

Erkundung und geotechnische Bewertung von Untertageanlagen ehemaligen Basaltbergbaus in Mendig (Vordereifel)

Ansgar Wehinger¹, Michael Rogall¹

¹Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz

ZUSAMMENFASSUNG:

Der Basalt des Oberen Niedermendiger Basaltlavastroms wurde über Jahrhunderte im Tiefbau gewonnen. Die bergbaulichen Hohlräume liegen in lediglich etwa 15-25 m Tiefe, wobei sich im 19. und 20. Jahrhundert die Stadt Mendig über die Hohlräume ausgedehnt hat. Wiederholte Tagesbrüche und untertägige Verformungen zeugen von Standsicherheitsdefiziten. Im Rahmen eines Pilotprojektes hat das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) im Jahr 2011 etwa 30.000 m² der Hohlraumbereiche mit einem Laserscanner vermessen lassen und etwa 20.000 m² geotechnisch erfasst. Auf Grundlage der ingenieurgeologischen Kartierung wurden Hohlraumkarten, Firstkarten und Gefahrenkarten erstellt. Es wurden sowohl für einzelne Tragwerke, wie natürliche Basalt Pfeiler, als auch für Hohlräume zum Teil ein hoher oder sehr hoher Gefährdungsgrad und somit ein konkreter Sicherheits- bzw. Sanierungsbedarf ermittelt. Für eine Teilfläche wurde eine akute Gefährdung festgestellt. Im Rahmen des Pilotprojektes wurde für die Hohlräume von Mendig erstmals eine Bewertungsmatrix zur Gefährdung von Pfeilern und Hohlräumen entwickelt. Diese Bewertungsmatrix (Punktesystem) basiert auf einer standardisierten Erfassung aller standsicherheitsrelevanten Merkmale von Pfeilern und Hohlräumen und anschließenden Verarbeitung in einer Datenbank.

ABSTRACT:

For centuries the basalt of the Oberer Niedermendiger Basaltlavastrom was excavated by underground mining. The mining cavities are located about 15-25 m depth. In the 19th and 20th Century the city Mendig (Germany) has extended above the cavities. Repeated day breaks and subsurface deformation are evidence of safety defects. Under a pilot project the Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) in 2011 has measured a 30,000 m² with a laser scanner and mapped 20,000 m² geotechnical. Based on the geotechnical mapping cavity maps, roof maps and hazard maps were created. Were for individual structures, such as natural basalt pillars and cavities partly high or very high degree of danger was identified and thus specific security requirements or rather need for remediation were determined. For an area an acute risk was identified. As part of the pilot project an evaluation matrix for the risk cavities and pillars was developed for the cavities of Mendig first time. This evaluation matrix (points system) based on a standardized recording of all stability-related features of pillars and cavities and is subsequently processed in a database.

1 Einleitung

Angestoßen durch eine missglückte Sprengung in einem aktiven Basalt-Tagebau am 09.07.2010, ist die Standsicherheit der untertägigen Grubenbaue von Niedermendig wieder in den Fokus gerückt. Hierzu hat das damalige Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz mit Schreiben vom 23.02.2011 das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) mit einem Pilotprojekt zur Überprüfung der Standsicherheit von Hohlräumen in Niedermendig beauftragt. Ziel des Pilotprojektes war es, beispielhaft Teilflächen in Niedermendig vermessungstechnisch und geotechnisch zu untersuchen, mögliche Gefährdungen festzustellen und die weitere Vorgehensweise aufzuzeigen. Durch das Pilotprojekt sollten außer den Erkenntnissen über die untersuchten Flächen selbst, vor allem Methoden und Zusammenhänge entwickelt werden, um in einem nachfolgenden Hauptprojekt das gesamte betroffene Gebiet effizient und nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik untersuchen zu können. Die Ergebnisse des im Jahr 2011 durchgeführten Pilotprojektes sind in einem Geotechnischen Bericht des LGB dokumentiert [1]. Der vorliegende Artikel dokumentiert insbesondere die Kriterien und Auswertung der ingenieurgeologischen Aufnahme.

In den 1980er bis 1990er Jahren wurden bereits vom damaligen Geologischen Landesamt Rheinland-Pfalz die Hohlräume in Niedermendig in einer Breite von etwa je 50 m beidseits der Laacher See-Straße (L113) und der Brauerstraße vermessen und geotechnisch aufgenommen [3,4]. Die Abbildung 1 zeigt die Lage von Niedermendig und die Erstreckung der Hohlräume. Das Foto der Abbildung 2 zeigt den Tagesbruch, der Anlass für die seinerzeitige, ingenieurgeologische Aufnahme war. Die Untersuchungen des Pilotprojektes von 2011 ergänzen die damals erfassten Flächen. Hierzu wurden aktuell in den zu untersuchenden Bereichen folgende Arbeiten ausgeführt:

- Vermessungstechnische Erfassung der untertägigen Hohlräume
- Ermittlung der übertägigen Nutzung (Bebauung, Straßen etc.) im Einflussbereich der Hohlräume
- Ingenieurgeologische Aufnahme und Kartierung der untertägigen Hohlräume einschließlich Ermittlung des Gefährdungsgrades
- Hohlraumdetektion bzw. Methodenprüfung mit geophysikalischen Verfahren
- Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise, insbesondere Monitoring und Sicherungs- / Sanierungsmaßnahmen

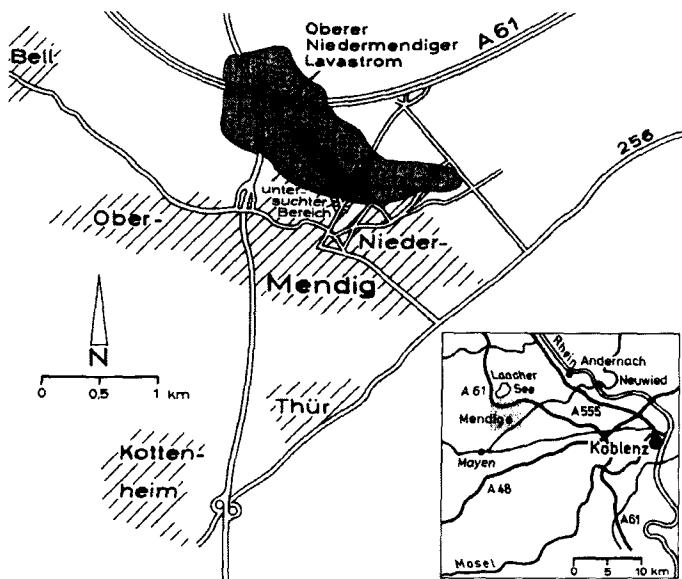


Abb.1: Lage des Oberen Niedermendiger Lavaströms sowie des Untersuchungsgebietes aus den 1980er und 1990er Jahren [2].

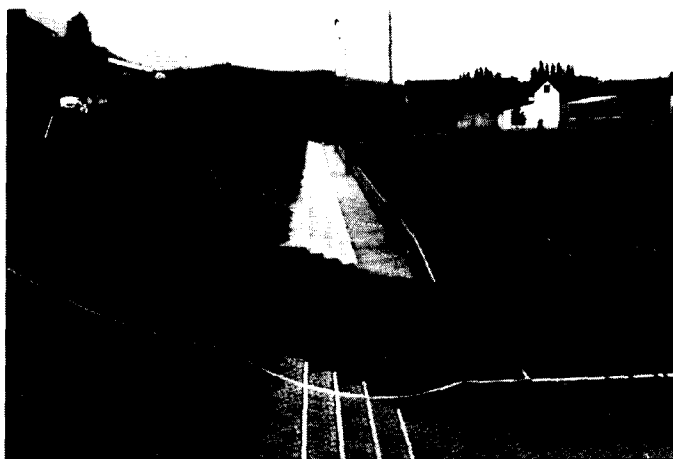


Abb.2: Tagesbruch auf dem Sportplatz in Niedermendig im Jahr 1988 (Foto LGB)

2 Lagerstätte

In Niedermendig/Osteifel (Rheinland-Pfalz/Bundesrepublik Deutschland) ist vor etwa 200.000 Jahren ein basaltischer Lavastrom ausgeflossen. Wesentliche Merkmale des Basaltes von Niedermendig sind die Porosität von ca. 15-29 Vol.-% und die zum Teil sehr großen Trennflächenabstände (Säulendicke). Diese und weitere geotechnischen Eigenschaften der Basaltlava waren für die Nutzung als Mühlstein ideal. Mühlsteine aus Niedermendig wurden bis in das 20. Jahrhundert hinein weltweit vertrieben. Im Bereich der Abbauschwerpunkte ist der Obere Niedermendiger Strom meist 15 bis 25 m mächtig und wird von bis etwa 10 bis 20 m mächtigem Bims und Löss überlagert. Der Lavastrom zeigt in der Regel einen typischen Aufbau (siehe Abbildung 3).

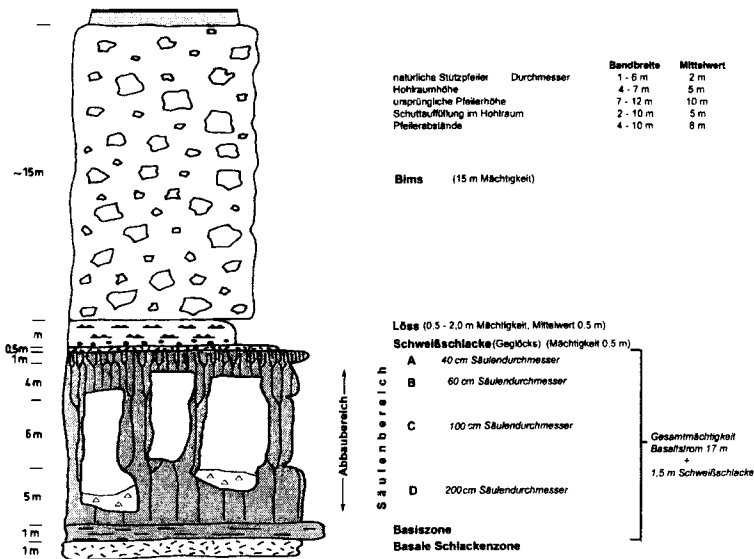


Abb.3: Schematisches geologisches Profil für die Basaltabbau in Niedermendig [1,2].

Der Obere Niedermendiger Basaltlavastrom wurde zumindest seit dem Mittelalter abgebaut. Die erste urkundliche Erwähnung stammt aus dem Jahre 1389, in dem das Kloster Laach ein Stück Land zur Anlage einer Mühlsteingrube hergibt [6,2]. Der Höhepunkt der Basaltgewinnung war in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. In dieser Zeit waren fast 50 aktive Gruben in Niedermendig tätig [5]. Die Fläche aller Hohlräume unter Mendig wird auf etwa 800.000 m² geschätzt. Die Fläche der derzeit zugänglichen Hohlräume beträgt etwa 400.000 m².

3 Vermessung

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde eine Fläche von etwa 30.000 m² mit einem 3D-Laserscanner von der Firma DMT, Essen, vermessen. Über die Messungen ergaben sich **Daten** in Form einer georeferenzierten dreidimensionalen Punktwolke, welche zur computer-gestützten Visualisierung aufbereitet wurde (Internet-Browser Plugin „Leica TruView“). Der Viewer ermöglicht neben der dreidimensionalen graphischen Darstellung der Hohlräume einen eigenständigen Zugriff auf die gemessenen Daten mit der Möglichkeit, jederzeit an beliebigen Stellen Maße und Koordinaten abzugreifen sowie Markierungen, Hot-Links und Textkommentare einzufügen.

Zur Herstellung einer Karte für die spätere ingenieurgeologische Bearbeitung wurden die georeferenzierten 3D-Daten (Punktwolken) hinsichtlich der wesentlichen geometrischen Elemente (Säulen, Einbauten, Schüttkegel, Mauern, Tagesöffnungen u.a.) analysiert und als zweidimensionale Polylinien extrahiert. Die Ergebnisse wurden für die Weiterverarbeitung in ArcGis (ArcMap10) aufbereitet und zur Verfügung gestellt.

4 Ingenieurgeologische Hohlräumkartierung

4.1 Aufnahme der Tragwerke und Firste

Die primäre Gesamtgefährdung eines Hohlraums wird vom Zustand der Tragwerke (natürliche Basaltrestpfeiler, Basaltwände, künstliche Pfeiler und Sicherungen), der Ausbildung der Firste und den Hohlraumabmessungen bestimmt. Zur Gefährdungsabschätzung wurden bei der Kartierung verschiedene stabilitätsrelevante Strukturelemente erfasst und bewertet. Ebenso tragen ggf. externe Faktoren, wie eine fehlende Bimsschicht („ausgebimste“ Bereiche), Auffüllungen, randliche Abbautätigkeit und induzierte Erschütterungen (z.B. durch Straßenverkehr, Sprengungen) zur Gefährdung bei. Bei der Geländeaufnahme der natürlichen Basaltrestpfeiler zeigte sich, dass insbesondere aus nur einer oder wenigen Basaltsäulen aufgebaute Pfeiler häufig eine hohe Gefährdung aufweisen. Ebenso befinden sich künstliche Pfeiler aus vermörtelten Basaltbruchsteinen und Mauern aufgrund der Verwitterung des Mörtels teilweise in einem schlechten Zustand.

Für die Hohlraumaufnahme wurde in einem ersten Schritt die aus der Vermessung erhaltene Kartengrundlage überarbeitet und der genaue Verlauf und Erstreckung von Basaltpfeilern, Basaltwänden, Schüttkegeln, Mauerwerken und Durchgängen bei Bedarf korrigiert. Für die anschließende ingenieurgeologische Aufnahme wurden an den Basaltpfeilern die Trennflächen, vorhandene Sicherungen, Geometrie sowie Deformationsart und -grad erfasst und bewertet. Die Abbildung 4 zeigt beispielhaft einige stark geschädigte Pfeiler. An der Firste wurden ebenfalls mehrere Strukturelemente, wie Störungen, Auflockerungen, Ausbrüche und vorhandene Sicherungen kartiert (siehe unten). Die historischen Sicherungen stellen wichtige Hinweise auf schon früher festgestellte Standsicherheitsdefizite dar. In den Hohlräumen wurden zusätzlich markante, aus der Firste abgestürzte Basalte (Glocken) auskartiert.

Die Dokumentation der untertägigen Geländeaufnahme erfolgte über Formblätter, Tabellen und einer Fotodokumentation. Die Formblätter wurden eigens für die geologisch-geotechnischen Verhältnisse in Mendig entwickelt (siehe Abbildungen 5 und 6).

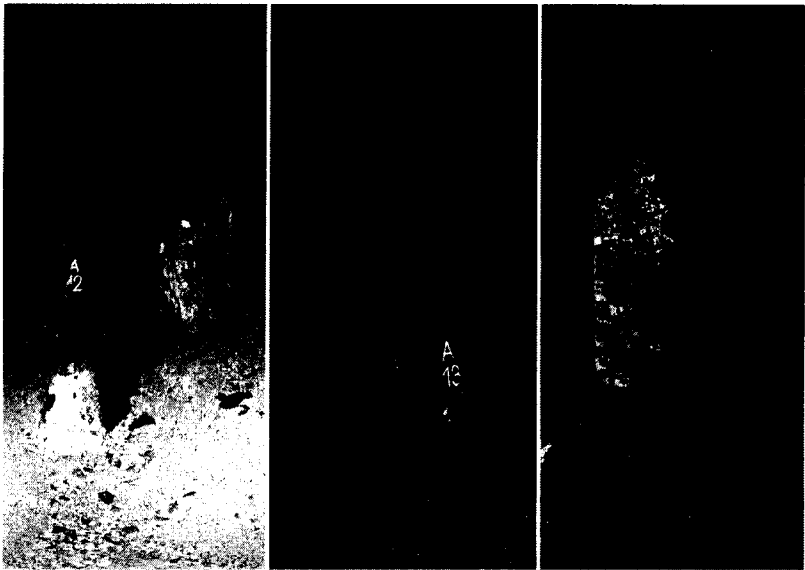


Abb.4: Pfeiler mit unterschiedlichen Schadensbildern. Das linke Bild zeigt einen völlig zerscherten Pfeiler mit massiven Ausbrüchen. Der Pfeiler im mittleren Bild zeigt mehrere Scherbrüche. Der Kreis der Pfeilmarkierung ist um 10 cm verschoben. Im Foto rechts ist ein gemauerter Pfeiler, der weitgehend eingestürzt ist, abgebildet (Fotos Müller/LGB).

Als Ergebnis der geotechnischen Aufnahme der Tragwerke wurde im Rahmen des Pilotprojektes bei sieben natürlichen Basaltrestpfeilern eine hohe und sehr hohe Gefährdung festgestellt. Weiter wurde je ein einsturzgefährdeter bzw. schon weitgehend eingestürzter künstlich gemauerter Pfeiler kartiert.


Hohlraumkartierung Niedermendig		 Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz	
Kartenblatt:		Bearbeiter:	Kurz ANLAGE: 2.2.1
		Datum:	Juli 2011
HOHLRAUM:	H1801		
Hohlraumgeometrie:			
mittlere Höhe:	3,40 m	max. Höhe:	3,50 m
		min. Höhe:	3,15 m
		Fläche [m ²]:	
		Volumen [m ³]:	
Sohlausbildung:	stark uneben durch Schüttkegel mit Basaltabschlägen und Ausbruchsmaterial (geröllführender Lösslehm)		
Schüttkegel:	Anzahl:	1	
Schachtnr.:	S180101	Neigung:	bis 45°
		Ausbildung:	Schacht verfüllt mit Basaltabschlägen
		Höhe:	bis Firste
		Bemerkungen:	SK tw. von Ausbruchsmaterial überdeckt
Bergwasser:	stark tropfend		
Stützpfiler:	Anzahl:	1 natürl. Pfeiler, Wandbereiche nördlich und östlich	
	Gefährdung:	gering (1 nat. Pf.) / mittel (Wandbereich nordöstlich)	
	Bemerkungen:	Pfeiler P180101 mit ? "jungenm": SpBr/kT auf Teilsäule, kA mit grosser ÖW mehrere Säulen im nordöstlichen Wandbereich mit ? "jungen" SpBr/kT, Abplz	
Firste:	Gefährdung:	sehr hoch	
	Ausbildung:	kreisrunder ABi (DM ca. 4,75 m), über der Basaltdecke wird geröllführender Lösslehm (ca. 3,5 m mächtig) aufgeschlossen, Sw fehlt Umgebung des Ausbruchs mit Ga und HKI	
Hohlraum gesamt:			
	Gefährdung:	sehr hoch	
	Bemerkungen:	Basaltdecke im Ausbruch mit großen Mächtigkeitsänderungen (1,00 – 1,80 m) aufgeschlossen. Bombe (DM > 1 m) im Zentrum der aufgeschlossenen Bimsablagerung weiterer Ausbruch an den Rändern und in den Bims hinein möglich Hohlraum mit Gelschwarte Säulenausbildung unregelmäßig Red Crack (ÖW 20 cm) an nördlicher Wand mit Füllung aus Lösslehm und Geröll Oberfläche des Lavastroms mit großen Höhenänderungen	

Abb.5: Formblatt des LGB zur geotechnischen Erfassung einzelner Hohlräume mit Eintragungen für einen tatsächlich vorhandenen Hohlraum.



Hohlraumkartierung Niedermendig				
HOHLRAUM:	<i>H1808</i>	Bearbeiter:	<i>Kurz</i> ANLAGE: <i>3.2.11</i>	
PFEILER:	<i>P180801</i>	Datum:	<i>Juli 2011</i>	
Pfeilerausbildung:				
Art:				<i>natürlicher Restpfeiler, ummauert</i>
Pfeilerhöhe:				<i>4,90 m</i>
ø minimal:				<i>1,00 m</i>
ø maximal:				<i>2,00 m</i>
Umfang:				<i>n.e.</i>
Säulenzahl oben:				<i>n.e.</i> ø oben: <i>n.e.</i>
Säulenzahl unten:				<i>n.e.</i> ø unten: <i>n.e.</i>
Schlankheitsgrad:				<i>maximal: 4,9</i> Ø: <i>3,3</i>
Deformation:				<i>stark [keine/schwach/stark]</i>
Felsspion:	<i>ohne</i>			
Sicherungen:	<i>Pfeiler von Ketten umgürtet und ummauert. Ketten korrodiert und Mörtel tw. sandig verwittert. Ummauerung tw. eingestürzt.</i>			
Gefährungsgrad:	<i>[keine/gering/mittel/hoch/sehr hoch]</i>			
Gefährdung:	<i>sehr hoch</i>			
Bemerkungen:	<i>Aufgeschlossene Teilsäulen durch Risse und Brüche zerrüttet / Tragfähigkeit des Pfeilers durch Einsturz der Ummauerung reduziert / Pfeiler sollte überwacht werden</i>			
Trennflächen:	[HR: Haarriss]	[n.d.: nicht durchtr.]	[d.: vollst. durchtrennt]	
Abkühlungsklüfte :	Öffnungsweite:	Durchtrennung:	Bemerkungen:	
Vertikale Ab.Kl. (kA)				
Horizontale Ab.Kl. (kH)				
Gabelungsklüfte (kG)				
Rissbildungen:	Öffnungsweite:	Durchtrennung:	Bemerkungen:	
Trennungsklüfte (kT) / Scherklüfte (kS)	<i>bis 2 cm</i>	<i>n.d.</i>	<i>mehrere kT/kS</i>	
Bruchbildungen:	Öffnungsweite:	Bemerkungen:		
Spaltbruch (SpBr) / Scherbruch (SchBr)	<i>bis 3 cm</i>	<i>mehrere SpBr/SchBr</i>		
	Bemerkungen:			
Abplatzungen (Abplz):				
Zerrüttungen (Zerr):	<i>aufgeschlossene Teilsäule zerrüttet an mehreren SpBr/SchBr</i>			

Abb.6: Formblatt des LGB zur geotechnischen Erfassung eines Restpfeilers mit Eintragungen für einen tatsächlich vorhandenen Pfeiler.

4.2 Gefährdungsabschätzung der natürlichen Restpfeiler

Um die Stabilität bzw. den Gefährdungszustand natürlicher Restpfeiler ableiten zu können, wurden ausgehend von der Geländeaufnahme (siehe Abb. 6) die stabilitätsbestimmenden Strukturelemente in ihrem Einfluss bewertet und gewichtet. Die bewertungsrelevanten Strukturelemente sind nachfolgend aufgezählt:

- Trennflächen der Pfeiler: Abkühlungsklüfte, Gabelungsklüfte, Horizontalklüfte, Trennungsklüfte, Scherklüfte, Bruchbildungen, Abplatzungen, Zerrüttungen
- Geometrie der Pfeiler: Dimensionen, Schlankheitsgrad, minimaler Durchmesser
- Sicherungen der Pfeiler: Ketten/Umgürtungen, Unter-/ Ummauerungen, Eisenklammern/Metallpinne, Holzkeile

Von der Bewertung der Strukturelemente ausgehend wurden fünf verschiedene Gefährdungsgrade definiert (Tab. 1).

4.3 Gefährdungsabschätzung der Firste

Um die Stabilität bzw. den Gefährdungszustand der Firste ableiten zu können, wurden ausgehend von der Geländeaufnahme (siehe Abb. 5) die stabilitätsbestimmenden Strukturelemente und Schwächungen in ihrem Einfluss bewertet und gewichtet. Die Schwächungen der Firste können natürlich bedingt sein (z.B. Red Cracks), durch den Abbau verursacht sein (z.B. Abbaukanten) oder bereits eingetretene Verformungen darstellen (z.B. Absackungen und Ausbrüche). Die bewertungsrelevanten Elemente sind nachfolgend aufgezählt:

- Spalten und Störungen
- Glockendeformationen, -absackungen
- Ausbrüche
- Ausbildung der Firste: Horizontalklüschpel, Rauschpel Säß, Schweißschlacke
- Abbaustufen
- Sicherungen: Häufigkeit und Zustand
- Wasserzutritte
- Abbau des überlagernden Bims

Hiervon ausgehend wurden fünf verschiedene Gefährdungsgrade definiert. Die kennzeichnenden Deformationen und prägenden Strukturelemente sind in der Tabelle 2 dokumentiert. Im Unterschied zur Gefährdungsabschätzung der Pfeiler ist hier zu beachten, dass die Strukturen bzw. der abgeleitete Gefährdungsgrad meistens nur Teilflächen des jeweiligen Hohlraums betreffen.

Tab.1: Abgeleiteter Gefährungsgrad der Tragwerke. Das Tragwerk wird aus Pfeilern und Mauern gebildet ([1], erweitert nach [3].

Gefährdung	Deformation	prägende Strukturelemente
keine Gefährdung	Im Tragwerk sind keine Deformationen erkennbar.	Abkühlungsklüfte, Gabelungsklüfte, Horizontalklüfte
geringe Gefährdung	Im Tragwerk deuten meistens mehrere dm lange, auslaufende und noch geschlossene Risse auf eine leichte Beanspruchung hin. Bewegungen an bzw. auf Trennflächen sind nicht zu erkennen.	Abkühlungsklüfte, Gabelungsklüfte, Horizontalklüfte mit höheren Öffnungsweiten (>2 cm) und häufig vollständiger Durchtrennung treten auf. Gabelungsklüfte zeigen ungünstigen Verlauf. Einzelne Säulen können Rissbildungen (Trennungs- und Scherklüfte) aufweisen.
mittlere Gefährdung	Das Tragwerk weist zum Teil durchgehende und geöffnete Risse auf. Bewegungen einzelner Kluftkörper gegeneinander sind zu erkennen. Das Tragwerk kann durch geeignete Maßnahmen wirkungsvoll gesichert worden sein.	Abkühlungsklüfte, Gabelungsklüfte, Horizontalklüfte mit größeren Öffnungsweiten und überwiegend vollständiger Durchtrennung. Kleinräumige Rissbildung (Trennungs- und Scherklüfte) und Abplatzungen. Sicherungen aus der Brauereineutzung zeigen eine schon damals vorhandene Gefährdung. Junge“ Deformationen können erkannt werden
hohe Gefährdung	Das Tragwerk besitzt durchgehende und weit geöffnete Risse. Deutliche Verschiebungen von Kluftkörpern deuten auf eine hohe Beanspruchung hin. Einzelne Teilkörper wurden rotiert und besitzen Punktkontakte zu benachbarten Teilkörpern. Damit verbunden sind auch Ausbrüche einzelner Blöcke. Die Funktionsfähigkeit vorhandener Sicherungen ist fraglich.	Rissbildungen (Trennungs- und Scherklüfte) und Bruchbildungen (Spalt- und Scherbrüche) treten bei der Mehrzahl der Säulen auf. „Junge“ Deformationen können erkannt werden.
sehr hohe Gefährdung	Das Tragwerk ist durch Risse weitgehend zerlegt. Seine Stützfunktion ist stark eingeschränkt oder nicht mehr vorhanden. Die Funktionsfähigkeit vorhandener Sicherungen ist fraglich.	Die meisten Säulen eines Pfeilers sind zerlegt oder zerrütet durch Brüche (Spalt- und Scherbrüche).

Tab.2: Abgeleiteter Gefährungsgrad der Firste ([1], erweitert nach [3]).

Gefährdung	Gewichtung	prägende Strukturelemente
keine Gefährdung:	alle Faktoren besitzen eine stabilitäts-erhaltende Wirkung.	idiomorphe Glockenausbildung mit engständiger Abkühlungskluft.
geringe Gefährdung:	alle Faktoren besitzen eine stabilitäts-erhaltende Wirkung. evtl. können einzelne stabilitätsmindernde Faktoren mit geringer Wertung auftreten.	keine oder nur vereinzelte Ausbrüche von Glocken. Kleinflächiger Rauschpel Säb.
mittlere Gefährdung:	der überwiegende Teil der Faktoren zeigt eine stabilitäts-erhaltende Wirkung, nur einzelne Faktoren besitzen stabilitätsmindernde Wirkung.	unregelmäßige Glockenausbildung. Auftreten von Red Crack und Schweißschlacke. Sicherungen sind häufig. Kleinräumige Glockenauflockerungen oder Glockenabsenkungen.
hohe Gefährdung:	der überwiegende Teil der Faktoren wirkt stabilitätsmindernd.	kleinräumige Ausbrüche haben stattgefunden. Umgebung der Ausbrüche mit unregelmäßiger Glockenausbildung, Glockenauflockerungen oder -absenkungen.
sehr hohe Gefährdung:	viele Faktoren mit hoher Wertigkeit sind stabilitätsmindernd.	großflächige und tiefgehende Ausbrüche haben schon stattgefunden. Aufgelockerte und abgesackte Glocken treten am Randbereich des Ausbruchs auf. Weitere Umgebung mit unregelmäßiger Glockenausbildung.

4.4 Bewertungsmatrix zur Gefährdung der Stützpfeiler

Der Gefährungsgrad eines Pfeilers wurde zunächst direkt aus den bei der ingenieurgeologischen Aufnahme festgestellten Merkmalen abgeleitet und direkt vom Bearbeiter in den Formblättern notiert (siehe Abb. 6). Um zukünftig die Gefährungsbeurteilung der natürlichen Stützpfeiler in Niedermendig unabhängig vom kartierenden Geotechniker soweit wie möglich objektiv, nachvollziehbar und reproduzierbar vornehmen zu können, wurde erstmals eine Bewertungsmatrix entwickelt. Hierbei wurden die verschiedenen Einflussgrößen Datenbankkompatibel erfasst und gewichtet. Die Wertung erfolgt über eine Punktvorgabe, so dass aus der Gesamtpunktzahl aller Einflussgrößen der Gefährungsgrad des Stützpfeilers abgeleitet werden kann. Berücksichtigt wurden die Pfeilerdimensionen, die verschiedenen Trennflächen sowie der Pfeilerzustand (Tab. 3).

Der Vergleich der Gefährdungsbewertungen im Rahmen der untertägigen Kartierung mit der Bewertungsmatrix ergab bereits im Rahmen des Pilotprojektes eine Übereinstimmung in 85 % der 71 bearbeiteten Pfeiler. Derzeit wird die Bewertungsmatrix in Rahmen einer Diplomarbeit weiterentwickelt.

Tab.3: Bewertungsmatrix zur Gefährdungseinstufung von Restpfeilern [1]. 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
	Differenz min. zu max. Durchmesser > 6 und wenn Schlankheitsgrad > 5	20 30
Trennflächen	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 Ein- zelsäulen	50
	Schwacher Auflockerungsgrad	80
Starker Auflockerungsgrad	100	
Zerrüttet	150	

4.5 Hohlräum- und Firstkarten

Zur besseren Visualisierung und damit auch zur Interpretation der Vermessungen wurden die Ergebnisse der ingenieurgeologischen Aufnahme der Tragwerke und Firste (siehe Formblätter) sowie der sonstigen Merkmale der Hohlräume im Rahmen eines GIS-Projektes in ArcMap aufbereitet. Die Abbildung 7 zeigt in zusammengefasster Form die unterschiedenen Inhalte der Hohlräum- und Firstkarte. In der Abbildung 8 ist exemplarisch ein Ausschnitt einer Hohlräumkarte dargestellt.

Legende Hohlräumkarte

Schüttkegel

- Basalt, Löss- und Birmgemisch
- mit Müllanteilen
- vorwiegend Müll

Stützpfeiler

natürliche Pfeiler

- nicht klassifiziert
- geringe Gefährdung
- mittlere Gefährdung
- hohe Gefährdung
- sehr hohe Gefährdung
- nicht tragend

künstliche Pfeiler

- Betonpfeiler
- Mühsteinpfeiler

gemauerte Pfeiler

- geringe Gefährdung
- mittlere Gefährdung
- hohe Gefährdung
- sehr hohe Gefährdung

Bullflexpfeiler

- 980 mm
- 1500 mm

Abgestürzte Glocken

- Glockendurchmesser > 0.5 m
- Glockendurchmesser < 0.5 m

Fläche junger Abbaue

- Abbaufäche
- Basaltschutt
- Bims / Birmsand
- Schlacke
- Ausbruchsmaterial

Geländekante

- Geländekante
- Abbaukanle Firste
- Abbaukanle Sohle

Mauern

- bis Firste, standfest
- bis Firste, einsturzgefährdet
- nicht bis Firste, standfest
- nicht bis Firste, einsturzgefährdet
- eingestürzt
- Verbruchhaufwerk

Sonstiges

- Hohlräumabgrenzungen
- H1801 Hohlräumnummern
- Treppen
- Mauerdurchgang
- Durchgang
- Fassmauern
- Felspionne
- Öffentlich genutzte Bereiche

- Gebäude
- Straßen und Wege
- Flurstücke

Eingänge

- unklar
- abgeschlossen
- offen

Legende Firstkarte

Störungen

- Red Crack
- Störung

Sicherungen

- Eisenbolzen
- Klammern
- Klemmkneif Holz
- Klemmkneif Metall
- Strebe Holz
- Unterzug an Firste
- Unterzug abgestürzt

Ausbrüche

- bis in Glocken
- bis in Schweißschlacke
- bis in Mucken
- bis in Löss
- bis in Bims

Ausbildung

- Glocken aufgelockert
- Glocken unregelmäßig
- Schweißschlacke
- Rauschpel Saß
- Horizontalklüschpel

Schächte

- nachgewiesen
- vermutet
- gedeckelt
- offen

Abb.7: Zusammenfassung der Legenden der Hohlräum- und Firstenkarte zur Darstellung der ingenieurgeologischen Aufnahme der Hohlräume von Niedermendig [1].

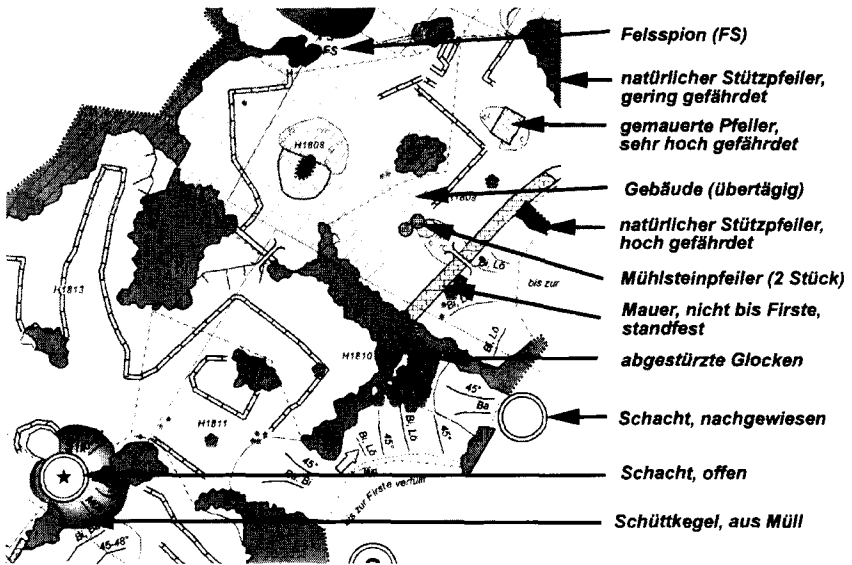


Abb.8: Ausschnitt aus einer Hohlraumkarte von Niedermendig. In der Karte sind außer den gemessenen Geometrien die Ergebnisse der geotechnischen Aufnahme dargestellt [1].

5 Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde in Niedermendig eine Fläche von etwa 20.000 m² geotechnisch erfasst und bewertet. Dabei ergaben sich für folgende Flächen besondere Gefährdungen:

- Hoch gefährdet: 1500 m²
- Sehr hoch gefährdet: 350 m²

In den hoch und sehr hoch gefährdeten Flächen wurde für sieben Pfeiler ein konkreter bzw. prioritärer Handlungsbedarf ermittelt. Diese Pfeiler sind von Gebäuden überbaut. Weiter besteht unter Berücksichtigung der oberirdischen Situation (Nutzung) für elf Hohlräume ein konkreter bzw. prioritärer Überwachungs- bzw. Sanierungsbedarf. Diese Hohlräume sind von Gebäuden überbaut bzw. befinden sich unterhalb von Hofflächen. Welche Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen für die einzelnen Hohlräume in Frage kommen, hängt außer von den geotechnischen Gegebenheiten auch von Zuständigkeiten und vorhandenen und geplanten Nutzungen sowie den finanziellen Möglichkeiten ab und sind im Detail abzustimmen.

In einem weiteren Bereich wurde mit den Vermessungen und geotechnischen Aufnahmen begonnen. Hier wurde für eine Fläche von 400 m² eine sehr hohe Gefährdung einschließlich einer akuten Tagesbruchgefährdung festgestellt, so dass auf Empfehlung des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz für das betroffene Gebäude von der Ordnungsbehörde ein Nutzungsverbot ausgesprochen wurde. Dieser Umstand sowie die hier dokumentierten Arbeitsergebnisse zeigen, dass die begonnenen Untersuchungen auf alle Hohlräume in

Niedermendig zu erweitern sind. Nach entsprechender Bewilligung durch das Ministerium für Wirtschaft, Energie, Klimaschutz und Landesplanung Rheinland-Pfalz hat das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz im Jahr 2012 mit den Arbeiten eines auf fünf Jahre angelegten Hauptprojektes begonnen. Hierbei wurden bereits folgende Arbeiten begonnen bzw. sind folgende Arbeiten vorgesehen:

- Suche und Erkundung bisher nicht zugängiger Hohlräume mit Bohrungen und geophysikalischen Methoden. Bei Antreffen nennenswerter Hohlräume ist die Schaffung neuer Zugänge, wie z.B. Schächte, zu empfehlen.
- 3 D- Vermessung und geotechnische Aufnahme und Bewertung aller Hohlräume.
- Entwicklung eines Datenbank/- GIS-Systems zur Erstellung von Gefahrenkarten
- Entwicklung von geotechnischen bzw. felsmechanischen Modellen der Hohlraum-situation.
- Durchführung von Monitoring-Maßnahmen. Hierbei sollen neben den bisherigen Kontrollen, wie visuelle Prüfungen und Rissmonitoring, auch neue Beobachtungsmethoden eingesetzt werden. Hierzu gehören insbesondere Wiederholungsmessungen von 3D-Laserscans zur Verformungskontrolle sowie ein First-Monitoring für Bereiche, für die bereits eine hohe bis sehr hohe Gefährdung ermittelt wurde.

6 Literatur

- [1] Rogall, M., Wehinger, A., Kurz, K.: Kartierung und ingenieurgeologische Standsicherheitsbeurteilung ausgewählter Hohlräume in Niedermendig (Pilotprojekt) (Az. 3322-1332-10/V6).- Geotechnischer Bericht vom 21.12.2011 des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz Mainz, 68 S., 7 Anl., 2011 [unveröff.].
- [2] Rogall, M.: 500 Jahre untertägiger Basaltabbau in Niedermendig: Ein Überblick zur Abbaugeschichte und heutigen Problematik.- Zeitschrift zur Geschichte des Berg- und Hüttenwesens, Heft 2/2007, 13. Jg., Hrsg. Montanhistorische Ges. e.V. Idar-Oberstein, Charivari Idar-Oberstein, S. 28-45, 2007.
- [3] Jahnel, Chr. & Nortmeyer, U. & Scherschel, J. & Schwab, L. & Wanner, Th. & Kerzan, K.: Standsicherheit der ehemaligen Grubenbaue unter der L 113 in Niedermendig (Az. 32/895/88).- Gutachten vom 15.03.1996 des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz Mainz, 92 S., 4. Anl., 1996 [unveröff.].
- [4] Kerzan, K., Feuerbach, J., Nortmeyer, U. & Scherschel, J.: Standsicherheit der ehemaligen Grubenbaue unter der Brauerstraße in Niedermendig (Az. 32/895/88).- Gutachten vom 24.01.1995 des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz Mainz, 133 S., 5. Anl., 1995 [unveröff.].
- [5] Wehinger, A.: Der Obere Niedermendiger Basaltstrom – Lagerstätte und Bergbau.- Mainzer geowiss. Mitt. 32, S. 111-130, 13 Abb., 4 Tab., Mainz, 2004.
- [6] Hörter, F., Michels, F.X., Röder, J.: Die Geschichte der Basaltlava-Industrie von Mayen und Niedermendig und seiner Nachbargebiete.- Jahrbuch für Geschichte und Kunst des Mittelrheins und seiner Nachbargebiete, 6./7. Jahrgang 1954/1955, Raiffeisendruckerei Neuwied, 1955.