

GeoMAP Final Conference

Freiberg 23.04.2021

Welcome! Willkommen! Vítejte!



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



GeoMAP Final Conference

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Kooperationsprogramm – Cooperation Program

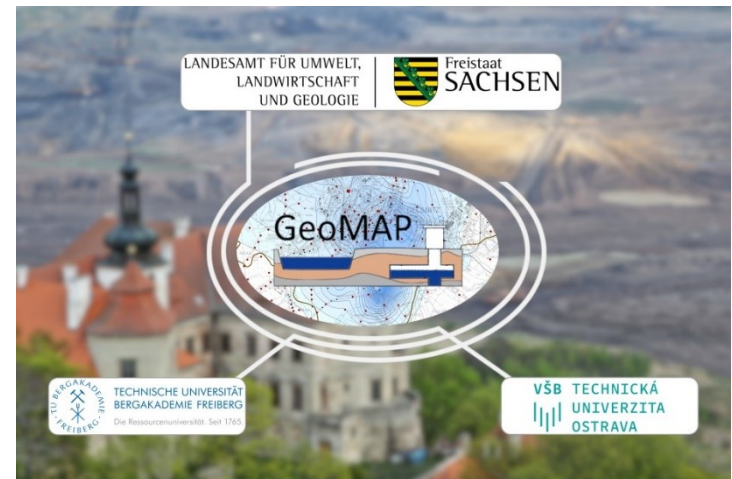


Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

- Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen - Tschechische Republik 2014-2020
- Prioritätsachse: Verbesserung der institutionellen Kapazitäten von öffentlichen Behörden und Interessenträgern und der effizienten öffentlichen Verwaltung
- Projektantrag 03/2018
- Zuwendungsvertrag 10/2018
- Verlängerungsvertrag: 11/2020
- Projektdauer: 01/2019 – 06/2021



832.647,84 € (Fördermittel der EU)
979.585,71 € (Gesamtsumme)



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



Ausgangslage - Initial position

- I Bereits laufende Sanierung und Nachnutzung in den Bergbaufolgeregionen Sachsens und Nordböhmens
- I Trotz der sich stetig fortentwickelnden Wissensbasis nach wie vor **offene Fragen zu den Wirkmechanismen**
- I Die **Erfassung, Modellierung und Visualisierung** ist wesentliche Voraussetzung für nachfolgende Sanierungs- und Rekultivierungsmaßnahmen
- I Möglichkeiten der **energetischen Nachnutzung von Grubenwässern** als grenzüberschreitendes Thema



*Exkursionsteilnehmer beim GeoMAP-Workshop in Oelsnitz am Vertrauen-Schacht.
Excursion participants during the GeoMAP workshop in Oelsnitz visiting the shaft "Vertrauen-Schacht".*

Foto: Sylvi Hädecke

Zielstellung – Objectives

- I Fokus: auf die **Hinterlassenschaften** des Bergbaus, insbesondere des **Kohlebergbaus** in den Regionen Erzgebirge und Nordböhmen
- I **Verbesserung der Datenbasis** zum Untergrund (Geologie, Hydrogeologie, Tektonik, Ausdehnung des Bergbaus, Grubenwasser)
- I Information der Kommunen, Behörden, Öffentlichkeit: **Schaffung eines verbesserten Verständnisses** der Bergbaufolgen
- I **Erfahrungsaustausch** zu wissenschaftlichen Erkenntnissen und **neuen Lösungsansätzen** (z.B. neue Verfahren)
- I **Verbesserung der natürlichen Lebensbedingungen** im gemeinsamen Grenzraum und Etablierung neuer Arbeitsfelder, z.B. durch aktive Imagepflege für die Regionen
- I Geothermische Nutzung des Grubenwassers

Vorgängerprojekte – Previous Projects

I VODAMIN (2010-2014):

- I Verbesserung der Wassergüte in Bergbaugebieten
- I Lugau/Oelsnitz: Schwerpunktregionen



I VODAMIN 2 (2016-2020):

- I Schutz der Qualität des Oberflächen- und Grundwassers
- I Schadstoffpotenzial und Nutzungspotenzial von Bergbau-
gewässern



I Vita-Min (2016-2021):

- I Gewässerbelastungen durch den Bergbau -
Lösungsmöglichkeiten und Vermeidungsstrategien
- I Schwerpunktregionen: Most (Braunkohle) und
Lugau/Oelsnitz (Steinkohle)



GeoMAP Final Conference

LANDSCHAFTS- UND
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Untersuchungsgebiete und Handlungsfelder Areas of Investigation and current Actions

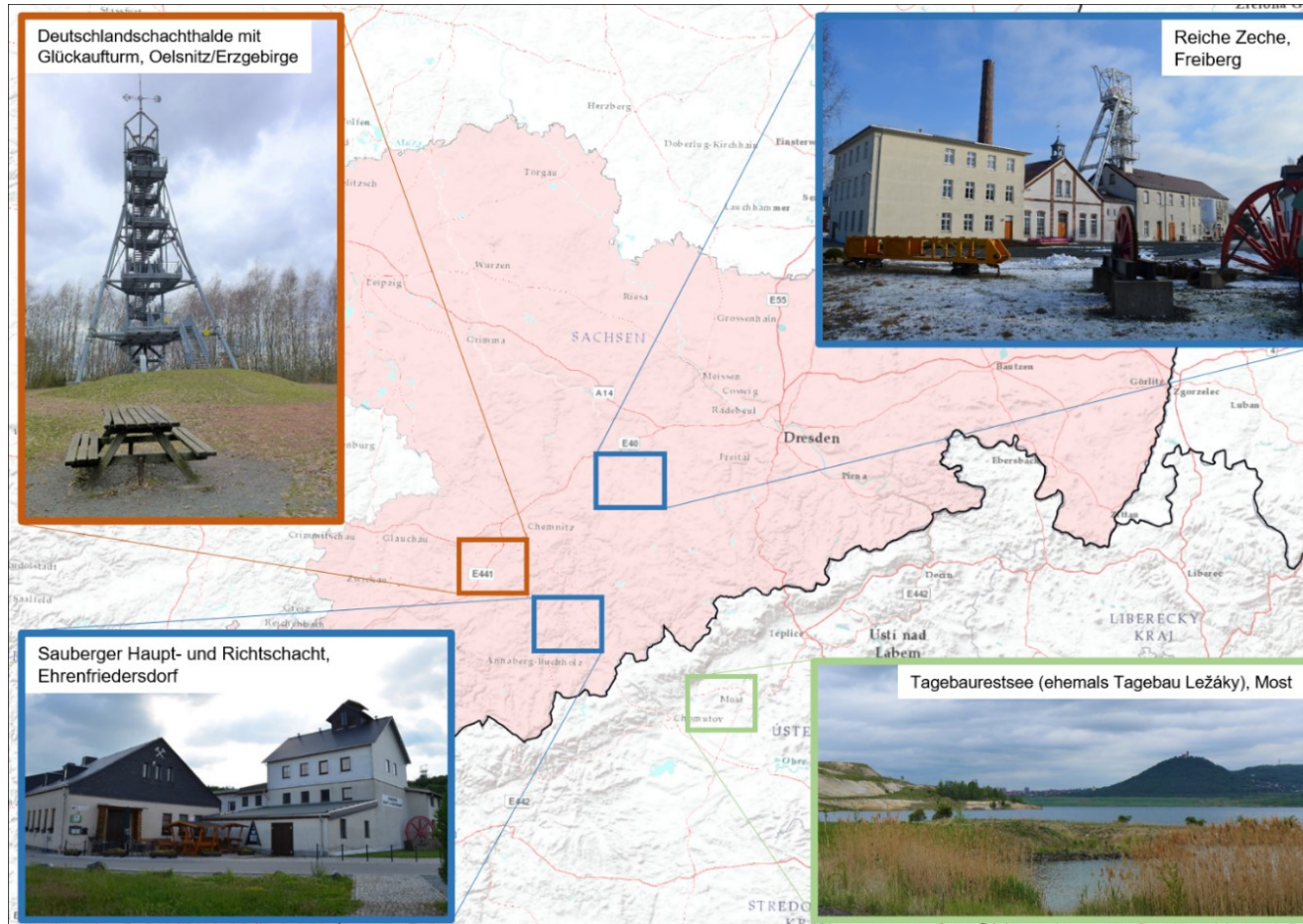


Abbildung:
GeoMAP-
Modellregionen
GeoMAP
model regions
(Quelle: GeoMAP
Projektband 2021)



Erfahrungsaustausch – Exchange of Experience

- Geologische, hydrogeologische und geomechanische Modellierungs-, Visualisierungs- und Prognosewerkzeuge zur Darstellung von Bergbaufolgen und Nachnutzungspotenzialen



Mobile heat pump pilot rig, developed at the Department for Technical Thermodynamics.

Foto: Lukas Oppelt



Demonstration of a monitoring well camera drive at Lake Most during the GeoMAP-Workshop at 15 May 2019

Foto: Sylvi Hädecke



Visit at the laboratory for rock mechanics of the TU Freiberg during the GeoMAP-Workshop at 08 October 2019

Foto: Priscilla Ernst

Zielgruppen – Target Groups

- Universitäten und Forschungseinrichtungen
- Behörden, staatliche Verwaltung
- Kommunale und regionale Verwaltung
- Fachexperten, Industrie, Investoren
- Interessenverbände, Vereine mit Bezug zu Bergbau und Nachnutzung
- politische Akteure, interessierte Öffentlichkeit



Posterpräsentation bei der 11. Bergbau-konferenz in Oelsnitz/Erzgeb.
Poster session during the 11th Mining Conference in Oelsnitz/Erzgeb.
Foto: S. Hädecke



GeoMAP-Netzwerkarbeit während der BER 2019 in Bochum
GeoMAP Networking during BER Conference 2019 in Bochum
Foto: M. Ussath

Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft
und Geologie



GeoMAP-Team 2019 bis 2021



GeoMAP: Final Conference

Projektvorstellung

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



Inhaltsverzeichnis / Table of Content

- Projektaufbau und -partner
 - Laufzeit
 - Modellgebiete
- Ziele
 - Arbeitspakete
- Netzwerkarbeit

GeoMAP: Final Conference

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Projektaufbau und -partner

EU- Fördermittel (EFRE) - “Hallo Nachbar”



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

■ Laufzeit: 01/2019 – 06/2021

■ Die Projektpartner

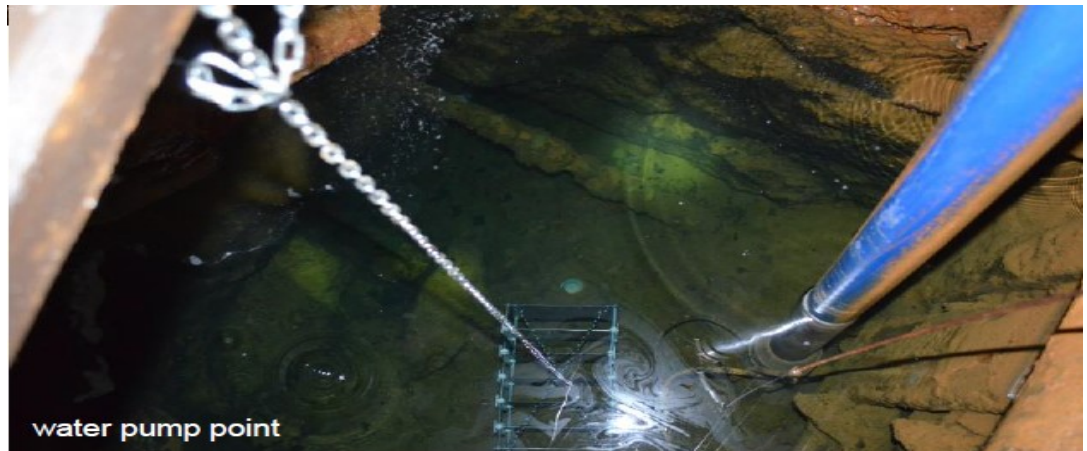
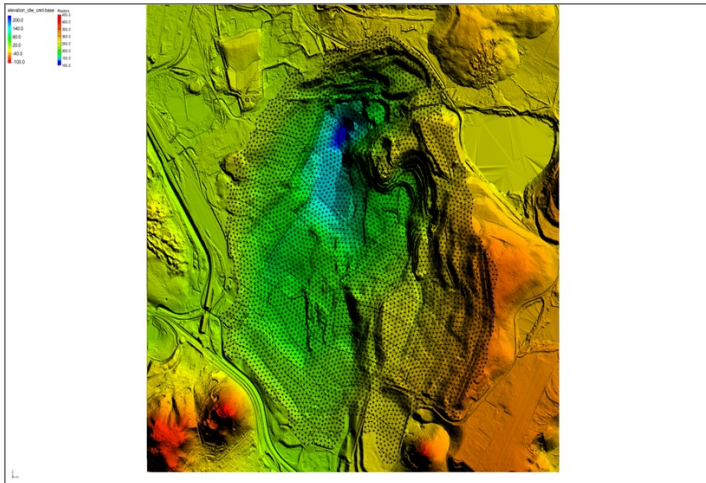
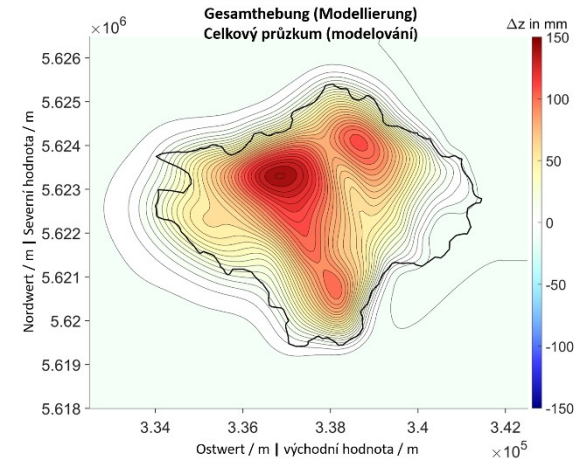
- LfULG Referat Hydrogeologie
- TU Bergakademie Freiberg
 - Institut für Geotechnik
 - Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik
- TU Ostrava
 - Institut für saubere Technologien im Bergbau und in der Verwertung von Energierohstoffen



GeoMAP: Final Conference

Projektaufbau und -partner Was machen wir?

- I Bergbaufolgen und Nachnutzungspotenziale
 - I Datenerfassung und Auswertung
 - I Nutzung von Grubenwässern



Picture source GeoMAP Project volume: Top - Total ground lifting model
Bottom left: 3D Model of Lake Most, Right: Water pump point in a mine

GeoMAP: Final Conference

Projektziele

Arbeitspakete

- AP 1 - Partnerworkshop
 - 5 Partnerinterne Workshops + Exkursionen
- AP 2 - Fachkonferenzen
 - 4 öffentliche Konferenzen
- AP 3 - Anschauungsobjekte
 - konzeptionelle Teilprojekte
- AP 4 - Netzwerkarbeit



Picture upper left: Workshop in Freiberg

Bottom left: 1. Conference

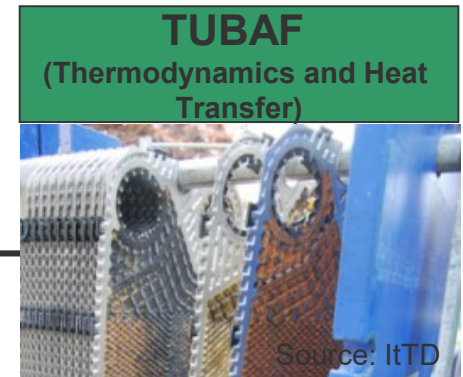
Right: Excursion – Graduation house in Oelsnitz

GeoMAP: Final Conference

Projektziele

Die Anschauungsobjekte (AP 3)

- Medienstation
„Bergbaufolgen“ im
Bergbaumuseum Oelsnitz
- Mobile
Wärmeübertrageranlage
- Feldlabor/Lehrraum
Braunkohlenrevier
Nordböhmen

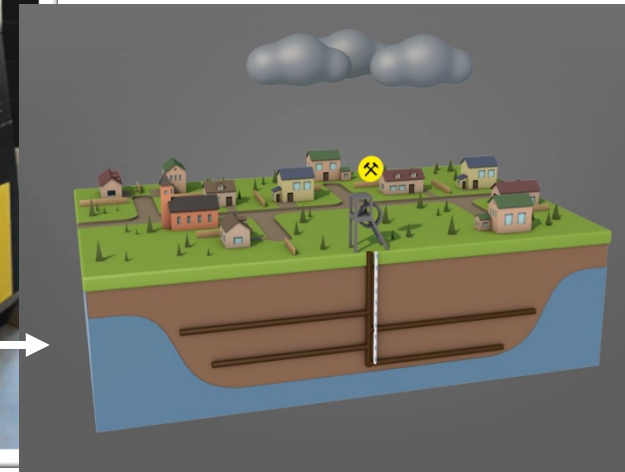


GeoMAP in the Exhibition „KohleBOOM“ in Mining Museum Oelsnitz/Erz.

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

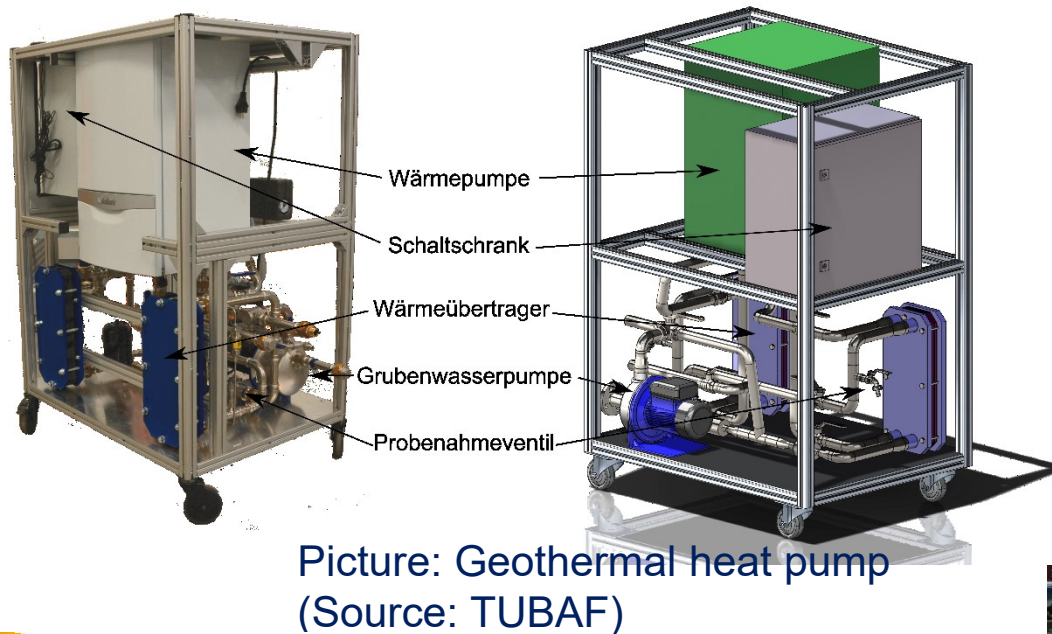


Freistaat
SACHSEN



GeoMAP: Final Conference

Anschauungsobjekt – Mobile Wärmeübertrageranlage (TUBAF- Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik)



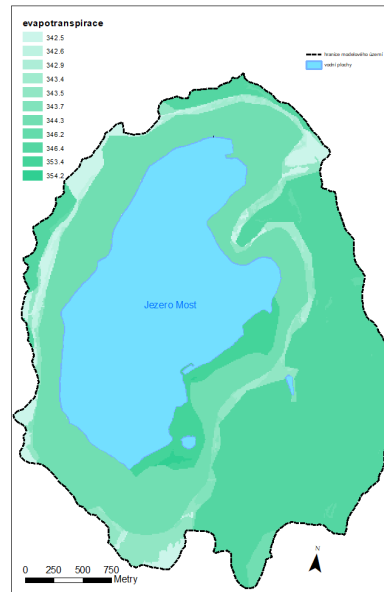
Picture: Mine Reiche in
Freiberg (Source: TUBAF)



GeoMAP: Final Conference

Anschauungsobjekt: Feldlabor in Mariánské

- I Feldlabor/Lehrraum PKÚ-
Zweigstelle Důl Kohinoor in
der Gemeinde Mariánské
Radčice, direkt auf dem
Gelände eines ehemaligen
Bergwerks in der
Bergbaulandschaft
Nordböhmens



Picture: Right-Fieldwork in Marianske
Left: Evapotranspiration Lake Most
(Source: TU Ostrava)

GeoMAP: Final Conference



Netzwerkarbeit

- Akademisches Kooperationsnetzwerk
 - Studentenaustauschprogramm
 - Zusatzzertifikat “Ingenieur/in für erneuerbare Energien und Ressourcenmanagement”
- Kommunales Netzwerk
 - Erweiterung und Stärkung des Netzwerkes betroffener Kommunen
- Überkommunales Netzwerk
 - Fachgespräche
 - Beiträge bei den Fachkonferenzen und Workshops



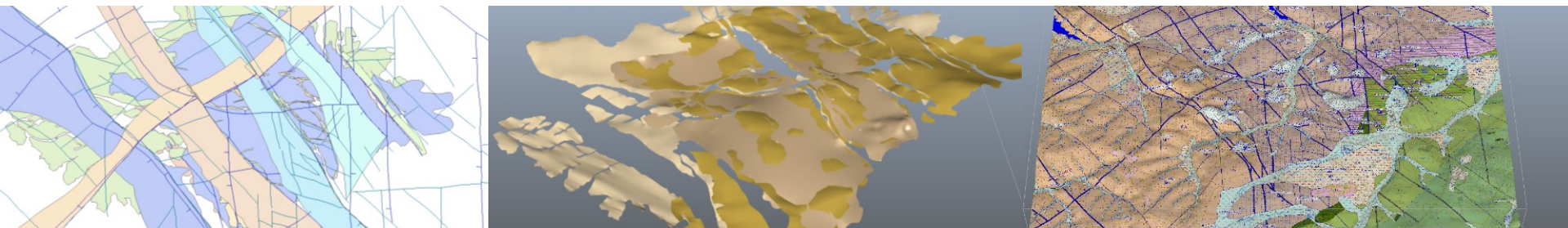


Thank you – Děkuju – Vielen Dank

GeoMAP Closing Conference

3D-Untergrundmodell von Lugau/Oelsnitz – Neubewertung und Aktualisierung bezogen auf aktuelle Fragestellungen des Nachbergbaus

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz – Revaluation and updating for current tasks of post mining



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz – Revaluation and updating for current tasks of post

- Lokale Bedingungen und bisherige Bestrebungen/
Local conditions and efforts
- Herausforderungen und Ziele in GeoMAP/
Challenges and aims in GeoMAP
- Ergebnisse und Schlussfolgerungen/
Results and conclusion



3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

- Lokale Bedingungen und bisherige Bestrebungen/
■ Local conditions and efforts



3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz – Revaluation and updating for current tasks of post mining

Lokale Bedingungen – Local Conditions

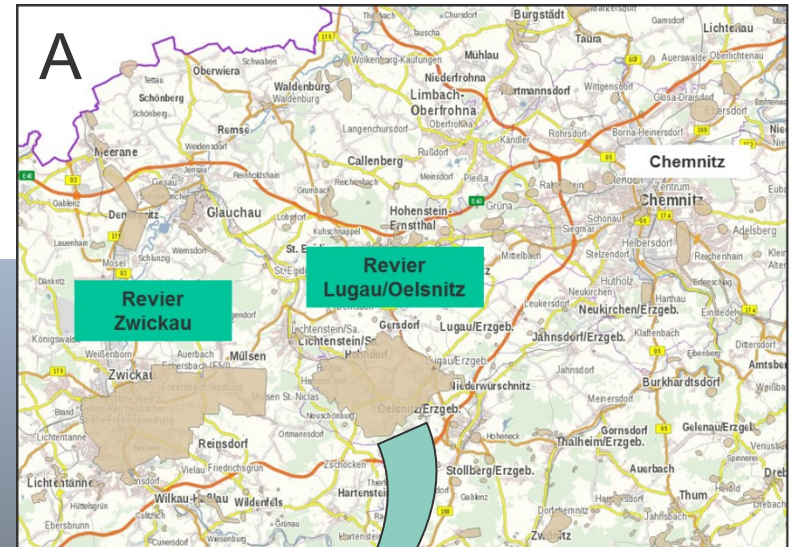


Fig.1 A) Source: Geoportal
Sachsenatlas, Hohlraumkarte
Fig. 1 B) Mining area of Lugau/
Oelsnitz in © GOCAD

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Lokale Bedingungen – Local Conditions

- I Kohleförderung 1844 -1971,
insgesamt wurden mehr als 140
Mio. Tonnen Steinkohle gefördert
- I Erschwerte Abbaubedingungen
durch Tektonik u. hohen
Gebirgsdruck
- I Starke Geländesenkungen an der
Tagesoberfläche

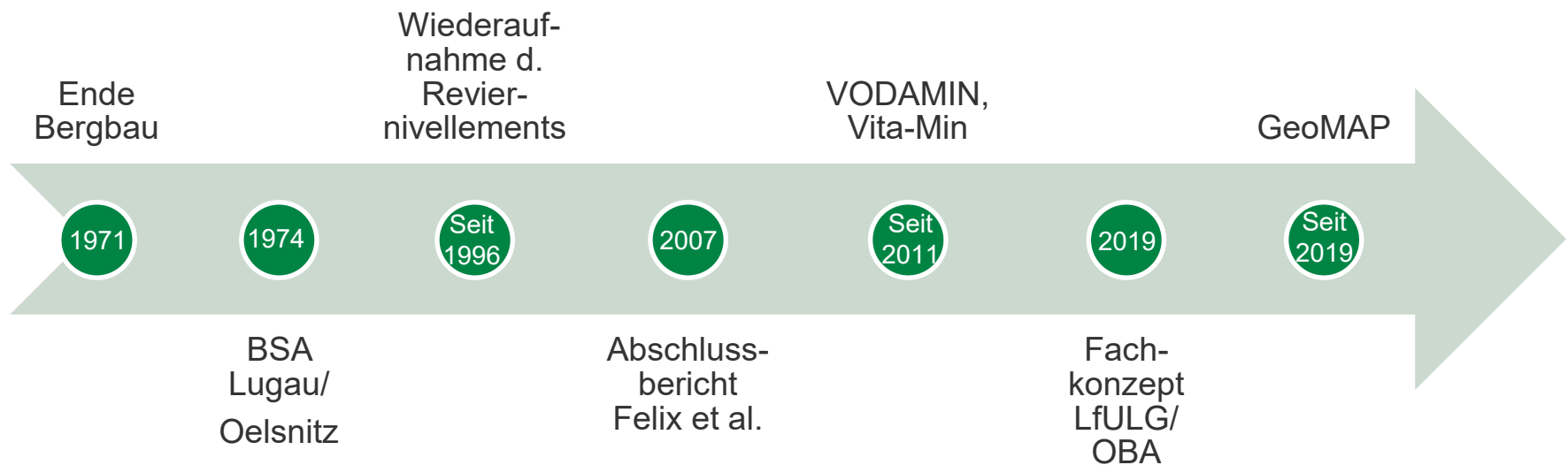
*Fig.2: Historical Pictures of the mining
district Lugau/Oelsnitz. Source:
Bergbaumuseum Oelsnitz (Erzgeb.)*



3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

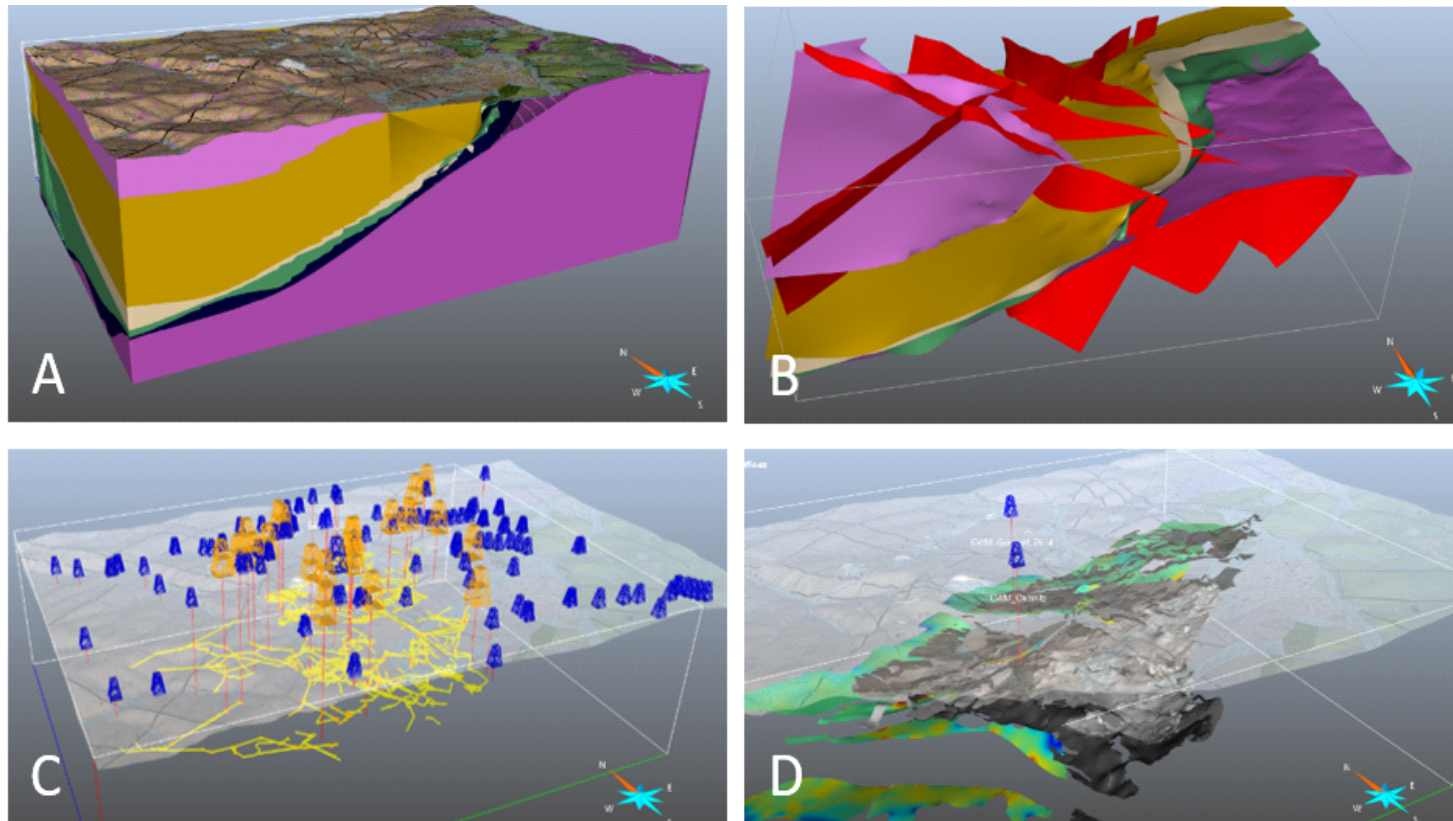
Zeitlicher Ablauf der Untersuchungen im Revier Lugau/Oelsnitz – Chronological Course of Investigation in the mining district Lugau/Oelsnitz



3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Das 3D-Ausgangsmodell – The initial 3D Model



*Fig.3: 3D model
after Steinborn
[2005]*

A: geological units
B: top of geological
units and significant
tectonic faults (red)
C: drillings (blue),
shafts (orange) &
excavations (yellow)
D: black coal seams
& minewater
measuringpoints
Oelsnitz (SW) &
Gersdorf (NE).

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

■ Herausforderungen und Ziele in GeoMAP/ ■ Challenges and aims in GeoMAP

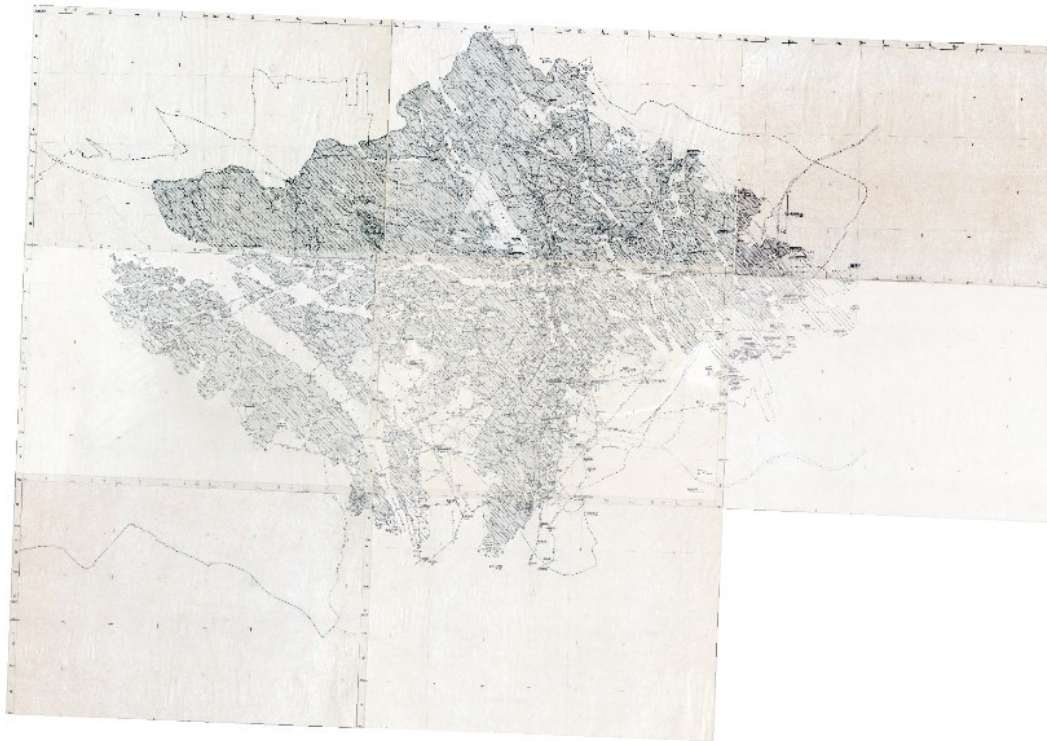


3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Datenrecherche und Dokumentation/

Data research and acquisition



- Bergarchiv
- Bergbaumuseum
Oelsnitz/Erzgeb.
- Oberbergamt
- Aufschlusssdatenbank des
LfULG

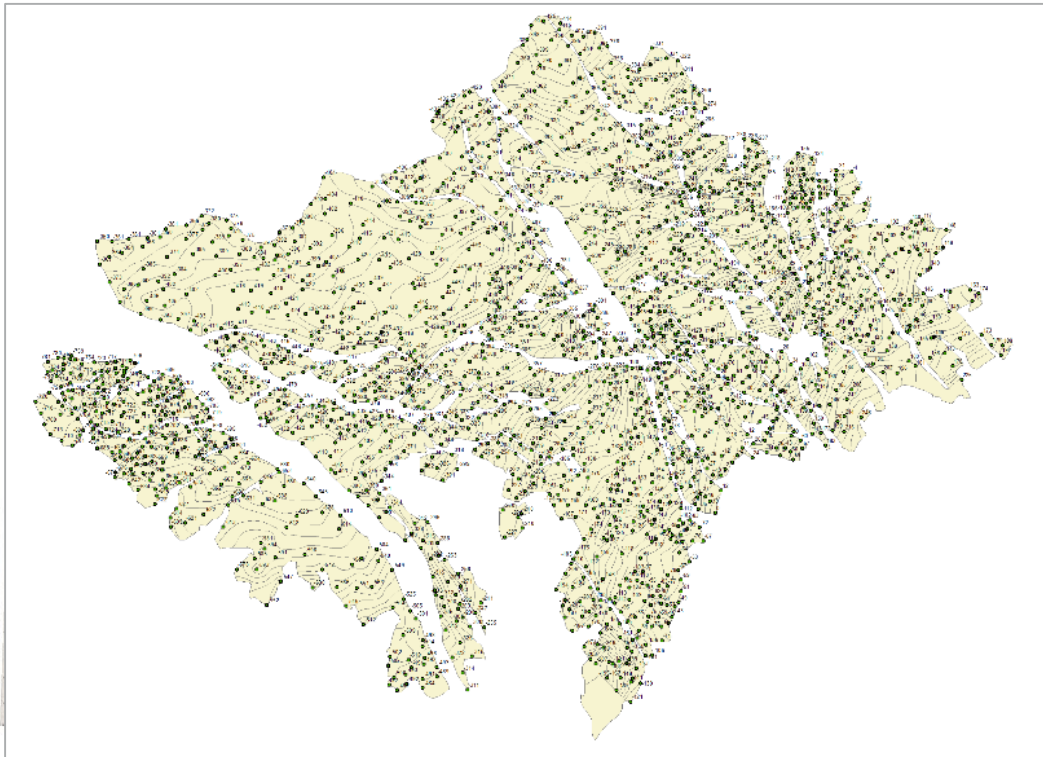
*Fig.4: Joined mining maps of the
Grundflöz, „40120 Übersichtsrisse“,
Source: SächsStA-F Bestand 40120*

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Datenrecherche und Dokumentation/

Data research and acquisition



Digitalisierung und Abgleich der
Quellen mit dem digitalen
Datenpool:

- Bohrdatensätze d.
Aufschlussdatenbank
- GeoMAP Datengrundlage in
ArcMAP
- 3D-Visualisierung in GOCAD

*Fig.5: ArcGIS view of the 'Grundflöz'
mining area*

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Schwerpunkte für die Bearbeitung des 3D-Modells

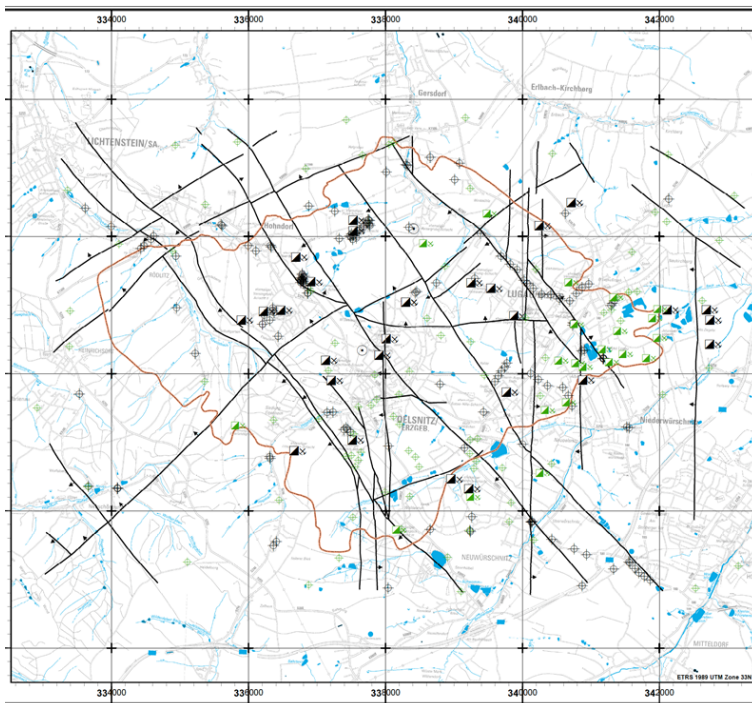
Key aspects for editing the 3D model

- I Zusammenfassung und Ergänzung aller Bohrungen und Schächte aus der Aufschlusssdatenbank
- I Abgleich der bereits in GIS aufgearbeiteten Flözverbreitungskarten mit den gescannten, georeferenzierten Übersichtsrissen
- I Abgleich der Bohrungen und Schächte mit den geologischen Schnitten A, B und 8 aus Felix et al. [2007, Anlage 5, 6 und 25]
- I Abgleich der geologischen Schnitte mit dem bestehenden 3D-Modell
- I Rekonstruktion des Modellierungsprozesses nach Steinborn [2005] an ausgewählten geologischen Elementen

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

- ✓ Zusammenfassung und Ergänzung aller Bohrungen und Schächte aus der Aufschlusssdatenbank



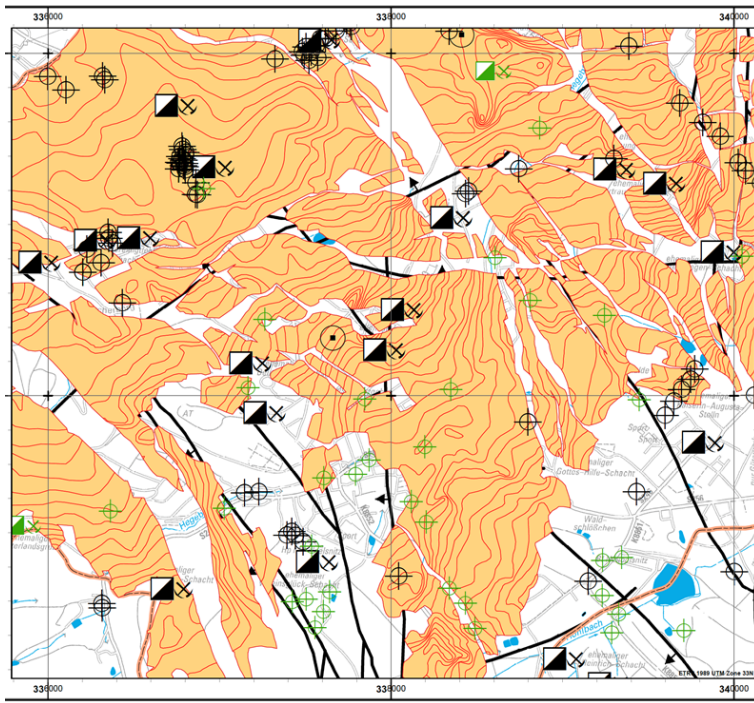
- Bereits im Modell realisierte Bohrungen (in Abb. schwarz)
- Bohrungen zur Ergänzung (grün)
- Div. Datenquellen (Aufschlusssdatenbank, Archivunterlagen, ArcGIS shapes) für die Database “GeoMAP Datengrundlage”

Fig.7: ArcGIS view of the mining area.

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

- ✓ Abgleich der bereits in GIS aufgearbeiteten Flözverbreitungskarten mit den Übersichtsrissen



georeferenzierte Informationen des Übersichtsrisswerkes zu:

- Verbreitung, Teufe, Mächtigkeit der abgebauten Flöze
- Störungsverläufe in den Abbaubereichen

Bisher nicht digital erfasst: lokal angewendete Versatzart

Fig.7: ArcGIS view of the Grundflöz.

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

✓ Abgleich der Bohrungen und Schächte mit geologischen Schnitten aus Felix et al. (2007)

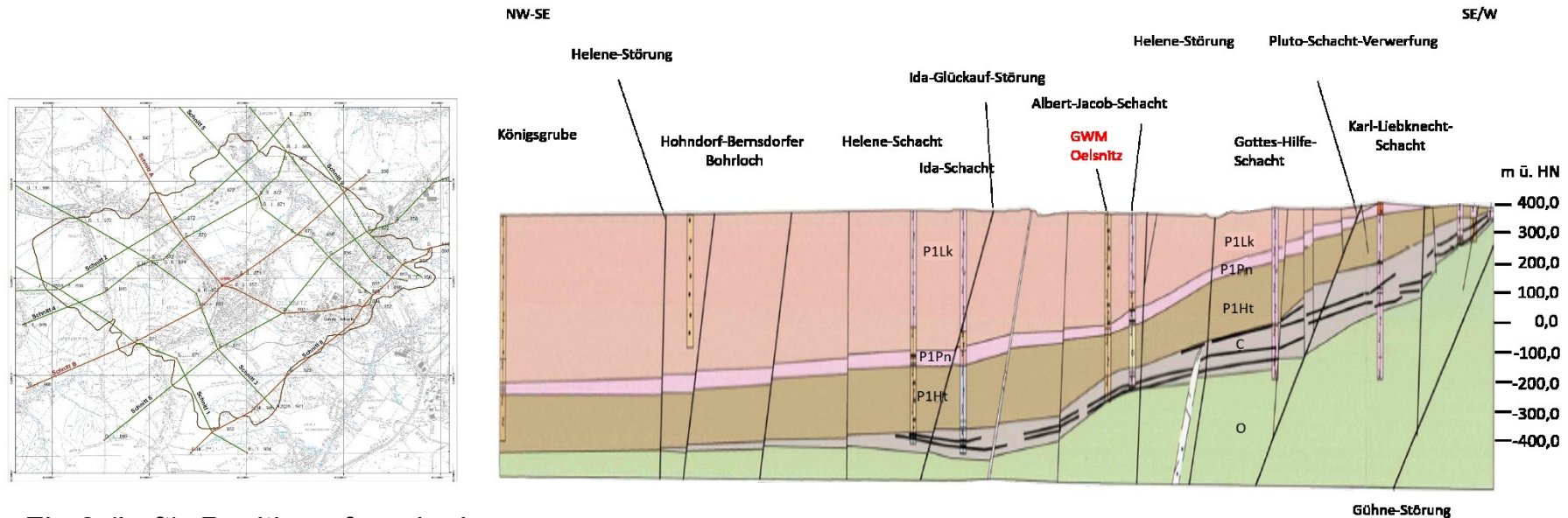


Fig.8 (Left): Position of geologic
2007, 17 mod.).

Fig. 9 (Right): Geological intersection A, nach Anlage 5 (Source: Felix et al. 2007, mod.)
Legend: P1Lk – Leukersdorf-Formation, P1Pn – Planitz-Formation, P1Ht – Härtensdorf-Formation,
C – Oberkarbon, O – Grundgebirge

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

✓ Abgleich der Profilschnitte mit dem bestehenden 3D-Modell

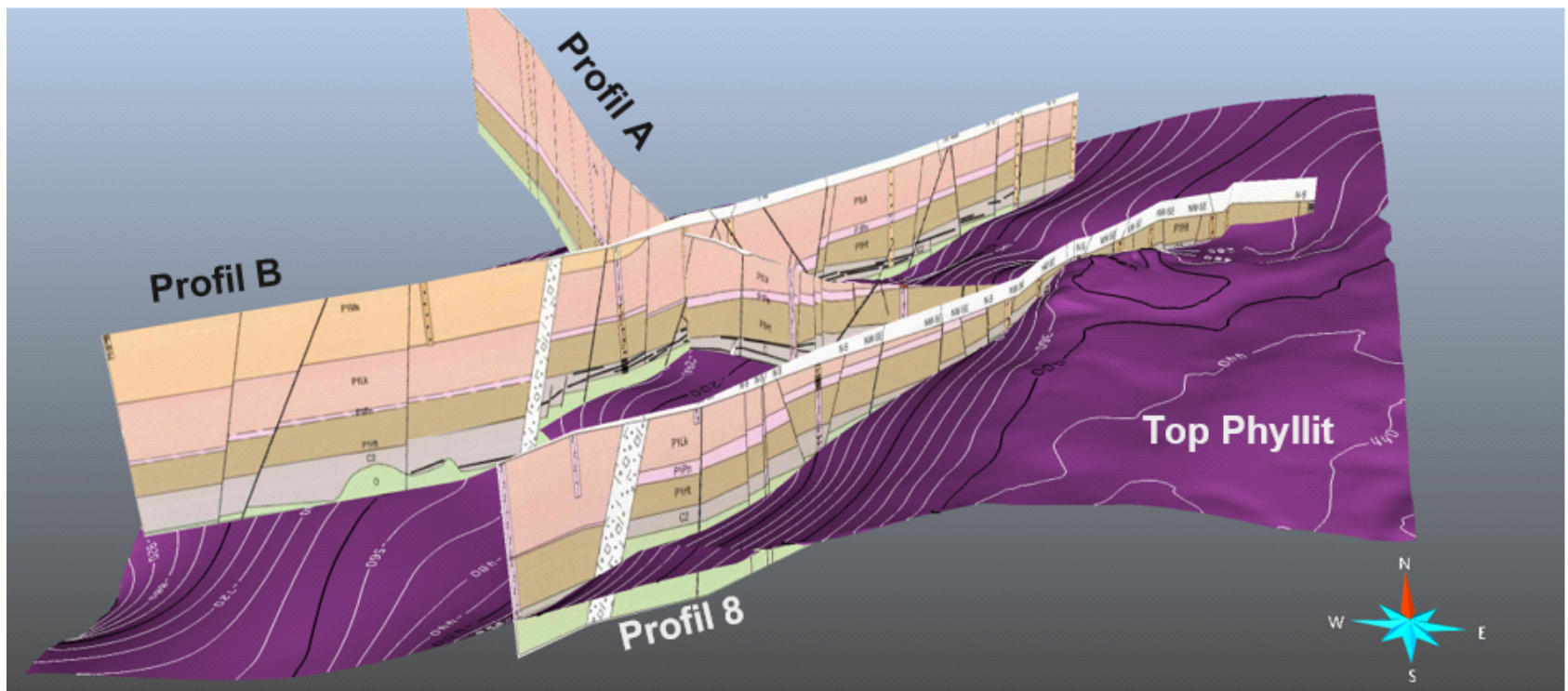


Fig.10: Positioning geological intersections A, B & 8 within the GOCAD 3D model. Surface „Top Phyllit“ for guidance

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

✓ Abgleich der Profilschnitte mit dem bestehenden 3D-Modell

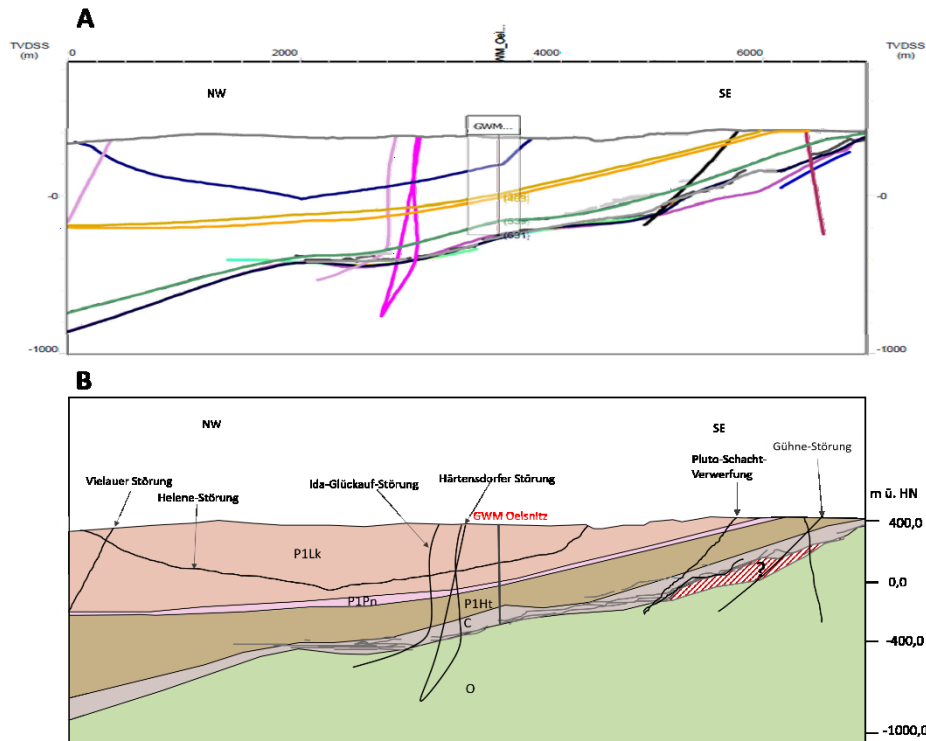


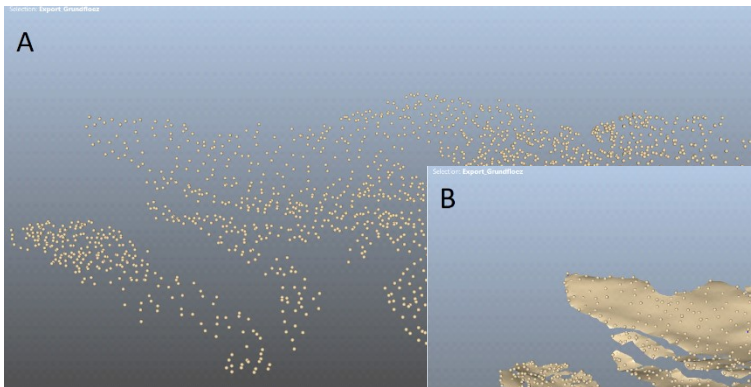
fig. 11A: Crossplot export from GOCAD analog
geological intersection A [Felix et al. 2007,
Anlage 5].

fig. 11B: edited Crossplot from GOCAD analog
geological intersection A.
Legend: P1Lk – Leukersdorf-Formation, P1Pn –
Planitz-Formation, P1Ht – Härtensdorf-
Formation, C – Oberkarbon, O – Grundgebirge.

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

✓ Rekonstruktion des initialen Modellierungsprozesses an ausgewählten geologischen Elementen



Workflow in GOCAD. Fig. 12A: Importiert point set from the overview mine maps. Heights of points assigned as z values.

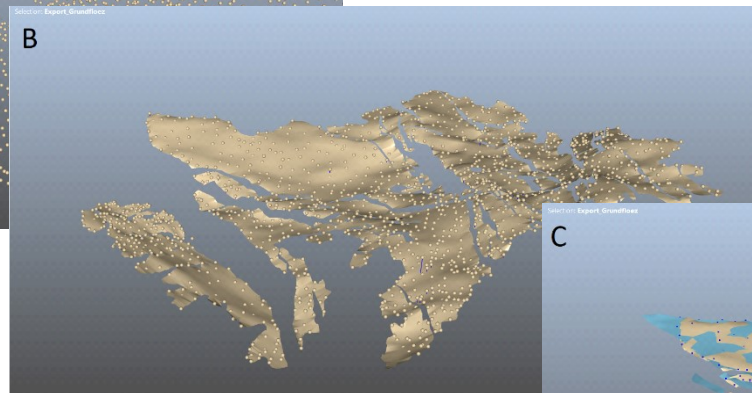


Fig. 12 B: Surface generated from polygon shape and point set of the seam

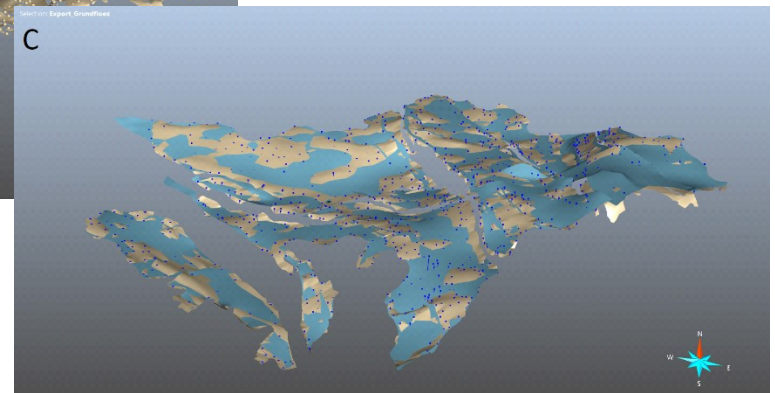


Fig. 12 C: The initial surface (blue) and the new one (beige) for the seam „Grundflöz“ overlapping

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

■ Ergebnisse und Schlussfolgerungen ■ Results and conclusions



3D Underground Model of Lugau/Oelsnitz

– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Empfehlung für die Aktualisierung des GOCAD-3D-Modells

- Implementierung der aktualisierten Daten (300 Bohrungen, Flözverbreitungskarten, Profilschnitte)
- Behebung von lokalen Unstimmigkeiten im 3D-Modell
- Volumenbasierte Modellierung für Lugau/Oelsnitz mittels Workflow „Structure and Stratigraphy“

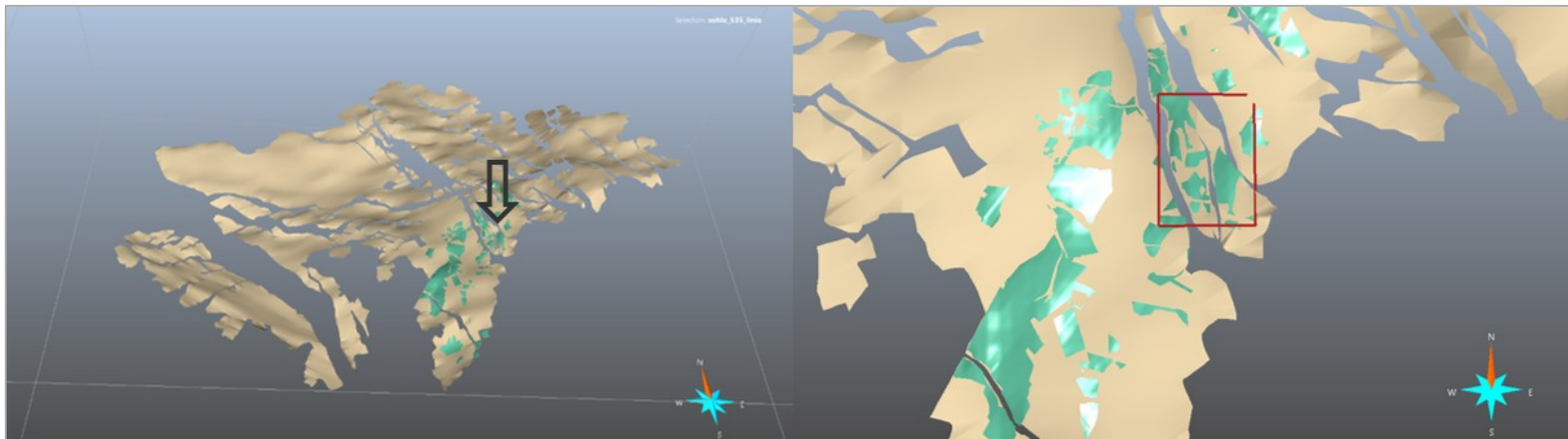


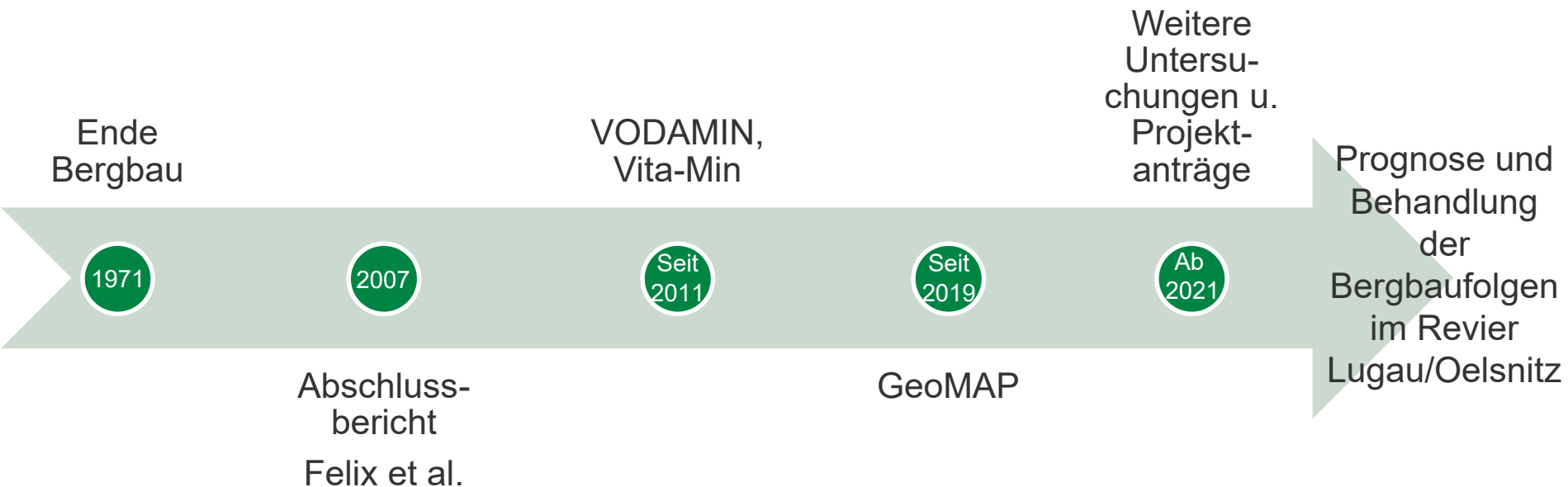
Fig. 13: Overlapping of seam surfaces „Grundflöz“ & „Kneiselflöz“

3D Subsurface Model of Lugau/Oelsnitz

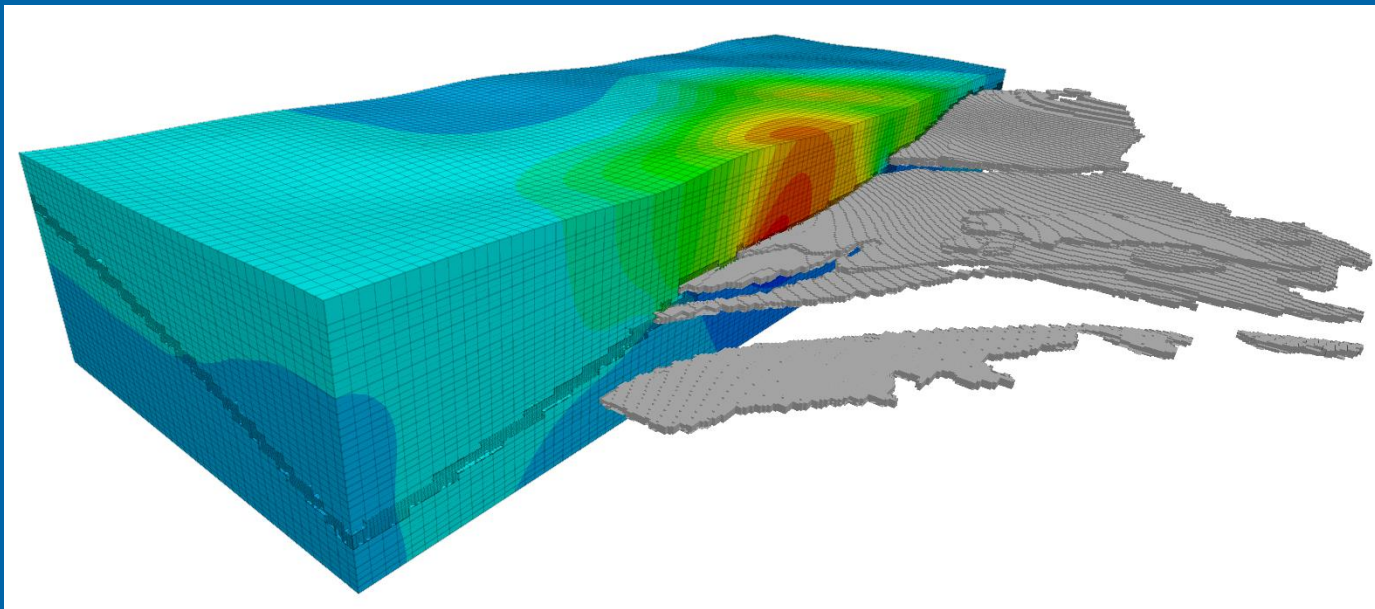
– Revaluation and updating for current tasks of post mining

Ausblick auf Zukünftiges

Outlook to Future Investigation



Numerische Simulation von Hebungen über gefluteten Steinkohlebergwerken des Altbergbaus am Beispiel des ehem. Steinkohlereviers Lugau- Oelsnitz



GeoMAP - Abschlusskonferenz
23.04.2021

Inhalt / Outline

1. Flutungsinduzierte Hebungen
Flooding-induced uplift
2. Revier Lugau/Oelsnitz
Mining area Lugau/Oelsnitz
3. Monitoringdaten
Monitoring data
4. Modellierungsstrategie
Modelling strategy
5. Ergebnisse
Results
6. Fazit
Conclusions

1. Flutungsinduzierte Hebungen / Flooding-induced uplift

1. Flutungsinduzierte Hebungen / Flooding induced uplift

Stress reduced due to
fluid pressure

$$\sigma' = \sigma - p$$



Extension of flooded
mining areas and
excavation-damaged zone

$$\Delta h = D_m h \Delta p$$



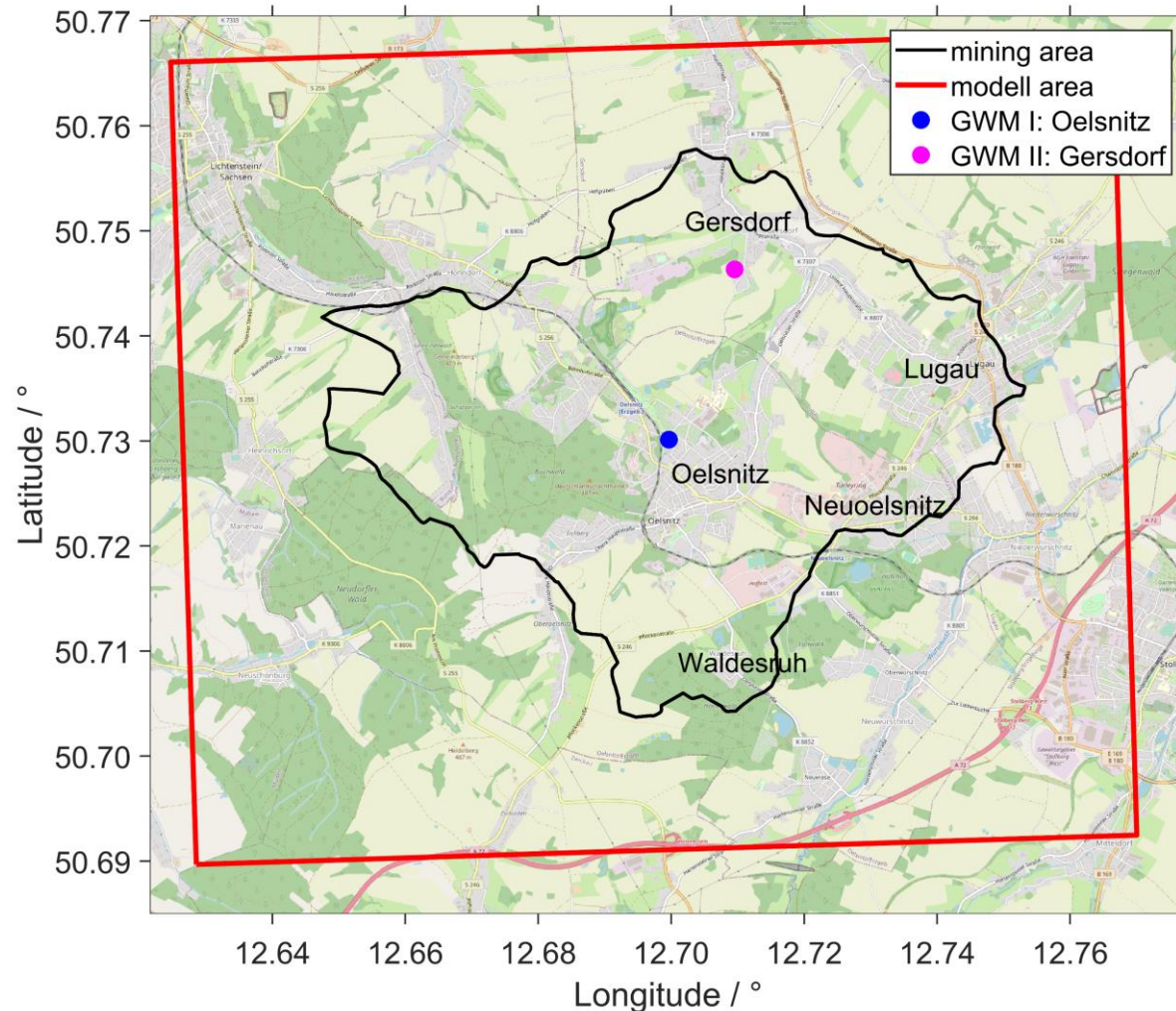
Surface uplift

$$u_z = \Delta h \int k_z dA$$

Bekendam, 2017

2. Revier Lugau/Oelsnitz / Mining area Lugau/Oelsnitz

2. Revier Lugau/Oelsnitz / Mining area Lugau/Oelsnitz



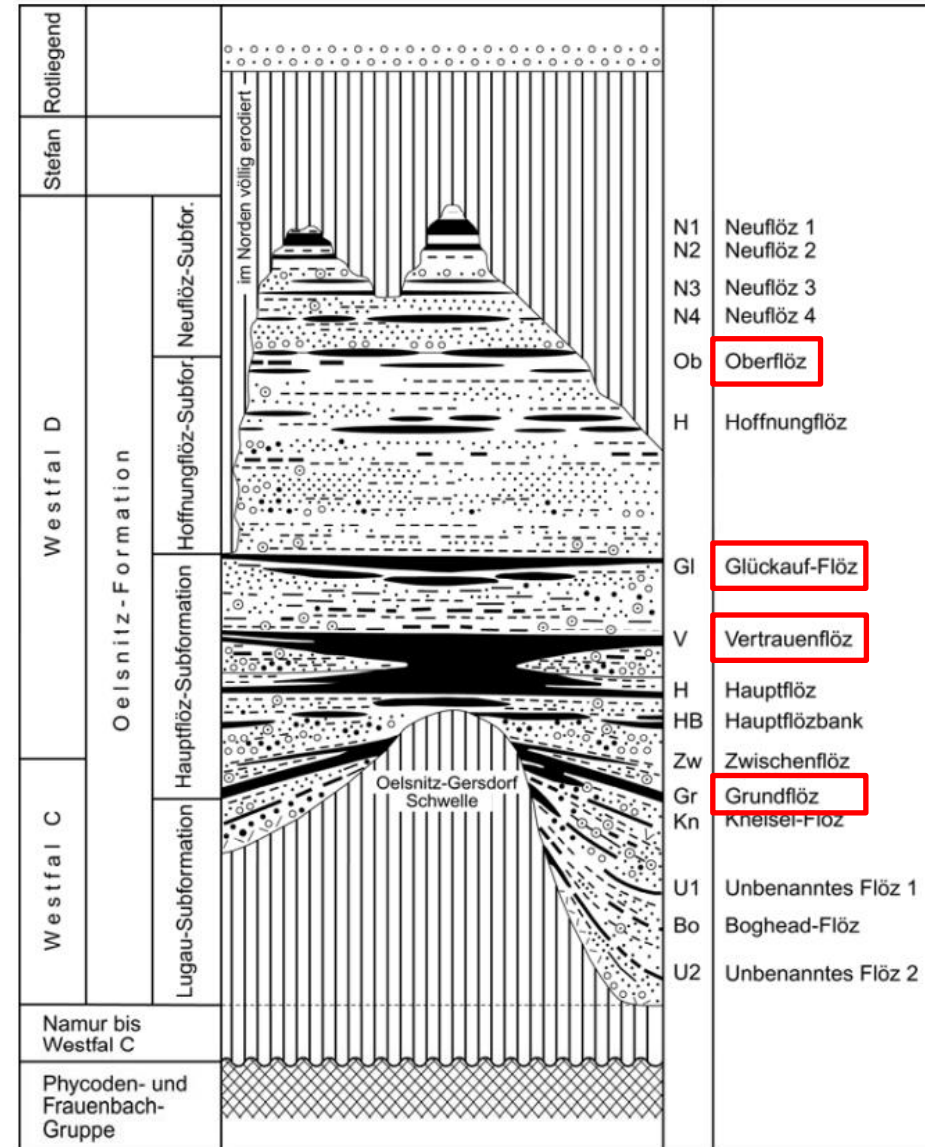
2. Revier Lugau/Oelsnitz / Mining area Lugau/Oelsnitz

- Betriebszeitraum des Abbaus: 07.01.1844 – 31.03.1971
- > 97 Tagesschächte
- Sehr stark zerrissenes Abbaugebiet mit sehr vielen Störungen verschiedenster Versätze bis zu 150 m
- Wasserzufluss im aktiven Bergbau ca. 1 - 2 Mio. m³/Jahr
- ~ 140 Mio. t geförderte Kohle
- Active Mining period: 07.01.1844 – 31.03.1971
- > 97 Shafts
- Discontinuous mining area, many faults (up to 150 m offset)
- Water influx during active mining ~ 1 - 2 Mio. m³/a
- ~ 140 Mio. t of coal extracted

2. Revier Lugau/Oelsnitz / Mining area Lugau/Oelsnitz

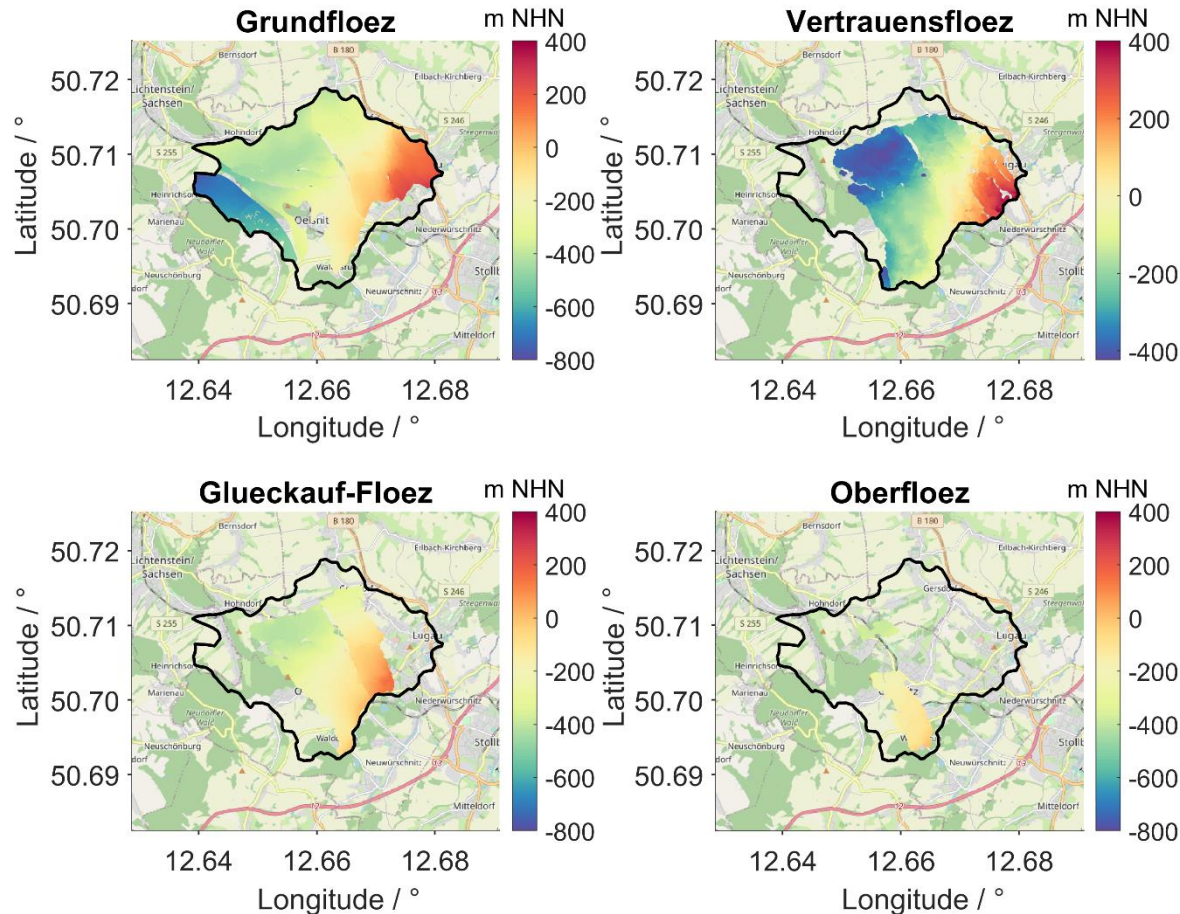
Verwendete digitale Flözgeometrien:
Implemented digital coal-seam geometries:

- Oberflöz
- Glückauf-Flöz
- Vertrauenflöz
- Grundflöz

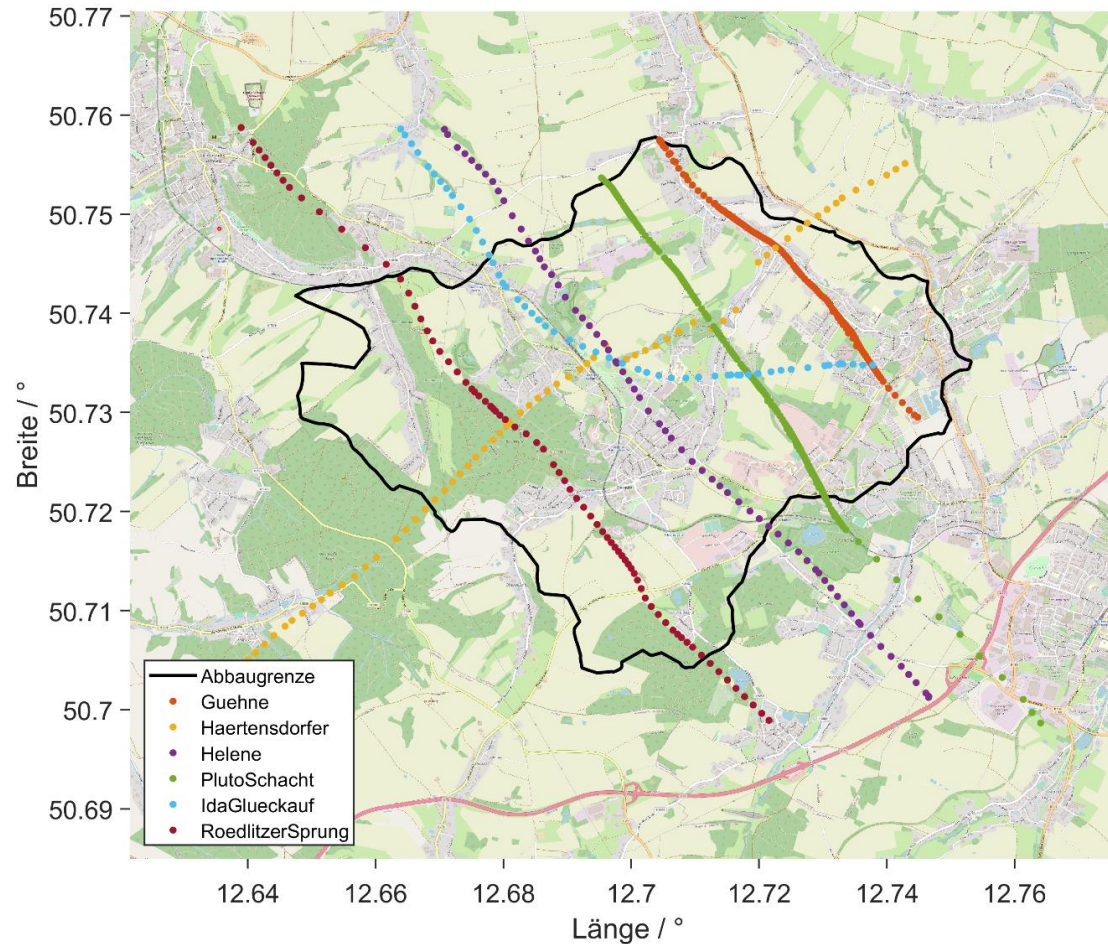


Berger, H.-J. (2007)

2. Revier Lugau/Oelsnitz / Mining area Lugau/Oelsnitz



2. Revier Lugau/Oelsnitz / Mining area Lugau/Oelsnitz



3. Monitoringdaten / Monitoring data

3. Monitoringdaten / Monitoring data

Hebungs-Monitoring

Nivellement:

- 1996/1997, 2002, 2006, 2014, ~ 50 Punkte

InSAR:

- Sentinel 1a+b: von 2014
 - 6-12-Tagesrhythmus der Satellitenüberfliegung

Uplift monitoring

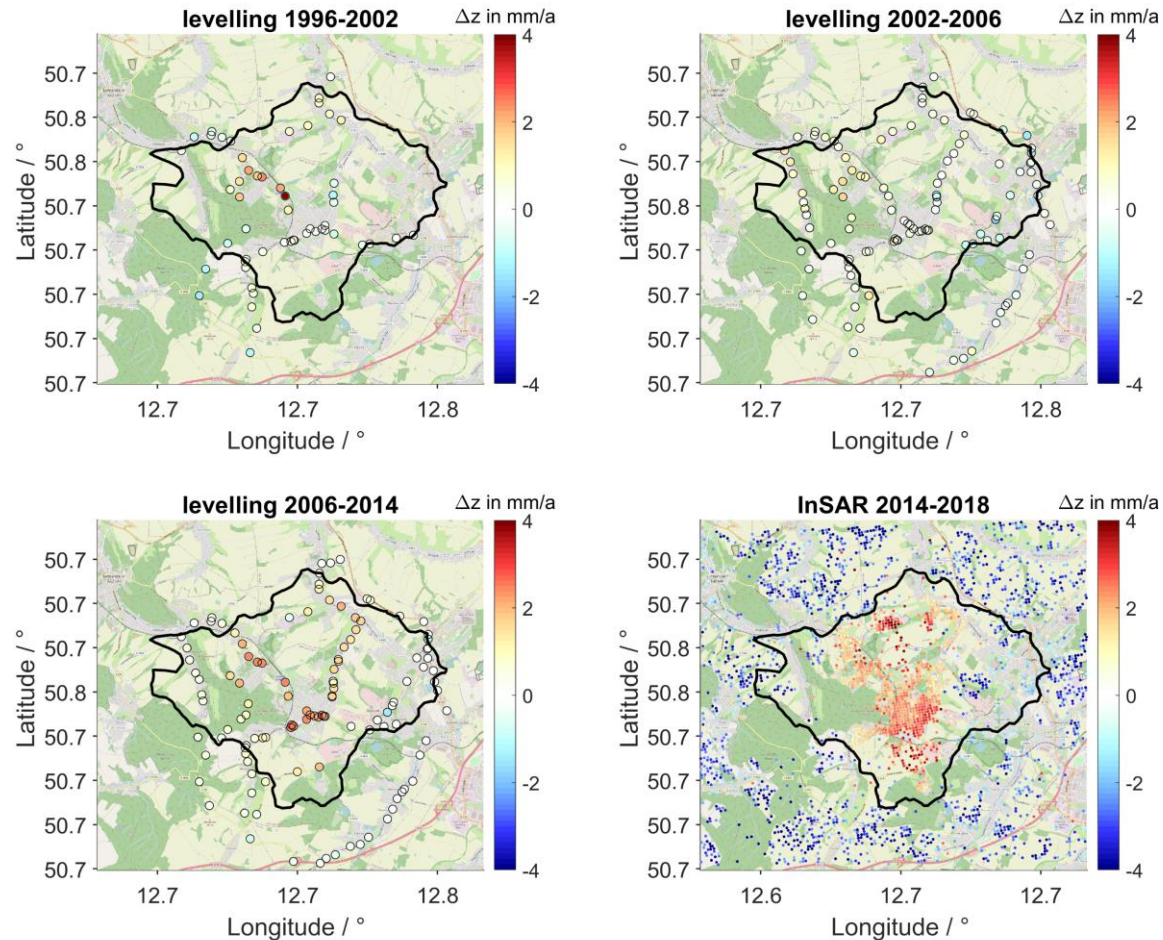
Leveling data:

- From 1996/1997, 2002, 2006, 2014, ~ 50 Points

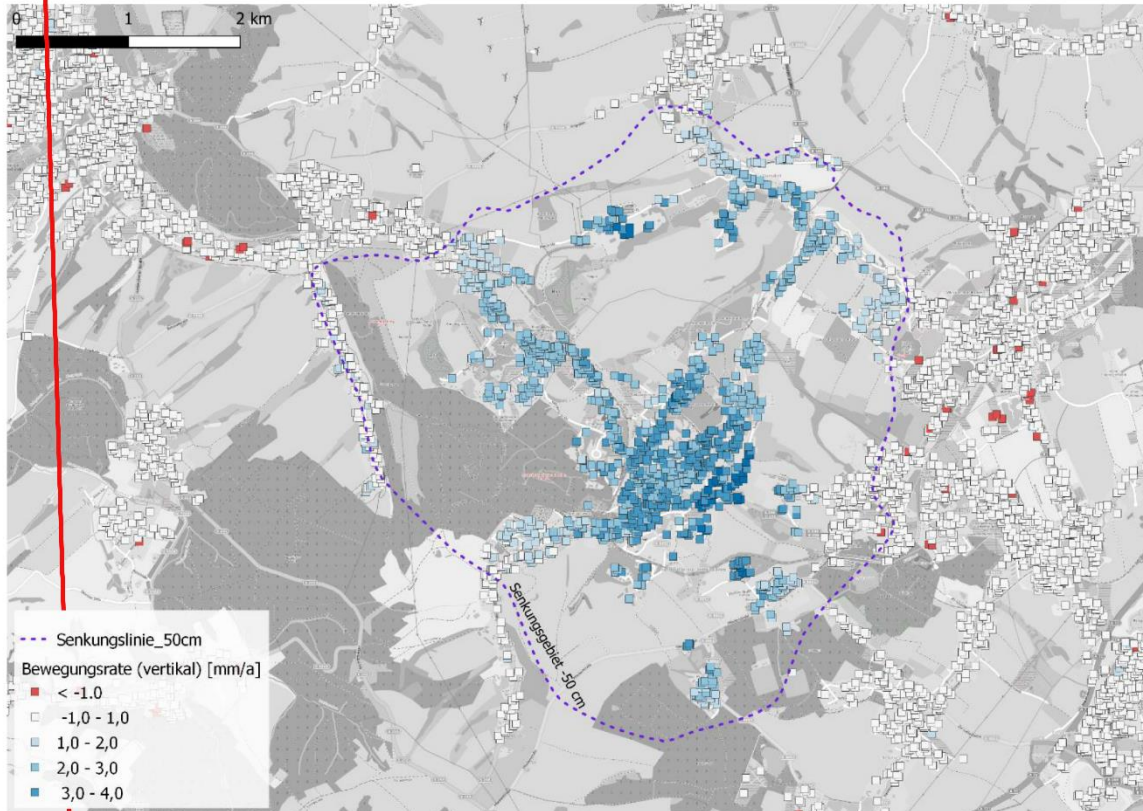
InSAR data:

- Sentinel 1a+b: from 2014
 - 6 to 12 diurnal rhythm

3. Monitoringdaten / Monitoring data



3. Monitoringdaten / Monitoring data

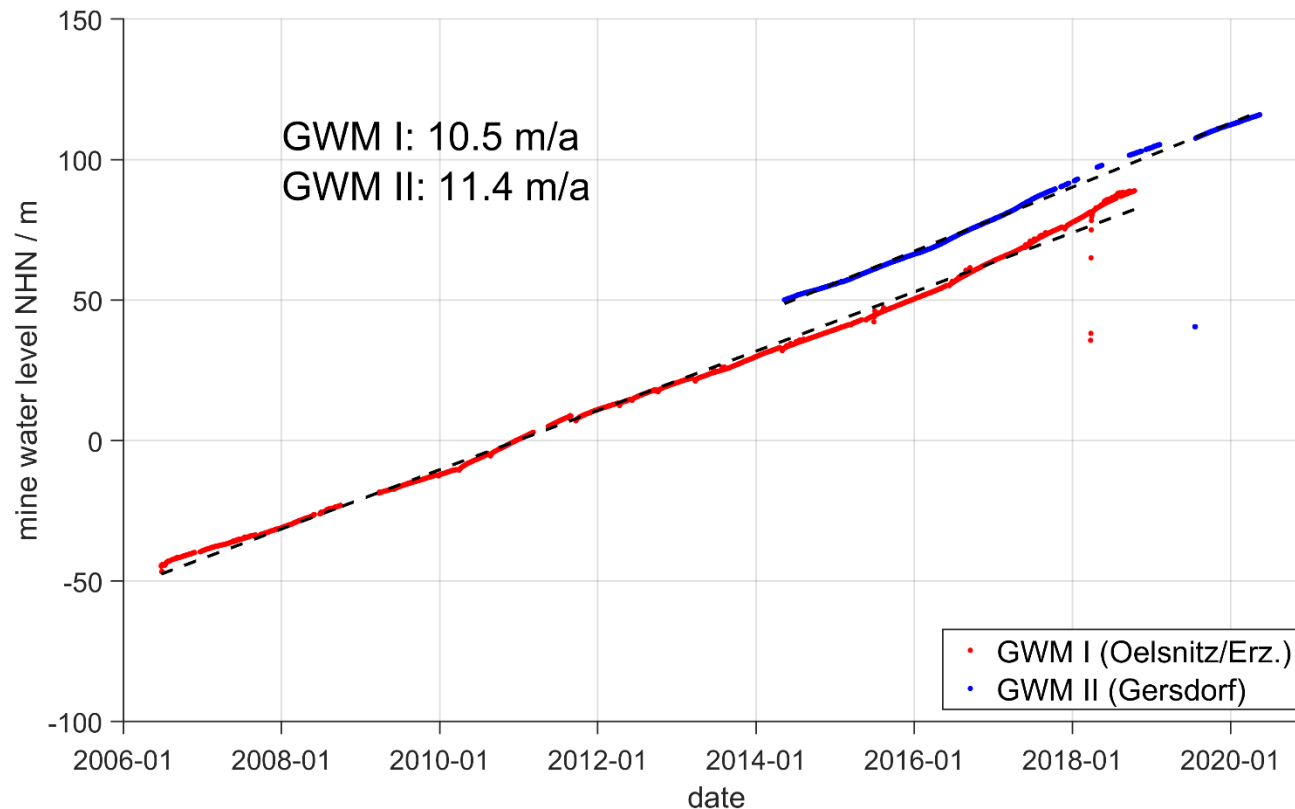


Vertikale Verschiebungsrate /
Vertical displacement rate
10/2014 – 12/2019

Reference: modified from
Beak, Vita-Min Abschlussbericht, 2020

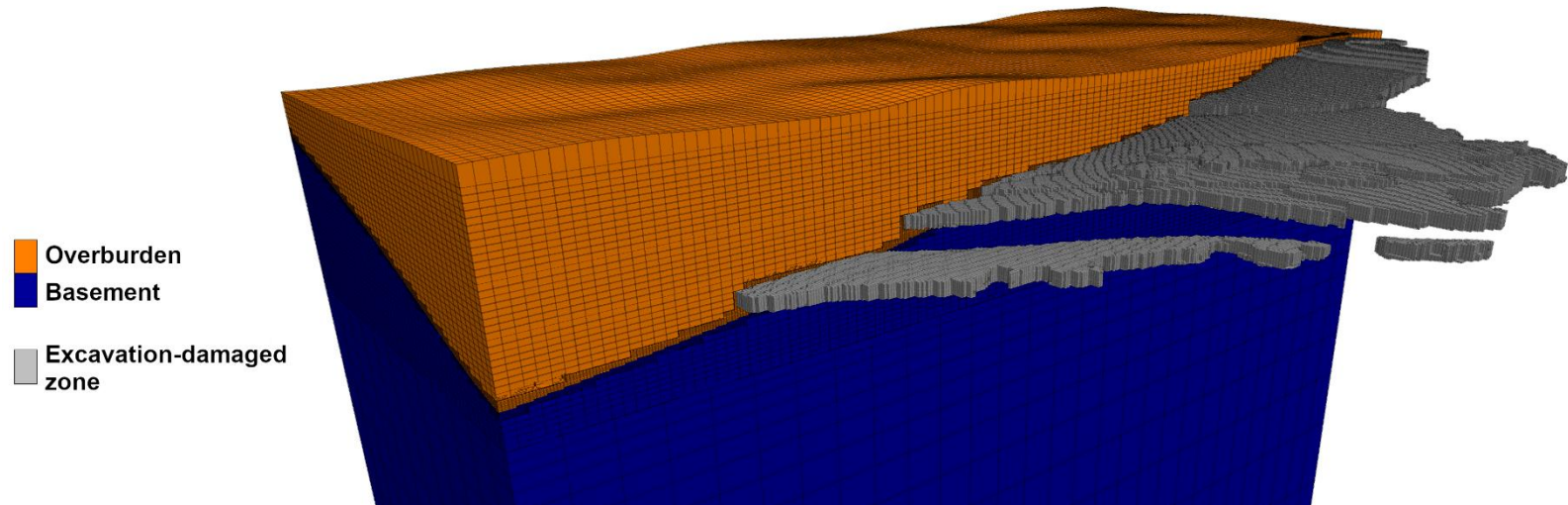
3. Monitoringdaten / Monitoring data

Grubenwassermesstellen / mine water level measurements:



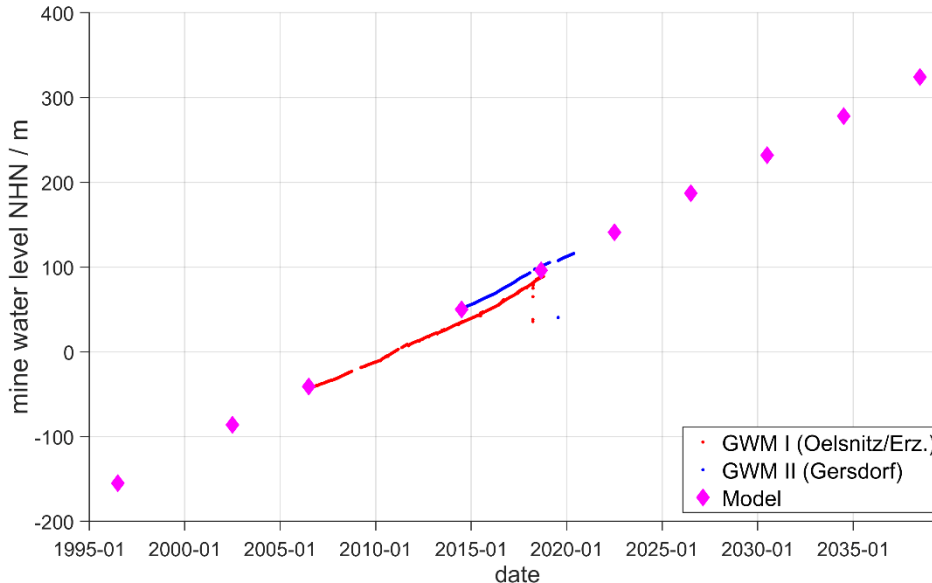
4. Modellierungsstrategie / Modelling strategy

4. Modellierungsstrategie / Modelling strategy



- Zwei-Schicht-Modell (Deckgebirge + Grundgebirge), ohne Störungen
- Flöze + darüber liegende Verbruchzone = 100 m mächtig
- Gradienten für den E-Modul um die Geländeoberkante und in der Verbruchzone
- Two-layer model (overburden + basement), without faults
- implemented coalbeds + excavation-damaged zone = 100 m height
- With gradients for E-modulus next to surface and within excavation-damaged zone

4. Modellierungsstrategie / Modelling strategy



Grubenwasserstand und
implementierte
Wasserstände der
numerischen Simulation

Measured mine water level and
implemented water level in
numerical simulation

- Keine direkt hydro-mechanisch gekoppelte Simulation
- Fluiddruck als zusätzliches Spannungsinkrement implementiert
- No direct hydro-mechanical coupling
- Pore pressure implemented via additional stress increment

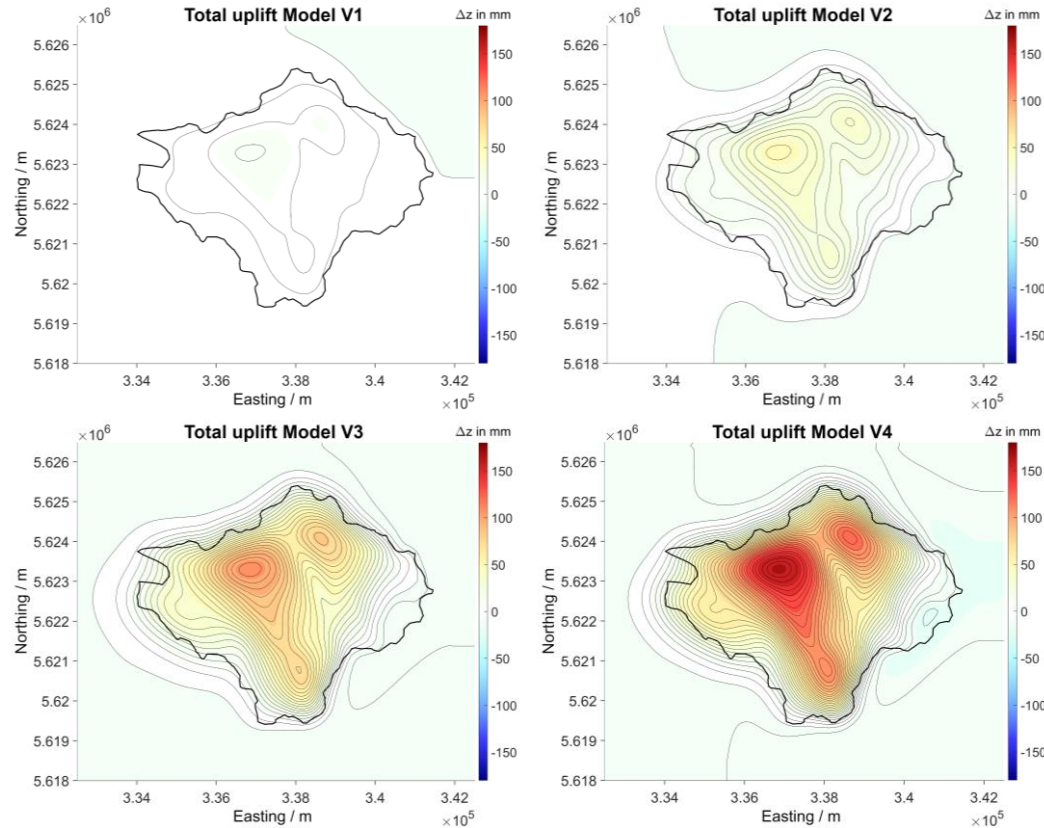
4. Modellierungsstrategie / Modelling strategy

Parameter	Deckgebirge	Alter Mann (trocken)	Alter Mann (geflutet)	Grundgebirge
E-Modul / GPa	4.0 - 12.0	0.18 - 12.0	0.18 - 12.0	55.0
Poissonverhältnis	0.30	0.30	0.30	0.17
Dichte / kg/m ³	2660	2660	2968 - 3070	2750
Porosität	--	--	0.30 - 0.40	--
Zonengröße / m (horizontal/vertikal)	80/40	20/10	20/10	80/40

- Finale Modell-Parameter für Prognose
- Zusätzlich wurden Tests mit verschiedenen Verbruchhöhen und Steifigkeiten des Deckgebirges durchgeführt, zur Kalibrierung an Monitoringdaten
- Final model parameters for prognosis
- Additional tests for varying height of excavation damaged zone and stiffness of overburden for calibration

5. Ergebnisse / Results

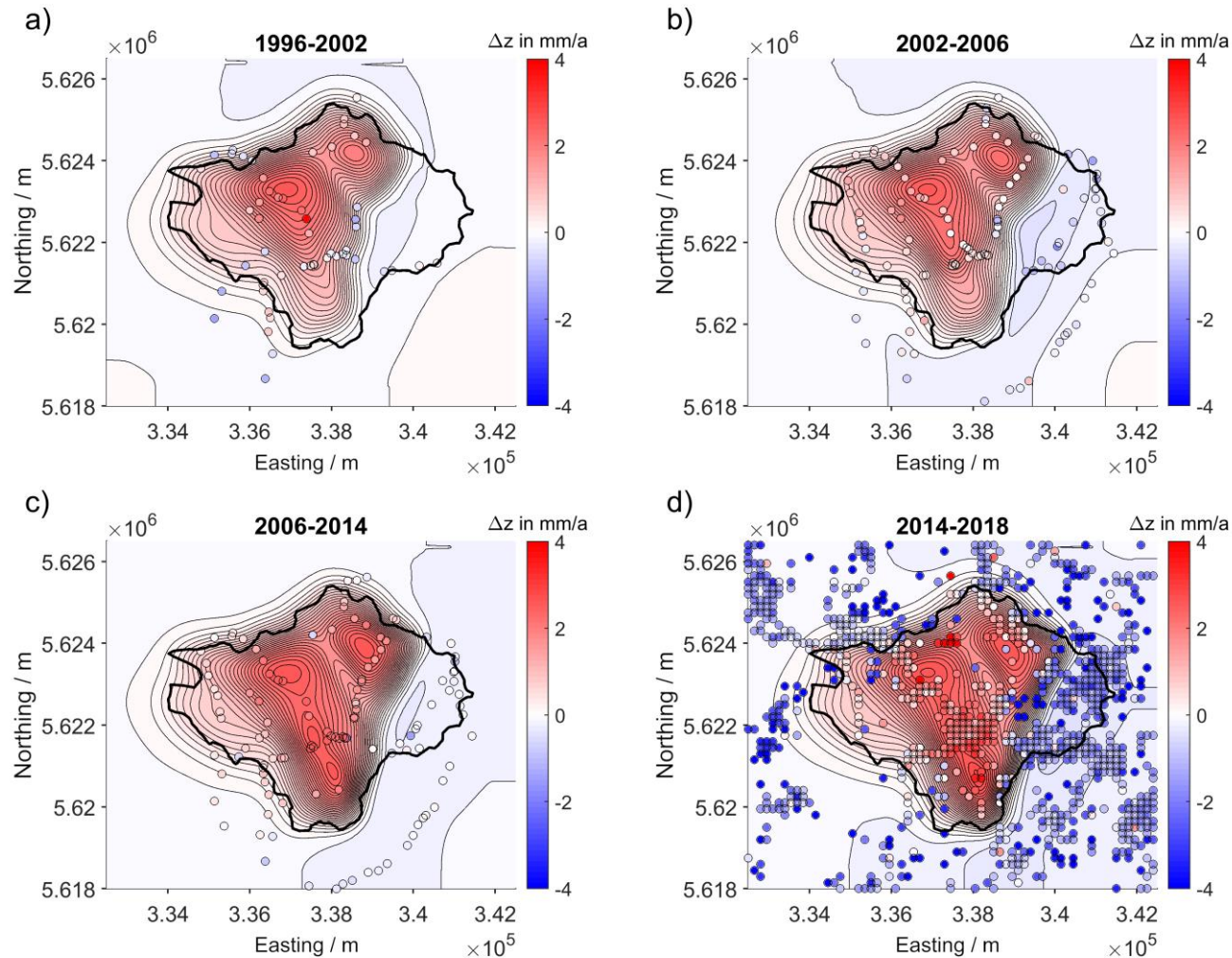
5. Ergebnisse (Kalibrierung) / Results (calibration)



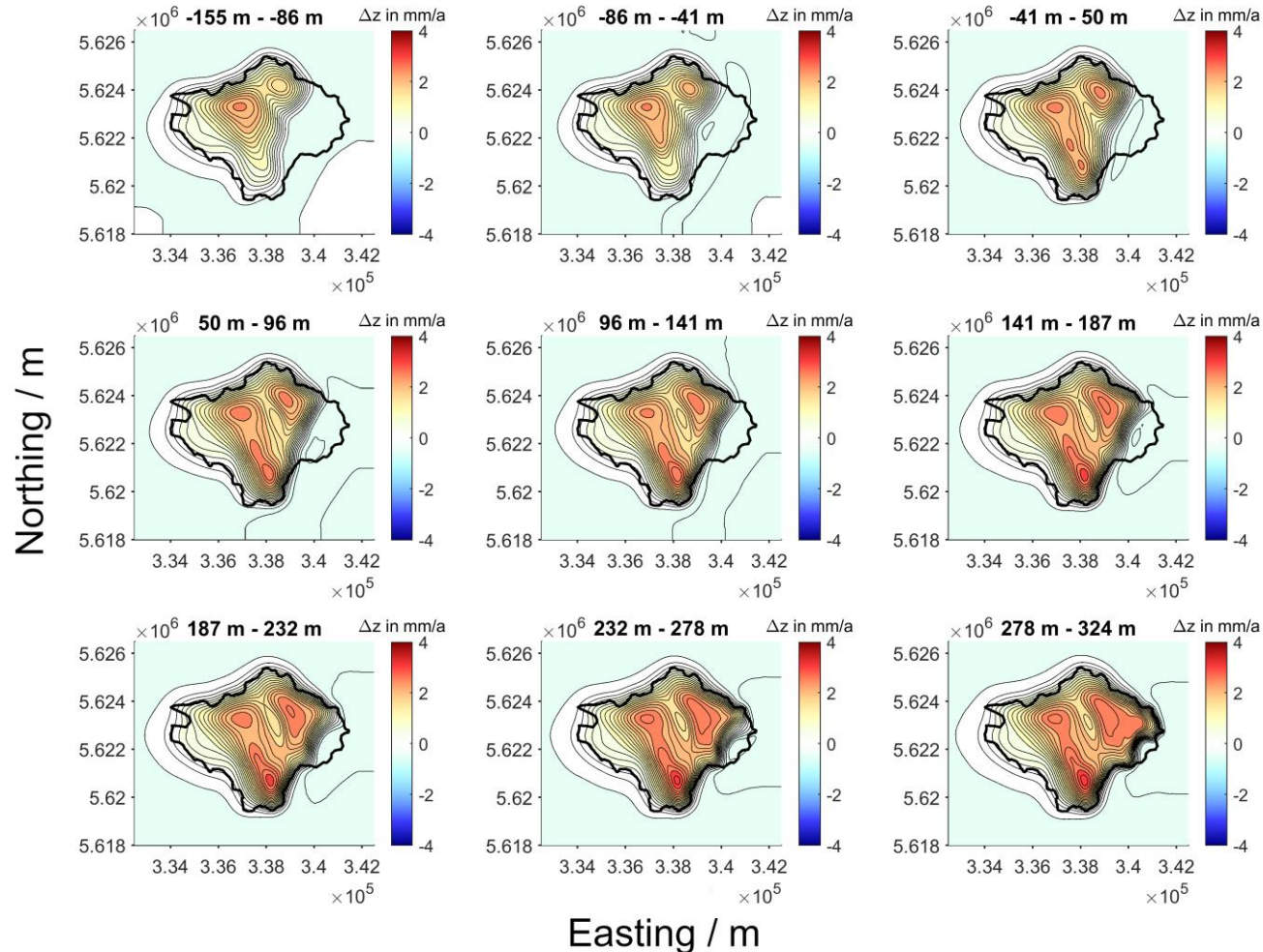
Model	Height Excavation-damaged zone
V1	20.0
V2	50.0
V3	100.0
V4	150.0

E-Modulus Overburden / GPa	5.0 - 15.0
E-Modulus Alter Mann (dry) / GPa	0.225 - 15.0
E-Modulus Alter Mann (flooded) / GPa	0.225 - 15.0

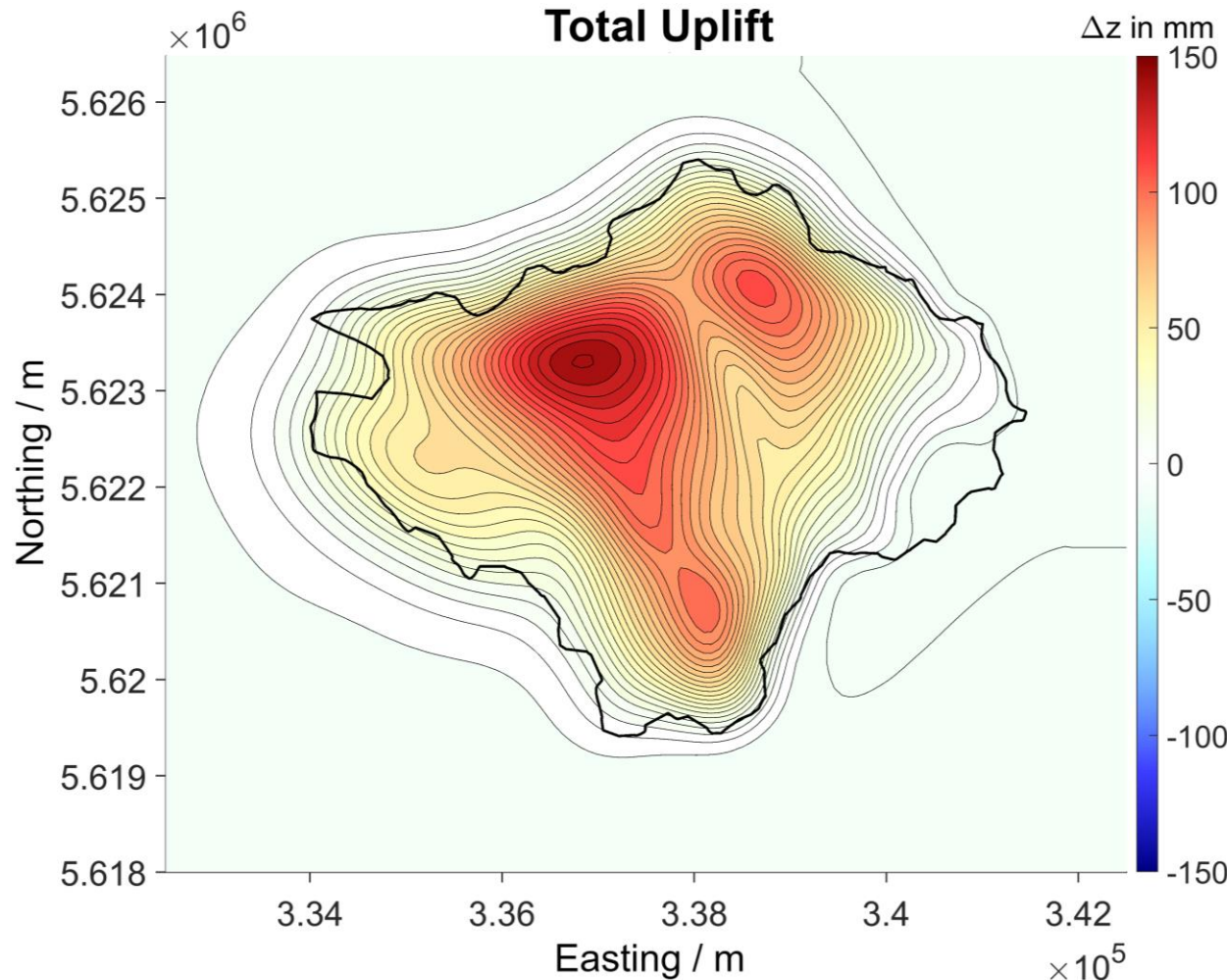
5. Ergebnisse (Prognose) / Results (prognosis)



5. Ergebnisse (Prognose) / Results (prognosis)



5. Ergebnisse (Prognose) / Results (prognosis)



Gesamthebungen

Grubenwasseranstieg:
Vom Grubentiefsten
bis 324 m NHN

Total uplift

Mine water rise:
from deepest mining
areas to 324 m NHN

6. Fazit / Conclusions

6. Fazit / Conclusions

- Hebungsprozess kann trotz limitierter Datenbasis qualitative gut simuliert werden
- Der Modellansatz:
 - Ist für komplexe Bergwerksgeometrie und geologische Verhältnisse anwendbar
 - Reduziert den Rechenaufwand, aufgrund der indirekten hydro-mechanischen Kopplung
- Die Implementierung weitere Kohleflöze könnte die Genauigkeit der numerischen Ergebnisse steigern
- Es wird ein kontinuierliches Monitoring empfohlen
- Uplift process mapped qualitatively with limited data
- Modeling approach:
 - applicable for complex geological conditions and mining situations
 - reduces computational effort
- Implementing more coalbed geometries may increase accuracy of the results
- Continuous monitoring recommended

6. Fazit / Conclusions

- Die Simulation bildet ein groß-skaliges Modell ab, lokale Ereignisse an bspw. Störungen oder Schächten können nicht berücksichtigt werden
- Aufgrund der geringen Datenbasis und der getroffenen Annahmen, sind die Ergebnisse mit erhöhten Unsicherheiten behaftet.
- Simulation describes a large-scale problem, local events at shafts or faults can not be investigated
- Due to limited data base and the assumptions made, results are subjected to increased uncertainties.

Referenzen / References

Bekendam, Roland (2017): Abschätzung der Bodenhebungen in Folge des Grubenwasseranstiegs über stillgelegten Kohlegruben im Südlimburger Revier. In: Günter Meier (Hg.): 17. Altbergbau-Kolloquium. 16. bis 18. November 2017, Freiberg. Nossen: Wagner Digitaldruck und Medien GmbH, S. 118–130.

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.

Beak Consultants GmbH (2020): Auswertung von Bodenbewegungsdaten aus der Georadar-fernerkundung zur Untersuchung von bergbau- und flutungsbedingten Senkungen und Hebungen der Erdoberfläche im Steinkohlenrevier zur Festlegung von Bohrlochansatzpunkten. Teilprojekt 2.3.1.5, Teil 2. Vita-Min-Projekt - Abschlussbericht. Beak Consultants GmbH. Freiberg.

Grubenwassergeothermie als innovative Energiequelle – Bergbaufolgegebiete positiv nutzen

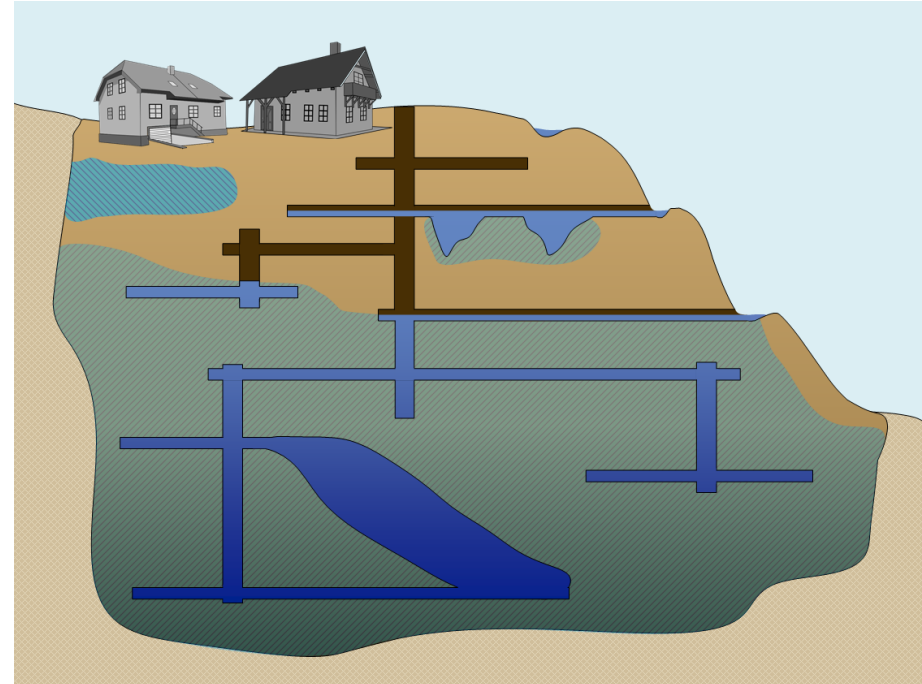


Lukas Oppelt, Sebastian Pose, Thomas Grab, Tobias Fieback

Abschlusskonferenz GeoMAP 23.04.2021

Gliederung

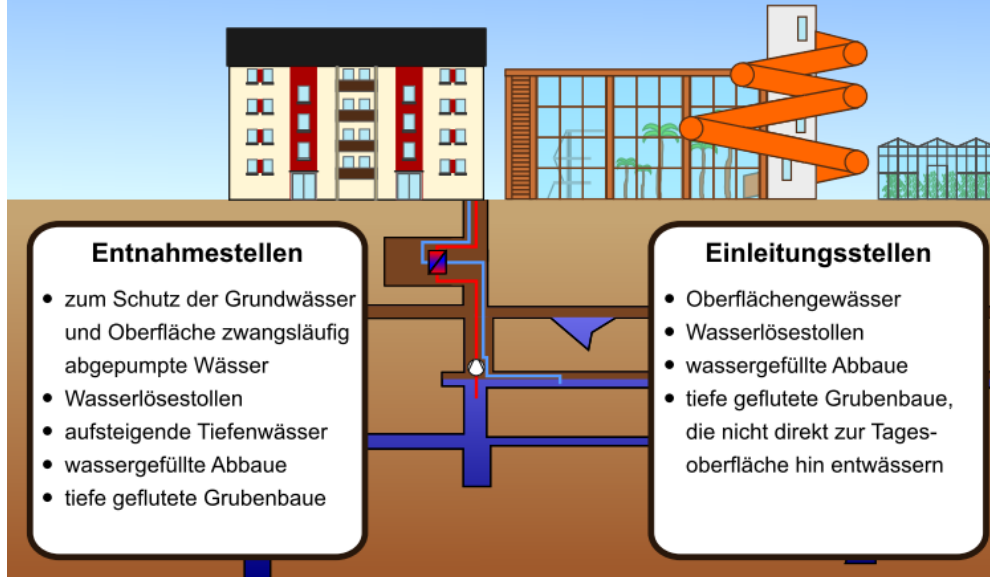
- Motivation
- Status quo
- Monitoringergebnisse
 - Reiche Zeche
- Herausforderungen
- Ausblick und
Zusammenfassung



Quelle: [1]

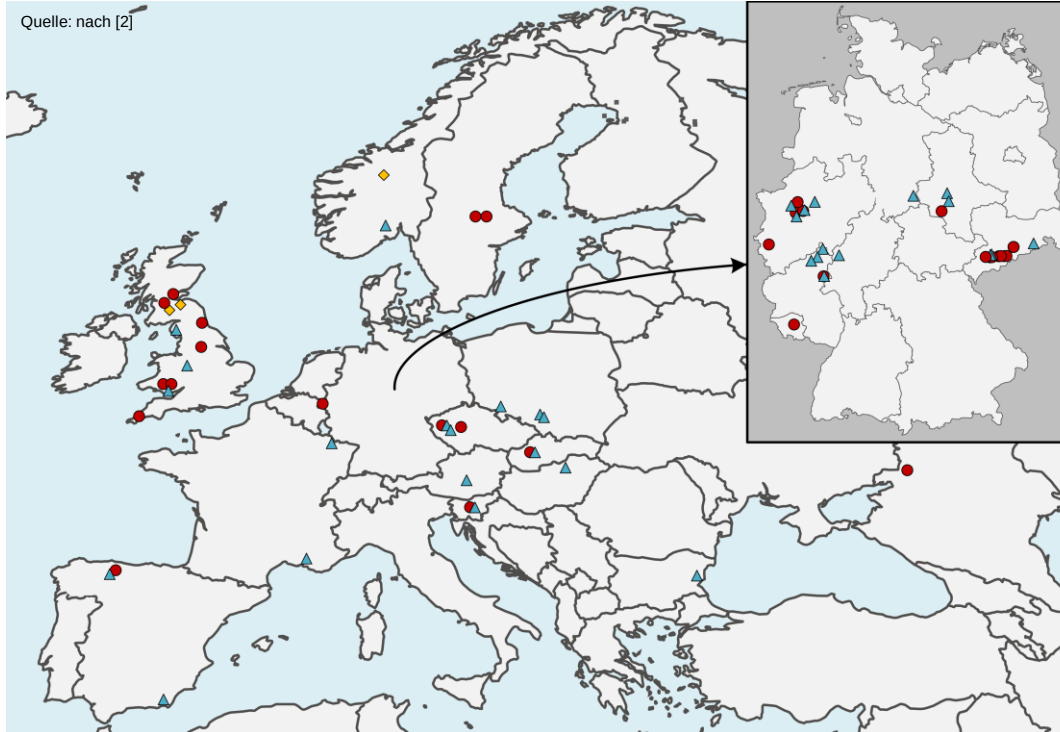
Potenzielle Nutzer

Industrie, Wohnhäuser, Museen, Bergwerksgebäude, Krankenhaus,
Hallenbad, Gewächshaus, Landwirtschaft, Fischzucht

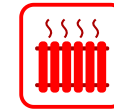


- + Flutung alter Bergwerke schafft große Wärmespeicher
- + Wasserhaltung als Ewigkeitsaufgabe
→ Möglichkeit der thermischen Nutzung
- + Möglichkeit des Heizens und Kühlens durch ganzjährig konstantes Temperaturniveau





➤ Installierte Gesamtleistung:



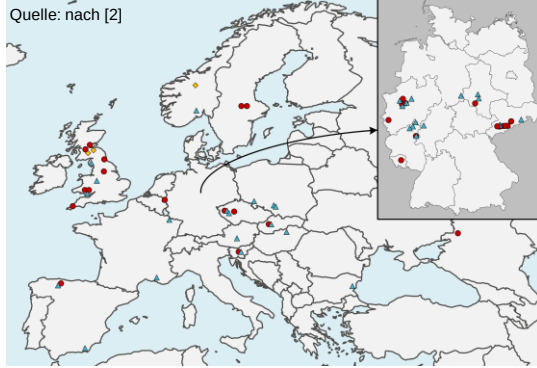
40,2 MW



2,5 MW

rot: Anlage in Betrieb; gelb: Anlage nach
Betrieb stillgelegt; blau: Anlage in Bau oder
Planung

Quelle: nach [2]



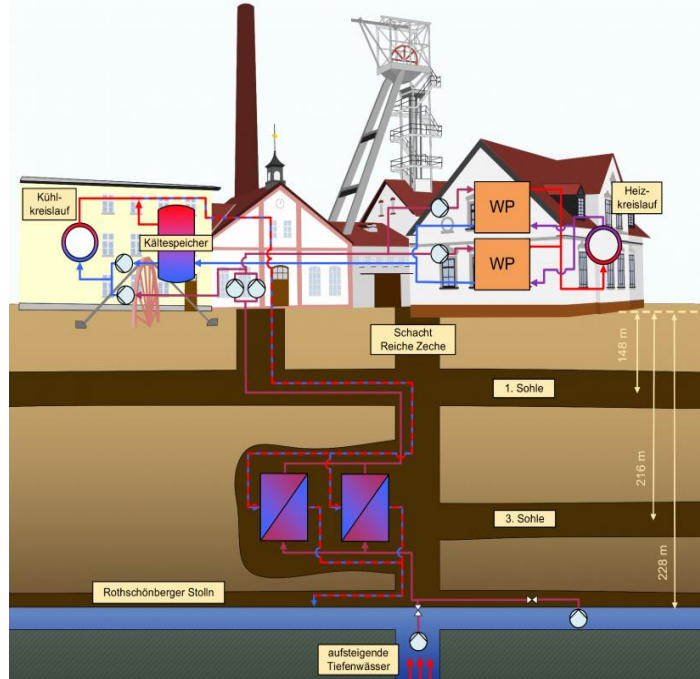
Quelle: nach [2]



Ort	Name	Abnehmer	Ressource	Heizleistung in kW
Bad Schlema (SN)	Grube Schlema-Albenroda	Schule	Uran	200
Bad Schlema (SN)	Projekt „Leon“	Wohngebäude	Uran	-
Ehrenfriedersdorf (SN)	Nord-West-Feld	Schule	Zinn	95
Ehrenfriedersdorf (SN)	Revier Sauberg	Museum, Bürogebäude	Zinn	120
Freiberg (SN)	Alter Fürstenstollen	Schloss Freudenstein	Silber	130
Freiberg (SN)	Reiche Zeche	Universität	Silber	200
Freiberg (SN)	Rothschönberger Stolln	Krankenhaus	Silber	860
Marienbad (CZ)	Hachov-Plana	Bergwerksgebäude	Uran	550
Marienberg (SN)	Wismut-Schacht 302	Freizeitbad	Uran	800-1700
Pobershau (SN)	Walfisch-Stollen, Weiße Villa	Wohngebäude	Zinn	-
Pribram (CZ)	Prokop-schacht	Schule, Bürogebäude	Uran	500
Zwickau (SN)	-	Universität	Steinkohle	600

Quellen: [3-24]

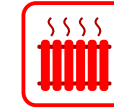
Reiche Zeche Freiberg



➤ Betrieb seit: 2013



19 °C



175 kW

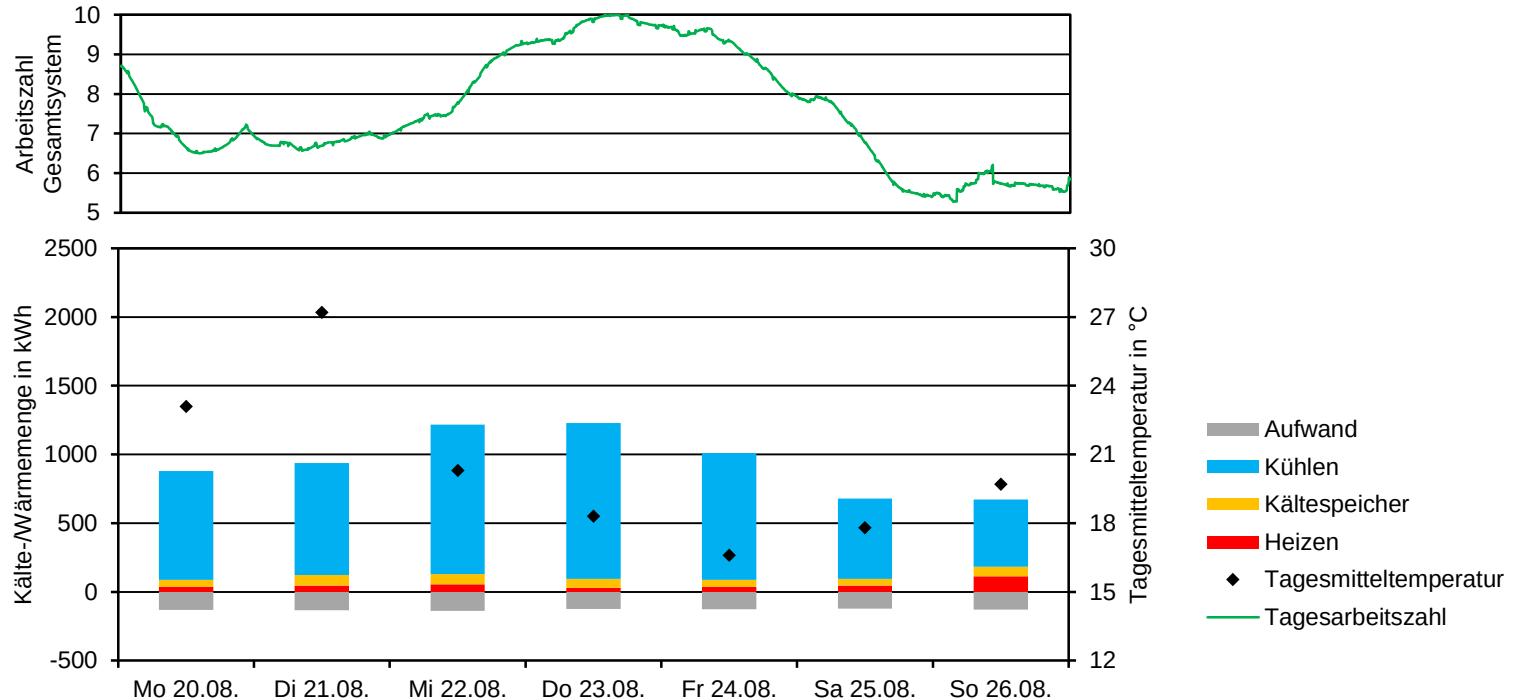


14 °C

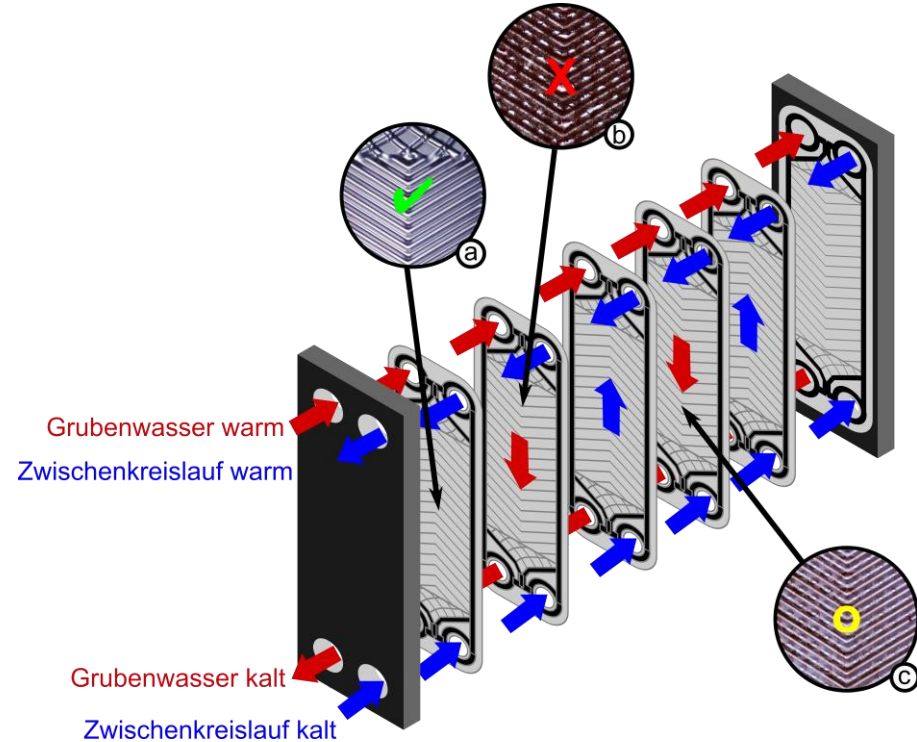


100 kW

Reiche Zeche Freiberg – Sommerwoche 2018

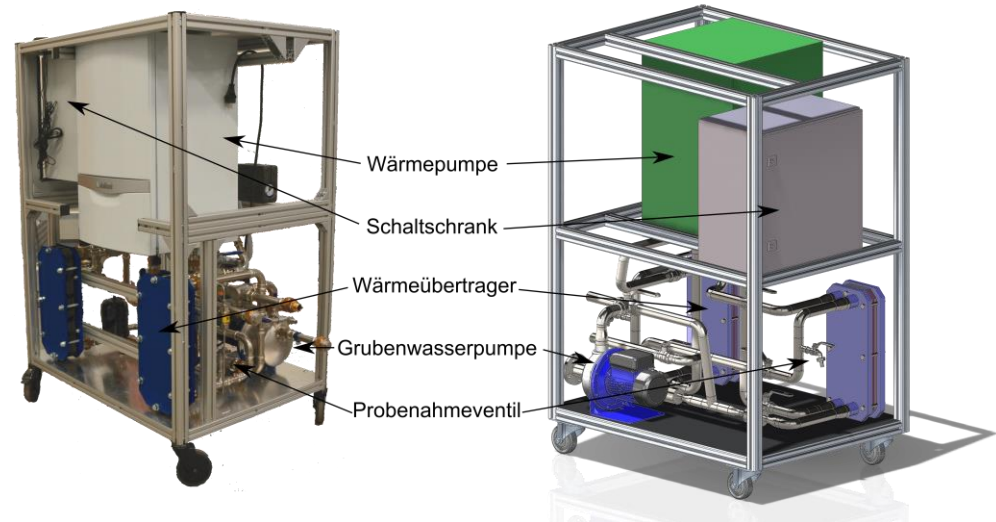


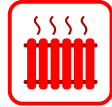
Fouling



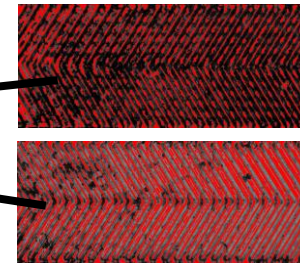
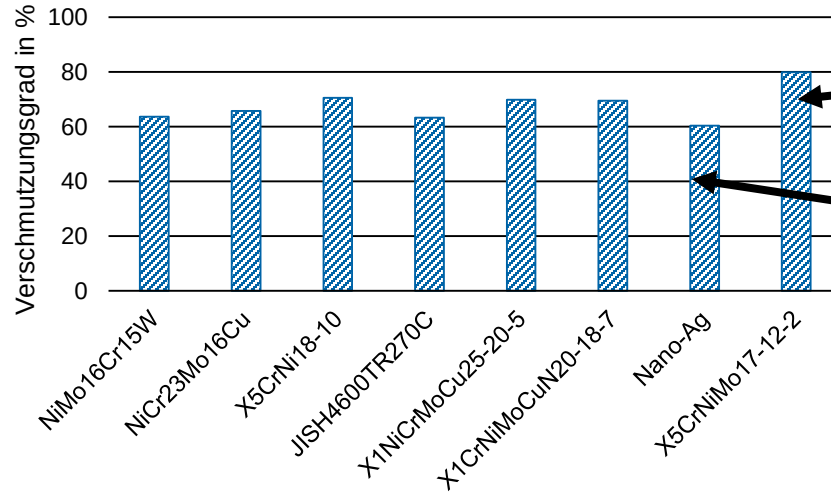
- Eingeschränkte Zugänglichkeit
- Teilweise keine geeignete
Probennahmemöglichkeit
- Abhängigkeit von den
Anlagenbetreibern bei
Wartung und Inspektion

➔ **Mobile Grubenwasser-
anlage im Labormaßstab**





- 1. Versuchsreihe im Sommer 2020 an Pumpstation in Mariánské Radčice, MR1 (CZ)
- 8 verschiedene Materialien/Beschichtungen untersucht

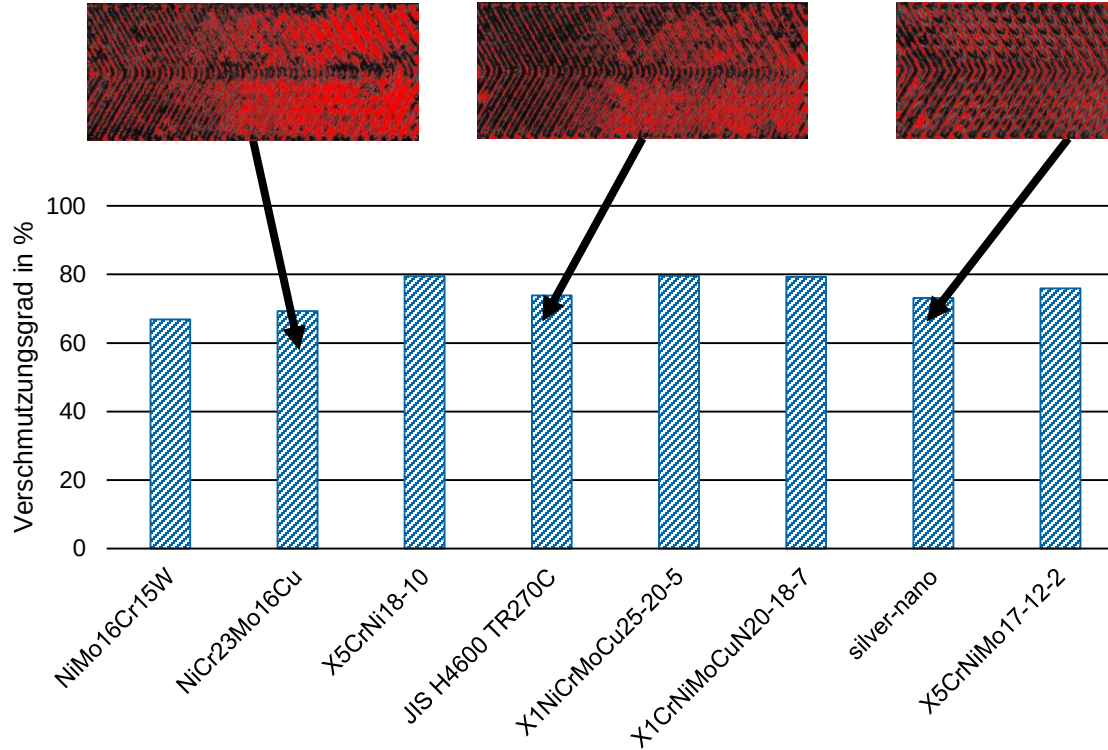


Verschmutzungsgrad

1. saubere Fläche=rot
verschmutzte Fläche = schwarz
2. Verschmutzungsgrad=

$$\frac{\text{Verschmutzte Fläche}}{\text{Gesamtfläche}}$$

Materialnummer	Kennzeichnung
1.4401	X5CrNiMo17-12-2
2.4819	NiMo16Cr15W
2.4675	NiCr23Mo16Cu
1.4301	X5CrNi18-10
3.7025	JIS H4600 TR270C (Titan)
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5
1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7
1.4401	X5CrNiMo17-12-2 (Nano-Ag-Beschichtung)



Materialnummer	Kennzeichnung
1.4401	X5CrNiMo17-12-2
2.4819	NiMo16Cr15W
2.4675	NiCr23Mo16Cu
1.4301	X5CrNi18-10
3.7025	JIS H4600 TR270C (Titan)
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5
1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7
1.4401	X5CrNiMo17-12-2 (Nano-Ag-Beschichtung)

- Aktuell: 2. Versuchsreihe in Ehrenfriedersdorf (Sachsen)
- Vergleich zu den Ergebnissen in Mariánské Radčice



Vielen Dank an die Zinngrube
 Ehrenfriedersdorf für das
 Bereitstellen des Standortes.

- Großes **Wärmepotential** bei stillgelegten **Bergwerken**
 - In Sachsen (z.B. Lugau-Oelsnitz)
 - In Tschechien (z.B. Mariánské Radčice)
 - Weitere weltweite Potenziale
- **Laufzeiten** müssen **erhöht** werden
 - z.B. durch Silber-Nano-Beschichtungen
 - Untersuchungen an mehr Standorten mit mehr Oberflächen notwendig
- Standortkonkrete **Maßnahmen gegen Fouling** entwickeln
Preiserhöhung bei **fossilen Energien** (CO₂-Steuer) sogt für
Ausbau Grubenwassergeothermie?
- 5 Publikationen, 8 Konferenzbeiträge und Poster, 2 TV-Beiträge



Zusatzzertifikat „Ingenieur/-in für Erneuerbare Energien und Ressourcenmanagement“

- Stellung von Deutschland als Innovationsstandort für Forschung und Entwicklung erhalten und vorantreiben
- Junge, gut ausgebildete Fachkräfte in der Region halten
- Spezialisierung bereits während des Studiums





Vielen Dank für Ihr
Interesse!



Vielen Dank an alle
Projektpartner!



Mehr Informationen:
geothermie.
iwtt.tu-freiberg.de



TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Lukas Oppelt

Gustav Zeuner Straße 7

09599 Freiberg

Tel. +49(0)3731 39-3277

E-Mail: Lukas.Oppelt@ttd.tu-freiberg.de



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014–2020



- [1] Oppelt, L. et. al: Geothermische Nutzung von Grubenwasser zur regenerativen Energieversorgung, Geothermische Energie, Jg.29, Nr.95, S.24–27, 2020
- [2] L. Oppelt, T. Grab, S. Pose, T. Storch, T. Fieback: Mine water geothermal energy as a regenerative energy source - status quo and results from five years of monitoring, Oil Gas EUROPEAN MAGAZINE, 47. Edition, 1/2021, S 15-19, März 2021, DOI: 10.19225/2103054
- [3] Debes C (2012) Minewater geothermal energy in Europe - Pilots in ReSource and Remining LOWEX. In: Debes C (ed) 2. Workshop Minewater - Renewable Energy: ReSource - Turning Problems into Potentials, Eisleben
- [4] Ramos EP, Breede K, Falcone G (2015) Geothermal heat recovery from abandoned mines: a systematic review of projects implemented worldwide and a methodology for screening new projects. Environmental Earth Sciences 73:6783–6795. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4285-y>
- [5] Vater A (2012) Geothermische Nutzung von Grubenwasser aus der Grube Schlema – Alberoda
- [6] Wismut GmbH (2012) Geothermie in Bad Schlema: Projekt „Schillerschule“
- [6] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2012) Abschlussbericht: Förderprogramm „Immissions- und Klimaschutz einschließlich der Nutzung erneuerbarer Energien“: Ergebnisse im Zeitraum 2000-2008
- [7] Vater A (2007) Geothermie - Nutzung von Wärme aus der Erde, Bad Schlema
- [8] Wieber G, Ofner C (2008) Geothermische Potenziale gefluteter Bergwerke. bbr Jahresmagazin
- [9] Lagerpusch, K. (04.02.2010) Stellenwert Bergbau – Geothermie in Sachsen, Bad Schlema
- [10] Kissing, H. (2009) Thermische Nutzung des Grubenwassers der Schiefergruben der MAGOG GmbH & Co KG in Schmallenberg/ Ortsteil Bad Fredeburg, Bochum
- [11] Raube, J. (2012) Wärmenutzung aus Grubenwasser in Bochum-Werne
- [12] Batchelor T, Curtis R, Ledingham P, Law R (2015) Country Update for the United Kingdom: Paper-ID: 01076. In: International Geothermal Association IGA (ed) Proc. of World Geothermal Congress 2015
- [13] Hall A, Scott JA, Shang H (2011) Geothermal energy recovery from underground mines. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15:916–924. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.007>
- [14] Baukonzept Dresden GmbH Projekt: Geothermische Grubenwassernutzung in Freiberg
- [15] Grab T, Storch T, Gross U, Kleutges J, Grötzsch S (2010) Geothermieranlage zur Grubenwassernutzung für Heizung (200 - max. 670 kW) und Kühlung (155 - max. 500 kW). In: GtV - Bundesverband Geothermie e.V. (ed) Der Geothermiekongress 2010
- [16] Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (2013) Medieninformation: Technische Universität Bergakademie Freiberg Geothermische Anlage zur Nutzung des Energiepotenzials des Rothschnöberger Stolln geht in Betrieb. 63/2013
- [17] Johnson Controls Fallstudie - Hohe Heizkosten sind heilbar: Grubenwasser dient als Energiequelle für zweistufige Ammoniak-Wärmepumpe im Kreiskrankenhaus Freiberg. http://www.johnsoncontrols.com/de_de/-/media/jci/be/germany/solutions-by-industry/files/bts_case_study_hospital_freiberg_de.pdf. Accessed 10 September 2018
- [18] Ulbricht S (2013) Wieder Pionierrolle für Freiberg: Projekt "Energetische Optimierung im Kreiskrankenhaus Freiberg" nutzt Warmwasser des Supertunnels. Wochenspiegel - regional:3
- [19] Röder U (2012) Geothermie im Fokus der Nachnutzung von Bergbaufolgelandschaften am Beispiel des Zwickauer Steinkohlenreviers: Geothermische Nutzung von Flutungswässern
- [20] Röder U (2015) Geothermische Nutzung von Flutungswässern aus den Abbauhohlräumen des Zwickauer Steinkohlenreviers: Stand und Zwischenergebnisse des Projektes
- [21] Sunbeam GmbH (2013) Forschung für Energieeffizienz: Projekt: Geothermische Nutzung von Grubenwässern zur Nahwärmeversorgung. <http://www.eneff-stadt.info/de/pdf/waerme-und-kaeltenetze/projekt/details/geothermische-nutzung-von-grubenwaessern-zur-nahwaermeversorgung/>. Accessed 21 January 2013
- [22] Mineralienatlas – Fossilienatlas (2015). <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Deutschland/Sachsen/Erzgebirgskreis/Marienber%2C%20Revier/Marienber/Poberschau>
- [23] Myslil V, Frydrych MSV (2005) Geothermal Energy Potential of Czech Republic. In: Proceedings World Geothermal Congress
- [24] Wolf P, Lagerpusch KH, Hofmann K (2007) Zur geothermischen Nutzung von Grubenwässern in Sachsen. Sächsischer Geothermietag Spezial: Geothermie und Bergbau, Marienberg



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

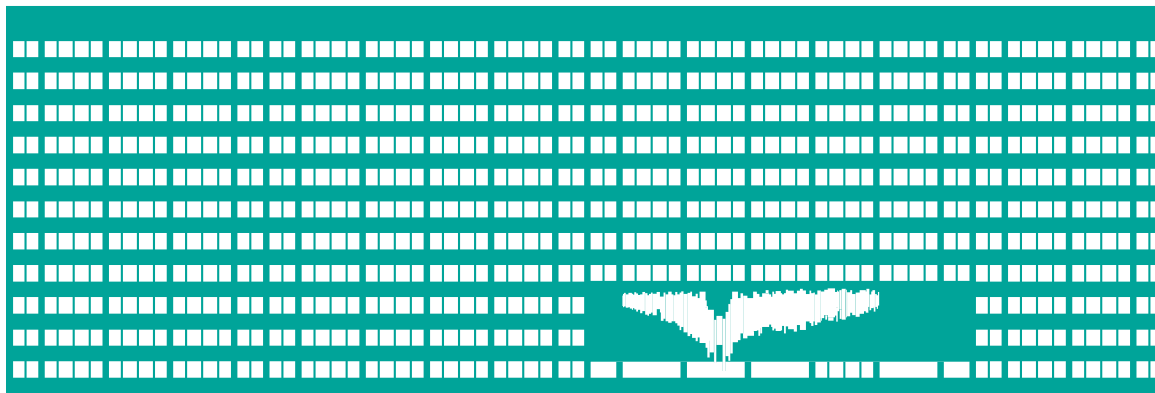


Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014–2020



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz

Závěrečná konference projektu GeoMAP /Abschlusskonferenz im Projekt GeoMAP

23. dubna 2021 / 23. April 2021

**Dynamika a modelace procesu zatopení dolu v krajinách zatížených důlní činností
v Sasku a v severních Čechách / Dynamik und Prozessmodellierung der
Grubenflutung in Bergbaufolgelandschaften Sachsens und Nordböhmens**



Využití vybraných metod geotechnického monitoringu v polních podmínkách

Nutzung ausgewählter Monitoring Methoden unter Feldbedingungen

Jiří Mališ, Martin Klempa, Jindřich Šancer, Václav Zubíček
VŠB – Technická univerzita Ostrava, Česká republika

Úvod

Významným fenoménem posledních let je v České republice **postupné utlumování hlubinné i povrchové těžby uhlí**.

Součástí sanace následků těžby je **transformace post-hornické krajiny** do podoby, ve které ji budeme moci opět využívat pro život, zemědělství, bydlení, průmysl.

Její významnou částí je stanovení mnoha environmentálních parametrů - **monitoring** pomáhajících určit míru narušení krajiny.

K těmto parametrům zcela určitě patří **narušení půdního pokryvu** a nejsvrchnějších horninových vrstev, změna režimu **proudění podzemních vod**, **kontaminace zemin** a hornin, změny reliéfu krajiny – **svahové pohyby** antropogenních navážek nebo **poklesy krajiny** po těžbě a mnoho dalších jevů.

A major phenomenon in recent years has been the **phasing out of coal mining** in the Czech Republic.

Part of the remediation of the consequences of mining is the **transformation of the post-mining landscape** into a form in which we can use it again for life, agriculture, housing, industry.

A significant part of this is the establishment of many environmental parameters - **monitoring** to help determine the extent of landscape disturbance.

These parameters most certainly include **disturbance of the soil cover** and the top rock layers, alteration of the **groundwater flow regime**, **contamination of soil** and rock, changes in the relief of the landscape - **slope movements** of anthropogenic uplands or **declines of the landscape** after extraction, and many other phenomena.

Úvod

V rámci sanačních a rekultivačních prací je třeba mít i znalosti z oblasti **techniky a technologie průzkumných a vrtných prací**, které charakterizují horninové prostředí a pomáhají předcházet mimořádným událostem jako jsou např. sesuvy, poklesy, výstupy podzemních vod, jímání podzemních vod, odvodňování aj.

Cílem příspěvku je **seznámení s vybranými metodami průzkumných geotechnických prací používanými v monitoringu post-hornické krajiny severních Čech.**

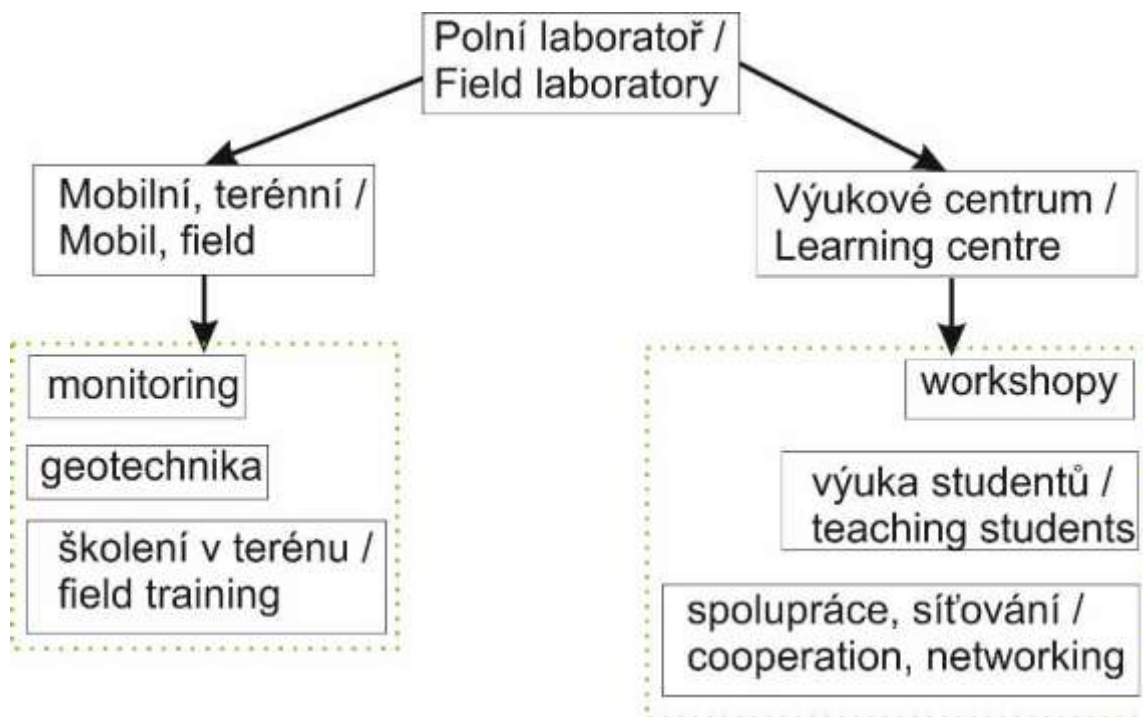
As part of the remediation and reclamation work, there is also a need to have **knowledge of the exploration and drilling techniques and technologies** that characterise the rock environment and help prevent emergencies such as landslides, declines, groundwater exits, groundwater collection, drainage, etc.

The aim of the contribution is to familiarize yourself with **selected methods of exploratory geotechnical work used in the monitoring of the post-mining landscape** of northern Bohemia.

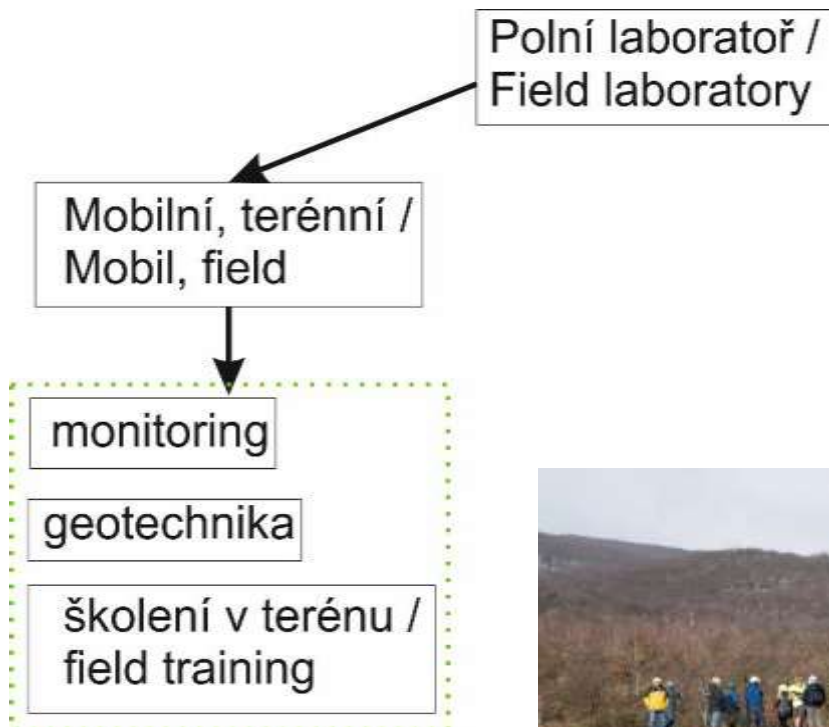
Úvod

Představené metody jsou součástí [polní laboratoře](#) budované v rámci projektu [GeoMAP](#).

The methods presented are part of a [field laboratory](#) built under the [GeoMAP](#) project.



Úvod



Úvod



Polní laboratoř /
Field laboratory

Výukové centrum /
Learning centre

workshopy

výuka studentů /
teaching students

spolupráce, síťování /
cooperation, networking

Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Vrty - prostředek pro umístění snímacích zařízení pro sledování a hodnocení deformací v horninovém prostředí.



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Vrty - prostředek pro umístění snímacích zařízení pro sledování a hodnocení deformací v horninovém prostředí.

Metody pro měření svahových deformací a pohybů pomocí vrtů:

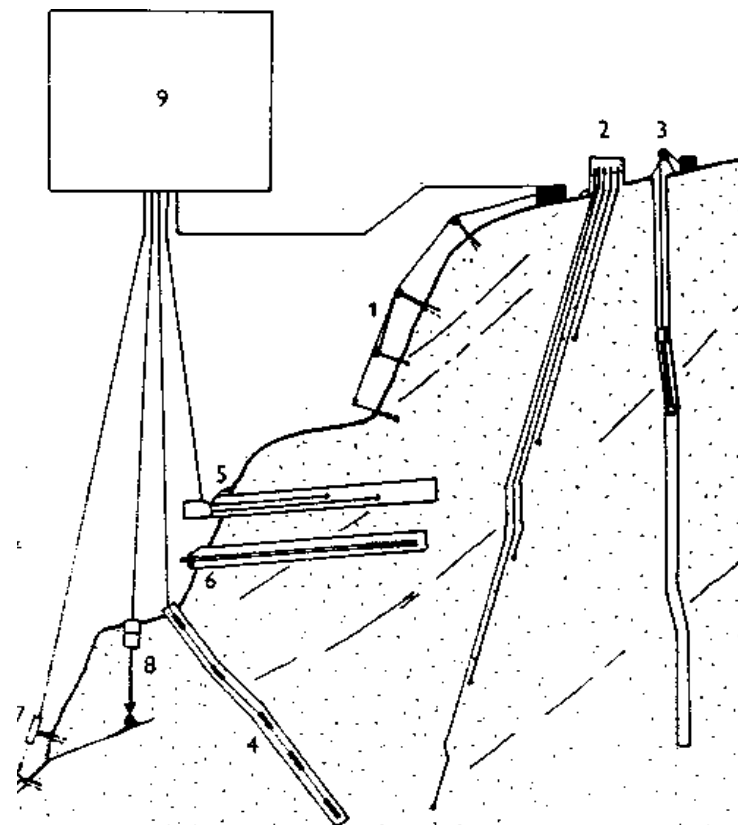
- přesná inklinometrie,
- měření pórového tlaku,
- extenzometry (pro vodorovné vrty i svislé vrty),
- křehké páskové vodiče,
- geoakustické měření ve vrtech,
- měření podélných posuvů na svazích.

Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Vrty - prostředek pro umístění snímacích zařízení pro sledování a hodnocení deformací v horninovém prostředí.

Metody pro sledování deformací svahů a sesuvů.

- 1 – povrchový drátový extenzometr,
- 2 – drátový extenzometr pro lokalizaci smykových zón,
- 3 – přesná inklinometrie,
- 4 – řetězový deflektometr pro měření příčného sedání,
- 5 – víceúrovňový tyčový extenzometr s mechanickým záznamem,
- 6 – deformetr (měření pohybu po kluzných plochách),
- 7 – dynamometr (měření předpětí kotev),
- 8 – hadicová vodováha na měření horizontálních pohybů,
- 9 – vyhodnocovací jednotka



Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Inklinometrie

Na **inklinometrický vrt** nejsou z hlediska vrtání kladeny nijak mimořádné nároky. Jedná se o vrty průměru 112 mm, resp. vrty průměru 93 mm. U těchto vrtů je především nutno zajistit dobrou průchodnost, resp. přímost z hlediska následného propažování polyetylenovými pažnicemi (PE).

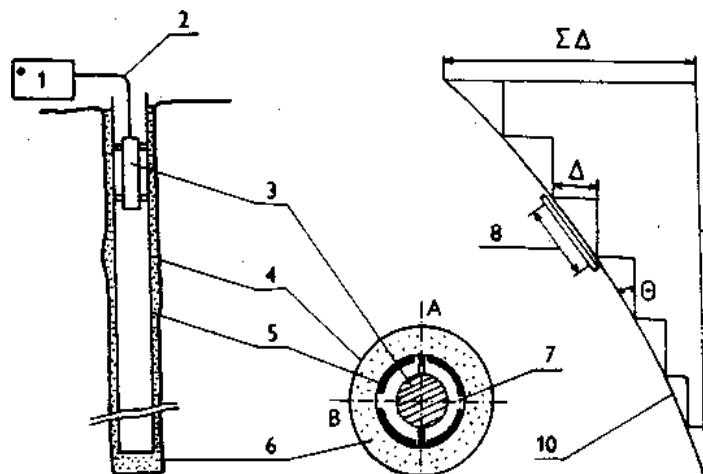
U inklinometrických vrtů je největší důraz kladen na správnost vystrojování a osazování vrtu PE pažnicemi. Především je nutno zajistit:

- dokonalé slícování drážek jednotlivých PE trubek (zároveň musí být respektována zásada, že myšlená rovina proložená dvěma protějšími drážkami bude totožná s předpokládaným směrem pohybu svahu),
- u svislých vrtů zajistit maximální svislost osazení pažnic (interpretace výsledků u dokonale svislých vrtů není na rozdíl od šikmých vrtů zatížena chybami),
- vyvarovat se znečištění vnitřku PE pažnic,
- dbát na vodotěsnost spojů PE trubek.

Výsledným stadiem inklinometrického vrtu by měl být vystrojený vrt s upraveným zhlavím, připravený k provádění vlastního měření.

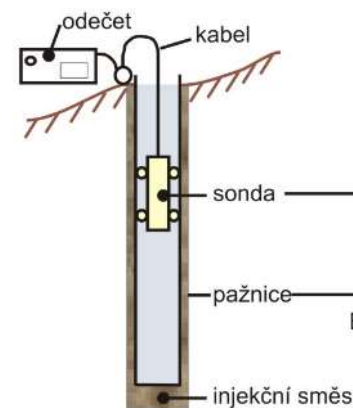
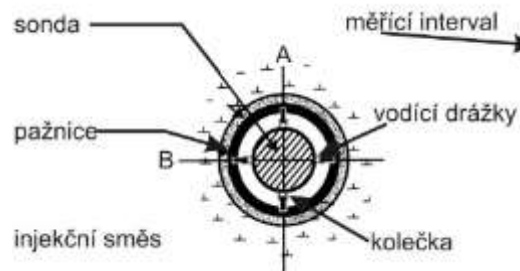
Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Inklinometrie



Princip metody přesné inklinometrie.

1 – vyhodnocovací zařízení, 2 – kabel, 3 – sonda, 4 – vrt, 5 – pažnice, 6 – injekční směs, 7 – vodící drážky, 8 – měřicí interval, 9 – referenční profil, 10 – měřený profil



Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Extenzometrie

Přístroj se používá pro stanovení **velikosti deformací a poruchových zón v tělese svahu, v podzemních stavbách, v násypech apod.**

Vlastní těleso **víceúrovňového extenzometru** sestává:

- z úvodní kotvy (umožňuje fixaci systému kotev před jejich cementací),
- ze základní kotvy, připevněné na trubce, jež přejímá tlak zaváděcího soutyčí,
- z normálních kotev (počet bývá podle potřeby měření). Jsou rozmístěny mezi základní kotvou a měřicím zhlavím. Jsou průchozí pro nižší kotevní stupně. Každá kotevní úroveň je spojena se zhlavím extenzometru.

Vlastní měřicí zhlaví se skládá z příslušného počtu vnitřních kladek, které jsou spojeny s kotevními úrovněmi; z vnějších kladek, přes které jsou jednotlivé struny napínány pomocí zátěží, a z měřidel a snímačů velikosti posunu.

Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Extenzometrie

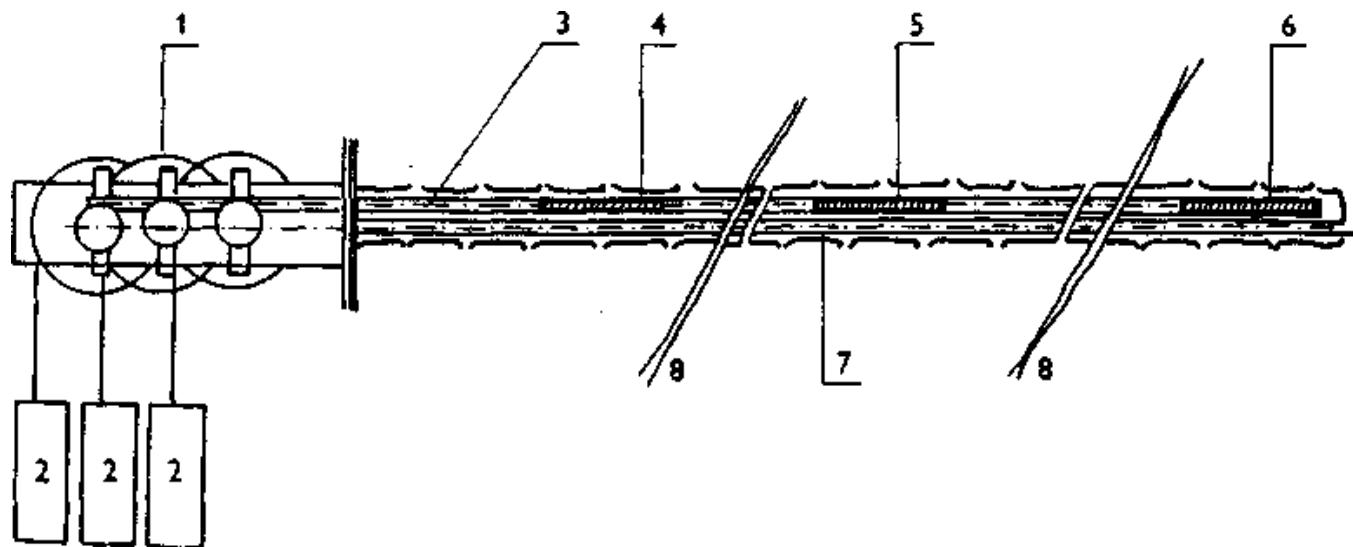


Schéma víceúrovňového extenzometru

1 – zhlaví s kladkami, 2 – zátěže, 3 – spojovací struna, 4 – normální kotva, 5 – základní kotva, 6 – úvodní kotva, 7 – injektážní trubka, 8 – poruchové zóny

Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Dilatometrické zkoušky



Ukázka sestavy pružného dilatometru



Ukázka funkce a instalace dilatometru

Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Dilatometrické zkoušky



Nainstalovaný dilatometr s teplotním čidlem pro kompenzaci roztažnosti materiálů

Geotechnické práce pro sledování stability svahů

Ukázka vybavení polní laboratoře z projektu GeoMAP



Dilatometr



Levellogger



Piezometr



Tyčový extenzometr

Geofyzikální metody pro ověření hydrogeologických podmínek a stability svahů

Elektrická rezistivní tomografie (ERT)



Stejnoseměrná odporová aparatura ARES 200E pro ERT měření. a) aparatura ARES-200E, b) válečková elektroda jako součást multielektrodového kabelu, c) kabelová sekce.



Umístění elektrod ERT na profilu na jižním břehu jezera Most (v pozadí Hněvín).

Geofyzikální metody pro ověření hydrogeologických podmínek a stability svahů

Elektrická rezistivní tomografie (ERT)



Mapa oblasti s vyznačenými profily ERT



Umístění elektrod ERT na profilu na jižním břehu jezera Most (v pozadí Hněvín).

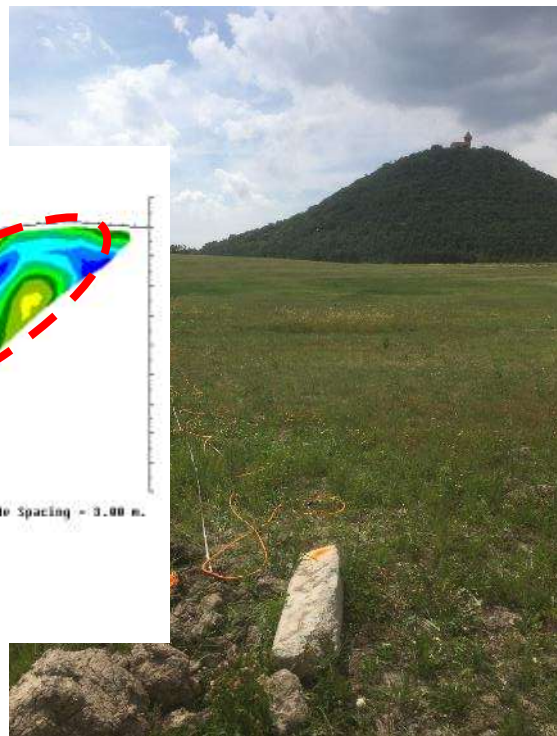
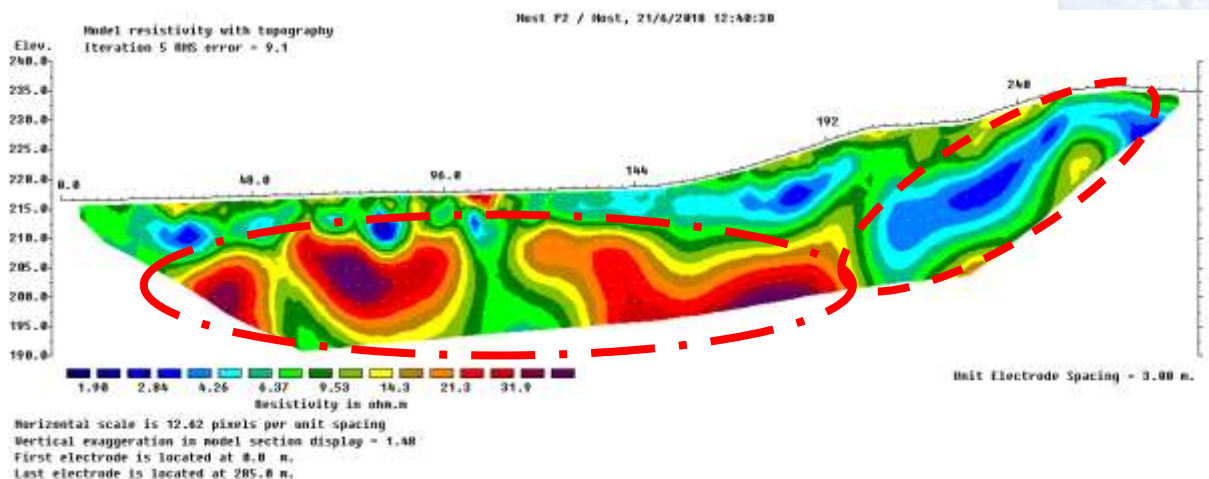
Geofyzikální metody pro ověření hydrogeologických podmínek a stability svahů



Situace profilu ERT na jižním břehu jezera Most.

Geofyzikální metody pro ověření hydrogeologických podmínek a stability svahů

Elektrická rezistivní tomografie (ERT)



Výsledek získaný metodou odporové tomografie - vertikální odporový řez na profilu P 2. Modré anomální oblasti naznačující případnou existenci zvýšené saturace pórového systému horninového masivu vodou. Červená barva označuje konsolidované podloží původního terénu.

Umístění elektrod ERT na profilu na jižním břehu jezera Most (v pozadí Hněvín).

Geofyzikální metody pro ověření hydrogeologických podmínek a stability svahů

Elektrická rezistivní tomografie (ERT)



Dokumentace výskytu podpovrchové vody v mělkých výkopech v rámci stavebních prací na jižním břehu v letech 2017 a 2018 v suchém letním období

Summary

Each of presented methods is accompanied by an example of its practical application in the post-mining landscape. Each methods and their corresponding technical equipment are part of the field laboratory of VŠB-TU Ostrava built with the important contribution of the international project GEOMAP.



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



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



Děkuji za pozornost / Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

