

Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Bürger- und Bürgerinnen-Information
am 21. Dezember 2011 in Mendig

von

Dr. Michael Rogall & Ansgar Wehinger

Standstabilität von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Einführung



Tagesbruch im Sportplatz von Niedermendig (1988)

Gliederung

- Einführung – Geologie und Bergbau
- Methoden – Überblick
- Auswahl der Flächen
- Methoden – Beschreibung
- Ergebnisse
- Ausblick



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

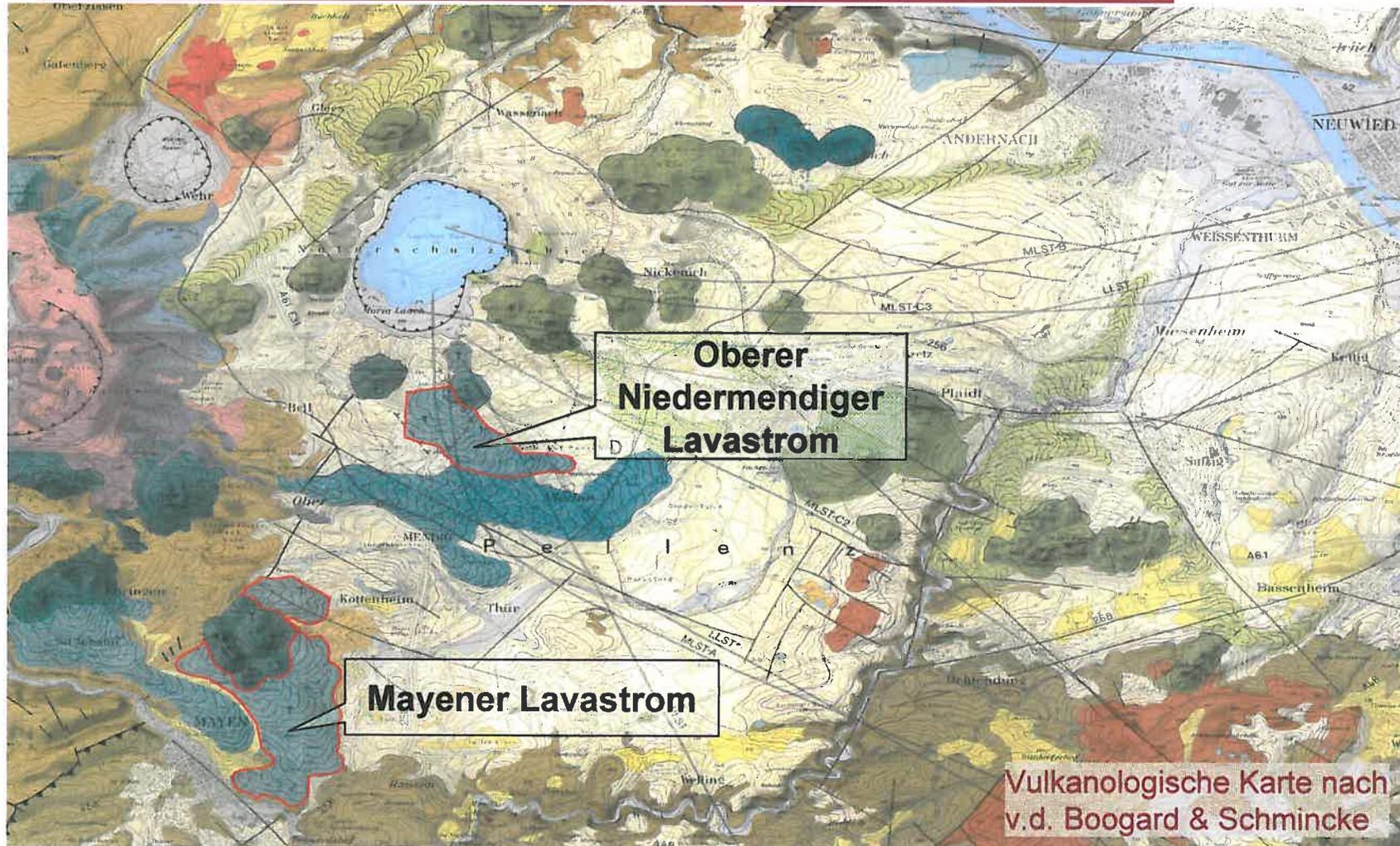


Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



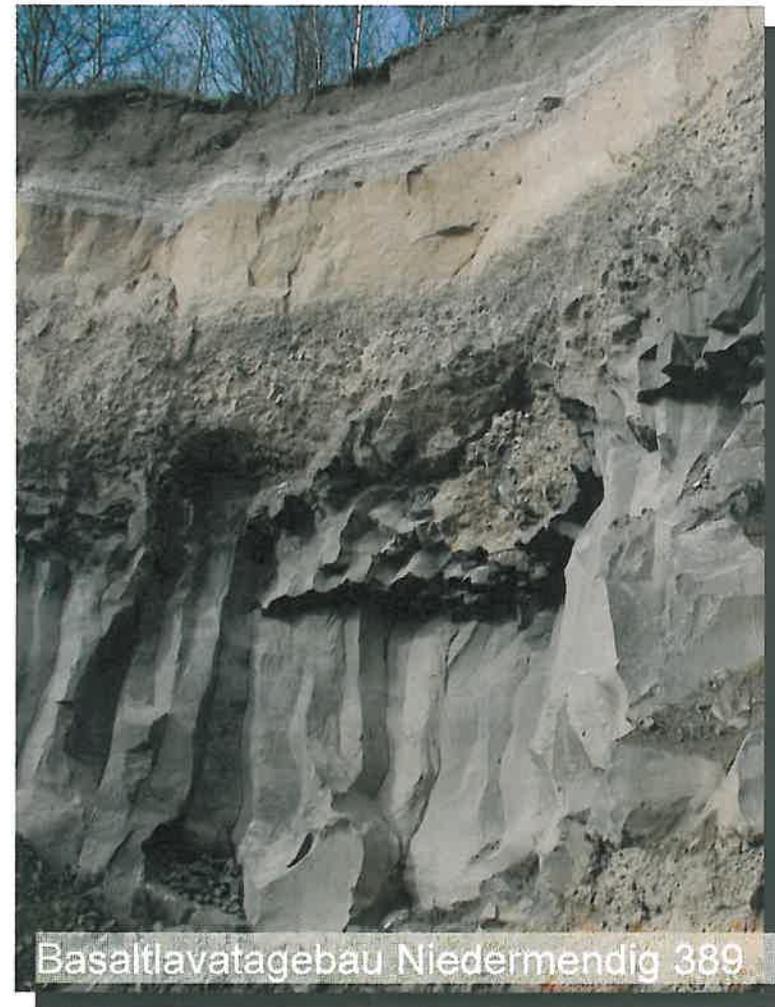
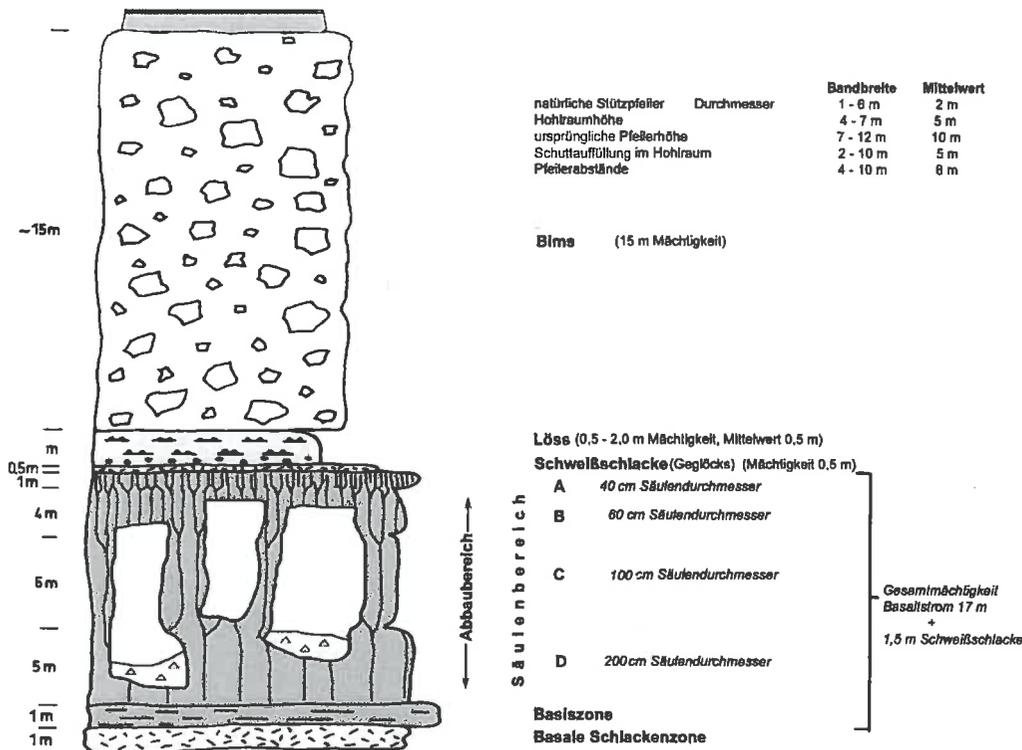
Einführung



Standssicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Einführung



Aufbau des Oberen Niedermendiger Lavastroms

Standardsicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

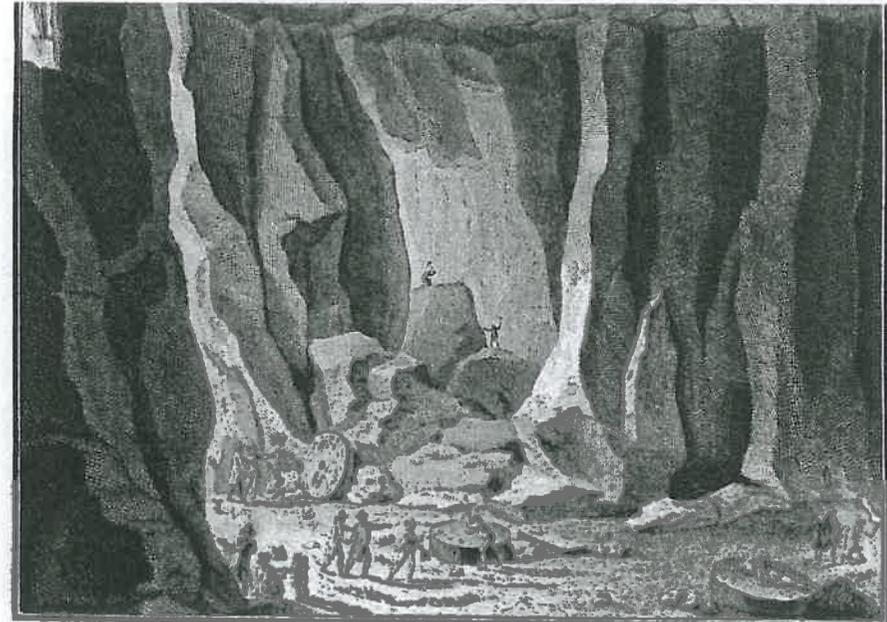
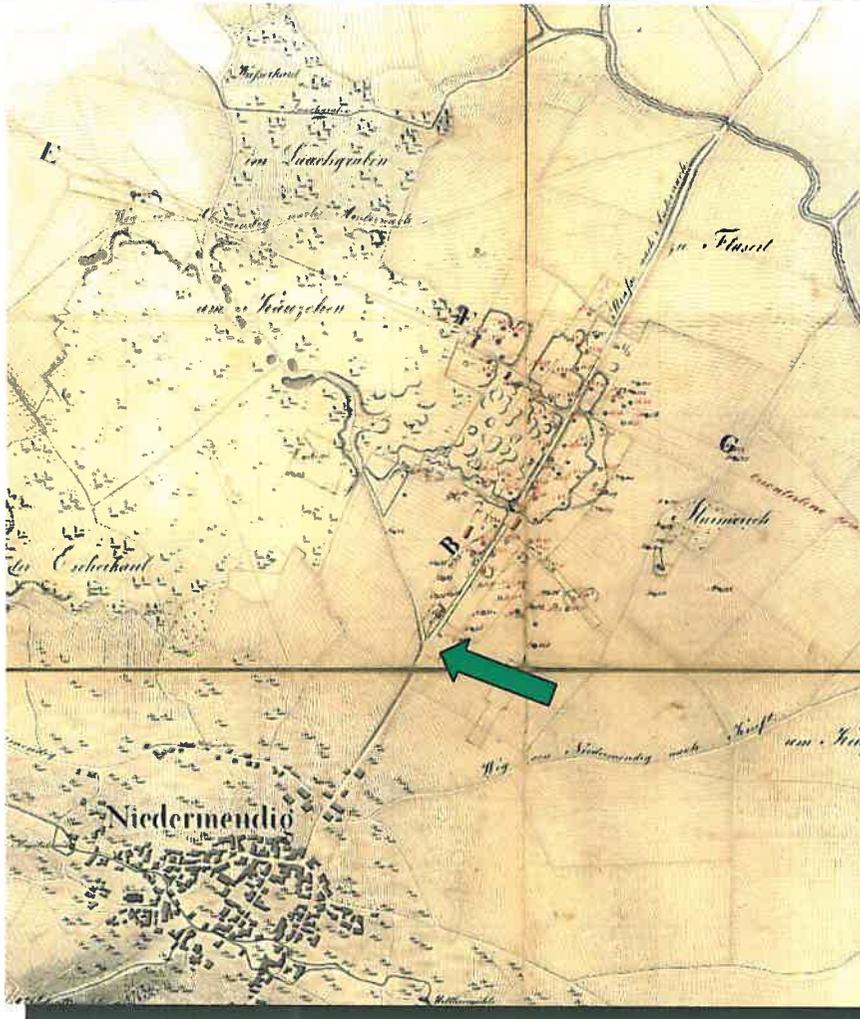


Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Einführung



Première VUE intérieure d'une des CARRIÈRES de NIEDERMENNICH ou la lave a affecté des Retraits prismatiques plus ou moins réguliers.

Abbau um 1802 (nach (Faujas de Saint-Fond))

Historische Bergamtskarte 1842-1879
(Bergamt Düren und Bergamt Koblenz)

Standsicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

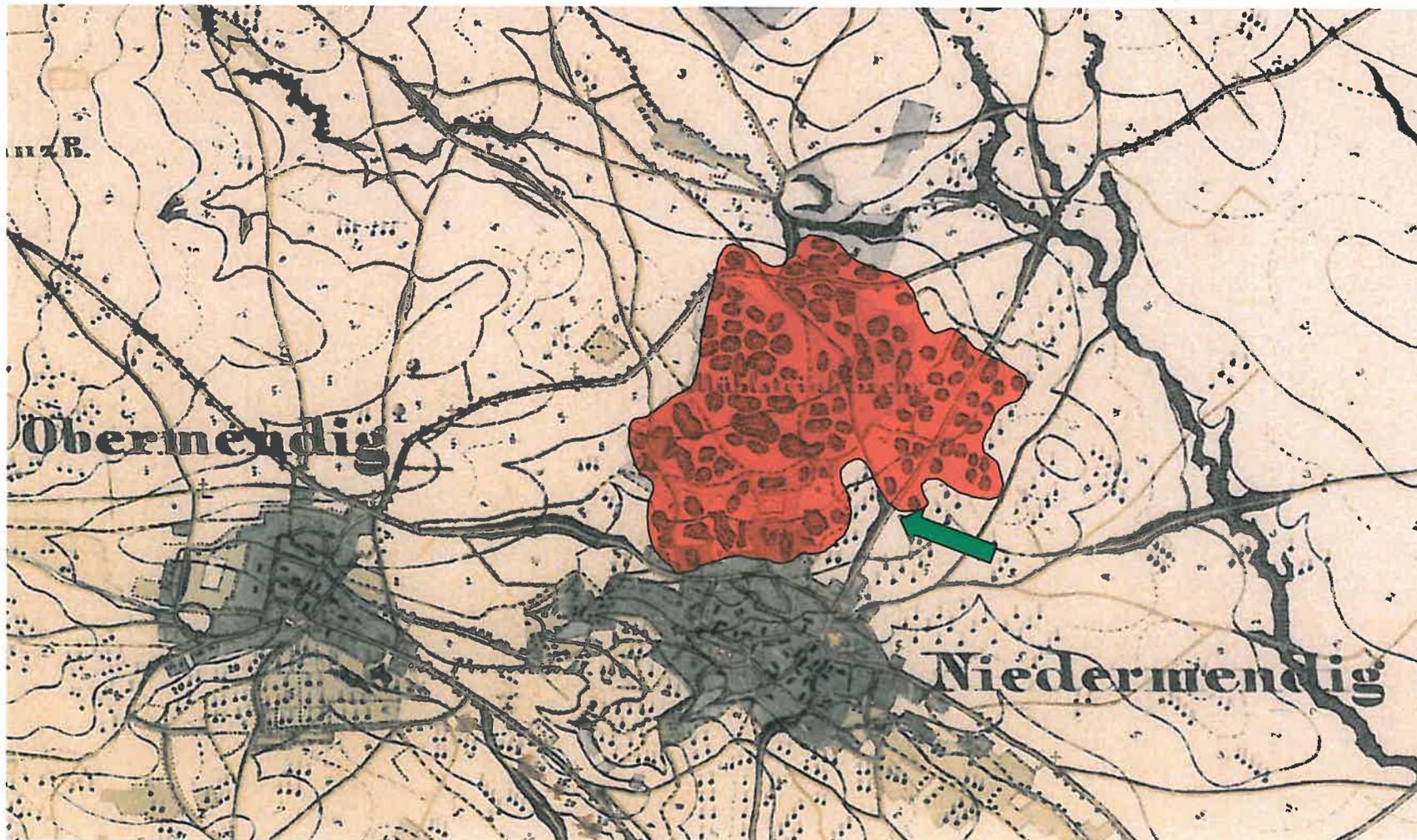


Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU

Einführung

Preußische Uraufnahme von 1847

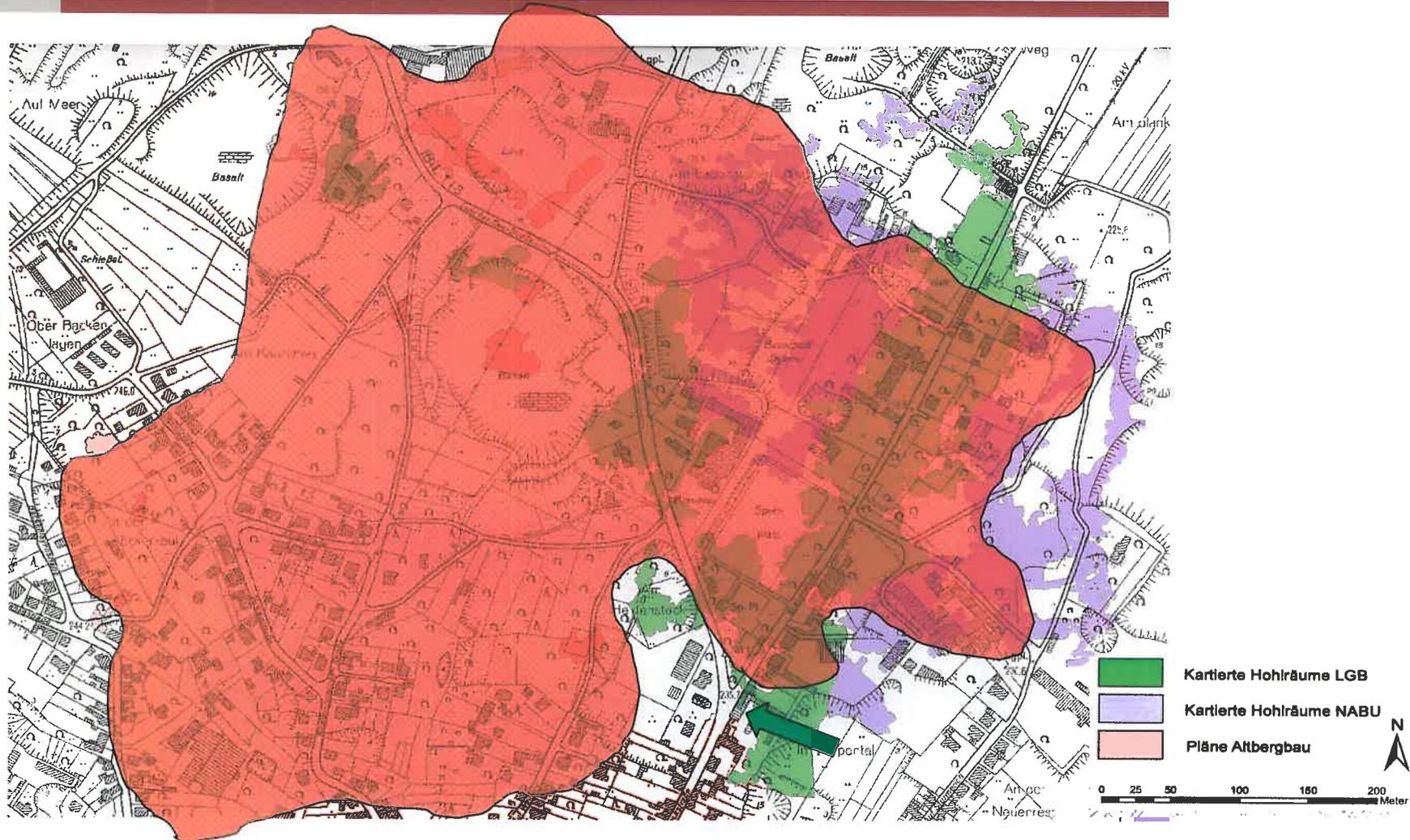
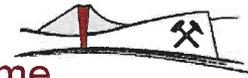


Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Einführung

Bekannte bzw. zugängliche Hohlräume



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

Methoden - Überblick

Pilotprojekt Niedermendig

- Auftrag des MWEKL
- € 150.000.- Projektsumme

Methodenfindung

- Vermessung
(3D-Laser-Scanning)
- Geotechnische Aufnahme
- Fotodokumentation
- Geophysik
- Finite Element Modell
- Gefährdungsmatrix
- Gefahrenkarten



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Methoden - Beschreibung

3D-Laserscanning

Laserscanner IMAGER 5006i

- Reichweite 0,4 – 79 m
- Akkubetrieb
- 500.000 Messungen pro Sekunde
- Scanbereich vertikal/horizontal 310°/360°
- Messgenauigkeit > 2 mm
- Messauflösung ca. 2 mm

Vorteile

- Komplette Erfassung der Hohlräume
- Schnell
- Kostengünstig
- Spätere Kontrollmessungen möglich



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

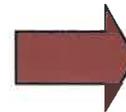
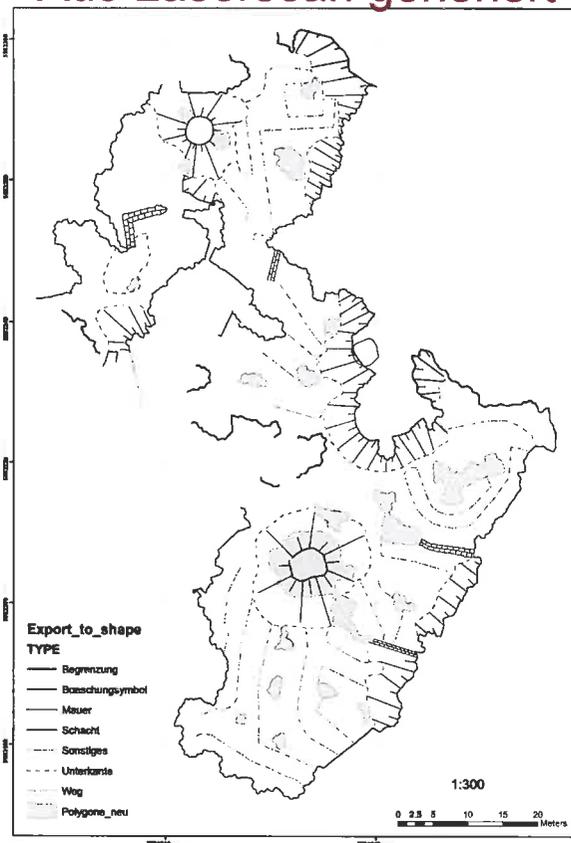
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



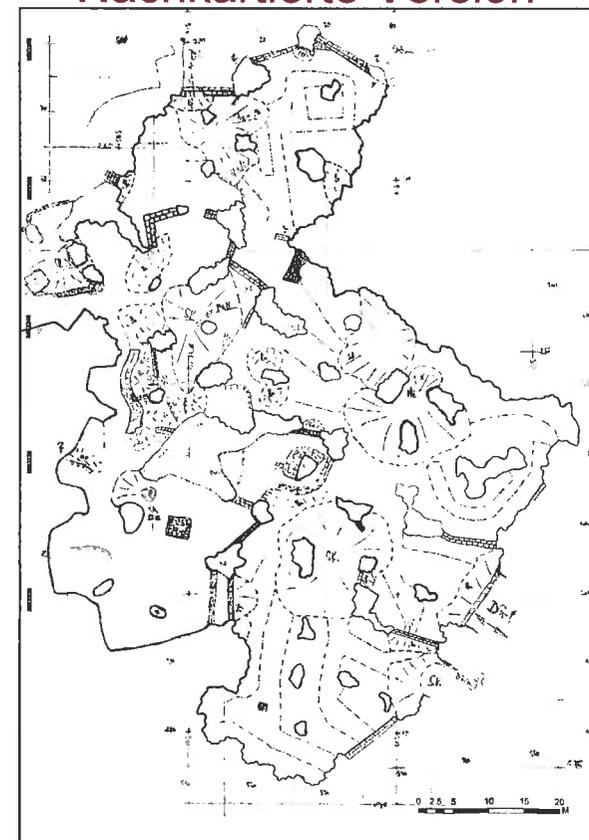
Methoden - Beschreibung

Erstellen einer zweidimensionalen Karte

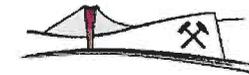
Aus Laserscan generiert



Nachkartierte Version



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Methoden - Beschreibung

Geotechnische Aufnahme: Erfassungsbögen

Hohlräumkartierung Niedermendig			
HOHLRAUM: H1702		Bearbeiter: Kurz ANLAGE: 4.9	
PFEILER: P170202		Datum: Mai 2011	
Pfeilerausbildung: Art: natürlicher Restpfeiler Pfeilhöhe: 6,80 m ø minimal: 0,80 m ø maximal: 3,60 m Umfang: 10,30 m Stützzahl oben: 3 ø oben: 1,3 m Stützzahl unten: 8 ø unten: 3,4 m Schlankheitsgrad: max: 8,3 Ø: 3,0 Deformation: schwach (keine/schwach/stark) Felsplan: ohne Sicherungen: vollstrüktig mit Kette unipórtel, Kette korrodert und unter hoher Spannung			
Gefährdungsgrad: [keine/gering/mittel/hoch/sehr hoch] Gefährdung: hoch Bemerkungen: Gabelungsküfte vollständig durchtrennend und nach aussen gerichtet, Kette steht unter hoher Spannung. Nach Bruch der Kette ist das Herausgleiten von Stützen möglich. Sicherung sollte entwirrt werden.			
Trennflächen: [HR: Haarris] [u.d.: nicht durchz.] [u.: vollst. durchz.] Anröhungsfläche: Öffnungsweite: Durchtrennung: Bemerkungen: Vertikale Ab. Kl. (VA) bis 4 mm d. Horizontale Ab. Kl. (HA) bis 7 mm d. Gabelungsküfte (KG) bis 16 mm d. alle KG nach aussen gerichtet und h. mit Versatz an KG Rissbildungen: Öffnungsweite: Durchtrennung: Bemerkungen: Trennungsküfte (KT) / Scherküfte (KS) Bruchbildungen: Öffnungsweite: Bemerkungen: Spaltbruch (SpB) / Scherbruch (SchB) Bemerkungen: Abplatzungen (Abplz): Zerrüttungen (Zerr): Treibsäule mit Hohlräumen (0,5 m³) Zerr im Bereich von KG			



- ### Pfeiler
- Nummer
 - Ausbildung
 - Trennflächen
 - Gefährdungsgrad

- ### Hohlraum
- Nummer
 - Geometrie
 - Schüttkegel
 - Stützpfeiler
 - Firste
 - Gefährdungsgrad

Hohlräumkartierung Niedermendig			
Kartenblatt:		Bearbeiter: Kurz ANLAGE: 3.17	
HOHLRAUM: H1817		Datum: Juli 2011	
Hohlraumgeometrie: mittlere Höhe: 4,70 m max. Höhe: 8,40 m Fläche (m²): min. Höhe: 4,00 m Volumen (m³):			
Bohlausbildung: Stark uneben, mit Blössand, Abbrüchen durch späten Basaltabbau und SK aus Basaltinschlägen			
Schüttkegel: Anzahl: 2 Schachtr.: S181701 Neigung: 45-48° Ausbildung: SK mit Basaltinschlägen Höhe: Bis Firste Bemerkungen: Schachtr.: S181702-West Neigung: 70° Ausbildung: SK mit Blössand und Basaltinschlägen Höhe: Bis Firste Bemerkungen: Bereich west H1817 aufgeteilt			
Bergwasser: Schwach bis stark tropfend, mit Kohlenstausschlägen			
Stützpfeiler: Anzahl: 3 nat. Pfeiler, 1 nat. Pfeiler mit teilweiser Umarmung, Wandbereiche nördlich, östlich und südlich Gefährdung: Hoch (1 nat. Pfeiler) / gering (1 nat. Pf. mit Umarmung) / hoch (2 nat. Pfeiler) Bemerkungen: Pfeiler P181704 mit mehreren 70cmigen LSRT und Abris (sollte überwacht werden). Pfeiler P181701 mit mehreren 70cmigen RT, Umarmung stark kleinstufige St. Wandbereiche unzugänglich			
Firste: Gefährdung: Gering Ausbildung: ca. mit 0,5 m bis 1,5 m und kleineren AG am Rand. Röhrlänge ca. (ca. 12 m), Röhrlänge ca. (ca. 3 m)			
Hohlraum gesamt: Gefährdung: Gering / hoch bei P181704 Bemerkungen: Ausbreiten einzelner G3-Stützen möglich. Pfeiler P181704 zeigt mehrere Spannungsveränderungen und sollte überwacht werden.			

Standsicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Ergebnisse

Fotodokumentation



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Ergebnisse - Fotodokumentation

Hohlraum H 17



Scherbruch



Ausbruch der Firste (H1701)

Standsicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Ergebnisse - Fotodokumentation

Hohlraum H 18



Versagen einer
historischen
Pfeilersicherung

Pfeilerbruch (P180701)

Pilotprojekt Niedermendig



Bereich H 18: Totalversagen eines künstlichen Pfeilers
(Foto DMT Mai 2011)

Pilotprojekt Niedermendig



Bereich H 19: Totalversagen eines natürlichen Pfeilers
(Foto DMT Mai 2011)

Pilotprojekt Niedermendig



Bereich H 19: Rezente Scherung eines natürlichen Pfeilers
(Foto DMT Mai 2011)

Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

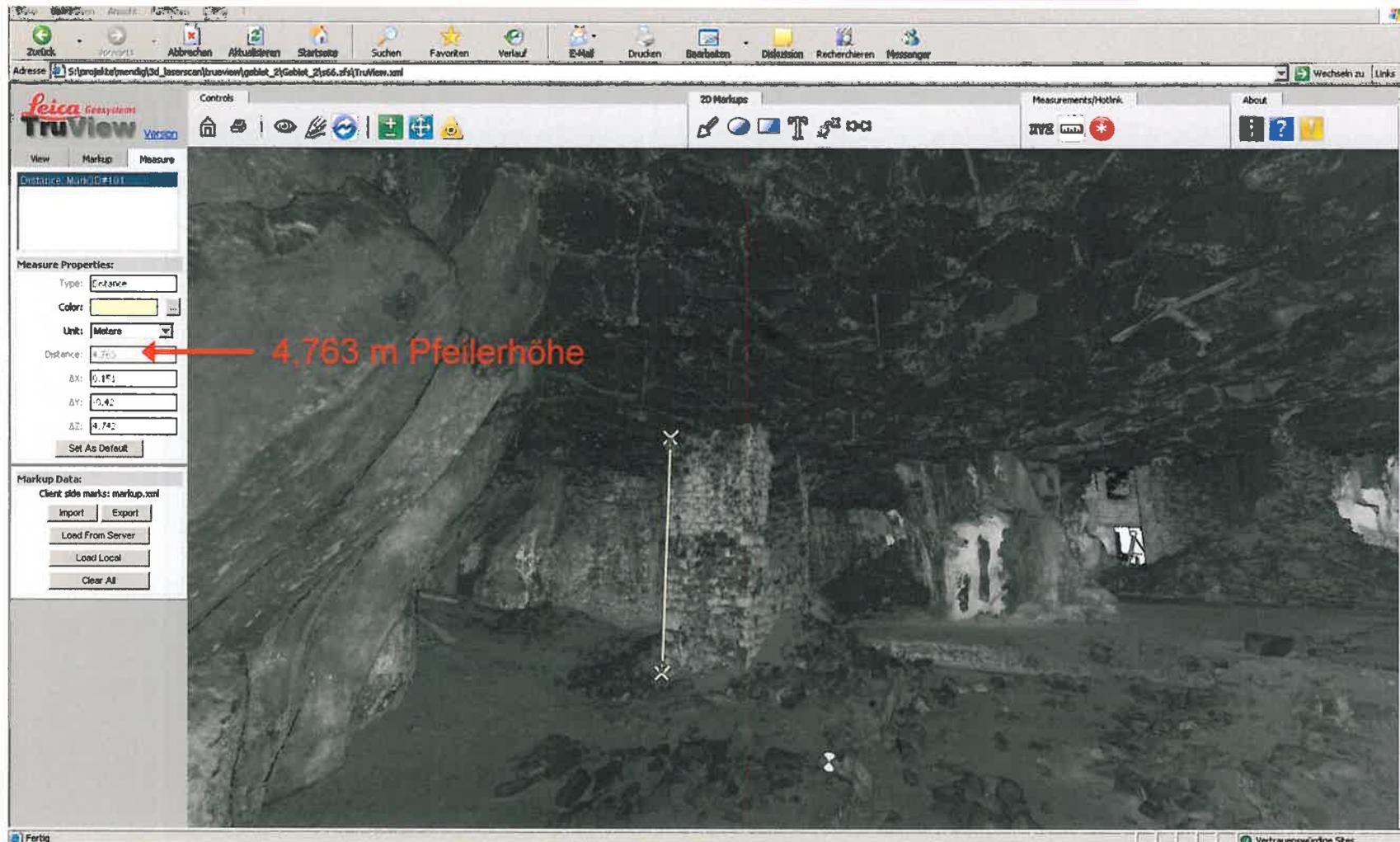


Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Ergebnisse – TruView (3D –Scan)



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

Methoden - Beschreibung

Generierung der Gefahrenkarte

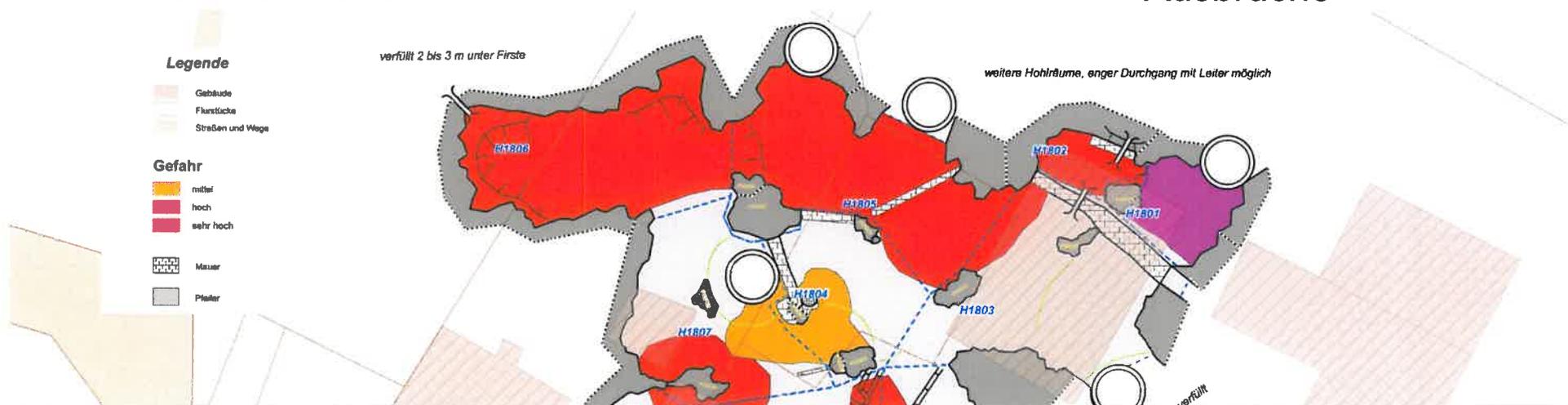
Hohlraumkarte

- Abgestürzte Glocken
- Gefährdete Pfeiler
- Hohlraumspannweite
- Hohlraumhöhe

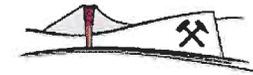
Gefahrenkarte

Firstkarte

- Red Cracks
- Alte Sicherungen
- Firstausbildung
- Ausbrüche



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Ergebnisse – weitere Methoden

Gefährdungsbewertungsmatrix von Pfeilern

- Aufnahme aller Elemente, die die Stabilität des Pfeilers beeinflussen
- Höhe, Durchmesser, Schlankheitsgrad
- Trennflächen
- Pfeilerzustand (Abplatzungen, Deformationen, Zerrüttungen)
- Vergabe von Bewertungspunkten
- Aufsummierung aller Punkte
- Einstufung in eine Gefährdungsklasse

Bewertungsmatrix zur Gefährdungseinstufung von Restpfeilern. Die zum Teil für ein Merkmal unterschiedlichen Punktzahlen hängen davon, ob bestimmte Merkmale kombiniert vorkommen.

Merkmalgruppe	Merkmal	Punkte*
Dimensionen	Schlankheitsgrad < 3	1
	Schlankheitsgrad 3 bis 4	6
	Schlankheitsgrad 4 bis 5	15
	Schlankheitsgrad > 5	20
	Min. Durchmesser < 1m	0
	Min. Durchmesser > 1m	0
Trennflächen	Differenz min. zu max. Durchmesser > 6 und wenn Schlankheitsgrad > 5	20 30
	Nicht vorhanden	5
	Räumlich begrenzt	10
	Durchtrennt	25
	Öffnungsweite bis 1mm	10
	Öffnungsweite 1 bis 3 mm	15
	Öffnungsweite >3mm	20
	Haarrisse	5
	Wenige Scherbrüche/Spaltbrüche und wenn min. Durchmesser < 1m	20 40
	Mehrere Scherbrüche/Spaltbrüche und wenn min. Durchmesser < 1m	40 70
Sehr viele Scherbrüche/Spaltbrüche und wenn min. Durchmesser < 1m	50 80	
Wenige Knickbrüche/Gabelungsklüfte und wenn min. Durchmesser < 1m	20 30	
Mehrere Knickbrüche/Gabelungsklüfte und wenn min. Durchmesser < 1m	30 50	
Wenige Horizontale Brüche/Risse	20	
Mehrere Horizontale Brüche/Risse	30	
Sicherungen vorhanden	20	
Leicht beschädigte Sicherungen	10	
Defekte Sicherungen	20	
Pfeilerzustand	Schwache Deformation	10
	Starke Deformation	68
	Kleinere Abplatzungen	25
	Größere Abplatzungen	50
	Wenige kleinräumige Zerrüttung auf Einzelsäulen	50
	Schwacher Auflockerungsgrad	80
Starker Auflockerungsgrad	100	
Zerrüttet	150	

Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Ergebnisse – weitere Methoden

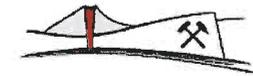
Gefährdungsbewertungsmatrix von Pfeilern

- > 85% der Einstufungen stimmen mit den “subjektiven” Bewertungen der Kartierung überein
- weitere Verfeinerung der Bewertungsmatrix ist geplant

Keine Gefährdung	< 100
Geringe Gefährdung	100 – 199
Mittlere Gefährdung	200 – 255
Hohe Gefährdung	256 – 349
Sehr hohe Gefährdung	> 350

Pfeiler	Sichtprüfung	Punkte	Unterschied	Pfeiler	Sichtprüfung	Punkte	Unterschied
P170103	keine	96		P181701	gering	171	
P170102	keine	76		P181502	mittel	204	
P170107	gering	116		P181501	gering	101	
P170106	gering	191		P181403	keine	86	
P170202	hoch	295		P181402	gering	136	
P170106	gering	191		P181401	gering	35	X
P170703	keine	86		P181204	keine	20	
P170901	gering	141		P181203	keine	76	
P180802	keine	86		P181202	keine	76	
P181201	keine	61		P181001	keine	100	
P181503	mittel	121	X	P180702	keine	96	
P180302	gering	106		P180501	gering	226	X
P181704	hoch	304		P180701	hoch	349	
P170503	gering	211	X	P170104	keine	96	
P170604	gering	126		P170105	keine	106	X
P181101	gering	141		P170201	keine	76	
P181201	mittel	179	X	P170203	keine	181	X
P180401	hoch	274		P170204	keine	16	
P180403	gering	131		P170503	gering	196	
P180801	sehr hoch	405		P170401	gering	161	
P171104	sehr hoch	393		P170504	gering	131	
P170305	sehr hoch	454		P170505	gering	151	
P170702	keine	96		P170601	gering	81	X
P180903	gering	85	X	P170603	gering	146	
P170502	gering	101		P170701	keine	91	
P171001	keine	81		P170801	keine	91	
P170602	gering	109		P170803	gering	146	
P170902	keine	61		P170804	keine	71	
P180404	gering	126		P170903	keine	66	
P171102	gering	136		P170904	gering	61	X
P170802	keine	66		P170905	keine	91	
P181201	keine	96		P171103	keine	86	
P170605	keine	71		P180101	gering	126	
P181703	keine	51		P180301	gering	116	
P170501	gering	191		P180302	gering	96	X
P181702	keine	51					

Standardsicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Ergebnisse – weitere Methoden

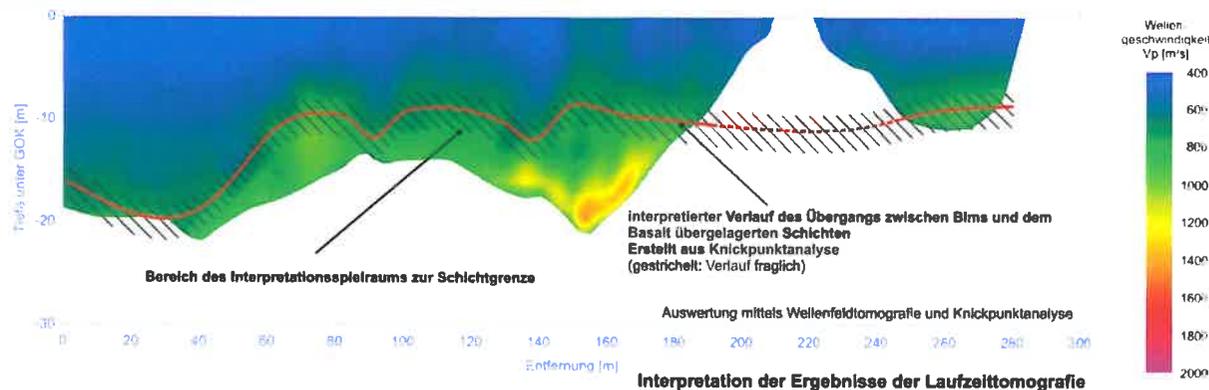
Rechnerische Modellierung
FEM Finite-Element-Modell
Vereinfachte Randbedingungen
mit ersten Ergebnissen

Weiterentwicklung und
Verfeinerung sinnvoll

„**Fernerkundung**“ von Hohlräumen
Geophysikalische Methoden

- Geoelektrik
- Magnetik
- Gravimetrie
- Seismik

Erste Ergebnisse nicht befriedigend



Bewertung der Methode bzgl. der Fragestellung:

Qualität der Aussage: keine Aussagen unterhalb der den Basalt überlagerten Schichten möglich,
Kalibrierung der Tiefenaussage durch direkte Aufschlüsse fehlt

Eignung: - zuverlässige Aussagen nur bis zum Top des Basalts, Schichtgrenzen-Nachweis

GGU Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH
Tel. 0721/28678 Fax 25408 Amalienstr. 4 76133 Karlsruhe

Abb.: M-Sei-I

Mendig
Refraktionsseismik

Ergebnisse und Interpretation der Tomografie

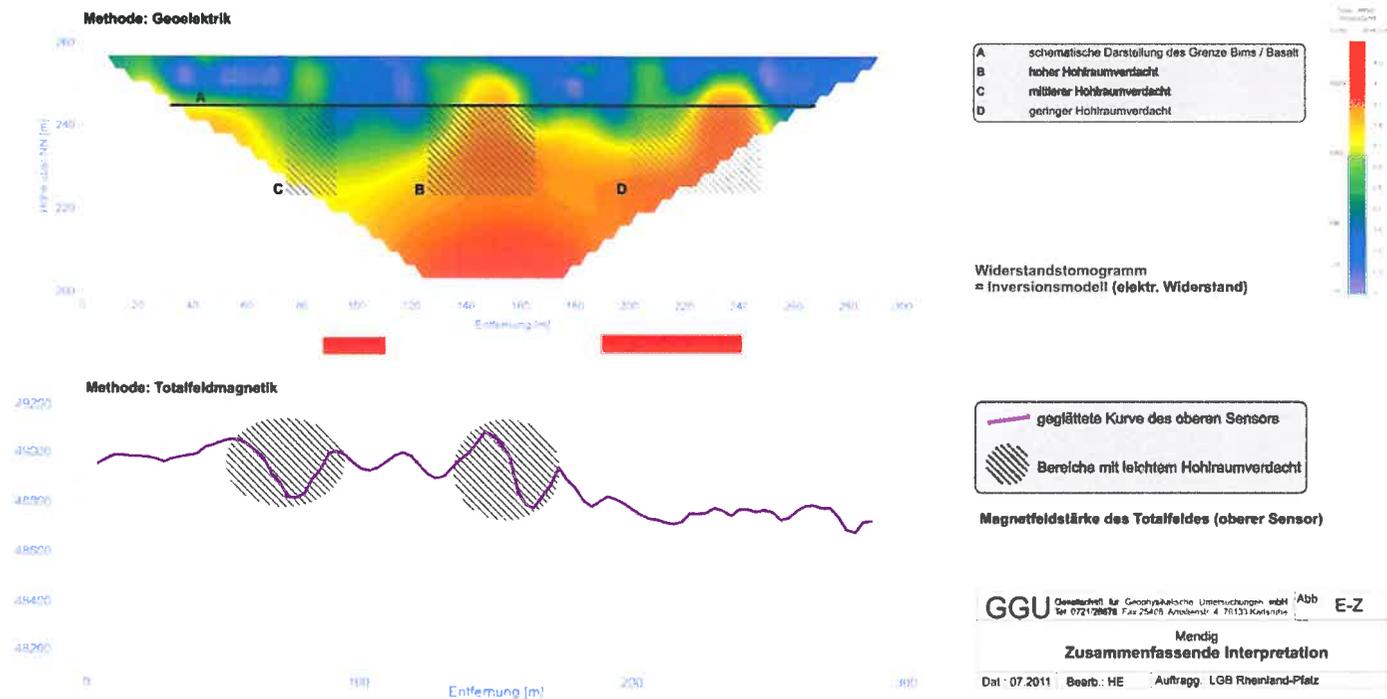
Dat.: 10 2011 Bearb.: HE Auftrag.: LGB Rheinland-Pfalz

Standssicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

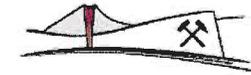
Weitere Methoden - Geophysik

„Fernerkundung“ von Hohlräumen **→** Erste Ergebnisse nicht befriedigend!
Geophysikalische Methoden

- Geoelektrik
- Magnetik
- Gravimetrie
- Seismik



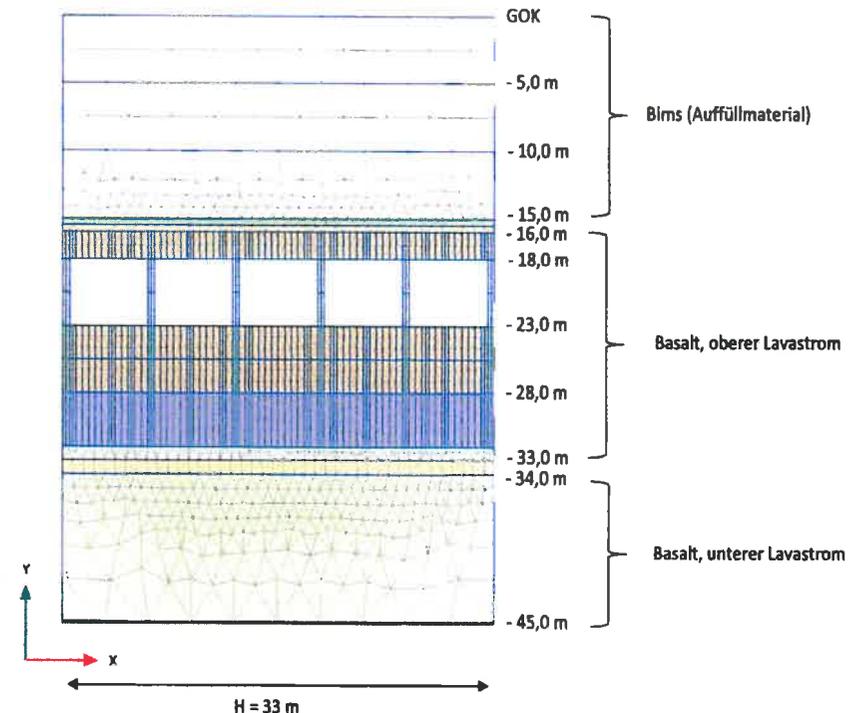
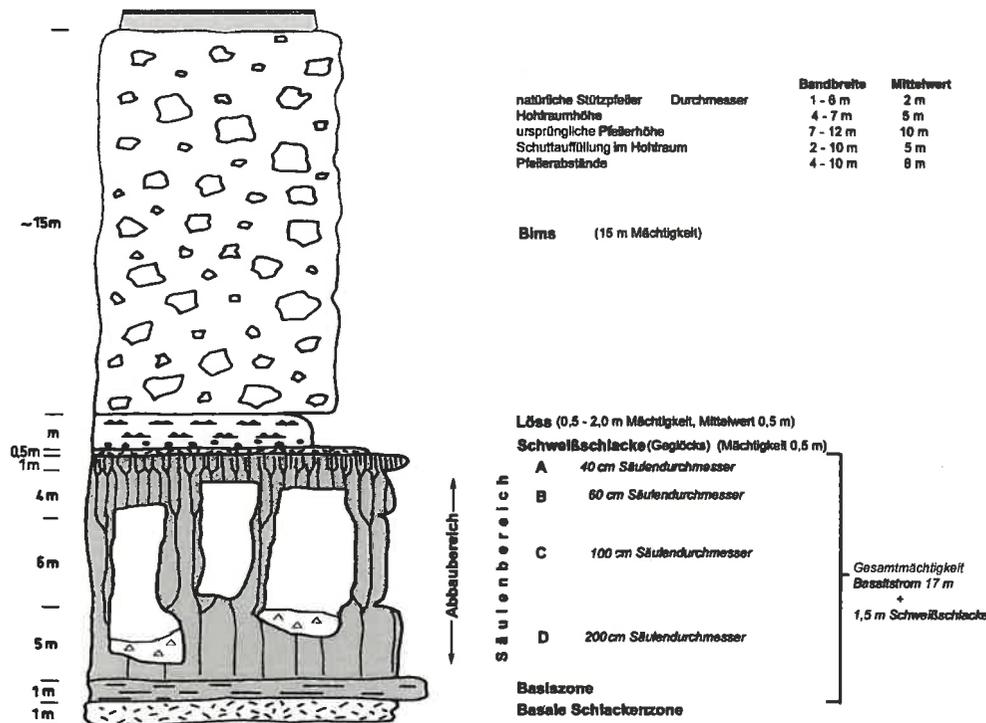
Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Ergebnisse – Finite Element Methode

Geologisches Modell und charakteristische Maße und Bandbreiten
(Dr. M. Rogall und A. Wehinger)

Finite Element Methode
(Prof. Dr. Pläßmann, FH Mainz)

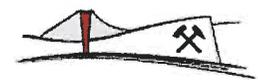


Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

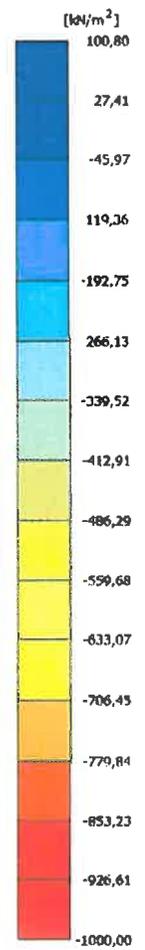
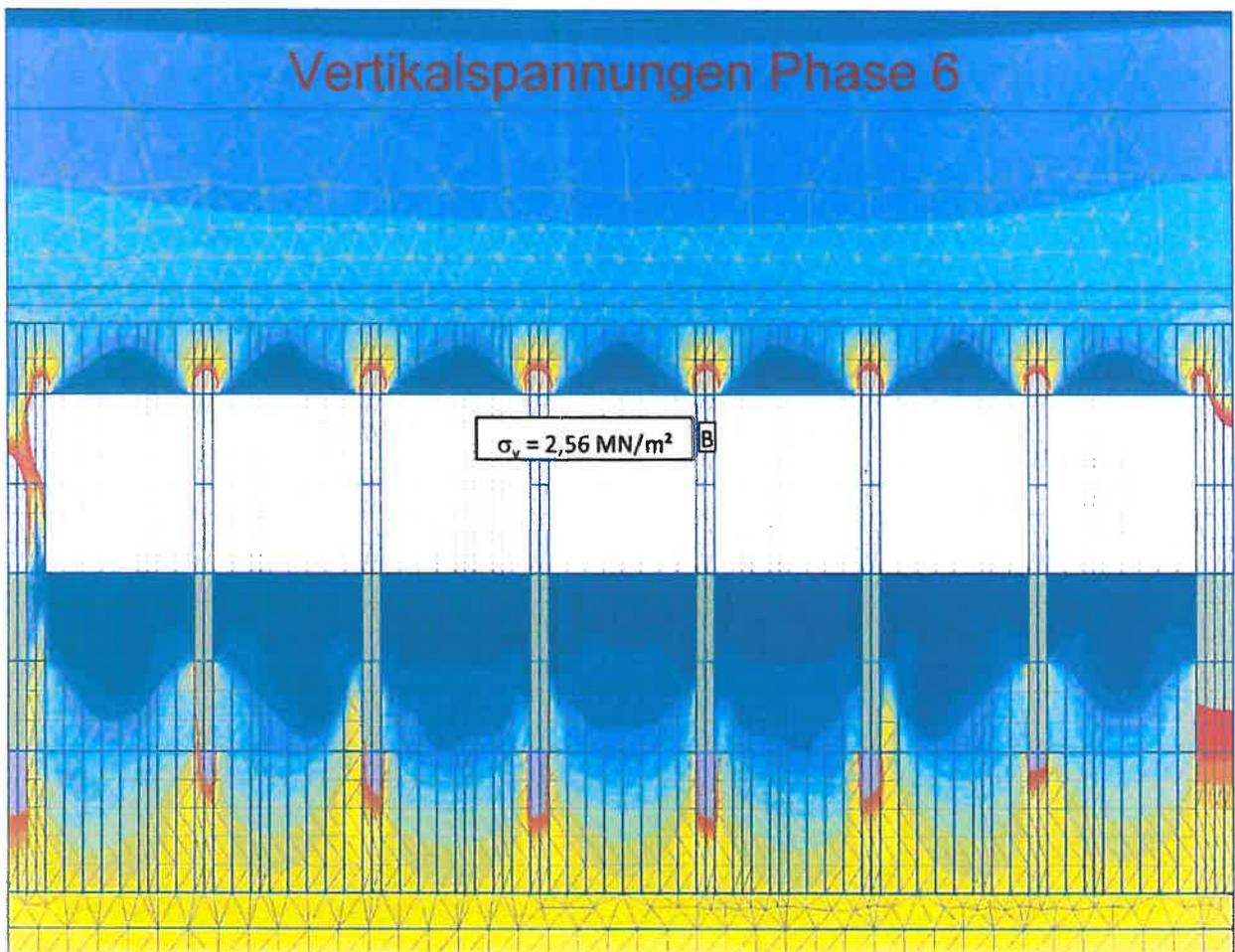


Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Ergebnisse – Finite Element Methode



Lichter Pfeiler-
Abstand = 4 m

Vertikalspannung
im Pfeiler am
Punkt B:

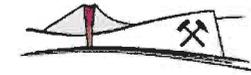
$$\sigma_v = 2,56 \text{ MN/m}^2$$

Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)

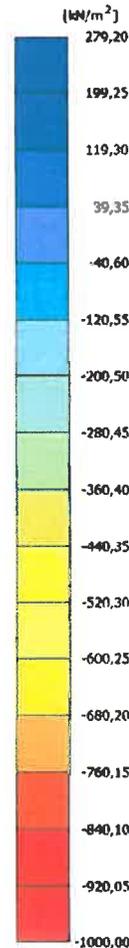
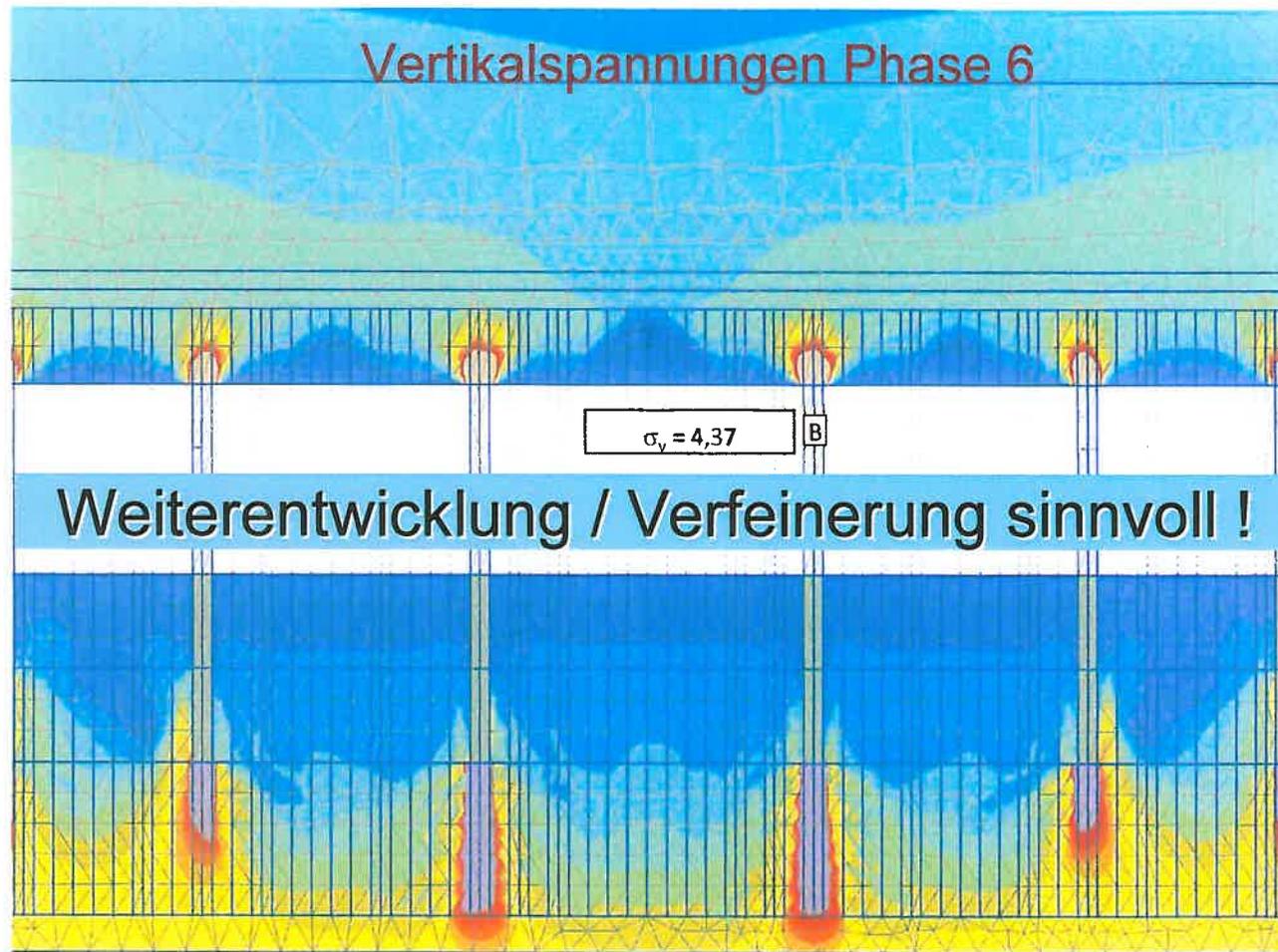


Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Ergebnisse – Finite Element Methode



Lichter Pfeiler-
Abstand = 8 m

Vertikalspannung
im Pfeiler am
Punkt B:

$$\sigma_v = 4,37 \text{ MN/m}^2$$

Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Ausblick

Erforderliche Arbeiten

- 3 D-Vermessung und geotechnische Aufnahme und Bewertung bisher nicht erfasster Hohlräume.
- Suche und Erkundung bisher nicht zugängiger Hohlraumbereiche mit Bohrungen und geophysikalischen Methoden.
- Erforderlichenfalls sind neue Zugänge zu schaffen.
- Weiterentwicklung des Finite Element Modells.
- Durchführung von Monitoring-Maßnahmen.
- Punktuelle Sicherungs-/ Sanierungsmaßnahmen



Standicherheit von Hohlräumen in Niedermendig (Pilotprojekt)



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE
UND BERGBAU



Fazit

- Für Teile der untersuchten Hohlräume wurde ein **konkreter Überwachungs- und Sicherungs- bzw. Sanierungsbedarf** festgestellt.
- Für einen weiteren Hohlraum wurde eine sehr hohe Gefährdung einschließlich einer **akuten Tagesbruchgefährdung** festgestellt.
- Aus Vorsorgegründen sind die Untersuchungen auf alle Hohlräume in Niedermendig zu erweitern. Die Durchführung eines an das Pilotprojekt anschließenden **Hauptprojektes** ist aus Sicht des LGB zwingend geboten.



Rissbreitenüberwachung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

