datengrundlage für die 3D-Grubenwasseranstiegsmodellierung zu schaffen, wurde ein geologisch-

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

tektonisches und ein bergmännisches 3D-Modell erstellt. Die dreidimensionale Modellierung mit Hilfe der Software Paradigm™ GOCAD® hat u. a. den Vorteil, dass die gewonnenen geologischen Raumdaten jederzeit operativ mit den Modelldaten abgegli- chen werden konnten.

Der Hauptaufwand beim Aufbau der Modelle lag in der Aufarbeitung aller notwendigen geologischen und bergmännischen In- formationen und deren digitaler Erfassung.

Ausgangsdaten

Der Modellierungsraum hat entsprechend dem Untersuchungsgebiet eine Ausdehnung von 10.000 x 6.600 x 1.850 Meter und beinhaltet i. W. folgende Daten:

- Flözdaten in Form von analogen Flözverbreitungskarten
- Aufschlussdaten aus der Aufschlussdatenbank des LfULG

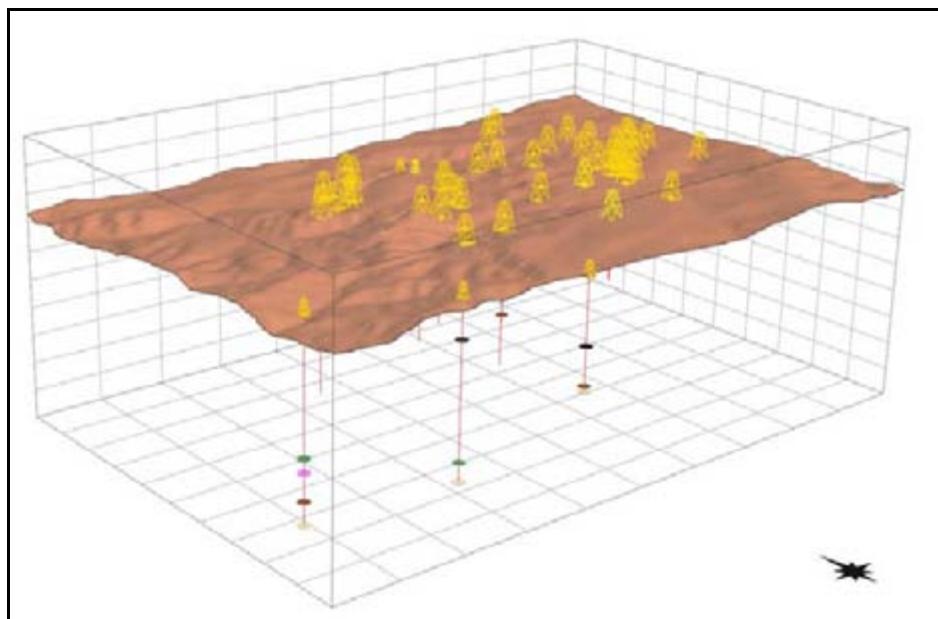


Abb. 1: Ausgewählte Bohrungen und Tagesschächte als 3D-Darstellung (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Für das Bearbeitungsgebiet lagen ca. 1.300 Aufschlussdaten in Form von Schacht- und Bohrprofilen vor. Für die 3D-Modellierung waren hiervon nur diejenigen (ca. 100) Aufschlüsse geeignet, die mindestens eine Rotliegend-Formation durch- teuft oder das Oberkarbon aufgeschlossen haben. Letzteres trifft vor allem für die Tagesschächte, die Bohrungen der Steinkoh- lenerkundung und einige Wismut-Bohrungen zu. Mithilfe eines eigens programmierten Softwaremoduls wurden die entspre- chenden Daten aus der Aufschlussdatenbank in GOCAD-Well-Objekte konvertiert. Abb. 1 zeigt eine Auswahl der Bohrungen und Schächte als 3D-Darstellung.

Die Flözdaten liegen in Form von analogen Flözverbreitungskarten im Maßstab 1 : 5.000 vor. In den Flözverbreitungskarten ist die Lage des Steinkohleabbaus mit entsprechenden Teufenangaben sowie der Verlauf während des Bergbaues angetroffener Störungselemente verzeichnet. Diese Informationen zur geologisch-tektonischen Ausbildung des Oberkarbons bilden eine der wichtigsten Grundlagen für das 3D-Modell. Zur digitalen Weiterverarbeitung wurden alle digitalisierten Flözrisse mit einem ei- gens entwickelten Export-Tool in GOCAD® eingelesen. Die so erstellten Daten lagen jeweils in Form eines Linienobjektes der Flözbegrenzung und eines Punktobjektes der Teufenlage vor und dienten als Berechnungsgrundlage der 3D-Flözbasis-Flächen (Abb. 2).

- Digitales Geländemodell (DGM)

Eine weitere Form der Ausgangsdaten umfasst die Daten des digitalen Geländemodells DGM/Q2. Ausgehend von Rasterdaten im 20 x 20 m Raster wurde die Geländeoberfläche berechnet und in das 3D-Modell eingearbeitet.

- Geologische Karte im Maßstab 1 : 25.000 (GK25, Blatt 5242) mit tektonischer Karte des Untersuchungsgebietes

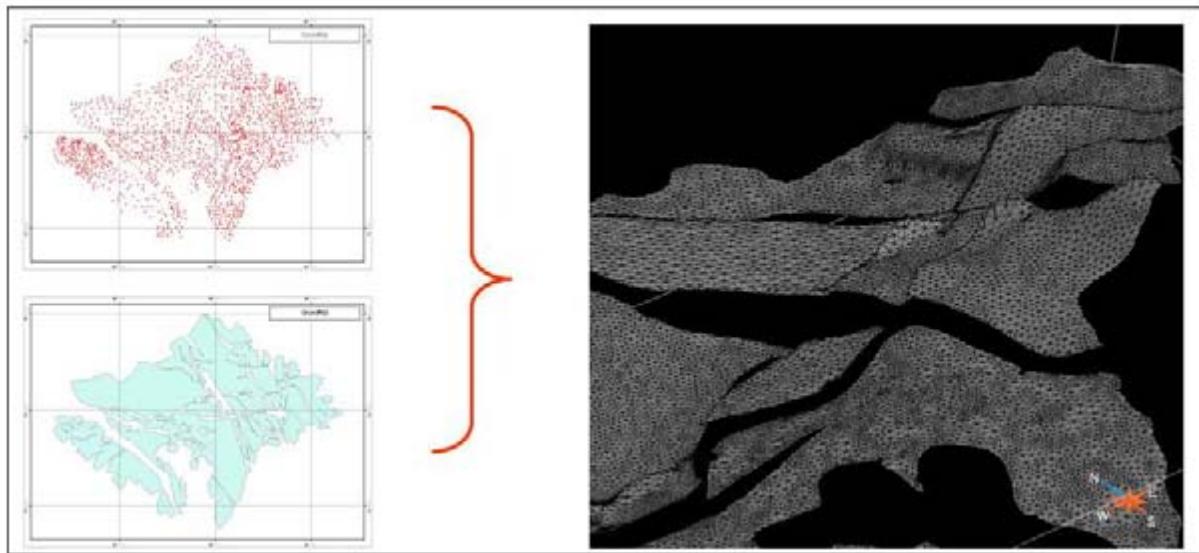


Abb. 2: Beispiel für die Erstellung einer 3D-Flözfläche aus Punkt- und Liniendaten (erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Die neu überarbeitete digitale geologisch-tektonische Karte des Untersuchungsgebietes lieferte auch für die 3D-Modellierung einen wertvollen Ausgangsdatenbestand. Die Ausbisslinien der geologischen Schichten und die Oberflächenlagen tektonischer Elemente konnten durch Projektion der Karte auf das Oberflächenmodell (Abb. 3) fixiert und als Randbedingungen für die Modellierung verwendet werden.

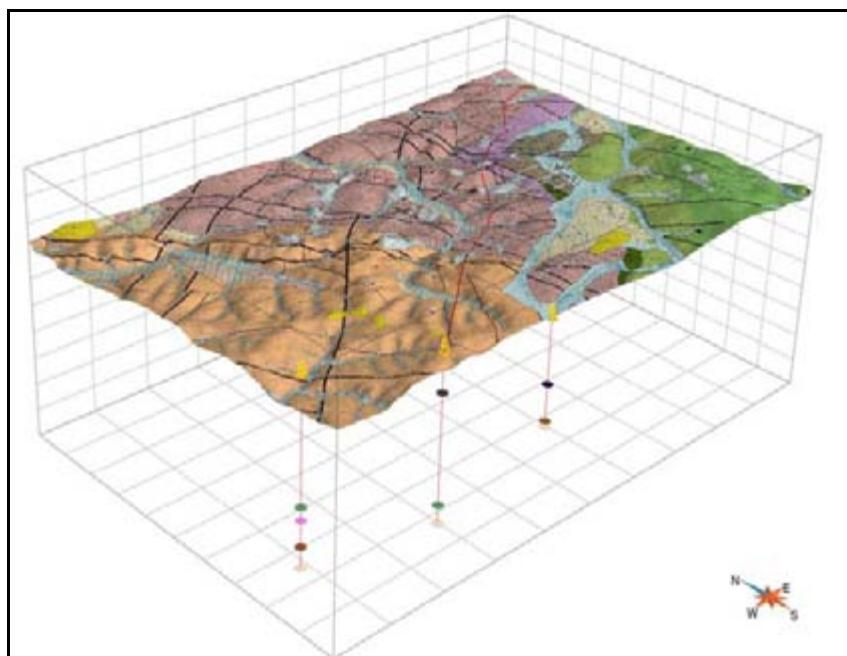


Abb. 3: Auf das digitale Geländemodell projizierte geologische Karte (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Tektonische Elemente im Modell

Die modellierten tektonischen Elemente sind (von W nach E) der Rödlitzer Sprung, die Helene-Hedwig-Schacht-Verwerfung, die Pluto-Schacht-Verwerfung, die Lugauer Verwerfung und die Carl-Schacht-Verwerfung sowie die erzgebirgisch streichende Härtensdorfer Störung. Vor allem die NW-SE streichenden Störungen waren aus dem aktiven Bergbau bekannt und konnten im Modell in ihrer Lage präzisiert werden.

Die tektonischen Elemente werden nachfolgend kurz beschrieben:

Der **Rödlitzer Sprung** (Abb. 4) ist das bedeutendste NW-SE streichende Element im Modelliergebiet. Die Störung streicht von S her westlich entlang des sog. Vaterlandrückens, einem Grundgebirgsrücken, \pm NS auf die Deutschland-Schäfte zu. An den

Deutschland-Schächen biegt sie in ihrem Streichen über den Rudolf-Breitscheid-Schacht III nach NW um. Die Störung fällt generell mit ca. 70° nach W bis SW ein. Dabei treten an ihr Versatzbeträge von bis zu 350 m auf.

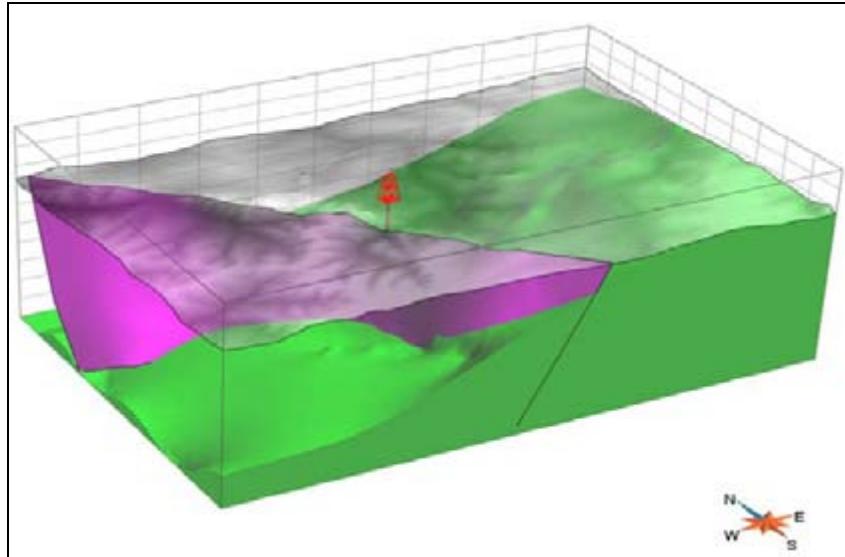


Abb. 4: Rödlitzer Sprung mit Lage der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®) grau - Tagesoberfläche, violett - Rödlitzer Sprung, grün – Phyllit

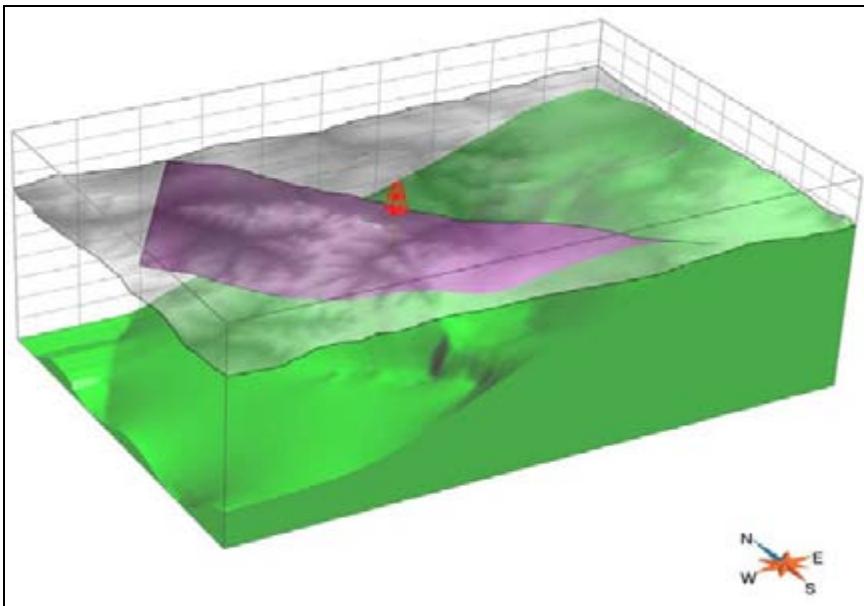


Abb. 5: Helene-Hedwig-Schacht-Verwerfung mit Lage der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®); grau - Tagesoberfläche, violett - Helene-Schacht-Verwerfung, grün - Phyllit

Die **Helene-Hedwig-Schacht-Verwerfung** (Abb. 5) beginnt im SE ca. 1 km südlich des Karl-Liebknecht-Schachtes und streicht über den Albert-Jacob-Schacht I und durch den Helene-Schacht nach N aus. Die Störung fällt ca. 60-70° nach SW ein.

Die **Pluto-Schacht-Verwerfung** (Abb. 6) streicht SE-NW bei einem Einfallen von 65° nach SW aus und besteht aus einer staf-felförmig angeordneten Verwerfung von mehrfach bewegten Einzelstörungen. Im Bereich des Pluto-Schachtes spaltet sich die Hauptstörung in zwei nach NW verlaufende Äste auf, die jeder Versetzungsbeträge bis zu 50 m aufweisen. Im Bereich der Concordia-Schächen ist die Pluto-Schacht-Verwerfung als Störungszone über eine Breite von ca. 150 m ausgebildet und weist Versetzungsbeträge (Grundflöz) von bis zu 150 m auf. Südlich des Concordia-Schachtes wird sie von einer E-W-Störung gekreuzt, wobei die Fortsetzung nach S Richtung Friedrich-Engels-Schacht aus einer Doppelstörung von jeweils max. 50 m Breite besteht. Der W-Ast dieser Fortsetzung weist den Hauptversetzungsbetrag von ca. 70 m auf, während das östliche Parallelement eine Versetzung von max. 30 m zeigt.

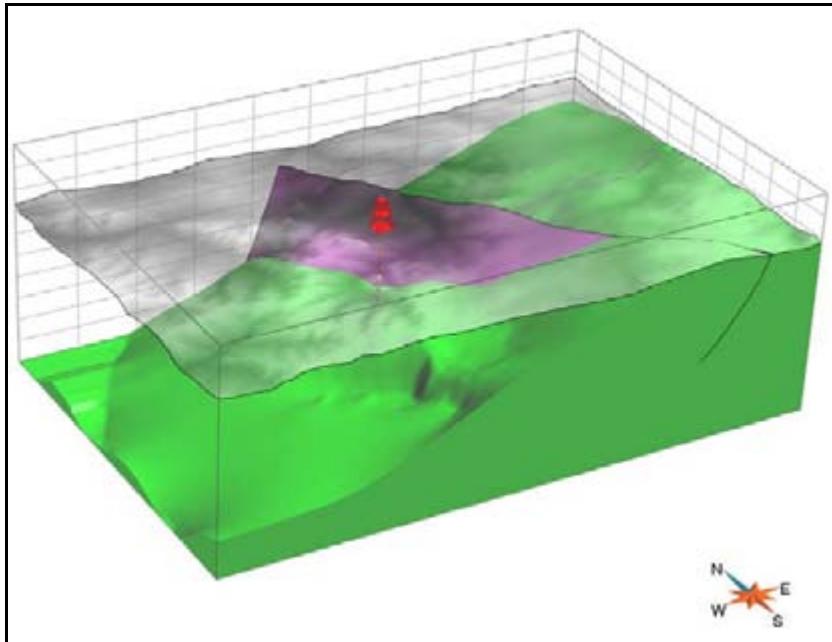


Abb. 6: Pluto-Schacht-Verwerfung mit Lage der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD mit Paradigm™ GOCAD®); grau - Tagesoberfläche, violett - Pluto-Schacht-Verwerfung, grün - Phyllit

Die **Lugauer Verwerfung** (Abb. 7) beginnt im Bereich des Vereinigungs-Schachtes I und streicht herzyn in Richtung der Kai-
sergruben-Schäfte aus. Sie fällt mit ca. 60° nach SW ein. Im Bereich südlich des Hoffnung-Schachtes weist sie die maximale
Sprunghöhe von ca. 65 m auf. Rezent wird die Verwerfung durch das Tal des Lugauer Baches nachgezeichnet.

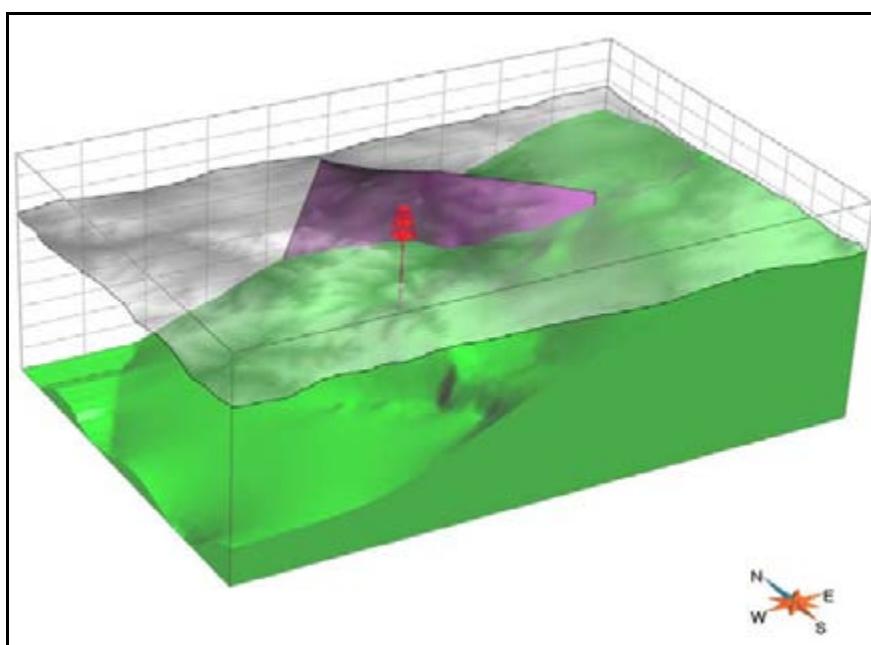


Abb. 7: Lugauer Verwerfung mit Lage der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®);
grau - Tagesoberfläche, violett - Lugauer Verwerfung, grün – Phyllit

Die **Carl-Schacht-Verwerfung** (Abb. 8) beginnt in der Nähe des Vereinigungs-Schachtes und streicht über den Carl-Schacht
nach NW aus. Im Carl-Schacht besitzt sie eine Sprunghöhe von 44 m bei einem Einfalten von ca. 60° nach NE. Weiter lässt
sich die Störungen über den Gottes-Segen- und den Victoria-Schacht bis zum Saxonia-Schacht I verfolgen. Ihr max. Versatz
beträgt ca. 53 m.

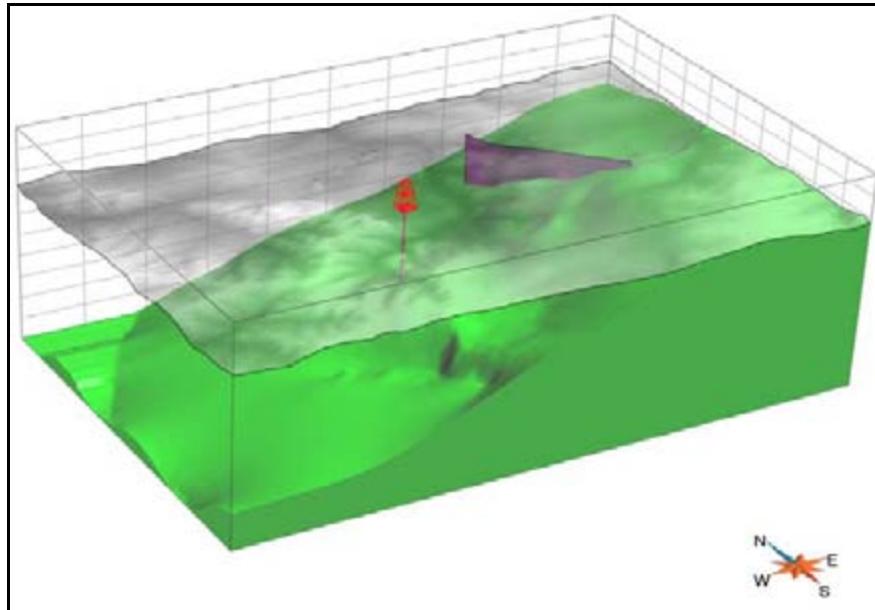


Abb. 8: Carl-Schacht-Verwerfung mit Lage der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®); grau - Tagesoberfläche, violett - Carl-Schacht-Verwerfung, grün - Phyllit

Die **Härtensdorfer Störung** (Abb. 9) setzt sich aus mehreren gestaffelten Einzelementen zusammen und lässt sich sicher in den Abbaurissen der einzelnen Flöze belegen. Die Störung gehört zu einer das Revier querenden erzgebirgisch streichenden Störungszone. Generell fallen die Störungen steil nach NW ein. Dabei handelt es sich bei allen Störungen um Aufschiebungen. Die Versatzbeträge schwanken zwischen 10 bis 50 m.

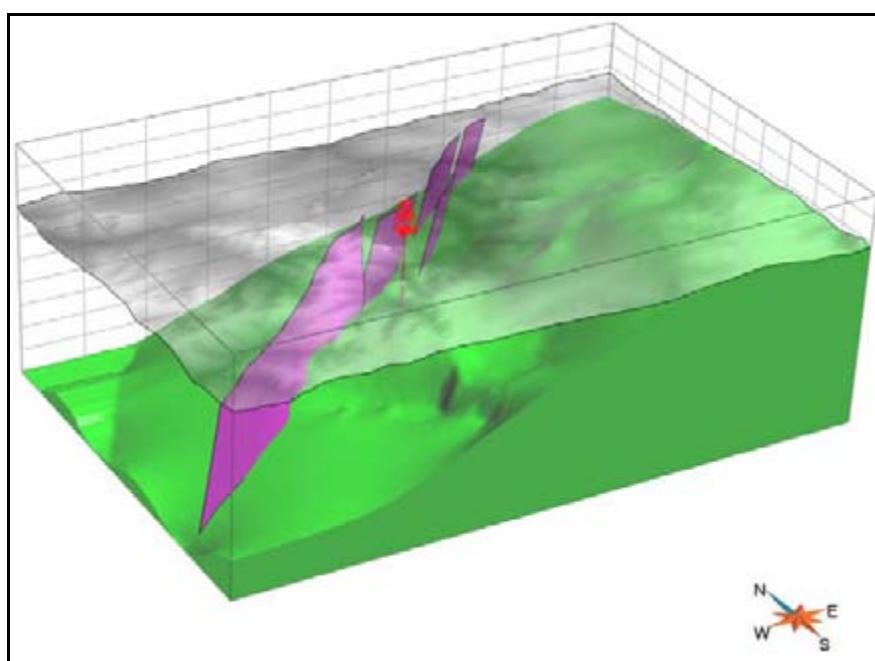


Abb. 9: Härtensdorfer Störung mit Lage der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®); grau - Tagesoberfläche, violett - Härtensdorfer Störung, grün - Phyllit

Geologische Formationen im Modell

Die modellierte Oberfläche des **Grundgebirges** zeigt deutlich ein Ansteigen der Oberfläche nach SE bis zum Oberflächenausstrich (Abb. 10). Sowohl die lokalen, erzgebirgisch streichenden Senken, in welchen die Unbenannten Flöze abgelagert wurden, als auch die aus dem Bergbau bekannten Phyllitrücken wurden bei der Modellierung der Grundgebirgsoberfläche berücksichtigt.

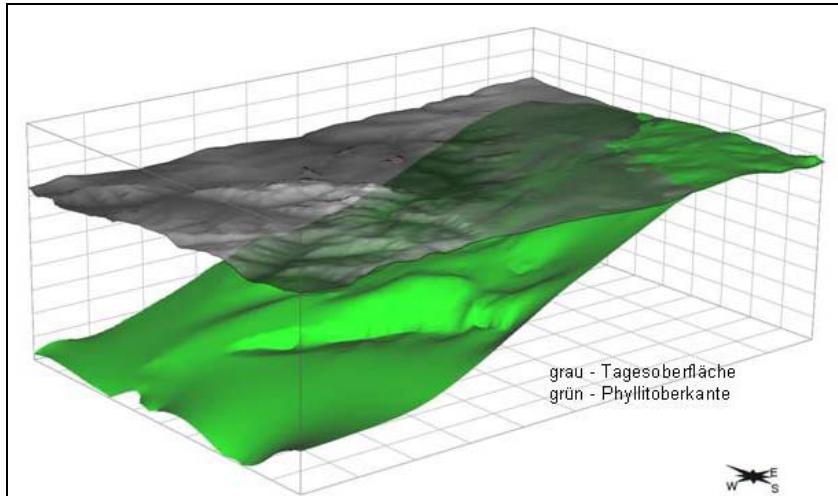


Abb. 10: Oberfläche des Grundgebirges (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Die Sedimente und Vulkanite des **Rotliegend** nehmen an der Oberfläche den gesamten Raum des Steinkohlereviers ein. Von ihrem Ausstrichbereich zwischen Neuwürschnitz, Niederwürschnitz und Niederdorf nimmt die Mächtigkeit kontinuierlich nach NW und N zu. Sie beträgt z. B. im Hösel-Schacht 42 m, im Karl-Liebknecht-Schacht 200 m, im Albert-Jacob-Schacht I 518 m, im Deutschland-Schacht II 650 m, im Rudolf-Breitscheid-Schacht I 810 m und im Rudolf-Breitscheid-Schacht III 815 m. Am W-Rand der Lagerstätte wurde mit der Bohrung Heinrichsort (außerhalb des Untersuchungsgebietes) mit 1048 m die größte Rotliegend-Mächtigkeit angetroffen.

Generell fallen die Formationen mit 5 bis 10 Grad nach NW zum Beckenzentrum ein. Abb. 11 zeigt vom Liegenden zu Hangenden die modellierten Härtendorf-, die Planitz-, die Leukersdorf- und die Mülsen-Formationen.

Der Rödlitzer Sprung bildet die östliche Verbreitungsgrenze der Mülsen-Formation. Der Ausstrich der Leukersdorf-Formation befindet sich in etwa auf der Höhe des Karl-Liebknecht-Schachtes. Wenig weiter östlich streichen auch die Planitz- und die Härtendorf-Formationen an der Oberfläche aus.

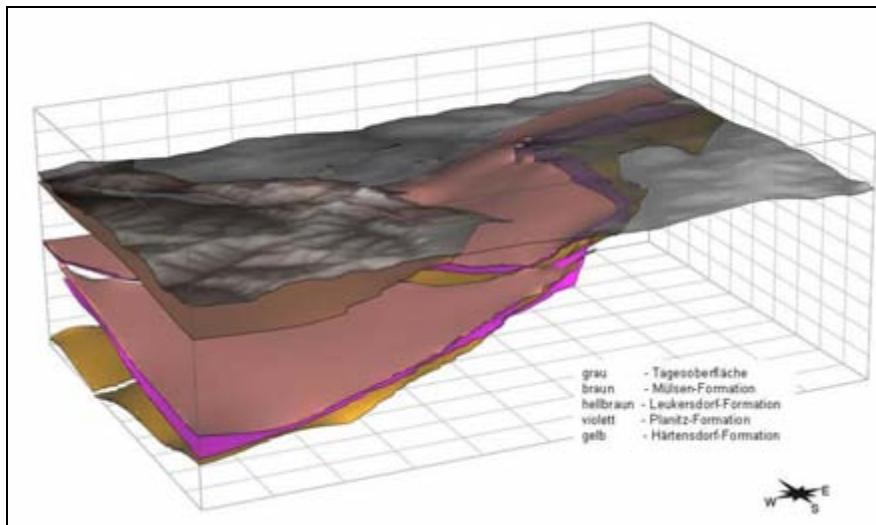


Abb. 11: Verbreitung der Rotliegend-Formationen (SW-Sicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Modellvereinfachung

Das detaillierte geologisch-tektonische 3D-Modell wurde in Hinblick auf die Grubenwasseranstiegsmodellierung auf die wesentlichsten geologisch-tektonischen Blöcke vereinfacht. Berücksichtigung fanden alle Störungselemente, die für die Abbauführung von Bedeutung waren.

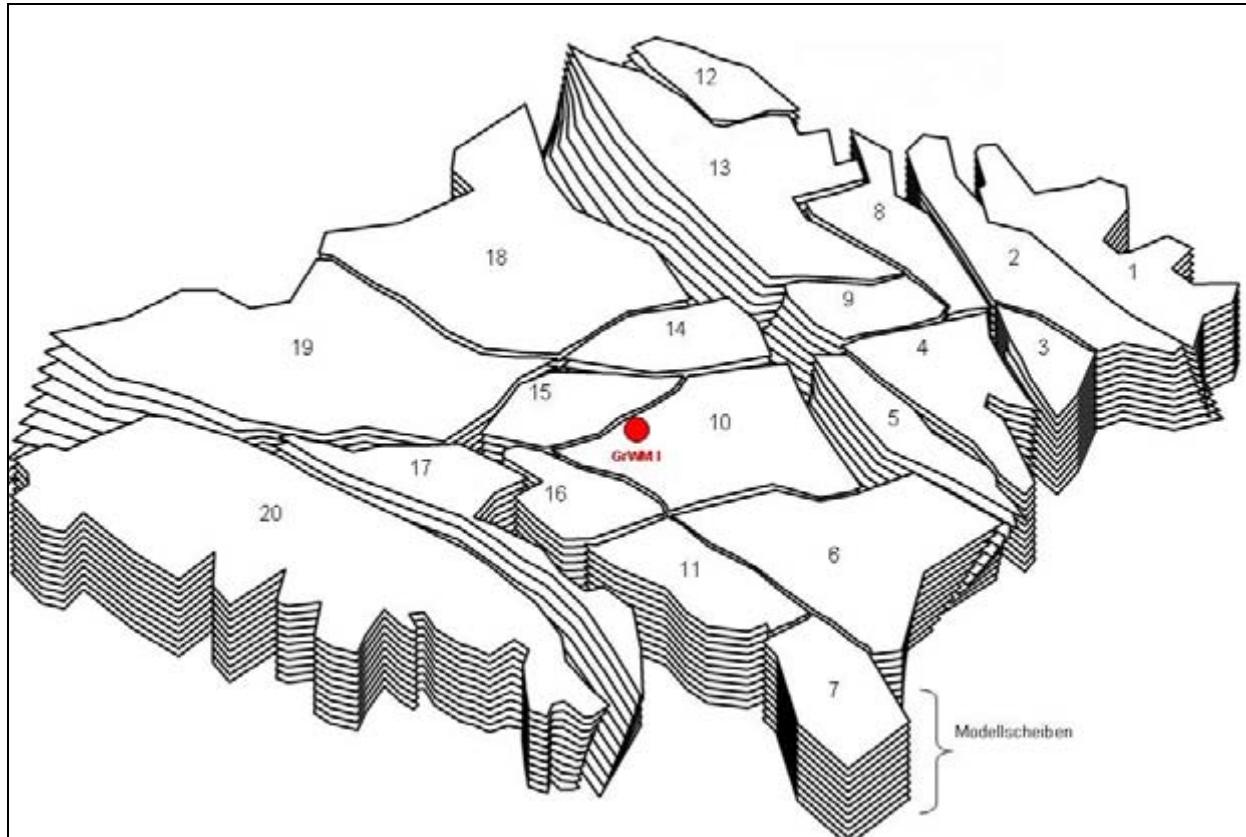


Abb. 12: Vereinfachtes geologisch-tektonisches 3D-Modell mit Nummerierung der Modellierungsblöcke und Darstellung der Modellscheiben (erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

Die ausgegliederten 20 geologisch-tektonischen Blöcke wurden in 11 jeweils 50 m mächtige Modellscheiben gegliedert (Abb. 12). Somit ergaben sich insgesamt 220 Modellscheiben für die Berechnung des Grubenwasseranstiegsmodells (FELIX u. a. dieses Heft).

Literatur

BEYER, C.; SCHNEIDER, H.; UNGER, R. (1974): Die bergschadenkundliche Analyse der Steinkohlelagerstätte Lugau/Oelsnitz. VEB Baugrund Berlin/Produktionsbereich Zwickau (unveröffentlicht), Stand: Oktober 1974.

Die Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003 im Zentrum des Bergbaureviers und ihr Ausbau zur Grubenwassermessstelle (FELIX, M.¹, BERGER, H.-J.¹, LAUSCH, C.¹ DÖHNER, S.², KÖHLER, U.³, ECKART, M.⁴, KLINGER, CH.⁴ ABRAHAM, T.⁵)

Zur Auswahl des Bohrpunktes

Zur Ermittlung der mit dem Grubenwasserwiederanstieg verbundenen möglichen Gefahren ließ das OBA einer Grubenwassermessstelle im ehemaligen Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz errichten. Im Rahmen der Richtlinie Bergsicherung wurde das LfUG beauftragt, die Grundlagen für den Ansatzpunkt einer solchen Messstelle zu erarbeiten. Hierzu waren die Auswertung der Ergebnisse des Reviernivellements (LÖBEL & DÖHNER dieses Heft) und eine umfangreiche Aufarbeitung der geologischen, tektonischen und bergbaulichen Unterlagen (GÖRNE u. a. dieses Heft) erforderlich.

Die Ergebnisse des Reviernivellements 2002 (Abb. 1) zeigten, dass seit 1997 die Senkungen im Wesentlichen abgeklungen waren, sich die Hebungstendenzen aber kontinuierlich fortsetzen. Generell war eine Verschiebung des Hebungsmaximums mit zunehmender Durchtränkung der Gesteinskomplexe von Nordwesten nach Südosten zu verzeichnen. Nebenhebungsgebiete mit geringeren Hebungstendenzen lagen im Süden bzw. Nordosten des Bergbaureviers.

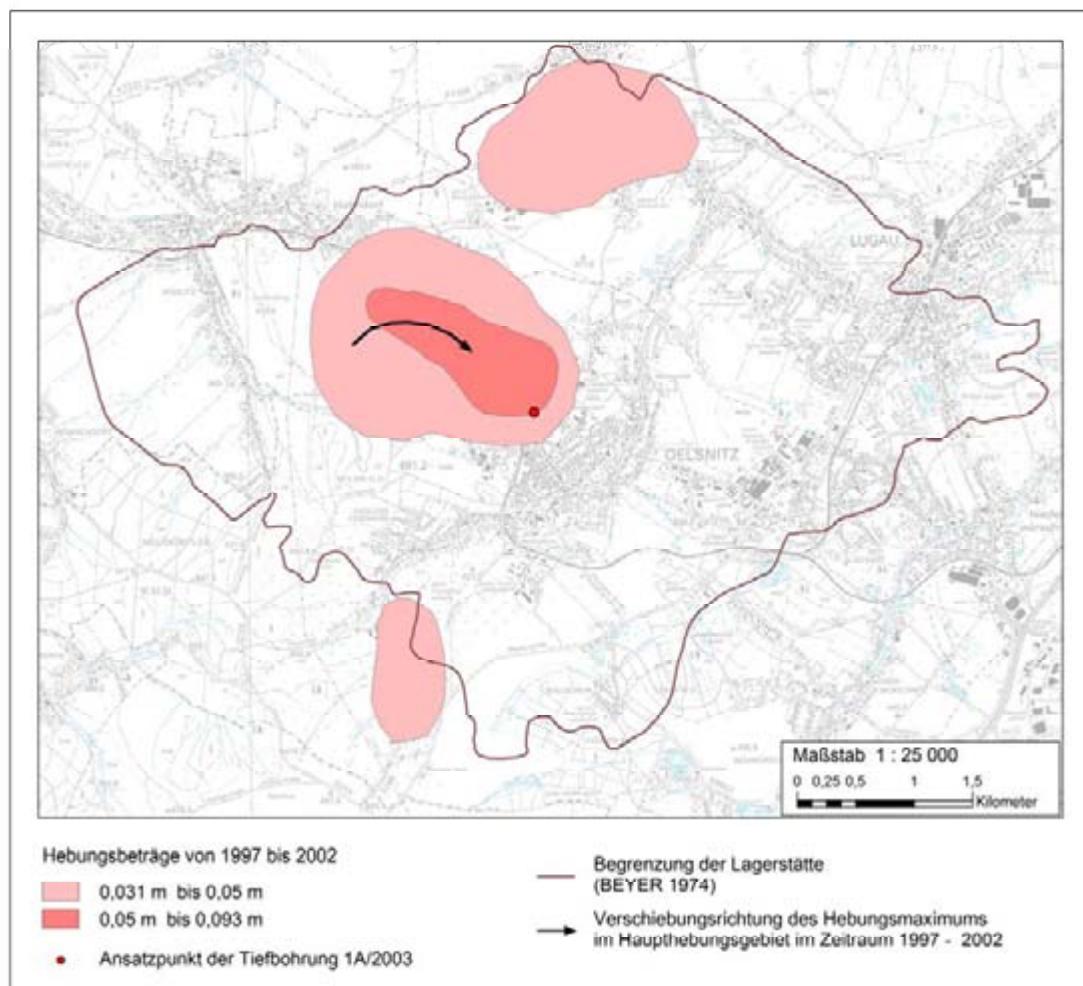


Abb. 1: Hebungsgebiete im Grubenrevier Lugau/Oelsnitz in Zeitraum 1997 bis 2002 (nach FELIX u. a. 2003)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

² Sächsisches Oberbergamt Freiberg

³ Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Chemnitz

⁴ DMT GmbH & Co. KG Essen

⁵ HGC Hydro-Geo-Consult GmbH Freiberg

Da die Hebungen das einzige sichere Indiz für den Grubenwasseranstieg waren, wurde ein Bohrbeitspunkt im Anstaubereich des aktuellen Haupthebungsgebietes favorisiert.

Im Ergebnis der Aufarbeitung der geologisch-tektonischen und bergbaulichen Unterlagen des Reviers Lugau/Oelsnitz wurde das Lagerstättenmodell neu überarbeitet. Dieses Modell zeigt ein tektonisch angelegtes Schollenmosaik, welche den Wasserwiederanstieg im Revier direkt beeinflusst (Abb. 2).

Die geologisch tiefsten Blöcke liegen im Südwesten jenseits des Rödlitzer Sprungs und erreichen nach Nordosten ein immer höheres NN-Niveau. Sowohl auf der Ebene des Grund- als auch des Vertrauenflözes sind die Fließrichtung des Grubenwassers nach Nordwesten bzw. die Entwicklung des Grubenwasserwiederanstieges von Nordwesten nach Südosten klar ableitbar. Unter Berücksichtigung der Fließmöglichkeiten des Grubenwassers im Bereich des Karbons und des unteren Teil des Rotliegenden (Härtendorf-Formation) war davon auszugehen, dass der Wasserwiederanstieg im Grubenrevier zeitgleich vom Rudolph-Breitscheidt-Schachtgebiet (tektonische Schollen 20-17) in Richtung Südost und vom Kaisergrubenschachtgebiet (tektonische Scholle 13) in Richtung SE erfolgt. Weiterhin war davon auszugehen, dass der Prozess solange stattfindet, bis die gemeinsame Kommunikationsebene -146 m (NN) erreicht sein wird. Erst danach konnte von einem Wasserwiederanstieg über die gesamte Verbreitungsfläche der Grubenbaue ausgegangen werden.

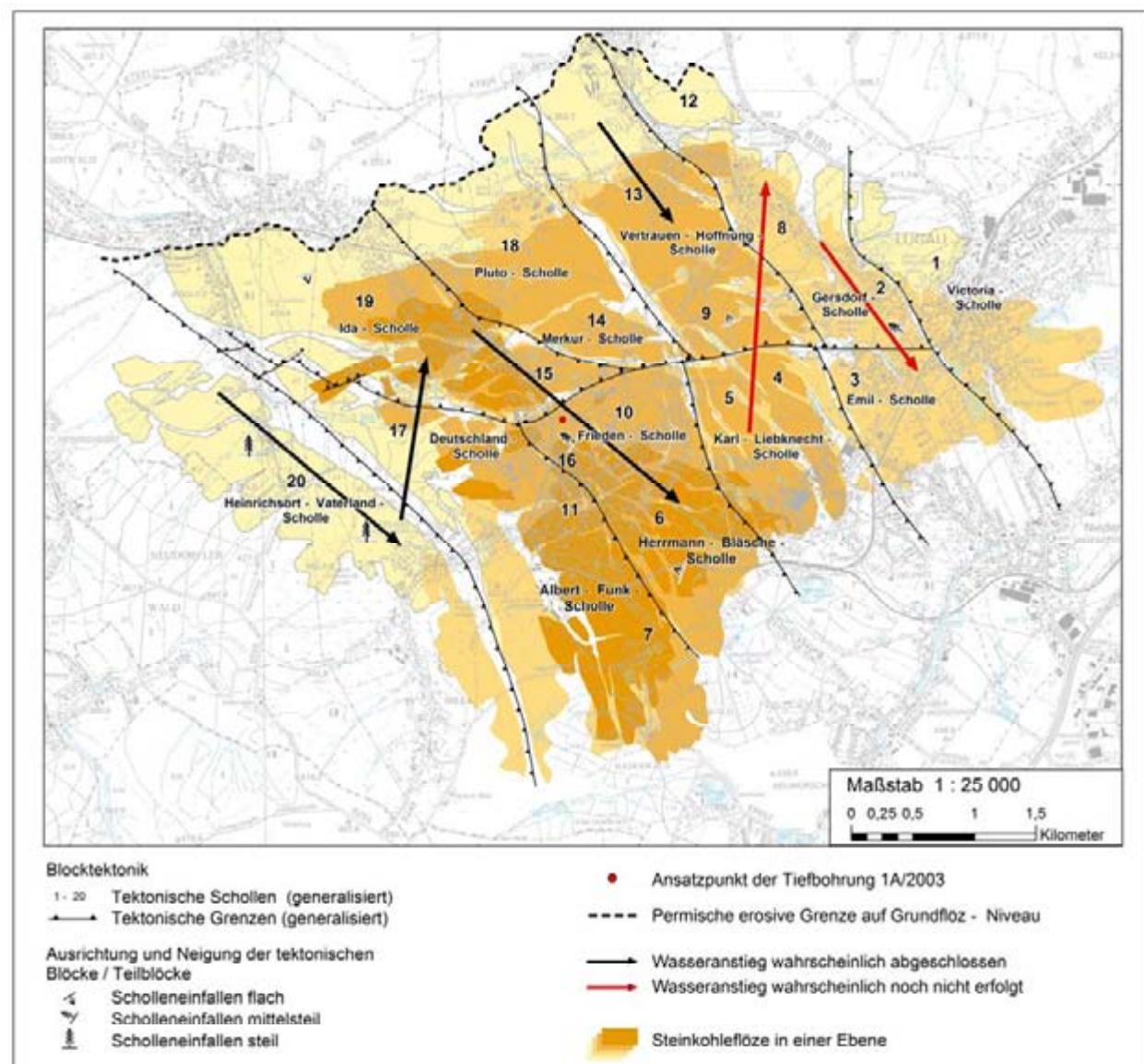


Abb. 2: Geologisches Schollenmosaik aus Sicht des Grubenwasseranstieges (nach FELIX u. a. 2003)

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

Unter der Maßgabe, dass die Bohrung das Flutungswasser sicher antreffen und gleichzeitig ein für die Folgejahre optimaler Standort für eine Grubenwassermessstelle ausgewählt werden sollte, ergab sich aus geologischer Sicht ein Bohrstandort im Bereich der tektonischen Scholle 16.

Standortfestlegung und technische Ausführung der Bohrung

Als günstigster Standort erwies sich ein Gebiet nordwestlich des Hedwig-Schachtes (Albert-Jacob-Schacht I) südlich des Bahnhofes Oelsnitz am Tunnelweg im Bereich des städtischen Grundstückes am ALDI-Markt.

Die Projektierung einer tiefen Grubenwassermessstelle erfolgte durch die Firma HGC Hydro-Geo-Consult GmbH Freiberg. Am 03.11.2003 begannen nach entsprechender Bohrplatzvorbereitung die Bohrarbeiten durch die Firma H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH Hessisch Lichtenau. Bis zum 10.12.2003 wurde eine Teufe von 309,5m erreicht.

Auf Grund der lithologischen Ausbildung der bis dahin erbohrten Sedimente der Leukersdorf-Formation kam es zu einer nicht behebbaren Verklemmung der Rohrtour. Deshalb musste das Gestänge der Bohrung Oelsnitz 1/2003 bei 160 m abgeschossen werden. Anschließend wurde das Loch verfüllt und zementiert.

Mitte Januar 2004 wurde die Anlage um ca. 4 m versetzt und mit der Bohrung 1A/2003 neu begonnen (Abb. 3). Am 23.03.2004 hatte die Bohrung eine Teufe von 403,6 m erreicht. Zwischenzeitlich wurde jeweils vor dem Einbau von Rohrtouren eine Bohrlochmessung durchgeführt.

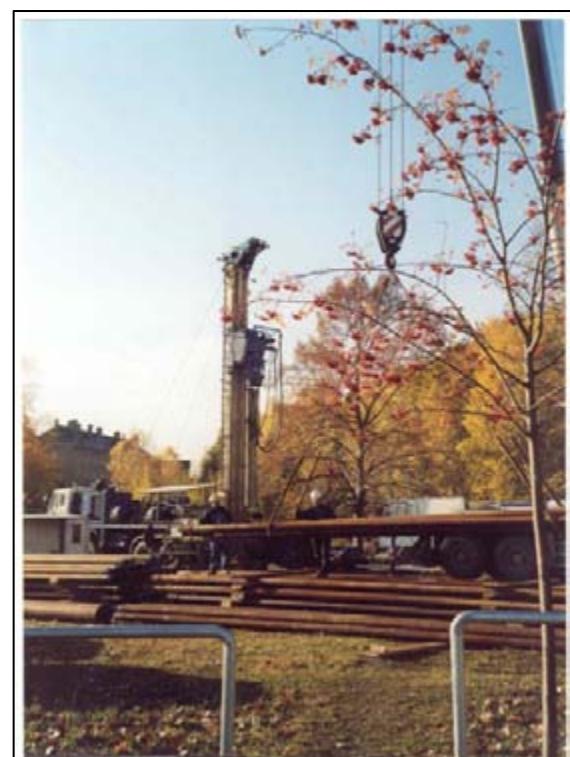


Abb. 3:
Während der Bohrarbeiten zur Bohrung Oelsnitz 1A/2003

Bis Ende April 2004 erreichte die Bohrung eine Teufe von 432,8 m und durchteufte damit die Leukersdorf-, die gesamte Planitz- und den oberen Teil der Härtensdorf-Formation. Zunehmende technische Schwierigkeiten beim Austrag des Bohrkleins der Kernbohrung führten zur Entscheidung, die Bohrung von 432,8 bis 535,0 m im Bereich der Härtensdorf-Formation im Rotary-Verfahren fortzusetzen. Ab Mitte Juni 2004 erfolgte nach Erreichen von 535,0 m die Umstellung auf das Kernbohrverfahren. Bis Ende Juni wurden 566 m erreicht. Anschließend erfolgten eine Bohrlochmessung und die Vorbereitung für den Einbau einer Rohrtour, die bei 563 m abgesetzt wurde. Bis zum 04.08.2004 wurde die Kernbohrung bis auf 613,5 m abgeteuft. In diesem Teufenbereich wurde Holzausbau aus dem Firstbereich des Glückauf-Flözes im Kernmaterial angetroffen (Abb. 4).

Ein totaler Spülungsverlust bestätigte, dass der „Alte Mann“ des Glückauf-Flözes erbohrt worden war. Es schlossen sich Arbeiten zur Sicherung des Bohrloches, eine weitere Bohrlochmessung und ein 3-tägiger Pumpversuch an. Am 26.08.2004 wurde das Bohrloch mit Rollenmeißel auf 633,0 m bis in das Grundgebirge (Phyllit) vertieft. Im September 2004 wurde das Bohrloch durch Filterstrecke und GFK-Rohrtour zur Grubenwassermessstelle I (MKZ 52426003) ausgebaut (Abb. 5).



Abb. 4:
Bohrkern mit angetroffenem Holzausbau bei 609,7 bis 610,0 m (rot markierter Bereich)

Geophysikalische Bohrlochmessungen (VOIGT 2004) gaben Aufschluss über lithologische Grenzen, die Bohrlochabweichung und dienten zur Kontrolle der Qualität der Zementation.

Technische und geologische Betreuung der Bohrung

Die operative technisch-geologische Betreuung der Bohrung erfolgte durch die Firma Hydro-Geo-Consult GmbH Freiberg. Dabei wurde durch den betreuenden Geologen fortlaufend das Kernmaterial dokumentiert. Entsprechend den erzielten Fortschritten wurden die im Projekt vorgesehenen Pumpversuche durchgeführt. Insbesondere wurde der aktuelle Fortschritt im Profilbereich Oberkarbon ständig überprüft und mit den Flözverbreitungsrissen verglichen, um die Entfernung bis zum Alten Mann (Firste des Glückauf-Flözes) zu ermitteln. Dies erfolgte mit dem Ziel, das technische Regime so zu steuern, dass eine Havariegefahr minimiert werden konnte.

Das Kernmaterial wurde in Kernkisten mit entsprechender Beschriftung Kopf, Krone und Teufenbereich abgelegt und anschließend in das Kernlager Rothenfurth des LfUG transportiert.

Eine Detaildokumentation erfolgte durch die Firma Geonorm GmbH Gießen, vormals Außenstelle Glauchau bis Ende 2004 (JUNGHANNS 2004a). Die Kerne wurden nach ihrer lithologischen Ausbildung in Lithoeinheiten unterteilt, durchnummieriert, fotografiert und ausführlich beschrieben (Abb. 6).

Eine weiterführende lithologisch-fazielle Bearbeitung des Kernmaterials schloss sich an. Die Ergebnisse sind in SCHNEIDER & JASCHKE (2005) zusammengefasst.

Hydrogeologische Testarbeiten

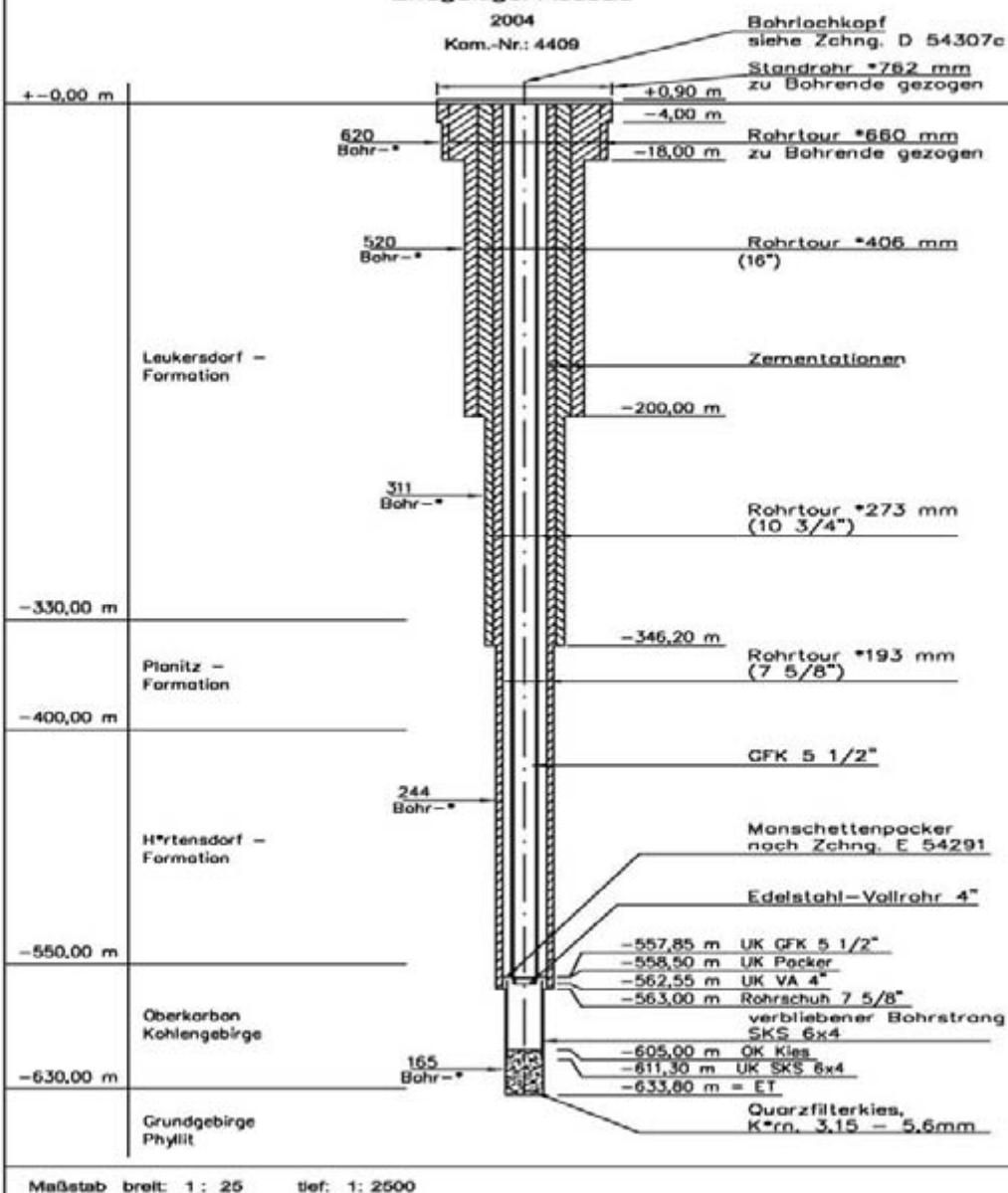
Im Laufe der Bohrarbeiten wurden 5 hydrogeologische Tests in Form von Pumpversuchen (PV) mittels Packern im offenen Bohrloch durchgeführt (Tab. 1, Nr. 1 bis 5). Ziel der Tests war es, Informationen zur GW-Führung ausgewählter Horizonte der Rotliegend-Formationen, des Karbons bzw. der ehemaligen Abbaubereiche im Karbon („Alter Mann“) zu erhalten.

Zwei weitere Tests (Tab. 1, Nr. 6 und 7) erfolgten in der bereits ausgebauten GrWM I zum Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit.

Nach Übernahme der GrWM I in das Landesmessnetz Sachsen fand jeweils vor der GrW-Probenahme (Tab. 1, Nr. 8 und Nr. 9) ein Austausch des GrW in der Messstelle statt. Aufgrund der automatischen Erfassung der GrW-Stände durch die Drucksonde liegen kontinuierliche Werte für den Abpumpvorgang und den Wiederanstieg vor.

Sächs. Oberbergamt, Freiberg
Oelsnitz / Erzgebirge
 tiefe Grundwassermessstelle
 HY Sie 1A 2003 b

Endgültiger Ausbau



H. Anger's Söhne
 37235 Hess. Lichtenau

62899

16.12.2004 Grunewald

Abb. 5: Ausbauschema der Bohrung 1A/2003 zur Grubenwassermessstelle I



Abb. 6:

Bohrung Oelsnitz 1A/2003, Teufe 568,0 bis 574,0 m, Ein teilung des Kernmaterials in die Lithoeinheiten 338 bis 342 nach JUNGHANNS (2004a)

Ausbau der Bohrung zur Grubenwassermessstelle

Die Ausrüstung und alle elektrotechnischen Installationen wurden durch die BfUL für mögliche Revisionen einfach ausbaubar eingebracht.

Folgende Randbedingungen fanden bei der technischen Lösung Beachtung:

- frei durchgängiger Ausbaudurchmesser = 123 mm,
- Wasserstand unter Rohroberkante ~ 415 m,
- Ausbau mit GFK-Vollrohr 5 ½“ (DN 123) bis etwa 558 m unter GOK, im Liegenden gepackt gegen verbliebene SKS-Rohrtour 6 x 4, in die eine Kiesfilterstrecke eingeschüttet ist, die von 605 bis 634 m unter GOK anschließt,
- Bohrlochabweichung 0 - 614 m unter GOK = 15,3 m zum tiefsten Messpunkt = 108° von der Lotrechten,
- Frostsicherheit des Bohrkopfes im Winter.

Die Pumpversuche während des Bohrprozesses ergaben, dass sich ein quasistationärer Zustand bei etwa 1 m³/h (0,28 l/s) Förderleistung einstellt.

Die technischen Komponenten in der Messstelle setzen sich zusammen aus Pumpe, Steigleitung, Drucksonde, Steuerungstechnik und Datenaufzeichnung sowie frostsichere Umhausung.

Folgendes ausrüstungstechnisches Equipment wurde eingebaut:

- a) Pumpe GRUNDFOS SP2 A90 (Abb. 7)
 - b) Steigleitung FIBER GLASS SYSTEMS „STAR“ (Abb. 8)
 - c) Drucksonde OTT PS 1 mit Stationsmanager LOGOSENS 2
- definierte Geber: Wasserstand minütlich (für Pumpversuche), Wasserstand als ¼-Stunden-Mittelwert, Wasserstand 12-Uhr-Abstich, Förderstrom m³/h, Fördermenge: $\pm 0,005\% \Rightarrow \pm 2\text{ mm}$,
 - Messwertfehler: $\pm 0,05\% \Rightarrow \pm 2\text{ cm}$,
 - Langzeitstabilität: $\pm 0,05\%/\text{a} \Rightarrow \pm 2\text{ cm/a}$,
 - störungsfreie Messwertpufferung mind. 1 Monat,
 - Ringspeicher 1 MB (ca. 400.000 Messwerte),
 - 4-20 mA-Signal,
 - Stromverbrauch Sensorabfrage (1 Min.): 50 mA, Schlafmodus: 0,4 mA,
 - Datenauslesen über serielle Schnittstelle, Infrarot (IrDA) oder Datenfernübertragung,
 - Datenprotokolle: DDP (für operativen gewässerkundlichen Dienst in Sachsen verbindlich), SDI-12-OTT.

Tab. 1: Übersicht zu den hydrogeologischen Tests in Form von PV während der Bohrarbeiten in der Bohrung Oelsnitz 1A/2003 und nach Fertigstellung der GrWM I (in Anlehnung an MÜLLER & ABRAHAM 2005)

	Pumpversuch Beginn/ Ende	Testintervall		PV-Parameter			Fazit/Ergebnis
		Teufe in m	Stratigraphische Horizontzuordnung	Ruhewasserspiegel unter GOK	Förderrate	elektr. Leitfähigkeit (Ende PV)*	
1. PV **	24.03.- 25.03.04	346,2 ... 403,6	Leukersdorf (346,2...385,48m) Planitz-Formation (385,48...402,0m) Härtendorf (402,0...403,6m)	30,30 m	2,9...2,2 m ³ /h	8.135 µS/cm	GW-Führung der Planitz-Folge wurde nachgewiesen
2. PV **	18.05.- 19.05.04	346,2 ... 482,8	Leukersdorf (346,2....385,48m) Planitz-Formation (385,48...402,0m) Härtendorf-Formation (402,0...540,0m)	72,86 m	2,4...2,2 m ³ /h	4.008 µS/cm	GW-Führung entspricht annähernd der der Planitz-Folge; GW-Führung des oberen Teils der Härtendorf-Folge ist sehr gering
3. PV **	01.07.- 02.07.04	346,2 ... 566,0	Leukersdorf (346,2....385,48m) Planitz-Formation (385,48...402,0 m) Härtendorf- Formation (402,0...540,0m) Oberkarbon (ab 540,0 m)	69,51 m	3,0...2,4 m ³ /h	5.296 µS/cm	GW-Führung entspricht annähernd der der Planitz-Folge; GW-Führung der Härtendorf-Folge und des oberen Teils des Oberkarbons ist sehr gering
4. PV **	11.08.- 13.08.04	563,0 ... 613,5	Oberkarbon (540,0...633,8 m)	406,93 m	1,27...0, 9 m ³ /h	30.200 µS/cm	hydraulische Anbindung an Grubengebäude erreicht; im Bereich der Planitz-Folge ist ein eigenständiges GW-Stockwerk ausgebildet (Ruhewasserspiegel unter 100 m, höhere Mineralisation des Wassers mit 4...8 mS/cm); zwischen Flutungswasser des Grubengebäudes und dem GW der Planitz-Folge besteht keine hydraulische Kommunikation; das Flutungswasser des Grubengebäudes ist hoch mineralisiert (ca. 30 mS/cm); der Flutungswasserspiegel des Grubengebäudes (ca. 407 m unter GOK) liegt im Bereich der Bohrung Oelsnitz ca. 200 m über dem Niveau der Steinkohlenabbau

	Pumpver- such Be- ginn/ En- de	Testintervall		PV-Parameter			Fazit/Ergebnis
		Teufe in m	Stratigraphische Horizontzu- ordnung	Ruhewas- serspiegel unter GOK	Förder- rate	elektr. Leitfä- higkeit (Ende PV)*	
5. PV **	01.10.- 04.10.04	563,0 ... 633,8 ab 611,3 m Kiessäule	Oberkarbon (540,0...633,8 m)	407,97 m	1,2...0,7 5 m³/h	18.200 µS/cm	Wasserführung entspricht annähernd der des PV 4 (offenes Bohrloch mit hydraulischer Anbindung an das Grubengebäude); Nachweis der Funktionsfähigkeit der im Bohrloch geschütteten Kiessäule als hydraulisch wirksamer Bereich der Messstelle
6. PV **	10.11.- 12.11.04	563,0 ... 633,8 mit Kiessäule und End- ausbau	Oberkarbon (540,0...633,8 m)	413,19 m	1,05...0, 85 m³/h	18.330 µS/cm	Wasserführung entspricht annähernd der des PV 4 (offenes Bohrloch mit hydraulischer Anbindung an das Grubengebäude) bzw. der des PV 5 (geschütteten Kiessäule als hydraulisch wirksamer Bereich der Messstelle); Nachweis der Funktionsfähigkeit der endgültig ausgebauten Grundwassermessstelle wurde erbracht
7. PV **	14.11.- 16.11.04	563,0 ... 633,8 mit Kiessäule und End- ausbau	Oberkarbon (540,0...633,8 m)	413,19 m	1,05...0, 85 m³/h	18.330 µS/cm	Wasserführung entspricht annähernd der des PV 4 (offenes Bohrloch mit hydraulischer Anbindung an das Grubengebäude) bzw. der des PV 5 (geschütteten Kiessäule als hydraulisch wirksamer Bereich der Messstelle); Nachweis der Funktionsfähigkeit der endgültig ausgebauten Grundwassermessstelle wurde erbracht; abschließende Probenahme aus Flutungswasser des Grubengebäudes wurde ordnungsgemäß durchgeführt
8. PV ***	02.07.- 04.07.06	563,0 ... 633,8 mit Kiessäule und End- ausbau	Oberkarbon (540,0...633,8 m)	403,46 m	0,88 m³/h	24.500 µS/cm	Funktionsfähigkeit der GrWM wurde bestätigt, Ruhewasserspiegel im Vergleich zu PV 7 erwartungsgemäß gestiegen
9. PV ***	27.11.- 29.11.06	563,0 ... 633,8 mit Kiessäule und End- ausbau	Oberkarbon (540,0...633,8 m)	400,08 m	0,9 m³/h	24.200 µS/cm	Ruhewasserspiegel im Vergleich zu PV8 erwartungsgemäß gestiegen

* i. S. der Gesamtmineralisation

** Untersuchungen durchgeführt während der Bohrarbeiten 2004

*** Untersuchungen durchgeführt nach Fertigstellung der GrWM I 2006



Abb. 7: Einbau der Pumpe in die GrWM I



Abb. 8: FIBER-GLASS-Steigleitungsrohre

Nach Installation der entsprechenden Technik erfolgte zur Gewährleistung der allgemeinen Sicherheit die Errichtung eines Messstellenhauses im Stile einer alten erzgebirgischen Käue (Abb. 9) durch die Stadt Oelsnitz. Damit war auch die Wintersicherheit (Abb. 10) gewährleistet. Sämtliche Elemente können jederzeit bei einer mit einer Revision einhergehenden notwendigen Abnahme des Gebäudedaches vom Sockel gelöst werden.



Abb. 9: Messstellenhaus im Stile einer alten erzgebirgischen Käue kurz vor der Einweihung am 28.06.2006



Abb. 10: Fertiger Ausbau der GrWM I mit Winterumhausung (links), Durchflussmesszelle für die Wasserprobenahme (Mitte) und Schaltschrank (rechts)

Grubenwassermessstellenbetrieb

Am 28.06.2006 nahm die Grubenwassermessstelle Oelsnitz I den regulären Messbetrieb auf. Die Anlage erwies sich nach den ersten Tests und Probenahmen als voll funktionstüchtig. Alle ausgeschriebenen technischen Eigenschaften waren erfüllt. Über GSM-Funk sind alle Geber abrufbar und ggf. parametrierbar. Bei Gefahr des Einfrierens des Bohrkopfes wird ein Alarm per SMS ausgelöst.

Sie wird als Beschaffheits- und Wasserstandsmessstelle (MKZG 52426003) im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes genutzt. Es wird täglich der Wasserstand ermittelt und jährlich eine Probe zwecks Grubenwasseranalytik entnommen.

Für das Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz liegen durch die Grubenwassermessstelle damit neben den Modelldaten (FELIX & ECKART dieses Heft) auch belastbare Messdaten zum Grubenwasseranstieg vor.

Die Grubenwasserstandsdaten werden online übertragen und können in der BfUL Chemnitz jederzeit abgerufen werden (Abb. 11).



Abb. 11: Kontrollmonitoransicht in der BfUL Chemnitz (grün - Außentemperatur im Messstellenhaus, rot – Grubenwasserstand)

Parallel zu den hydrogeologischen Tests wurden Proben zur Untersuchung des Wasserchemismus und zur Bestimmung der Isotopenzusammensetzung entnommen. Ziel war es, die hydrogeologischen Testergebnisse durch Angaben zum hydrogeochemischen Status (Abgrenzung der jeweiligen Grundwasserleiter des Rotliegend und des Karbon, Mischung von Grund- und Grubenwasser, Altersstruktur des Grubenwassers etc.) zu unterstreichen.

Zur chemischen Zusammensetzung der Formations- und Grubenwässer

Das Grubenwasser wird ab 2007 jährlich einmal beprobt und chemisch untersucht. Probennahme und Analytik werden von der BfUL durchgeführt. Das Analysenspektrum entspricht dem für Grundwasser-Gütemessstellen zur Überblicksüberwachung des Freistaates Sachsen festgelegten Umfang. Die Ergebnisse aus dem Grundmessprogramm „Anorganik“ und dem Messprogramm „Metalle“ aus den Probenahmen während des Bohrprozesses sind in Tab. 2 zusammengestellt. Tab. 3 beinhaltet die Ergebnisse aus der fertig gestellten Grubenwassermessstelle.

Deutlich erkennbar sind die Unterschiede zwischen den Ergebnissen aus dem Bereich des Rotliegend (Tab. 2, Proben vom 25.03.2004 bis 02.07.2004) und dem Karbon (Tab. 2, Proben ab 13.08.2004). Die Proben aus dem Rotliegend-Bereich weisen generell höhere Sauerstoff-, Aluminium- und Bor-Gehalte sowie niedrigere Eisen-, Mangan-, Calcium-, Magnesium-, Natrium-, Chlorid- und Arsen-Gehalte auf.

Während die Proben vom 13.08.2004 bis 15.11.2004 noch durch den Bohrvorgang stärker beeinflusst waren (erhöhte Sauerstoff-Gehalte), ist dieser Einfluss in der endausgebauten Messstelle (Tab. 3, Proben ab 04.07.2006) nach mehrfachem Wassertausch nicht mehr dominant.

Das Grubenwasser aus der Filterstrecke im „Alten Mann“ des Glückauf-Flözes in der Grubenwassermessstelle GrWM I stellt ein sauerstoffarmes und schwach saures Wasser von hoher Mineralisation dar.

Tab. 2: Ausgewählte Analysenergebnisse der Grund- und Grubenwasserproben aus der Bohrung Oelsnitz 1A/2003

Parameter	Einheit	Probe vom 25.03.04 Rotliegend		Probe vom 19.05.04 Rotliegend		Probe vom 02.07.04 Rotliegend/Karbon		Probe vom 13.08.04 Karbon		Probe vom 01.10.04 Karbon		Probe vom 15.11.04 Karbon	
		gesamt	gelöst	gesamt	gelöst	gesamt	gelöst	gesamt	gelöst	Gesamt	gelöst	gesamt	gelöst
Hydrogenkarbonat	mg/L				100		120		580		440		400
Bromid	mg/L		34		<0,1		0,05		78		80		76
Chlorid	mg/L		2800		1400		2500		9700		6100		6800
Carbonat	mg/L				4		1		0		0		0
Fluorid	mg/L		0,8		0,6		0,025		<0,05		<0,05		<0,05
Nitrit-Stickstoff	mg/L		0,04		0,006		0,049		0,089		0,023		0,21
Nitrat-Stickstoff	mg/L		<0,05		2,7		4,7		<0,05		<0,05		<0,05
Nitrit	mg/L		0,13		0,02		0,16		0,29		0,076		0,69
Nitrat	mg/L		<0,2214		12		21		<0,2214		<0,2214		<0,2214
ortho-Phosphat	mg/L		<0,03065		<0,03065		<0,03065		1,6		<0,03065		0,1
ortho-Phosphat-P	mg/L		<0,01		<0,01		<0,01		0,52		<0,01		0,04
Silikat	mg/L				5,3		6,5		6,7		9,9		14
Sulfat	mg/L		200		110		130		570		850		1100
Silber	µg/L	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	0,2	<0,1	<0,1	0,9	0,9
Aluminium	µg/L	2600		17000	110	7100	<10	5000	74	23	<10	580	<10
Arsen	µg/L	8,6		17	3,3	15	8,3	56	33	110	110	93	88
Bor	µg/L	1500		840	790	1100	1100	430	430	490	490	620	600
Barium	µg/L	430		240	180	380	360	2200	2100	640	640	220	200
Beryllium	µg/L	<0,2		<0,2	0,9	0,4	<0,2	0,1	<0,2	0,1	<0,2	0,1	<0,2
Bismut	µg/L	<0,2		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Calcium	mg/L	130		48	50	110	110	1100	1100	710	710	780	780
Cadmium	µg/L	<0,05		0,4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cobalt	µg/L	2,8		4	0,2	5,2	0,3	9,7	7,1	27	26	16	15
Chrom	µg/L	4,8		16	<1	17	1,6	16	7,1	20	10	9,9	9,1
Kupfer	µg/L	4,5		22	<2	9,4	<2	15	9,4	16	14	12	9,2
Eisen	mg/L	8,2		15	0,21	9,4	0,71	220	210	300	300	340	270
Quecksilber	µg/L			0,02		<0,02		0,05		0,09		0,05	
Kalium	mg/L	18		17	17	20	20	77	74	56	56	64	64
Magnesium	mg/L	36		16	16	33	33	800	800	670	670	740	740
Mangan	µg/L	330		270	120	230	110	5300	5000	8200	8200	9300	8000
Natrium	mg/L	1600		920	920	1400	1400	4000	4000	2400	2400	2400	2400
Nickel	µg/L	8,3		15	1,1	15	1,4	27	18	170	140	60	53
Blei	µg/L	1,4		4,4	0,5	5,8	<0,5	2,6		<0,5	<0,5	7,5	<0,5

Parameter	Einheit	Probe vom 25.03.04 Rotliegend		Probe vom 19.05.04 Rotliegend		Probe vom 02.07.04 Rotliegend/Karbon		Probe vom 13.08.04 Karbon		Probe vom 01.10.04 Karbon		Probe vom 15.11.04 Karbon	
		gesamt	gelöst	gesamt	gelöst	gesamt	gelöst	gesamt	gelöst	Gesamt	gelöst	gesamt	gelöst
Thallium	µg/L	0,1		0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Uran	µg/L	1,6		1,2	0,3	5,7	5,2	0,4	0,2	0,5	0,2	1,1	<0,2
Zink	µg/L	35		47	<3	25	<3	52	27	86	64	95	71
Chrom VI	mg/L			<0,025		<0,025		<0,025		<0,025		<0,025	<0,025
Eisen 2+	mg/L				8,2		3,2		220		270		290
Ammonium	mg/L		1		0,75		0,81		4,2		3,2		2,6
Ammonium-Stickstoff	mg/L		0,78		0,58		0,63		3,3		2,5		2
Abdampfrückstand	mg/L			2700		4500		23000		12000		13000	
Gesamthärte	mmol/L			0		4,1		60,4		45,3		49,9	
Basenkapazität bis pH 4,3	mmol/L			0		0		0		0		0	
Basenkapazität bis pH 8,2	mmol/L			1,8		0		7,1		11		11	
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L			0,07		1,9		9,5		7,2		6,5	
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/L			0		0,02		0		0		0	
Freie Kohlensäure	mmol/L			1,7		0		7,1		11		11	
Gesamt Kohlensäure	mmol/L					2		17		18		18	
Sauerstoffgehalt	mg/L			1,1		1,9		2,7		1,2		1,6	
Sauerstoffsättigung	%			11		20		34		14		20	
Spektraler Absorptionskoeffizient 254nm	1/m			5,3		2,8		6,5		8,2		6,7	
TOC	mg/L			8,6		3,3		20		3,5		28	
Elektrische Leitfähigkeit (20°C)	µS/cm			4110		6970		27800		15900		16700	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm			4590		7780		31000		17700		18600	
Farbe	[-]			leicht. braun		s. braun		s. grau		farblos		s. grau	
Geruch	[-]			ohne		ölig		faulig		ohne		erdig	
pH – Wert (Feld)	[-]			8,6		8,3		6,8		6,6		6,4	
pH – Wert (Labor)	[-]				8,6		8,3		6,8		6,6		6,4
Redoxpotential	mV			111		394		60		136		311	
Lufttemperatur	Grad C			18		16		25		13		6	
Trübung	[-]			stark		stark		stark		keine		stark	
Wassertemperatur	Grad C			15,9		16,4		18,7		19,9		20,4	

Tab. 3: Ausgewählte Analysenergebnisse der Grubenwasserproben aus der Grubenwassermessstelle GrWM I

Parameter	Einheit	Probe vom 04.07.06		Probe vom 29.11.06		Probe vom 06.09.07		Probe vom 04.06.08	
		Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst	Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst	Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst	Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst
Hydrogenkarbonat	mg/L		340		350		360		380
Bromid	mg/L		110		120		110		120
Chlorid	mg/L		8700		8900		9800		10000
Carbonat	mg/L		0		0		0		0
Fluorid	mg/L		0,4		<0,05		<0,05		2,00
Nitrit-Stickstoff	mg/L		0,006		0,02		0,06		0,10
Nitrat-Stickstoff	mg/L		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05
Nitrit	mg/L		0,02		0,05		0,20		0,32
Nitrat	mg/L		<0,2214		<0,2214		<0,221		<0,2214
ortho-Phosphat	mg/L		0,04		<0,03		0,43		0,03
ortho-Phosphat-P	mg/L		0,013		<0,01		0,14		0,01
Silikat	mg/L		20		11		18		16
Sulfat	mg/L		1200		1100		980		900
Silber	µg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,20	<0,10	1,40	
Aluminium	µg/L	37	37	11	<10	3200	13	430	
Arsen	µg/L	220	200	150	150	170	170	160	
Bor	µg/L	580	560	550	550	740	740	770	
Barium	µg/L	780	760	750	670	1500	1400	1400	
Beryllium	µg/L	0,7	<0,20	<0,20	<0,20	0,30	<0,20	<0,20	
Bismut	µg/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,50	<0,20	1,50	
Calcium	mg/L	860	860	820	820	990	940	1000	
Cadmium	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,20	<0,05	0,09	
Cobalt	µg/L	3,2	3,1	2,6	2,6	10,00	3,10	3,60	
Chrom	µg/L	11	11	13	13	20	7,40	9,40	
Kupfer	µg/L	17	17	25	24	16	<2	13	
Eisen	mg/L	320	250	260	260	320	320	310	
Quecksilber	µg/L		0,03				0,07		
Kalium	mg/L	60	60	70	68	75	74	80	
Magnesium	mg/L	740	740	940	940	980	950	1000	
Mangan	µg/L	7800	6800	8000	6800	7500	6900	6300	
Natrium	mg/L	3000	3000	3500	3500	3500	3500	3900	
Nickel	µg/L	10	8,5	7,1	7,1	20,00	2,50	8,10	
Blei	µg/L	0,5	<0,2	<0,2	<0,2	16,00	2,80	3,00	
Strontium	µg/L					12000	12000	15000	

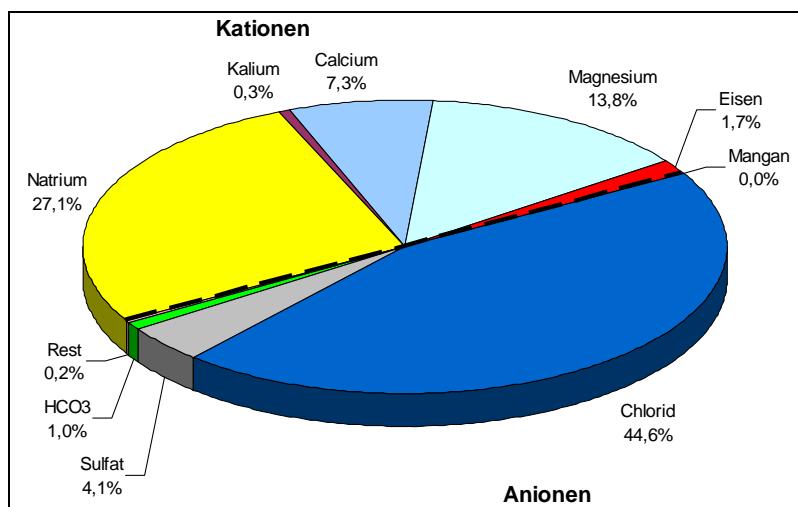
Parameter	Einheit	Probe vom 04.07.06		Probe vom 29.11.06		Probe vom 06.09.07		Probe vom 04.06.08	
		Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst	Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst	Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst	Karbon (Glückauf-Flöz) gesamt	gelöst
Thallium	µg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,20	<0,10	<0,10	
Uran	µg/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,40	<0,20	<0,20	
Zink	µg/L	59	59	63	55	59	19	64	
Chrom VI	mg/L		0						
Eisen 2+	mg/L		320		650		290		280
Ammonium	mg/L		5,1		3,9		4,1		3,6
Ammonium-Stickstoff	mg/L		4		3		3,2		2,8
Abdampfrückstand	mg/L		20000		18000		15000		
Gesamthärte	mmol/L		51,9		59,1		62,50		
Basenkapazität bis pH 4,3	mmol/L		0		0		0		0
Basenkapazität bis pH 8,2	mmol/L		17		18		13		11
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L		5,5		5,8		5,9		6,2
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/L		0		0		0		0
Freie Kohlensäure	mmol/L		17		18		13		11
Gesamt Kohlensäure	mmol/L		23		24		19		17
Sauerstoffgehalt	mg/L	0,1		0,2		1,60		4,80	
Sauerstoffsättigung	%	2		3		22		61	
Spektraler Absorptionskoeffizient 254nm	1/m		16,7		10,8		21,2		11,1
TOC	mg/L	3,3		2,6		14		6,8	
Elektrische Leitfähigkeit (20°C)	µS/cm	22000		23600		24200		25400	
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	24500		26300		27000		28300	
Farbe	[-]		farblos	farblos		stark grau		schwach grau	
Geruch	[-]		s. jauchig	s. jauchig		schwach faulig		schwach faulig	
pH – Wert (Feld)	[-]	5,8		5,9		6,0		5,8	
pH – Wert (Labor)	[-]		6		6		6,1		6,3
Redoxpotential	mV	127		100		147		127	
Lufttemperatur	Grad C		26	12		19		21	
Trübung	[-]		keine	keine		schwach		schwach	
Wassertemperatur	Grad C		25,2	25,2		24,5		24,9	

Die Mineralisation wird auf der Anionenseite von Chlorid dominiert, als Kationen sind vor allem Natrium und Magnesium von Bedeutung (Abb. 12). Dies ist als deutlicher Hinweis auf Anteile hoch mineralisierter Tiefenwässer im Grubenwasser zu bewerten. Dafür sprechen auch die hohen Bromidkonzentrationen (Tab. 3).

Die Schwermetallgehalte sind – im Unterschied zu den Grubenwässern aus dem sächsischen Erzbergbau - grundsätzlich gering. Erhöht sind lediglich die Arsen-Konzentrationen (ca. 200 µg/L), die wahrscheinlich im Ergebnis der sulfidischen Verwitterung freigesetzt werden.

Abb. 12

Ionenbilanz der Grubenwasserprobe vom 29.11.2006 (nach ECKART & KLINGER 2007)



Die Gehalte an Chlorid, Natrium, Kalium und Hydrogenkarbonat im Grubenwasser entsprechen in ihrer Größenordnung den Gehalten, die durch SCHRÄBER (1968) für die Steinkohlenreviere Zwickau und Lugau/Oelsnitz angegeben wurden. Die Sulfat- sowie die Kalziumgehalte liegen deutlich darunter.

Die Analysenergebnisse der Proben aus den Jahren 2006 bis 2008 zeigen, dass sich ein gewisser Gleichgewichtszustand eingestellt hat.

In den Parametergehalten lassen sich im Zeitraum 2006 bis 2008 bei Hydrogenkarbonat, Chlorit, Magnesium, Natrium, elektrischer Leitfähigkeit und pH-Wert eine positive Entwicklungstendenz (Tab. 3). Mangan und Sulfat lassen dagegen einen negativen Trend erkennen.

Beides spricht dafür, dass die Anteile hoch mineralisierter Tiefensolewässer unter quasi stagnierenden Verhältnissen im Probennahmebereich über 600 m Teufe zunehmen.

Das Flutungswasser zeichnet sich durch hohe Eisenkonzentrationen von ca. 300 mg/L aus. Dieser Wert liegt über den Eisengehalten, die bei den Flutungen im Ruhrkarbon bzw. in Lothringen (ECKART u. a. 2004) beobachtet werden. Andererseits sind die Sulfatgehalte mit ca. 1.200 mg/L niedriger als in diesen Revieren. Vor allem das Sulfat/Eisen-Verhältnis ist kleiner als in den übrigen genannten Flutungsbeispielen.

Abb. 13 zeigt, dass die Analysen der Proben aus der GrWM I für 2006 bis 2008 mitten im Stabilitätsfeld des Fe²⁺ liegen. Dies deutet auf sauerstofffreie Verhältnisse hin. Die vergleichsweise geringen Hydrogenkarbonatkonzentrationen (ca. 400 mg/L) werden als Hinweis auf eine beschränkte Verfügbarkeit von pufferndem Karbonat gewertet.

Die Ca-Gehalte sind relativ gering und die Prüfung der Mineralsättigungsverhältnisse im Flutungswasser durch ECKART & KLINGER (2007) ergab, dass eine deutliche Gipsundersättigung vorliegt. Dies ist ein Hinweis dafür, dass die Sulfatgehalte im Flutungswasser gegenwärtig nicht durch die Ausfällung von Gips begrenzt werden.

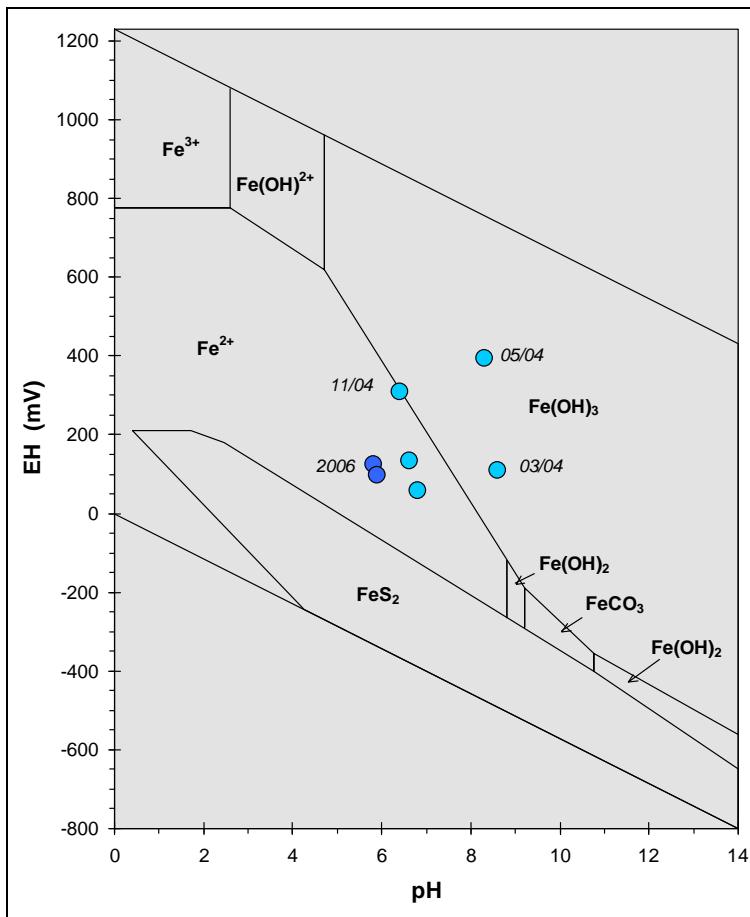


Abb. 13:

Eh-pH-Stabilitätsfelddiagramm für Eisen mit Lage der Grubenwasserproben aus der GrWM I (nach ECKART & KLINGER 2007)

Zur isotopenhydrogeologischen Zusammensetzung der Formations- und Grubenwässer

Im Grubenrevier wurden vor der Einrichtung der GrWM I keine Isotopenuntersuchungen durchgeführt. Außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt für Grundwasser aus der Mülsen-Formation eine Isotopenuntersuchung aus einem Tiefbrunnen in Lichtenstein vor. Die mittlere Verweilzeit des Grundwassers betrug dort zwischen 75 und 85 Jahren, bei einem Jungwasseranteil von 28 % (RÖSNER & MIBUS 1997). Dabei ist anzumerken, dass dieser sog. Jungwasseranteil als $[\alpha_{30 \text{ Jahre}}]$ berechnet wurde, hier also 28 % des Wasser jünger als 30 Jahre sind. Alle weiteren Aussagen zu Jungwasseranteilen im Grundwasser beziehen sich gleich bleibend immer auf diese Altersschranke $[\alpha_{30 \text{ Jahre}}]$. Im Rahmen der gleichen Untersuchungskampagne wurde auch ein Tiefbrunnen in der Leukersdorf-Formation untersucht. Hier ergab sich für das Grundwasser eine mittlere Verweilzeit von 85 bis 92 Jahren, bei einem Jungwasseranteil von 7-14 % (RÖSNER & MIBUS 1997).

Am vorliegenden Standort wurde in einem ersten Test vom 25.03.2004 für die Planitz-Formation ein in der Zusammensetzung sehr altes Grundwasser mit Jungwasseranteilen von nur ca. 1 % ermittelt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine quasi vollständige hydraulische Trennung des untersuchten GWs der Planitz-Formation gegenüber dem überlagernden jüngeren GW der Leukersdorf-Formation und auch gegenüber dem unterlagernden GW existiert. Das GW der Planitz-Formation stellt ein weitgehend stagnierendes GW dar (ABRAHAM 2004).

Die Ergebnisse aus dem hydrogeologischen Test vom 19.05.2004 (vorrangig Planitz- und Härtendorf-Formation) mit vergleichsweise höheren Jungwasseranteilen sind nicht zwingend plausibel und werden Resten von Spülungswasser im beprobenen GW zugeschrieben.

Der Test vom 13.08.2004 erschließt im Bereich 563,0...613,5 m erstmals das Grubenwasser im Karbon als relativ stagnierendes Grundwasser, dass aufgrund seiner hohen Mineralisation (>30 mS/cm Leitfähigkeit) durch hochmineralisiertes Tiefenwasser geprägt ist, dem geringe Mengen Jungwasser (Flutungswasser) beigemischt sind (ABRAHAM 2004).

Tab. 4: Übersicht zu den isotopenhydrogeologischen Untersuchungen (nach ABRAHAM 2004 bis 2008)

		25.03.2004*	19.05.2004*	13.08.2004*	15.11.2004**	04.07.2006**	05.09.2007**	04.06.2008**
Parameter	Einheit							
Systembeschreibende Daten								
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	8.135	4.008	30.200	18.330	24.300	27.000	26.700
Temperatur	°C	14,2	15,2	18,9	20,6	24,9	24,5	24,9
pH-Wert		7,9	8,5		6,35	5,81	5,97	5,80
Ruhewasserspiegel	m unter GOK	30,30	72,86	406,93	413,19	404,77	394,84	387,09
Gesamtpumpzeiten vor Probenahme	h:min	7:45	11:30	20:20	51:00	44:00	46:08	46:00
Wiederanstieg	h:min	3:00	19:30	21:00	5:00	372:45		
Förderrate	m ³ /h	2,9...2,2	2,4...2,2	1,27...0,90	1,05...0,85	0,97	ca. 0,9	ca. 0,9
Herkunft des untersuchten Wassers		GW aus Planitz-Formation	GW aus Planitz- und Härtendorf-Formation	GrW Karbon (Glückauf-Flöz)				
Messwerte								
³ H-Tritium (Wasser)	T.E.	0,6 ± 0,4	4,7 ± 0,5	4,3 ± 0,5	6,5 ± 0,5	5,0 ± 0,5	4,1 ± 0,6	4,3 ± 0,6
² H-Deuterium (Wasser)	‰				-54,9 ± 1	-52,5 ± 1	-52,8 ± 1	-49,7 ± 1
¹⁸ O (Wasser)	‰				-8,16 ± 0,1	-7,82 ± 0,1	-7,65 ± 0,1	-7,61 ± 0,1
³⁴ S (SO ₄)	‰				3,8 ± 0,3	5,8 ± 0,3	9,0 ± 0,3	9,7 ± 0,3
¹⁸ O (SO ₄)	‰				8,2 ± 0,5	5,5 ± 0,5	5,6 ± 0,5	5,6 ± 0,4
¹³ C	‰					-21,2	-23,3	-22,5
¹⁴ C	%-modern					46,7 ± 2,2	46,1 ± 2,1	48,3 ± 2,2
Altersstruktur des Grundwassers								
Mittl. Verweilzeit l _m (EM)	Jahre	>500	225...275	250...300	160...180	200...280	>250...300	205
Jungwasseranteil α ₍₃₀ Jahre)	%	1	11	10	16	10...12	<10	13...14

* Untersuchungen durchgeführt während der Bohrarbeiten 2004

** Untersuchungen durchgeführt nach Fertigstellung der GrWM I

Nach Ausbau der GrWM I im Bereich 563,0...633,8 m erfolgte eine weitere isotopenhydrogeologische Untersuchung des GrW (Test vom 15.11.2004). Hierbei wurden die Jungwasseranteile mit ca. 16 % ermittelt. Aufgrund des Ansteigens des Jungwasseranteils zum vorherigen Test und des gleichzeitigen Rückganges der elektrischen Leitfähigkeit schlussfolgert ABRAHAM (2004), dass mit dem Anschluss der Grubenbaue an das im Test aktivierte hydraulische System der Anteil jung neugebildeten Flutungswassers stärker dominiert und der Anteil des Tiefenwassers im Förderstrom zurückgeht.

Nach Übernahme der GrWM I in das Landesmessnetz des Freistaates Sachsen und der festen Installation von Mess- und Pumpentechnik erfolgten die weiterführenden Untersuchungen jährlich im erweiterten Parameterspektrum. Die Tritiumergebnisse zeigen mittlere Verweilzeiten um ca. 200...300 Jahre und zugeordnete Jungwasseranteile zwischen 10...14 %. Die Kohlenstoffuntersuchungen (^{13}C und ^{14}C) sind nur plausibel, wenn man von einem intensiven Austausch des Grubenwassers mit Kohlenstoff (speziell der Steinkohle) ausgeht. Dies wiederum wäre ein Indiz für weitgehend stagnierende Grubenwasserverhältnisse. Die Ergebnisse bei den stabilen Isotopen ^2H und ^{18}O zeigen keine Prozesse isotopischer Fraktionierungen, die auf sekundäre An- und Abreicherungen oder Umwandlungsprozesse hindeuten würden. Die ermittelten ^{34}S - und ^{18}O -Gehalte des Sulfats im Grubenwasser sind auf das natürliche in der Atmosphäre vorhandene Sulfat zurückzuführen und korrespondieren damit gut mit den ermittelten Jungwasseranteilen zwischen 10...14 % (ABRAHAM 2006/2008).

Die isotopengeochemischen Ergebnisse zeigen auf, dass es sich bei dem Grubenwasser um ein eigenständiges Wasserstockwerk handelt, dem aus dem überlagernden GW-Stockwerk der Planitz-Formation de facto kein GW zufließt. Der ermittelte Jungwasseranteil von 10 bis max. 16 % belegt aber eine hydraulische Verbindung zur Oberfläche. Als Verbindungswege kommen die hydraulisch durchlässigen Schächte sowie ggf. Störungszonen und vor allem der Ausbissbereich des Karbons im E-Teil des Grubenreviers in Frage.

Eine Fortführung der isotopenhydrogeologischen Untersuchungen kann Klarheit darüber bringen, wie das Vorhandensein der jungen Grundwasserkomponenten zu bewerten ist. Wären sie einem „offenen“ Speisungssystem zuzuordnen, dann würden die Jungwasseranteile in kürzester Zeit signifikant zunehmen. Andererseits würde sich das primär angenommene eingeschränkte Zirkulationssystem mit quasi stagnierenden Verhältnissen im karbonischen Aquifer relativ schnell über eine Abnahme insbesondere der Tritium-Aktivität darstellen.

Bisherige Einschätzung der Flutung nach den Ergebnissen aus der Grubenwassermessstelle

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass die Flutung im Lugau/Oelsnitzer Revier im Verhältnis zu den anderen in Flutung befindlichen Steinkohlenrevieren Europas einen Sonderfall darstellt. Dies ist sowohl durch die Zusammensetzung der Kohle bzw. der Gesteine des Karbons, durch den vergleichsweise extrem langsamen Flutungsverlauf sowie durch die fehlende Konvektion im Grubengebäude bedingt.

Die Messdaten stimmen im Beobachtungszeitraum 2006 bis 2009 gut mit den modellierten Grundwasseranstiegsdaten (FELIX u. a. dieses Heft) überein (Abb. 14).

Das Grubenwasser ist dem Magnesium-Natrium-Chlorid-Typ zuzuordnen und zeichnet sich durch erhöhte Mn- und Fe-Gehalte, durch pH-Werte knapp um 6, erhöhte Konzentrationen von Sulfat, As und Ca sowie eine hohe elektrische Leitfähigkeit aus.

Die Entwicklungstendenzen im Chemismus und in der Isotopenzusammensetzung weisen darauf hin, dass ein Zufluss Na-Cl-betonter Tiefensolewässer im Bereich der Filterstrecke an der Basis des Karbonbeckens weiterhin erfolgt. Aufgrund der fehlenden Konvektion im Grubengebäude können die Analysenergebnisse nicht als repräsentativ für die Gesamtheit des Grubenwassers angesehen werden.

Der extrem langsame Flutungsverlauf und die damit verbundenen geringen Durchströmungsraten dürfen dazu führen, dass der größte Teil der potenziellen Schadstoffe in der Grube verbleibt und die austretenden Wässer stark durch die neugebildeten Wässer überprägt werden. Ausgehend vom gegenwärtigen Chemismus und der Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Grubenwasserchemie ist aber zu erwarten, dass vor einer Einleitung in die natürliche Vorflut Maßnahmen zur Grubenwasserbehandlung erforderlich sein werden, um die Parameter mit erhöhten Konzentrationen soweit zu verringern, dass ein guter chemischer und ökologischer Zustand des Oelsnitzer Hegebaches (und nachfolgend des Lungwitzbaches) erreicht bzw. eingehalten werden kann.

Um konkrete Anforderungen an eine zukünftige Grubenwasseraufbereitung festzulegen, ist die kontinuierliche Fortsetzung der geochemischen und isotopenhydrogeologischen Untersuchungen während des Flutungsprozesses ggf. auch an Entnahmestellen im höheren Flutungsbereich notwendig.

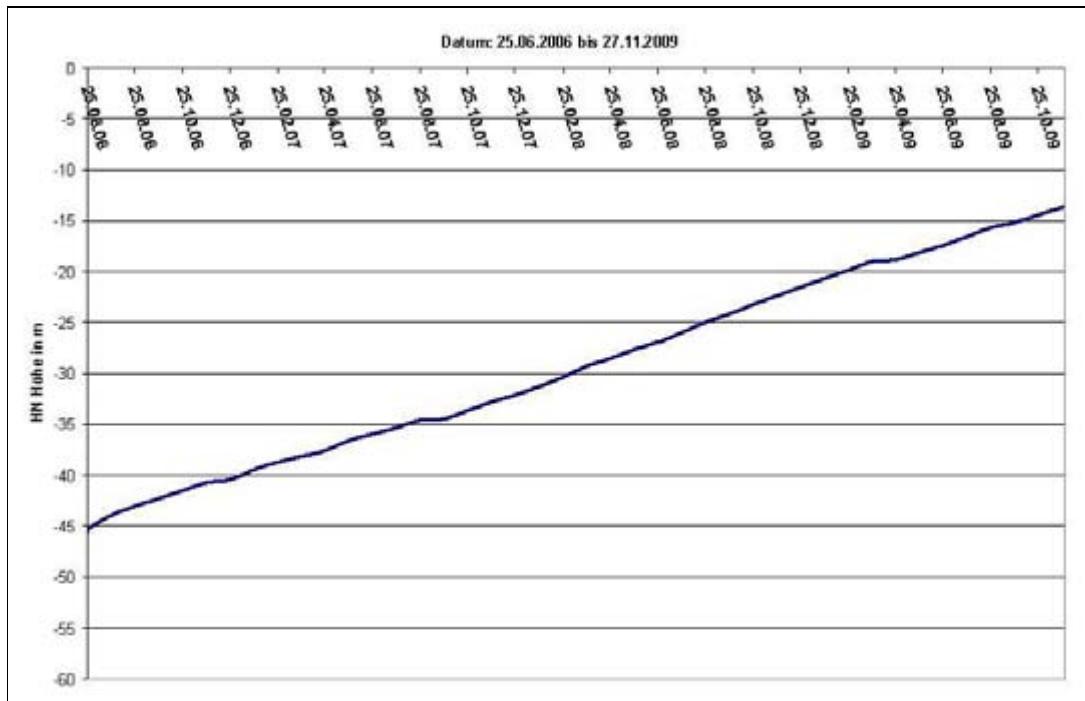


Abb. 14: Grubenwasseranstiegskurve in der Grubenwassermessstelle im Zeitraum vom 25.06.2006 bis 25.10.2009

Eine Nutzbarkeit als Heilwasser ist vordergründig nicht zu erwarten, da die Sulfat-, Hydrogenkarbonat- und Fluoridgehalte nicht den Richtwerten des Deutschen Heilbäderverbandes (Deutscher Heilbäderverband e.V., 2005) entsprechen.

Auch als Mineralwasser ist keine Anwendung zu erwarten, da die Arsen- und Mangangehalte die gesetzlichen Grenzwerte überschreiten (Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser, Tafelwasser“, 2004).

Literaturverzeichnis

- ABRAHAM, T. (2004): Isotopenhydrogeologische Begleituntersuchungen an der Bohrung Oelsnitz. - HGC GmbH Freiberg, unveröff. Ergebnisbericht, Archiv LfUG, Freiberg.
- ABRAHAM, T. (2006): Isotopenhydrogeologische Untersuchungen am Standort Tiefbohrung Oelsnitz/E. - HGC GmbH Freiberg, unveröff. Ergebnisbericht, Archiv LfUG, Freiberg.
- ABRAHAM, T. (2008): Isotopenhydrogeologische Untersuchungen am Standort Tiefbohrung Oelsnitz/E. - HGC GmbH Freiberg, unveröff. Ergebnisbericht, Archiv LfUG, Freiberg.
- Deutscher Heilbäderverband e.V. (2005): Begriffbestimmungen - Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen, 12. Auflage, April 2005.
- ECKART, M., BLACHERE, A., LEFORT, D., KLINGER, C., KORIES, H. (2004): Boxmodell Lothringen Warndt – Prognose der chemischen Entwicklung. - Unveröff. Bericht, DMT GmbH, Essen.
- ECKART, M. & KLINGER, CH. (2007): Aufbau eines Grubenwasserwiederanstiegsmodells für das Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz, Teil II und III. - unveröff. Bericht, DMT GmbH, Essen.
- FELIX u. a. (2003): Grundlagen für die Auswahl eines Bohrlochansatzpunktes für eine Grundwassermessstelle im ehemaligen Steinkohlebergbaurevier Lugau/Oelsnitz - Sachstandsbericht. - Unveröff. Bericht, Archiv LfULG, Freiberg.
- JASCHKE, I & SCHNEIDER, J. W. (2005): Petrographische und geochemische Untersuchungen an Gesteinen der Bohrung Oelsnitz 1A/2003, Teilbericht zum Forschungsthema: Angewandte Modellierung im Schwerpunktprojekt „Steinkohlereviere Zwickau und Lugau/ Oelsnitz“ mittels Gocad. - Unveröff. Bericht, TU Bergakademie Freiberg im Auftrag LfUG, Archiv LfULG Freiberg.
- JUNGHANNS, C. (2002): Lithologie, Stratigraphie und Faziesmuster des Rotliegend von Zwickau - Grundlagen für die Neukartierung und angewandte Geologie. - Unveröff. Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, 95 S, 21 Anlagen.
- JUNGHANNS, C. (2004 a): Detaildokumentation der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003. - Unveröff. Bericht, Geonorm GmbH Glauchau im Auftrag des LfUG, Archiv LfULG Freiberg.
- JUNGHANNS, C. (2004 b): Abschlußbericht zur Detaildokumentation der Tiefbohrung Oelsnitz 1A/2003. - Unveröff. Bericht, Archiv LfULG Freiberg.

- MÜLLER, B. & ABRAHAM, T. (2005): Abschlussdokumentation zur Bohrung HY/1A/2003 Oelsnitz/Erzgebirge. - HGC GmbH Freiberg, unveröff. Bericht, Archiv LfUG, Freiberg.
- RÖSNER, S., MIBUS, J. (1997): Überarbeitung Trinkwasserschutzzonen Tiefbrunnen II, III, V, VII, VIII Lichtenstein, Landkreis Chemnitzer Land. - Hydrogeologisches Gutachten 18.12.1997. 38 S. [139 Bl.], 8 Anl., 25 Lit.
- SCHNEIDER J. W. & JASCHKE I., STEINBORN J. (2005): Abschlußbericht zum Forschungsvertrag: Angewandte Modellierung im Schwerpunktprojekt „Steinkohlebergbaureviere Zwickau und Lugau/Oelsnitz“ mittels GoCad, „Das Strukturmodell als Grundlage für hydrogeologische Aussagemöglichkeiten“. - TU Bergakademie Freiberg, Unveröff. Bericht, Archiv LfULG Freiberg.
- SCHRÄBER, D. (1968): Zur Kenntnis der Sole im Zwickau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier. - Lit. In: Zeitschrift für angewandte Geologie. 14 , H. 8, S. 431-439, 9 Abb.
- Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser, Tafelwasser, BGBI. I 2004, 1033, Anlage 4.

Das Grubenwasseranstiegsmodell im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz

(FELIX, M.¹, ECKART, M.², GÖRNE, S.¹)

Für das Steinkohlenbergbaurevier Lugau/Oelsnitz wurden vor Flutungsbeginn keine technischen Voraussetzungen für ein Monitoring der Flutung und für ein ggf. aktives Eingreifen in den Flutungsverlauf geschaffen. Es lagen damit nach ca. 35 Jahren Flutung für das Revier keinerlei Informationen zum Flutungsstand vor.

Zur Prognose der zu erwartenden hydraulischen Verhältnisse in der Endphase der Flutung bestand deshalb die dringende Notwendigkeit, ein 3-dimensionales Grubenwasseranstiegsmodell auf der Grundlage des 3-dimensionalen geologischen und Abbau-Modells (GÖRNE u. a. dieses Heft) unter Berücksichtigung der Ergebnisse der im Zeitraum 2004 bis 2006 abgeteuften Bohrung sowie der 2006 eingerichteten ersten Grubenwassermessstelle GrWM I im Steinkohlerevier (FELIX u. a. dieses Heft) aufzubauen.

Basis für das Grubenwasseranstiegsmodell war neben dem geologischen 3D-Modell die Berechnung des Resthohlraumvolumens der Gruben nach der Senkung der Tagesoberfläche (LÖBEL & DÖHNER dieses Heft).

Darauf aufbauend erfolgte die Berechnung der Resthohlräume durch ECKART & UNLAND (2005).

Bei den Modellberechnungen wurde von einem Rohfördervolumen von insgesamt 150 Mio. m³ ausgegangen.

Nach Berücksichtigung der Senkungsbeträge, der Versatzanteile und des noch offenen Streckenanteils im Phyllit ergaben sich die in Abb. 1 dargestellten Volumenanteile.

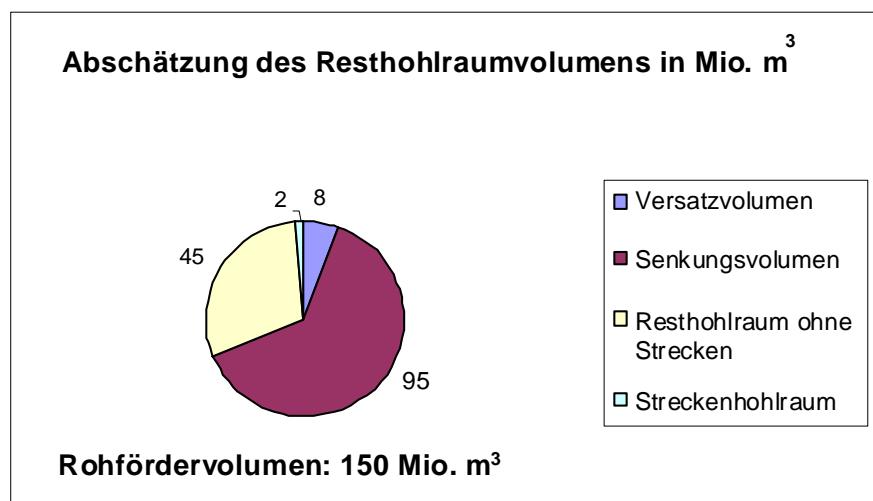


Abb. 1:
Anteile von Versatzvolumen, Senkungsvolumen, Streckenhohlräumen und Resthohlraum am Rohfördervolumen im Lugau/Oelsnitzer Revier (in Anlehnung an ECKART & UNLAND 2005)

Das verbliebene Resthohlraumvolumen beträgt unter Berücksichtigung der offenen Strecken im Grundgebirge somit etwa 47 Mio. m³ bzw. knapp 32 % vom Rohfördervolumen.

Aufbauend auf dem digitalen Strukturmodell wurde das Lagerstättenrevier in einzelne Lagerstättenteile (Boxen) gegliedert (s. GÖRNE u. a. dieses Heft). In dieses Boxenmodell (ECKART & UNLAND 2005) wurden die flutbaren Resthohlräume teufenbezogen integriert (Abb. 2).

Dem Flutungshohlraum sitzen Oberflächenwässer direkt aus dem Ausstrichbereich des Karbon bzw. des unteren Teiles der Härtendorf-Formation im Ostteil des Lagerstättenreviers (Bereich Bergbaumuseum) und über die überwiegend hydraulisch durchlässigen Schächte sowie die sogenannten Tiefenzuflüsse (tektonische Tiefenstörungen) zu.

Während die Oberflächenzuläufe bis ins hohe Flutungsniveau relativ lange konstant bleiben, sind die lateralen Tiefenzuflüsse direkt abhängig vom Flutungswasserstand und werden mit zunehmendem Anstiegsniveau immer mehr abgedrosselt (Gleichgewichtszustand).

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

² DMT GmbH & Co. KG Essen

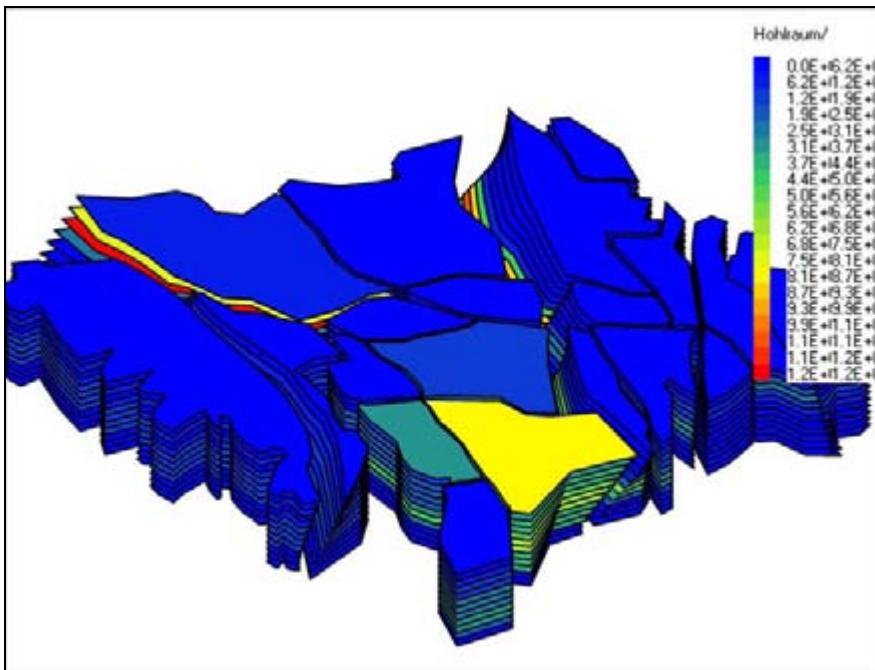


Abb. 2:
Boxen-Modell für das Bergbaurevier
Lugau/Oelsnitz mit Darstellung der
modellierten Hohlräume
(nach ECKART & UNLAND 2005)

Die Grubenwasseransteigungsprognose geht von folgenden Annahmen bzw. Randbedingungen aus:

- Die Gesteinsformationen des Rotliegend sind in vertikaler Richtung zum Karbon nahezu hydraulisch dicht.
- Die tektonischen Störungen sind im Oberflächenbereich bis zu einer Teufe von 50 m hydraulisch durchlässig, ansonsten hydraulisch dicht.
- Die Erdrisse werden - analog zu den tektonischen Störungen - bis zu einer Teufe von 50 m als hydraulisch durchlässig angesehen.
- Die Schachtverfüllungen sind überwiegend hydraulisch durchlässig.
- Die Grundwasserneubildung im erweiterten Ausstrichbereich des Karbons beträgt ca. $30 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Der Grubenwassertiefenzulauf beträgt $53,6 \text{ m}^3/\text{h}$ (angenommen wurden vereinfacht drei Zulaufpunkte im Niveau -600 m, -500 m und -300 m HN und eine lineare Abdrosselung gegen 400 m HN von $17,9 \text{ m}^3/\text{h}$).

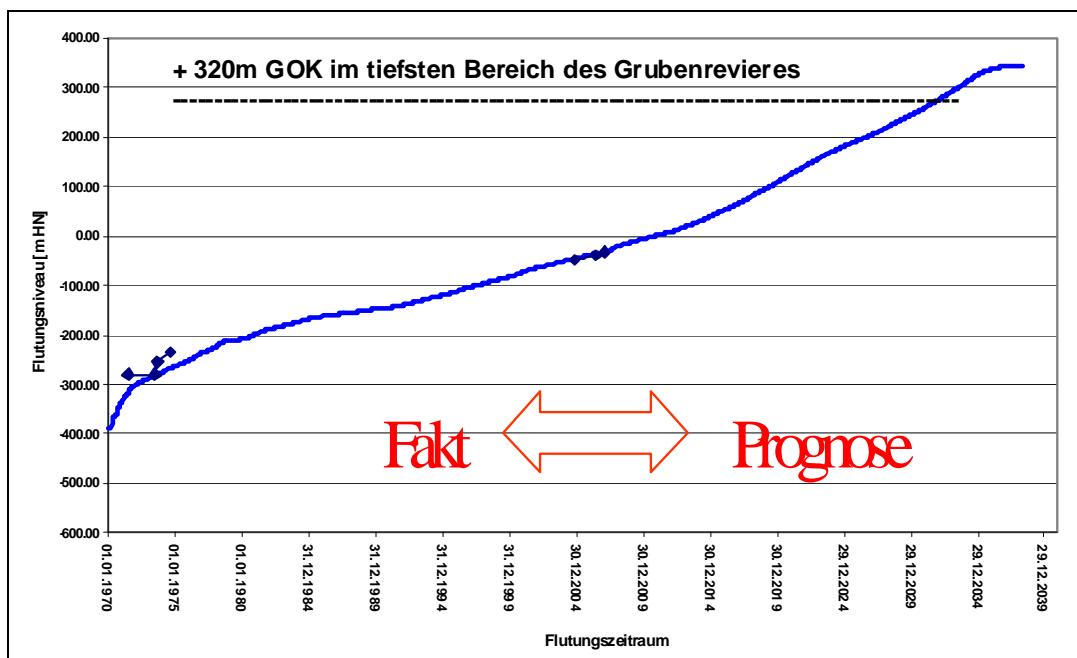
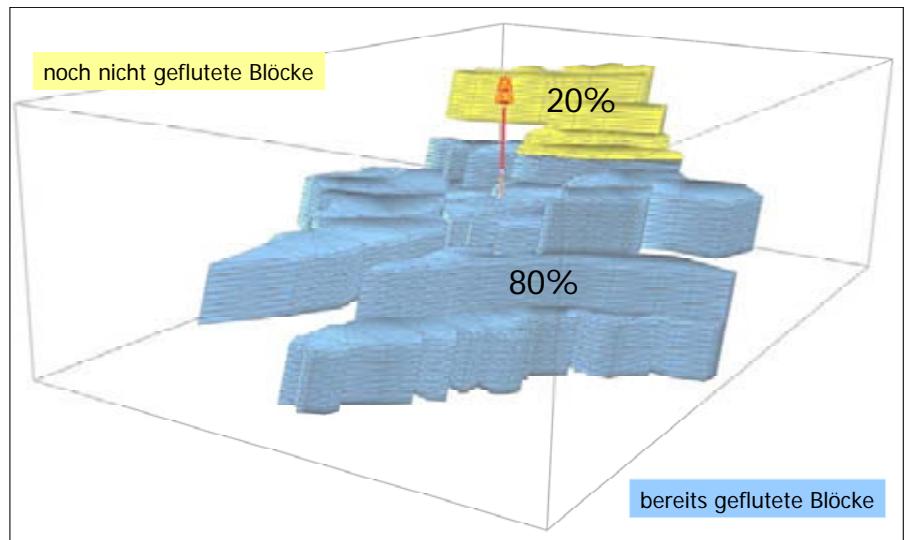


Abb. 3: **Modellierte Flutungswasserspiegelentwicklung im Modellierungsblock 10 mit Messwerten zu Beginn der Flutung und nach Abteufen der Bohrung und Einrichtung der GrWM I (nach Eckart & Unland 2005)**

Entsprechend dem vorliegenden Modell kann davon ausgegangen werden, dass das Anstiegsniveau die Tagesoberfläche im tiefsten Bereich des Grubenreviers in der Ortslage Gersdorf (ca. +320 m NN) etwa im Jahr 2033 erreichen wird (Abb. 3). Dies entspricht einem prognostizierten durchschnittlichen Grubenwasseranstieg von ca. einem Höhenmeter pro Monat.

Bisher ist ein Resthohlraumvolumenanteil von ca. 80 % geflutet (Abb. 4).

Abb. 4:
Verhältnis der gefluteten und nicht gefluteten Anteile des Grubenreviers in Boxenmodelldarstellung (SW-Ansicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)



Der bisherige Flutungsverlauf für den Modellblock 10 stimmt gut mit dem Modellverlauf überein. Dies spricht einerseits für die Richtigkeit der Modellrandbedingungen insbesondere bezüglich der Abschätzung des Resthohlraumvolumens und andererseits dafür, dass die hydraulische Kommunikation gegenwärtig im gesamten Grubengebäude ausreichend ist, um in den verschiedenen Teilrevieren den hydraulischen Niveaustausch zu schaffen.

Letzteres war ausgehend von den Pumpversuchsergebnissen im Bohrloch (FELIX u. a. dieses Heft) im Vorhinein nicht so zu erwarten und muss auch nicht bis zum Flutungsende zwingend so erhalten bleiben.

Deshalb wurden für den Prognosebereich verschiedene Grubenwasseranstiegsszenarien, die unter Berücksichtigung der theoretisch möglichen Randbedingungen der Anstiegsprognose denkbar sind, abgeleitet. Die Eckpunkte für die Ableitung der Szenarien sind in Abb. 5 schematisch dargestellt.

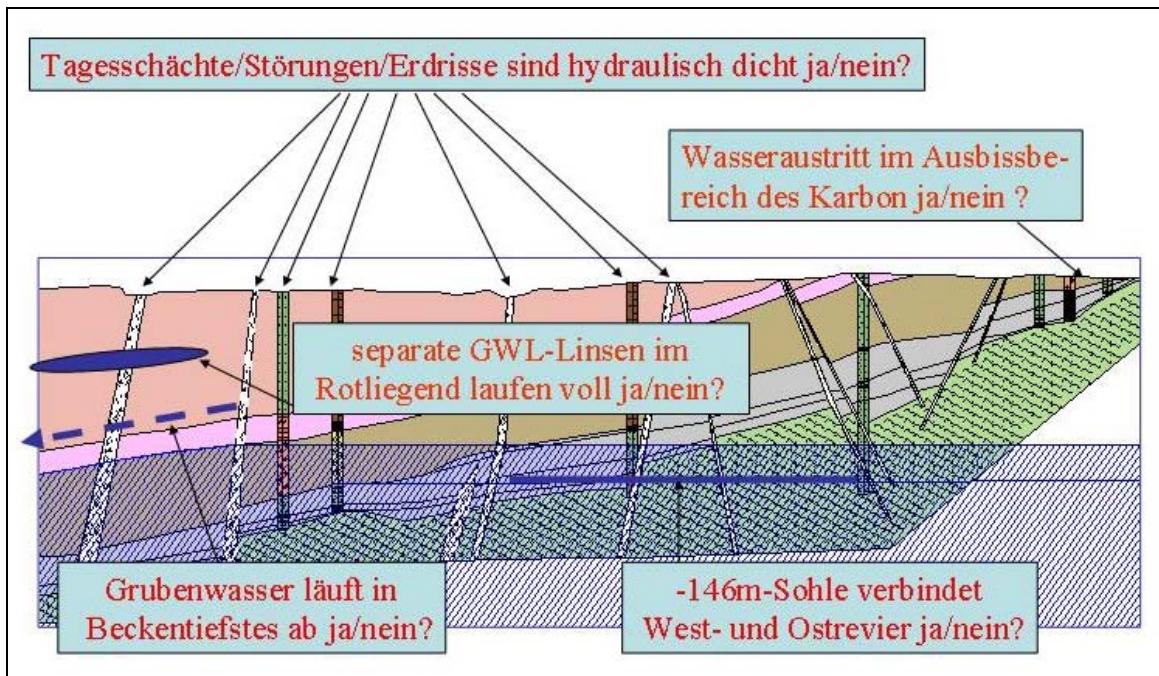


Abb. 5: Eckpunkte für die Ableitung der Grubenwasseranstiegsszenarien im Grubenrevier

Grubenwasseranstiegsszenario 1

Dieses Szenario geht davon aus, dass die Tagesschächte und tektonischen Störungen/Erdrisse dicht sind, kein untertägiger Abfluss ins Rotliegend-Beckentiefste erfolgt, eine ungestörte hydraulische Verbindung zwischen dem westlichen und östlichen Revierteilen über die -146 m-Sohle existiert und die Wasseraustritte erst an der Tagesoberfläche im Ausbissbereich des Karbons auf einem Höheniveau von ca. 400 m NN auftreten.

Die zu erwartende Grubenwasseranstiegskurve entspricht in diesem Szenario der Modellanstiegskurve bis zur Höhe des oberflächigen Überlaufs (Abb. 6).

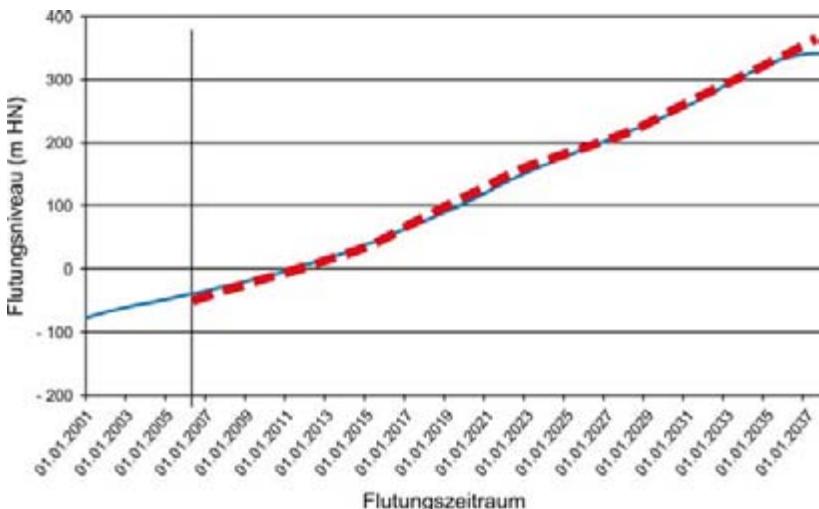


Abb. 6:
Grubenwasseranstiegskurve nach Szenario 1
- Anstiegskurve (rot) entspricht Modellanstiegskurve (blau) in Modellierungsblock 10

Grubenwasseranstiegsszenario 2

Szenario 2 geht ebenfalls davon aus, dass kein untertägiger Abfluss ins Rotliegend-Becken erfolgt und eine ungestörte hydraulische Verbindung zwischen westlichen und östlichen Revierteilen über die -146 m-Sohle existiert. Die Schächte und tektonischen Störungen werden als undicht angesehen, so dass die Wasseraustritte an der Tagesoberfläche über die Tagesschächte/Störungen/Erdrisse erfolgen.

Die zu erwartende Grubenwasseranstiegskurve entspricht der Modellanstiegskurve bis zur Höhe des oberflächigen Überlaufs bei ca. 320 m NN (Abb. 7).

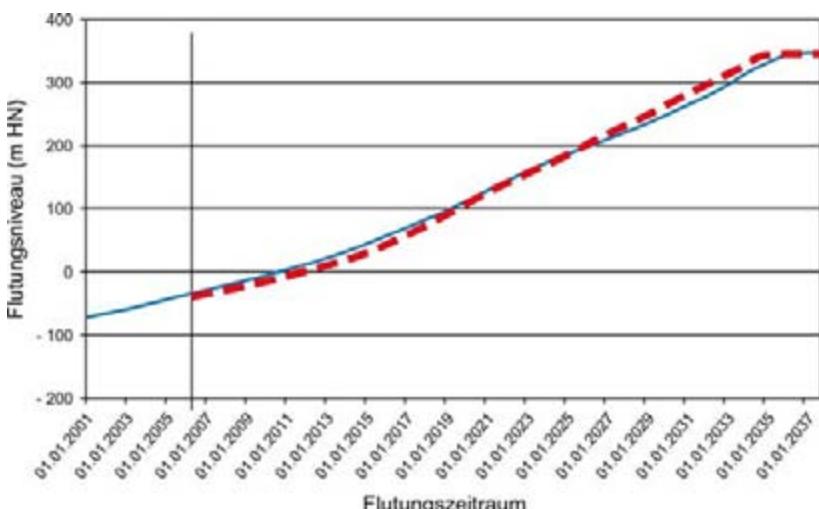


Abb. 7:
Grubenwasseranstiegskurve nach Szenario 2 - Anstiegskurve (rot) entspricht Modellanstiegskurve (blau) in Modellierungsblock 10 bis zum Höheniveau +320 m NN

Grubenwasseranstiegsszenario 3

Szenario 3 geht wiederum davon aus, dass kein untertägiger Abfluss ins Rotliegend-Becken erfolgt. Es wird angenommen, dass eine ungestörte hydraulische Verbindung zwischen westlichen und östlichen Revierteilen über die -146 m-Sohle existiert und die Schächte und tektonischen Störungen undicht sind. Es erfolgt aber ein verzögter Wasseraustritt an der Tagesoberfläche, welcher durch untertägiges Auffüllen lokaler „Grundwasserlinsen“ sandig-konglomeratischer Fazies im Rotliegend-Komplex verursacht wird.

Die zu erwartende Grubenwasseranstiegskurve entfernt sich mit jedem Auffüllprozess einer solchen „Linse“ von der Modellanstiegskurve, so dass ein stufenartiges Bild entsteht (Abb. 8).

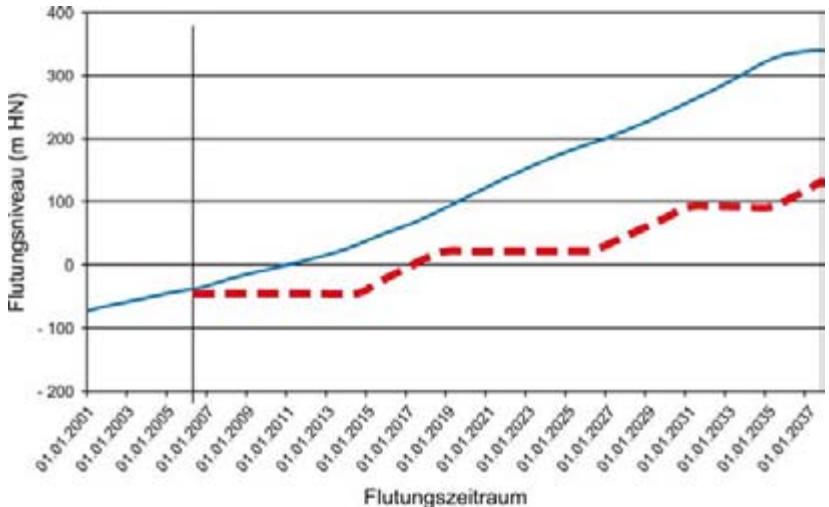


Abb. 8:
Grubenwasseranstiegskurve nach Szenario 3 - Anstiegskurve (rot) entfernt sich mit jedem Auffüllprozess von der Modellanstiegskurve (blau) in Modellierungsblock 10

Grubenwasseranstiegsszenario 4

In diesem Szenario werden die Schäfte und tektonischen Störungen als undicht angesehen und eine ungestörte hydraulische Verbindung zwischen westlichen und östlichen Revierteilen über die -146 m-Sohle angenommen. Es erfolgt aber kein Wasseraustritt an der Tagesoberfläche. Verhindert wird dieser durch ein untertägiges Ablaufen des GrW in Richtung Rotliegend-Beckentiefstes außerhalb des Untersuchungsgebietes (NW-Richtung).

Die zu erwartende Grubenwasseranstiegskurve entspricht in diesem Fall der Modellanstiegskurve bis zu Beginn des untertägigen Abflusses. Danach bleibt der Wasserstand auf Abflussniveau (Abb. 9).

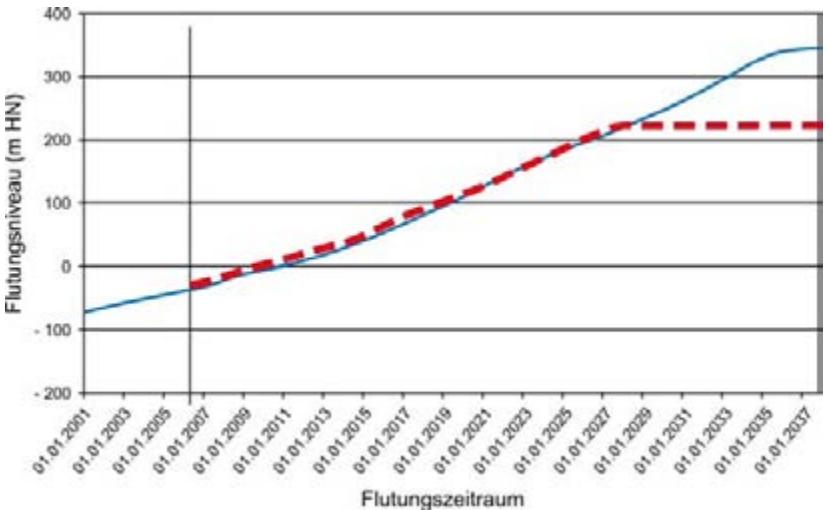


Abb. 9:
Grubenwasseranstiegskurve nach Szenario 4 - Anstiegskurve (rot) entspricht Modellanstiegskurve (blau) in Modellierungsblock 10 bis zu Beginn des untertägigen Abflusses, danach bleibt der Wasserstand auf Abflussniveau

Grubenwasseranstiegsszenario 5

In Szenario 5 werden die Schäfte und tektonischen Störungen als undicht angesehen. Die hydraulische Verbindung zwischen westlichen und östlichen Revierteilen über die -146 m-Sohle wird als gestört angenommen. Dies hätte zur Folge, dass im östlichen Revier teil mit der dominierenden GW-Neubildung im erweiterten Ausstrichbereich des Karbons und dem geringeren Resthohlräumvolumen das Grubenwasser-Flutungsniveau schneller ansteigen würde als im westlichen Revier teil.

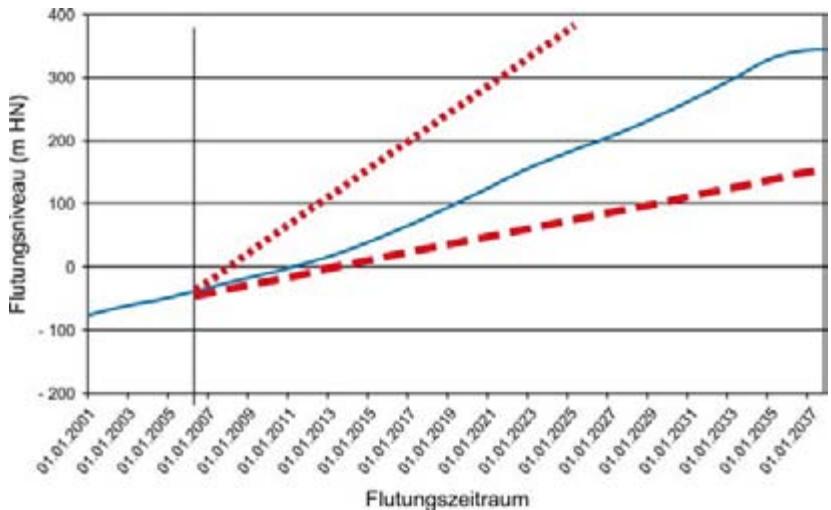


Abb. 10:
Grubenwasseranstiegskurve nach Szenario 5 - Anstiegskurven für den westlichen Revierteil (rot gestrichelt) und den östlichen Revierteil (rot gepunktet) entfernen sich von der Modellanstiegskurve (blau)

Die zu erwartenden Grubenwasseranstiegskurven steigen in diesem Fall für den westlichen Revierteil langsamer als für den östlichen Revierteil. Der obertägige Grubenwasser-Austritt könnte im östlichen Revierteil somit wesentlich eher erreicht werden (Abb. 10).

Ausgehend von den aktuellen Grubenwasserstandsmessungen in der GrWM I (Abb. 12 in FELIX u. a. dieses Heft) ist anzunehmen, dass gegenwärtig Szenario 1 oder 2 abläuft.

Auf der Basis der Erfahrungen beim Abteufen der Tagesschächte und den dokumentierten Wassereinbrüchen während des aktiven Bergbaus ist mit steigendem Flutungsstand ein Übergang in Szenario 3, d. h. „Pausen im Grubenwasseranstieg“, nicht auszuschließen.

Szenario 4 wird nach bisherigem Kenntnisstand als wenig wahrscheinlich angesehen, da bisher keine Hinweise über entsprechend weiträumige hydraulische Durchlässigkeit im Rotliegend vorliegen. Es wäre aber prinzipiell denkbar, wenn man davon ausgeht, dass das Niveau eines möglichen untertägigen Abflusses bisher nur noch nicht erreicht wurde.

Szenario 5 kann ausgehend von der in der GrWM I festgestellten geringen hydraulischen Durchlässigkeit im „Alten Mann“ des Grundflözes nicht ausgeschlossen werden. Gegenwärtig deutet sich dies allerdings noch nicht an, da die GW-Standsmessungen ziemlich genau auf der Modellanstiegskurve liegen und das Modell ausreichende hydraulische Wegsamkeiten annimmt.

Um zu prüfen, ob ggf. der Übergang zu einem anderen Szenario erfolgt ist, erfolgt eine kontinuierliche Auswertung der Monitoringdaten (FELIX u. a. dieses Heft) und deren Abgleich mit den Modelldaten.

Potenzielle bergbaufolgebedingte Gefahren ergeben sich einerseits aus einer möglichen Beeinflussung des Grundwassers durch das Grubenwasser und andererseits durch eventuelle Oberflächenvernässungen und eine Beeinträchtigung der Wasserqualität des Oelsnitzer Hegebaches.

Außerdem sind insbesondere im Bereich der bekannten senkungsbedingten Erdrisse gegenläufige Bewegungen, die in Verbindung mit den grubenwasseranstiegsbedingten Hebungen stehen, denkbar. Allerdings sind bei der sehr geringen Grubenwasser-Anstiegsrate und dem relativ hohen Anteil plastischer Gesteine im Rotliegend-Komplex Gebirgsschläge wenig wahrscheinlich.

Die Szenarien einer präventiven Gefahrenabwehr sind abhängig davon, ob die o. g. Grubenwasser-Anstiegsszenarien „in reiner Form“ bzw. in Kombination eintreten werden.

Literaturverzeichnis

ECKART, M. & UNLAND, W. (2005): Aufbau eines Grubenwasserwiederanstiegsmodells für das Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz, Teil II. - Unveröff. Bericht, DMT GmbH, Essen.

Die Halden im Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz und ihr Gefährdungspotenzial für die Umwelt (HERTWIG, TH.¹, FRENZEL, M.², FELIX, M.³, SOHR, A.³)

Einleitung

Steinkohle wurde auf sächsischem Territorium an 7 Standorten mit unterschiedlicher Intensität und Menge abgebaut (Abb. 1). Das ehemalige Revier Lugau/Oelsnitz ist einer der 7 ehemaligen Standorte des sächsischen Steinkohlebergbaus, an denen bis heute noch große Bergehalden erhalten sind, die trotz umfangreicher Rekultivierungsmaßnahmen eine wesentliche Schwermetallquelle für die Schutzgüter Wasser und Boden darstellen.



Abb. 1: Steinkohlenaltbergbau in Sachsen und Reviere mit Bergehalden an der Tagesoberfläche
(nach FELIX u. a. 2008)

Im Revier Lugau/Oelsnitz existieren 21 Steinkohlebergehalden unterschiedlicher Größe (Tab. 1). Insbesondere unter Berücksichtigung der Anforderungen der EU-WRRL ergab sich die Notwendigkeit einer systematischen Analyse des Wissensstandes, der Verbesserung des Prozessverständnisses bezüglich der Schadstoffmobilisierung und -fixierung sowie der Bewertung des Gefährdungspotenzials der Steinkohlenbergehalden als Basis für eine effektive Bewältigung der haldenspezifischen Bergbaufolgen.

¹ BEAK Consult GmbH Freiberg

² ehemals G.U.B. Ingenieur AG Zwickau

³ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Das LfUG beauftragte 2005 eine Forschungsgemeinschaft bestehend aus der Beak Consultants GmbH, der G.U.B. Ingenieurgesellschaft AG und dem Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten der TU Dresden mit der Realisierung eines 3-jährigen Forschungsvorhabens zum Thema „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz“. Außerdem wurden die Firmen IBN (NEEF dieses Heft) und GEOS (SCHERER dieses Heft) mit Teilthemen beauftragt.

Ziele des Projektes waren u. a. die Entwicklung einer Haldenbewertungsmethodik, die Prozessidentifikation, weitere Untersuchungen zum Prozessverständnis bezüglich des Schwermetallaustretens, die Haldenkategorisierung auf der Basis der Einschätzung des Gefährdungspotenzials und die Erarbeitung eines branchenbezogenen Merkblattes zu Steinkohlenbergbauhalden.

Nachfolgend werden einige ausgewählte Ergebnisse des Forschungsprojektes (SITTNER, H. u. a. 2006, HERTWIG, Th. u. a. 2006, HERTWIG, Th. u. a. 2007) speziell für das Revier Lugau/Oelsnitz vorgestellt.

Kurzcharakteristik der Steinkohlebergehalden

Im Revier Lugau/Oelsnitz existieren 21 Steinkohlebergehalden (Tab. **Tab. 1**).

Tab. 1: Übersicht zu den Halden im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz

Halden-Nr.	Bezeichnung	aktuelle Nutzung	Fläche (in ha)	Ident-Nr. Haldendatenbank	Haldenbrand aktuell	Wärmequelle aktuell
OEL 1	Helene- und Idaschachthalde	Kleingarten	7,375	201	nein	nein
OEL 2	Pluto-Merkur-Schachthalde	nördl. Industrie und Gewerbefläche	14,250	202	nein	nein
OEL 3	Kaisergruben-Halde	Kleingarten	4,519	203	nein	nein
OEL 4	Vereinigtfeld-Schacht-II-Halden	Kleingarten	4,647	204	nein	nein
OEL 5	Concordia-Schacht-Halde	Kleingarten; Kinderspielplatz	2,617	205	nein	nein
OEL 6	Vereinigtfeld-Schacht-I-Halden	Kleingarten; Sportanlage, Bauhof	1,425	206	nein	nein
OEL 7	Concordia-Schacht-Halde	Kleingarten, kleiner Bolzplatz	7,290	207	nein	nein
OEL 8	Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde	Kleingarten, Hundesportplatz	8,233	208	nein	nein
OEL 9	Hoffnung-Schacht-Halde	Kleingarten	1,100	209	nein	nein
OEL 10	Vertrauen-Schacht-Halde	Wald, am Haldenfuß Kleingärten	6,516	210	nein	ja
OEL 11	Gottes-Segen und Glückauf-Schacht-Halde	Motorcrossstrecke	3,559	211	nein	nein
OEL 12	Carl-Schacht-Halde	Sportplatz;	1,748	212	nein	nein
OEL 13	Carl-Schacht-Halde	Tiefbauunternehmen; Autoswaschanlage	0,541	213	nein	nein
OEL 14	Victoria-Schacht-Halde	Kleingarten; Kinderspielplatz	3,603	214	nein	nein
OEL 15	Saxonia-Schacht-Halde	Hundeplatz	1,113	215	nein	nein
OEL 16	Vereinigtfeld-Schacht-III-Halden	Kleingarten, Hundeplatz	6,837	216	nein	ja
OEL 17	Deutschland-Schacht-I-Halden	Wald, Aussichtsturm, Ostteil Lagerplatz, randlich Kleingärten	17,831	217	ja	ja
OEL 18	Deutschland-Schacht-II-Halden	südl. Industrie und Gewerbefläche	3,733	218	nein	nein
OEL 19	Kaiserin-Augusta-Schacht-Halde	Kleingarten; Kinderspielplatz; Sportanlage, südöstl. Hälften Industrie und Gewerbefläche	25,957	219	nein	nein
OEL 20	Gottes-Hilfe-Schacht-Halde	Industrie und Gewerbefläche	0,792	220	nein	nein
OEL 21	Vereinsglück-Halde	Sportanlage, Industrie und Gewerbefläche	6,420	221	nein	nein

Die Steinkohlebergehaldenkörper umfassen hauptsächlich bergbautypische Ablagerungen, die aus der Schachteinfüllung, dem Vortrieb von Strecken sowie dem eigentlichen Abbau der Steinkohle stammen. Auf einigen Halden sind zudem Rückstände aus der Aufbereitung und der Veredelung der Steinkohlen anzutreffen.

Weiterhin sind die Steinkohlehalden oft mit Ablagerungen, die originär keine Beziehung zum eigentlichen Bergbaugeschehen

aufweisen, verknüpft.

Zu den bergbautypischen Ablagerungen zählen:

- **Teufmassen:** Diese Berge beinhalten das Ausbruchmaterial, das bei der Schachtabteufung im Rotliegenden und im Karbon angetroffen wurde. Geringe Mengen sind ordovizische Phyllite aus dem Liegenden der Kohle vertreten. Die Stückigkeit der Teufmassen ist relativ grob.
- **Grobberge:** Zu den Grobbergen gehören nach ihrer Korngröße die oben genannten Teufmassen, Bergmassen aus Aus- und Vorrichtungsgrubenbauen sowie die Leseberge aus der Trockenaufbereitung.
- **Waschberge:** Die nicht verwertbaren Bestandteile aus der Nassaufbereitung (Kohlenwäsche) setzen sich wie die Grobberge aus karbonischen Ton-/Schluffstein und untergeordnet aus nicht abtrennbarer fein verteilter Kohle zusammen.
- **Kohenschlamm:** Das aus den Feinkornsetzmaschinen (Nassaufbereitung) resultierende Feinkohle-Berge-Wasser-Gemisch unter 10 mm Korngröße wurde je nach Entwicklung der Aufbereitungstechnologie direkt mit Spülrohren in Schlammteiche eingebracht oder einer weiteren Aufbereitung über Flotationsanlagen zugeführt.
- **Kesselschlacke, Kesselasche und Flugasche:** Eine Vielzahl von Schachtanlagen erzeugte durch Verfeuerung von Steinkohle Dampf zum Betreiben von Förder-, Aufbereitungs- und Bewetterungsanlagen. Zum Einsatz kamen Rost- und Mühlenkessel.
- **Kokereiabfälle:** Seit Anfang des 19. Jh. entstanden in den Steinkohlerevieren Kokereien. Auf einigen Haldenstandorten verbrachte man die Abprodukte aus der Koks- und Gaserzeugung. (Im Revier Lugau/Oelsnitz mit Unsicherheiten nur für die Concordia-Halden belegt.) Diese nehmen meist einen sehr geringen Anteil am Haldenvolumen ein, besitzen jedoch aufgrund ihres Schadstoffpotenzials hohe Umweltrelevanz.

Zu den nicht bergbautypischen Ablagerungen auf den Haldenkörpern zählen:

- **Bauschuttablagerungen:** Von einigen Halden (u. a. Concordia groß, Kaiserin Augusta) ist die Ablagerung von Bauschutt bekannt. Der Bauschutt stammt zum Teil aus dem Abriss der Bergwerksgebäude, zum Teil aus wilden Ablagerungen auf dem Haldenkörper. Einige Halden wurden gewerblich als Zwischenlager für derartige Abfälle genutzt.
- **Lehm, Bodenaushub:** Diese mineralischen Ablagerungen stammen meist aus der Umgebung der Halde und wurden beim Bau der Dämme von Schlammteichen, für Geländeausgleichsmaßnahmen und zur Vorbereitung der Haldenbegrünung aufgebracht. Der Lehm und Bodenaushub ist meist den quartären Deckschichten (Auelehm, Hanglehm) und dem Rotliegenden (Zersatzlehm) zuzuordnen.
- **Sonstige Abfälle:** Eine Besonderheit stellt die Ablagerung von radioaktiven Bergen und Aschen aus dem Freitaler Revier im Revier Lugau/Oelsnitz dar (Vereinigtfeld-Schacht-III-Halde).

Eine Besonderheit der Steinkohlebergehalde ist die Tatsache, dass ihr Kohle- und Sulfidgehalt z. T. recht hoch ist. Da die Sulfide bei Luftzutritt exothermen Oxidationsreaktionen unterliegen, führte dies häufig zur Selbstentzündung der Halden und zu einem „vor sich hin-Schwelen“ z. T. über Jahrzehnte. Die Brände sind auf den meisten Halden schon abgeklungen. Auf einigen Halden setzen sich diese Brände aber bis heute fort; offen sichtbare Rauchentwicklungen sind aber nur für die Deutschland-Schacht-I-Halde sichtbar.

Steinkohlebergehalde sind auf Grund ihrer Charakteristik i. d. R. Altablagerungen im Sinne des BBodSchG, da sich das Haldelement signifikant von der Hintergrundbelastung am Ablagerungsort unterscheidet und/oder bergbaufremde schadstoffverdächtige Abfälle mit abgelagert wurden. Die Gefährdungsabschätzung dieser Verdachtsflächen erfolgt deshalb nach BBodSchG und BBodSchV.

Untersuchungskonzept

Das Untersuchungskonzept des F&E-Themas ist in Abb. 2 und Abb. 3 kurz schematisch zusammengefasst.

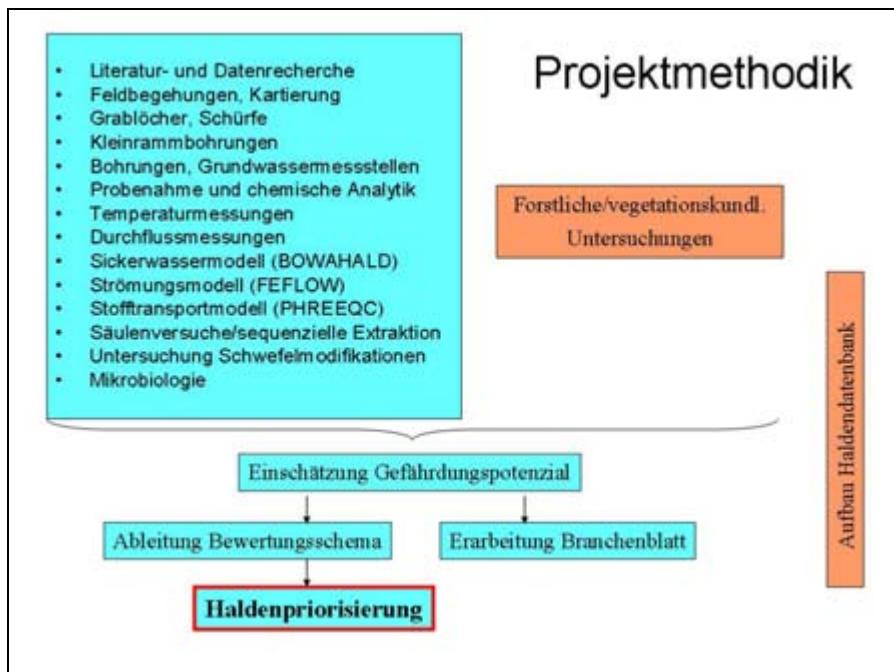


Abb. 2:
Prinzipschema zur Projektmethodik zum F&E-Thema „Gefährdungspotenzial Steinkohlenhalden Zwickau / Oelsnitz“

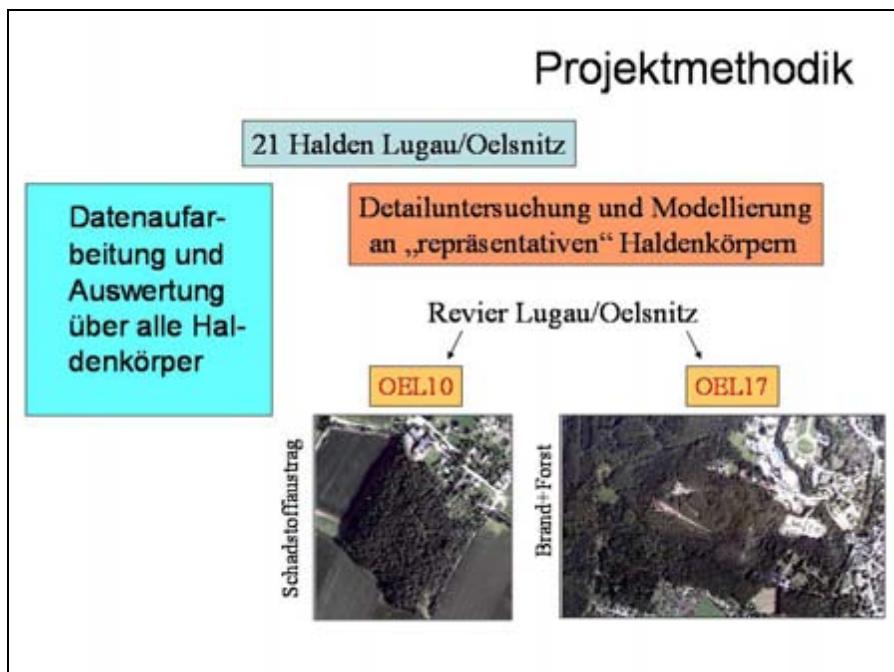


Abb. 3:
Projektmethodik bezüglich der Auswahl der Halden für die Detailuntersuchung

Ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen

Für das Revier Lugau/Oelsnitz wurden detaillierte Untersuchungen der Haldensickerwässer an 9 Halden über ein Jahr lang durchgeführt. Das Ziel der Untersuchungen bestand neben ihrer chemischen Charakterisierung darin, aus dem Temperaturverlauf der Wässer die Halden zu diagnostizieren, in denen noch ein Wärmepotential vorhanden ist.

Für spezielle chemische und mikrobiologische Untersuchungen wurde die Vertrauen-Schacht-Halde ausgewählt. Von dieser Halde waren sehr saure Haldensickerwässer bekannt, andererseits besitzt sie ein weitgehend durchgebranntes Haldeninventar (Stand der Untersuchungen nach dem Abschluss der Haldenschüttungen). Bisher galt die Annahme, dass das durchgebrannte, rote Haldenmaterial chemisch inert ist und demzufolge in den durchgebrannten Halden kein/wenig Schadstofffreisetzungspotential vorhanden wäre.

Gefährdungspotenzial Ist-Stand

Boden/Bergematerial Vertrauen-Schacht-Halde

Die Lagerungsverhältnisse sowie die Zusammensetzung der Haldenmaterialien sind mit Hilfe von 20 Grablöchern bis 0,4 m Tiefe, 4 Handschürfen bis 1 m, 15 Kleinrammbohrungen zwischen 5 und 10 m und 9 Bohrungen zwischen 4 und 34 m, von denen 6 zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden, untersucht worden. Aus diesen Aufschlüssen sind 159 Bodenproben zur chemischen Analyse entnommen worden.

Die Substratzusammensetzung der Vertrauen-Schacht-Halde zeigt ein Überwiegen der Schluff- und Tonsteine (Nebengesteine der Kohle). Untergeordnet sind Phyllite und Rotliegendes (Gesteine aus dem Liegenden der Kohle bzw. Schachtluftmassen), Feuerungssachen und -schlacken sowie Kohle- und Aufbereitungsschlämme sowie anthropogener Abfall erbohrt worden (Abb. 4).

Die Haldenschüttung weist überwiegend Grus- und Steinkorngrößen auf (55-65 %), viel Sand (rd. 30 %) und rd. 10 % Schluff- und Tongehalt.

Die abgelaufenen Haldenbrände können über die Farben der Berge abgeschätzt werden. In den geteuften Aufschlussstrecken traf man 48 % rot und ziegelrot, aber auch gelb und weiß gebrannte Berge an, zu 34 % nicht gebrannte und zu 18 % schwarz und rot gefärbte gemischte Berge (Abb. 4).

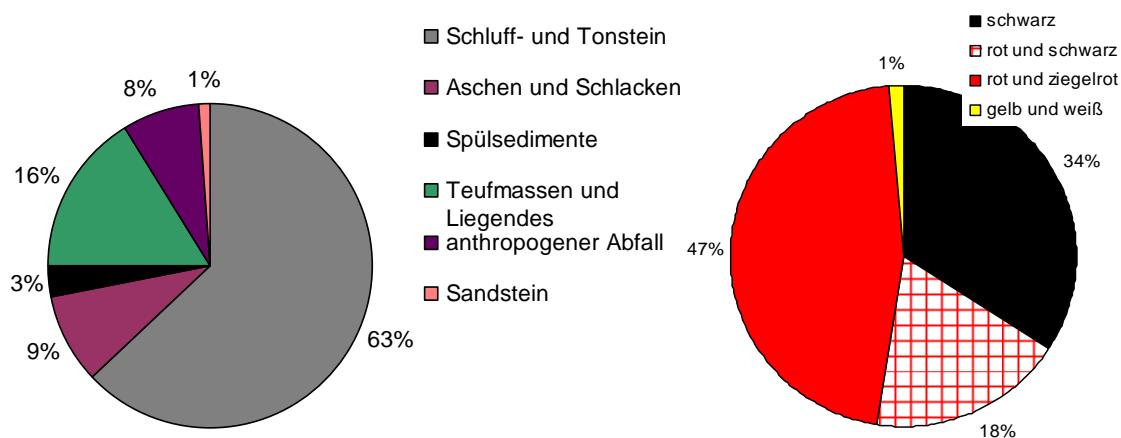


Abb. 4: Substratzusammensetzung (links) und Farben der Haldenmaterialien

Temperaturmessungen in zwei Bohrungen ergaben für die Berge im Haldeninneren Temperaturen des Substrats zwischen 14 und 16 °C. Im grundwassererfüllten Bereich der Halde sank die Temperatur auf rd. 12,8 °C. Diese Temperaturen sind als deutlich erhöht anzusehen. Normale Bodentemperaturen schwanken um die 10 °C, die in den GWM im Umfeld der Halde gemessenen Wassertemperaturen lagen bei rd. 6 °C. Im gesamten Bohrprozess wurden aber keine aktuellen Haldenbrände angetroffen.

In den als kohlehaltig beschriebenen Proben wurde ein mittlerer Glühverlust von rd. 27 % festgestellt, in den Proben mit deutlichem Kohleanteil, in einigen weiteren Tabellen mit K = 3 gekennzeichnet, beträgt der mittlere Glühverlust rd. 33 %. Die Proben mit deutlichem Kohleanteil sind überwiegend Grobberge aus Schluff-/Tonsteinmaterial.

In den gebrannten, roten Proben wird mit 1,40 bis 3,98 % eben so viel Gesamtschwefel beobachtet, wie im Schnitt der ungebrannten, kohleführenden Proben aus dem Kohlenbengestein (1,79-4,07 % Gesamtschwefel). Allerdings sind die Disulfidschwefelgehalte in den beiden Probengruppen sehr unterschiedlich hoch: in den gebrannten Proben betragen die Disulfidschwefelgehalte zwischen 0,04 und 0,07 %, in den ungebrannten Proben zwischen 0,76 und 2,33 %. Während des Haldenbrandprozesses erfolgt eine Oxydation der in der Kohle vorliegenden Sulfide in Sulfate (entspricht dem „Rösten“ in der Erzaufbereitung). Die Sulfate und die bei der Oxydation aus den Sulfiden freigesetzten (Schwer)Metalle unterliegen einer leichteren Auslaugung als die Sulfide in den ungebrannten Haldenbereichen.

Die hohen Anteile der ungebrannten Haldenbereiche in der Vertrauen-Schacht-Halde (Abb. 4 rechts) weisen somit auf ein sehr hohes Versauerungspotenzial in der Zukunft hin; die hohen Anteile der gebrannten Haldenbereiche sind gleichzeitig aber auch die Voraussetzung zur rezenten Bildung hoher Sulfat- und Schwermetallfrachten.

Die Substrate der Halde sind, zumindest wenn man größere Pakete betrachtet, ± regelmäßig verteilt bzw. stratifiziert. Den Bohrergebnissen nach kann man die Halde in 2 größere Einheiten unterteilen (Abb. 5 und 6):

- **Althalde:** befindet sich im Norden der Halde und liegt schachtnah; sie ist vollständig aus gebranntem Grobbergematerial aufgebaut. Es sind sehr häufig Feuerungssachen und -schlacken anzutreffen (Rückstände der Kesselfeuerung). Rotschwarz gemischte Substrate sind sehr selten. Die südliche Verbreitungsgrenze endet im Bereich zwischen der Bohrung 1/06 und der RKS 6 im Westen und den RKS 5 und 8 im Osten der Halde.
- **Hauptteil:** Es konnten bindige Abdeckschichten ausgehalten werden (Mischung aus roten und grauen/schwarzen Grobbergematerialien), die großflächig und weit aushaltend auf rote, seinerzeit vielleicht noch brennende und schwarze, vor dem Anbrennen zu schützende Bergematerialien aufgebracht wurden. Diese Schichten verhinderten ergo ein Weiterverbreiten der Brände und schützten vor dem Neuausbrechen von Bränden.

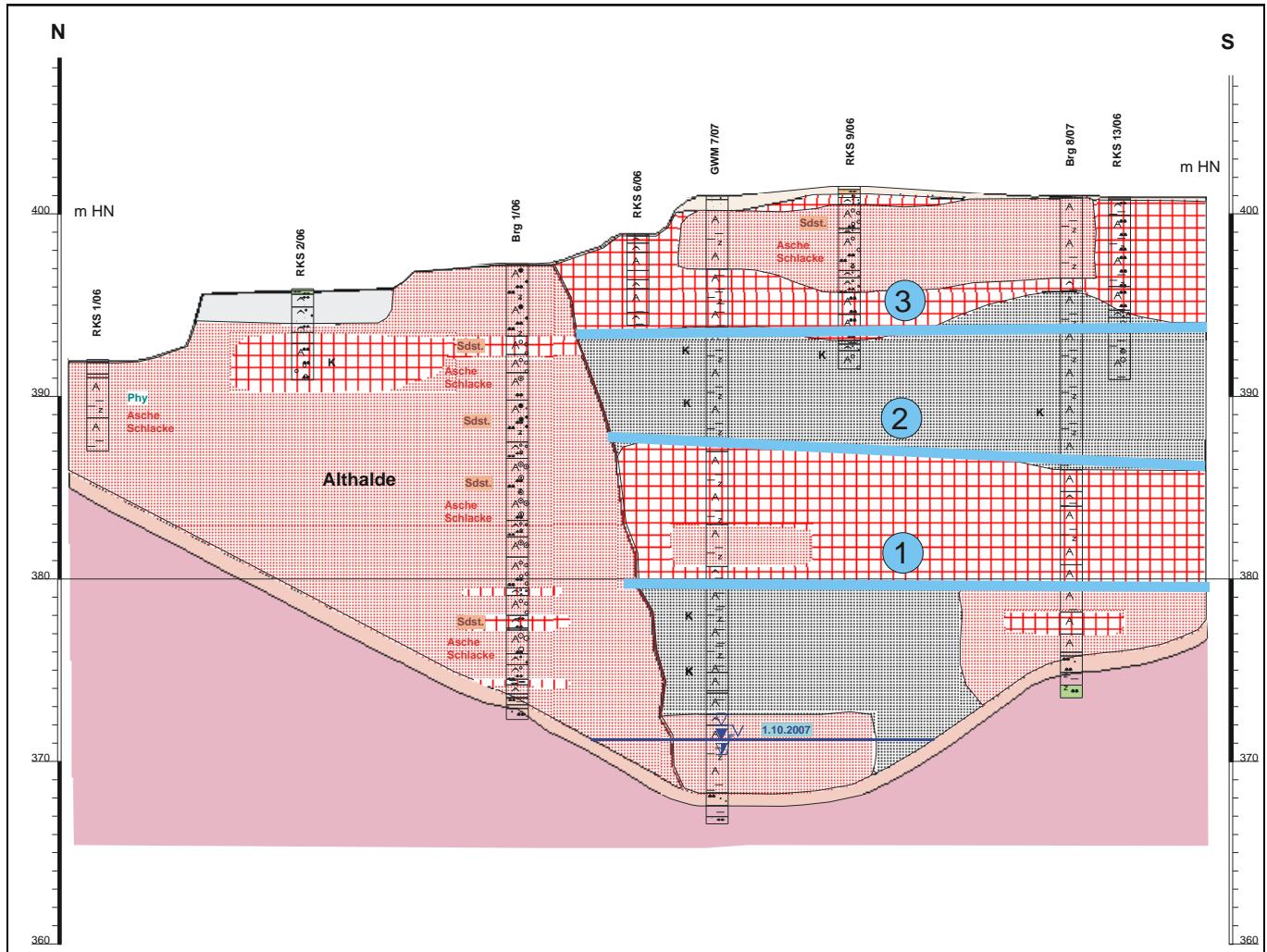


Abb. 5: N-S-Längsschnitt Halde 10 Vertrauen-Schacht Querschnitt mit Schüttungsniveaus. Überhöhung 1:5

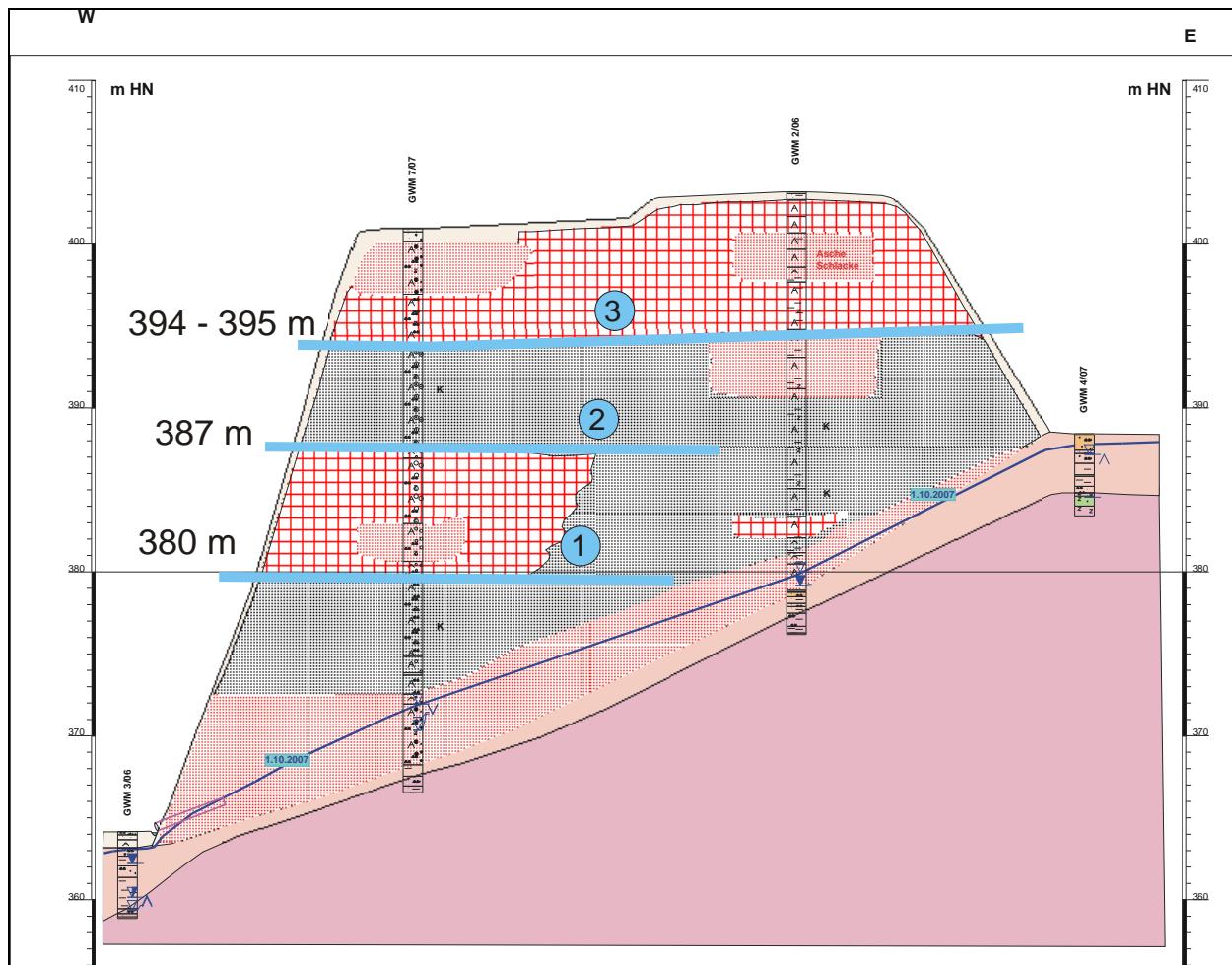


Abb. 6: W-E-Querschnitt Halde 10 Vertrauen-Schacht mit Schüttungsniveaus. Überhöhung 1:5

Die mittleren Feststoffgehalte in den Bohrproben zeigt Tab. 3, die Eluatgehalte – Tab. 4.

Tab. 3: Arithmetische Mittelwerte in den Haldensubstraten bzw. dem Liegenden (Gehalte im Feststoff)

	N	TR [%]	As [mg/kg g]	Pb [mg/kg g]	Cd [mg/kg g]	Cr [mg/kg g]	Cu [mg/kg g]	Ni [mg/kg g]	Mo [mg/kg g]	Hg [mg/kg g]	Zn [mg/kg g]	GV [%]
Grobberge	110	88,3	249,9	892,5	7,27	46,2	66,0	64,2	6,17	2,32	1097	14,6
Grobberge, K = 3	28	89,1	253,5	1163,2	13,20	36,4	74,9	53,1	6,29	4,13	1600	31,7
Phyllit	4	91,5	71,3	252,5	1,53	35,3	53,5	42,8	2,05	1,63	225	12,3
Spülberge	4	75,5	44,3	222,5	4,58	27,5	79,8	51,0	3,95	1,08	750	23,6
Asche/Schlacke	15	86,0	191,3	769,5	4,17	49,4	87,3	77,3	8,51	5,23	564	15,2
Müll	4	64,6	49,0	279,0	1,77	34,3	53,3	36,8	2,38	1,66	475	18,5
oberste Proben	22	83,6	120	437	2,71	38,6	62,0	46,9	5,12	5,67	431	18,1
Auensediment	4	80,7	35,5	61,5	0,91	37,0	19,0	33,8	0,84	0,18	195	6,5
Hangschutt	3	88,3	21,7	32,3	1,95	31,7	14,7	36,7	0,40	0,05	339	3,8
Rotliegendes	15	89,5	29,3	31,1	0,93	35,3	18,7	39,3	0,50	0,10	172	3,7
schwarz	18	88,5	233,5	998,1	12,24	37,0	74,9	50,5	6,19	2,88	1435	27,2
rot/schwarz	35	87,8	236,8	919,3	7,45	41,1	69,6	58,3	6,19	3,55	1005	21,1
rot	55	88,4	271,0	870,0	5,76	52,8	61,8	73,2	6,29	1,43	1077	6,7
weiß/gelb	1	92,5	45,0	120,0	1,60	41,0	38,0	45,0	3,20	0,03	210	1,9
PW Boden			125	1000	50	1000		350		50		

PW Direktpfad Boden→Mensch, Flächennutzung als Park- und Freizeitanlage, nach BBodSchV und LfUG 11/2008

Die höchsten mittleren Gehalte an As, Pb, Cd und Zn im Feststoff führen die Grobberge mit deutlichem Kohleanteil (K = 3), was sicherlich auf ihre Sulfidführung zurückzuführen ist (Arsenopyrit, Bleiglanz und Zinkblende). Dadurch weisen die Grobberge allgemein die zweithöchsten Gehalte an diesen Elementen auf.

Die Proben mit deutlicher Asche- und Schlackeführung (Verbrennungsprodukte) zeigen die höchsten Gehalte aller Substrate an Cr, Cu und Ni bzw. Mo und Hg (Cr und Ni sowie in diesem Falle auch Cu aus dem nicht brennbaren Anteil der verfeuerten Kohle; Mo und Hg aus der Kohle). Die meist weitaus geringsten Gehalte aller Elemente außer Chrom sind in den liegenden Gesteinen der Grobberge zu finden - in den Auensedimenten, dem Hangschutt und/oder dem Rotliegenden. Lediglich das Element Cr ($\text{Cr}_{\text{gesamt}}$) ist in allen erbohrten Substraten in ungefähr gleichen Gehalten zwischen rd. 28 und 49 mg/kg aufgefunden worden.

Im Vergleich der schwarz, rot-schwarz-gemischt und rotgefärbten Grobberge (untere Hälfte der Tab. 4) wurden die höchsten mittleren Gehalte für Pb, Cd, Cu, Hg und Zn in den schwarzen Grobbergen gefunden, das sind die Elemente, die in den stark kohlehaltigen Proben ihre Maximalgehalte erreichen (chalkophile Elemente). Somit dürfte ihre Herkunft an die Kohlebestandteile der Grobberge gebunden sein. Beim Brandprozess werden die kohligen Bestandteile verbrannt und die dann rotgefärbten Berge weisen deshalb etwas geringere Gehalte an diesen Elementen auf. Die Schieferbestandteile verbrennen naturgemäß nicht mit, und die lithogenen Elemente Cr und Ni sind in den roten Bergen am meisten enthalten, da der kohlige Anteil dort schon verbrannt ist.

Die stark kohleführenden Grobberge sind durch die im Mittel höchsten Gehalte an Pb, Cd, Ni und Zn auch im **Eluat** gekennzeichnet (Tab. 4). Das sind auch die Elemente, die die höchsten Gehalte in den Haldensickerwässern der Vertrauen-Schacht-Halde stellen. Der höchste Medianwert an As wiederum kommt in den Spülbergen vor. Ein hoher mittlerer Zn-Gehalt im Eluat wird auch für den Hangschutt berechnet. Cr, Cu und Mo weisen immer Gehalte unter der Bestimmungsgrenze auf (1, 5 bzw. 2,5 µg/l).

Tab. 4: Medianwerte (M) der Spurenelemente sowie arithmetisches Mittel von pH-Wert, Leitfähigkeit und ausgewählten Makrokomponenten in den Haldensubstraten bzw. dem Liegenden (Eluatgehalte)

	N	pH	LF [µS/cm]	Cl [mg/l]	SO4 [mg/l]	Ca [mg/l]	As [µg/l] M	Pb [µg/l] M	Cd [µg/l] M	Ni [µg/l] M	Zn [µg/l] M
Grobberge	110	5,8	799	4,1	475,0	114,2	1,0	1,0	15,0	10,0	552
Grobberge, K=3	28	5,3	995	6,75	586,7	150,1	3,0	18,0	32,0	140,0	2265
Phyllit	4	7,1	101	3,0	14,3	8,7	3,0	0,5	0,5	5,0	26
Spülberge	4	6,9	108	3,3	15,5	7,7	4,0	0,5	0,5	5,0	50
Asche/Schlacke	15	6,0	470	4,1	246,9	70,6	0,5	1,0	3,0	10,0	140
Müll	4	7,1	1590	25,0	542,5	118,3	3,0	1,8	2,5	30,0	165
Auensediment	4	6,5	217	3,4	83,0	8,3	0,8	1,3	7,0	27,5	513
Hangschutt	3	5,7	296	1,3	140,3	6,3	0,5	0,5	24,0	70,0	2890
Rotliegendes	15	6,8	157	2,4	58,4	5,3	0,5	0,5	0,5	5,0	68
schwarz	18	5,7	740	4,4	445,0	120,0	1,5	9,0	21,5	30,0	1650
rot/schwarz	35	5,4	854	5,9	289,0	69,2	2,0	4,0	16,0	50,0	889
rot	55	6,0	806	2,9	220,0	70,0	0,5	0,5	8,0	5,0	483
weiß/gelb	1	6,4	170	3,0	60,0	13,0	0,5	0,5	1,0	5,0	76

Besonders geringe Spurenelementgehalte führen naturgemäß die Bergeproben mit Phyllit, die Spülberge (außer As) sowie die Liegendsedimente der Halde.

Die höchsten Gehalte aller untersuchten Spurenelemente im Eluat sind in den schwarzen bzw. schwarz-roten Bergen aufzufinden (unterer Teil in Tab. 4). Die roten Berge sind durch die jeweils geringsten mittleren Gehalte charakterisiert. Somit sind die hohen Gehalte der Spurenelemente im Eluat an die kohligen Bestandteile der Grobberge gebunden, da sie in diesen die höchsten Gehalte aufweisen (obere Hälfte der Tab. 4). In den gebrannten roten, somit kohlefreien Bergen eluieren sie nur noch in wesentlich geringeren Gehalten.

Eine Einschätzung der Größe der Eluat- im Verhältnis zu den Feststoffgehalten lassen die **eluierbaren Elementanteile** zu, die als Prozentanteil der eluierten (S4-Eluat) zu den im Feststoff enthaltenen Elementgehalten (Gesamtgehalt) ausgedrückt werden. Sie werden für die Elemente Cd, Cu, Ni und Zn berechnet, die in den Haldensickerwässern die höchsten Gehalte aufweisen.

Die mittleren eluierbaren Elementanteile in den kohleführenden Grobbergen schwanken zwischen rd. 1 % beim Kupfer und 6-10 % bei Zink, Kadmium und Nickel. Leider sind die Ergebnisse der verschiedenen Gesteine mit unterschiedlicher Kohleführung nicht verallgemeinerbar, denn in den einzelnen Bohrungen fallen immer wieder zusammenhängende mächtigere Bereiche auf, die sehr hohe eluierbare Elementanteile zwischen 10 und 30 % aufweisen: Hier sind

- genau so viele kohlehaltige wie kohlefreie Proben vorhanden,
- genau so viele rote wie schwarz-rot-gemischte Proben,
- bis auf wenige Ausnahmen nur Grobberge eingeschlossen.

Auch eine Betrachtung dieser Abschnitte in den geologischen Schnitten kann nicht klären, welche Begründungen für die hohen eluierbaren Elementanteile noch gefunden werden können.

Nach den Ergebnissen der **sequenziellen Extraktion** kann man in ihrem Bindungsverhalten sich deutlich voneinander unterscheidende Elementassoziationen aushalten (Abb. 7):

- Cd, Ni und Zn: merkliche bis hohe mobile und spezifisch adsorbierte Anteile, zum Teil auch deutlich an Fe-Oxide adsorbiert; diese Elemente weisen auch die höchsten Gehalte in den Haldensickerwässern der Vertrauen-Schacht-Halde auf.
- As und Mo: sind häufiger an Fe-Oxide gebunden als in der Residualfraktion.
- Cu und Pb: wesentliche Elementanteile sind organisch und an den Fe-Oxiden gebunden.
- Hg und Cr: sind fast ausschließlich in der Residualfraktion gebunden.

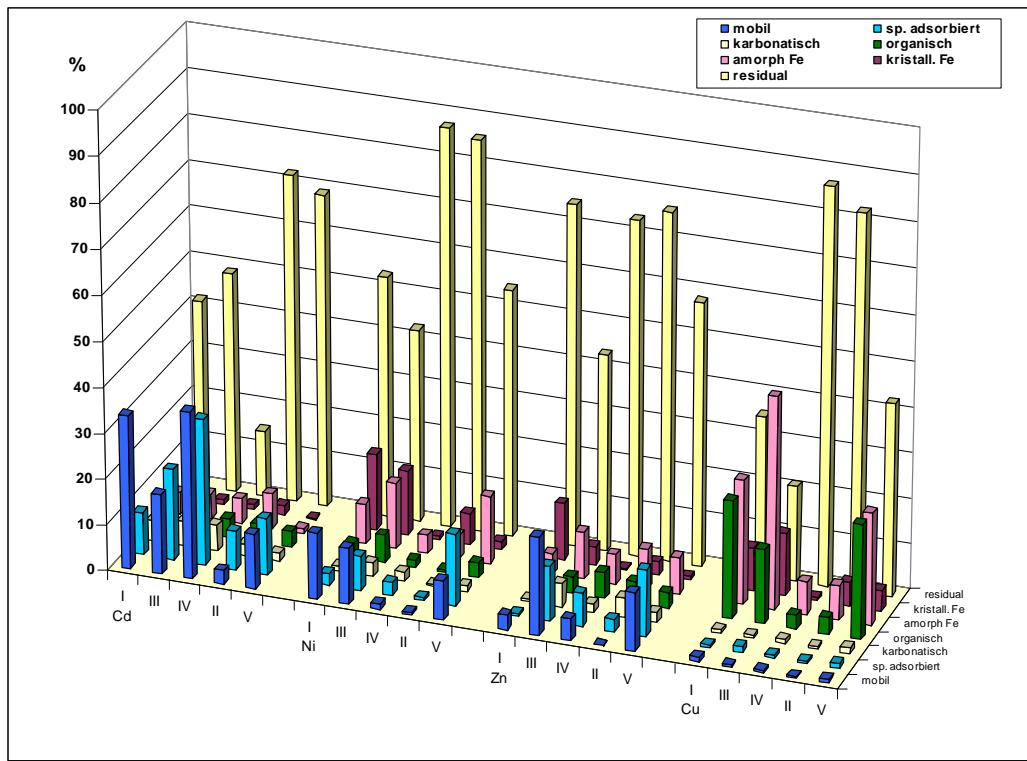


Abb. 7: Elementspezifische Darstellung sequenzielle Extraktion (Cd, Ni, Zn, Cu)

In den gesättigten **Säulenversuchen** nach LfUG-Standardvorschrift wurde rotes, durchgebranntes und nicht gebranntes, schwarzes, deutlich kohlehaltiges Grobbergematerial aus der GWM 2/06 auf ihr Elutionsverhalten hin untersucht (Tab. 5).

Die in die Säulen eingebauten gestörten Bohrproben wurden mit synthetischem Regenwasser bei 10 Grad Temperatur so oft durchströmt, bis je Säule 10 Eluatproben entnommen werden konnten (durchströmtes Porenvolumen 10,7 bzw. 9,9-mal).

Die eluierbaren Stoffmengenanteile (ESA in %), bezogen auf die „wasserlöslichen“ Fraktionen 1 (mobil) und 2 (spezifisch adsorbiert) aus der sequenziellen Extraktion, sind für **Cd und Zn** in den rotgebrannten Grobbergen deutlich größer, als in den nicht gebrannten Substraten. Dadurch ist für diese Elemente in den roten Grobbergen auch die eluierte Fracht je m² kontaminierte Fläche (**Frachts**) sowie auch die Elutionsrate je kg Substrat (**FEs**) deutlich größer, als in den schwarzen, nichtgebrannten. Die auf die GWN von 246 mm bezogene Dauer des Schadstoffaustrages ist in den roten Substraten deutlich geringer, als in

den schwarzen. Die Dauer des Schadstoffaustrages ist mit 700 Jahren (Cd) und 436 Jahren (Zn) für die schwarzen Substrate um rd. 10 bzw. 3-mal länger einzuschätzen als für die rotgebrannten Substrate.

Tab. 5: Zusammengefasste Ergebnisse der Säulenversuche (Grundwassererneubildung 246 mm)

	Substrat	Cd	Cu	Ni	Zn
ESA Eluierbare Stoffmengenanteile, [%]	rot	20	4	100	11
	schwarz	2	32	100	4
Fracht _s eluierte Frachten [mg/(m ² * a)]	rot	138 *)	7,1	11,6	4994
		44 **)	6,6	0,0	1397
FE _s Elutionsrate [mg/(kg * a)]	schwarz	32 *)	11,8	0	1609
		12 **)	8,4	0	494
t _{E, VR} Dauer des Schadstoffaustrages [a]	rot	0,059	0,004	0,007	1,962
	schwarz	0,013	0,005	0,0006	0,571
t _{E, VR} Dauer des Schadstoffaustrages [a]	rot	86	488	17	154
	schwarz	700	50	16	436

*) 1. ausgetauschtes Porenvolumen APV

**) 10. ausgetauschtes Porenvolumen APV

Für Cu sind die Verhältnisse gerade umgekehrt wie für Zn und Cd: Die ESA sind in den schwarzen, kohlehaltigen Grobbergen deutlich größer, als in den gebrannten Substraten.

Der wasserlösliche Anteil von Ni der in den Säulenversuchen untersuchten Substrate ist nach 10 APV vollständig ausgetragen. Die Dauer des Schadstoffaustrages wird mit 16 bzw. 17 Jahren angegeben.

Im Ergebnis zeigte sich, dass sich die in den Grund- und Sickerwässern vorkommenden Kontaminationen weitgehend gut mit den gesättigten Säulenversuchen nachvollziehen lassen. Ausnahmen bestehen hier beim pH-Wert, der im Verlauf der stufenweisen Elution immer weiter ansteigt und sich an den neutralen Wert des zur Elution verwendeten synthetischen Regenwassers anpasst, beim Redoxpotential, da der Versuch anoxisch geführt wird, sowie bei den Metallen Eisen und Mangan, die zu den redoxsensitiven Elementen gehören.

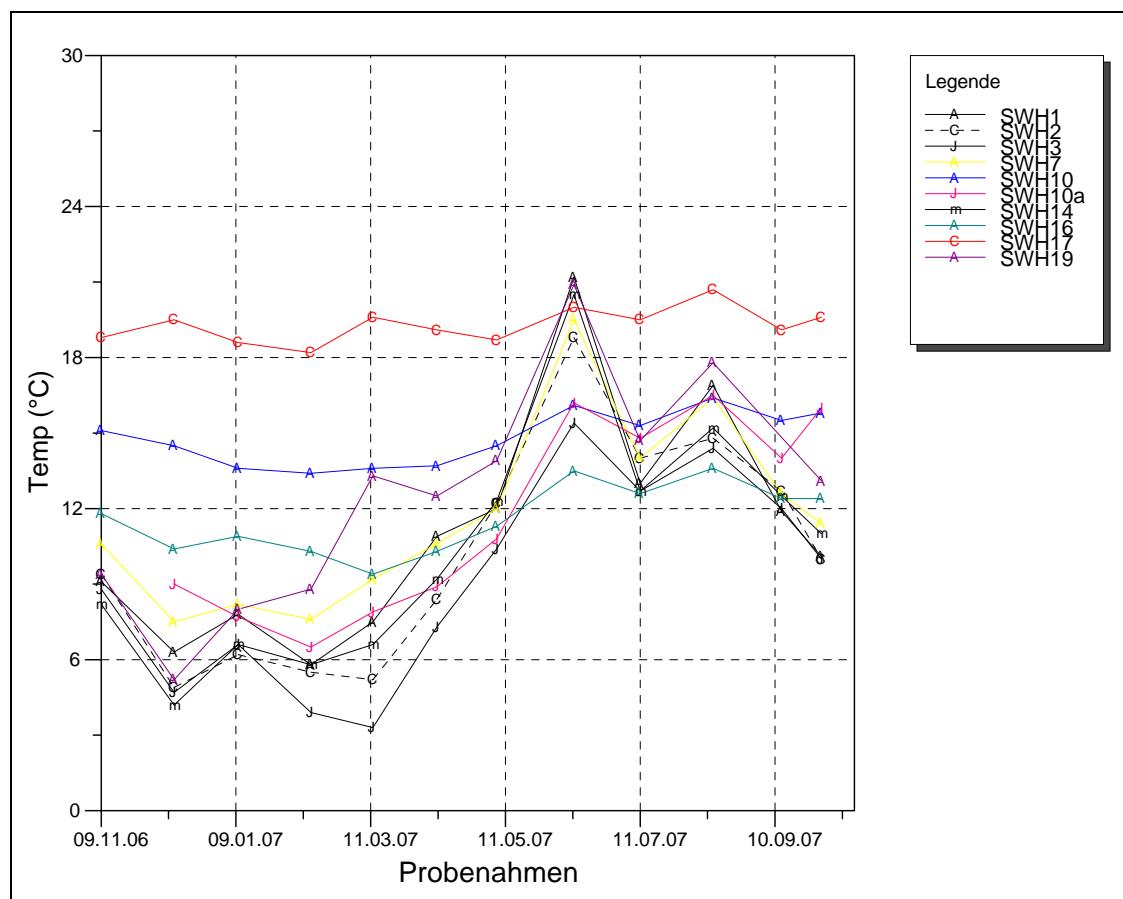


Abb. 8: Temperaturen der Haldensickerwässer im Jahresgang

Sickerwasser/Grundwasser/Oberflächenwasser

Bei der Untersuchung der **Haldensickerwässer** bestand - neben ihrer chemischen Charakterisierung - die Aufgabe darin, weitere Anhaltspunkte über brennende bzw. „warme“ Steinkohlebergehalten des Lugau/Oelsnitzer Reviers zu erhalten. Die brennende Deutschland-Schacht-I-Halde ist bekannt. Auch die Bemusterung der auf den Halden liegenden Schneedecken im Winter 2006/2007 ergab für die anderen Halden dazu keine weiteren Hinweise. Da das Haldenbrandgeschehen aber als wesentlich für die Bewertung der Halden bezüglich ihres Gefährdungspotenzials angesehen wird, war weiterer Klärungsbedarf vorhanden.

Die Aufgabe wurde durch die monatliche Messung der Temperaturen der Haldensickerwässer im Laufe eines Jahres gelöst. Es wurde davon ausgegangen, dass brennende bzw. „temperierte“ Halden in den Wintermonaten deutlich höhere bzw. konstantere Sickerwassertemperaturen zeigen würden, als Halden ohne Branderscheinungen. Als Etalon konnte dabei die Deutschland-Schacht-I-Halde benutzt werden, von der bekannt war, dass sie auch in den Wintermonaten Sickerwassertemperaturen knapp unter 20°C aufweist.

Der Jahrestrend der Sickerwassertemperaturen an den beprobenen Messstellen ist aus der Abb. 8 abzulesen: Aus ihnen ist eindeutlich ersichtlich, dass sich die Sickerwässer der Halden H 10 und H 16 gleichartig wie die bekannteren brennenden Deutschland-Schacht-I-Halde (H 17) benehmen. Somit ist belegt, dass auch die Vertrauen-Schacht-Halde (H 10) und die Vereinigt-Feld-III-Halde (H 16) noch eine konstante Wärmenachlieferung besitzen, um die Sickerwässer das ganze Jahr über auf einem bestimmten Temperaturniveau zu belassen.

Die mittleren pH-Werte der Haldensickerwässer sind nicht nur für die Halde 10 Vertrauen-Schacht mit 3,7 im stark sauren Bereich, sondern auch im Schnitt des Jahres für die Halde 7 Concordia groß (pH 3,8). Die Messstelle SWH10a rd. 5 Meter westlich des SW-Haldenfußes der H 10 weist ebenfalls mit pH 4,8 saure Sickerwässer auf (Tab. **Tab. 6**, türkis hinterlegte Felder).

Tab. 6: Vor-Ort und im Labor bestimmte (pH, LF) Parameter Haldensickerwässer, arithmetische Mittelwerte

Bezeichnung	N	SiWaTemp [°C]	pHVO	pH	LFVO [µS/cm]	LF [µS/cm]	O2VO [mg/l]	RedOxVO [mV]
SWH1	12	11,0	6,0	5,9	6270	6699	7,40	477
SWH2	12	10,2	7,3	7,5	1615	1762	3,18	331
SWH3	12	9,1	6,8	7,2	593	493	3,97	346
SWH7	12	11,6	3,8	3,9	3956	4114	3,99	563
SWH10	12	14,8	3,7	3,7	9613	10054	4,07	616
SWH10a	11	11,7	4,8	4,7	4303	4381	2,57	432
SWH14	12	10,4	6,9	7,2	1056	1151	6,43	468
SWH16	12	11,6	5,5	5,4	4694	5052	5,73	509
SWH17	12	19,3	5,8	6,0	12211	12783	5,91	454
SWH19	12	12,7	7,4	7,7	6733	7024	7,63	296

Die höchsten elektrischen Leitfähigkeiten der Haldensickerwässer werden mit 12,2 mS/cm an der H 17 Deutschland-Schacht I und 9,6 mS/cm an der Halde 10 Vertrauen-Schacht angetroffen (Vor-Ort-Messungen, Tab. 7). Das Sickerwasser an der Deutschland-Schacht-Halde (H 17) weist die höchsten mittleren Makroelementgehalte aller beprobenen Halden auf, nur für Sulfat und Magnesium wurden in der Vertrauen-Schacht-Halde (H 10) größere bzw. gleichgroße Gehalte berechnet (Tab. 7).

Die mittleren Gehalte der Makroelemente sind in der Tab. 7 zusammengestellt. Während die H 17 für alle Elemente bzw. Komponenten die höchsten Mittelwerte aufweist (auch die höchsten elektrischen Leitfähigkeiten, gelb hinterlegte Felder), treten die **minimalen** Mittelwerte (türkis hinterlegte Felder) immer in der **Halde 3** (Kaisergrube) auf. Die drei Halden mit den niedrigsten mittleren pH-Werten (rotumrandete Felder in Tab. 7) sind nur durch die maximalen Sulfat- und Magnesiumgehalte der Halde H 10 auffällig. Für die H 10 Vertrauen-Schacht ist die zweitstärkste **Mineralisation** charakteristisch (Tab. 7).

Bei den mittleren Spurenelementgehalten der Haldensickerwässer (Tab. 8) lagen die meisten As-, Mo- und der Großteil der Pb-Gehalte unterhalb bzw. an (Cr) der jeweiligen Bestimmungsgrenzen von je 1 µg/l (As, Mo) bzw. 2 µg/l (Pb, Cr).

Tab. 7: Makroelemente in den Haldensickerwässern, arithmetische Mittelwerte

Bezeichnung	N	Cl ⁻ [mg/l]	SO ₄ ²⁻ [mg/l]	Na [mg/l]	K [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	Mineralisation [mmol/l]	Charakteristik
SWH1	12	291	4668	129,8	108,8	339,6	1059,2	118,4	Mg-SO ₄
SWH2	12	120	613	75,2	49,4	280,9	75,8	24,4	Ca-Mg-SO ₄
SWH3	12	24	107	12,6	11,9	54,6	49,7	6,1	Mg-Ca-SO ₄
SWH7	12	108	3089	56,2	28,3	407,6	474,6	69,3	Mg-Ca-SO ₄
SWH10	12	326	8538	118,1	39,9	389,4	1709,8	189,6	Mg-SO ₄
SWH10a	11	159	2845	85,0	60,2	179,3	663,6	71,8	Mg-SO ₄
SWH14	12	44	516	26,0	22,9	139,8	94,0	15,8	Mg-Ca-SO ₄
SWH16	12	200	3060	133,6	93,9	208,5	774,7	83,0	Mg-SO ₄
SWH17	12	1325	8270	694,9	360,1	511,8	1800,8	249,9	Mg-SO ₄
SWH19	12	577	4293	391,8	63,2	559,6	774,4	123,2	Mg-Ca-SO ₄
				Halden mit stark sauren Sickerwässern					
				Halde mit Branderscheinungen					

Tab. 8: Spurenelemente in den Haldensickerwässern, arithmetische Mittelwerte

Bezeichnung	N	As [µg/l]	Pb [µg/l]	Cd [µg/l]	Cr [µg/l]	Cu [µg/l]	Ni [µg/l]	Zn [µg/l]	AOX [µg/l]
SWH1	12	0,5	1,3	365,0	4,4	34	615,0	69750	51
SWH2	12	2,4	9,6	3,8	3,3	27	8,0	221	31
SWH3	12	3,1	12,7	3,8	1,4	24	12,4	454	38
SWH7	12	0,5	5,5	194,2	2,4	51	1800,0	73833	24
SWH10	12	0,6	1,0	1950,0	5,9	118	7358,3	336667	29
SWH10a	11	7,5	19,0	80,8	2,5	49	1614,5	40727	51
SWH14	12	0,5	1,4	21,4	1,0	18	69,3	3908	17
SWH16	12	1,1	1,1	143,7	3,9	35	520,0	15583	28
SWH17	12	0,5	1,0	82,0	6,6	19	225,8	6683	115
SWH19	12	6,7	1,0	10,3	3,8	23	193,3	992	49
PW SiWa		10	25	5	50	50	50	500	
GFS		10	7	0,5	7	14	14	580	
B GW		10	10	5	50	50	20	500	
D GW		60	50	20	250	250	100	3500	

PW SiWa Prüfwert für Schadstoffgehalte im Sickerwasser nach LfUG 6/2002 (BBodSchV)

GFS Geringfügigkeitsschwellen für Schadstoffgehalte im Grundwasser nach LAWA 12/2004

B GW Besorgniswerte für Grundwasser - Mensch, LfUG, ORIENT

D GW Dringlichkeitswerte für Grundwasser, Wirkungspfad Boden → Grundwasser → Mensch, LfUG, ORIENT

Die **höchsten mittleren Gehalte** (Tab. 8) der Elemente Cd, Cu, Ni und Zn werden in der **Halde 10** (Vertrauen-Schacht) (SWH10) angetroffen, die **geringsten Cd-, Ni- und Zn-Gehalte** in den **Halden 2** (Pluto und Merkur) und **3** (Kaisergrube), die **geringsten Cu-Gehalte** in den **Halden 14** (Victoria-Schacht) und **17** (Deutschland-Schacht I). In Halde 17 sind die höchsten mittleren AOX-Gehalte in den Sickerwässern berechnet worden.

Überschreitungen der **Dringlichkeitswerte** für Grundwasser weisen die Elemente Cd, Zn und Ni (in 7 von 10 Messstellen) auf (braun hinterlegt).

Von den Halden mit über das gesamte Jahr konstant bleibenden Sickerwassertemperaturen war die Abhängigkeit Gehalt – Sickerwassertemperatur nicht zu erwarten. Die relativ gleichbleibenden Gehalte signalisieren aber auch ihre relative Unabhängigkeit von den Niederschlagsereignissen resp. dem Sickerwasserandrang.

Aber auch in den Halden mit einem ausgeprägten Jahresgang der Sickerwassertemperatur lassen sich keine signifikanten Abhängigkeiten der Elementgehalte von der Temperatur der Sickerwässer ableiten. Ebenso ist die Gesamtmineralisation der Haldensickerwässer nicht vom Jahresgang der Sickerwassertemperaturen abhängig.

Grundwasser

Im Verlaufe des Projektes wurden an der Vertrauen-Schacht-Halde 6 Grundwassermessstellen geschaffen:

- Anstrom zur Halde: GWM 4/07 und GWM 5/07
- stehen in der Halde: GWM 2/07 am Ost- und GWM 7/07 am Westrand
- im Abstrom der Halde: GWM 3/06 am Westfuß der Halde
- im Seitstrom der Halde: GWM 6/07.

Die Messstellen sind immer im sog. Hangschutt, der periglaziären Verwitterungsdecke auf dem anstehenden Rotliegenden, ausgebaut worden. Innerhalb der Halde beginnt der Filterausbau im untersten Meter der Halde und reicht bis zum Liegenden der Verwitterungsschicht.

In den Tabellen zum Grundwasserchemismus sind neben den genannten Daten immer auch die Analysenergebnisse der beiden Sickerwassermessstellen SWH10 und SWH10a als Vergleichswerte und Anhaltspunkte mit aufgeführt (in den Tabellen blau umrandet), da die Grundwässer unter der Halde eindeutig von den Haldensickerwässern beeinträchtigt werden.

Das unbelastete Grundwasser oberstromig der Halde weist einen pH-Wert zwischen 5,7 und 6,3 auf, ist also als schwach sauer zu bezeichnen (Tab. 9); ihre elektrischen Leitfähigkeiten bewegen sich zwischen 240 und 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Bewegt sich das Grundwasser im Hangschutt hangabwärts unter die Halde, wird es eindeutig durch die Haldensickerwässer beeinflusst, was den pH-Wert im Grundwasser von rd. 6 auf deutlich saure Verhältnisse zwischen 4,0 bis 4,7 verringert sowie die elektrischen Leitfähigkeiten von rd. 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 850 bis 4415 $\mu\text{S}/\text{cm}$ deutlich vergrößert. Dabei hat das Grundwasser im Bereich der GWM 2/07 bisher nur rd. 80 m unterhalb der Halde zurückgelegt (d. h., rd. ein Viertel des Fließweges unter der Halde), im Bereich der GWM 7/07 hingegen schon rd. 200 m, d. h., rd. drei Viertel des Fließweges. So dass es als sehr plausibel erscheint, wenn mit fortschreitender Fließstrecke unter Einfluss der sauren und stärker mineralisierten Haldensickerwässer im Grundwasser sinkende pH-Werte und steigende elektrische Leitfähigkeiten zu messen sind. Diese Begründung wird auch durch das übereinstimmende Verhalten der Makro- (Tab. 9) und Mikroelemente gestützt (Tab. 10).

Tab. 9: Vor-Ort- und im Labor bestimmte (pH, LF) Parameter in den Grund- und Haldensickerwässern H 10 Vertrauen-Schacht, arithmetische Mittelwerte

Bezeichnung	N	WasserTemp [°C]	pHVO	pH	LFVO [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	O2VO [mg/l]	RedOxVO [mV]	Lage zur Halde
GWM4	1	9.3	5.7	5.8	293	299	5.5	477	oberstromig
GWM5	1	8.0	6.3	6.2	239	295	8.3	458	oberstromig
GWM2	2	15.3	4.5	4.7	843	930	4.7	519	in der Halde
GWM7	1	17.7	4.0	4.0	3960	4060	1.7	631	in der Halde
GWM3	2	12.6	5.1	5.1	4415	4590	4.3	542	unterstromig
SWH10	12	14.8	3.7	3.7	9613	10054	4.07	616	Westfuß
SWH10a	11	11.7	4.8	4.7	4303	4381	2.57	432	Südwestfuß
GWM6	1	8.3	4.3	4.3	5090	5320	7.4	609	westlich seitlich

Aus der Tab. 10 lässt sich sehr schön ablesen, dass die anströmenden oberflächennahen Grundwässer in den beiden Messstellen einen fast identischen Makroelementchemismus aufweisen. Die in Tab. 10 helltürkis hinterlegten Felder stellen die lokalen Hintergrundwerte für unbeeinflusste oberflächennahe Grundwässer dar.

Die auf die Anstromverhältnisse normierten Gehalte in den Haldensickerwässern bzw. den oberflächennahen Grundwässern (Tab. 11) zeigen, dass die Mineralisation der Haldensickerwässer im Schnitt 70 mal größer ist, als im anströmenden oberflächennahen Grundwasser.

Tab. 10: Makroelemente in den Grund- und Haldensickerwässern H 10 Vertrauen-Schacht, arithmetische Mittelwerte

Bezeichnung	N	Cl ⁻ [mg/l]	SO ₄ ²⁻ [mg/l]	Na [mg/l]	K [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	Mineralisation [mmol/l]	Charakteristik
GWM4	1	4	62	4.4	7.6	28.1	21.9	2.8	Mg-Ca-SO ₄
GWM5	1	4	71	7.3	7.6	28.1	12.1	2.6	Ca-Mg-SO ₄
GWM2	2	19	493	9.7	8.1	90.1	70.4	11.8	Mg-Ca-SO ₄
GWM7	1	53	3240	87.0	72.1	321.0	474.0	71.1	Mg-Ca-SO ₄
GWM3	2	108	3195	63.5	31.5	350.5	631.5	79.9	Mg-Ca-SO ₄
SWH10	12	326	8538	118.1	39.9	389.4	1709.8	189.6	Mg-SO ₄
SWH10a	11	159	2845	85.0	60.2	179.3	663.6	71.8	Mg-SO ₄
GWM6	1	200	3040	219.0	118.0	200.0	742.0	86.0	Mg-SO ₄

Tab. 11: Auf den Anstrom normierte Gehalte der Makroelemente

Bezeichnung	N	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na	K	Ca	Mg	Mineralisation
GWM4 u. 5 Anstrom	2	1	1	1	1	1	1	1
SWH10 („Zumischwasser“)	12	82	128	20	5	14	101	70
GWM2	2	5	7	2	1	3	4	4
GWM7	1	13	49	15	9	11	28	26
GWM3 Abstrom	2	27	48	11	4	12	37	30

In der Messstelle GWM 2/06 ist die Gesamtmineralisation im Verhältnis zum Anstrom auf rd. das Vierfache angestiegen, in der GWM 7/07 auf das rd. 26-fache. Bis zur Abstrommessstelle GWM 3/06 ist nur noch ein geringfügiger Anstieg der Mineralisation zu verzeichnen. Die Verhältnisse in der Abstrommessstelle (gleichbleibende bzw., wie im Falle des Kaliums und Natriums Ver- ringerung der Gehalte) werden durch den seitlichen Zustrom unbeeinflusster Grundwässer hervorgerufen.

Bei den Spurenelementen in den Grund- und Sickerwässern der Halde 10 Vertrauen-Schacht (Tab. 12) sind Überschreitungen der **Dringlichkeitswerte** braun hinterlegt, Gehalte unter bzw. an der **Bestimmungsgrenze** durch pinkfarben umrandete Felder ausgezeichnet. Die oberflächennahen Grundwässer unterhalb bzw. im unmittelbaren Abstrom der Halde sind eindeutig halden- bürtig mit **Cd, Ni und Zn** kontaminiert.

Tab. 12: Spurenelemente in den Grund- und Haldensickerwässern H 10 Vertrauen-Schacht, arithmetische Mittelwerte

Bezeichnung	N	As [µg/l]	Pb [µg/l]	Cd [µg/l]	Cr [µg/l]	Cu [µg/l]	Ni [µg/l]	Zn [µg/l]	AOX [µg/l]
GWM4	1	1.5	1.0	1.7	1.0	15	88.0	250	16
GWM5	1	0.5	1.0	0.6	1.0	23	19.0	88	24
GWM2	2	11.1	18.4	124.5	22.0	52	390.0	20500	11
GWM7	1	1.6	1.0	1100.0	13.0	190	3200.0	170000	11
GWM3	2	3.6	5.1	490.0	5.2	68	1700.0	84000	33
SWH10	12	0.6	1.0	1950.0	5.9	118	7358.3	336667	29
SWH10a	11	7.5	19.0	80.8	2.5	49	1614.5	40727	51
GWM6	1	0.5	1.0	260.0	3.1	63	1700.0	37000	33
PW SiWa		10	25	5	50	50	50	500	
GFS		10	7	0.5	7	14	14	580	
B GW		10	10	5	50	50	20	500	
D GW		60	50	20	250	250	100	3500	

PW SiWa Prüfwert für Schadstoffgehalte im Sickerwasser nach LfUG 6/2002 (BBodSchV)

GFS Geringfügigkeitsschwellen für Schadstoffgehalte im Grundwasser nach LAWA 12/2004

B GW Besorgniswerte für Grundwasser - Mensch, LfUG

D GW Dringlichkeitswerte für Grundwasser, Wirkungspfad Boden → Grundwasser → Mensch, LfUG

Wie für die Makroelemente auch sind die Gehalte der Mikroelemente in den Messstellen GWM 4 und 5 als die von der Halde unbeeinflussten Gehalte anzusehen. Sie sind wie in der Tab. 12 helltürkisfarben hinterlegt.

Sitzen dem unbeeinflussten oberflächennahen Grundwasser Haldensickerwässer zu, dann ist, im Gegensatz zu den Makroelementen, keine einheitliche Reaktion der Gehalte in den Messstellen unter bzw. unmittelbar hinter der Halde zu verzeichnen:

- für Zn, Ni und Cd (Abb. 9 und 10) erhöht sich der Gehalt von der GWM 2 zur GWM 7 eindeutig und verringert sich von dort bis hin zur Abstrommessstelle GWM 3 wieder eindeutig (entsprechend Makroelemente)
Dabei werden in der GWM 7 die Gehalte der Haldensickerwässer (SWH10) nicht überschritten;
- die **As-, Pb- und Cr**-Gehalte liegen in der GWM 2 höher, als in den GWM 7 und GWM 3 sowie im Haldensickerwasser. Ob dieser Effekt dadurch entsteht, dass die meisten Gehalte an der Bestimmungsgrenze liegen, kann nicht eindeutig gesagt werden. Denn auch die Haldensickerwässer haben nur die geringen Gehalte dieser Elemente. Andererseits führen die oberflächennahen Grundwässer in der GWM 2 eindeutig höhere Gehalte, als in den Haldensickerwässern bzw. im Grundwasser weiter unterstromig zur GWM 2. Das kann auf Vorgänge hinweisen, die die in diesem Bereich erstmals in die Grundwässer eintretenden Haldensickerwässer initiieren, nämlich das in Lösung Gehen von As, Pb, Cd, welche auf dem weiteren Fließweg im oberflächennahen Grundwasserleiter entweder wieder ausfallen bzw. durch Ad-/Absorptionsvorgänge wieder aus der Lösung entfernt werden.

Abb. 9:
Zn-Gehalte im oberflächennahen Grundwasser Halde 10 Vertrauen-Schacht

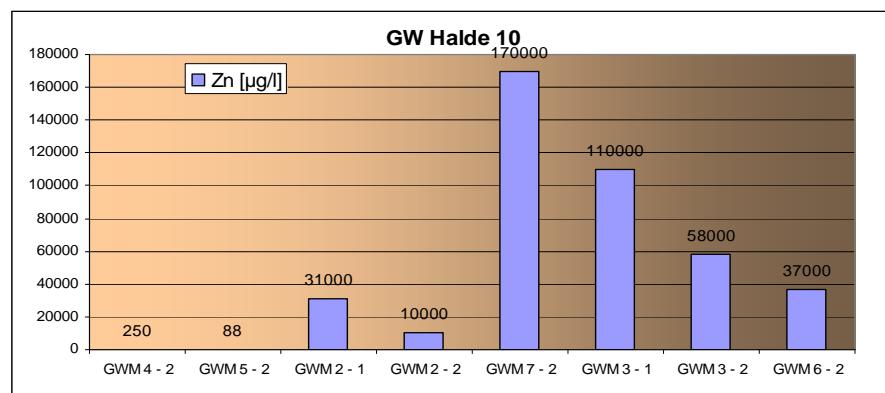
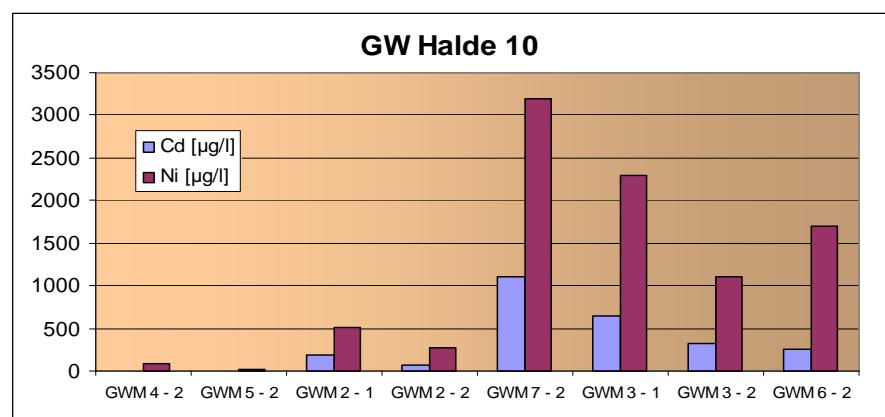


Abb. 10:
Cd- und Ni-Gehalte im oberflächennahen Grundwasser Halde 10 Vertrauen-Schacht



Luft

Untersuchungen von Brandgasen an der Deutschland-Schacht-Halde wurden innerhalb des Forschungsvorhabens nicht durchgeführt.

Branderscheinungen wurden zu Zeiten der Beendigung der Haldenschüttungen von der Vereinigtfeld-III-Halde (Halde 16; HAU-BOLD, 1965, PREUSZ u. a., 1999), dem Bereich unmittelbar südöstlich der Vereinigtfeld-I-Halde (Halde 6, WEISE, 1977) und von der Deutschland-Schacht-I-Halde (Halde 17) bekannt. Nur letztere Halde brennt aktuell noch.

Untersuchungen der rezenten Brandgase der Zwickauer Halde ZWI 10 zeigten, dass es sich dort um eine vollständige, rein oxidative Verbrennung unter niedrigthermalen Bedingungen handelt. Für die brennende Halde im Revier Lugau/Oelsnitz dürften analoge Verhältnisse zutreffen.

Gefährdungspotenzial Prognose

Grundlage für die prognostischen Abschätzungen waren das erworbene Prozessverständnis und insbesondere die Instrumente: Sickerwasserprognose mittels Säulenversuchen, Modellierung und Überwachung (Grundwasser, Sickerwasser).

Aus den Säulenversuchen ergab sich eine prognostizierte Nachlieferungszeit der Schadstoffe allein aus der Vertrauen-Schacht-Halde von 700 Jahren für Kadmium, 436 Jahren für Zink und 50 Jahren für Kupfer (Tab. 12).

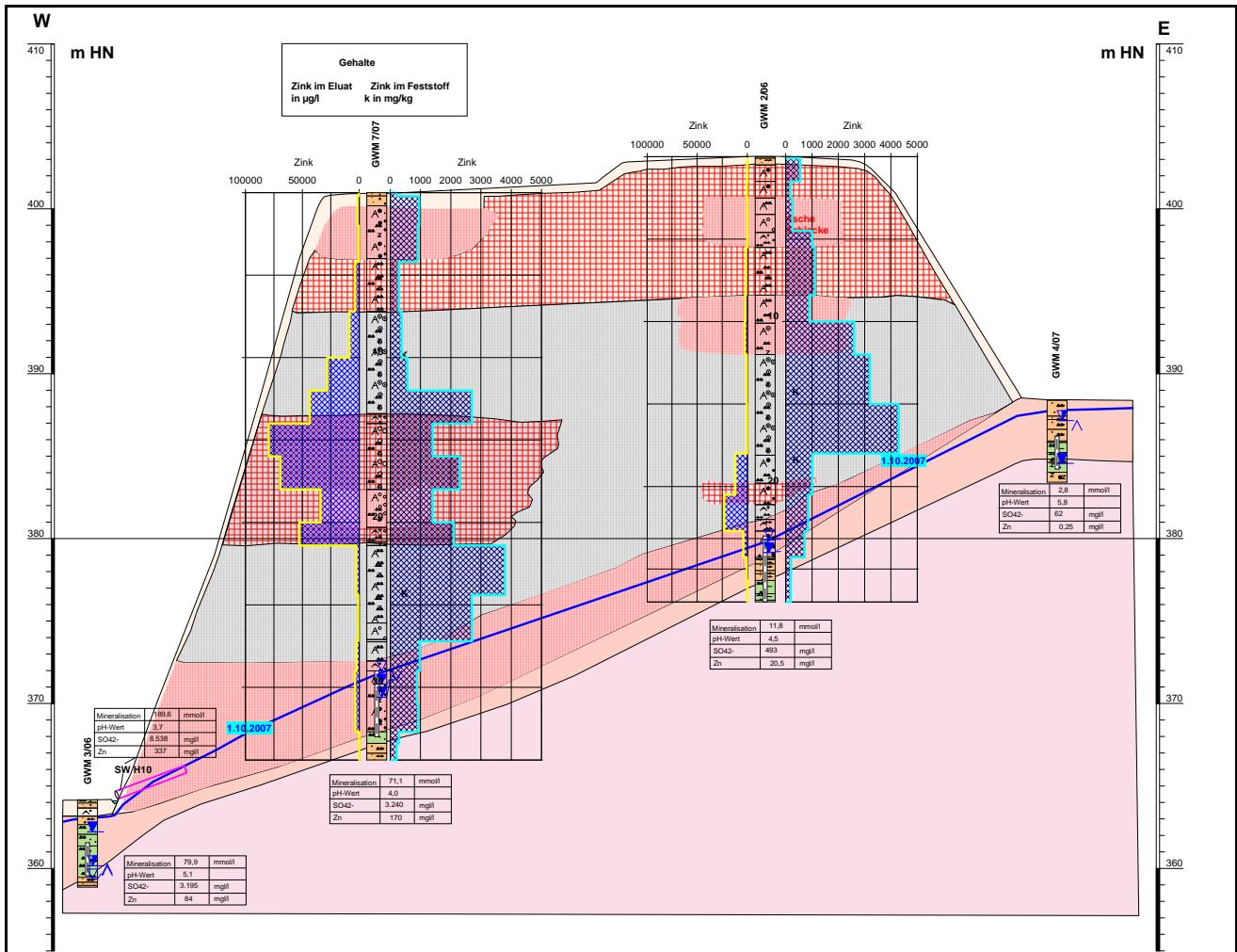


Abb. 11: Zinkgehalte im Feststoff und Eluat in der Vertrauen-Schacht-Halde

Die Abb. 11 belegt am Beispiel der Zinkgehalte, dass die Bewegung der Schadstoffe im Haldenkörper immer noch stattfindet, indem sie Gehaltssprünge sowohl an Substratgrenzen (rot/schwarz), als auch innerhalb homogener Substratpakete aufzeigt.

Boden/Bergematerial

- Für den direkten Wirkungspfad **Boden-Mensch** ergaben sich für einzelne Halden Überschreitungen der Prüfwerte für As, Pb und Cd bei Nutzung als Park- und Freizeitfläche. In Abhängigkeit von der Nutzungsart kann eine Gefährdung gegeben sein (Einzelfallprüfung)
- kritisch ist nach derzeitigem Kenntnisstand vor allem die kleingärtnerische Nutzung der Halden (Wirkungspfad **Boden-Nutzpflanze-Mensch**) zu bewerten

Grundwasser/Oberflächenwasser

- bei einer fortschreitenden Versauerung ist mit einer Erhöhung der Konzentrationen vieler Schwermetalle in den Sicker- und Grundwässern zu rechnen
- auch für die Halden, bei denen bisher keine Grund- und Oberflächenwasserschäden nachgewiesen wurden, sind solche zukünftig nicht auszuschließen

- eine Quantifizierung des Schadstoffaustrages ergab z. B. für Vertrauen-Schacht-Halde, dass bis zu 6.000 kg/a Zn und 33 kg/a Cd in das Grund- bzw. Oberflächenwasser abfließen. Bei einer Hochrechnung über alle Haldenstandorte ergibt sich daraus eine erhebliche weiträumige Befrachtung des Grund- bzw. Oberflächenwassers
- gelangen die stark kontaminierten sowie betonaggressiven Haldensickerwässer in die Kanalisation, bewirken sie eine Befrachtung der Aufgabewässer der kommunalen Wasserreinigungsanlagen und eine Erhöhung der Instandhaltungs-/Entsorgungskosten
- die Tolerierbarkeit der Grund- und Oberflächenwasserschäden ist im Einzelfall bzw. bezüglich der Anforderungen der EU-WRRL zu prüfen

Luft

- durch die vereinzelt auftretenden niedrigthermalen Haldenbrände kommt es in den aktuell untersuchten Fällen nicht zu einer unmittelbaren Beeinträchtigung des Menschen über den **Luftpfad**. Ein längerer Aufenthalt, vor allem in bodennahen Luftsichten über dem Brandherd, ist aufgrund der Anreicherungen von SO₂ und CO₂ sowie der Abreicherung von O₂ jedoch zu vermeiden

Formalisiertes Bewertungsschema und vorläufige Priorisierung

Um die Entscheidungen zum weiteren Handlungsbedarf nachvollziehbar zu gestalten, wurde geprüft, ob die formalisierte sächsische Bewertungsmethodik die Spezifik der Steinkohlenbergehalde ausreichend berücksichtigt. Formalisierte Bewertungen erfolgen in der Formalen Erstbewertung (Beweisniveau 0), in der Historischen Erkundung (Beweisniveau 1) und in der Orientierenden Untersuchung (Beweisniveau 2) mittels:

- einfachem Punktebewertungsschema (Beweisniveau 0)
- GEFA (Beweisniveau 1 und 2)

Das Ergebnis ist ein Risikowert, der Hinweise auf eine Gefährdung gibt, insbesondere aber eine Priorisierung ermöglicht. Eine Korrektur aufgrund weiterer Einflussfaktoren (in der formalen Bewertung nicht berücksichtigter Sachverhalte) ist möglich. Im Rahmen des Projektes hat sich gezeigt, dass GEFA (LFUG 2004) um haldenspezifische Parameter ergänzt werden sollte. Dazu wurde ein Bewertungsmodul GEFAHALD entwickelt. Die Realisierung der Bewertung mit GEFAHALD erfolgt derzeit über die Eintragung von R_{subj} im GEFA.

Auf der Basis der o. g. genannten Methodik wurden die einzelnen Halden nach ihrem Gefährdungspotenzial bewertet.

Abb. 12 zeigt die Ergebnisse der vorläufigen Priorisierung der Halden. Die Farbstufen kennzeichnen die Abstufung von der höchsten (rot) über gelb zur niedrigsten (grün) Priorität bzw. zu geringem Kenntnisstand (weiß).

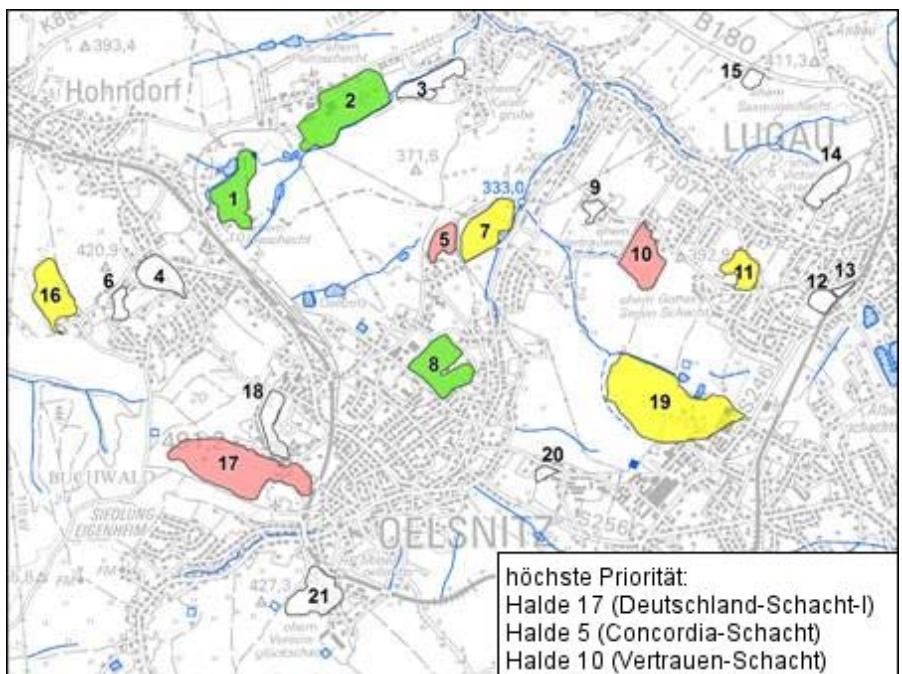


Abb. 12:
Haldenpriorisierung nach GEFA

Branchenblatt Steinkohlebergehalde

Die wichtigsten Erkenntnisse zur Gefährdungsabschätzung wurden in einem neuen branchenbezogenen Merkblatt zusammengefasst, welches im Internet zur Verfügung steht. Abb. 13 zeigt einen Ausschnitt aus dem Branchenblatt (<http://www.umwelt.sachsen.de> → Boden, Altlasten → Altlasten → Fachinformationen).

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung	Stand: 08/2009 Bearbeiter M. Frenzel (G.U.B. Ingenieur AG) Dr. T. Hertwig (BEAK GmbH) Dr. S. Wilscher (TU Dresden) A. Sohr (LfULG)
18: Steinkohlenbergehalde		Seiten: 16
1. Branchentypisches Schadstoffpotenzial		
Gesetzliche Grundlagen		
<ul style="list-style-type: none">- In der Zeit seit der Industrialisierung, etwa ab 1850, bzw. später in der DDR wurde die Anlage der Steinkohlenbergehalde nach den internen Betriebsplänen der Steinkohlenbergwerke durchgeführt. Neben diesen Betriebsplänen gab es in der DDR eine Reihe von Gesetzen, die die Anlage bzw. den Umgang mit den Halden tangierten. Auszugsweise seien Folgende genannt:<ul style="list-style-type: none">- Berggesetz der DDR,- ABAO Arbeits- und Brandschutzanordnung,- Landeskulturgesetz der DDR (LKG).		
Geschichtliche Entwicklung		
<p>Der Bergbau auf Steinkohle reicht in Sachsen bis ins frühe Mittelalter zurück. Der erste urkundliche Beleg stammt aus den Zwickauer Schmiedeartikeln von 1349. Damals wurde den Schmieden der Stadt das „smiden mit steinkohl“ aufgrund der Rauchgasbelästigung verboten. Die Schmiedefeuern waren ein erster wichtiger Einsatzzweck der Steinkohle. Dieser Bergbau war bis zu Beginn des 19. Jh. als ein durch Klein- und Kleinstbetriebe geprägter Abbau zu bezeichnen. Bis zu dieser Zeit wurden keine größeren Mengen an Steinkohle gefördert (wenige 1.000 t/Jahr). Damit fiel auch nur in geringen Mengen Abraum an, der in Form von Halden verkippt wurde.</p> <p>Erst mit dem Beginn der Industrialisierung und mit der Einführung von Dampfmaschinen stieg die Nachfrage nach Brennstoffen. Der Einsatz von Maschinentechnik zur Förderung und Aufbereitung effektivisierte den Steinkohlenbergbau maßgebend. Somit wurden erhebliche Produktionssteigerungen erzielt. Die Blütezeit der Steinkohlenförderung war beispielsweise im Zwickauer Revier von 1880 bis 1910 zu verzeichnen. Die Fördermenge lag in dieser Zeit in diesem größten sächsischen Revier bei rund 2 Mill. Tonnen pro Jahr.</p>		
<p>In Sachsen existierten folgende Steinkohlenbergbaugebiete:</p>		
Erzgebirgisches Becken		
<ul style="list-style-type: none">- Revier um Borna-Ebersdorf- Revier um Berthelsdorf-Hainichen- Becken von Flöha- Lugau-Oelsnitzer Revier		
Döhlener Becken		
<ul style="list-style-type: none">- Freital (bei Dresden)		
Becken von Olbernhau-Brandov		
Becken von Schönfeld-Altenberg		
<p>Die bedeutendsten sächsischen Reviere sind neben dem Revier Zwickau das Lugau/Oelsnitzer Revier und das Freitaler Revier. Mit der Produktionssteigerung fiel auch eine erhebliche Menge an Abraum an. Im Umfeld der Schächte, in deren unmittelbarer Nähe die sogenannten Teufelshalden aufgeschüttet wurden, legten die Steinkohlenbergwerksbetriebe Bergehalde an. Je nach Betriebsgröße wurden Halden mit Volumina von bis zu mehreren Millionen m³ und max. 60 m Höhe geschüttet. Diese beinhalten zum Großteil kohlehaltige karbonische Schiefersteine (s. Punkt 1.4.1). Assoziiert mit den Halden sind Absetzbecken aus der Aufbereitung (Kohleschlammteiche) sowie untergeordnet auch Spülteiche zur Ascheverbringung. Teilweise wurden auch Abfälle aus der Kohleveredlung, wie Kokereiabfälle, abgelagert.</p>		

Abb. 13: Auszug aus dem Branchenblatt Steinkohlenbergehalde

Empfehlungen zur Minimierung des Schadstoffaustages

Da eine Dekontamination der Halden i. d. R nicht machbar ist, kommen insbesondere Sicherungsverfahren zur Anwendung. Ziel dieser Sicherung muss eine Minimierung des Schadstoffaustages auf den relevanten Wirkungspfaden sein, so dass für die Schutzgüter keine Gefahr mehr ausgeht. Schwerpunkte liegen dabei auf der Reduzierung des Sickerwasseraustages (Schutzgut Grundwasser/Oberflächenwasser/Pflanze) und der Reduzierung der Boden-/Staubbelastung bei sensiblen Nutzungen (Kleingarten, Wohngebiete).

Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch sind in Kleingärten z. B. eine zusätzliche Bodenabdeckung oder eine Nutzungsbeschränkung denkbar.

Für das Schutzgut Grundwasser/Oberflächenwasser können Empfehlungen zur Minimierung des Sickerwassereintrages folgendes beinhalten:

- die Förderung der Naturverjüngung mit dem Ziel des Aufbaus ökologisch stabiler Waldbestände und Förderung der Bodenbildung,
- den aktiven Voranbau von Flächen ohne Naturverjüngung und
- die Verbesserung der Haldenabdeckung in exponierten Bereichen (Brandbereiche, Böschungsabrisse).

Als Empfehlung zur Minimierung der mikrobiologischen Schadstoffmobilisierung wird gezielter sauerstoffzehrender Nährstoffeintrag vorgeschlagen, welcher zur Stimulation der mikrobiellen SO_4^{2-} -Reduktion, Neutralisierung der Wässer und Immobilisierung der Schwermetalle als Sulfide beiträgt.

Die Minimierung der geochemischen Schadstoffmobilisierung kann nur durch eine gezielte Änderung des geochemischen Milieus (Anhebung des pH-Werts, Senkung des Redox-Potenzials) erfolgen. Dazu sind Versuche (Labor- und Feldmaßstab) mit verschiedenen organischen Auflagen notwendig.

Alle genannten Maßnahmen sollten so erfolgen, dass der bisher erreichte Rekultivierungszustand nicht nachhaltig gestört wird.

Schlussfolgerungen

Die Steinkohlebergehalde im Revier Lugau/Oelsnitz stellen eine wesentliche Schwermetallquelle für die Schutzgüter Boden und Wasser dar.

Nimmt man die Ergebnisse der Quantifizierung des Schadstoffaustausches an den detailliert untersuchten Halden zur Grundlage, so ergibt sich eine erhebliche, langjährige und weiträumige Befrachtung des Grund- bzw. Oberflächenwassers.

Werden keine weiteren Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffmobilisierung ergriffen, wird der signifikante Schadstoffaustausch aus den Steinkohlebergehalde noch über mehrere Jahrhunderte andauern und durch fortschreitende Versauerungsprozesse z. T. noch weiter zunehmen.

Weiterer Forschungsbedarf bezüglich des Prozessverständnisses besteht zur Einschätzung des Gefahrenpotenzials für den Stofftransfer Boden-Pflanze-Mensch, den Stofftransfer Boden-Sickerwasser-Tier-Mensch und Boden-Pflanze-Tier-Mensch, der aus den Mineralneu- und -umbildungsprozessen resultierenden Stoffmobilisierung und -immobilisierung sowie der Präzisierung des Anteils der mikrobiellen Umsetzungen bzw. Mobilisierung/Immobilisierung von Stoffen gegenüber den geochemischen Umsetzungen im Hinblick auf eine gezielte Förderung oder Unterbindung mikrobiologischer Mobilisierungsprozesse.

Für die Bewertung des Gefährdungspotenzials wird die Anwendung des einfachen Punkteschemas (BN 0) und des GEFAHALD (BN 1 und 2) empfohlen. Die Realisierung der Bewertung mit GEFAHALD erfolgt derzeit über die Eintragung R_{sub} im GEFA. Eine entsprechende Programmgänzung im GEFA ist vorgesehen.

Nach Schaffung eines einheitlichen Kenntnisstandes und einer darauf basierenden aktualisierten Priorisierung des Gefährdungspotenzials der sächsischen Steinkohlenhalden sind durch die Fachbehörden Handlungsempfehlungen abzuleiten und haldenobjektbezogene Einzelmaßnahmen unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit zu veranlassen. Dabei sind Maßnahmen, die wesentlich zur Verbesserung der Qualität derjenigen Wasserkörper (Grundwasser, Oberflächenwasser) beitragen, die sich im schlechten Zustand (nach EU-WRRL) befinden, zu favorisieren.

Literaturverzeichnis

- FELIX, M., HERTWIG, T., FRENZEL, M., WILLSCHER, S. (2008): Gefährdungspotenzial Steinkohlenhalden Sachsen. - Vortrag zum XIX. Sächsisches Altlastenkolloquium Bergbau und Altlasten, Dresden 29./30.10.2008.
- HAUBOLD, W. (1965): Bodengeologisches Gutachten über die Rekultivierungsmöglichkeiten der Halde am Rudolf-Breitscheid-Schacht des VEB Steinkohlenwerk Oelsnitz (Erzgeb.). - Unveröff. Bericht 15.11.1965, VEB Geologische Erkundung Süd, Freiberg/Sa. VEM Steinkohlenwerk Oelsnitz.
- HERTWIG, TH., FRENZEL, M., WILLSCHER, S., NITZSCHE, C. (2006): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Gefährdungspotential Steinkohlebergehalde Zwickau/Oelsnitz, Arbeitspakete 2 und 3“ - Unveröff. Zwischenbericht Beak GmbH, GUB-IGmbH und TU Dresden, Freiberg/Zwickau/Dresden.
- HERTWIG, TH., FRENZEL, M., WILLSCHER, S., KNOBLOCH, A. (2007): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Gefährdungspotential

Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz, Arbeitspakete 2 und 3". - Unveröff. Abschlußbericht Beak GmbH, GUB-Ingenieur AG und TU Dresden, Freiberg/Zwickau/Dresden.

LfUG (2004): GEFA - PC-gestützte Gefährdungsabschätzung (Formalisierte Bewertung für die historische Erkundung und orientierende Untersuchung). - www.umwelt.sachsen.de

NEEF, A. (2007): „Bergbaufolgespezifische Kartierung der Standorte, Waldbestände und Vegetation auf der Vertrauensschacht-Halde im ehemaligen Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz“. - Unveröff. Abschlußbericht IBN, Zwickau

PREUSZ, W., THIELEMANN, R. NAHR, A. (1999): Integrale Altlastbehandlung Phase 1: Schwermetallbelastungen von Kulturböden in Kleingärten auf/an Altablagerungen mit vermuteten Einflüssen von Bergbauhalden. - Unveröff. Bericht 06.10.1999, ARTEC Umweltpraxis GmbH Sachsen, Fabrikgasse 2, 08294 Lößnitz. AG: LRA Stollberg.

SCHERER, V. (2007): Dokumentation Datenbank „Steinkohlehalden Sachsen“. - Unveröff. Bericht, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Halsbrücke.

SITTNER, H., HERTWIG, TH., FRENZEL, M., HAMPERL, A. (2006): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Gefährdungspotential Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz, Arbeitspaket 1“. - Unveröff. Bericht Beak GmbH und GUB-IGmbH, Freiberg/Zwickau.

WEISE, A. (1977): Hydrogeologisches Gutachten über den Mülldeponiestandort am ehemaligen Rudolf-Breitscheid-Schacht in Hohndorf, Kreis Stollberg. - Unveröff. Bericht 15.03.1977, Abteilung Geologie beim Rat des Bezirkes Karl-Marx-Stadt. AG: Rat der Gemeinde Hohndorf.

Ergebnisse der Untersuchungen auf verschiedene Schwefel-Modifikationen sowie der Quantifizierung ausgewählter Mikroorganismengruppen bei der Untersuchung der Steinkohlebergehalde in den Revieren Lugau/Oelsnitz und Zwickau auf ihr Gefährdungspotenzial

(WILLSCHER, S.¹, STARKE, S.¹, FELIX, M.², SOHR, A.²)

Einleitung

Zu den oberirdischen Hinterlassenschaften des Steinkohlebergbaus gehören zahlreiche Bergehalde mit Grobbergen, Wasch- und Teufbergen, die heute die Qualität der angrenzenden und umliegenden Grund- und Oberflächenwässer nachteilig beeinflussen. Grund dafür ist die Versauerung des disulfidhaltigen Bergmaterials durch Verwitterungsprozesse, das zu einem Absinken des pH-Wertes, einer Aufsalzung (v. a. durch Sulfat) sowie zu einer erhöhten Fracht an gelösten Metall(oid)en in den Haldensickerwässern führt, wobei z. T. Massenströme von mehreren kg/a (Cd) bis zu etlichen t/a (Zn, Sulfat) erreicht werden (HERTWIG u. a. 2007). Ein Transport von Mangan, Cobalt, Nickel, Zink, Arsen und Cadmium in den benachbarten Grund- und Oberflächenwässern sowie eine Ablagerung dieser Metall(oid)e in den Sedimenten sind in diesem Gebiet in verstärktem Maße zu verzeichnen. Diese Schadstoffbelastung beeinflusst auch die Zwickauer Mulde als nächstes größeres Oberflächengewässer, und selbst in der Elbe ist, nach dem Zustrom der Mulde, noch ein erhöhter Schwermetalltransport, z. T. in partikular gebundener Form, nachweisbar.

Im Jahr 2005 wurde durch das LfUG eine Studie mit dem Thema „Gefährdungspotenzial Steinkohlenhalden Zwickau/Oelsnitz“ in Auftrag gegeben, die eine geologisch/geochemische sowie mikrobiologische Untersuchung des Haldeninventars sowie von Sickerwässern, Grund- und Oberflächenwässern an den Haldenstandorten zum Inhalt hatte. Mit den gewonnenen Messergebnissen sollte das Verständnis der in den Halden ablaufenden Prozesse aufgehellt bzw. vertieft werden, sowie eine spezifische Methodik zur Bewertung derartiger Halden entwickelt, das Gefährdungspotenzial der einzelnen Haldenstandorte (HERTWIG u. a. 2007, HERTWIG u. a. dieses Heft) eingeschätzt und ein branchenbezogenes Merkblatt zu Steinkohlenbergehalde (FRENZEL u. a. 2009) erarbeitet werden.

Inventar von Steinkohlebergehalde und dessen Auswirkungen auf die Umwelt

Das Abfallmaterial aus den untertägigen Arbeiten im Steinkohlebergbau wurde auf den Bergehalde (Teufberge, Grobberge) verbracht; weiterhin wurde dort auch Material aus der Kohleaufbereitung (Waschberge, Kohleschlämme) und aus der Energieerzeugung (Aschen, Schlacken, Flugstäube) abgelagert. Je nach dem Stand der Aufbereitungstechnologie der Rohkohle sind auch noch Kohleanteile in wechselnden Gehalten (bis zu 30 %) in den Waschrückständen enthalten. Weiterhin wurde auf den Bergehalde auch produktionsfremdes Material wie Bauschutt, Lehm, Bodenaushub und z. T. sonstige Abfälle abgelagert (HERTWIG u. a. 2007, HERTWIG u. a. 2010).

Abb. 1 zeigt das typische Haldeninventar der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz. Das schwarze Material aus den Kernbohrungen im Haldenkörper ist kohlehaltiges, nur wenig verwittertes Bergmaterial, während das rote Substrat sog. „gebranntes“ Material darstellt, das bereits einer thermischen Umsetzung des Kohlematerials durch Brände unterlag.

Das Bergmaterial besteht v. a. aus Tonschiefer (gebrannte Schichten) bzw. kohlehaltigen Schichten des Tonschiefers, teilweise schluffhaltig und z. T. feinkörnigen Ablagerungen von Kohleschlämmen aus der Verarbeitung sowie Sand gemischt mit Kohlestaub im oberflächennahen Bereich (Waschrückstände). Das Haldenmaterial ist grob- bis feinkörnig. Die Schüttung weist eine erhöhte Porosität auf, was in einer guten Permeabilität durch Luft und Wasser resultiert. Diese Bedingungen sind besonders förderlich für die oxidativen Verwitterungsprozesse in den Bergehalde.

Die Haldenoberflächen enthalten teilweise eine Bodendeckschicht mit einer Vegetationsdecke (Gras, Büsche und Bäume).

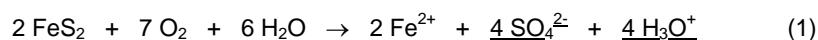
¹ Technische Universität Dresden, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten

² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

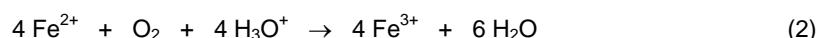


Abb. 1:
Haldeninventar aus den Kernbohrungen der Vertrauen-Schacht-Halde Lugau/Oelsnitz: Rotes, gebranntes und dunkles, kohlehaltiges Bergmaterial

Ursache der Versauerungsprozesse der Steinkohlebergehalden sind erhöhte Gehalte des Haldeninventars an mineralischen Disulfiden, v. a. Pyrit FeS_2 bzw. Markasit, sowie die Sulfide vieler anderer Metalle wie z. B. Sphalerit, Galenit, Nickelkies oder auch Arsenopyrit, die in geringen Mengen im kohligen Material enthalten sind. Sie unterliegen einer langfristigen geochemischen bzw. biogeochemischen Verwitterung. Dabei kommt es zu einer langfristigen Freisetzung von Säure und gelösten Salzen, was hier am Beispiel des Pyrits dargestellt werden soll:



In einem weiteren Reaktionsschritt kann Eisen(II) zu Eisen(III) auf geochemischem oder biogeochemischem Weg oxidiert werden:



Die freigesetzten Eisen(III)-ionen sind nun in der Lage, durch Redoxreaktionen weiteres Sulfid zu Sulfat zu oxidieren:



Diese Reaktion kann auch ohne die Anwesenheit von Sauerstoff ablaufen, d. h. also auch im tieferen Haldenkörper durch perkolierendes Sickerwasser, das Eisen(III)-ionen enthält. Neben Sulfat als Produkt werden beträchtliche Mengen an Hydroniumionen freigesetzt, die durch die Herabsetzung des pH-Wertes zu einer Mobilisierung weiterer Metallionen führen.

Die in den Gleichungen (1) bis (3) unterstrichenen Produkte charakterisieren die Hauptinhaltsstoffe saurer Bergbausickerwasser; durch die Verwitterung von Metallsulfiden sowie durch saure Auflösungs- und Austauschreaktionen werden auch andere im Substrat enthaltene Metallionen sowie Arsen in ihre löslichen Formen überführt. Bei stark exothermen Reaktionen der Verwitterungsprozesse kann es zu Brandprozessen kommen, was zu zusätzlichen Beeinträchtigungen der Umwelt durch erhöhte Temperaturen der Haldenkörper und der angrenzenden Wässer bzw. zum Entweichen von Gasen aus den Brandherden führen kann.

Abb. 2 zeigt den Zulauf schwermetallbelasteter Sickerwässer abstromig von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz in einen kleinen Bach; deutlich ist hier die Trübung des Wassers durch ausfallende Metallhydroxide zu erkennen. Auch in partikulärer oder sorbierter Form können die Metall(oid)e noch über weite Strecken mit den Wässern weitertransportiert werden.

In Abb. 3 ist der mögliche Kontaminationspfad Sickerwasser-Nutztier dargestellt. Im Abstrom der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz fließen die Sickerwässer nur wenig unterhalb der Bodenoberfläche entlang und treten durch Weidenutzung teilweise hervor. Die Tiere nutzen das salzhaltige Wasser zum Teil als Tränke.

Ziel des Forschungsprojektes war es, die ablaufenden Prozesse an ausgewählten Haldenstandorten aufzuklären und die Auswirkungen auf die Umwelt zu quantifizieren bzw. zu beurteilen.

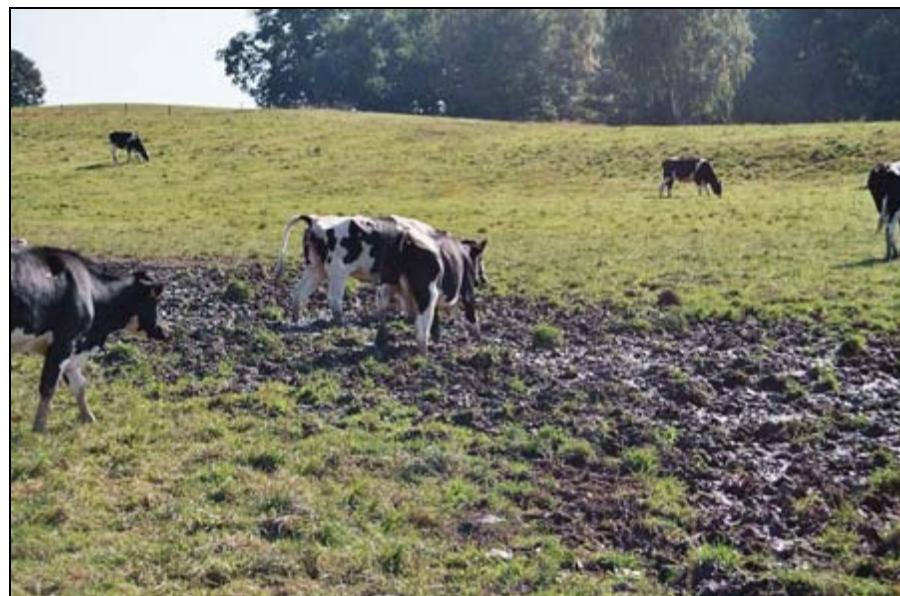
Abb. 2:

Weißliche Trübung des Baches an der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau / Oelsnitz durch zufließende Sickerwässer (Fällung von Metallhydroxiden bzw. -oxidhydraten)



Abb. 3:

Hervortretende Sickerwässer im Abstrom der Vertrauen-Schacht-Halde auf einer Weidefläche



Untersuchungen im Rahmen des Forschungsthemas

Zur Durchführung des Forschungsthemas „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz“ wurden durch die beteiligten Projektpartner folgende Arbeitsschritte durchgeführt (HERTWIG u. a. 2007, HERTWIG u. a. 2010):

- Literatur- und Datenrecherche zu ausgewählten Haldenstandorten
- Feldbegehung/ Kartierung
- Grablöcher und Schürfe auf den Haldenstandorten
- Kleinrammbohrungen
- Kernbohrungen und Einrichtung von Grundwassermessstellen
- Probenahmen und chemische Analytik (Boden, Wasser, Sediment, Luft, Pflanzen)
- Temperaturuntersuchungen auf thermische Umsetzungsprozesse im Haldeninventar
- *Untersuchungen der Schwefelmodifikationen im Haldenmaterial*
- *Mikrobiologische Untersuchungen von Feststoff-, Wasser- und Sedimentproben*
- Säulenversuche zum Schadstoffaustausch sowie zur sequentiellen Extraktion
- Durchflussmessungen an den Sickerwasseraustrittsstellen
- Auf der Grundlage der Konzentrationsdaten und der Durchflussraten Modellierung der Strömung (FEFLOW) und des Sickerwassers (BOWAHALD) sowie des Stofftransports (PHREEQC)

In den hier dargestellten Arbeiten wurden die Schwefelmodifikationen im Haldenmaterial untersucht sowie ausgewählte Mikroorganismenpopulationen in den Haldenkörpern sowie in Sickerwasser, Grund- und Oberflächenwasser quantifiziert (siehe Hervorhebung kursiv). Ziel dieser Untersuchungen war es, einen Beitrag zur weiteren Klärung der in den Steinkohlebergehalten ablaufenden Verwitterungsprozesse sowie zur Einschätzung des Gefährdungspotenzials der Standorte zu leisten.

Die Untersuchung der Schwefelmodifikationen sollte dabei einer Ermittlung der Gesamt- und Disulfid-Schwefelgehalte im Haldeninventar dienen sowie klären, ob und inwieweit sich rote (gebrannte) und schwarze (ungebrannte) Haldenmaterialien in ihren Schwefelgehalten und -modifikationen unterscheiden.

Eine Quantifizierung verschiedener ausgewählter Bakteriengruppen erfolgte mit der Zielstellung, den Einfluss mikrobieller Prozesse auf die Migrationsfähigkeit der Schadstoffkomponenten zu untersuchen. Damit sollte ein Beitrag zur Klärung des Prozessverständnisses bezüglich der ablaufenden Mobilisierungs- und Immobilisierungsvorgänge der Schadstoffe in den Steinkohlenbergehalten geleistet werden.

Ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen

Untersuchungen der Haldenmaterialien auf verschiedene Schwefelmodifikationen

Zu einer Einschätzung des Vorhandenseins verschiedener Schwefelspezies wurden die Haldenproben sowohl auf ihren Gesamt-Schwefelgehalt als auch auf ihren Gehalt an mineralischem Disulfidschwefel in einem Schwefel-Analysator untersucht (Bestimmungsgrenze 10 mg/g Probenmaterial bzw. 0,001 %). Die mineralischen Disulfide (Pyrit, Markasit, Schwermetallsulfide, Arsenopyrit) stellen dabei die in der Kohle ursprünglich vorkommenden Schwefelspezies dar, während das Sulfat das oxidierte Endprodukt der Verwitterungsprozesse ist (siehe Gleichungen (1)-(3)).

Zu den Untersuchungen wurden Proben von den Kernbohrungen aus unterschiedlichen Teufen sowie aus den verschiedenen Haldensubstraten („gebranntes“ und kohliges Material) verwendet. Insgesamt wurden 13 Proben von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz, 8 Proben von der Halde „Am Morgenstern-Schacht III“ in Zwickau sowie 7 Proben von der Planitzer Halde in Zwickau untersucht.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Haldenmaterialien kurz dargestellt.

Vertrauen-Schacht-Halde (Oe 10)

Diese Halde besitzt keine Abdeckung und wurde vor etwa 50 Jahren aufgeforstet. Es kam teilweise zu einer natürlichen Bodenbildung, die aber nicht auf dem gesamten Haldenkörper stattfand. Damit existieren noch Stellen, an denen Niederschläge und Luftsauerstoff gut in den Haldenkörper einsickern bzw. diffundieren und damit die Verwitterung des Haldeninventars voranbringen können. Das aus der Halde austretende Sickerwasser ist durch eine erhöhte Säurefreisetzung gekennzeichnet (pH 3,61); damit hat dieser Standort bereits einen höheren Versauerungsgrad erreicht.

Die Halde ist durch verschiedene übereinanderliegende Schichten von „gebranntem“ und kohlehaltigem schwarzen Material charakterisiert. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen der Schwefelmodifikationen war vor allem die Aufklärung möglicher Unterschiede in den Schwefelgehalten zwischen den einzelnen Schichten von großem Interesse.

Die aus den gemessenen Disulfidgehalten berechneten theoretischen Pyritgehalte ausgewählter Haldenschichten sind in Abb. 4 dargestellt. Praktisch können neben Pyrit auch noch andere Sulfide wie Sphalerit, Galenit, Nickelkies oder Arsenopyrit mit enthalten sein, die bei der Verwitterung zur Auswaschung gelöster Schwermetalle führen, wie dies auch tatsächlich in den Grund- und Sickerwässern nachweisbar ist. Diese Metallsulfide sind aber in wesentlich geringeren Massenanteilen als das Pyrit enthalten.

In Abb. 4 sind deutliche Unterschiede in den theoretischen Pyritgehalten der verschiedenen Schichten zu erkennen. Während die kohligen Schichten wechselnde theoretische Pyritanteile von 1,4-4,35 % aufweisen, enthalten die gebrannten Schichten nur noch geringe Pyritanteile von 0,05-0,131 % (Abb. 4). Damit sind die durchgebrannten Schichten sehr arm an Disulfidschwefel und enthalten große Mengen an mobilisierbarem Schwefel, vermutlich in Form von Sulfat. Die Probe von Brg. GWM 2/06 aus 10 m Tiefe müsste damit z. B. einen sehr hohen Anteil an mobilisierbaren Sulfaten enthalten (Abb. 5). Das ist am Sulfatgehalt des Eluates belegbar: Während im Schnitt des rotgebrannten Materials 220 mg/l SO_4^{2-} im Eluat berechnet wurden, weisen die beiden Proben aus der GWM 2/06 von 8-10 m und 10-12 m Sulfatgehalte von 620 und 1200 mg/l auf.

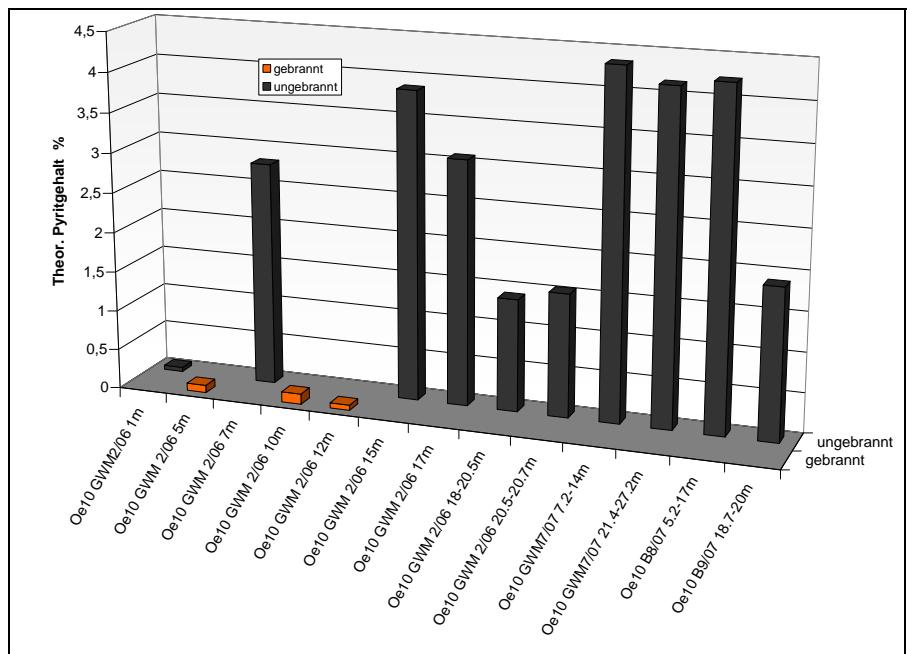


Abb. 4:
Berechnete Pyritgehalte aus der Disulfidschwefel-Bestimmung für die Haldenproben von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz

Die oberste Schicht von Brg. GWM 2/06 (Kohlesand) enthält nur 0,13 % Gesamtschwefel (Abb. 4), der bereits zu 78 % umgesetzt (oxidiert) ist. Der berechnete Pyritgehalt beträgt nur noch 0,053 % (Abb. 4). Dies kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein: auf den hohen Sandanteil im Material, auf die Aufbereitungstechnik (Abreicherung der Kohlen) sowie auf eine verstärkte Oxidation und Auswaschung der löslichen Bestandteile an der Haldenoberfläche.

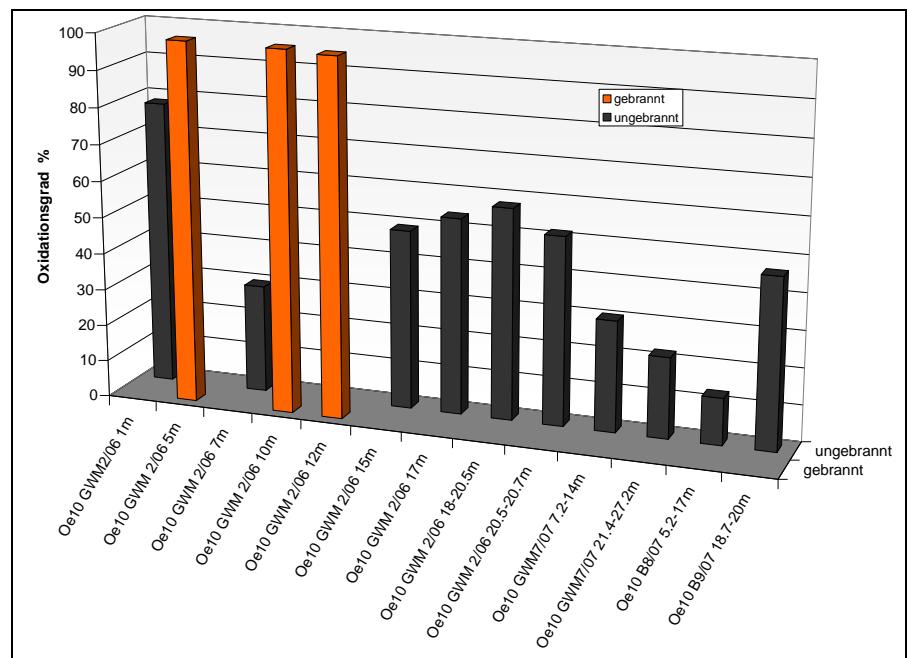


Abb. 5:
Berechneter Oxidations- bzw. Verwitterungsgrad des Disulfidschwefels in den Haldenproben von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz

Abb. 5 zeigt die aus dem Verhältnis der gemessenen Disulfid- zu Gesamtschwefelgehalten berechneten Oxidationsgrade der Haldenproben. In dieser Abbildung sind noch einmal ganz deutlich die Unterschiede zwischen gebrannten (roten) und ungebrannten (kohligen) Schichten zu erkennen: Alle gebrannten (roten) Proben weisen einen Oxidationsgrad von 97,5-98,6 % auf; sie sind also fast quantitativ umgesetzt. Die kohligen Proben, mit Ausnahme der Oberflächenprobe, besitzen Oxidationsgrade zwischen 12,8 und 57,75 %. Damit ist in geologischen Zeiträumen noch mit langfristigen Umsätzen (geochemisch und mikrobiell induziert) und einer nachfolgenden Sulfatfreisetzung zu rechnen (bis zu 12 Ma% Sulfat können theoretisch in der Halde generiert werden). Bisher geringe Oxidationsgrade wurden v. a. in den Proben der GWM 7/07 und Brg. 8/07 festgestellt (12,8-30,4 %, Abb. 5).

Halde „Am Morgenstern-Schacht III“ in Zwickau (Zw 10)

Die Halde 10 in Zwickau ist durch verstärkte thermische Umsetzungen auf der Nordwestseite gekennzeichnet. Die Untersuchung der Schwefelmodifikationen am Standort der Halde „Am Morgensternschacht III“ in Zwickau war vor allem dahingehend interessant, um aufzuklären, welche Schwefelgehalte bzw. Oxidationsgrade in einer Halde mit thermisch aktiven Zentren wie an diesem Standort vorliegen. Die Proben aus der Bohrung 1/06 wurden direkt aus einem solchen Zentrum mit Temperaturen bis zu 90°C entnommen.

In Abb. 6 sind die berechneten theoretischen Pyritgehalte ausgewählter gebrannter und kohlinger Materialien aus einer Kernbohrung am thermisch aktiven Zentrum der Halde dargestellt. Praktisch können im Haldenmaterial neben Pyrit wieder andere Metallsulfide bzw. Arsenopyrit enthalten sein, die jedoch gegenüber dem Pyrit wesentlich geringere Massenanteile besitzen. Der Pyritgehalt ist in den oberflächennahen Schichten und in den gebrannten Schichten mit Werten zwischen 0,11 und 0,71% am niedrigsten (BP2a, BP10, BP16, Abb. 6); hier sind Ähnlichkeiten mit der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz vorhanden, allerdings sind die Gehalte an der Oberfläche und in den gebrannten Schichten hier nicht so niedrig wie in der Vertrauen-Schacht-Halde (vgl. Abb. 4). Die höchsten Pyritgehalte liegen hier in den tieferen kohlingen Schichten bei bis zu 1,63 % (BP11-BP14 Abb. 6).

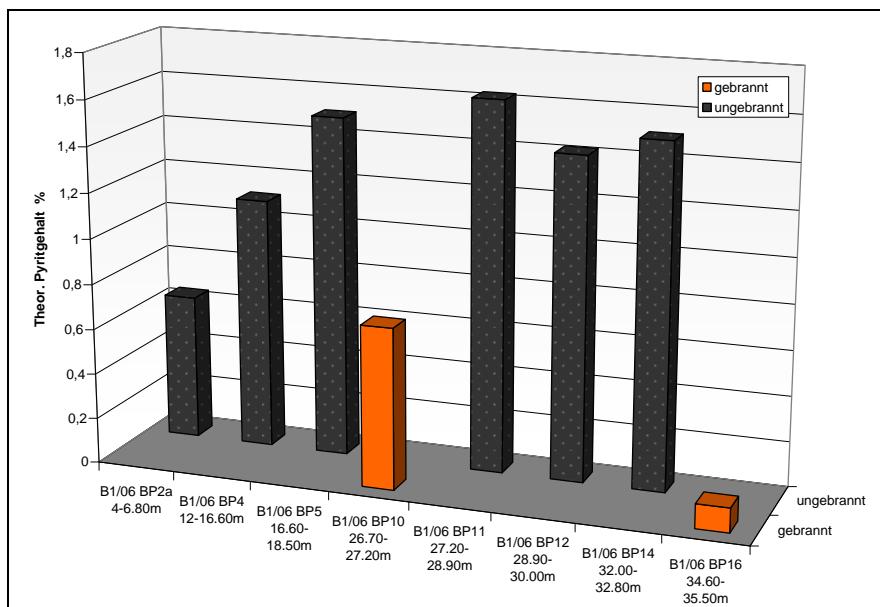


Abb. 6:
Berechnete Pyritgehalte aus der Disulfidschwefel- Bestimmung verschiedener Haldenproben von der Halde „Am Morgenstern-Schacht III“ in Zwickau

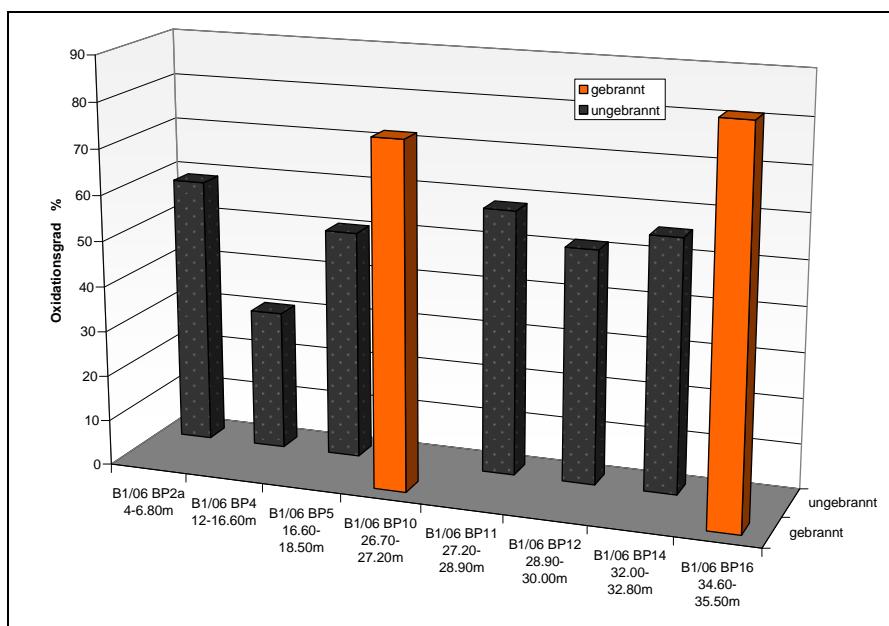


Abb. 7:
Berechneter Oxidations- bzw. Verwitterungsgrad des Disulfidschwefels in verschiedenen Haldenproben von der Halde „Am Morgenstern-Schacht III“ in Zwickau

Die entsprechenden Oxidationsgrade des Haldenmaterials von der „Morgenstern-Schacht-Halde“ in Zwickau sind in Abb. 7 dargestellt. Sehr deutlich ist hier wieder der höchste Oxidationsgrad der gebrannten Schichten mit 75,76 % (BP10) und 84,65 % (BP16) zu erkennen. Auch die oberflächennahe Schicht (BP2a von 4-6,80 m Tiefe) weist einen erhöhten Oxidationsgrad von 58,73 % auf (Abb. 7). Die kohligen Schichten zeigen hier mit 30,72 % (BP4) bis 58,31 % (BP11) zum Teil höhere Oxidationsgrade als die entsprechenden Schichten der Vertrauen-Schacht-Halde (vgl. Abb. 5), was vermutlich auf die thermischen Prozesse in den hier untersuchten Haldenmaterialien zurückzuführen ist.

Bei einer Oxidation der sulfidischen Minerale von bisher 31-58 % im Haldenmaterial der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau ist noch mit einer langfristigen Freisetzung von Sulfat, Säure, Schwermetallen und Arsen aus den aktiven Zentren dieser Halde in die umliegenden Grund- und Oberflächenwässer zu rechnen.

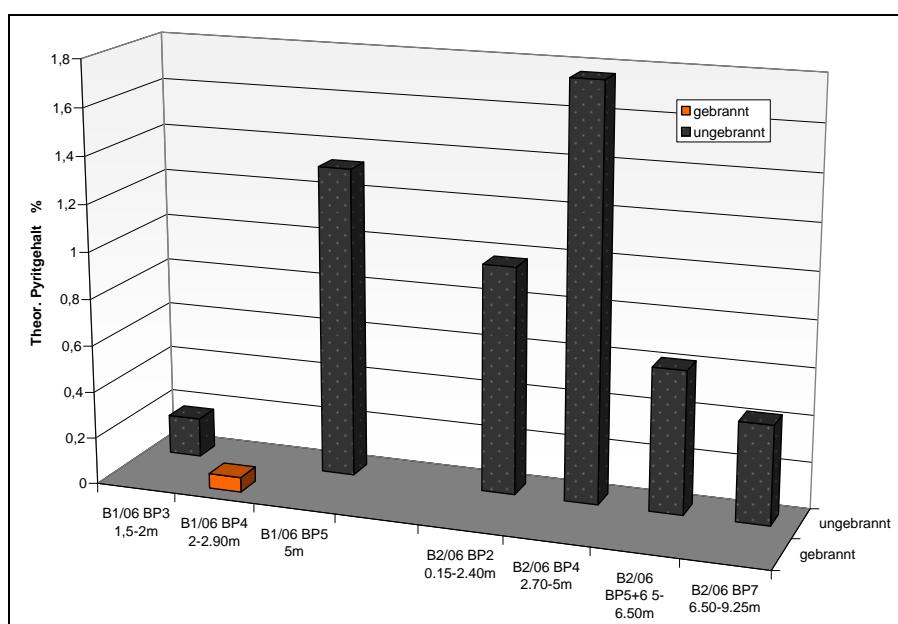
Planitzer Halde in Zwickau (Zw 45)

Die Planitzer Halde in Zwickau besitzt seit über 50 Jahren eine Abdeckung, bestehend aus einer Lehmschicht und darauf einer Mutterbodenauflage. Auf der Haldenoberfläche befinden sich bereits seit Jahrzehnten Kleingärten.

Auch für die Haldenproben von der Planitzer Halde in Zwickau wurde eine Bestimmung des Gesamt- und des Disulfidschwefels durchgeführt. Dabei wurde auf Grund der Feldmessdaten bzw. der Ergebnisse aus der Mikrobiologie und den Säulenversuchen erwartet, dass hier niedrigere Oxidations- bzw. Verwitterungsgrade der mineralischen Disulfide vorliegen.

Die aus den gemessenen Disulfidgehalten berechneten theoretischen Pyritgehalte sind in Abb. 8 dargestellt.

Abb. 8:
Berechnete Pyritgehalte aus der Disulfidschwefel-Bestimmung verschiedener Haldenproben von der Planitzer Halde in Zwickau



Hier ist wieder ein deutlicher Unterschied zwischen gebrannten und kohligen Proben festzustellen. Der Pyritgehalt der gebrannten Probe (B1/06 BP4) liegt mit 0,063 % wesentlich niedriger als in den kohligen Proben (Abb. 8). Auch die oberflächennahe Probe (B1/06 BP3) enthält mit 0,168 % nur einen geringen Pyritgehalt.

Die kohligen Schichten besitzen sehr unterschiedlich Pyritgehalte; hier wurden Gehalte von 0,424 % bis 1,76 % bestimmt (Abb. 8). Dabei enthalten vor allem die unteren Schichten der Bohrung B2/06 mit 0,424 % und 0,612 % geringere Pyritgehalte als die anderen kohligen Proben, die Gehalte von 0,973 % bis 1,76 % aufweisen (Abb. 8). Damit scheint eine Abhängigkeit der Pyritgehalte der kohligen Materialien von den originalen mineralischen Gehalten sowie der Aufarbeitung der Kohlen zutreffend zu sein.

Die hier gemessenen höchsten Pyritgehalte sind etwa vergleichbar den Gehalten in den Proben von der Morgenstern III-Schacht-Halde in Zwickau (vgl. Abb. 6), bei etwa 50 % niedrigeren Gehalten an Gesamtgeschwefel. Der Grund dafür sind die thermischen Prozesse in der Morgenstern-Schacht-Halde, die bereits zu einem fortgeschrittenen Umsatz der Disulfide geführt haben, während an der Planitzer Halde durch die Abdeckung sowie einen sauerstoffzehrenden Nährstoffeintrag nur geringfügige Oxidationsprozesse auftreten.

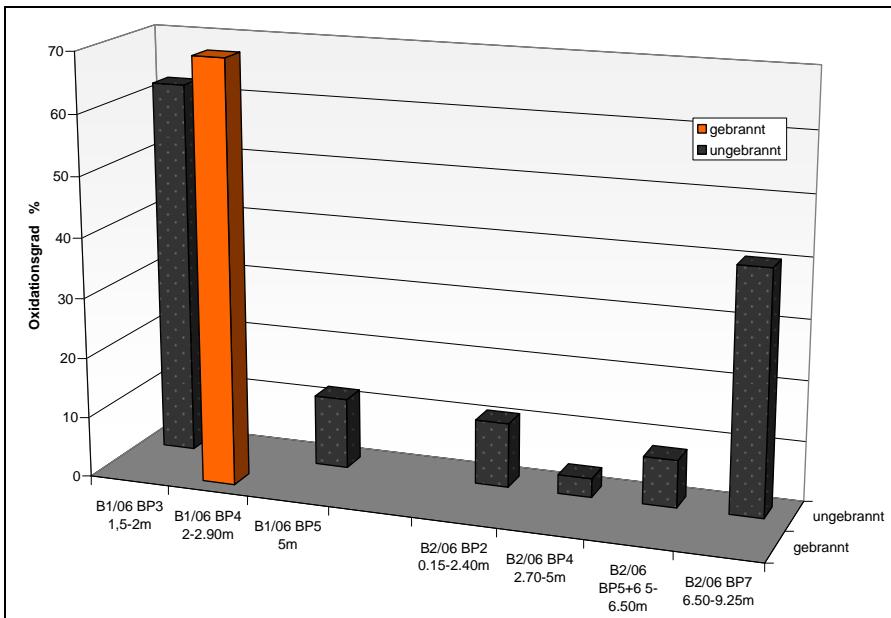


Abb. 9:
Berechneter Oxidations- bzw. Verwitterungsgrad des Disulfidschwefels verschiedener Haldenproben von der Planitzer Halde in Zwickau

Abb. 9 zeigt den Oxidations- bzw. Verwitterungsgrad der mineralischen Disulfide im Haldenmaterial von der Planitzer Halde in Zwickau. Der höchste Oxidationsgrad wurde hier in der gebrannten Schicht aus der Bohrung B1/06 mit 69,79 % ermittelt. Auch in der Schicht von der Oberfläche der Bohrung B1/06 liegt ein relativ hoher Oxidationsgrad mit 62,12 % vor (Abb. 9). Die zweite Oberflächenschicht aus der Bohrung B1/06 (BP 5) weist dagegen nur einen geringen Oxidationsgrad von 10,73 % auf. Die anderen kohligen Schichten aus den Proben der Planitzer Halde zeigen, mit Ausnahme der untersten Schicht von der Bohrung B2/06, niedrige Oxidationsgrade von 3,14 bis 11,72 % (Abb. 9), die die niedrigsten Oxidationsgrade für alle untersuchten Haldenstandorte darstellen (vgl. auch Abb. 5 und Abb. 7). Damit ist ganz eindeutig die Wirkung sowohl der Abdeckung der Halde auch des Nährstoffeintrages als Schutz gegen oxidative Veränderungen in der Halde zu erkennen.

Die Haldenproben vom Standort der Planitzer Halde enthalten mit maximal 0,97 % noch einmal einen um etwa 50 % niedrigeren Gesamtschwefelgehalt als die Morgenstern-Schacht III-Halde in Zwickau. Damit können von dieser Halde geringere Frachten an Sulfat und Säure ausgehen als von den anderen beiden hier untersuchten Halden, was sich in den Felddaten als auch in den Elutionsdaten des Haldenmaterials widerspiegelt. Die theoretisch entstehende Masse an Sulfat beträgt hier maximal etwa 3 Ma%, bezogen auf die Gesamtmasse der Halde. Der Verwitterungsgrad der kohligen Proben ist in dieser Halde am niedrigsten, was auf die Abdeckung der Halde sowie den Nährstoffeintrag durch die Kleingärten zurückzuführen ist, die das Oxidationspotential dieser Halde niedrig halten. Damit geht im Vergleich zu den anderen Haldenstandorten von dieser Halde die geringste Gefährdung aus.

Zusammenfassung zu den Ergebnissen der Untersuchung der Schwefel-Modifikationen an den Haldenstandorten

In den Proben von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz, der Morgenstern-Schacht-Halde und der Planitzer Halde in Zwickau wurden der Gesamtschwefel- und der Disulfidschwefelgehalt bestimmt. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Haldenproben deutlich in ihren Gesamtschwefelgehalten unterscheiden (HERTWIG u. a. 2007). Während die Gesamtschwefelgehalte der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz bei maximal 4,07 % liegen, betragen sie in der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau maximal 2,086 % und in der Planitzer Halde maximal 0,97 %. Damit ergeben sich unterschiedliche Frachten der Halden an Sulfat, bzw. Unterschiede bei der Generierung von Säure. Die Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz besitzt damit das höchste Potential zur Versauerung bzw. zur Freisetzung von Sulfat, und die Planitzer Halde in Zwickau das geringste Potential. Dies spiegelt sich auch in den Feldmessdaten der Haldenstandorte sowie in den Labormesswerten der Säulenversuche wider (HERTWIG u. a. 2007, HERTWIG u. a. 2010).

Auch die berechneten theoretischen Pyritgehalte der drei Haldenstandorte zeigen charakteristische Unterschiede (Abb. 10). Die höchsten Pyritgehalte wurden in den Proben aus der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz mit 4,35 % analysiert, während die Gehalte in den anderen beiden Halden mit etwa 40 % dieser Werte wesentlich niedriger liegen (vgl. Abb. 10). In der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau wurden dabei maximal 1,62 % theoretischer Pyritgehalt ermittelt, in der Planitzer Halde maximal 1,76 % theoretischer Pyritgehalt (Abb. 10). Damit liegen die maximalen Gehalte dieser beiden Halden etwa gleich, was aus den hohen Umsätzen in der thermisch aktiven Zone der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau bzw. den niedrigen Umsätzen

zen der mineralischen Disulfide in der Planitzer Halde durch die Abdeckung und den Nährstoffeintrag resultiert. Insgesamt sind jedoch in der Planitzer Halde geringere Gehalte an Pyrit messbar als in den anderen beiden Halden (Abb. 10).

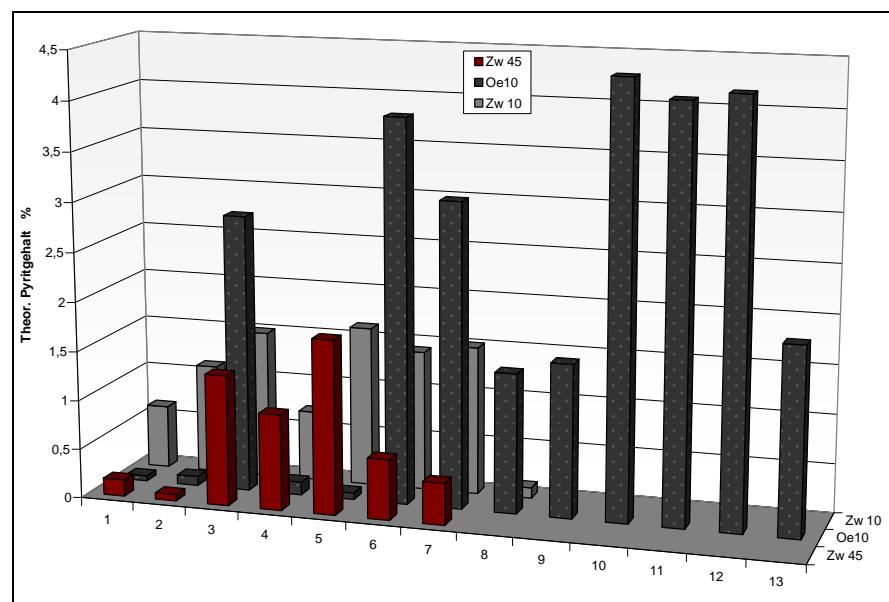


Abb. 10:
Vergleich der berechneten Pyritgehalte von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz (Oe10), der Morgenstern-Schacht-Halde (Zw10) sowie der Planitzer Halde (Zw45) in Zwickau

Der Oxidationsgrad liegt in den gebrannten Proben der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz mit etwa 97-99 % am höchsten, während die gebrannten Proben der anderen Standorte zwar auch für den jeweiligen Standort den höchsten Oxidationsgrad aufwiesen, insgesamt aber nur bei etwa 84,6 % bzw. 69,7 % lagen (Abb. 11). Die Oxidationsgrade der kohligen Proben weisen auf Grund der aktiven thermischen Prozesse in der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau mit 30,72-58,31 % die höchsten Werte aller untersuchten kohlehaltigen Proben auf, während sie in der Planitzer Halde mit 3,14-11,72 % weitaus am niedrigsten liegen (Abb. 11).

Als Ergebnis der hier dargestellten Messungen besteht das höchste Versauerungspotential in der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz, zusammen mit dem Potential der Bildung der höchsten Sulfatfrachten. Diese Ergebnisse stimmen mit den Felddaten sowie den Messwerten der Säulenversuche überein. Das niedrigste Versauerungspotential besteht am Standort der Planitzer Halde, da dort die niedrigsten Gesamtschwefelgehalte vorliegen, und auf Grund der Abdeckung bzw. des Nährstoffeintrages auch nur eine geringe Neigung zur weiteren Oxidation des Materials besteht. In der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau bestehen zwar niedrigere Gehalte an Gesamtschwefel als in der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz, auf Grund der thermisch aktiven Zonen besteht aber ein hoher Stoffumsatz und damit ebenfalls eine hohe Freisetzung an Sulfat und Säure.

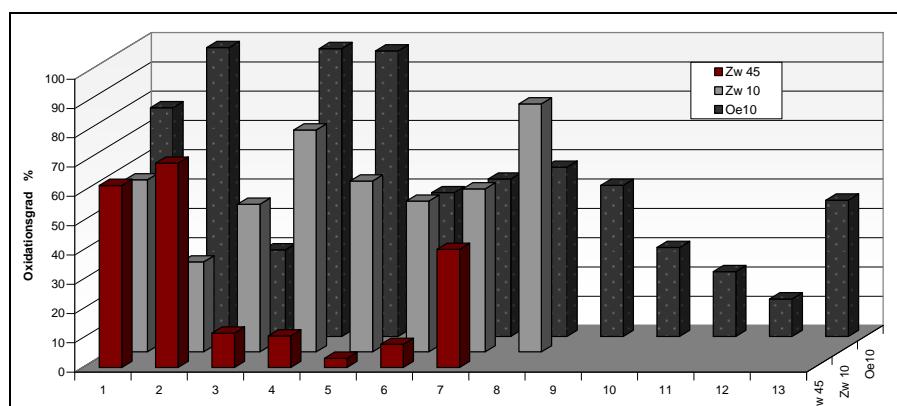


Abb. 11:
Vergleich der berechneten Oxidations- bzw. Verwitterungsgrade von Proben der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau / Oelsnitz (Oe10), der Morgenstern-Schacht-Halde (Zw10) sowie der Planitzer Halde (Zw45) in Zwickau

Auf Grund der sehr hohen Aussagekraft der Ergebnisse aus der Bestimmung der Schwefelmodifikationen der verschiedenen Haldenmaterialien bezüglich der enthaltenen mineralischen Disulfide und des Oxidationsgrades der Schwefelverbindungen für das von diesen Haldenstandorten augenblicklich und in Zukunft ausgehende Gefährdungspotenzial wurde diese Analytik in die Liste der zu bestimmenden Parameter für Haldenproben in das Branchenblatt „Steinkohlenhalden“ aufgenommen (FRENZEL u. a. 2009).

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen der Standorte

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz“ sollte unter dem Schwerpunkt „Klärung des Prozessverständnisses“ auch der Einfluss mikrobieller Prozesse auf die Migrationsfähigkeit der Schadstoffkomponenten untersucht werden. Dabei sollte eine Quantifizierung ausgewählter, in den verschiedenen Modellhalden vorkommenden schwefel- und eisenoxidierenden Bakterien erfolgen (hier „böse Bakterien“), die die Schadstoffmobilisierung verursachen können. Auch die Quantifizierung von reduzierenden Bakterien, die eine Schadstoffimmobilisierung verursachen können (hier „gute Bakterien“), sollte durchgeführt werden (HERTWIG u. a. 2007).

Die Wirkung von schwefel- und eisenoxidierenden bzw. sulfat- und eisenreduzierenden Bakterien soll hier im Folgenden kurz erläutert werden.

Schwefel- und eisenoxidierende Bakterien

Schwefel- und eisenoxidierende Bakterien führen bei stärkerer Aktivität zu einer Versauerung (Produktion von H^+), Erhöhung der Salinität (v. a. durch die Freisetzung von Sulfat) und einer Freisetzung von Schwermetallen aus sulfid- bzw. disulfidhaltigem Substrat. Dies soll hier anhand der chemischen Bruttogleichung des Stoffumsatzes des Bakterienstamms *Thiobacillus denitrificans* dargestellt werden:



Thiobacillus denitrificans kann dabei anstelle des hier formulierten H_2S auch mineralische Diulfide wie z. B. das in den Haldenmaterialien enthaltene Pyrit oder andere Schwermetallsulfide (ZnS , NiS usw.) nutzen. Als Kohlenstoff-Quelle dient hier CO_2 (autotrophe Lebensweise, analog den Pflanzen; hier allerdings Nutzung chemischer an Stelle von Lichtenergie).

Die Freisetzung der Schwermetalle aus dem Haldenmaterial durch biogeochemische Prozesse kann also auf 2 grundlegenden Wegen erfolgen:

- durch saure Elution mit den mikrobiell generierten H^+ -Ionen
- durch mikrobielle Oxidation der mineralischen Sulfide und damit Freisetzung bisher unlöslicher Metallanteile.

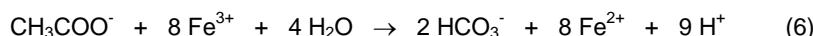
Sulfat- und eisenreduzierende Bakterien

Die hier untersuchten sulfat- und eisenreduzierenden Bakterien senken durch ihre metabolischen Prozesse das Redoxpotential in ihrer Umgebung ab und vermindern die Salinität (v. a. über den Verbrauch von Sulfat und anderen Makronährstoffen). Die sulfatreduzierenden Bakterien heben außerdem den pH-Wert an und fällen Metalle als Sulfide. Durch den Anstieg des pH-Wertes (über die Bildung von Hydrogencarbonat), die Verminderung des Redoxpotentials und die Fällung der Schwermetalle v. a. als Sulfide kommt es zu einer Immobilisierung der im Haldenmaterial enthaltenen Schwermetalle (daher „gute Bakterien“). Die chemische Bruttogleichung für die mikrobielle Sulfatreduktion ist:



Bei dieser Reaktion wird organische Substanz benötigt; zu den sulfatreduzierenden Mikroorganismengattungen zählen z. B. *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Desulfobulbus* und *Desulfobacter*, wobei einige dieser Mikroorganismen auch zur autotrophen Sulfatreduktion (mit H_2) fähig sind.

Die Bruttogleichung für die mikrobielle Eisenreduktion ist:



Zur mikrobiellen Eisenreduktion sind vor allem die Gattungen *Geobacter*, *Geospirillum* und *Shewanella* befähigt. Auch eine Reduktion von Mn(IV), Se- und As- Verbindungen ist durch diese Mikroorganismengruppe möglich.

Durch eine Quantifizierung ausgewählter Mikroorganismengruppen an den einzelnen Haldenstandorten und deren Vergleich sollte eine Einschätzung des biogeochemischen Mobilisierungs- bzw. Immobilisierungspotentials vorgenommen werden.

Probenahme an den Haldenstandorten

Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden an den Haldenstandorten parallel sowohl aerobe als auch anaerobe (unter Luftausschluss) Proben unter sterilen Bedingungen sowohl vom Haldenmaterial verschiedener Teufen (Kernbohrungen) als auch von Sickerwasser, Grund- und Oberflächenwasser sowie von Sedimenten, soweit vorhanden, genommen. Die anaeroben Probengefäße wurden in einem anaerobisierten Behälter transportiert und im Labor in einer Anaerobkammer weiter untersucht.

Im Rahmen dieser Arbeiten wurden insgesamt 22 Feststoffproben von verschiedenen Haldenstandorten aus verschiedenen Probenahmestellen und Teufen entnommen, weiterhin 13 Grundwasserproben von verschiedenen Standorten, 9 Sickerwasserproben, 5 Oberflächenwasserproben sowie 6 Sedimentproben von Oberflächenwässern und von Sickerwasseraustritten, soweit diese entnehmbar waren.

Mikrobiologische Untersuchungsmethoden zur Quantifizierung der Bakterien

Als schwefel- und eisenoxidierende Bakterien wurde hier v. a. *Thiobacillus denitrificans* untersucht, da an den untersuchten Standorten schwach bis moderat saure pH-Werte vorliegen, bei denen noch kein wesentliches Wachstum von *Acidithiobacillen* (pH-Optimum 2) erfolgt. Weiterhin schien an allen Standorten eine hinreichende Versorgung der Bakterien mit Nitrat gegeben (Wässer aus der Landwirtschaft, Sickerwässer aus Kleingartenanlagen, Abwässer, atmosphärische Depositionen).

Die Quantifizierung von *Thiobacillus denitrificans* erfolgte auf Mikrotiterplatten in einer nitrathaltigen Mineralsalzlösung. Eine erfolgte Nitratreduktion durch die Bakterien wurde durch einen colorimetrischen Test zum Versuchsende angezeigt (Abb. 12). Bei diesen quantitativen Nachweisverfahren (sog. MPN-Tests = Most Probable Number) werden pro Probe 96 Einzeltests durchgeführt, dabei je 10 Paralleltests in jeweils 8 Verdünnungsstufen, sowie entsprechende Blindproben zur Qualitätssicherung. Für alle in diesem Forschungsvorhaben mikrobiologisch untersuchten Proben wurden also im Rahmen aller durchgeführten MPN-Tests mehr als 16.000 Einzeltests durchgeführt.



Abb. 12:
Nachweis von *Thiobacillus denitrificans* auf Mikrotiterplatten (MPN-Methode)

Die sulfatreduzierenden Bakterien wurden über einen MPN-Test quantifiziert, bei dem unter anaeroben Bedingungen eine mikrobielle Sulfatreduktion in einer Mineralsalzlösung unter geringer Zugabe organischer Nährstoffe stattfindet (siehe Gleichung (5)). Das dabei gebildete Sulfid reagiert mit Fe^{2+} -Ionen und bildet schwarzes, unlösliches Eisensulfid (Abb. 13), das als positives Testergebnis gewertet wird.

Bei der mikrobiellen Eisenreduktion wird $\text{Fe}(\text{III})$ in einer Mineralsalzlösung unter geringer Zugabe organischer Nährstoffe durch die entsprechenden Bakterien zu Fe^{2+} reduziert (siehe Gleichung (6)), das zum Versuchsende colorimetrisch nachgewiesen wird.

Von allen Proben wurde auch eine Bestimmung von koloniebildenden Einheiten (KbE) als Indikator für die allgemeine mikrobielle Besiedlung der Proben durch die Ermittlung der Lebendkeimzahlen von aeroben heterotrophen Mikroorganismen durchgeführt. Damit wurden insgesamt 55 Proben auf allgemein vorkommende aerobe Mikroorganismen untersucht. Zur allgemeinen mikrobiologischen Charakterisierung wurden dabei jeweils 2 Paralleltests in 7 Verdünnungsstufen auf Agarplatten durchgeführt (Abb. 14).

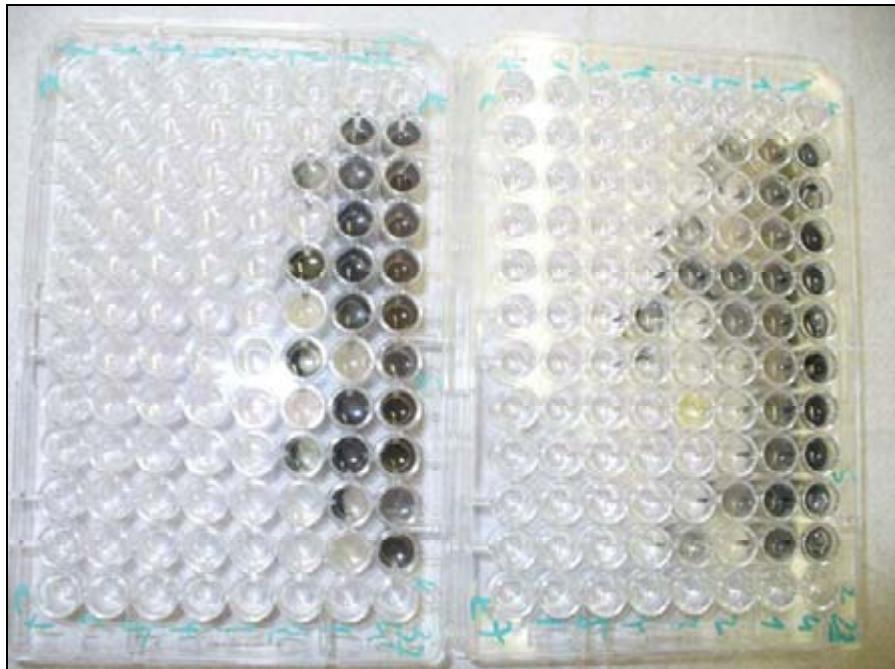


Abb. 13:
Bestimmung sulfatreduzierender Mikroorganismen auf Mikrotiterplatten (MPN- Methode)



Abb. 14:
Allgemeine Bestimmung koloniebildender Einheiten auf Agarplatten

Ein Überblick über die Ergebnisse dieser Untersuchungen soll im den folgenden Abschnitten gegeben werden. Eine ausführliche Darstellung der vielen Ergebnisse ist im Abschlußbericht „Gefährdungspotenzial Steinkohlenhalden Zwickau/Oelsnitz“ nachlesbar (HERTWIG u. a. 2007).

Ergebnisse der Untersuchungen auf *Thiobacillus denitrificans*

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Quantifizierung von *Thiobacillus denitrificans* in den Haldenproben aller 3 Standorte ist in Abb. 16 dargestellt. In den oberen Bodenschichten wurden stets hohe Keimzahlen (MPN) von *Thiobacillus denitrificans* nachgewiesen, vermutlich durch das gute Nährstoffangebot an der Bodenoberfläche (Abb. 15). Die Keimzahlen von *T. denitrificans* nehmen mit zunehmender Tiefe ab, bedingt durch ein geringeres Nährstoffangebot (vermutlich ist Nitrat limitierend) sowie die Filterwirkung des Bodens (Abb. 15). Mit der Nähe bzw. Erreichen des Grundwassers steigen die Keimzahlen wieder an, da im Grundwasserbereich ein Nährstofftransport und damit eine bessere Versorgung der Mikroorganismen erfolgt. Ein ähnlicher Effekt wurde an verschiedenen Standorten (z. B. Zwickau Halde 45, B1/06 im Grundwasserbereich, Abb. 15) sowie für viele andere Mikroorganismengruppen beobachtet.

Thiobacillus denitrificans wurde in allen untersuchten Haldenmaterialien in moderaten bis erhöhten Keimzahlen festgestellt (Abb. 15), mit Ausnahme der thermisch aktiven Proben aus der Morgenstern III-Schacht-Halde in Zwickau, in denen das obere Temperaturlimit für diese Bakterien weit überschritten war. Auch in den Feststoffproben der Planitzer Halde in Zwickau kommen diese Bakterien in moderater Anzahl vor, vermutlich auf Grund des günstigen Nährstoffangebotes aus den Kleingärten (Nitrat).

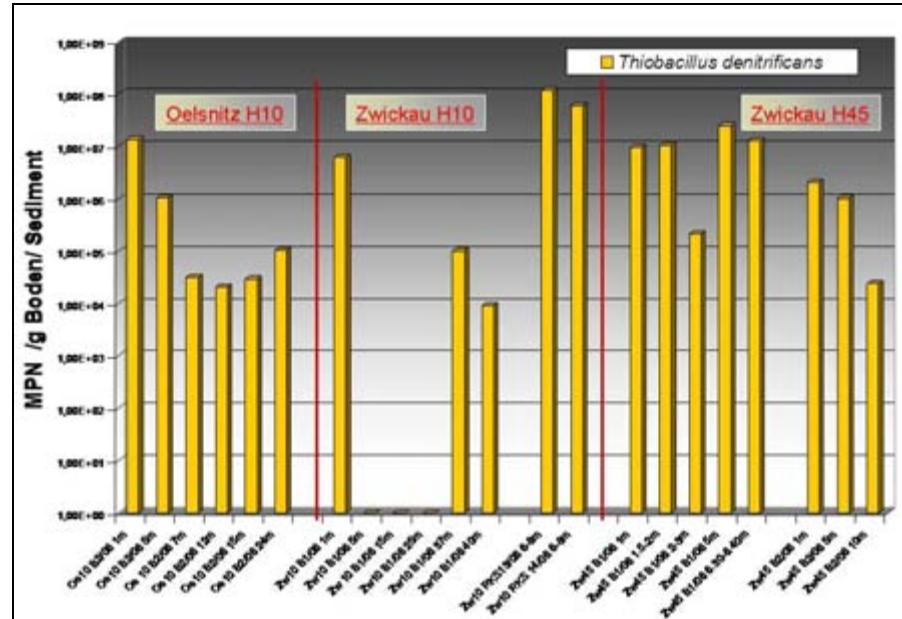


Abb. 15:
Übersicht über die Keimzahlen für
Thiobacillus denitrificans in Fest-
**stoffproben der verschiedenen Hal-
denstandorte (MPN-Methode; je 80**
**Einzelbestimmungen und 16 Kontroll-
tests pro Probe)**

In Abb. 16 ist ein Überblick über die ermittelten Keimzahlen (MPN) für *Thiobacillus denitrificans* in den genommenen Wasserproben (Grund-, Oberflächen- und Sickerwässer) dargestellt. *Thiobacillus denitrificans* kommt in den Wasserproben von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz in moderaten Zahlen im Vergleich zu den anderen Haldenstandorten vor; die höchsten Keimzahlen wurden hier im Grundwasser zu $1,06 \cdot 10^7$ Keime/ml Grundwasser bestimmt (Abb. 16). In der Tendenz enthalten die Grundwässer generell die höchsten Keimzahlen an *Thiobacillus denitrificans*, während saure Sickerwässer oder sauerstoffhaltigere Oberflächenwässer geringere Keimzahlen enthalten (Abb. 16). Eine Erklärung für die geringeren Keimzahlen in diesen Proben von der Vertrauen-Schacht-Halde könnten u. a. zu hohe Redoxpotentiale in den Sicker- und Oberflächenwässern sein. Die Grundwässer besitzen dagegen ein moderates Redoxpotential und enthalten Nitrat als wichtigen Nährstoff.

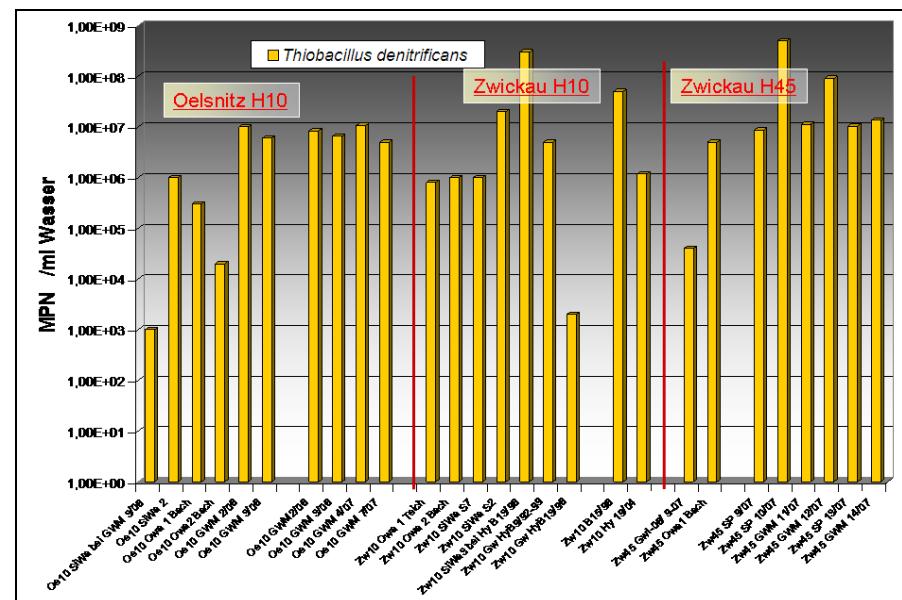


Abb. 16:
Übersicht über die Keimzahlen für
Thiobacillus denitrificans in den ver-
schiedenen Wasserproben (MPN-
Methode; je 80 Einzelbestimmungen
und 16 Kontrolltests pro Probe)

Die höchsten Keimzahlen für *Thiobacillus denitrificans* an den Haldenstandorten wurden in nährstoffreichen Sickerwässern (Morgenstern-Schacht-Halde und Planitzer Halde in Zwickau) gefunden (Abb. 16). Die relativ hohen Keimzahlen an *Thiobacillus denitrificans* im Grund- und Sickerwasserbereich der Planitzer Halde werden sowohl mit der Düngung durch die Kleingärten (Nitratquelle) als auch durch bestehende Sickergruben in den Kleingärten, die einen zusätzlichen Zulauf von Nährstoffen darstellen, erklärt. Die hohen Keimzahlen am Standort der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau sind wahrscheinlich auf den Einfluss nährstoffreicher Deponiesickerwässer zurückzuführen. Der Einfluss des Transportes nährstoffreicher Wässer aus dem Deponiebereich ist auch noch an den Grundwassermessstellen Hy B9/92-99 und B15/96 durch erhöhte Keimzahlen nachweisbar (Abb. 16).

Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurde festgestellt, dass *Thiobacillus denitrificans*, ein Bakterium, das sowohl Pyrit als auch andere reduzierte Schwefelverbindungen unter Nitratreduktion oxidieren kann, an allen untersuchten Standorten stark verbreitet ist. Diese Bakterien kommen v. a. an Standorten mit moderat saurem pH-Wert vor (pH 3-6) und tragen durch ihre Mineraloxidation zur Entstehung und Mobilisierung von Sulfat, zu einer Absenkung des pH-Wertes sowie zur Mobilisierung von Schwermetallen bei.

Durch Probenahme verschiedener Haldenmaterialien (Kernbohrungen), aus Grund-, Oberflächen- und Sickerwässern und deren Sedimenten wurde festgestellt, dass die *Thiobacillen* nicht nur in den Haldenkörpern selbst vorkommen, sondern auch in den entsprechenden Wasser- und Sedimentproben. Besonders viele dieser *Thiobacillen* kommen an Standorten mit Nitrateintrag vor, z. B. in Grund- und Sickerwässern und den Sedimenten. Ein Nitrateintrag wird durch die Landwirtschaft bzw. gärtnerische Nutzung, aber auch durch atmosphärischen Eintrag verursacht.

Ergebnisse der Untersuchungen auf sulfatreduzierende Mikroorganismen

Abb. 17 zeigt die Ergebnisse der Quantifizierung sulfatreduzierender Mikroorganismen an den verschiedenen Haldenstandorten. In den Keimzahlbestimmungen für Sulfatreduzierer im Haldenmaterial der Vertrauen-Schacht-Halde Lugau/Oelsnitz wurde zwar ein Wachstum von Mikroorganismen beobachtet, es trat jedoch keine vollständige Reaktion der Sulfatreduktion (siehe Gleichung (5)) ein, die zu einer finalen Schwarzfärbung der einzelnen Tests durch die Bildung von Eisensulfid führt. Offensichtlich liegen die pH-Werte der Haldenmaterialien hier bereits so niedrig, dass keine vollständige Sulfatreduktion mehr stattfindet. Es wird vermutet, dass es hier nur zu einer Polysulfidbildung kommt. Die Ergebnisse der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz sind daher in Abb. 17 nicht mit dargestellt.

In der Halde 10 des Standortes Zwickau wurden Sulfatreduzierer im Oberflächenmaterial der Halde sowie in 37 m Teufe nachgewiesen. In den dazwischen liegenden Schichten von 5 m bis 25 m Teufe wurden auf Grund der hohen Temperaturen keine Sulfatreduzierer detektiert. In 37 m Teufe ist die Anzahl der Sulfatreduzierer mit $1 \cdot 10^7$ /g Haldenmaterial sogar relativ hoch, was mit perkolierenden Nährstoffen aus dem Deponiebereich erklärt wird. In den Kohleschlamm in der Halde 10 in Zwickau (RKS 13/06) wurden in 6-8 m Tiefe die höchsten Keimzahlen mit $3 \cdot 10^8$ Keimen/g Schlamm bestimmt (Abb. 17); diese hohen Keimzahlen gehören zu den höchsten Keimzahlen, die überhaupt für Sulfatreduzierer an allen 3 Haldenstandorten gefunden wurden. Es wird vermutet, dass nährstoffreiche Sickerwässer aus dem Deponiebereich den Bereich der Kohleschlämme durchdringen und so günstige Bedingungen für das Wachstum der Sulfatreduzierer bieten.

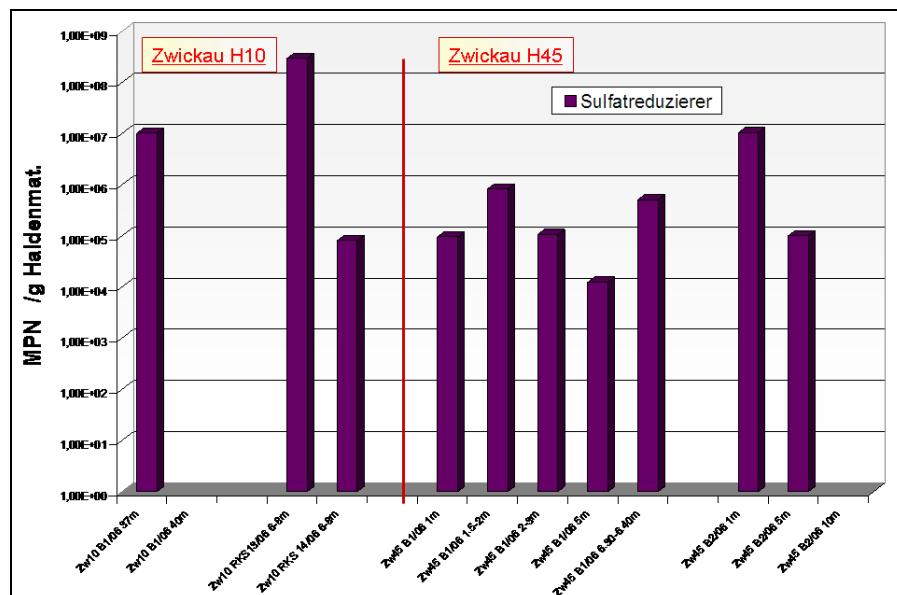


Abb. 17:
Übersicht über die Keimzahlen für sulfatreduzierende Mikroorganismen in Feststoffmaterial an den verschiedenen Haldenstandorten (MPN-Methode; je 80 Einzelbestimmungen und 16 Kontrolltests pro Probe)

In den oberen Bodenschichten der Planitzer Halde in Zwickau wurden wieder die jeweils höchsten Zahlen an Sulfatreduzierern an diesem Standort ermittelt (Abb. 17), da hier das höchste Nährstoffangebot, vermutlich aus den Kleingärten, existiert. Die Gesamtzahl an Sulfatreduzierern liegt in den Haldenproben in einem moderaten Bereich, was vor allem durch die gute Nährstoffversorgung über die Kleingärten und die Sickergruben erklärbar ist. Dadurch, sowie durch die allgemein guten Umgebungsbedingungen (moderate pH-Werte, relativ geringe mobile Schadstoffbelastung) wurde in den Haldenproben von Zw45 allgemein das beste Wachstum der Sulfatreduzierer in allen hier untersuchten Haldenproben gefunden.

In Abb. 18 sind die Ergebnisse der Untersuchung der Wasserproben (Grund-, Oberflächen-, Sickerwässer) von allen 3 Haldenstandorten dargestellt.

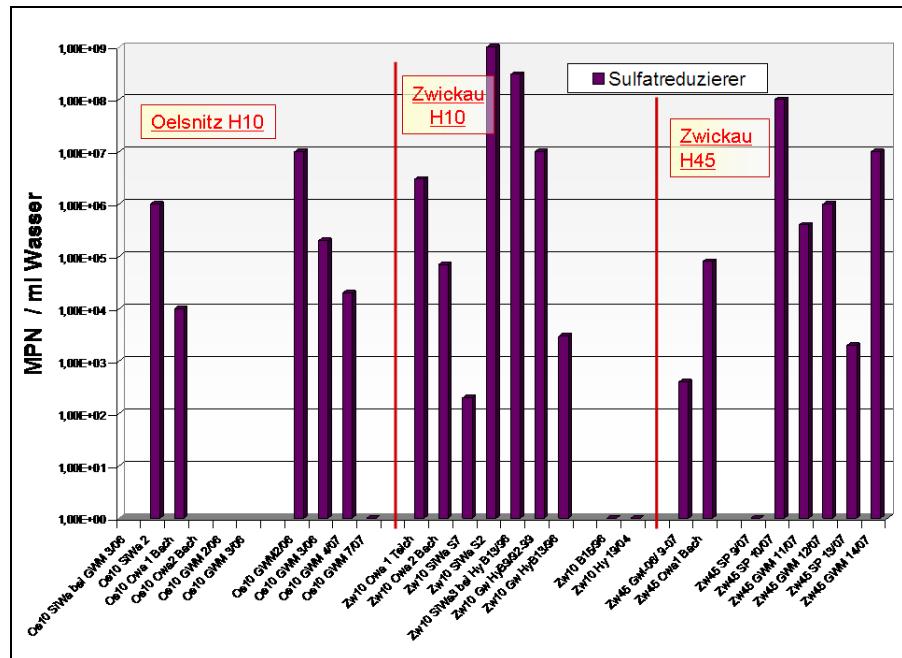


Abb. 18:
Übersicht über die Keimzahlen für sulfatreduzierende Mikroorganismen in den Wasserproben von den verschiedenen Haldenstandorten (MPN-Methode; je 80 Einzelbestimmungen und 16 Kontrolltests pro Probe)

Die Quantifizierung der Sulfatreduzenten zeigt, dass hier vor allem im Bereich der Haldensickerwässer eine verstärkte Hemmung der mikrobiellen Sulfatreduktion stattfinden kann (niedriger pH, Schwermetalle, erhöhte Salzgehalte). Darauf weist z. B. das Fehlen einer vollständigen Sulfatreduktion an der Sickerwasseraustrittsstelle neben GWM 3/06 der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz hin (Abb. 18). In der Probe der Grundwassermessstelle Oe10 GWM7/07 dieses Standortes (besonders starke Versauerung) wurde überhaupt kein Wachstum von Sulfatreduzenten beobachtet. Auch am Standort der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau wurde in Grundwässern mit Zustrom von Haldensickerwässern keine vollständige Sulfatreduktion festgestellt (Abb. 18). Die Wässer besaßen erhöhte Leitfähigkeiten. In den chemischen Analysen der beiden Wässer wurden erhöhte Konzentrationen an Zn, Ni und Cd festgestellt. An der Planitzer Halde in Zwickau wurde in einigen Sickerwässern ebenfalls nur eine verminderte bzw. keine vollständige Sulfatreduktion mehr beobachtet (Zw45 SP 9/07).

Die höchsten Zahlen an Sulfatreduzierern wurden im deponiebeeinflussten Bereich der Halde 10 in Zwickau gefunden (Abb. 18), was sicher durch den Zulauf nährstoffreicher Sickerwässer mit niedrigem Redoxpotential und neutralem pH aus dem Deponiebereich erklärbar ist. So wurden die höchsten Keimzahlen im Sickerwasser gefunden, das durch die Deponie beeinflusst ist (Sickerwassermessstelle S2), sowie in Proben aus den abgelagerten Kohleschlammern aus 6-8m Teufe (RKS 13/06), die vermutlich auch durch nährstoffreiche Sickerwässer aus dem Deponiebereich penetriert werden. Auch stehende Sickerwässer mit nährstoffreichem Detritus enthalten hohe Keimzahlen an Sulfatreduzierenden.

Im Bereich der Planitzer Halde in Zwickau wurden ebenfalls Proben mit erhöhten Zahlen an Sulfatreduzenten identifiziert. In diesem Bereich existieren zwei nährstoffreiche Zuflüsse für die Sulfatreduzierer, ein vertikaler Zulauf über die Sickergruben in den Kleingärten und ein horizontaler Zulauf im Untergrund durch den Planitzbach. So wurden an der Sickerwassermessstelle SP10/07 (Einfluss der Sickergruben) 1×10^8 Keime/ml Wasserprobe gefunden, in der Grundwassermessstelle GWM 14/07 (Zustrom Planitzbach) 1×10^7 Keime/ml Wasser (Abb. 18).

Insgesamt kann also festgestellt werden, dass die mikrobielle Sulfatreduktion an den untersuchten Haldenstandorten durch einen Zustrom von Haldensickerwässern (niedriger pH, erhöhte Schwermetall- und Salzfrachten) gehemmt wird. Ein Zustrom nährstoffreicher Wässer, wie im Deponiebereich der Morgenstern-Schacht-Halde oder durch die Kleingärten im Bereich der Planitzer Halde in Zwickau, führt zu erhöhten Keimzahlen an Sulfatreduzenten und somit zu einer Stabilisierung der Haldenbereiche.

Allgemeine Umweltbedingungen an den Haldenstandorten und Mikroorganismenzahlen

Abb. 19 zeigt einen vergleichenden Überblick über alle quantifizierten Mikroorganismen in den Feststoff-, Sediment und Wasserproben am Beispiel des Standortes der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz. Mit einer solchen Gesamtübersicht ist es schließlich möglich, das Verhältnis der verschiedenen Bakteriengruppen (d. h. hier also „böse“ und „gute“) an einem bestimmten Standort zu visualisieren, und daraus entsprechende Schlussfolgerungen für die Aktivität der einzelnen Bakteriengruppen und das daraus resultierende Gefährdungspotenzial bzw. Möglichkeiten und Grenzen einer Sanierung abzuleiten.

In Abb. 19 ist zu erkennen, dass *Thiobacillus denitrificans* einen der dominierenden Mikroorganismenstämme in 57 % aller genommenen Proben an diesem Standort darstellt (Abb. 19). Diese Dominanz betrifft vor allem die Halden- und Sedimentproben, während in den Sickerwasser- und Grundwasserproben auf Grund der unterschiedlichen vorkommenden Nährstoffe auch andere Mikroorganismengruppen wie Sulfat- und Eisenreduzierer eine wichtige Rolle spielen bzw. hemmende Umweltbedingungen (niedriger pH-Wert, hohes Redoxpotential) deren Wachstum vermindern (siehe Sickerwasser an der GWM3/06, Abb. 19).

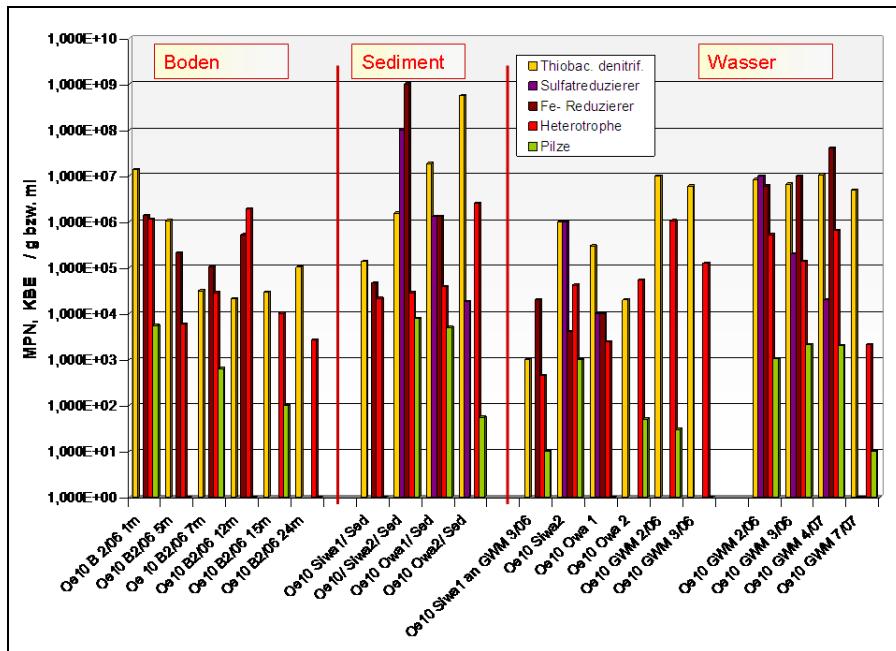


Abb. 19:

Übersicht über die Keimzahlen für die verschiedenen untersuchten Mikroorganismengruppen in den Proben von der Vertrauen-Schacht-Halde Lugau/Oelsnitz (MPN- und KbE-Methoden)

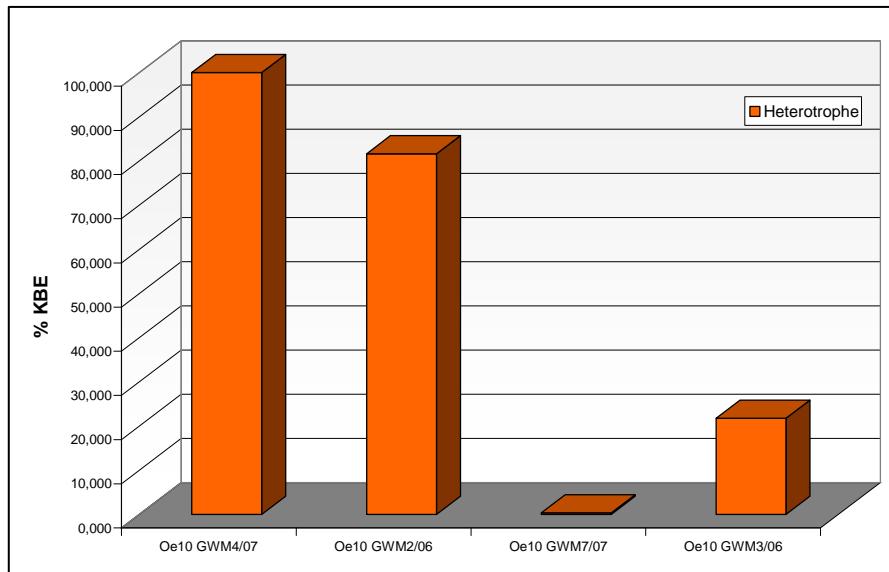


Abb. 20:

Prozentualer Vergleich der Keimzahlen heterotroper Mikroorganismen (KbE) in den verschiedenen Grundwasserproben von der Vertrauen-Schacht-Halde Lugau/Oelsnitz, Richtung vom Anstrom zum Abfluss der Halde

Die Quantifizierung der aeroben heterotrophen Mikroorganismen (Bakterien und Pilze) erbringt einen Überblick über die allgemeinen Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen an den untersuchten Standorten (vorhandene Nährstoffe, Toxizität). Die heterotrophen Mikroorganismen stellen einen schnellen und sicheren Anzeiger für die Toxizität von Wässern sowie leichte

Temperaturprofile in den Haldenbereichen dar. Die in den Haldenproben nachgewiesenen Mikroorganismen zeigen eine hohe Diversität. Einige der identifizierten Mikroorganismen sind spezifisch für die einzelnen Haldenstandorte.

Ein Beispiel für eine deutliche Anzeige der Toxizität bei aeroben heterotrophen Mikroorganismen soll hier an Grundwasserproben aus dem Bereich der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz dargestellt werden (Abb. 20). Eine Diskussion der Grundwasserqualität und der Aufsalzung bzw. Anreicherung mit Schwermetallen beim Durchströmen des Haldenkörpers an diesem Standort erfolgte bereits in HERTWIG u. a. (2007) und HERTWIG u. a. (2010).

Abb. 21 zeigt noch einmal den entsprechenden W-E-Querschnitt durch den Haldenkörper. Im Zustrom (GWM 4/07) ist das Grundwasser relativ gering belastet, während beim Durchströmen der Halde eine Aufsalzung und Versauerung des Grundwassers erfolgt (GWM 2/06, GWM 7/07). Die höchste Schadstoffbelastung besitzt das Grundwasser an der Messstelle GWM 7/07. Am Haldenfuß strömt seitlich geringer belastetes Wasser zu, so dass das Grundwasser an der Messstelle GWM 3/06 wieder eine geringere Belastung aufweist (Abb. 21). Diese Daten korrelieren sehr gut mit den gemessenen quantitativen Daten für die allgemeinen aeroben heterotrophen Mikroorganismen (Abb. 20). Normiert man die Zahl der Mikroorganismen am Grundwassereintritt in die Halde (GWM 4/07, pH 5,7, LF 0,293 mS/cm) auf 100 %, so wird beim Durchströmen der Halde und damit der Schadstoffaufnahme des Grundwassers die Mikroorganismenzahl bis zur Messstelle GWM 2/06 (pH 4,2, LF 0,622 mS/cm) auf 82 % reduziert, und an der Messstelle GWM 7/07 mit der höchsten Schadstoffkonzentration (pH 4,0, LF 3,96 mS/cm, 170 mg/l Zn, 3,2 mg/l Ni und 1,1 mg/l Cd) sind nur noch 0,33 % der Keimzahlen verglichen mit dem Grundwasser im Anstrom nachweisbar (Abb. 20). An der Messstelle GWM 3/06 mit einem teilweisen Zustrom von geringer belastetem Wasser aus einem nördlichen Seitenstrom sind wieder etwa 22 % der Mikroorganismenzahl im Vergleich zum in die Halde einströmenden Grundwasser detektierbar (Abb. 20). Auch die Diversität (Vielfalt) der einzelnen Mikroorganismenarten nimmt mit zunehmender Belastung des Grundwassers im Haldenkörper dramatisch ab.

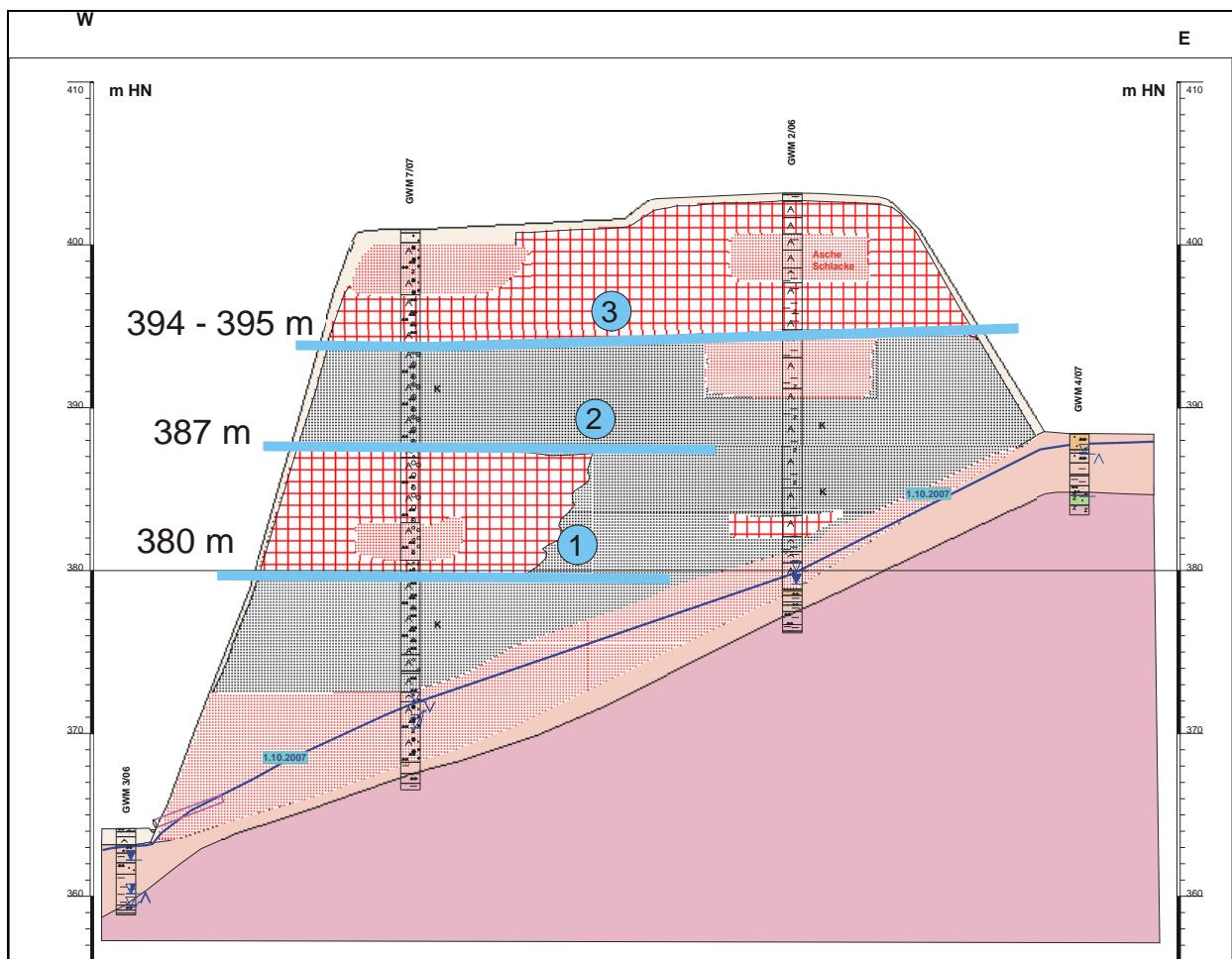


Abb. 21: W-E-Querschnitt der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz mit den entsprechenden Grundwassermessstellen (HERTWIG u. a. 2007, HERTWIG u. a. 2010)

Die Grundwässer der Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau enthalten, verglichen mit den Grundwässern der anderen Standorte, eher geringe Keimzahlen an Heterotrophien. Wahrscheinlich hängt dies mit einem geringeren Redoxpotential der deponiebeeinflussten Grundwässer zusammen. Am Standort der Halde 10 in Zwickau wurden überwiegend andere heterotrophe Mikroorganismen gefunden als am Standort der Vertrauen-Schacht-Halde in Oelsnitz. Hier wurden eher Bakteriengattungen nachgewiesen, die an vielen Standorten verbreitet bzw. typisch für kommunale und landwirtschaftliche Abwässer sind.

Am Standort der Planitzer Halde in Zwickau wurden die höchsten Keimzahlen von allen genommenen Haldenproben sowie von allen genommenen Wasserproben gemessen. Diese hohen Keimzahlen sind erwartungsgemäß auf den vertikalen Zulauf nährstoffreicher Wässer aus den Kleingärten (Düngung, Sickergruben) sowie den horizontalen Zustrom ungeklärter Abwässer zurückzuführen. Die hier gefundenen Mikroorganismen sind z. T. auch Anzeiger für Abwässer. Weiterhin wurden auch Mikroorganismen identifiziert, die in schadstoffreicheren und/oder salineren Umgebungen existieren. Insgesamt zeigt die Untersuchung der heterotrophen Mikroorganismen an diesem Haldenstandort eine geringere Toxizität und eine gute Nährstoffversorgung im Haldenbereich an, was mit den neutralen pH-Werten der Proben und den moderaten Salzbelastungen und Redoxpotentialen korreliert.

Damit ist die Quantifizierung der allgemeinen aeroben heterotrophen Mikroorganismen gut als Anzeiger für die Toxizität der Substrate bzw. Wässer sowie für das Vorliegen günstiger Umweltbedingungen (Nährstoffe, optimale chemisch-physikalische Bedingungen) geeignet.

Schlussfolgerungen für die einzelnen Haldenstandorte

Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz

Die Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz weist von allen hier untersuchten Halden die niedrigsten pH-Werte der Wasserproben und Bodeneluate auf. Der Grad der Versauerung ist an diesem Haldenstandort bereits weit fortgeschritten. Die mikrobielle Sulfatreduktion findet an diesem Standort in vielen Haldenmaterialien und Grundwässern nur noch unvollständig oder gar nicht mehr statt. Nur an Stellen mit ausgeprägtem Detritus wurde eine zufriedenstellende Sulfatreduktion an diesem Standort beobachtet. In der Halde ist ein Überwiegen der oxidierenden Prozesse zu beobachten, vor allem im Haldenmaterial selbst, als auch in den Sedimenten der Gewässer (Sicker- und Oberflächenwässer), was zu einer biogeochemischen Bildung von sauren Wässern, einem Anstieg des Redoxpotentials, der Salinität und schließlich der Konzentration an gelösten Schwermetallen führt. Alle diese Prozesse sind im Haldenbereich zu beobachten und können auch im Säulenversuch nachvollzogen werden. Bei einem weiteren Belassen des derzeitigen Zustandes können diese Prozesse noch über mehrere Jahrhunderte andauern.

Morgenstern-Schacht-Halde in Zwickau

Im Bereich der Halde 10 in Zwickau besteht ein ausgewogenes Verhältnis zwischen oxidierenden und reduzierenden biogeochemischen Prozessen in allen Haldenkompartimenten. Hier ist ein starker Einfluss der Deponiesickerwässer auf die Haldenprozesse zu beobachten. Durch den Nährstoffgehalt kommt es zur Stimulation eisen- und sulfatreduzierender Prozesse, vor allem in Haldenbereichen mit stärkerem Zulauf von Sickerwässern aus dem Deponiebereich. Durch die Schaffung reduktiver Zonen im Einflussbereich der Deponie besitzen die Prozesse der biogeochemischen Eisen- und Schwefelmineraloxidation nur eine untergeordnete Bedeutung. In diesen Bereichen mit einem niedrigen Redoxpotential wird vor allem eine starke Sulfatreduktion beobachtet; an diesem Haldenstandort wurde die höchste Aktivität an Sulfatreduzierern von allen untersuchten Standorten gefunden.

Im Bereich der thermischen Umsetzungen in der Halde sind biologische Prozesse offensichtlich weniger beteiligt. Hier finden vermutlich rein geochemische Prozesse statt. In den Haldenbereichen außerhalb des Deponieeinflusses sowie v. a. in den Grundwasserbereichen außerhalb der Deponiezuläufe (Hy B15/96, Hy B19/04) ist ein stärkeres Überwiegen biooxidierender Prozesse durch den Zulauf von Haldensickerwässern zu beobachten.

Die biogeochemischen Prozesse in der Halde 10 in Zwickau zeigen, dass durch einen verstärkten Einfluss reduktiver Prozesse, verursacht durch nährstoffhaltige Sickerwässer aus dem Deponiebereich, eine Versauerung des gesamten Standortes zurückgedrängt werden kann. In den Haldenbereichen ohne Deponieeinfluss finden jedoch noch oxidative Prozesse unter Schadstofffreisetzung statt.

Planitzer Halde in Zwickau

Auf der Planitzer Halde in Zwickau befinden sich Kleingärten, die zu einem Nährstoffeintrag in die Halde führen. Weiterhin kommt es horizontal zu einem Einströmen abwasserhaltiger Grundwässer. Der Standort besitzt eine Abdeckung mit einer Lehmschicht und Mutterboden.

An diesem Standort sind relativ neutrale pH-Werte zu beobachten, ein moderates Redoxpotential, eine nur geringe Leitfähigkeit der Wässer und sehr geringe Oxidationsgrade des pyritischen Materials (am niedrigsten von allen Standorten).

Vermutlich durch die Sickergruben in den Kleingärten und damit einen Eintrag organischer Substanz überwiegen in den Haldenmaterialien an diesem Standort die reduktiven Prozesse. In allen untersuchten Wasserproben wurde dagegen eher ein Überwiegen der oxidativen Prozesse beobachtet, möglicherweise durch einen erhöhten Nitrateintrag. Die sulfatreduzierenden Mikroorganismen sind an diesem Standort aktiv, jedoch nicht so dominant wie im Bereich der Deponie am Standort der Halde 10 in Zwickau. Das Vorkommen sulfat- und eisenreduzierender Mikroorganismen ist offensichtlich abhängig vom Nährstoffzulauf (Sickergruben, Abwassereinfluss, z. B. SP 10/07, GWM 14/07), einer Hemmung der sulfatreduzierenden Bakterien durch Schadstoffe (z. B. SP 9/07, SP 13/07) oder einem möglichen Nährstoffmangel.

An diesem Standort erfolgt nur eine geringfügige Freisetzung von Schwermetallen und Salzen, und eine Versauerung ist kaum zu beobachten.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist beim Überblick über alle 3 ausgewählten Haldenstandorte festzustellen, dass durch eine Abdeckung eines Haldenkörpers mit Lehm und Mutterboden, wie am Standort der Planitzer Halde in Zwickau, eine langfristige Verminderung der Verwitterungsprozesse und des Schadstoffaustausches erreicht wird. An diesem Standort wurden die geringsten Verwitterungsgrade von mineralischen Disulfiden sowie die geringsten Schadstoffgehalte in den Grund- und Sickerwässern festgestellt. Der pH-Wert an diesem Standort ist fast neutral.

Ein Eintrag organischer Stoffe in den Haldenkörper sowie in die Sicker- und Grundwässer (Halde Zw 10 und in geringerem Maße Zw 45) bewirkt eine Stimulation der mikrobiellen Sulfatreduktion, und damit findet eine Verminderung der Verwitterungsprozesse und des Schadstoffaustausches statt.

An allen Haldenstandorten konnte eine gute Korrelation der gefundenen Mikroorganismen-Populationen mit den chemisch-physikalischen Parametern des jeweiligen Standortes festgestellt werden. Die Mikroorganismen können sehr gut zur Charakterisierung der biogeochemischen Vorgänge in den Halden herangezogen werden und stellen geeignete komplexe Indikatoren der unterschiedlichen Stoffströme (saline und saure Wässer, anorganische und organische Nährstoffe) in den einzelnen Halden dar. Infolge der unterschiedlichen Umweltbedingungen an den verschiedenen Haldenstandorten zeigen die Mikroorganismen eine hohe, standortspezifische Diversität.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die höchste Gefährdung für einen potenziellen Schadstoffaustausch zurzeit von der Vertrauen-Schacht-Halde in Lugau/Oelsnitz ausgeht, die sich in einem fortschreitenden Versauerungsprozess befindet. Dieser langsam verlaufende Prozess kann, wenn die Umweltbedingungen am Haldenstandort nicht verändert werden, noch über Jahrhunderte andauern. Eine Abdeckung der Halde sowie ein stärkerer Eintrag organischer Substanz an diesem Haldenstandort zur Stimulation von biogeochemischen Reduktionsprozessen und folglich einer Erniedrigung des Redoxpotentiales, einem Anstieg des pH-Wertes und damit einer Immobilisierung der Schwermetalle werden auf Grund der vorliegenden Erkenntnisse empfohlen.

Ähnliche Maßnahmen werden auch für die nicht von der Deponie beeinflussten Bereiche der Halde 10 in Zwickau empfohlen, um das Abfließen von Säure, Salzen und gelösten Schwermetallen in das benachbarte Grundwasser im Abstrombereich einzudämmen.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden, zusammen mit weiteren Ergebnissen aus der durchgeführten Forschungsmaßnahme „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz“, sowie Empfehlungen zur Sanierung, in das Branchenblatt „Steinkohlehalden“ (FRENZEL u. a. 2009) aufgenommen.

Literaturverzeichnis

HERTWIG, TH., FRENZEL, M., WILLSCHER, S., KNOBLOCH, A. (2007): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Gefährdungspotential Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz, Arbeitspakete 2 und 3“. - Unveröff. Abschlußbericht Beak GmbH, GUB-Ingenieur AG und TU Dresden, Freiberg/Zwickau/Dresden.

HERTWIG, TH., FRENZEL, M., WILLSCHER, S., NITZSCHE, C. (2006): Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Gefährdungspotential Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz, Arbeitspakete 2 und 3“. - Unveröff. Zwischenbericht Beak GmbH, GUB-IGmbH und TU Dresden, Freiberg/Zwickau/Dresden.

FRENZEL, M., HERTWIG, TH., WILLSCHER, S., SOHR, A. (2009): Branchenblatt Steinkohlebergehalden.

www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/18_Steinkohlehalden.pdf

Bergbaufolgespezifische Kartierung der Standorte, Waldbestände und Vegetation auf der Vertrauensschacht-Halde und der Deutschlandschacht-Halde (NEEF, A.¹)

Einleitung

Das Landschaftsbild im ehemaligen Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz wird wesentlich durch die Bergehalde geprägt. Auf dieser Hinterlassenschaft der ehemaligen Bergbauaktivitäten sind Wälder entstanden, die eine multifunktionale Wirkung ausüben. Frühere Untersuchungen der Halden im Steinkohlerevier Zwickau und Lugau/Oelsnitz mit den Schwerpunkten Standort und Bewuchs erfolgten durch WÜNSCHE (1963). Seit der Einstellung des Bergbaus haben sich Waldökosysteme etabliert und weiterentwickelt. Aus diesem Grund initiierte im Jahr 2006 die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. ein Projekt zur Untersuchung des biologischen Potenzials der Deutschlandschachthalde. In dieser Kartierung wurde ein bisher einzigartiges Spektrum an Daten ermittelt. Die Schüttungen der Deutschlandschachthalde wurden ca. 1970 eingestellt. Es handelt sich im Steinkohlerevier um eine jüngere Halde. Außerdem finden auf dieser Halde bis heute Schwelvorgänge aufgrund des Restkohlegehaltes im Haldenmaterial statt.

Im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsthemas „Gefahrenpotenzials der Steinkohlehalde“ durch das LfULG wurde 2007 der Bewuchs der Vertrauensschachthalde in Lugau untersucht. Dies ist eine seit 1936 stillgelegte Halde und weist aktuell keine Schwelvorgänge mehr auf. Die Untersuchungen hatten das Ziel, Schlussfolgerungen über die weitere Entwicklung des Waldbestandes und weitere forstliche Handlungsmaßnahmen abzuleiten.

Methodik

Um die durchgeführten Untersuchungen auch in einem späteren Monitoring überprüfen und Veränderungen feststellen zu können, wurde über beide Halden ein Probeflächenennet eingerichtet. Die Probeflächen sollten möglichst gleichmäßig über den Haldenkörper und in allen Expositionen verteilt sein. Speziell erfolgte eine Gliederung nach Hanglage (Ober-, Mittel- und Unterhang). Der Mittelpunkt jeder Probefläche wurde mittels GPS in Gauß-Krüger Koordinaten definiert. Um diesen Mittelpunkt erfolgten die notwendigen Aufnahmen in einem Radius von 10 Metern. Eine Probefläche repräsentiert somit eine Haldenfläche von 314 m². Insgesamt wurden auf der Vertrauensschachthalde 30 Probeflächen und auf der Deutschlandschachthalde 60 Probeflächen angelegt.

Auf diesen wurden zunächst alle Pflanzenarten in einer Florenliste erfasst. Zusätzlich wurde das gesamte Arteninventar auch außerhalb der Probeflächen aufgenommen. Zur vegetationskundlichen Auswertung erfolgten auf den Probeflächen Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET in DIERSCHKE (1992). Dabei wird jede Pflanzenart nach ihrem Deckungsgrad und der Individuenzahl in eine Schätzskala eingestuft.

Das Pflanzeninventar wurde anschließend mittels der ökologischen Zeigerwerte nach ELLENBERG u. a. (1992) ausgewertet. Bei dieser Methodik werden die Pflanzen in Hinsicht ihrer Wachstumsansprüche (Zeigerwert) klassifiziert. Es erfolgte eine Auswertung der Lichtzahl, Temperaturzahl, Feuchtezahl, Reaktionszahl, Stickstoffzahl und Kontinentalitätszahl.

Weiter erfolgten auf den Probeflächen waldwachstumskundliche Erhebungen. Dazu wurde auf jeder Probefläche der Stamm-durchmesser in 1,3 m Höhe aller Bäume >7cm BHD mittels Bandmaß gemessen. Außerdem erfolgte eine Höhenmessung jedes Baumes. Um die Möglichkeit einer weiteren Entwicklung aus der vorhandenen natürlichen Verjüngung an Gehölzarten ableiten zu können, wurde auf den Probeflächen die Naturverjüngung nach Art, Stück und Wuchshöhe aufgenommen. Zusätzlich erfolgte an diesen Bäumchen eine Bonitierung des Wildverbiss.

Vergleichende Ergebnisse

Floristische Ergebnisse

Aus der Tab. 1 wird ersichtlich, dass auf der Vertrauensschachthalde die absolute Anzahl vorkommender Pflanzenarten größer ist als auf der Deutschlandschachthalde. Dies zeugt davon, dass die Standorte und Bodenverhältnisse für das Pflanzenwachstum günstiger sind. Auf der Vertrauensschachthalde tauchen zusätzlich Arten auf, die aus den angrenzenden Gartenanlagen stammen. Das Vorkommen dieser anspruchsvollen Gartenpflanzen (z. B. Gewöhnlicher Liguster-Ligustrum vulgare-, Gefleckte

¹ Ingenieurbüro für Forst- und Umweltplanungen Zwickau

Goldnessel-Lamium *galeobdolon* agg.- und Waldmeister-*Galium odoratum*-) weisen auf Böden mit einer sehr guten Nährstoffausstattung hin.

Tab. 1: Anzahl der Pflanzenarten auf den untersuchten Halden

	Anzahl auf der Vertrauensschachthalde	Anzahl auf der Deutschlandschachthalde
Baumarten	22	19
Straucharten	13	7
Kräuter	88	74
Moosarten	7	13
Gesamtanzahl	130	113

Die Auswertung der Vegetationstabellen nach Affinität ergab, dass in den Probeflächen der beiden Halden 57 gemeinsame und 81 unterschiedliche Pflanzenarten vorhanden sind. Daraus errechnet sich ein Gemeinschaftskoeffizient nach SOERENSEN (DIERSCHKE 1992) von 0,41. Es ist somit ein signifikanter Unterschied im Arteninventar zwischen den beiden Halden vorhanden.

Naturschutzfachliche Auswertung der Florenlisten

Die Florenlisten wurden nach Vorkommen von Arten mit einem Schutzstatus in folgenden Kategorien geprüft: Rote Liste Sachsen, Bundesartenschutzverordnung, Rote Liste BRD und Flora-Fauna-Habitat Richtlinie des Rates der EU.

Auf der Deutschlandschachthalde kommen keine Pflanzenarten mit einem Schutzstatus vor. Auf der Vertrauensschachthalde konnte die Breitblättrige Stendelwurz (*Epipactis helleborine*) als eine heimische Orchideenart nachgewiesen werden (Abb. 1). Diese Art wurde in folgende Schutzkategorien eingestuft:

- Rote Liste Sachsen 3 - gefährdet
- Bundesartenschutzverordnung - besonders geschützt, gleichzeitig EU Artenschutzverordnung Anhang B



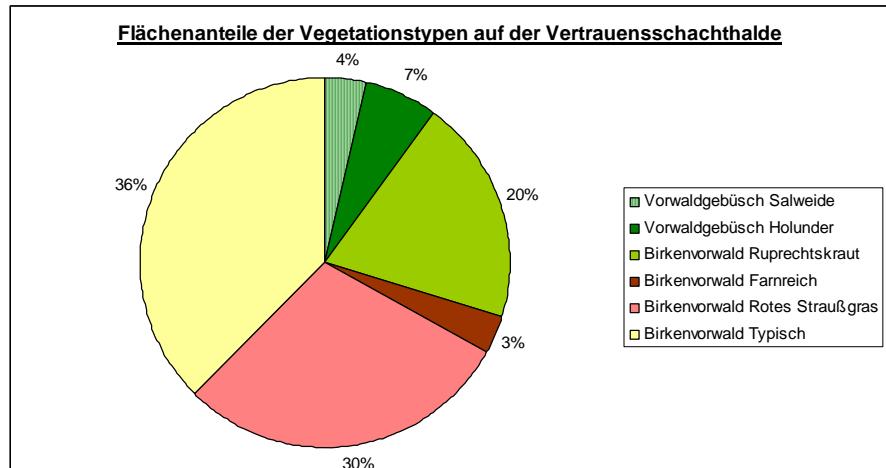
Abb. 1:
Breitblättrige Stendelwurz (*Epipactis helleborine*) auf der Vertrauensschachthalde

Vegetationskundliche Auswertung

Eine Zuordnung der vorkommenden Pflanzengesellschaften in eine pflanzensoziologische Taxonomie war nicht immer eindeutig möglich. Deshalb wurde meist eine Beschreibung anhand charakteristischer Pflanzenarten je nach Standortsökologie vorgenommen. Beim Vergleich der syntaxonomisch geordneten Florenliste wurden bereits wichtige Unterschiede zwischen den beiden Halden ersichtlich. Auf der Deutschlandschachthalde kommen Pflanzenarten aus der Klasse der Nadelwälder (*Vaccinio-Picetea*) vor, die auf der Vertrauensschachthalde fehlen. Hingegen treten dort verstärkt Arten aus dem Verband der Eichen-Hainbuchenwälder (*Carpinion betuli*) auf. Dies wird vor allem durch die mikroklimatischen Unterschiede auf der Halde verursacht, die durch die Form des Haldenkörpers und der Nordausrichtung bewirkt werden. Die Nadelwaldarten deuten auf kühle, feuchte Wuchsbedingungen auf der Deutschlandschachthalde hin, wie sie in höheren Gebirgslagen vorherrschen. Die Deutschlandschachthalde weist einen N-hang (Schatthang) auf, der entsprechende Wuchsbedingungen bietet. Die Vertrauensschachthalde besitzt einen solchen N-hang nicht. Die Ausrichtung der Haldenflanken ist NE, SE, SW und NW. Auf den insgesamt auch kleineren Haldenkörper entwickeln sich keine spezifischen Mikroklima, die die Standortsökologie so stark beeinflussen wie auf

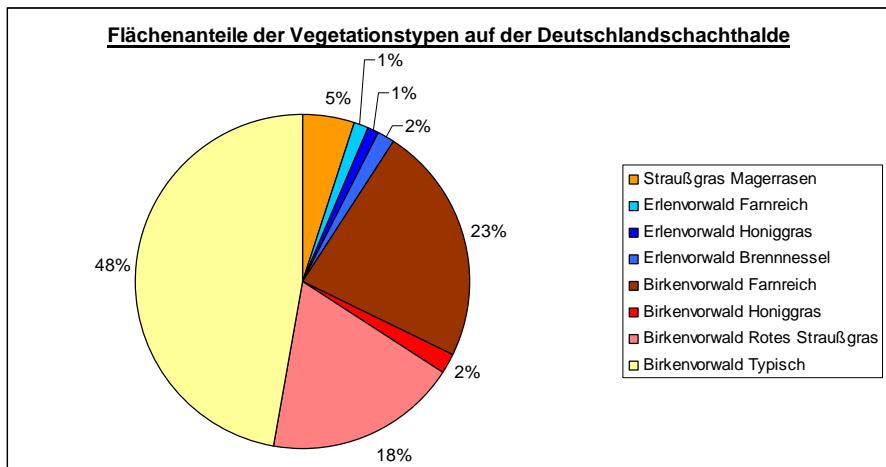
der Deutschlandschachthalde. Diese ausgeglichenen klimatischen Bedingungen bieten günstige Wuchsbedingungen für Arten der Eichen-Hainbuchenwälder. Diese Waldgesellschaft ist typisch für das wärmebegünstigte Tief- und Hügelland mit besser nährstoffversorgten Böden. Die Schlussfolgerungen für die weitere waldbauliche Behandlung sind, dass auf der Deutschlandschachthalde u. a. die Weißtanne (*Abies alba*) gute Wuchsbedingungen vorfindet. Auf der Vertrauensschachthalde müssen die zukünftigen Waldbestände aus Eichenarten und Edellaubbaumarten bestehen.

Abb. 2:
Übersicht der Flächenanteile der Vegetationstypen auf der Vertrauensschachthalde



Im Bereich der mineralischen Nassstandorte kommen auf der Deutschlandschachthalde kleinflächig Pflanzengesellschaften vor, die dem Verband der Auenwälder (*Alno-Ulmion*) zuzuordnen sind. Dies sind vor allem Standorte in Entwässerungsrißsalen, in denen das erodierte Haldenmaterial auenartig angeschwemmt wurde. Hier ist auch zukünftig die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) als Hauptbaumart zu betrachten.

Abb. 3:
Übersicht der Flächenanteile der Vegetationstypen auf der Deutschlandschachthalde



Die schwelenden Bereiche auf der Deutschlandschachthalde haben ein eigenes Arteninventar. Im Straußgras-Magerrasen kommen übergreifend Arten aus der Klasse der Ackerwildkrautfluren (*Stellarietea mediae*) vor. Das Baumwachstum ist begrenzt, so dass forstwirtschaftliche Zielstellungen in diesen Bereichen nicht sinnvoll sind.

Beim Vergleich der Diagramme in den Abb. 2 und 3 wird ersichtlich, dass es Vorwaldgesellschaften gibt, die auf beiden Halden vorkommen sowie weitere, die haldenspezifisch sind. Die Vorwaldgebüsche mit Salweide und Schwarzer Holunder kommen lediglich auf der Vertrauensschachthalde vor. Diese Pflanzengesellschaft deutet auf einen früheren, anthropogenen Stickstoffeintrag hin. Die Haldenbereiche mit etwas besserer Nährstoffversorgung, über geschwemmt Haldenmaterial werden auf der Vertrauensschachthalde vom Birkenvorwald mit Ruprechtskraut und auf der Deutschlandschachthalde vom Birkenvorwald mit Honiggras bewachsen. Die Ausbildung mit Ruprechtskraut deutet auf die noch bessere Nährstoffausstattung des Haldensubstrates hin. Die Erlenvorwälder der auenartigen Standorte und der Straußgras- Magerrasen schwelender Bereiche kommen nur auf der Deutschlandschachthalde vor. Die Verbreitung der einzelnen Pflanzengesellschaften wurde auch in den Abb. 4 und 5 dargestellt:

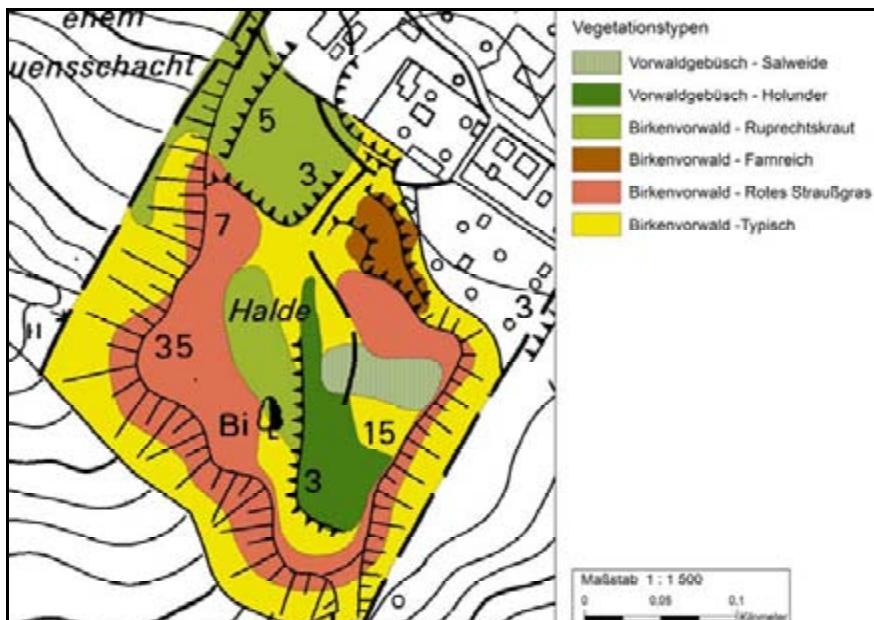


Abb. 4:
Verbreitung der Vegetationstypen auf der Vertrauensschachthalde

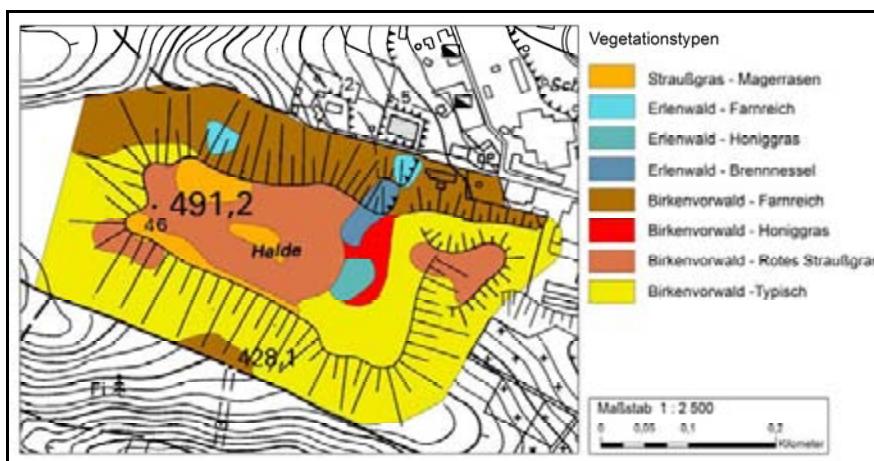


Abb. 5:
Verbreitung der Vegetationstypen auf der Deutschlandschachthalde

Waldwachstumskundliche Ergebnisse

Der Vergleich der Holzvorräte der beiden Halden in den Abb. 6 und 7 ergab, dass die Vertrauensschachthalde in allen Standorten höhere mittlere Holzvorräte aufweist als die Deutschlandschachthalde. Es wurde ein mittlerer Holzvorrat auf der Deutschlandschachthalde von 116 Vorratsfestmeter je Hektar (Vfm/ha) und auf der Vertrauensschachthalde von

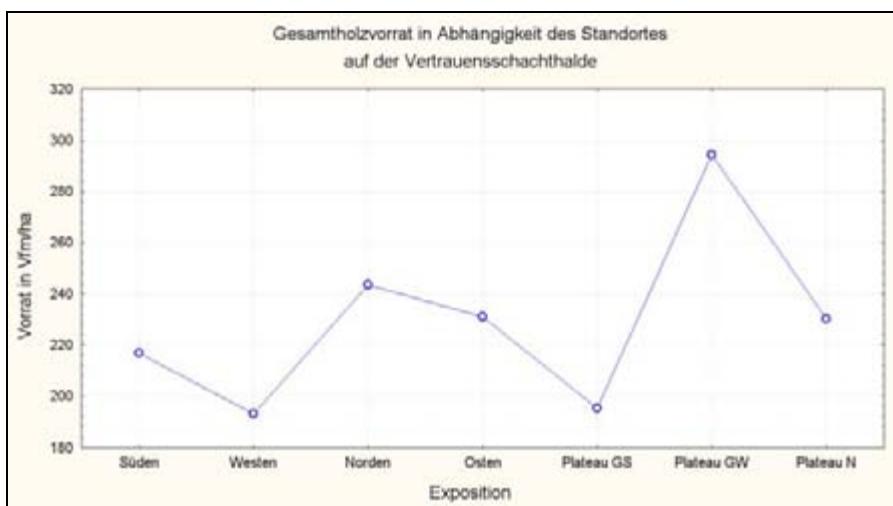


Abb. 6:
Holzvorrat in Abhängigkeit der Exposition und des Haldenmaterials der Vertrauensschachthalde

- Plateau GS: Plateau mit geschüttetem Haldenmaterial
- Plateau GW: Plateau mit geschwemmtem Haldenmaterial
- Plateau N: Plateau mit anthropogenem Stickstoffeintrag

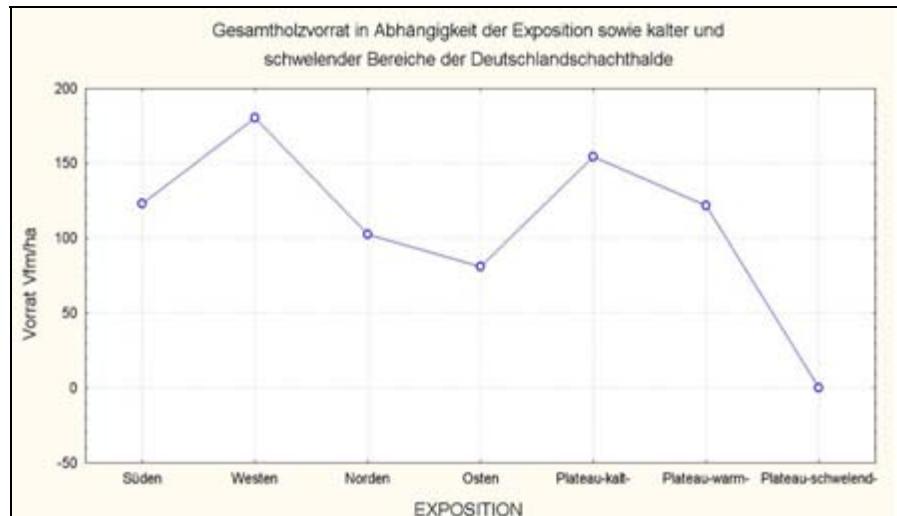


Abb. 7:
Holzvorrat in Abhängigkeit der Exposition und der Schweleinflüsse der Deutschlandschachthalde

Die Abb. 8 und 9 zeigen, dass die Waldbestände auf der Vertrauensschachthalde einen größeren Anteil an Gewöhnlicher Birke aufweisen. Auf der Deutschlandschachthalde sind vor allem auch Schwarzerle und Zitterpappel am Bestandesaufbau beteiligt. Die Robinie und Nadelbaumarten kommen nur auf der Deutschlandschachthalde vor.

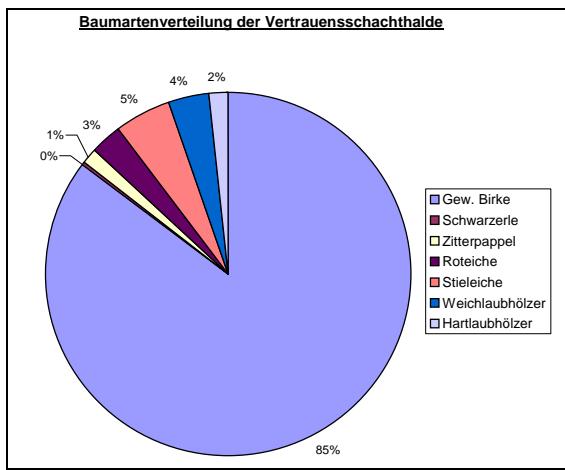


Abb. 8: Aktuelle Baumartenanteile im Oberstand der Waldbestände auf der Vertrauensschachthalde

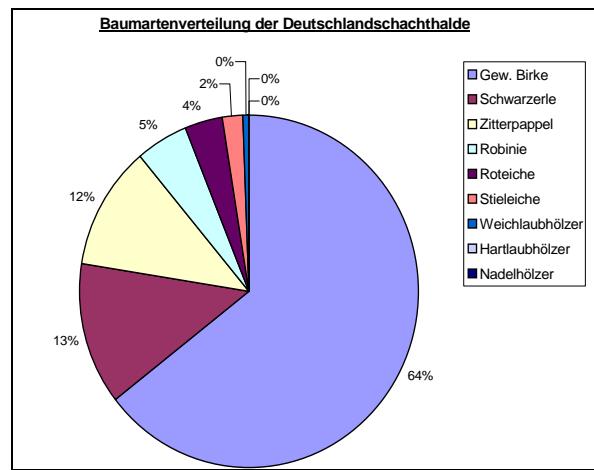


Abb. 9: Aktuelle Baumartenanteile im Oberstand der Waldbestände auf der Deutschlandschachthalde

Ergebnisse aus den Erhebungen der natürlich verjüngten Gehölzarten

Beim Vergleich der Diagramme in den Abb. 10 und 11 wird ersichtlich, dass in der Naturverjüngung der Vertrauensschachthalde anspruchsvolle Edellaubbaumarten (Bergahorn, Gewöhnliche Esche, Vogelkirsche) dominieren. Die Naturverjüngung der Deutschlandschachthalde besteht vor allem aus Rotbuche und Stieleiche. Außerdem kommen auf der Deutschlandschachthalde Nadelbaumarten (Gewöhnliche Waldkiefer, Gewöhnliche Fichte, Weymouthskiefer) vor, die auf der Vertrauensschachthalde fehlen. Hingegen kommt die Hainbuche auf der Vertrauensschachthalde vor. Dies deutet insgesamt darauf, dass aufgrund der bereits beschriebenen unterschiedlichen Standortsbedingungen (Mikroklima) eine unterschiedliche Sukzession der Waldbestände auf den Halden stattfinden wird. Auf der Deutschlandschachthalde zeigt die Naturverjüngung die Tendenz zu einem Rotbuchen-Eichenwald mit montanen Nadelbaumarten wie der Fichte. Die Naturverjüngung der Vertrauensschachthalde zeigt eine Entwicklung zu Eichen-Hainbuchenwäldern mit hohem Edellaubbaumanteil.

Es wurde außerdem für die Vertrauensschachthalde eine vorhandene Verjüngungsdichte von 2420 Bäumchen/ha und für die Deutschlandschachthalde 562 Bäumchen/ha errechnet. Der Wert der Deutschlandschachthalde ist zu gering, um ohne gezielte Maßnahmen ökologisch stabile Waldbestände aufbauen zu können.

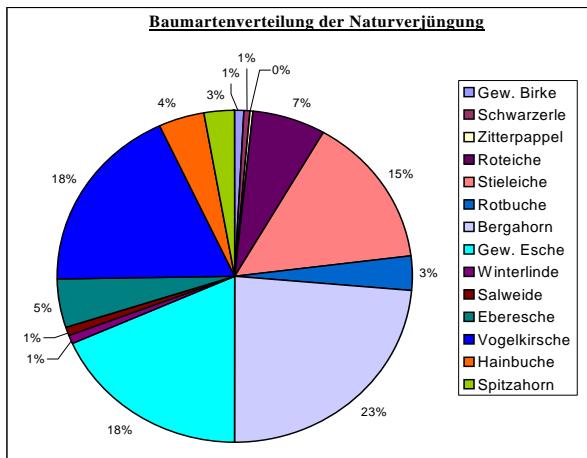


Abb. 10: Übersicht der aktuellen Baumartenanteile der Naturverjüngung der Vertrauensschachthalde

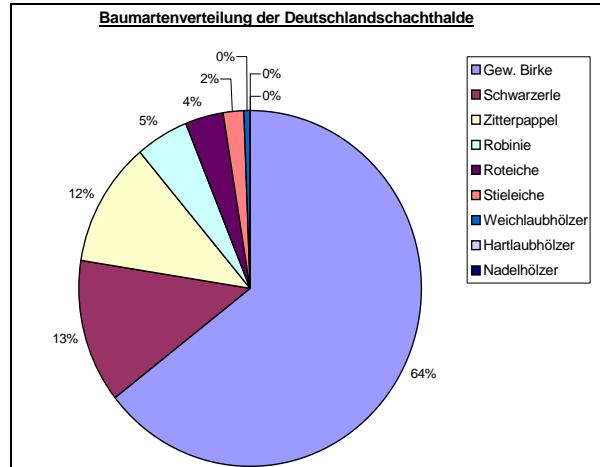


Abb. 11: Übersicht der aktuellen Baumartenanteile der Naturverjüngung der Deutschlandschachthalde

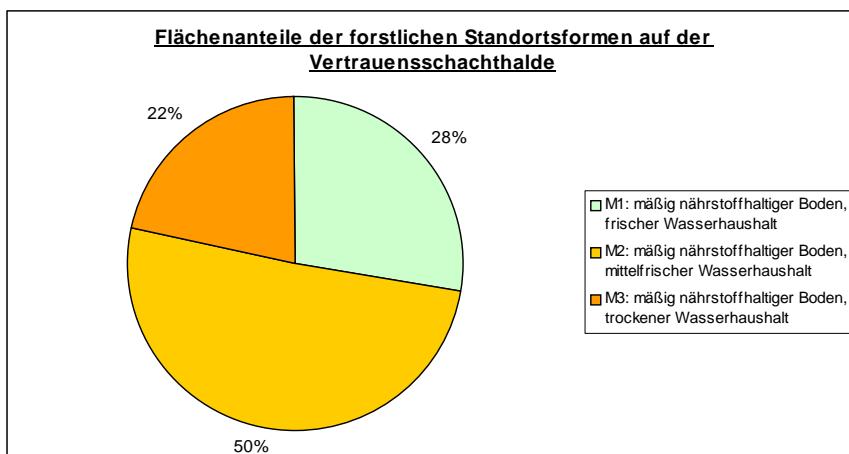


Abb. 12:
Übersicht der Flächenanteile forstlicher Standortsformen der Vertrauensschachthalde

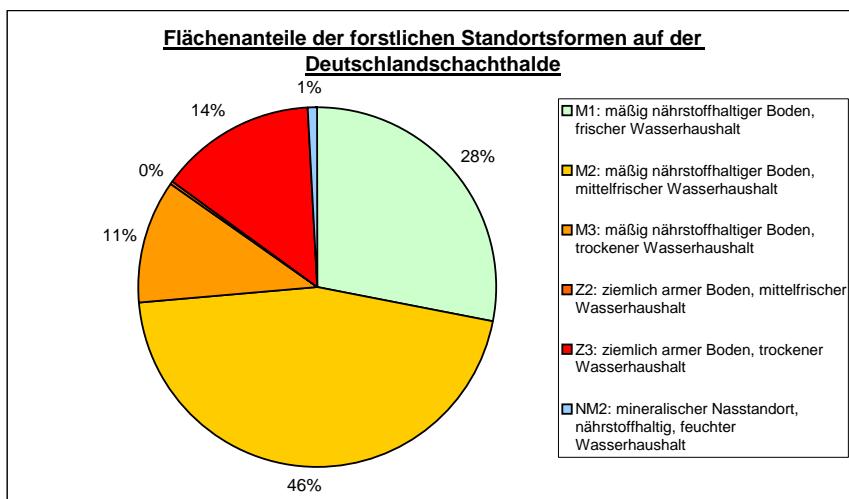


Abb. 13:
Übersicht der Flächenanteile forstlicher Standortsformen der Deutschlandschachthalde

Forstliche Standortkartierung

Wie in den Abb. 12 und 13 zu vergleichen, bestehen beide Halden zu etwa der Hälfte aus mäßig nährstoffhaltigen Böden mit mittelfrischem Wasserhaushalt (M2). Ebenso ist der Anteil von 28 % der mäßig nährstoffhaltigen, frischeren Böden (M1) gleich. Der Anteil der trockeneren Böden mit mäßiger Nährstoffversorgung (M3) ist auf der Vertrauensschachthalde prozentual höher. Auf der Deutschlandschachthalde kommen auch Böden mit ziemlich armer Nährstoffausstattung und trockenem Wasserhaushalt (Z3) sowie mineralische Nassstandorte (NM2) vor. Diese beiden Standorte müssen waldbaulich eine besondere Beachtung erhalten. Vor allem auf den Z3-Standorten ist das Baumwachstum begrenzt und über eine andere Nachnutzungen muss zu-

künftig nachgedachte werden. Die Verteilung der Standortsformen auf den Halden wurde auch in folgenden Abb. 14 und 15 dargestellt.

Abb. 14:
Verteilung der forstlichen Standortsformen auf der Vertrauensschacht-halde

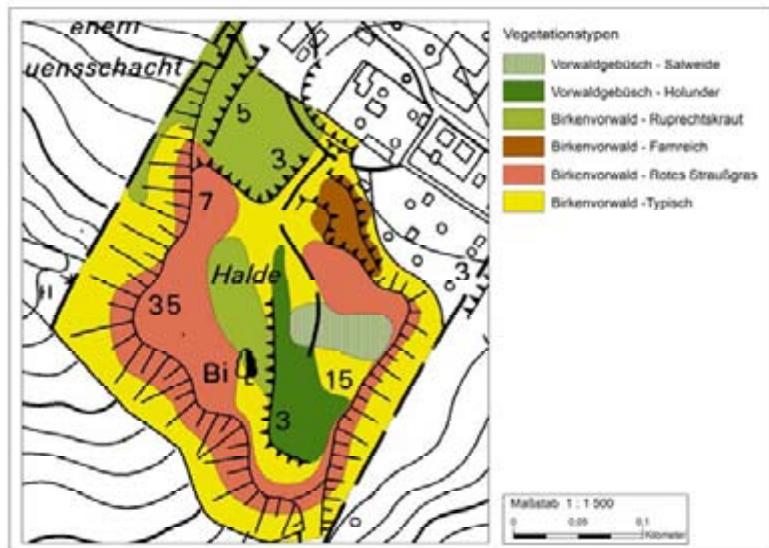
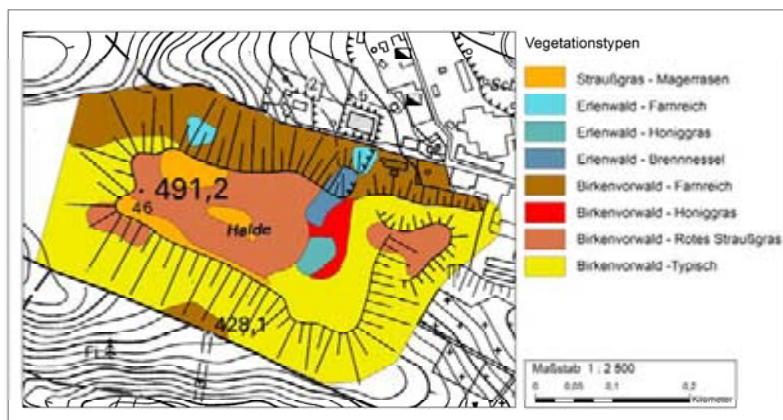


Abb. 15:
Verteilung der forstlichen Standortsformen auf der Deutschlandschacht-halde



Baumartenökogramme

Die unterschiedlichen Standortsbedingungen verursachen eine spezifische Auswahl an Baumarten, die für den zukünftigen Aufbau ökologisch stabiler Waldbestände auf den Halden geeignet sind. In den Abb. 16 und 17 wurde eine Zuordnung möglicher Baumarten zu den Standortsformen vorgenommen. Diese Vorschläge müssen bei zukünftigen Anpflanzungen oder der Förderung von Naturverjüngung beachtet werden.

Forstliche Nutzbarkeitszonen

Aus allen erhobenen Parametern wurden für die beiden Halden forstliche Nutzbarkeitszonen nach NEEF (2006) ausgeschieden.

Mit den Abb. 18 und 19 wird zum besseren Vergleich der Flächenanteil der Nutzbarkeitszonen dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass auf der Deutschlandschachthalde ein Drittel der Flächen erschwert nutzbar sind. Dies wird vor allem durch eine starke Hangneigung hervorgerufen. Die schwelenden Bereiche wurden mit 6 % als nicht nutzbar klassifiziert. Die restlichen Bereiche dieser Halde sind forstwirtschaftlich nutzbar, es ist jedoch nicht genügend Naturverjüngung vorhanden, um eine Selbstentwicklung garantieren zu können. Die Vertrauensschachthalde ist insgesamt besser forstlich nutzbar. Die Bereiche, die erschwert nutzbar und in Hanglage sind, weisen dennoch eine gute Naturverjüngungsschicht auf. Über die Hälfte der Flächen sind forstwirtschaftlich gut nutzbar, da ebene Plateaulagen mit günstigen Standortsbedingungen vorhanden sind. Auf 3 % der Flächen muss bei der zukünftigen Nutzung das Vorkommen einer geschützten Pflanzenart beachtet werden.

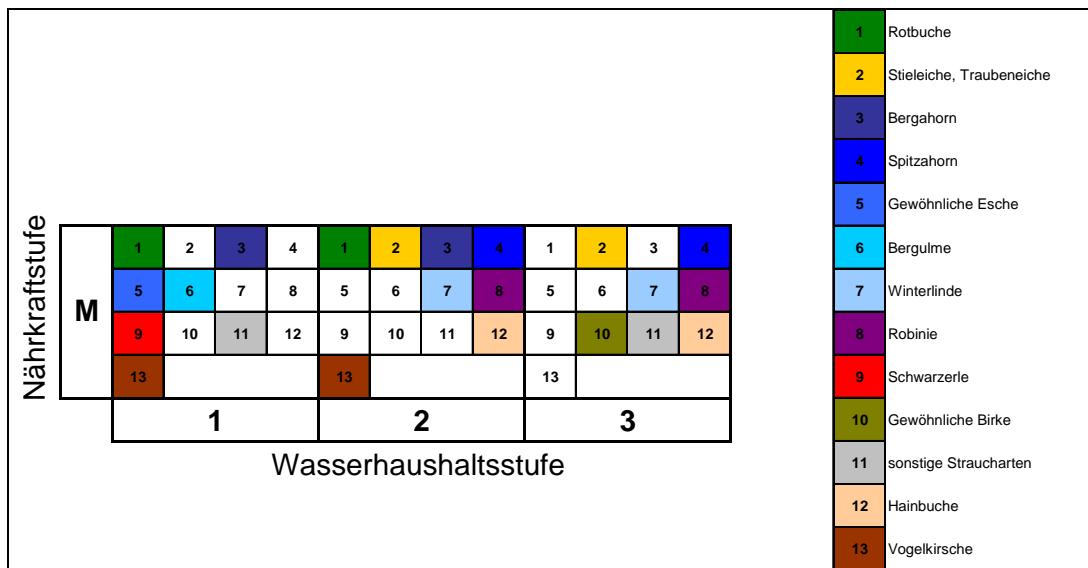


Abb. 16: Baumartenökogramm der Vertrauensschachthalde

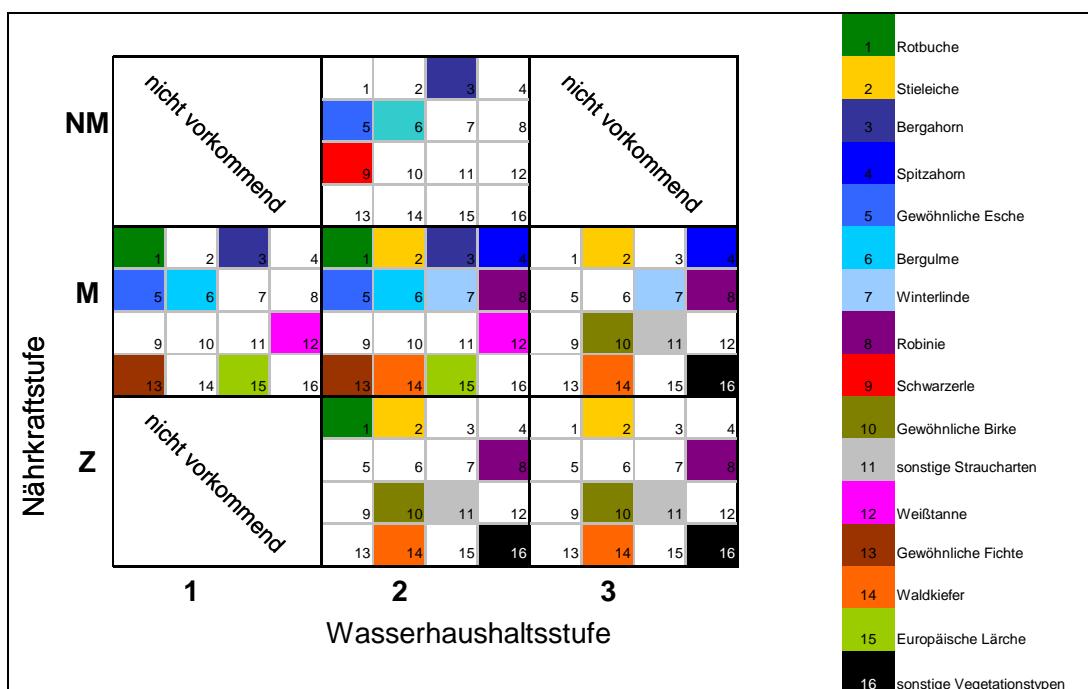


Abb. 17: Baumartenökogramm der Deutschlandschachthalde

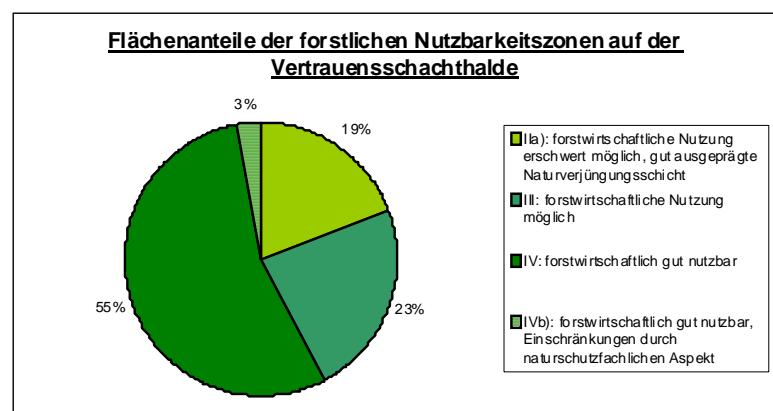
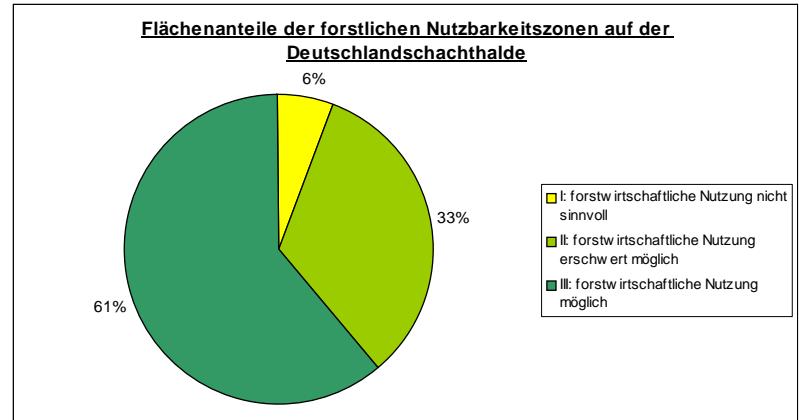


Abb. 18:
Übersicht der Flächenanteile forstlicher
Nutzbarkeitszonen der Vertrauens-
schachthalde

Abb. 19:
Übersicht der Flächenanteile forstlicher Nutzbarkeitszonen der Deutschlandschachthalde



Die Verteilung forstlichen der Nutzbarkeitszonen wurde auch in den Übersichten der Abb. 20 und 21 dargestellt.

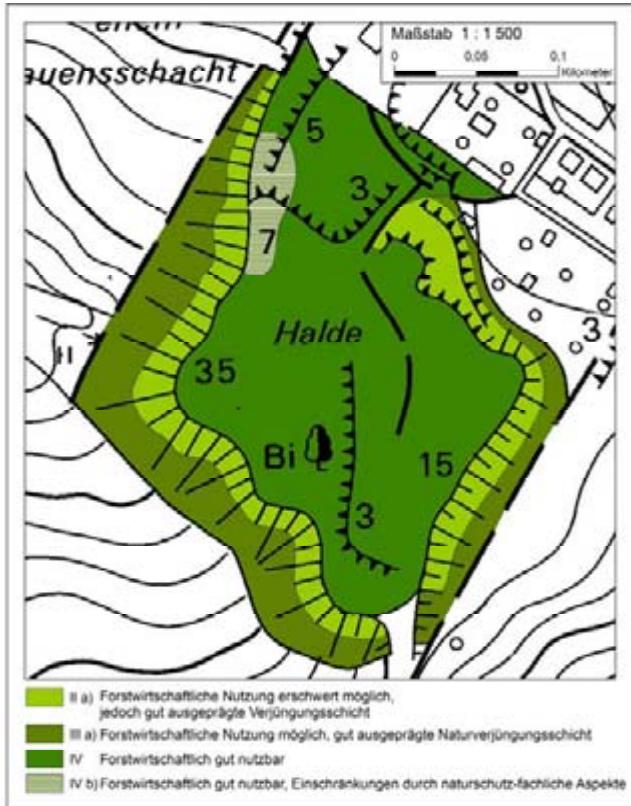


Abb. 20: Verteilung der forstlichen Nutzbarkeitszonen auf der Vertrauensschachthalde

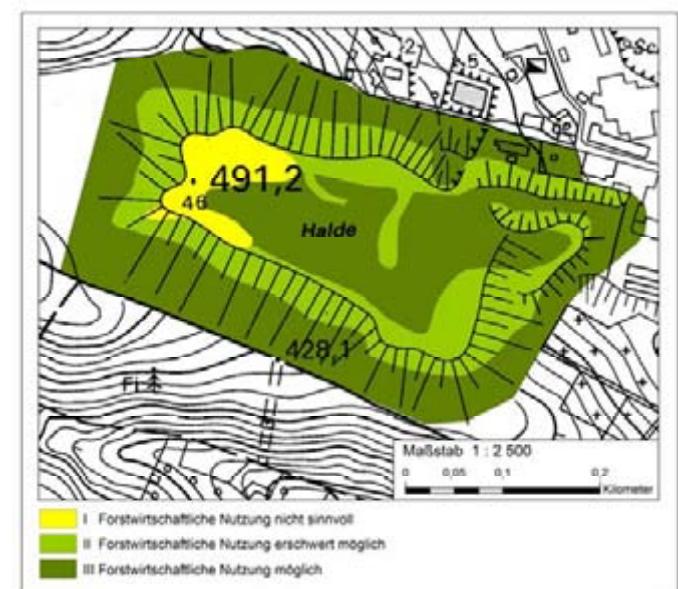


Abb. 21: Verteilung der forstlichen Nutzbarkeitszonen auf der Deutschlandschachthalde

Fazit

Die angestellten Analysen der beiden Halden im Lugau/Oelsnitzer Revier zeigen, dass die Haldenkörper unterschiedliche Standortsbedingungen und örtliche Besonderheiten aufweisen, die wiederum unterschiedliche Bedingungen für das Pflanzen- und Baumwachstum bewirken.

Während sich auf einigen Standorten eine ausgeprägte Vegetationsschicht mit angesamten Baumarten entwickelt hat (Abb. 22), sind andere Haldenbereiche ohne Kraut- und Naturverjüngungsschicht (Abb. 23).



Abb. 22: Birkenvorwald mit Rotem Straußgras und gut entwickelter Naturverjüngung auf der Vertrauensschachthalde



Abb. 23: Typischer Birkenvorwald ohne Naturverjüngung auf der Deutschlandschachthalde

Wichtige Parameter, die diese Unterschiede hervorrufen sind: Haldenmaterial, Schwelvorgänge, Nordausrichtung des Haldenkörpers, Größe des Haldenkörpers, Nähe der Halde zum besiedelten Bereichen, anthropogene Stoffeinträge, Schüttungswinkel und je nach Stilllegungsalter unterschiedlicher Fortschritt von Auswaschungsvorgängen und Bodenbildungsprozessen.

Im Gegensatz zur Untersuchung der Deutschlandschachthalde 2006 ist der Waldbestand auf der Vertrauensschachthalde insgesamt forstwirtschaftlich besser nutzbar. Eine allgemeingültige Aussage, wie aus forstlicher Sicht mit den Halden in den beiden ehemaligen Steinkohlerevieren Zwickau und Lugau/Oelsnitz generell verfahren werden sollte, ist aus den bisherigen Untersuchungen allein nicht möglich. Dazu sind vor allem noch Haldenuntersuchungen im klimatisch wärmebegünstigteren Bereich von Zwickau notwendig.

Literaturverzeichnis

- AG-BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage, Hannover
- BAUMEISTER, W.; MÜLLER, F. (1993): Der Forstwirt. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
- DIERSCHKE, A. (1992): Pflanzensoziologie. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
- ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULIEN, D. (1992): Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropa. 2. Verbesserte und erweiterte Auflage, Verlag Erich Goltze KG, Göttingen
- NEEF, A. (2006): Untersuchung des biologischen Potenzials der Deutschlandschachthalde mit den Schwerpunkten Standort, Vegetation und Pflanzenwachstum, Abschlussbericht, Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgeb.
- WÜNSCHE, M. (1963): Die Standortverhältnisse und Rekultivierungsmöglichkeiten der Halden des Zwickau-Lugau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier. Freiberger Forschungshefte C153, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig

Sonstige Materialien und Quellenangaben

- Übersichtskarte von Sachsen: Mittlerer Jahresniederschlag (2000), Messperiode 1961-1991, 1: 300000, Sächs. Landesanstalt für Forsten Graupa
- Übersichtskarte von Sachsen: Mittlerer Jahrestemperatur (2000), 1: 300000, Sächs. Landesanstalt für Forsten Graupa
- Übersichtskarte Natürliche Waldvegetationslandschaften Sachsen auf standörtlich-vegetationskundlicher Grundlage (1996), Sächs. Landesanstalt für Forsten Graupa
- Klimaatlaskarte für das Gebiet der DDR (1953) Meteorologischer und hydrologischer Dienst der DDR
- Access-Datenbank der modifizierten Zeigerwerte nach Ellenberg, bearbeitet für Ostdeutschland von Frank und Klotz (1990)
- Excelanwendung zur Auswertung der ökologischen Zeigerwerte, erstellt von Thor, W. (2006), Wilkau-Haßlau

Datenbank Steinkohlehalden Sachsen (SCHERER, V.¹, SOHR, A.², FELIX, M.²)

Einleitung

Im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsthemas „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden“ durch das LfULG fielen umfangreiche Daten an, die nur zu einem kleinen Teil über die bisher existierende SALKA-Softwarelösung erfassbar waren. Deshalb war es notwendig, den restlichen und überwiegenden Anteil der Daten in einer Datenbank zu erfassen, die es gestattet, einerseits alle wesentlichen Haldendaten effektiv zu verwalten und andererseits eine doppelte Datenhaltung in Datenbanken verschiedener Behörden und Kommunen des Freistaates zu vermeiden.

In den Jahren 2006 bis 2008 erfolgte eine Anpassung der seit dem Jahr 2000 vorliegenden ACCESS-Lösung zum Modellstandort Freital-Saugrund an die Erfordernisse der mit den Steinkohlehalden verbundenen Bergbaufolgeproblematik.

Zum Aufbau der Datenbank Steinkohlehalden Zwickau/Oelsnitz wurden die in unterschiedlichen Formaten vorliegenden Punkt- und Flächendatenbestände (dBASE, EXCEL, ACCESS etc.) abgeglichen und in ACCESS überführt. Neben allgemeinen objektbezogenen Informationen (Objektbezeichnung, Lageinformationen etc.) wurden insbesondere die für die unterschiedlichen Haldenobjekte bzw. -teilobjekte vorliegenden Analysendaten in die Datenbank integriert.

Damit existiert erstmalig eine systematische Zusammenfassung aller relevanten Informationen zu den Steinkohlehalden in Sachsen.

Die ACCESS-Datenbank mit ArcGIS-Anbindung beinhaltet neben den Halden der Reviere Zwickau und Freital die 21 Haldenkörper des Reviers Lugau/Oelsnitz (HERTWIG u. a. dieses Heft).

Konzeptioneller Ansatz der Datenbanklösung

Die ACCESS-Datenbank mit GIS-Anbindung dient der Erfassung und Verwaltung aller relevanten Daten, wobei sowohl punkt- als auch objektbezogene Informationen Berücksichtigung finden.

Sie ermöglicht eine strukturierte Ablage aller zu den Haldenobjekten zugehörigen Daten und Informationen (u. a. Aufschlüsse, Proben- und Analysedaten)

Die Datenbank ist als komplexes Informations- und Auskunftssystem konzipiert und weist u. a. folgende Ausstattungsmerkmale auf:

1. Verwaltung der Daten und Informationen zu allen Haldenobjekten der Bergbaureviere Zwickau und Oelsnitz einschließlich Fotodokumentation
2. Messstellenbezogene Zuordnung umfangreicher Stammdaten wie Lageparameter (Rechts- und Hochwerte, Höhenangaben etc.), Aufschlussart, Probenmaterial, Wirkungspfade, Grundwasserleiter, Entnahmetiefen etc.
3. Verwaltung der Proben- und Analysendaten der für die Haldenobjekte vorhandenen Grund-, Sicker- und Oberflächenwasermessstellen, Feststoffproben (Bodenproben, Sedimentproben und Eluate), Bodenluft- sowie Pflanzenproben
4. Dokumentenverwaltung: Verwaltung der für das Forschungsvorhaben relevanten Literatur einschließlich Zugriff auf digital vorliegende Dokumente
5. Umfangreiche Recherchemöglichkeiten und Reportfunktionen
6. Datenexport nach Excel und als Textdatei (Gesamtdatenbestand und Auszüge)
7. GIS-Anbindung zur Ergebnisvisualisierung (ArcGIS)

Datenbankfunktionalitäten

Beim Aufbau der Datenbank Steinkohlehalden wurde auf eine einfache, übersichtliche Bedienerführung Wert gelegt. Die Bedienung erfolgt in der von Microsoft Windows bekannten Weise. So können bei der Bearbeitung der Texte in den Formularfeldern die Standardfunktionen von Windows bzw. Access genutzt werden, die über spezielle Tastenkombinationen abrufbar sind.

Durch die Import und Export-Funktionen von ACCESS wird der Datenaustausch mit verschiedenen gängigen Programmsystemen gewährleistet (z. B. dBASE, EXCEL), so dass Datenbestände aus unterschiedlichen Quellen in die Datenbank Steinkohle-

¹ G.E.O.S. GmbH Freiberg

² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

halden integriert bzw. Daten für eine Vielzahl von Anwendungen bereitgestellt werden können.

Über die OLE-DB-Schnittstelle können die ACCESS-Datentabellen direkt an ein ArcGIS- bzw. ArcMap-Projekt angebunden werden ohne dass aufwendige Datentransformationen notwendig wären. Die Schnittstelle ermöglicht eine direkte Verknüpfung zwischen ausgewählten Daten der Steinkohlehaldendatenbank und der ArcGIS-Anwendung. Die gewünschten Informationen können gezielt aus der Datenbank abgefragt und über die ArcGIS Anbindung zur Darstellung gebracht werden.

Datenbankaufbau und Datenbankinhalte

Startformular

Abb. 1 zeigt das Startformular der Datenbank. In ihm werden alle weiterführenden Bedienelemente angeboten. Zudem lässt sich über das Startformular die Dokumentation zur Datenbank öffnen und Informationen zur Datenbankversion und zur Aktualität der Daten abrufen. Alle wesentlichen Bedienelemente der Datenbank können auch über die Symbolleiste am oberen Rand der Formulare direkt aufgerufen werden.

Die Inhalte der Datenbank sind entsprechend der folgenden Sachgruppen strukturiert abgelegt:

1. Dateneingaben / Datenansicht
2. Datenrecherchen
3. Datenbank-Tools
4. Berichte / Datenausgaben
5. Dokumentverwaltung
6. Datendefinitionen zur Datenbank



Abb. 1: Startformular der Datenbank „Gefährdungspotenzial Steinkohlehalden Sachsen“

Dateneingaben / Datenansicht

Mit Hilfe der Datenerfassungsformulare (Abb. 2) können neue Datensätze erfasst, neu recherchierte Sachverhalte ergänzt und Korrekturen an den Daten vorgenommen werden. Die Funktionalitäten dieser Formulare werden nachfolgend an vier ausgewählten Beispielen verdeutlicht.

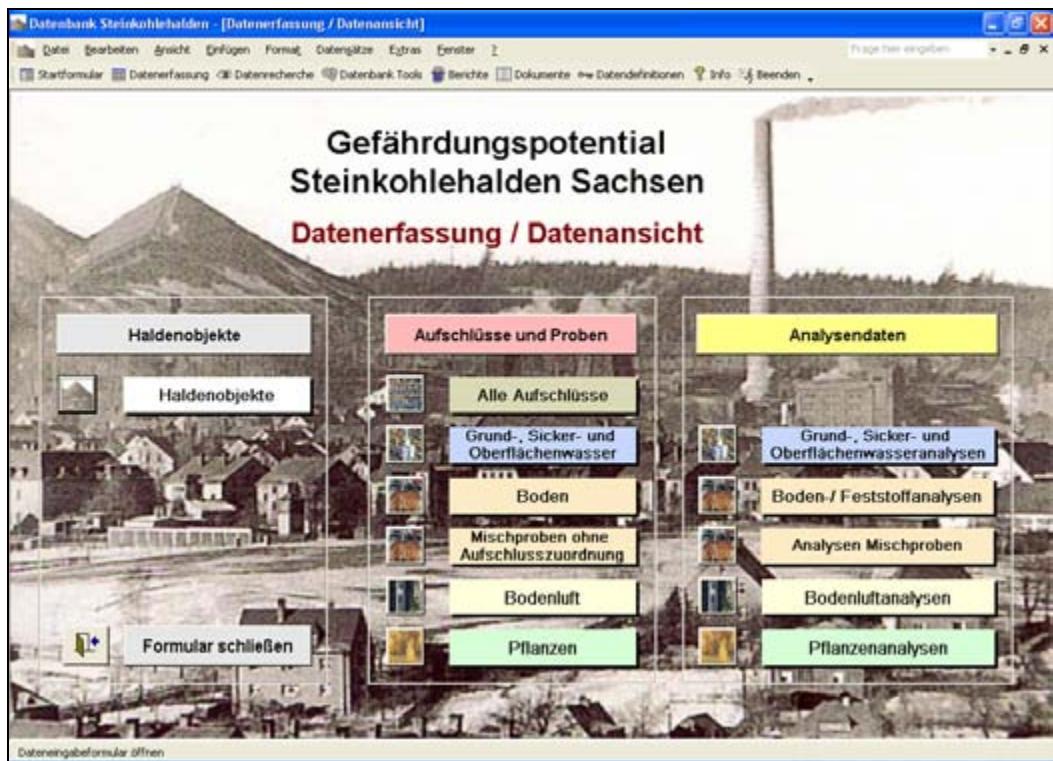


Abb. 2: Formular „Datenerfassung / Datenansicht“

Abb. 3: Formular „Datenerfassung Haldenobjekte“

Erfassungsformular Haldenobjekte

Abb. 3 zeigt das Erfassungsformular der Haldenobjekte am Beispiel der Deutschland-Schacht-I-Halde des Reviers Lügau/Oelsnitz. Das Formular gliedert sich in Formularkopf, Detailbereich und Formularfuß, wobei der Formularkopf zur Anzeige oder Eingabe der Stammdaten (Bergbaurevier, Bezeichnung etc.) dient. Der Detailbereich enthält die zum aktuellen Datensatz vorhandenen Sachdaten. Die Bedienelemente befinden sich im Formularfuß.

Der **Formularkopf** enthält neben allen relevanten Stammdaten auch den Haldenobjekt-Ident. Dieser Flächenschlüssel dient der zweifelsfreien Identifizierung der Datensätze, zur Verknüpfung aller Sachdaten der Datenbank und bildet nicht zuletzt die Grundlage für die Visualisierung der Flächen per GIS.

Die in der Datenbank befindlichen Informationen zu den einzelnen Haldenobjekten sind über die integrierten Register des **Detailbereichs** abrufbar. Neben dem in Abb. 3 dargestellten Register „*Lage/Haldencharakteristik*“ können die Register „*Haldenkenndaten I*“, „*Haldenkenndaten II*“, „*SALKA*“, „*Haldenteilobjekte*“, „*Fotodokumentation*“ und „*Bearbeitung*“ aufgerufen werden.

Zur Bearbeitung stehen im **Formularfuß** verschiedene Befehlsschaltflächen zur Verfügung. Über die Befehlsschaltflächen kann zu einzelnen Datensätzen gesprungen werden. Mit Hilfe des Fernglases (Button „**Datensätze suchen**“) kann in der Datenbank gezielt nach Einträgen gesucht werden (z. B. nach Haldenbezeichnungen). Neue Haldenobjekte lassen sich durch einen Klick auf den Button „**Datensatz hinzufügen**“ erfassen und bestehende Datensätze duplizieren (Button „**Datensatz duplizieren**“). Mit einem Klick auf den Button „**Datensatz löschen**“ (Papierkorb) können einzelne Datensätze auch wieder gelöscht werden (nur im Bearbeitungsmodus möglich). Über den Button „**Reportausgabe**“ (Ringbuch) kann ein Bericht mit ausgewählten Informationen einschließlich Fotos zum aktiven Haldenobjekt ausgegeben werden.

Um unbeabsichtigte Veränderungen der Daten zu vermeiden, ist das Eingeben oder Überschreiben von Daten nur im Bearbeitungsmodus möglich. Hierzu muss der Button „**Bearbeiten**“ aktiviert werden. Eine Bearbeitung der Einträge ist natürlich auch direkt in den zugeordneten Datentabellen möglich.

Über den Button „**Hauptmenü**“ gelangt man zum Startformular der Datenbank. Durch Betätigung des Buttons „**Formular schließen**“ wird das Formular wieder geschlossen.

Nachfolgende Abb. 4 zeigt die **Registerkarte Fotodokumentation** mit den jeweils der Fläche zugeordneten Fotos. Foto 1 zeigt ein Luftbild des Haldenobjekts, Foto 2 die Ansicht der Haldenoberfläche. Zu jedem Bild kann ein kurzer Erläuterungstext in die Datenbank eingetragen werden. Zudem lassen sich die Fotos per Mausklick vergrößern.

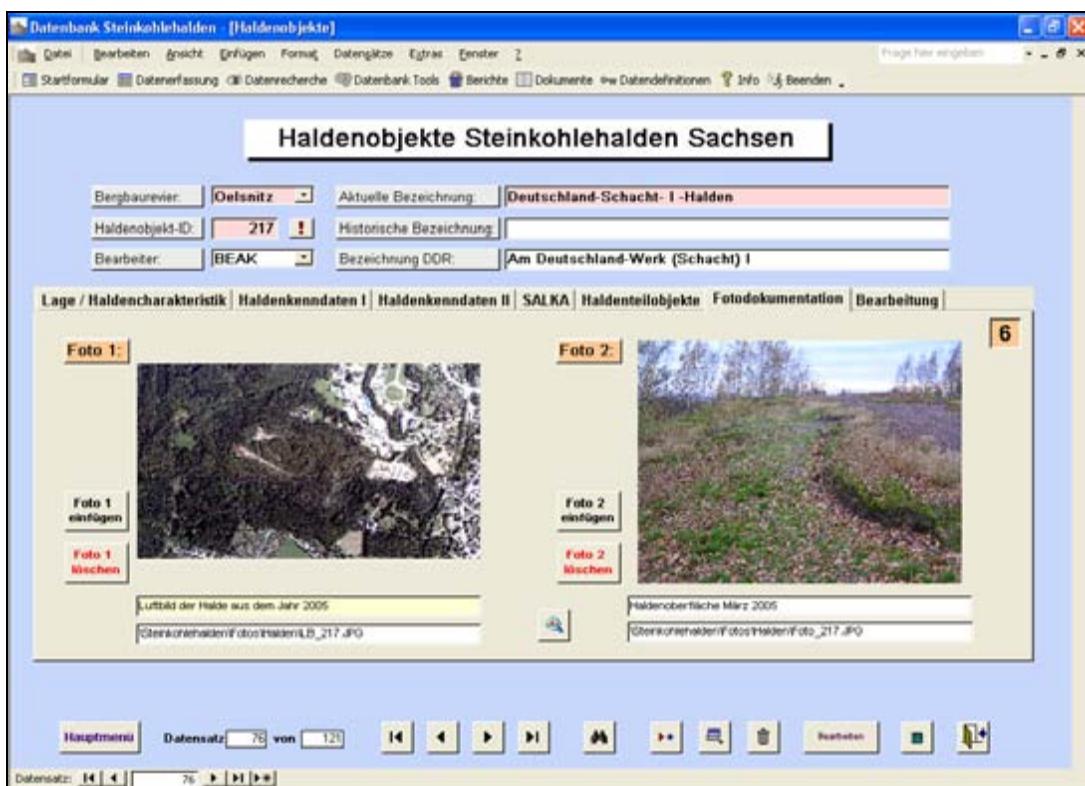


Abb. 4: Formular „Datenerfassung Haldenobjekte“ - Registerkarte Fotodokumentation

Erfassungsformular Aufschlüsse

Über das in Abb. 5 ersichtliche Formular werden die Stammdaten der vorhandenen Aufschlüsse (Boden- und Grundwasseraufschlüsse etc.) erfasst.

Oberhalb des Formularfußes sind vier Befehlsschaltflächen in das Formular integriert. Durch Betätigung eines der Buttons gelangt man direkt zu jeweils den Aufschlüssen zugeordneten Probendaten. Entsprechend dem integrierten Bearbeitungsfilter wird der Datenbestand zum jeweils aktuellen Datensatz abgerufen. Aus dem Eintrag im Datenfeld „Medium“ ist ersichtlich ob konkrete Probendaten zum aktiven Aufschluss vorliegen (WA = Wasserproben, BO = Bodenproben, BL = Bodenluftproben oder PF = Pflanzenproben). Ist das Datenfeld leer so ergibt die Abfrage einen leeren Datensatz.

Abb. 5: Formular „Datenerfassung Aufschlüsse“

Abb. 6: Formular „Datenerfassung Probendaten Wasseranalysen“

Erfassungsformular Probendaten Wasseranalysen

Abb. 6 zeigt das Formular zur Erfassung der Probendaten der Grund-, Sicker- und Oberflächenwasseranalysen. Das Formular kann entweder über das Erfassungsformular Aufschlüsse oder direkt über das Formular „Datenerfassung/Datenansicht“ aufgerufen werden. Im letzteren Fall sind alle dem Medium „Wasser“ zugeordneten Datensätze im Zugriff.

Im Detailbereich des Formulars sind noch einmal die Stammdaten des zugeordneten Aufschlusses ersichtlich. Diese werden automatisch aus dem Datenbestand der Aufschluss-Erfassung übernommen. Zur Eingabe neuer Probendaten muss der Button „Bearbeiten“ aktiviert werden.

Bei einem Teil der Eingabefelder handelt es sich um Kombinationsfelder, bei denen der entsprechende Eintrag aus einer zugeordneten Liste ausgewählt werden kann (Entnahmeart, Vorfluter etc.). Dabei werden nur gültige Informationen zur Auswahl bereitgestellt. Zur komfortablen Datumseingabe ist eine Kalenderfunktion in das Erfassungsformular integriert. Per Doppelklick auf das Eingabefeld „Datum“ kann ein Kalender als Popup-Formular aufgerufen werden. Das im Kalenderformular aktivierte Datum wird beim Verlassen des Kalenders in die Datenbank übertragen.

Durch Betätigung des Buttons „Eingabe Analysedaten“ gelangt man zum Erfassungsformular der zugeordneten Grund-, Sicker- und Oberflächenwasseranalysen. Entsprechend dem integrierten Bearbeitungsfilter wird der komplette Datenbestand zum jeweils aktuellen Aufschluss abgerufen. Mit einem Doppelklick auf den Datensatzmarkierer im Unterformular gelangt man ebenfalls zu den zugeordneten Analysendaten, hier jedoch zu den Analysendaten der gezielt ausgewählten Probe.

Erfassungsformular Analysedaten Wasseranalysen

Mit Hilfe des in Abb. 7 ersichtlichen Formulars ist die Erfassung der vorliegenden Grund-, Sicker- und Oberflächenwasseranalysen möglich. Das Formular kann entweder über das Erfassungsformular Probendaten Wasseranalysen oder direkt über das Formular „Datenerfassung/Datenansicht“ aufgerufen werden. Im letzteren Fall sind alle dem Medium „Wasser“ zugeordneten Datensätze im Zugriff.

Abb. 7: Formular „Datenerfassung Analysedaten Wasseranalysen“

Das Formular besteht aus dem Formulkarkopf mit den übernommenen Aufschlussdaten, dem Detailbereich mit den nach Analysegruppen gegliederten Eingaberegistern sowie dem Formularfuß mit integrierten Befehlsschaltflächen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass Aufbau und die Funktionalitäten der Formulare zur Erfassung der Boden-, Bodenluft- sowie Pflanzenproben/-analysen mit den hier ausführlich beschriebenen Formularen für das Medium „Wasser“ vergleichbar

sind und keiner weitergehende Erläuterung bedarf.

Datenrecherchen

Beim Klicken auf den Button „Datenrecherchen“ im Startformular (Abb. 1) öffnet sich eine Übersicht mit den zur Verfügung stehenden Rechercheformularen (Abb. 8). Diese dienen der gezielten Suche einzelner Datensätzen wobei nach Haldenobjekten, Aufschlüssen, Probendaten sowie Analysenergebnissen gesucht werden kann. Zudem kann auch eine Auswahl der in die Datenbank übernommenen UHYDRO-Daten abgerufen werden.

Der Aufbau der integrierten Rechercheformulare wird am Beispiel des Suchformulars „Bodenproben“ erläutert.

Die in die Datenbank integrierten Formulare zur Datenrecherche (Abb. 9) weisen einen vergleichbaren Aufbau auf. Sie bestehen aus einem Hauptformular, das der Eingabe der Suchkriterien und der Steuerung der Ergebnisausgabe dient, und einem Unterformular, welches die den Suchkriterien entsprechenden Datensätze anzeigt. Suchkriterien können sowohl einzelne Felder (Einzelsuche) als auch in alle Felder eingetragen werden (kombinierte Suche). Beim Klicken des Button „**Datensätze suchen und im Unterformular anzeigen**“ werden die ausgewählten Datensätze angezeigt. Durch einen Klick auf den Button „**Alle Eingabefelder löschen**“ können die Suchkriterien aus den Eingabefeldern gelöscht werden. Werden keine Suchkriterien eingegeben und der Button „**Datensätze suchen und im Unterformular anzeigen**“ aktiviert, so werden alle im Zugriff befindlichen Daten angezeigt.



Abb. 8: Formular „Datenbankrecherchen“

Im Formular können verschiedene Datenanzeige und Datenexportfunktionen aufgerufen werden. So ist neben der Ansicht der Analysedaten einzelner bzw. der gefilterten Datensätze im Formular „Bodenanalysen“ auch eine Ausgabe des Suchergebnisses in Form eines Berichts möglich. Zudem kann das eingestellte Filterkriterium auch für den Datenexport genutzt werden und die gefilterten Datensätze sowohl als unformatierte Textdatei (Button „**Textexport öffnen**“) als auch als Excel-Tabelle (Button „**Tabelleexport öffnen**“) ausgegeben werden.

Datenbank Steinkohlehalden - [Recherche Bodenproben]

Suchformular Bodenproben Steinkohlehalden Sachsen

Geben Sie die Suchkriterien ein:

Revier:	<input type="text" value="Freital"/> <input type="text" value="Oelsnitz"/> <input type="text" value="Zwickau"/>	<input type="button" value="=> Mehrfachauswahl möglich!"/>
Örtlichkeit:	<input type="text"/>	
Aufschlussart:	<input type="text"/>	Entnahmeart: <input type="text"/>
Haldenzuordnung:	<input type="text" value="Concordia-Schacht-Halde"/>	
Probenbezeichnung:	<input type="text"/>	Nutzung: <input type="text"/>
Probenahme aus:	<input type="text"/>	Proben_ID: <input type="text"/>
Rel. Wirkungspfade:	<input type="text"/>	Ident: <input type="text"/>
Probenahmedatum:	<input type="text"/>	bis: <input type="text"/>

Datenanzeige- und Datenexportoptionen:

<input type="button" value="Detail-Datensatz im Formular anzeigen"/>	<input type="button" value="Gefilterte Datensätze im Formular anzeigen"/>
<input type="button" value="Detail-Datensatz im Bericht anzeigen"/>	<input type="button" value="Gefilterte Datensätze im Bericht anzeigen"/>
<input type="checkbox"/> Suchkriterium im Bericht anzeigen	
<input type="button" value="Filterkriterium für Datenexport verwenden"/>	<input type="button" value="Textexport öffnen"/>
<input type="button" value="Tabellenexport öffnen"/>	

Datensatz: von 23

Formular schließen

Abb. 9: Formular „Datenrecherche Bodenproben“

Datenbank-Tools

Über das Formular „Datenbank-Tools“ (Abb. 10) können die ArcMap-Projekte zur Visualisierung der in der Datenbank enthaltenen Informationen zu den drei Steinkohlerevieren aufgerufen werden.

Abb. 10: Formular “Datenbank-Tools”

Neben den direkt aus der Datenbank abgerufenen Aufschlussdaten und Analysedaten beinhalten die GIS-Projekte zusätzliche für das jeweilige Bergbaurevier vorhandene Flächendaten (Haldenumrisse etc.) sowie ein vorgefertigtes Kartenlayout. Abb. 11 zeigt das ArcMap-Projekt des Reviers Lugau/ Oelsnitz in der Layout-Ansicht.

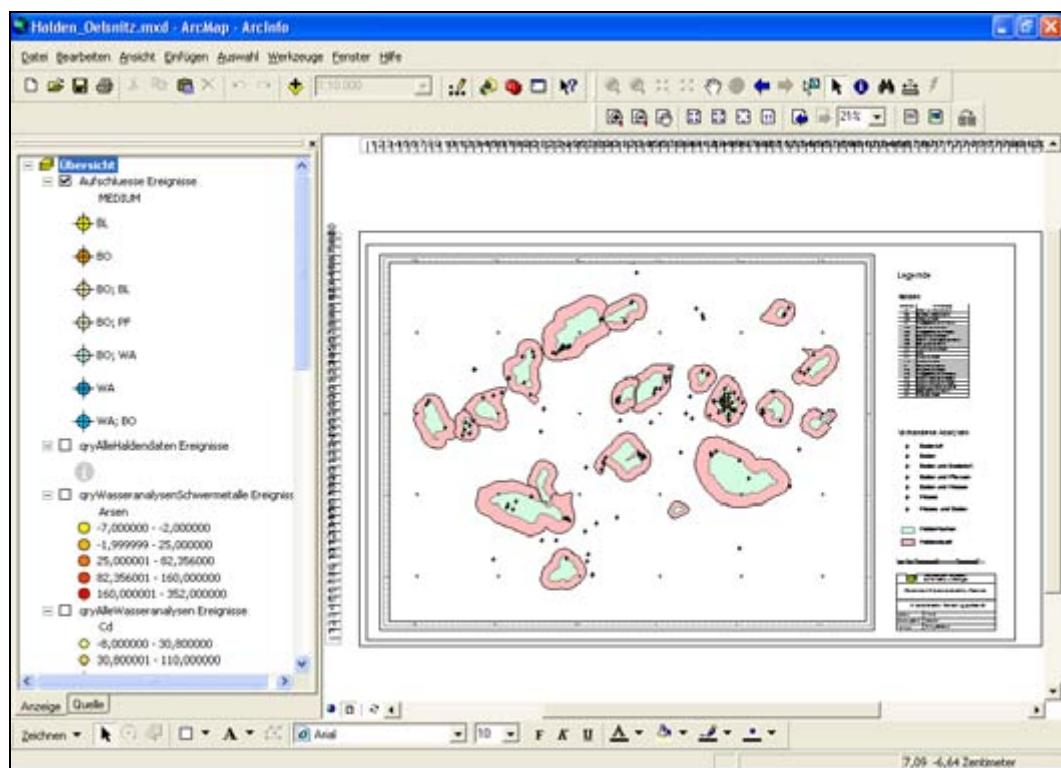


Abb. 11: ArcMap-Projekt Revier Lugau/Oelsnitz (Layout-Ansicht)

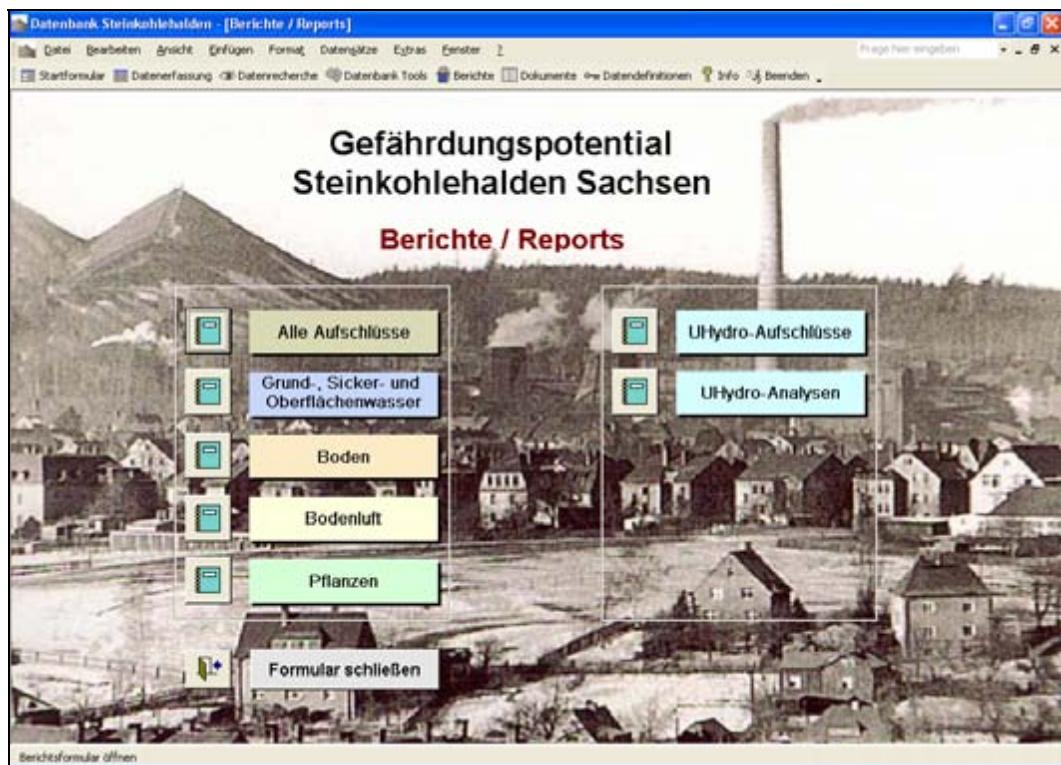


Abb. 12: Formular „Berichte“

Über das Formular „Datenbank-Tools“ lassen sich zudem folgende weitere Funktionalitäten aufrufen:

- Manuelle Bearbeitung der Fotozuordnungen
- Durchführung einer Datenbanksicherung
- Export der Gesamtdatenbestände aus der Datenbank nach EXCEL bzw. WORD

Berichte/Datenausgabe

Über die Berichtsausgabe, die ebenfalls über das Startformular in Abb. 1 aufgerufen werden kann, können neben den Aufschlussdaten auch Proben- und Analysedaten für alle 4 Medien (Boden, Bodenluft, Wasser und Pflanzen) sowie die zusätzlich integrierten UHYDRO-Daten ausgeben werden (Abb. 12). Zur Ausgabe der Daten in Berichtsform wurden Formulare integriert, welche die gleiche Funktionsweise wie die oben beschriebenen Rechercheformulare aufweisen. Bei der Datenausgabe kann zwischen verschiedenen Parametergruppen ausgewählt werden, wie z. B. Schwermetalle, Summenparameter und PAK, Ionen etc. Die Formulare ermöglichen des Weiteren eine gruppierte Ausgabe der durchgeföhrten Datenrecherchen. So werden die Ergebnisse jeweils nach den Bergbaurevieren gruppiert im Berichtsformular ausgegeben.

Abb. 13 zeigt beispielhaft das Formular zur Berichtsausgabe „Wasseranalysen Steinkohlehalden Sachsen“ mit voreingestellter Recherche nach Aufschlussart und Entnahmearm.

Proben-Ident	Ident	Datum	Probenbezeichnung	Entnahmearm	Probenahmestelle	Vorfluter	Grundwasser
WA00319_2	319	20.11.2000	LUUG31	Schöpfprobe	Abstrom Helene: SiWa-Austritt 1 am NE-Haldenfuß	Hegebach	
WA00319_1	319	20.11.2000	LUUG31	Schöpfprobe	Abstrom Helene: SiWa-Austritt 1 am NE-Haldenfuß	Hegebach	
WA00320_2	320	28.11.2000	LUUG32	Schöpfprobe	Abstrom Helene: SiWa-Austritt 2 am NE-Haldenfuß	Hegebach	
WA00320_1	320	20.11.2000	LUUG32	Schöpfprobe	Abstrom Helene: SiWa-Austritt 2 am NE-Haldenfuß	Hegebach	
WA00320_3	320	05.12.2000	LUUG32	Schöpfprobe	Abstrom Helene: SiWa-Austritt 2 am NE-Haldenfuß	Hegebach	
WA10032_11	10032	19.11.1995	Haldendrainage	Schöpfprobe	Haldendrainage	Reinsdorfer Bach	
WA10032_2	10032	03.08.1995	Probe 1 (ohne Festst)	Schöpfprobe		Reinsdorfer Bach	
WA10032_3	10032	03.08.1995	Probe 2 (mit Feststof	Schöpfprobe		Reinsdorfer Bach	
WA10032_4	10032	18.08.1995	Probe WP 2	Schöpfprobe		Reinsdorfer Bach	
WA10032_5	10032	26.01.1996	Probe 1 (fließende W)	Schöpfprobe		Reinsdorfer Bach	
WA10032_6	10032	26.01.1996	Probe 2 (zu lauf	Schöpfprobe		Reinsdorfer Bach	

Abb. 13: Formular „Berichtsausgabe Wasseranalysen Steinkohlehalden Sachsen“

Abb. 14 zeigt die nach Bergbaurevier gruppierte Ausgabe der vorliegenden Schwermetallanalysen, die der Aufschlussart „Sickerwasser“ und der Entnahmearm „Schöpfprobe“ zugeordnet werden können. Die Ausgabe entspricht dem in Abb. 13 dargestellten Rechercheergebnis.

Dokumentverwaltung

Das Formular "Dokumentverwaltung" dient zur Verwaltung der Ergebnisberichte, Gutachten und sonstigen Dokumente zu den Steinkohlehalden Sachsen (Abb. 15).

Steinkohlehalden Sachsen - Wasseranalysen Schwermetalle															Probenentnahmeart LIKE 'Schöppprobe' AND ART_2_TEXT LIKE 'Sicherwasser'				
Ident	Rechts	Hoch	Probe	Datum	As [$\mu\text{g/l}$]	Al [$\mu\text{g/l}$]	Pb [$\mu\text{g/l}$]	Cd [$\mu\text{g/l}$]	Co [$\mu\text{g/l}$]	Cr [$\mu\text{g/l}$]	Cu [$\mu\text{g/l}$]	Fe [$\mu\text{g/l}$]	Li [mg/l]	Mn [$\mu\text{g/l}$]	M [$\mu\text{g/l}$]	Hg [$\mu\text{g/l}$]	Zn [$\mu\text{g/l}$]	U [$\mu\text{g/l}$]	
Oelsnitz																			
319	4548946	5623207	LiUG31	20.11.2000	4,64		0,09	37,0	32	1,33	73,9		2,6	40100	750	-8	81000	0,03	
319	4548946	5623207	LiUG31	20.11.2000															
320	4548923	5623207	LiUG32	28.11.2000	5,63		0,41	6,19	5,13	-2	13,5		0,47	1070	41,3	-8	3050	0,8	
320	4548923	5623207	LiUG32	20.11.2000	5,38		0,09	2,19	1,4	-2	16,4		0,29	690	37	-8	2980	0,88	
320	4548923	5623207	LiUG32	05.12.2000	7,26		0,09	4,46	17,4	-2	19,2		0,55	1030	56,6	-8	2500	0,74	
Zwickau																			
10032	4536661	5618787	Halde Adria	19.11.1999	-6		-6	43		-7	-3			73	-4	2200			
10032	4536661	5618787	Probe 1@lt	03.08.1995	-4		1	250		6	22			840	-8	26300			
10032	4536661	5618787	Probe 2 (m lt)	03.08.1995															
10032	4536661	5618787	Probe W/P 2	18.08.1995				178		2	40			840		29700			
10032	4536661	5618787	Probe 1@lb & 26.01.1996		4			110						11200		17200			
10032	4536661	5618787	Probe 2 Zita	26.01.1996	42			130						11700		17900			
10032	4536661	5618787	Drahlageabri	26.03.1996															
10032	4536661	5618787	Drahlage	13.07.1995				440		-10	60			1000		50100			
10032	4536661	5618787	Zitanzim	23.06.1999	-4		44	200		2	17			580	-8	32400			
10032	4536661	5618787	Zitanzim	19.08.1998	-4		-3	30		2	4			260	-8	7360			
10033	4536666	5618833	RKS 3	19.11.1999	-6		-6	82		-7	9			290	-4	13400			
10034	4536717	5618923	GWM SK2	01.12.1995			0,3		-6	-4				196		310			
10060	4536640	5618110	WP 1 (B 1/9	11.10.1995	4		-3	-2		5	3	3300		650	2	20			

Donnerstag, 22. Februar 2007

Seite 1 von 1

Abb. 14: Berichtsausgabe - „Wasseranalysen Schwermetalle gruppiert nach Bergbaurevier“ (Auszug)



Abb. 15: Formular „Dokumentverwaltung“

Vom Übersichtsformular aus lassen sich folgende Formulare aufrufen:

- Formular zur Ansicht, Überarbeitung und Ergänzung dokumentspezifischer Angaben
- Rechercheformular zur Recherche vorhandener Dateien zu den Dokumenten
- Rechercheformular zur Recherche haldenbezogener Dokumente
- Ausgabe von Dokumentinformationen in Form eines Berichtes (Alle Dokumente)
- Zuordnungstabelle der SALKA-Objekte (liefert einen Überblick über die den Haldenobjekten zugeordnete SALKA-Nummer (= Altlastenkennziffer AKZ) und Flächenbezeichnung im Sächsischen Altlastenkataster)

Abb. 16 zeigt das Formular zur Ansicht, Überarbeitung und Ergänzung dokumentspezifischer Angaben.

Bei einem Teil der Eingabefelder handelt es sich um Kombinationsfelder, bei denen der entsprechende Eintrag aus einer zugeordneten Liste ausgewählt werden kann. Dabei werden nur gültige Informationen zur Auswahl bereitgestellt.

Datenfelder, die eine blaue Beschriftung aufweisen, können direkt aus der Datenbank aufgerufen werden. Über Hyperlinks können so beispielsweise vorliegende digitale Gutachten direkt abgerufen werden.

Abb. 16: Formular „Dokumentinformationen Datenbank Steinkohlehalden“

Abb. 17 zeigt das Formular zur gezielten Dokumentrecherche. Die im Unterformular angezeigten Rechercheergebnisse können im Formular angesehen oder als Bericht ausgegeben werden. Zudem ist auch ein Export der Rechercheergebnisse in eine unformatierte Textdatei bzw. eine EXCEL-Tabelle möglich.

Über den Button „Stichwortsuche Dokumenttitel“ kann auch konkret nach Stichworten im Dokumenttitel recherchiert werden. Zudem kann durch Betätigung des Buttons „Literatursuche zur Halde“ ein weiteres Rechercheformular zur Suche nach haldenbezogenen Dokumenten geöffnet werden (Abb. 18).

Die im Unterformular angezeigten Rechercheergebnisse können in ein EXCEL-Datenblatt überführt und dort weiter verarbeitet werden. Des Weiteren ist auch eine Ausgabe der recherchierten Datensätze in Berichtsform möglich.

Dokumentrecherche Steinkohlehalden Sachsen

Geben Sie die Suchkriterien ein:

Revier:	<input type="text" value="Freital"/> <input type="text" value="Döllnitz"/> <input type="text" value="Zwickau"/> <small>↳ Mehrfachauswahl möglich!</small>	<input type="button" value="Datensätze suchen und im Untermenü anzeigen"/>
Gutachter:	<input type="button" value="Alle Eingabefelder löschen"/>	
Auftraggeber:	<input type="button" value="Detail-Datensatz im Formular anzeigen"/>	
Berichtsdatum:	<input type="text"/> bis <input type="text"/>	Jahr: <input type="text" value="1993"/> <input type="button" value="Detail-Datensatz im Bericht anzeigen"/>
<input type="button" value="Literatursuche zur Halle"/> <input type="button" value="Stichwortsuche Dokumenttitel"/>		<input type="button" value="Gefilterte Datensätze im Formular anzeigen"/> <input type="button" value="Gefilterte Datensätze im Bericht anzeigen"/>
<input type="checkbox"/> Suchkriterium im Bericht anzeigen		
<input type="button" value="Filterkriterium für Dateneport verwenden"/>		<input type="button" value="Textexport öffnen"/> <input type="button" value="Tabellenexport öffnen"/>

Datenanzeige- und Datenexportoptionen:

<input type="button" value="Detail-Datensatz im Formular anzeigen"/>	<input type="button" value="Gefilterte Datensätze im Formular anzeigen"/>
<input type="button" value="Detail-Datensatz im Bericht anzeigen"/>	<input type="button" value="Gefilterte Datensätze im Bericht anzeigen"/>
<input type="checkbox"/> Suchkriterium im Bericht anzeigen	
<input type="button" value="Filterkriterium für Dateneport verwenden"/>	<input type="button" value="Textexport öffnen"/> <input type="button" value="Tabellenexport öffnen"/>

Revier **Titel** **Gutachter** **Auftraggeber** **Dokument** **Datum** **Doku-ID**

Döllnitz	Historische Erkundung: "Altablagerung "Kaisergrubenstraße" 09355 Gersdorf, Landkreis Hohenstein-Ernstthal, 16.08.1993	Institut für Geotechnik Dr. Behringer, Dresden	LRA Hohenstein-Ernstthal	Bericht Gersdorf	16.08.1993	OEL_D001
Döllnitz	Historische Erkundung: Altablagerung "Betonwerke-Plötzsche" 09355 Gersdorf, Landkreis Hohenstein-Ernstthal, 16.08.1993	Institut für Geotechnik Dr. Behringer, Dresden	Landratsamt Hohenstein-Ernstthal		16.08.1993	OEL_D002
Döllnitz	Historische Erkundung der Altablagerung Rudolf-Breitscheid-Schacht in Hohndorf, KZ: 04140909-0043	ALA Analytisches Labor GmbH, Döllnitz	LRA Stollberg		14.12.1993	OEL_D031

Datensatz: 1 von 3

Abb. 17: Formular “Dokumentrecherche“

Datenbank Steinkohlehalden - [Haldenbezogene Dokumentrecherche]

Dokumentrecherche Steinkohlehalden Sachsen - Literatur Halden

Wählen Sie eine Halte aus nachfolgender Liste aus!

10	88100241	Verbrauen-Schacht-Halte	Oelsnitz	210
11	88100121	Götter-Seen und Glückauf-Schacht	Oelsnitz	211
12	88100239	Carl-Schacht-Halte (Alter Carl-Schacht)	Oelsnitz	212
13	88100123	Carl-Schacht-Halte	Oelsnitz	213
14	88100124	Victoria-Schacht-Halte	Oelsnitz	214
15	88100240	Saxon-Schacht-Halte	Oelsnitz	215
16	88100231	Vereinigefeld-Schacht-III-Halden	Oelsnitz	216
17	88100230	Deutschland-Schacht I Halden	Oelsnitz	217
18	88100230	Deutschland-Schacht-II-Halden	Oelsnitz	218

Datenanzeige- und Datenexportoptionen:

Gefilterte Datensätze im Bericht anzeigen

Alle Datensätze im Bericht anzeigen

Datenexport Excel

Halden-ID	Revier	Lfd.-Nr.	Titel	Gutachter	Auftraggeber	Datum	Dokum
217	Oelsnitz	7	Historische Erkundung von 6 Bergbauhalden im Einzugsbereich des Hegebaches, 23.02.2000	Oelsner & Partner Sachverständigenbüro und Analytisches Labor, Oelsnitz/E.	Landratsamt Stollberg	23.02.2000	
217	Oelsnitz	9	Halde 14/9/1943 Halde Schacht Deutschland	Halden-Restloch-Kartei, LfUG			
217	Oelsnitz	14	Erfassung und Bewertung der Halden im Bezirk Karl-Marx-Stadt, 22.03.1971	Bezirksstelle für Geologie beim Rat des Bezirkes Karl-Marx-Stadt	Bezirksst. f. Geol. beim Rat des Bez. K.-M. Stadt; VEB (B) Vereinigte Natursteinwerke Zöblitz	22.03.1971	

Datensatz: [vorherige Seite] [nächste Seite] 1 [nächste Seite] [letzte Seite]

Formular schließen

Abb. 18: Formular „Dokumentrecherche Haldenbezug“

Datendefinitionen zur Datenbank

Durch Betätigung des Buttons **"Datendefinitionen"** im Startformular (Abb. 1) öffnet sich ein Übersichtsformular, von dem aus die zur Datenbank zugehörigen Datenfelddefinitionen aufgerufen werden können (Abb. 19). In den Definitionstabellen sind die Datenfeldnamen, Beschreibungen/Erläuterungen zu den Datenfelder (z. B. Klartextnamen der Proben- und Analysenparameter), die Dimensionen der Analysenparameter sowie die jeweiligen Felddatentypen und -längen ersichtlich. Im Falle der Analysendaten kann zudem die Verschlüsselung fehlender Werte abgerufen bzw. bei der Datenerfassung ergänzt werden.

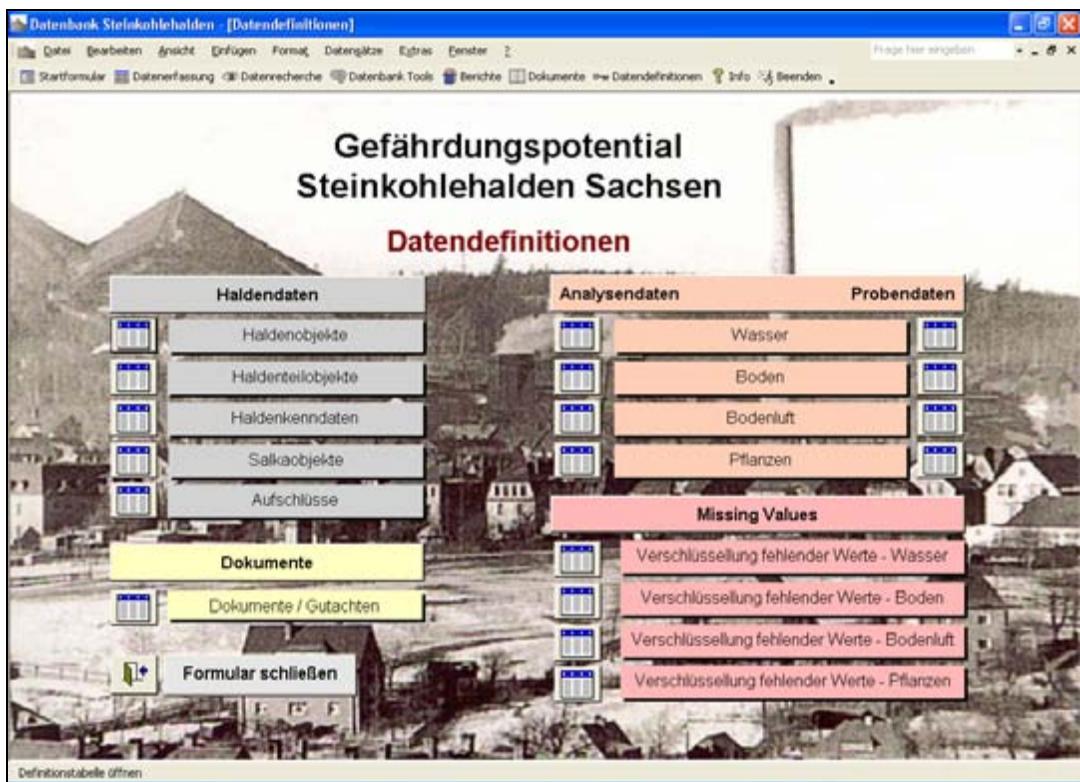


Abb. 19: Formular "Datendefinitionen"

Ausblick

Die Datenbank kann als Arbeitsinstrument für eine effektive Arbeit aller beteiligten Behörden und der in ihrem Auftrag arbeitenden Firmen dienen. Die Datenbank ist übertragbar und erweiterbar, so dass sie auch Informationen zu anderen Haldenobjekten aufnehmen kann (z. B. Erzhaufen). Es wird daher angestrebt, die stand-alone-Datenbanklösung in eine zentrale Haldendatenbank für den Freistaat Sachsen zu überführen, die zur effektiven Nutzung zukünftig einer zentralen Pflege bedarf.

Zur geothermischen Nutzbarkeit des Grubenwassers im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz (FELIX, M.¹, MÖLLMANN, G.², WAGNER, ST.³, GÖRNE, S.¹)

Einleitung

Aufgelassene und geflutete Bergwerke stellen prinzipiell geeignete Standorte für die Gewinnung von Erdwärme aus mittleren Teufen dar.

Dazu sind möglichst schon im Rahmen der Stilllegungsmaßnahmen entsprechende technische Vorkehrungen für einen dauerhaften Anschluss an das Grubengebäude zu treffen (HEITFELD u. a. 2006).

Dies ist im Lugau/Oelsnitzer Steinkohlenrevier in den 70-er Jahren des vorigen Jahrhunderts nicht erfolgt, so dass für eine geothermische Erschließung des Grubengebäudes über das Wärmeträgermedium Grubenwasser zusätzliche technische Arbeiten erforderlich sind.

Im Rahmen der Bearbeitung der Bergbaufolgeproblematik wurde geprüft, ob bzw. unter welchen Voraussetzungen im Grubenrevier die Möglichkeit einer energetischen Nutzung des Grubenwassers besteht. Die geologisch-tektonischen Verhältnisse sind in BERGER u. a. (dieses Heft) bzw. GÖRNE u. a. (dieses Heft) beschrieben.

Steinkohlenbergbau und Resthohlraumvolumen im Lugau/Oelsnitzer Revier

In den 50-er Jahren des 20. Jahrhunderts wies das Grubengebäude (Tagesschächte, Blindschächte, Querschläge, Gesteinsberge, Abbaustrecken, Kammern) eine Gesamtlänge von ca. 140 km auf. Im Bergbaurevier sind mehr als 100 Tagesschächte archiv- und risskundlich bekannt.

Die wichtigsten Schächte und Sohlen des Bergbaureviers (Tagesschächte und Bewetterungsstrecken) sind in Abb. 1 schematisch darstellt. Aus diesem Schema ist zu ersehen, dass das Schacht- und Streckensystem neben den eigentlichen flächenhaften Abbaubereichen als hydraulische Wegsamkeiten für das ansteigende Grubenwasser fungieren kann.

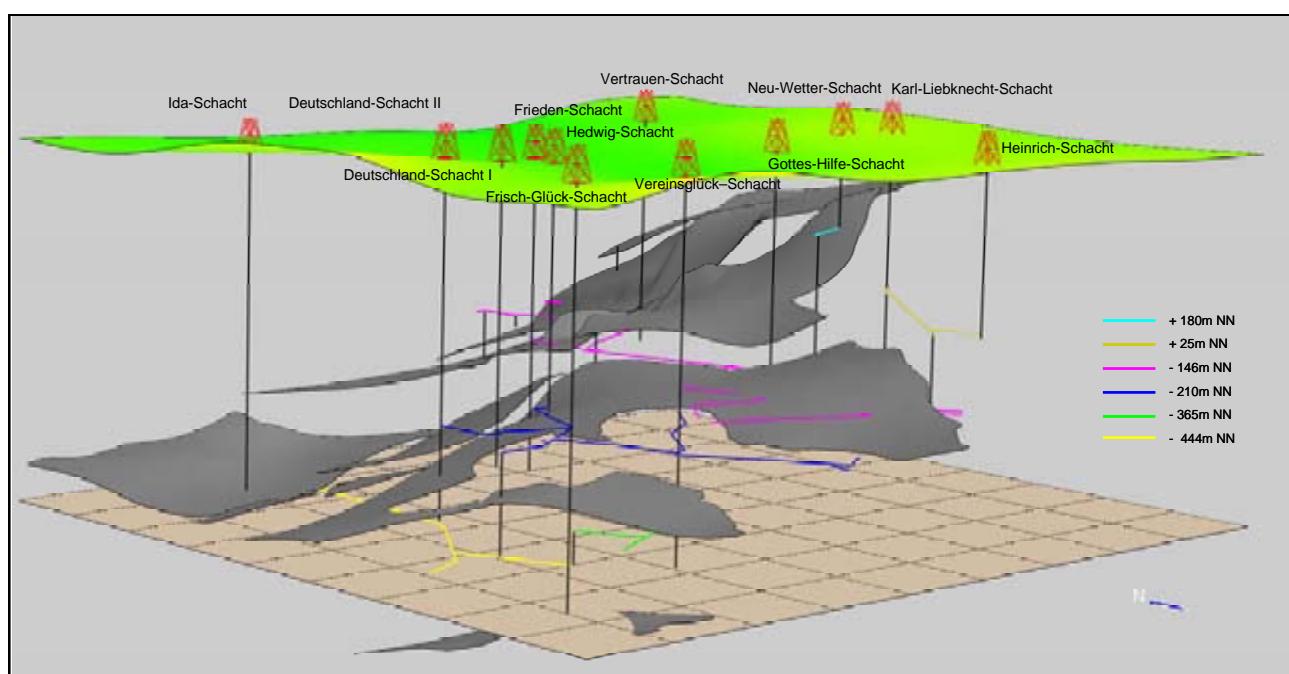


Abb. 1: Schematische Darstellung des Tagesschacht- und Streckennetzes und der Abbaubereiche des Grundflözes (grau) im Bergbaurevier Lugau/Oelsnitz (SW-Ansicht, erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)

¹ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

² Geothermie Neubrandenburg GmbH

³ TU Bergakademie Freiberg, Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau

Die Abbaublockgrenzen bilden in der Regel die tektonischen Blockgrenzen.

Im Abbauzeitraum von 1859 bis 1971 wurden im Revier ca. 142 Mio. t verwertbare Kohle gefördert (BEYER 1974). Nach Berücksichtigung der Senkungsbeträge, der Versatzanteile und des noch offenen Streckenanteils im Phyllit ergibt sich nach LÖBEL (2005) und ECKART & UNLAND (2005) ein Resthohlraumvolumen von ca. 34 % vom Rohfördervolumen. Dieses Resthohlraumvolumen stellt den theoretisch flutbaren und somit auch theoretisch geothermisch nutzbaren Hohlraum dar.

Grubenwasseranstieg

Das Flutungsniveau lag mit Stand Ende 2009 bei -12 m NN. Bis zum tiefsten Teil der Tagesoberfläche im Revier besteht somit noch eine Höhendifferenz von ca. 330 m (Abb. 2).

Die Messergebnisse zeigen gegenwärtig einen kontinuierlichen Grubenwasseranstieg von ca. 12 m pro Jahr.

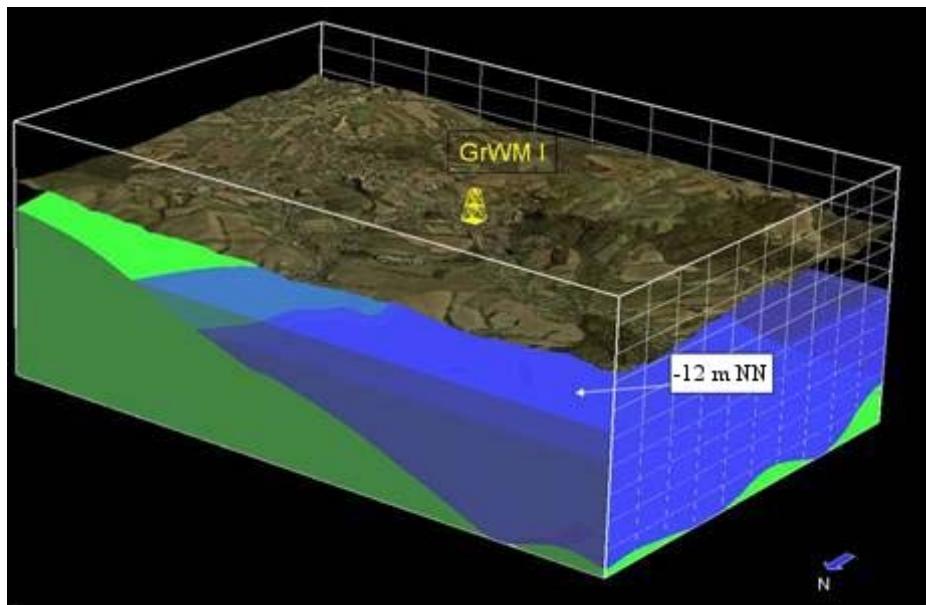


Abb. 2:
2009 erreichtes Grubenwasseran-
stiegsniveau im Bergbaurevier Lu-
gau/Oelsnitz (NW-Ansicht erstellt
Paradigm™ GOCAD®)

Potenzielle kommunale Versorgungsgebiete für eine geothermische Grubenwassernutzung

Vor der Ableitung geothermischer Grubenwassernutzungsszenarien waren für das Grubenrevier prinzipiell folgende Fragen zu beantworten:

Wie sind die geothermischen Ressourcen des Grubenwassers einzuschätzen?

Die Grubenwässer besitzen nach den Ergebnissen der GrWM I im Zentrum des Reviers bei einer Teufe von ca. 600 m eine Temperatur von ca. 25-27 °C.

Ausgehend von Temperatur und Resthohlraumvolumen besitzt das Grubenwasser im Lugau/Oelsnitzer Grubenrevier somit theoretisch große geothermische Ressourcen.

Wie hoch ist der Grubenwasserzulauf und reicht dieser zur Absicherung einer langfristigen geothermischen Nutzung des Grubenwassers aus?

Die geschätzte Grubenwasserneubildung durch Oberflächenwasser von ca. 39 m³/h (FELIX u. a. 2007) bestätigt sich durch das Grubenwasseranstiegsmodell. Da gegenwärtig keine Hinweise auf eine höhere oder geringere Grundwasserneubildungsrate vorliegen, muss diese als obere Entnahmegrenze angenommen werden. Eine Wasserentnahme oberhalb dieser Grenze und somit eine relativ schnelle Senkung des Flutungsniveaus konnte ggf. Bergschäden hervorrufen, die unbedingt ausgeschlossen werden müssen.

Welche Auswirkungen hat der Grubenwasserchemismus für eine mögliche technische Lösung?

Der Grubenwasserchemismus wird im Artikel FELIX u. a. (dieses Heft) kurz beschrieben. Würde Grubenwasser vor Abschluss des Flutungsprozesses entnommen, ist davon auszugehen, dass durch Druckauflastung und den Einsatz eines Inertgas- systems der Eintritt von Luftsauerstoff in das System verhindert werden muss. Würde das natürlich austretende Wasser nach

Abschluss der Flutung genutzt, ist dagegen davon auszugehen, dass es zu Ausfällungsreaktionen durch Fe-Oxidation kommen wird. Durch die Mineralisation des Wassers (20 g/l) können Korrosionsprobleme auftreten. Um die erforderliche Anlagensicherheit und eine angemessene Lebensdauer zu gewährleisten, muss auf geeignete Materialien (Filter, Korrosionsschutz) zurückzugreifen.

Ist im Alten Mann des Karbons eine ausreichende Gebirgsdurchlässigkeit gegeben, um ein „Nachfließen“ des Wassers bei einer geothermischen Wasserentnahme abzusichern?

Die Gebirgsdurchlässigkeit kann nur über die Ergebnisse der Pumpversuche im Zielhorizont der GrWM I eingeschätzt werden. Nach dem Ergebnis vom November 2006 (FELIX u. a. 2007) benötigte das Grubenwasser fast 14 Tage, um die während des Pumpversuches entnommene Wassermenge von ca. 40 m³ wieder auszugleichen. Diese Tatsache weist auf eine für die Zwecke der Geothermie unzureichende Gebirgsdurchlässigkeit im Karbon hin.

Ist das Grubenwasser im Schacht-/Streckensystem des Phyllitbereiches zur geothermischen Nutzung aufzuschließen?

Die Erschließung des Phyllitbereiches für die geothermische Nutzung bietet sich an, weil die Standsicherheit des Grundgebirges offene Hohlräume zur Folge hat und somit eine gute hydraulische Kommunikation zu erwarten ist. Die günstigste Aufschlussstelle ist der Bahnhof des Füllortes des Karl-Liebknecht-Schachtes (FELIX & BERGER dieses Heft) auf der -146 m-Sohle unterhalb des Bergbaumuseums Oelsnitz mit einem Wasservolumen von ca. 28.000 m³ (BEYER 1974) und alle damit hydraulisch kommunizierenden Strecken im östlichen Grubenbereich (Gesamtwasservolumen ca. 82.000 m³). Dieser Bereich tangiert die Versorgungsgebiete 6 und 7 (Abb. 3).

Eine weitere Aufschlussmöglichkeit stellen die Auffahrungen im zentralen Phyllittrücken im Bereich zwischen Waldesruh und ehemaligem Deutschland-Schacht dar. Die Volumina der hier in Frage kommenden hydraulisch miteinander kommunizierenden Strecken liegen zwischen ca. 1.4000 bis ca. 178.300 m³. Diese Bereiche tangieren die Versorgungsgebiete 1 bis 4.

Aufgrund der relativ kleinen Volumina wird nur der Versorgungsbereich 1 mit dem relativ größten potenziellen Hohlraumvolumen (15.500 bzw. 18.300 m³) betrachtet.

Gibt es in unmittelbarer Nähe der möglichen Entnahmestellen potenzielle Geothermie-Nutzer?

Die Stadt Oelsnitz/Erzgebirge hat für eine mögliche geothermische Nutzung mehrere kommunale Flächen ausgewiesen. Ein schließlich einer kommunalen Fläche in Gersdorf lassen sich folgende 9 potenzielle Versorgungsgebiete aushalten (Abb. 3).

Für das Versorgungsgebiet 9 könnte nach Abschluss des Grubenwasseranstiegs im Revier eine Grubenwasseraustrittsmenge von 30 m³/h erreicht werden. Allerdings ist diese Annahme von der hydraulischen Durchlässigkeit an der zukünftigen Austritts- bzw. Entnahmestelle abhängig und bislang unsicher.

Ausgehen von der Beantwortung o. g. Fragen, der Berücksichtigung des Zielentwässerungsniveaus von ca. +320 m NN und der aus dem Grubenwasseranstiegsmodell ableitbaren Zeitschienen kommt nur eine begrenzte Anzahl von Nutzungsszenarien in Frage.

Geothermische Grubenwassernutzungsszenarien

Für die Versorgungsgebiete 1, 6 bzw. 7 und ggf. 9 sind 4 Grubenwasser-Geothermie-Szenarien denkbar.

Szenario 1 (Versorgungsgebiete 6 oder 7, Entnahme Grubengebäude, Ableitung in den Oelsnitzer Hegebach)

Dieses Szenario beinhaltet die geothermische Nutzung des Grubenwassers der standsicheren bergmännischen Hohlräume im Phyllit für das Versorgungsgebiet 6 bzw. 7 über eine Bohrung in den Füllort des Karl-Liebknecht-Schachtes (Abb. 4) und Ableitung in den Oelsnitzer Hegebach. Vorteil dieses Szenarios wäre die Entwässerung des Grubengebäudes und der Ausschluss der Gefahr eines unkontrollierten oberflächigen Wasseraustritts. Die Nachteile beständen in der Notwendigkeit der Überwindung einer Höhendifferenz von ca. 450 m durch leistungsfähige Pumpen, in der sofortigen Errichtung einer Grubenwasseraufbereitung im Oelsnitzer Hegebachtal einschließlich ca. 2 km Wasserleitung und in der Begrenzung der Wasserentnahmemenge auf ca. 30 m³/h (Grundwasserneubildung).

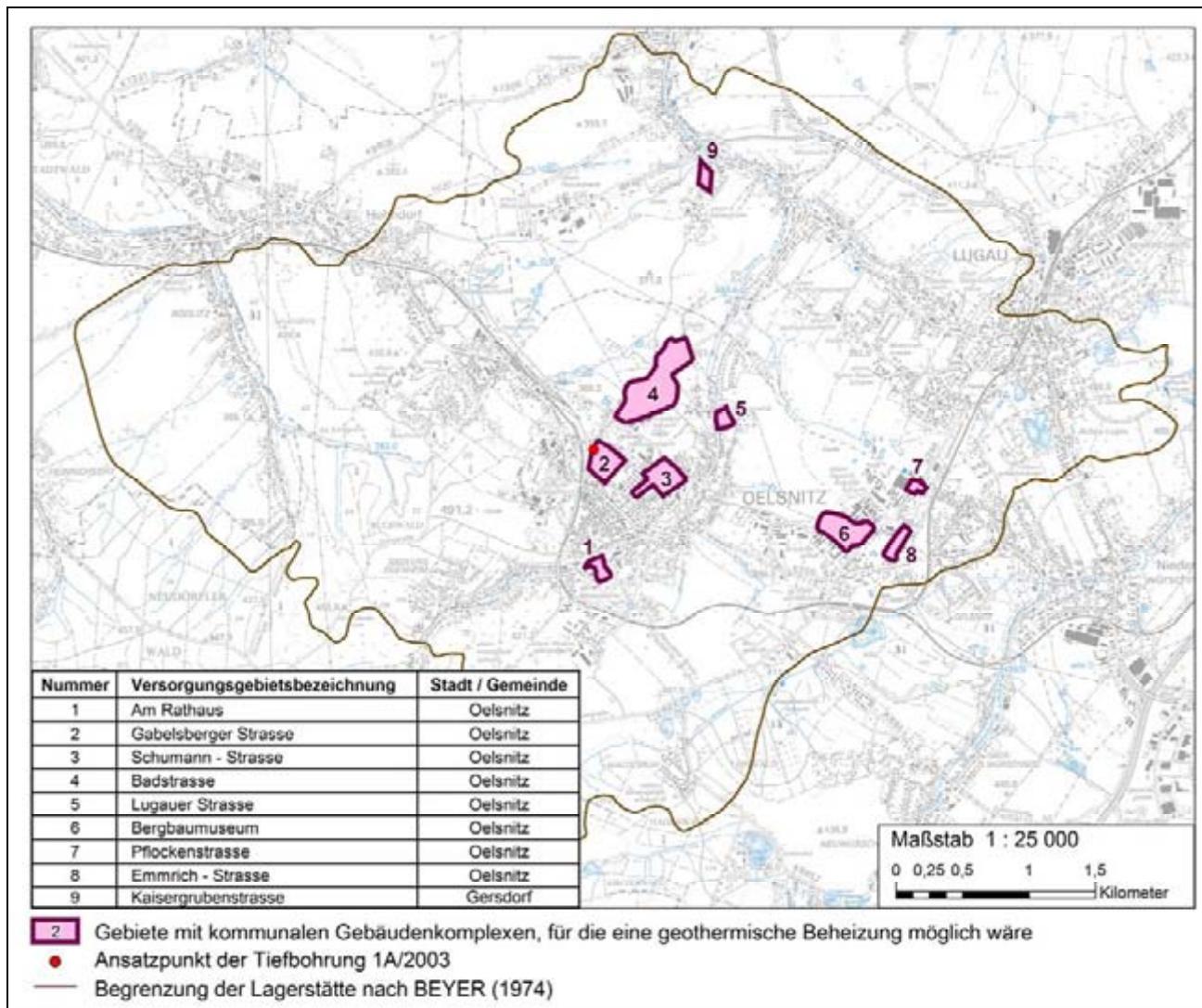


Abb. 3: Versorgungsgebiete für eine potentielle geothermische Nutzung der Grubenwässer

Geobasisdaten: © 2006, Landesvermessungsamt Sachsen (Erlaubnis – Nr. 151 – 04)

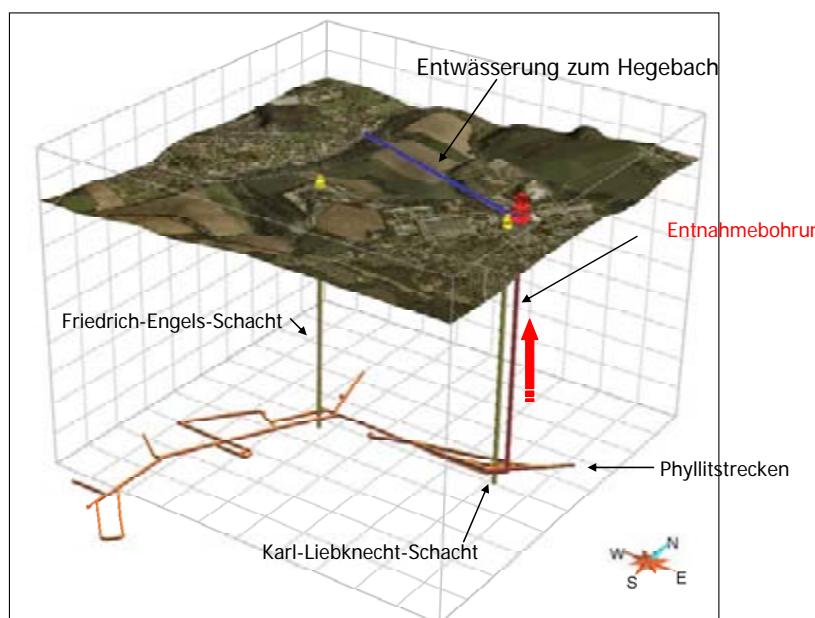
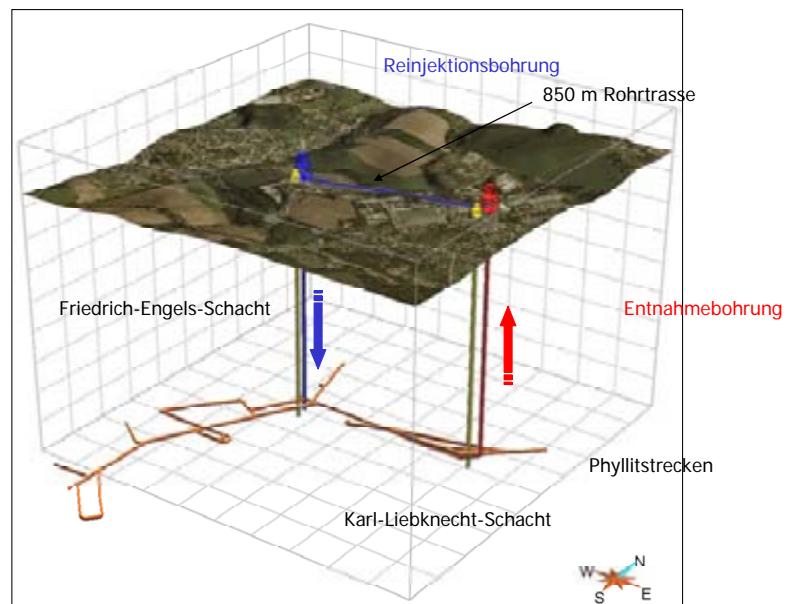


Abb. 4:
Geothermische Grubenwassernutzungsszenario 1 (SE-Sicht, erstellt Paradigm™ GOCAD®)

Szenario 2 (Versorgungsgebiete 6 oder 7, Entnahme/Reinjektion Grubengebäude)

Dieses Szenario beinhaltet ebenfalls die geothermische Nutzung des Grubenwassers der standsicheren bergmännischen Hohlräume im Phyllit für das Versorgungsgebiet 6 über eine Bohrung in den Grossfüllort des Karl-Liebknecht-Schachtes. Im Unterschied zu Szenario 1 erfolgt hier eine Reinjektion des Wassers in das Grubengebäude an einer „ausreichend“ entfernten Stelle über eine weitere Bohrung (Abb. 5). Die Umsetzung des geothermischen Nutzungsszenarios 2 hätte den Vorteil, dass sich hier ggf. die Interessen des Freistaates (mittelfristige Errichtung einer 2. GrWM im E-Grubenfeld) und die Interessen der potenziellen Nutzer des Versorgungsgebietes 6 bzw. kombinieren lassen würden. Mögliche weitere GrWM könnten im Rahmen dieser Szenarios gleich als Förder- oder als Schluckbohrung projektiert werden. Der Nachteil dieses Szenarios besteht darin, dass 2 Bohrungen niedergebracht werden und außerdem noch eine ca. 140 bzw. 840 m lange Leitung von der Entnahmestelle zur Reinjektionsbohrung gelegt werden müssten.

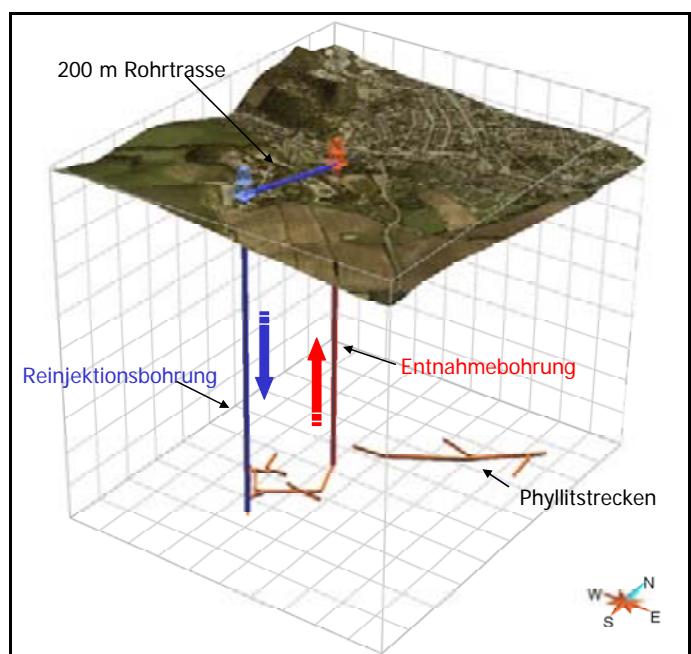
Abb. 5:
Geothermische Grubenwassernutzungs-
szenario 2 (SE-Sicht, erstellt Paradigm™
GOCAD®)



Szenario 3 (Versorgungsgebiet 1, Entnahme/Reinjektion Grubengebäude)

Das Szenario beinhaltet die Entnahme des Grubenwassers aus einem der beiden hydraulisch zusammenhängenden Streckenbereiche „Mitteloelsnitz“ bzw. „Vereinsglück-Schacht“ und deren Reinjektion (Abb. 6).

Abb. 6:
Geothermische Grubenwassernutzungsszenario 3 (er-
stellt mit Paradigm™ GOCAD®)



Szenario 4 (Versorgungsgebiet 9, natürliche Entwässerung Grubengebäude, Ableitung Hegebach)

Dieses Szenario beinhaltet die geothermische Nutzung des Grubenwassers im Bereich des Kaisergruben-Schachtes II für das Versorgungsgebiet 9 und die Einleitung in den Oelsnitzer Hegebach nach Behandlung in einer ggf. neu zu errichtenden Grubenwasseraufbereitung in Gersdorf (Abb. 7). Vorteil dieses Szenarios ist es, dass die „natürliche“ Entwässerung des Grubengebäudes genutzt werden kann und somit keine Pumpkosten anfallen würden.

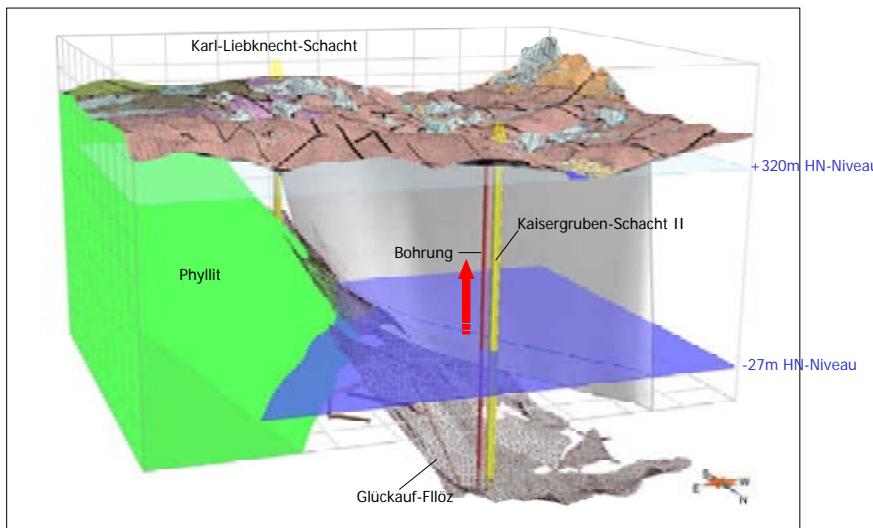


Abb. 7:
Geothermisches
Grubenwasserszenario 4 (erstellt mit
Paradigm™ GOCAD®)

Der Nachteil besteht in der Tatsache, dass eine geothermische Nutzung frühestens nach Abschluss des Grubenwasseranstiegs möglich wäre. Das Szenario setzt eine Bohrung oder die Sanierung einer Schachtsäule zur Herstellung einer ausreichenden hydraulischen Verbindung zu den Abbaubereichen und die oberflächennahe Installation der entsprechenden Grubenwasserleit- und ggf. Grubenwasseraufbereitungstechnik voraus.

Schlussfolgerungen

Unter Berücksichtigung des 2009 erreichten Flutungsstandes ist eine geothermische Erschließung des Grubengebäudes über das Wärmeträgermedium Grubenwasser gegenwärtig nicht wirtschaftlich möglich.

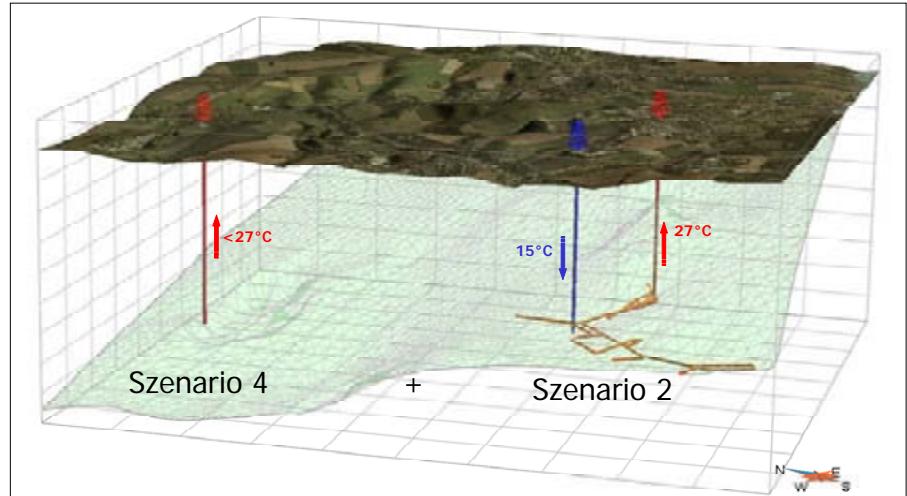
Die hohen Investitionskosten für die Förder- und Schluckbohrungen bzw. die Einleitung in den Vorfluter und insbesondere die hohen Pumpkosten für die Überwindung der ca. 400 m Höhendifferenz bis an die Tagesoberfläche würden zu einem Fernwärmepreis führen, der wesentlich über dem gegenwärtig absetzbaren Fernwärmepreis von 90-110 €/MWh liegen würde. Die geothermische Grubenwassernutzung kommt erst in den Bereich der Wirtschaftlichkeit, wenn das Flutungsniveau den Oberflächenbereich erreicht hat. Allerdings ist entsprechend den jetzigen Modellvorstellungen (FELIX & ECKARDT dieses Heft) der Grubenwasserstand von +320 m erst im Jahr 2033 erreicht.

Um eine ausreichend gute hydraulische Verbindung zu schaffen, ist allerdings auch bei mittel- bzw. langfristiger Umsetzung ein direkter Aufschluss zum Abbaubereich im Phyllit zu schaffen.

Deshalb sollte bei der Errichtung möglicher weiterer Grubenwassermessstellen bzw. der Durchführung möglicherweise notwendiger weiterer Schachtsanierungen eine spätere geothermische Nutzung des Grubenwassers schon mit berücksichtigt werden.

Die Nutzung des geothermischen Potenzials des Grubenwassers im Lugau/Oelsnitzer Steinkohlenrevier könnte sich mittel- bis langfristig entsprechend Abb. 8 gestalten.

Abb. 8:
**Mittel- bis langfristig denkbare geo-
 thermische Grubenwassernutzung
 (erstellt mit Paradigm™ GOCAD®)**



Literaturverzeichnis

- BEYER, C. u. a. (1974): Bergschadenskundliche Analyse „Lugau/Oelsnitz“. - Unveröff., VEB Baugrund Berlin, Produktionsbereich Zwickau & VEB Steinkohlenwerk Oelsnitz, Zwickau, Archiv Oberbergamt; Freiberg.
- ECKART, M. & UNLAND, W. (2005): Aufbau eines Grubenwasserwiederanstiegsmodells für das Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz, Teil II. - Unveröff. Bericht, DMT GmbH, Essen.
- FELIX u. a. (2007): Bergbaufolgen im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz unter besonderer Berücksichtigung des Grubenwasseranstiegs“ - Abschlussbericht. - Unveröff. Bericht, Archiv LfUG, Freiberg.
- HEITFELD, M., ROSNER, P., SCHETELIG, K., SAHL, H. (2006): Nutzung aufgegebener Tagesschächte des Steinkohlenbergbaus für die Gewinnung von Erdwärme. - Glückauf 142 (2006) Nr. 10, S. 432 bis 438.
- LÖBEL, K.-H. (2005): Bestimmung der Senkungsvolumina im ehemaligen Steinkohlenbergbaurevier Lugau/Oelsnitz für den Zeitraum vor 1900. - TU Bergakademie Freiberg, Sektion Markscheidewesen und Geodäsie, unveröff. Bericht, Archiv LfUG, Freiberg.
- MÖLLMANN, G., WAGNER, ST. (2007): „Zur geothermischen Nutzbarkeit des Grubenwassers im Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz“. - Unveröff. Bericht, Geothermie Neubrandenburg GmbH, TU BAF, Neubrandenburg/Freiberg 2007

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

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

Redaktion:

Abteilung Geologie

Manfred Felix, Hans-Jürgen Berger, Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg

Telefon: +49 3731 294-220, +49 3731 294-124

Telefax: +49 3731 294-201

E-Mail: manfred.felix@smul.sachsen.de, hans.juergen.berger@smul.sachsen.de

Unter Mitwirkung von:

Torsten Abraham

Steffen Doehner

Harry Döring

Michael Eckart

Marcus Frenzel

Sascha Görne

Thomas Hertwig

Klaus Hoth

Christine Junghanns

Christoph Klinger

Uwe Köhler

Christina Lausch

Reiner Lobst

Karl-Heinz Löbel

Gerd Möllmann

Andreas Neef

Volker Scherer

Antje Sohr

Sophie Starke

Henry Steinborn

Steffen Wagner

Sabine Willscher

Redaktionsschluss:

30.06.2010

Auflagenhöhe:

1000 Explare

Druck:

Druckfabrik Dresden GmbH, Breitscheidstraße 45, 01156 Dresden

Papier:

Gedruckt auf 100 % Recycling-Papier

ISSN:

0863-2200

Bezug:

Diese Druckschrift kann zum Preis von 12,50 Euro + 2,00 Euro Nachnahmegebühr bezogen werden bei:

Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung

Hammerweg 30, 01127 Dresden

Telefon: +49 351 2103-671

Telefax: +49 351 2103-681

E-Mail: publikationen@sachsen.de

www.publikationen.sachsen.de

Verteilerhinweis

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

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Copyright

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

**Herausgeber:**

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

Redaktion:

Abteilung Geologie
Manfred Felix, Hans-Jürgen Berger
Halsbrücker Str. 31 a, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 294-220, +49 3731 294-124
Telefax: +49 3731 294-201
E-Mail: manfred.felix@smul.sachsen.de,
hans.juergen.berger@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:

30.06.2010

Auflagenhöhe:

1.000 Exemplare

Druck:

Druckfabrik Dresden GmbH
www.druckfabrik-dresden.de

Papier:

Gedruckt auf 100 % Recycling-Papier

ISSN:

0863-2200

Bezug:

Diese Druckschrift kann zum Preis von 12,50 Euro +
2,00 Euro Nachnahmegebühr bezogen werden bei:
Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung
Hammerweg 30, 01127 Dresden
Telefon: +49 351 2103-671
Telefax: +49 351 2103-681
E-Mail: publikationen@sachsen.de
www.publikationen.sachsen.de