



Omya SpA

Stabilimento di Vipiteno  
Via Jörg Kölderer 11  
39049 Vipiteno (BZ)  
Tel. +39 0472 761500  
Fax +39 0472 761555

Sede: 20151 Milano  
Via A.Cechov, 48  
Tel +39 02 38083.1  
Fax +39 02 38083.701

[www.omya.com](http://www.omya.com)

Società con socio unico

# **BERGBAU KRISTALLINA und PARDAN**

## **Gemeinde Ratschings (BZ)**

**Subjekt: PROJEKTBECHREIBUNG ABBAUKONZEPT 2017ff  
Beschreibung/Bewertung/Geologie/Hydrologie/Geomechanik  
Anlagen - Graphische Dokumentation und Tabellen**

**Datum:** 31. Juli 2017

	Omya SpA	
	Gianpaolo FANTIN Amministratore Delegato Direttore Responsabile Cava	



## Inhaltsverzeichnis

1. BESCHREIBUNG DES ABBAUPROJEKTES
  - 1.1. Allgemeines
  - 1.2. Lage des Abbaugebietes
  - 1.3. Abbaukonzept
    - 1.3.1. Bestehendes Abbaukonzept
    - 1.3.2. Zukünftiges Abbaukonzept
  - 1.4. Materialbedarf und Ressourcen
    - 1.4.1. Ressourcen
    - 1.4.2. Materialbedarf
    - 1.4.3. Bergbauaktivitäten
    - 1.4.4. Chronologie des Realisierungsprogrammes
  - 1.5. Bohren und Sprengen
    - 1.5.1. Bohren
    - 1.5.2. Sprengen
  - 1.6. Brecher und untertägiger Förderbandtransport
  - 1.7. Wasserhaltung
  - 1.8. Wetterführung
  - 1.9. Maschinenausrüstung
  - 1.10. Infrastruktur
    - 1.10.1. Werkstätte
    - 1.10.2. Magazin
    - 1.10.3. Waschplatz Kristallina
    - 1.10.4. Tankanlagen
    - 1.10.5. Waschanlage Pardaun
    - 1.10.6. Sozialhaus Kristallina
  - 1.10 Schlussbemerkung
  
2. GEOLOGISCHE BEWERTUNG FÜR DIE ABBAUERWEITERUNG DES BERGBAUS
  - 2.1. Geologische Beschreibung des Projektes
  - 2.2. Einleitung
  - 2.3. Geologische Situation
    - 2.3.1. Spezielle Geologie des Abbaugebietes (Bergbau Kristallina)
  - 2.4. Tektonik
  - 2.5. Abbauplanung
  - 2.6. Abbaureserven
    - 2.6.1. Abbaureserven Block I
    - 2.6.2. Abbaureserven Block II
    - 2.6.3. Abbaureserven Block III
  - 2.7. Zusammenfassende Beurteilung
  
3. HYDROGEOLOGISCHE BEWERTUNG FÜR DIE ABBAUERWEITERUNG DES BERGBAUS
  - 3.1. Einführung

- 3.2. Umfang der Studie
  - 3.3. Wasserhaushalt und Hydrologie
  - 3.4. Hydrogeologischer Bau
  - 3.5. Grundwasserstände und Grundwasserfließverhältnisse
  - 3.6. Bergwasserabfluss
  - 3.7. Quellen
  - 3.8. Wasserbeschaffenheit
  - 3.9. Auswirkungen der Abbauerweiterung
    - 3.9.1. Quellen
    - 3.9.2. Grundwasserbeschaffenheit
    - 3.9.3. Wasserhaushalt
  - 3.10. Zusammenfassung und Empfehlungen
4. GEOMECHANISCHE BEWERTUNG FÜR DIE ABBAUERWEITERUNG
- 4.1. Geomechanische Berechnung Department of Mining Competence Omya
    - 4.1.1. Numerisches Modell
    - 4.1.2. Geotechnische Parameter
    - 4.1.3. Geotechnische Berechnung
      - 4.1.3.1. Stufe 1 – Ausgangsdruckverhältnisse ohne untertägigen Abbau
      - 4.1.3.2. Stufe 2 – Druckverhältnisse aufgrund des aktuellen Abbaus
      - 4.1.3.3. Stufe 3 – Abbau aller aufgefahrenen Kammern bis Dezember 2015
      - 4.1.3.4. Stufe 4 bis 6 – Abbau der neu geplanten Kammern
    - 4.1.4. Veränderung der Druckspannungen während der geplanten Abbauaktivitäten
    - 4.1.5. Zusammenfassung und Empfehlungen
  - 4.2. Geomechanische Beurteilung der Golder Associates
    - 4.2.1. Inquadramento del sito estrattivo
      - 4.2.1.1. Metodo di coltivazione attuale e futuro
    - 4.2.2. Inquadramento geomeccanico
      - 4.2.2.1. Sintesi dei dati esistenti
      - 4.2.2.2. Indagini integrative 2012
      - 4.2.2.3. Caratterizzazione geomeccanica
        - 4.2.2.3.1. Parametri di deformabilità e resistenza
    - 4.2.3. Condizioni di stabilità dei vuoti
    - 4.2.4. Valutazione qualitativa degli impatti
      - 4.2.4.1. Misure di mitigazione
5. ANLAGEN



# **1. BESCHREIBUNG DES ABBAUPROJEKTS**

## **1.1. Allgemeines**

Aufgrund des vorhandenen Bedarfs und der stetig hohen Nachfrage an hochwertigem Kalziumkarbonat soll der untertägige Bergbau Kristallina und Pardaun weiterhin betrieben und erweitert werden. Dafür ist es notwendig eine Verlängerung der noch gültigen Abbaukonzession Nr. 4803 vom 23. Juli 2001 gültig bis 23. Juli 2018, über das Jahr 2018 hinaus zu beantragen. Das vorhandene Projekt wurde erstellt, um entsprechende Fakten, Untersuchungen und Studien aufzuführen, die für die Erweiterung notwendig sind.

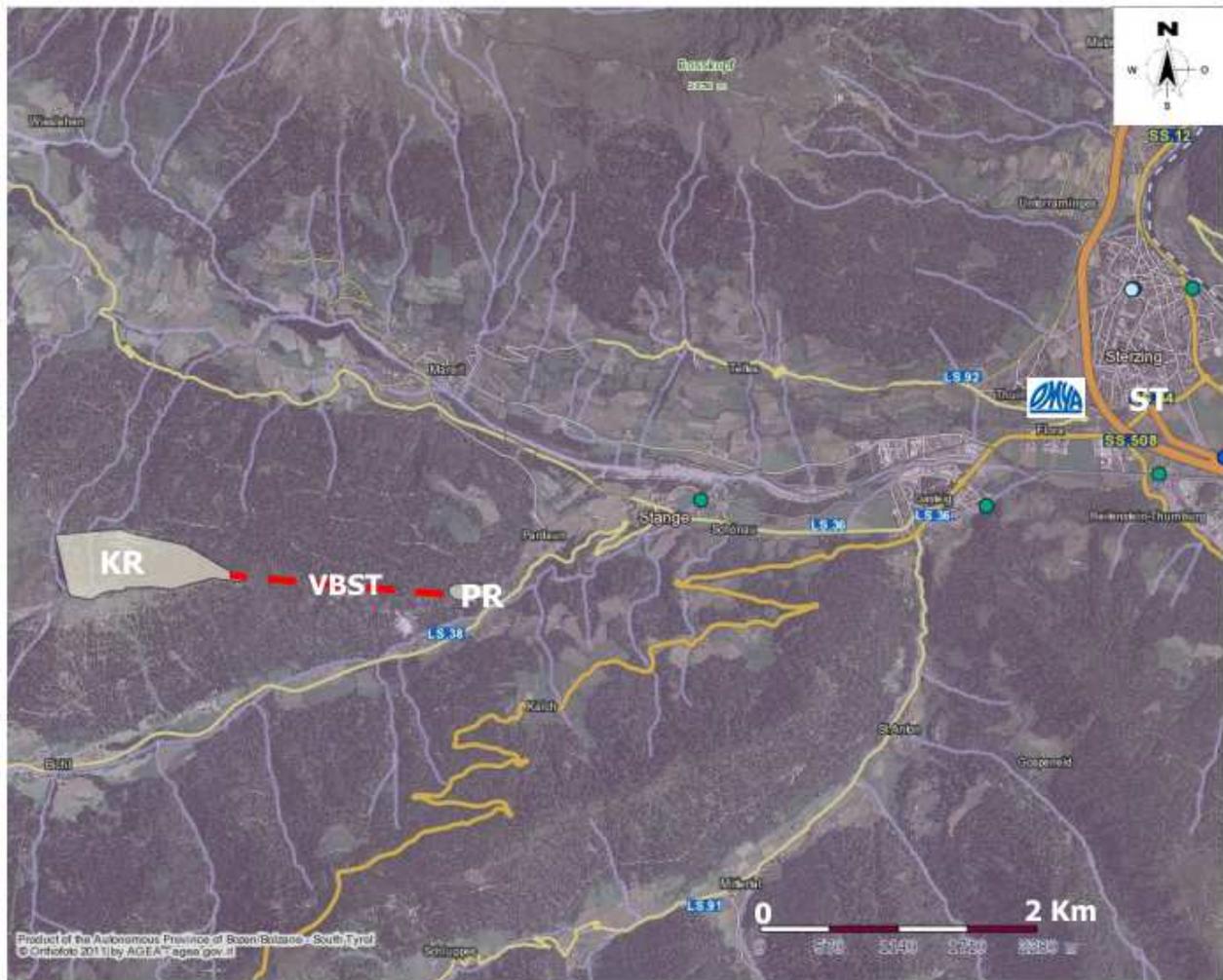
Die derzeitige Konfiguration des untertägigen Bergbaus, mit Abbau und Produktion unter Tage, sowie bestehender Transportmöglichkeit des Gesteins über die Verbindungsstrecke Kristallina-Pardaun ermöglicht einen durchgehenden 12monatigen Betrieb im Jahr. Mögliche Stillstands Zeiten im Winter, aufgrund erhöhter Lawinengefahr und/oder zu großen Schneemengen auf der Zufahrtsstraße Pardaun-Kristallina können durch ein entsprechendes Lagermanagement des Rohgesteins im Bergbau Pardaun ausgeglichen werden. Eine Entkoppelung der Bergbauproduktion von der Produktion im Werk ist dadurch möglich.

## **1.2. Lage des Abbaubereiches**

Die Grube Kristallina befindet sich an der Nordflanke des Mareiter Stein (Sasso di Mareta, 2.194 m ü. NN) mit einer Zufahrt auf einer Höhe von ca. 1.750 m ü. NN (Stollenmundlöcher). Das Abbaubereich erstreckt sich auf einer Fläche von etwa 1.000 mal 400 m. Die Abbauhöhe liegt zwischen 1.900 m ü. NN und etwa 1.700 m ü. NN.

Das Abbaubereich ist fördertechnisch über einen 2,7 km langen Verbindungsstollen mit der auf ca. 1.140 m ü. NN gelegenen Grube Pardaun (Pratone) verbunden, wo ebenfalls untertägig die Lagerung des gebrochenen und vorabgesiebten Rohsteines erfolgt.

Für die vom Abbau betroffenen Grundstücke gibt es langfristige Pachtverträge der Firma Omya mit den jeweiligen Grundeigentümern, bzw. befinden sich im Eigentum der Firma Omya. Die detaillierte Liste ist dem Anhang 5.21 zu entnehmen.



**Abb. 1:** Lage des Abbaugbietes Kristallina (KR), der Grube Pardaun/Pratone (PR) und der Omya S.p.A. in Sterzing (ST); VBST = Verbindungsstollen Kristallina - Pardaun

### **1.3. Abbaukonzept**

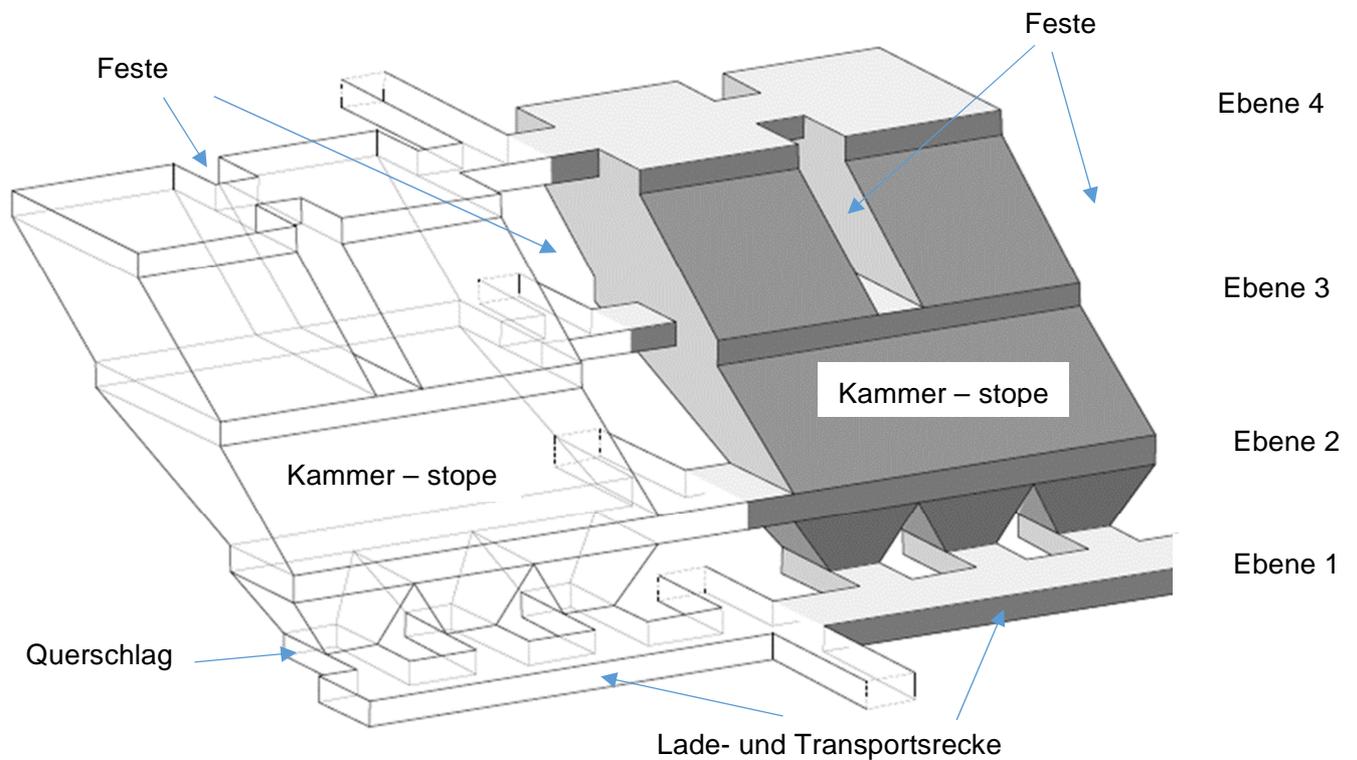
Ausgehend vom heutigen Abbaukonzept durch Teilsohlen Kammerabbau, auch „sublevel open stopping“ genannt, soll in den nächsten Jahren der Bergbau über den Bereich des heutigen Abbaus weitergeführt werden. Siehe dazu Anlage 5.1 „Technische Grundkarte“. Dabei wird es notwendig sein, das bereits bestehende Grubengebäude durch ständige Erweiterung im Bereich 1.860m – 1.900m ü.M. (Block I), sowie im Bereich 1.500m - 1.810m ü.M. Richtung Osten (Block III) und im Bereich 1.500m – 1.700m ü.M. (Block II) weiter abzubauen. Siehe dazu Kapitel 2 „Geologischer Bericht“, Kapitel 4. Abbauerweiterung ff, bzw. Anlage 5.3 bis 5.4 der Geologischen Detailkarten und Profile.

#### **1.3.1. Bestehendes Abbaukonzept**

Das heutige Abbaukonzept sieht einen Teilsohlen Kammerabbau, oder auch „sublevel open stopping“ genannt, vor. Dabei werden Stollen (Strecken) mit 6m Höhe und 8m Breite entlang der Ost-West verlaufenden Marmorschichten auf mehreren Ebenen im Gebirge aufgefahren. Das Auffahren erfolgt durch Bohren und Sprengen. Dabei dient die tiefst gelegene Strecke dem Laden und Transportieren des gewonnenen Rohgesteins. In den Ladestrecken erfolgt das Auffahren von 10-15m langen Querschlägen, 90° auf die Ladestrecke, im Abstand von 15-20m in die Marmorschichten hinein. Diese kurzen Abschläge dienen als Ladestelle für zukünftig gewonnenes Haufwerk (gesprengter Marmor). Die verschiedenen Abbauebene werden durch schräg geführte Schächte verbunden, die ebenfalls durch Bohren und Sprengen hergestellt werden. Durch Erweiterung dieser Schächte werden größere Schlitze im Gebirge hergestellt. Durch stetiges Abbohren und Sprengen hin zur offenen Fläche erfolgt dann der Abbau innerhalb der Kammern, in dem entlang der Abbaufont geneigte Bohrlöcher nach schräg unten oder oben gebohrt werden, und dann mit Sprengstoff gefüllt und gesprengt werden. Das dadurch gewonnene Gestein fällt durch die Schwerkraft nach unten und wird in den Ladestrecken gesammelt. Durch Laden des Haufwerkes mittels Radlader aus den Ladestrecken und Transport des Haufwerkes mittels Niederflurfahrzeugen (Dumper) zum Brecher erfolgt der Abtransport des Gesteins.

Zur Sicherung und Stabilisierung des Gebirges verbleiben innerhalb der Kammern sogenannte Gebirgsfesten, die ein Stützgerüst innerhalb des Gebirges darstellen. Zwischen den einzelnen Kammern und innerhalb der verschiedenen Gebirgsschichten verbleiben ebenfalls Gebirgsfesten im entsprechenden Ausmaß. Von den einzelnen Abbauebene zur nächsten Abbauebene verbleiben Gebirgsschweben in entsprechender Ausführung, die eine Stabilität gewährleisten sollen. Die genaue Berechnung der Dimensionen für diese Gebirgsfesten und Gebirgsschweben erfolgte in diversen Studien durch den externen Konsultanten Golder ASS in Zusammenarbeit mit der Universität von Leoben, Abteilung Bergbau und den Abteilungen Geologie und Bergbauplanung der Firma Omya.

Das Schema der Abbauführung kann in der nachfolgenden Abbildung eingesehen werden (Skizze der schematischen Darstellung einer Kammer).



**Abb. 2: Abbaukonzept „sublevel open stoping“**

### **1.3.2. Zukünftiges Abbaukonzept**

Das zukünftige Abbaukonzept sieht die Fortführung des bestehenden kammerartigen Abbauverfahrens vor. Dabei werden die heutigen Abbauzonen aber entsprechend zu erweitern sein. Es wird notwendig, die Abbauhazone sowohl in Richtung Osten (Ebene 1.500 bis 1.810m – Block III) als auch im bestehenden Gebiet nach oben (Ebene 1.860 bis 1.900m – Block I) und nach unten (Ebene 1.500 bis 1.700m – Block II) zu erweitern. Dazu werden wie im vorigen Kapitel beschrieben Strecken von 6m Höhe und 8m Breite aufgeföhren, um Verbindungen zwischen bestehenden und neuen Abbaufeldern herzustellen. Höhen werden wie bereits heute über die Weiterführung von Wendeln und Schrägstrecken überwunden. Der Abbau des Marmors erfolgt in Kammern, wie sie heute in Verwendung sind. Die Dimensionierung und Platzierung der Kammern erfolgt nach heutigen Erkenntnissen der Gebirgsmechanik und wurde in einer eigenen Studie durch das Omya Bergbau Kompetenzzentrum und unserem Konsulenten Golder ASS nochmals berechnet, um entsprechende geomechanische Auswirkungen sowohl auf den Abbau als auch auf die Oberfläche zu bewerten. Eine Zusammenfassung der Studie ist im Kapitel 4. Geomechanik angeführt.

Als wesentlicher Einfluss beim zukünftigen Abbau muss die Beeinflussung des Wasserhorizontes erwähnt werden. Heute befindet sich der Bergwasserspiegel auf Höhe 1.700m im Westen und fällt gegen Osten mit der Kontur und Führung des bereits heute bestehenden Verbindungsstollens ab, bis auf Höhe 1.140m in Pardaun, wo das Wasser nach erfolgter Behandlung im Absetzbecken in den Vorfluter geleitet wird. Um zukünftig Abbau im Bereich 1.500 bis 1.700m betreiben zu können, ist es unerlässlich den Bergwasserspiegel in diesem Bereich abzusenken. Dazu wird es notwendig sein, das zukünftig zu betreibende Abbaufeld mit einem Stollen auf Höhe 1.500m zu unterfahren. Dies führt zu einer Beeinflussung und Absenkung des Bergwasserspiegels in diesem Bereich. Die dadurch entstehenden Auswirkungen sind im Kapitel 3. Hydrogeologie eingehend behandelt.

## **1.4. Materialbedarf und Ressourcen**

### **1.4.1. Ressourcen**

Gemäß dem Bedarf der Kunden aufgrund der aktuellen wirtschaftlichen Bewertung wurde der Bedarf an Rohgestein für die nächsten Jahre von der Firma Omya ausgearbeitet. Das durch die Geologen bestimmte Abbauvolumen im Bereich des Bergbaus Kristallina und Pardaun bewegt sich im Bereich von 5.6 – 6.1 Mio. m<sup>3</sup> Marmor höchster Qualität. Dieses Material würde bei in etwa Beibehaltung der derzeitigen Abbauintensität ca. 45 - 50 Jahre Abbauaktivität ausreichen.

Im Detail werden die Ressourcen wie folgt berechnet:

Block I zwischen 1860 m und 1900 m ü.M. – Reserven von 0.6 Mio. m<sup>3</sup>

Block II zwischen 1500 m und 1700 m ü.M. – Reserven von 3.3 Mio. m<sup>3</sup> und

Block III zwei weiteren Zonen zwischen 1500 m - 1810 m ü.M. – Reserven von 2.3 Mio. m<sup>3</sup>

### **1.4.2. Materialbedarf**

In den letzten Jahren hat die durchschnittliche Abbaumenge ca. 310.000-330.000 t (= 114.815-122.222 m<sup>3</sup>) betragen. Wird von einer gleichbleibenden, bzw. leicht steigenden Zunahme der Nachfrage von 1-2 % ausgegangen, wie es in etwa den Durchschnittswerten der vergangenen Jahre entspricht, und wie es auch vom Verkauf der Firma Omya prognostiziert wird, dann wird für die nächsten 20 Jahre ein gesamtes Abbauvolumen von max. 8.0180.000 t bzw. 2.969.630 m<sup>3</sup> erforderlich sein, um die vorhandene Nachfrage zu decken.

Im Projekt ist die Verlängerung der Konzession um weitere 20 Jahre mit dem Abbau von insgesamt 3.250.000 m<sup>3</sup> Material vorgesehen, das somit einer durchschnittlichen Jahresproduktion von 162.500 m<sup>3</sup> entspricht.

Von der abgebauten Menge sind im Durchschnitt etwa 5 - 8 % jenes Material, das die hohen qualitativen Anforderungen nicht erfüllt. Der Anteil dieses Materials ist je nach Zone unterschiedlich; insbesondere im geplanten Unterfahrungsstollen auf Ebene 1.500m und in den notwendigen Rampen zwischen den Ebenen ist der lokale Anteil nicht verwertbaren Materials um einiges höher, da diese Strecken durch eine Mischzone geführt werden müssen. Qualitativ nicht verwertbares Gestein wird in erster Linie zur Verfüllung von bestehenden Abbauhohlräumen verwendet werden, und in zweiter Linie an lokale Baufirmen für verschiedenste Verwendungen (Betonherzeugung, Straßenbau, Schüttmaterial usw.) verkauft.

### **1.4.3. Bergbauaktivität**

Der Großteil des Abbaus soll im Bereich Kristallina erfolgen, da die gesamte Infrastruktur sowie die Qualität des Gesteins entsprechend vorgegeben sind. Ausgehend vom bestehenden Abbauhorizont im Bereich 1.740m.ü.M. bis 1.820m.ü.M. sind weitere Abbauhorizonte im Bereich von 1.860m.ü.M. bis 1.900m.ü.M. und im Bereich von 1.500m.ü.M. bis in den Bereich 1.700m.ü.M. vorgesehen.

Diese Ebenen werden durch Rampen mit dem bestehenden Bergbau verbunden werden, mittels solcher Rampen soll auch der Bewetterungsstollen auf Kote 1.910m.ü.M. erreicht werden. Das Gestein zwischen den verschiedenen Ebenen soll dann entsprechend abgebaut werden. Im Projekt sind detailliertere Informationen zu den gebildeten Hohlräumen zu finden.

Im Detail ist folgendes Abbauprogramm vom Projekt vorgesehen:

1. Realisierung der Rampe 3 bis zum Bewetterungsstollen 1.910 m.ü.M.
2. Realisierung der Rampen vom Brecher bis zur neuen Verbindungsstrecke auf 1.500 m.ü.M
3. Realisierung der Abbaukammern auf den verschiedenen Ebenen (Block I-III)
4. Abbau des Materials zwischen den einzelnen Ebenen (Block I-III)
5. Auffahrung der Verbindungsstrecke Pardaun-Kristallina von 1.500 m.ü.M. auf eine Länge von ca. 1.000 m mit einer Neigung von 1-2°.

#### **1.4.4. Chronologie des Realisierungsprogrammes**

Die zeitliche Abfolge der vorgesehenen Abläufe und Auffahrungen ist wie folgt geplant:

Abbauhorizonte mit Zeiträumen des geplanten Abbaus:

Block I zwischen 1.860m und 1.900m von 2018 - 2026

Block II zwischen 1.500m und 1.700m von 2020 - 2038

Block III zwei weiteren Zonen zwischen 1.500m – 1.810m von 2019 - 2038

### **1.5. Bohren und Sprengen**

Der Abbau des Marmors erfolgt im klassischen Bohr- und Sprengbetrieb.

#### **1.5.1. Bohren**

Für die Vortriebsbohrungen in den Strecken und Stollen werden horizontale Bohrlöcher in das Gebirge gebohrt. Dazu kommt ein vollautomatischer Bohrwagen mit zwei Bohrlafetten zum Einsatz. Für die Gewinnungsbohrung in den Abbaukammern wird ein vollautomatischer Bohrwagen eingesetzt, der im 360° Winkel bohren kann. Bei dem hier eingesetzten Abbauverfahren erfolgen die Bohrungen vertikal oder schräg nach unten geneigt.

Die Maschinen Bohren elektrisch, wobei der Strom durch mobile Generatoren erzeugt wird. Um die Staubbelastung so gering als möglich zu halten, wird nass gebohrt. Das Wasser wird über eine Ringleitung aus dem Wasserbecken Kristallina für das gesamte Grubengebäude zur Verfügung gestellt. Die Kabinen der Maschinen sind gekapselt, so dass die Mitarbeiter in von Luft und Lärm geschützten Bereich arbeiten können.

#### **1.5.2. Sprengen**

Für das Lösen und Lockern des Gesteins aus dem Gebirge wird Sprengstoff verwendet, der in die Bohrlöcher eingebracht wird. Dazu kommt sowohl patronierter als auch loser Sprengstoff zum Einsatz. Die Zündung erfolgt durch NONEL-Zünder (nicht elektrische Zünder mit Kunststoffschläuchen). Die Handhabung, Einsatz und Vorschriften zum Umgang mit Sprengstoff können dem „Ordine di servizio 2017“ entnommen werden.

## 1.6. Brecher und untertägiger Förderbandtransport

Der Brecher ist im zentralen Bereich des Bergbaus auf 1.700m positioniert. Die Aufgabe auf den Brecher erfolgt über einen 30m langen Sturzschaft. Im Backenbrecher wird das gewonnene Haufwerk von der max. Größe 1.0x1.0 m auf eine Größe 0-200 mm gebrochen. Dieses Gestein wird dann durch das bereits bestehende Transportband von Kristallina bis in den Bereich Pardaun transportiert. Dabei werden zuerst drei horizontal geführte Bänder eingesetzt. Dann wird das Gestein über einen 200m langen Schacht abgekippt. Im Anschluss erfolgt der Transport über zwei mit 9° nach unten geführten Bändern, wobei das zweite Band mit einer Länge von 1.500m in der Lage ist, Strom durch Bremsenergie zu gewinnen. In der Anlage 5.5 „Materialfluss“ ist der Ablauf des Gesteintransportes dargestellt.

In Pardaun erfolgt eine Absiebung des Rohgesteins bei 10 mm, aus qualitativen Gründen. Weiters ist es notwendig, die Fraktion 10-200 mm einer händischen Sortierung zuzuführen, um ebenfalls aus qualitativen Gründen, die vom Sprengen verbleibenden Kunststoffzündschnüre zu entfernen. Danach erfolgt die Zwischenlagerung der Gesteinsfraktionen 0-10 mm und 10-200 mm in im Marmor hergestellten Silos (Kammern). Aus diesen Silos erfolgt der Weitertransport des Gesteins mittels Straßen Lkw, aufgrund des Bedarfs in der Produktion, in das 6 km entfernte Werk in Sterzing.

In der Zukunft wird das gleiche Konzept eingesetzt werden. Bei Verlagerung des Abbaus in das Feld 1.500 bis 1.700m (Block II) wird es notwendig sein, eine neue Brecheranlage auf Höhe 1.500 m im zentralen Bereich des gesamten Abbaus zu positionieren. Die Aufgabe auf den Brecher wird über einen Schacht erfolgen. Die Position des neuen Brechers ist in der Anlage 5.4 „Geologisches Profil A-A“ ersichtlich.

Durch den Betrieb des Förderbandes zwischen Kristallina und Pardaun war und ist es möglich, den Lkw-Transport auf der Forststraße komplett einzustellen und alle betrieblichen Aktivitäten nach unter Tage zu verlegen. Dadurch ist keine Beeinflussung durch Luft, Lärm oder Verkehr oder sonstige Produktionstätigkeiten im Bereich Kristallina mehr gegeben.

## 1.7. Wasserhaltung

Die heute anfallenden Wässer werden entsprechend der Wasserkonzession Prot.Nr. 74.05/540850 D/8877 vom 20.09.2011 Nr.446 in Kristallina gesammelt und über den Verbindungsstollen in einer Rohrleitung über mehrere Sammelbecken bis in den Bergbau Pardaun geleitet. Auf Ebene 1.140m befindet sich in Pardaun das Absetzbecken, in dem eine Überwachung der Schwebstoffe im abgeleiteten Wasser erfolgt. Bei Überschreitung eines Schwellwertes wird dem Wasser ein Flockungsmittel beigelegt, um die Sedimentation im Absetzbecken zu erhöhen. Das dann nachgereinigte Wasser wird über einen offenen Kanal bis an das Tunnelportal Pardaun geführt und von dort in einer Rohrleitung unter der Staatsstraße dem Vorfluter zugeführt. Der Ablauf des Wassers kann in den Anlage 5.6 und 5.18 eingesehen werden.

## 1.8. Wetterführung

Um den untertägigen Bergbau mit entsprechender Frischluft zu versorgen (Bewetterung) wurde das Grubengebäude mit einer künstlichen Bewetterung versehen. Dazu wurde auf Ebene 1.910m.ü.M. ein Stollen aufgeföhren. Dieser Stollen ist über vier gebohrte Schächte mit dem Hauptgrubengebäude verbunden. Am oberen Ende der Schächte sind Lüfter mit einer Leistung von 60 bzw. 110 kWh installiert. Diese Lüfter erzeugen im Grubengebäude einen Unterdruck. Dadurch wird Frischluft über die drei Mundlöcher auf Ebene 1.740m.ü.M. angesaugt. Mittels natürlichem Wetterfluss und künstlicher Bewetterung durch semimobile Ventilatoren und Luftlütten (Kunststoffschläuche zum Leiten von Frischluft) wird die Frischluft zu den Abbauorten gebracht. Dadurch befinden sich die Bergarbeiter immer in Zonen, die ausreichend bewettert werden. Die Abluft wird durch die Schächte nach oben abgezogen und über die Wetterstrecke ausgeblasen. Die schematische Darstellung der Wetterführung ist in der Anlage 5.7 „Bewetterung“ ersichtlich.

In den Jahren 2007 bis 2016 wurden durch die Montanuniversität Leoben, Österreich, mehrere Wetterstudien für den untertägigen Betrieb angefertigt. Diese bestätigen die konstant gute Wetterqualität unter Tage. Es wurden auch keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt und die Wetter enthielten ausreichend Sauerstoff und geringe Mengen an schädlichen Gasen. Die Bestätigung der guten Wetterqualität kann in der Anlage 5.12 „Ventilation measurement certificate“ eingesehen werden.



## **1.9. Maschinenausrüstung**

Um den untertägigen Bergbau betreiben zu können, werden eine Reihe von Bergbaumaschinen und sonstiger Ausrüstung eingesetzt. Wesentlich sind die Bohrmaschinen (Jumbo und Simba), die Radlader (CAT) und Bagger (Liebherr) sowie die Transportfahrzeuge (Dumper). Weiters kommt eine Vielzahl von Fahrzeugen für den internen Transport von Gerät und Mannschaft zum Einsatz. Die Aufstellung der Maschinen und Fahrzeuge kann der Anlage 5.13 „Maschinenliste für den Bergbau Kristallina und Pardaun“ entnommen werden.

Der Transport des Gesteins von Pardaun in das Werk Sterzing erfolgt mittels Straßen-Lkw durch eine externe Firma. Die Liste der zurzeit eingesetzten Fahrzeuge kann der Anlage 5.14 „Fahrzeuge der Firma TRABAG“ entnommen werden.

## **1.10. Infrastruktur**

### **1.10.1. Werkstätte**

Im Bergbau wird unter Tage eine Werkstätte betrieben, in der die im Betrieb verwendeten Maschinen und Fahrzeuge gewartet werden. Die Werkstatt ist in einem Querstollen, zwischen den beiden Mundlöchern (Stolleneingänge) auf der Ebene 1.740m.ü.M. angesiedelt. Ein Teil der Werkstätte ist mit einem Dach zum Schutz gegen Tropfwasser geschützt. In der Werkstätte befindet sich ein Ableitungssystem für Wasser, dass über ein Sedimentationsbecken geführt wird.

Die Werkstätte ist mit einem Hebekran für 25ton und einer Arbeitsgrube ausgestattet. Es gibt eine Hebebühne für Fahrzeuge und verschiedenste Arbeitsbereiche zum Schweißen, Reparieren, usw. Ein Bereich ist für die Sammlung und Lagerung von Ölen und Schmiermitteln, die für die laufenden Arbeiten notwendig sind, ausgewiesen. In der Anlage 5.8 „Fluchtplan Cava Kristallina“ sind die fixen Einrichtungen für den Bergbau Kristallina ersichtlich.

### **1.10.2. Magazin**

Im unmittelbaren Bereich der Werkstatt befindet sich auch ein Magazin, dass für die Lagerung von Ölen, Schmiermitteln und sonstigen Verbrauchsgütern für den laufenden Betrieb verwendet wird. Die Öle werden in dazu genormten Behältnissen und Lagerbehältern aufbewahrt. Die Verbrauchsgüter sind in einer überdachten, separaten Halle untergebracht. (siehe Anlage 5.8 „Fluchtplan Cava Kristallina“)

### **1.10.3. Waschplatz Kristallina**

Mit der Genehmigung Prot.Nr. 723723 vom 30.12.2014 Akt: I/07010003/1 wurde eine eigene Waschanlage für das Reinigen der Maschinen im Bereich Werkstatt in Betrieb genommen. Diese besteht aus einer Betonplatte mit seitlich geführtem Abflusskanal. Dieser Kanal mündet in ein Absetzbecken. Über einen Ölabscheider (nach Norm EN 858-2) wird das anfallende Wasser nachgereinigt und dem Waschkreislauf wieder zugeführt. Überschüssiges Wasser wird in das bestehende Wassersystem eingeleitet. (siehe Anlage 5.8 „Fluchtplan Cava Kristallina“ und Anlage 5.10 „Lageplan Waschplatz Kristallina“)

#### **1.10.4. Tankanlagen**

Im Bergbau werden eine fixe Tankstelle, genehmigt mit Dekret 230/35.5, für 5.000 Liter Diesel und drei mobile Tankstellen, genehmigt mit Practica Nr. 24/2017 Codice Impianto 13326339, Practica Nr. 25/2017 Codice Impianto 13326340 und Practica Nr. 26/2017 Codice Impianto 13326341 vom 30.05.2017 für ein Gesamtvolumen von 15.000 Liter Diesel betrieben. Die Positionierung der Tankstellen kann der Anlage 5.8 „Fluchtplan Cava Kristallina“ entnommen werden. Die Tankanlagen sind mit Überlaufbecken und entsprechenden Sicherheitseinrichtungen, wie z.B. Ölabscheider (nach Norm EN 858-2) bei der fixen Tankstelle, ausgestattet.

#### **1.10.5. Waschanlage in Pardaun**

Seit dem Jahr 2016 wird an der Ausfahrt Pardaun, vor der Lkw-Waage, eine Reifenwaschanlage mit geschlossenem Wasserkreislauf zur Reinigung der Lkw betrieben. Das Wasser wird hier im Kreislauf geführt und nur abgesetzter Schlamm ist separat zu entsorgen. Die Position kann in der Anlage 5.9 „Fluchtplan Cava Pratone“ eingesehen werden, die Ausführung der Reifenwaschanlage ist in der Anlage 5.11 „Lageplan Lkw Waschanlage Pardaun“ ersichtlich.

#### **1.10.6. Sozialhaus Kristallina**

Für die Mitarbeiter ist im Bereich Kristallina auf Kote 1.720 m ein Sozialhaus im Freien errichtet worden. Das Gebäude ist mit einer Umkleidekabine für Mitarbeiter, Toilett- und Waschanlagen, einem Aufenthaltsraum mit Küchenzeile in dem das Mittagessen eingenommen wird, und einem Büro für den Vorarbeiter ausgestattet. Jeder Besucher und die Mitarbeiter müssen sich vor Einfahrt in den Bergbau hier schriftlich registrieren. In unmittelbarer Nähe zum Sozialhaus befindet sich auch der Sammelpunkt für den Notfall bzw. im Falle einer Evakuierung.

## 1.11. Schlussbemerkungen

Mit der Verlegung der gesamten Abbau- und Produktionstätigkeit nach unter Tage wurde die Abbautätigkeit von den atmosphärischen Bedingungen unabhängig und damit die gesamte betriebliche Situation um einiges erleichtert.

Der Vorteil für die Umwelt liegt darin, dass keine Produktion mehr im äußeren Bereich des Mareiter Steins getätigt werden muss, und der außen auf der Forststraße durchzuführende Transport zur Gänze entfällt. Dies bedeutet letztendlich eine Einschränkung der Umweltbelastung im Bereich des Mareiter Steins auf ein Minimum.

Die Weiterführung des bestehenden Abbaukonzeptes im kammerartigen Abbau (open stoping) hat den Vorteil, bereits bekanntes und bewährtes Abbauverfahren zu verwenden und zu optimieren. Der Einfluss und die Auswirkungen der Abbautätigkeiten auf die Tagesoberfläche können minimiert werden, bzw. sind nicht gegeben.

Durch das Zurückgreifen auf bestehende Einrichtungen und Infrastruktur sind neue Installationen und Aktivitäten bis auf die Fertigstellung des Verbindungsstollens, die zukünftige Verlegung des Brechers auf Ebene 1.500m.ü.M. und die Adaptierung der Wasserhaushaltung eingeschränkt.

Die Abbauerweiterung im Block I, im bestehenden Bereich von 1.860 m.ü. NN bis 1.900 m. ü. NN, hat keinen Einfluss auf die Hydrologie, da dieser Teil weit über dem Bergwasserspiegel liegt.

Die vorgesehene Abbauerweiterung vom Niveau 1.700 m. ü. NN bis zum Niveau 1.500 m. ü. NN im Abbau-Block II und die Erweiterung nach Osten im Abbau-Block III liegen zum großen Teil unterhalb des Bergwasserspiegels. Die Vertiefung des Untertage-Abbaus führt hier zu einer Absenkung des Bergwasserspiegels im Abbaubereich um etwa 200 m auf etwa 1.500 m. ü. NN. Aufgrund der Grundwasserstauenden Glimmerschiefer-Schichten im Hangenden und Liegenden des Marmorzuges bleibt die Absenkung auf den Marmorzug selbst begrenzt.

Als Folge der Absenkung des Bergwasserspiegels werden die Quellbereiche 702, 605 und 606 am Nordhang des Mareiter Steins in ihrer Schüttungsmenge beeinflusst, die mittlere Schüttung wird voraussichtlich grob geschätzt bis zu etwa 50 % zurückgehen. Da die bergwasserstauenden Amphi-



bolit-Schichten die Absenkung innerhalb des Marmorzuges nach Norden begrenzen, lassen sich genauere Prognosen nur durch abbaubegleitende Messungen und eine Modellierung erstellen. Für die übrigen Quellen im Norden und Süden des Mareiter Steins, die mit dem Marmorzug nicht hydraulisch verbunden sind, ergeben sich durch die Abbauerweiterung keine Auswirkungen.

Für die zur Trinkwasserversorgung genutzte Gorgeler Quelle im Ratschingstal ergeben sich durch die Abbauerweiterung keine Auswirkungen, da deren Einzugsgebiet sich im Lockergesteinsgrundwasserleiter des Ratschingstales erstreckt und keine hydraulische Verbindung zum Bergwasser im Marmorzug aufweist.

Die Tiefenerweiterung führt zu einem Anstieg des mittleren Abflusses aus dem Untertageabbau von derzeit im Mittel etwa 23 l/s auf mehr als 30 l/s. Beim Auffahren von größeren Klüften oder Querstörungen oder jahreszeitlich bedingt ist temporär auch mit höheren Wassermengen bis etwa zum Dreifachen des mittleren Abflusses zu rechnen. Die bestehende Wasserhaltung und die Abbautätigkeiten sind an die zu erwartenden Abflussschwankungen von etwa 20 l/s bis temporär etwa 100 l/s anzupassen.

Zur Beweissicherung und Überwachung, sowie zur weiteren Datenermittlung wird empfohlen, das bisherige Monitoring fortzusetzen und den Umfang der abbaubegleitenden Untersuchungen angepasst an den Abbau-Fortgang zu erweitern.

Der Materialtransport in das ca. 6 km entfernte Werk in Unterackern/Sterzing entlang der L.S. 38, L.S. 36 und S.S. 44 bleibt jedoch auf jeden Fall erhalten und nimmt bei steigender Abbaumenge entsprechend zu. Bei der prognostizierten Steigerung des Abbaus um 1-2 % jährlich wären dies ca. 1 - 2 Lkw-Tagesfahrten an jährlicher Zunahme.

Insgesamt gesehen ist jedoch aufgrund der durchgeführten Verkehrszählung der Anteil des Verkehrs aus der Abbautätigkeit verschwindend klein gegenüber dem Gesamtverkehr. Wenn nun zusätzlich davon ausgegangen wird, dass auch das gesamte Verkehrsaufkommen mit den Jahren voraussichtlich zunehmen wird, kann weiter angenommen werden, dass auch für die Zukunft der Lkw-Anteil aus der Abbautätigkeit in etwa in der jetzigen Größenordnung bleiben und damit stets nur ein geringes Ausmaß am Gesamtverkehrsaufkommen darstellen wird.

## **2. GEOLOGISCHE BEWERTUNG FÜR DIE ABBAUERWEITERUNG IM BERGBAU KRISTALLINA UND PARDAUN**

### **2.1. Geologische Beschreibung des Projektes**

Der detaillierte Bericht über die Geologie der Erweiterung kann dem Bericht ITSV-1601\_rep2 vom 01.08.2016 verfasst durch Herrn Dr. Zeissl, Geologische Abteilung Gummern, Omya GmbH, entnommen werden.

### **2.2. Einleitung**

Im Hinblick auf eine langfristige Standort- und Rohstoffsicherung strebt die Omya eine Erweiterung des Abbaues Kristallina und Pardaun an. In der geologischen Arbeit wurden die lagerstättenkundlichen Bedingungen der geplanten Erweiterungsbereiche im Block I-III erläutert. Dabei entspricht der Block I dem aktuellen Abbaubereich Niveau 1.860-1.900m.ü.M., der Block II dem Bereich 1.500-1.700 m.ü.M. und der Block III dem östlichen Bereich im Niveau 1.500-1.810 m.ü.M.

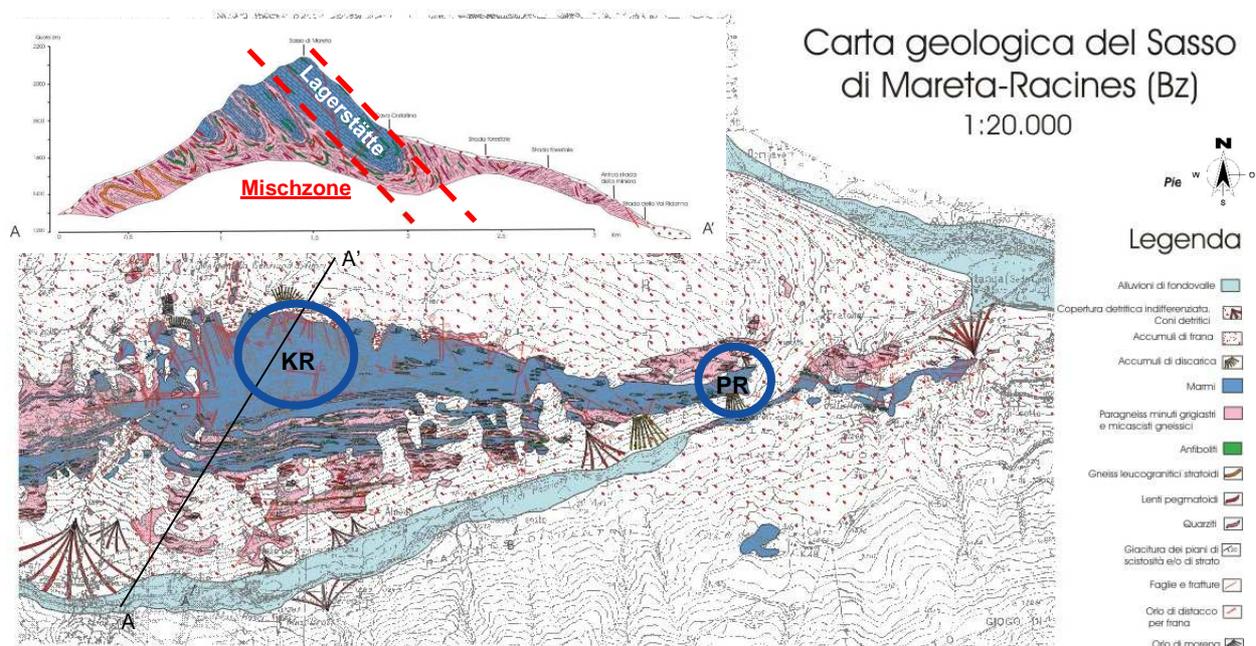
### **2.3. Geologische Situation**

Der gesamte *Marmorzug* vom Mareiter Stein (2.182 m ü. A) bis in den Abschnitt Pardaun (Gilfenklamm ca. 1.100 m ü. A.) weist eine Streichlänge von rund 4 km, mit einer bankrechten Mächtigkeit von ca. 300m auf. Dieser bildet den aufgeschlossenen Hangendabschnitt des Mareiterstein Massivs, wobei sich gegen die Teufe an der Hangendgrenze der Marmorzone der randlich, zonar angeordnete Glimmerschiefer-Paragneiskomplex einstellt. An der Liegendgrenze der 300m mächtigen Hauptmarmorzone folgt ein ca. 400m mächtiger Mischhorizont, welcher aus einer Abfolge einzelner Marmorlinsen, Paragneis-, Glimmerschieferlagen, sowie linsenförmigen Amphiboliten, leukokraten Gneisen, Pegmatiten und Quarziten besteht.

Im Grundriss bildet der Marmorzug vom Mareiter Stein einen nach N deutlich gewölbten Bogen ab, welcher allgemein als Rotationsbewegung des gesamten Zuges in streichender Richtung interpretiert werden kann (Abb.3). Dies ist in weiterer Folge auch für den untertätigen Gesteinsabbau im Abschnitt Kristallina von Bedeutung.

Die generelle lithologische Streichrichtung zeigt in E-W Richtung und das Einfallen der Schichtflächen beträgt im Allgemeinen ca.40 – 55° NNW/N/NNE.

Mehrere Hauptstörungen durchziehen den gesamten Marmorzug häufig in N-S, NNE-SSW, sowie NE-SW und untergeordnet in NNW-SSE Richtung. Der Versatz an diesen Störungszonen beträgt einige Meter bis zu mehrere 10er m und hat auf den Untertageabbau wesentliche Auswirkung.



**Abb. 3: Die geologische Übersichtskarte (P. Frizzo, 1998) zeigt den 4 km langen Marmorzug Mareiter Stein. Im Hangenden befindet sich die Lagerstättenzone.**

Generell wird die Geologie stark von jungalpidischer Bruchtektonik geprägt, welche vermutlich mit der tektonisch-seismischen Aktivität der Passeier Bruchzone in Zusammenhang gebracht werden kann. Vor allem der westliche und mittlere Abschnitt des Mareiter Stein Gebirgszuges weist starke tektonische Beanspruchung auf, die sich auch in stärkerer Verkarstung und Hohlrumbaueung äußert.

### 2.3.1. Spezielle Geologie des Abbaugbietes (Bergbau Kristallina)

Der interne Bau des Marmorzuges gliedert sich in Marmortypen B-, C- A- und D- Zone. Die Grenzen zwischen den Marmorhorizonten sind durch schichtparallele Amphibolit- und Gneis Lagen von einigen dm Mächtigkeit gegeben. Die Gruppierung kann wie folgt bewertet werden:

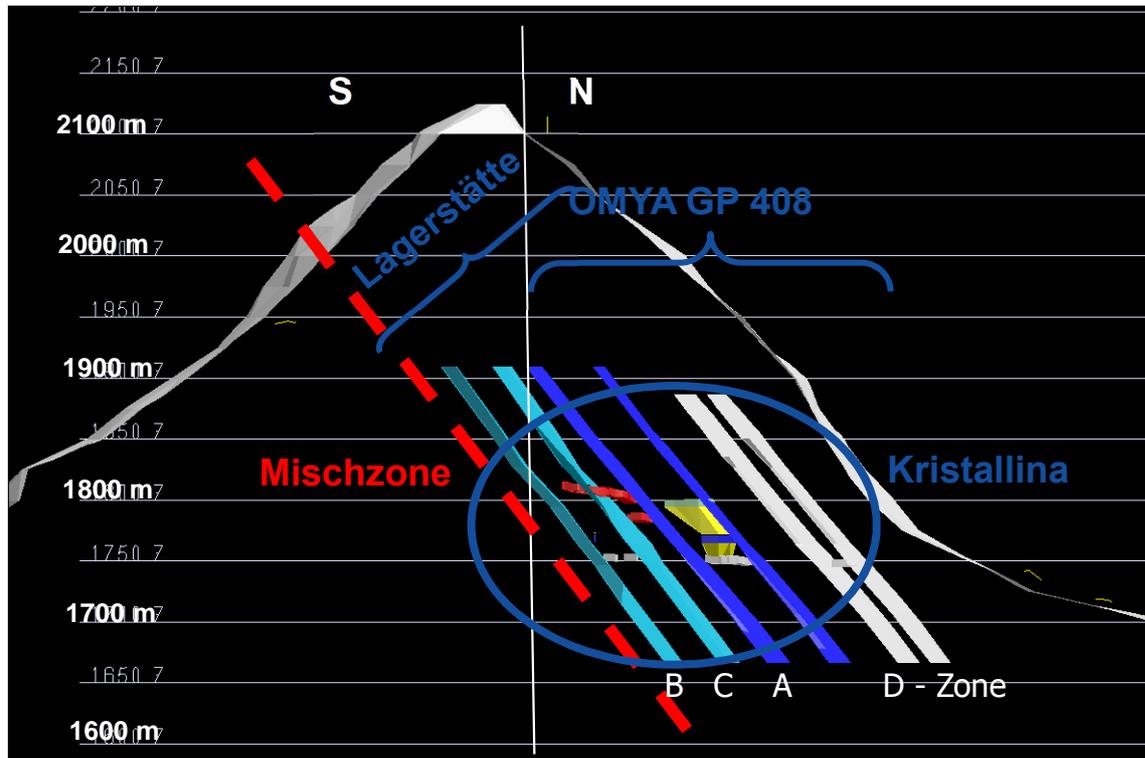
Marmor D-Zone: sehr gute Qualität, feinkörnig, Mächtigkeit von 15-20 m

Marmor A-Zone: sehr gute Qualität, grobkörnig, Mächtigkeit von 30-40 m

Marmor C-Zone: gute Qualität, meist grobkörnig mit Wechsellagerung, Mächtigkeit 10-40 m

Marmor B-Zone: gute bis sehr gute Qualität, feinkörnig, teilweise Glimmer, Mächtigkeit 40-50 m

Generell sind drei Marmorschichten für den Abbau und somit für die Herstellung von Produkten geeignet, wobei die Gesamtmächtigkeit derzeit ca. 150m aufweist. Dabei erfolgt in den Zonen A und B der eigentliche Abbau im kammerartigen Abbauverfahren und in der Zone C die Auffahrung der Lagerstätte.



**Abb. 4: Der geologische Schnitt durch die Lagerstätte repräsentiert die verschiedenen Marmorzonen B, C, A und D (Konzession Omya GP 408)**

## 2.4. Tektonik

Die Auffahrung des Untertagebergbaus und die Geometrie der Abbaukammern wird im Wesentlichen von der Lagerung, Mächtigkeit der Marmorschicht und den tektonischen Gegebenheiten, wie Hauptstörungen und Hauptklüfte bestimmt. Das Schichtstreichen verläuft dabei in E-W Richtung und das Allgemeine Einfallen ist ca. 40-55° NNW/N/NNE. Da die Geologie wesentlich von jungalpidischer Bruchtektonik geprägt wird, wirkt sich dies auch entsprechend auf das Trennflächengefüge des Bergbaus Kristallina aus. Vor allem im westlichen Abschnitt treten starke tektonische Beanspruchungen auf, die sich zum Teil in stärkeren Verkarstungserscheinungen äußern.

Im Wesentlichen sind zwei tektonische Hauptssysteme festzustellen:

- (1) Das Hauptstörssystem (MF/HS = Main Fault/Hauptstörung): Die Strukturen zeigen NNE-SSW, N-S und NNW-SSE Streichrichtung mit steilem Einfallen von 60-75° gegen WNW, W oder ENE. Hierbei bilden orthogonal zueinander angeordnete Klüfte oder/und Störungszonen ein konjugiertes System, welches eine sinistrale Bewegung der einzelnen Schollen in N/NNE Richtung bewirken. Dies sind horizontale Verwerfungen von einigen 10er Metern. Gleichzeitig erfährt der Gebirgsblock eine diagonale Bewegungsrichtung, die die jeweils östliche Scholle in N/NNE Richtung, gleichzeitig auch in die Tiefe versetzt. Dadurch entsteht in Richtung E (Pardaun) ein treppenartiger Verlauf des Marmorzuges.
- (2) Zusätzlich zu den orthogonal zur Streichrichtung verlaufenden Hauptstörungen erstreckt sich ein WNW-ESE/ENE-WSW verlaufendes Störungs- bzw. Kluftsystem mit einem Einfallen von 65-75° gegen N\_S. Dieses System tritt sowohl in Hangend- als auch in Liegendmarmorzonen auf, und unterschneidet zum Teil die Schichtflächen in Form von Rissen, Spalten und Klüften, meist Dehnungsklüfte, die offen oder verfüllt sein können.

Die genaue Darstellung der einzelnen Schichten mit Verlauf der Störungszonen, Verschiebungen, Einfallen und Neigungen können den geologischen Detailkarten im Anhang 5.3 bis Anhang 5.4 entnommen werden.

## 2.5. Abbauplanung

Anhand der aktuellen Kenntnisse betreffend Lithologie und Tektonik am Mareiter Stein bzw. des betreffenden Bergbaus Kristallina sind drei Abbaublöcke für den zukünftigen Abbau definiert worden:

Block I Abbau im aktuellen Abbaufeld im Niveau 1.860m bis 1.900m ü.M.

Block II Abbau im aktuellen Abbaufeld im Niveau 1.500m bis 1.700m ü.M.

Block III Abbau östlich des aktuellen Abbaufeldes im Niveau 1.500m bis 1810m ü.M.

Die Abbauplanung wurde im Hinblick auf eine optimale Abbauteufe bis 1.534m im Westen bzw. 1.506m im Osten ermittelt, um eine Entwässerung des künftigen Untertagebergbaus im Bergwasserhorizont über einen entsprechend geneigten Erbstollen gegen die Ostrichtung (Pardaun) zu gewährleisten. Die Studie, die zur Ermittlung der sicheren, wahrscheinlichen Reserven und möglichen Reserven und für den Untertageabbau erstellt wurde, sieht die Einbindung der bestehenden fördertechnischen Anlagen (Hauptförderbandanlage, Sturzschächte, Siebung, Lagerung in Pardaun, usw.) vor.



Das Abbauverfahren bedient sich des Teilsohlen-Kammerabbaues (sublevel open stoping). Die Abbaukammern weisen folgende Konfigurationen auf:

Abbaukammer groß – Länge x Breite = ca. 100x35m Höhe = ca. 31m Tonnage = ca. 196.000 t

Abbaukammer mittel – Länge x Breite = ca. 100x27m Höhe = ca. 31m Tonnage = ca. 158.000 t

Abbaukammer klein – Länge x Breite = ca. 35x35m Höhe = ca. 31 m Tonnage = ca. 90.000 t

Die Geometrie für die betreffenden Förderzonen (draw point) unterhalb der Abbaukammern zeigt folgende Abmessungen:

„Draw point“ Einfüllbereich oben – Länge x Breite = ca. 23x21m

„Draw point“ Abzugsbereich unten – Länge x Breite = ca. 10x10m

Gesamthöhe ca. 10m Tonnage ca. 8.000 t

Zwischen den einzelnen Auffahrungshorizonten verbleiben aus gebirgsmechanischen und sicherheitsrelevanten Gründen (Berechnung Golder Assoc. und Mining Department Omya) eine Festgesteinsschwebe von ca. 30m Mächtigkeit bestehen.

## 2.6. Abbaureserven

Die Berechnung der Reserven erfolgte getrennt für jede einzelne Marmorzone, basierend auf den Erkenntnissen aus dem Lagerstättenmodell und den aktuellen Abbautätigkeiten.

Als Ergebnis der Studie zeigen sich für eine langfristige Rohstoffsicherung 3 Abbaubereiche für die Erweiterung des Untertagebaues Kristallina. Diese berücksichtigen eine Einbindung in die bestehenden fördertechnischen Anlagen (Hauptbandanlage, Sturzschächte etc.) und eine optimierte Entwässerung des zukünftigen Untertagebaues der im Bergwasserhorizont befindlichen Abbaustellen.

Für einen großräumigen Abbau sind generell die Marmorzonen A und B vorgesehen. Diese werden in den Abbaublöcke I bis III gewonnen. Die Abbaublöcke I und II befinden sich innerhalb des Abbaufeldes, Block III östlich zum Teil innerhalb als auch außerhalb des heute genehmigten Abbaufeldes.

Folgende Abbaureserven wurden berechnet:

## 2.6.1. Abbaureserven Block I

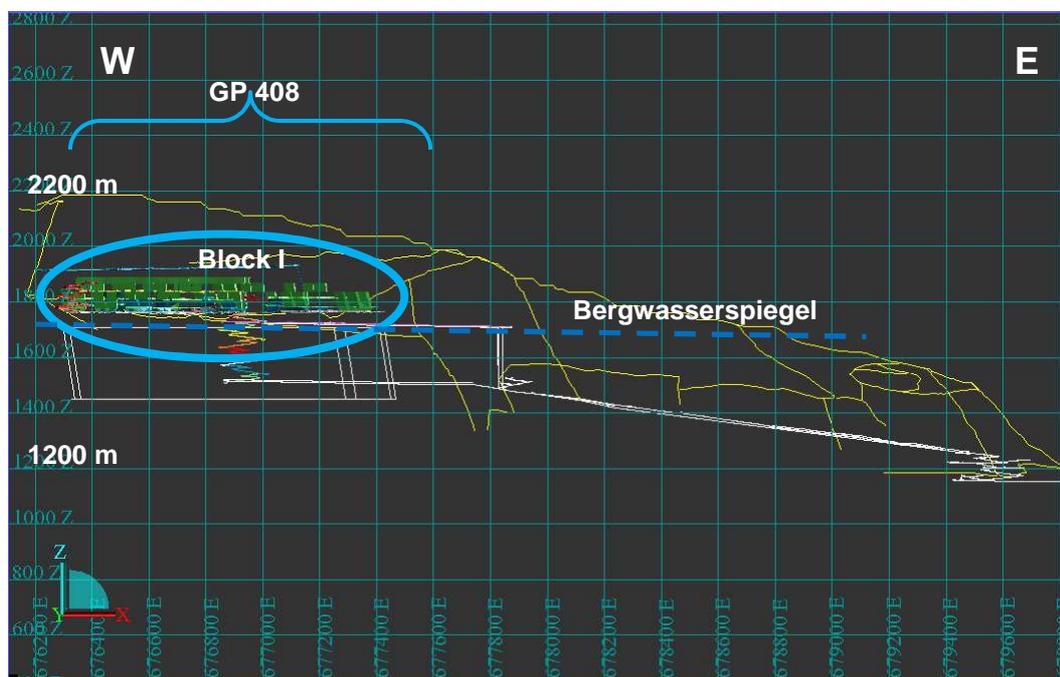


Abb. 5: Im Untertagebau Kristallina erstreckt sich der Gewinnungsbereich des Blockes I vom Niveau 1.860m – 1.900m und befindet sich zur Gänze im genehmigten Abbaufeld GP 408.

Tab. 1: Mengenaufstellung (extracted rock/extracted ore) für die Rohmarmorgewinnung in Block I im Abschnitt 1.860m – 1.900m.

Block I, Niveau 1860 m -1900 m	A-Zone (t <sup>*)</sup> )	B-Zone (t <sup>*)</sup> )	Gesamt (t <sup>*)</sup> )
Niveau 1753 m - 1837 m (bereits im Abbau)	(854.989)	(524.025)	(1.379.014)
Niveau 1866 m - 1890 m	813.043	789.242	1.602.285
<b>Gesamt</b>	<b>813.043</b>	<b>789.242</b>	<b>1.602.285</b>

\*) EO = ER

## 2.6.2. Abbaureserven Block II

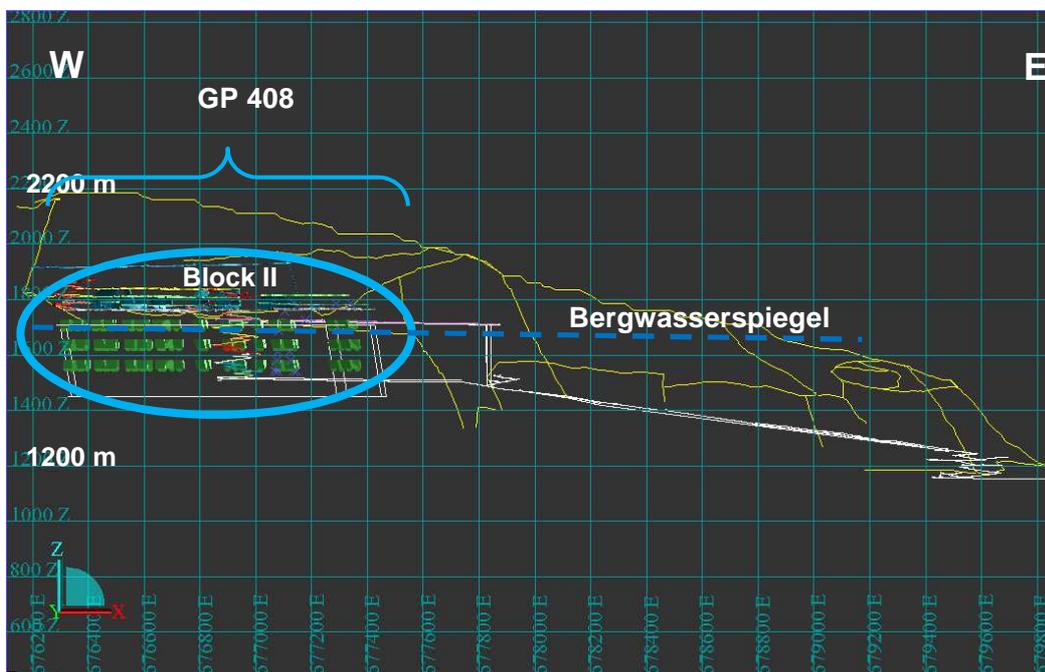


Abb. 6: Der Gewinnungsbereich des Blockes II reicht vom Niveau 1.500m – 1.700m und liegt ebenfalls zur Gänze im genehmigten Abbaufeld GP 408

Tab. 2: Mengenaufstellung (extracted rock/extracted ore) für die Rohmarmorgewinnung in Block II im Abschnitt 1.500 m – 1.700 m.

Block II, Niveau 1.500 m – 1.700 m	A-Zone (t <sup>*)</sup> )	B-Zone (t <sup>*)</sup> )	Gesamt <sup>*)</sup> )
Niveau 1534 m - 1582 m	1.531.216	1.471.133	3.002.349
Niveau 1607 m - 1655 m	1.531.216	1.471.133	3.002.349
Niveau 1680 m - 1728 m	1.531.216	1.471.133	3.002.349
<b>Gesamt</b>	<b>4.593.648</b>	<b>4.413.399</b>	<b>9.007.047</b>

\*) EO = ER

### 2.6.3. Abbaureserven Block III

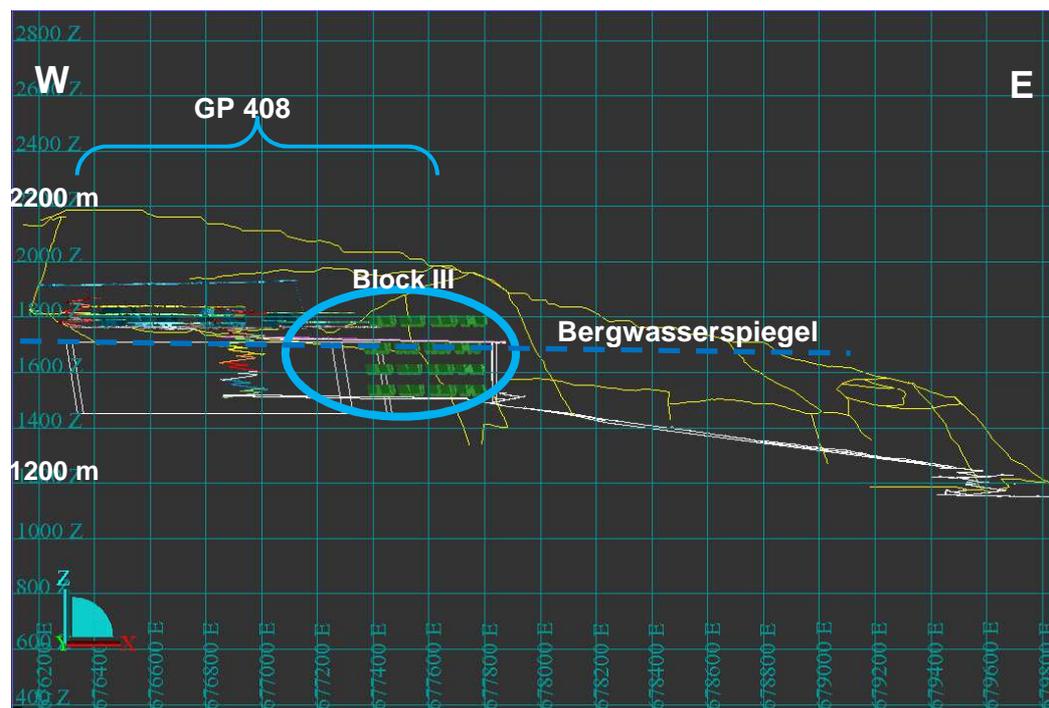


Abb. 7: Der Abbaubereich des Blockes III erstreckt sich vom Niveau 1.500m bis 1.810m und befindet sich teilweise im genehmigten Abbaufeld GP 408 und fast zur Gänze im Bergwasserhorizont

Tab. 3: Mengenaufstellung (extracted rock/extracted ore) für die Rohmarmorgewinnung in Block III im Abschnitt 1500 m - 1810 m.

Block III, Niveau 1.500 m – 1.810 m	A-Zone (t <sup>*)</sup> )	B-Zone (t <sup>*)</sup> )	Gesamt <sup>*)</sup> )
Niveau 1506 m - 1554 m	744.584	805.923	1.550.507
Niveau 1585 m - 1627 m	744.584	805.923	1.550.507
Niveau 1661 m - 1709 m	744.584	805.923	1.550.507
Niveau 1754 m – 1805 m	744.584	903.911	1.648.495
<b>Gesamt</b>	<b>2.978.336</b>	<b>3.321.680</b>	<b>6.300.016</b>

\*) EO = ER

## 2.7. Zusammenfassende Beurteilung

Als Ergebnis der Bewertung der einzelnen Abbaublöcke wird der Abbaublock I für eine fortlaufende Rohsteingewinnung bis zum Niveau 1.900 m fortgeführt, was bei einer derzeitigen Fördermenge von 330.000 t/a einer Betriebsdauer des Untertagebaues in diesem Abschnitt von ca. 19 Jahren entspricht. Wird im Abschnitt Niveau 1837 m – 1866 m die gesamte Marmorschicht in der B - und A - Zone als Sicherheitspfeiler vorgesehen, so betragen die sicheren Reserven 3.0 Mio. t ER/EO und die Laufzeit der Marmorgewinnung in Block I beschränkt sich auf ca. 10 Jahre. Kontinuierliche geotechnische Messungen und Untersuchungen (Golder Assoc.) bewerten die gebirgsmechanischen Parameter, sodass die Dimensionierung des Sicherheitspfeilers hiervon abhängt.

Eine Erweiterung des bestehenden Untertagebaues gegen die Teufe erfolgt durch den schrittweisen Aufschluss des Blocks II, welcher sich allerdings fast zur Gänze im Bergwasserhorizont befindet, sodass eine sukzessive Absenkung des Bergwasserspiegels erforderlich ist. Die wahrscheinlichen Reserven betragen hier 9.0 Mio. Tonnen, sodass dieser Abschnitt für eine Langfristperiode von ca. 30 Jahren Bestand hätte.

Die Erweiterung des Abbaus in den östlichen Bereich durch den Block III auf einem Niveau von 1.500m bis 1.810m, der teilweise im Bergwasserhorizont liegt, bedingt ebenfalls eine stufenweise Absenkung des Bergwasserspiegels. Die wahrscheinlichen Reserven betragen hier 6.3 Mio. Tonnen, sodass dieser Abschnitt für eine Langfristperiode von ca. 20 Jahren Bestand hätte.

	<b>OMYA GmbH, Geology &amp; Geoinformation</b>	Created :	01-08-2016
		Updated:	
	<b>REPORT: ITSV-1601_rep2</b>	Author:	Wolfgang ZEISSL
		Checked:	
		Page:	1/22

### 3. HYDROGEOLOGISCHE BEWERTUNG FÜR DIE ABBAUERWEITERUNG IM BERGBAU KRISTALLINA UND PARDAUN

#### 3.1. Einführung

Im Hinblick auf eine langfristige Standort- und Rohstoffsicherung beantragt die Omya S.p.A. eine Erweiterung des untertägigen Abbaus Kristallina. Die hydrogeologische Studie betrachtet die hydrogeologischen Verhältnisse im Abbaubereich und im Erweiterungsbereich und die Auswirkungen des bestehenden Abbaus und der geplanten Abbauerweiterung auf den Bergwasserspiegel, das Grundwasserströmungsfeld, die Quellgebiete am Mareiter Stein und den Wasserhaushalt.

Die hydrogeologische Studie gliedert sich wie folgt:

- ❑ Ist-Zustand, betreffend
  - Geologischer und tektonischer Bau,
  - Hydrogeologischer Bau, geohydraulische Eigenschaften,
  - Bergwasserspiegel, Grundwasserfließverhältnisse,
  - Quellgebiete am Höhenzug Mareiter Stein,
  - Wasserbeschaffenheit,
  - Hydrologische Bilanz, Wasserhaushalt.
  
- ❑ Prognose der Auswirkungen der Abbauerweiterung auf
  - die Grundwasserverhältnisse,
  - den Wasserhaushalt,
  - die Quellen am Höhenzug des Mareiter Stein.

In der Studie erfolgte eine allgemeine Beschreibung des Umfeldes des Bergbaus Kristallina und Paradaun unter Betrachtung des Wasserhaushaltes und der Hydrologie. Eine Darstellung der geologischen und tektonischen Verhältnisse im Umfeld des Untertagebetriebes „Kristallina“ wurde durchgeführt. Der hydrogeologische Istzustand betreffend das Bergwasser und für die Quellgebiete wird beschrieben. In einem weiteren Kapitel wird auf der Grundlage der hydrogeologischen Untersuchungen eine Bewertung der Auswirkungen der Abbauerweiterung auf die hydrogeologischen Verhältnisse und die Quellen und Fließgewässer vorgenommen. Abschließend erfolgt eine Empfehlung für ein begleitendes Monitoring.

### 3.2. Umfang der Studie

Gemäß der bestehenden Genehmigung wird der Abbau durch ein Monitoring-Programm fachlich begleitet. Die gewonnenen Daten dienen als Grundlage einer fachlichen Bewertung und Überwachung der Auswirkungen einer Absenkung des Bergwasserspiegels im Zuge des Gesteinsabbaus und der Wasserhaltung im Untertagebau. Folgende Punkte sind in der Studie behandelt worden:

- ❑ Ist-Zustand, betreffend
  - Geologischer und tektonischer Bau,
  - Hydrogeologischer Bau, geohydraulische Eigenschaften,
  - Bergwasserspiegel, Grundwasserfließverhältnisse,
  - Quellgebiete am Höhenzug Mareiter Stein,
  - Wasserbeschaffenheit,
  - Hydrologische Bilanz, Wasserhaushalt.
  
- ❑ Prognose der Auswirkungen der Abbauerweiterung auf
  - die Grundwasserverhältnisse,
  - den Wasserhaushalt,
  - die Quellen am Höhenzug des Mareiter Stein.

Die Daten der diversen Aufnahmen bzw. Erhebungen sind der hydrogeologischen Studie «Erweiterung des Untertageabbaues Cava Kristallina der Omya S.p.A.» von Köhler&Pommerening zu entnehmen.

### 3.3. Wasserhaushalt und Hydrologie

Die Bilanzgrößen des Wasserhaushaltes setzen sich zusammen aus

$$N = E_{tr} + A_o + A_u + R$$

mit

- N: Niederschlag
- E<sub>tr</sub>: Evapotranspiration
- A<sub>o</sub>: Oberflächen-Abfluss
- A<sub>u</sub>: Unterirdischer Abfluss (entspricht über längere Zeiträume der Grundwasserneubildung)
- R: Rücklage und Verbrauch (für mehrjährige Betrachtungen nicht relevant)

In der Tab. 4 sind die langjährigen Niederschlags- und Temperaturdaten für die Wetterstation "Innerratschings" in der Ortslage Bichl und „Ridnaun“ aufgeführt.

**Tab. 4: Hydrologische Bilanzgrößen**

Station	Höhe	Zeitabschnitt	Jahre	N	T
	m ü. NN			mm	°C
Innerratschings	1260	1980 – 2010	30	1.156	5,0
Ridnaun	1350	1980 – 2010	30	1.092	

Erläuterung:

- N: Niederschlag (mittlere Jahressumme)
- T: Temperatur Mittelwert

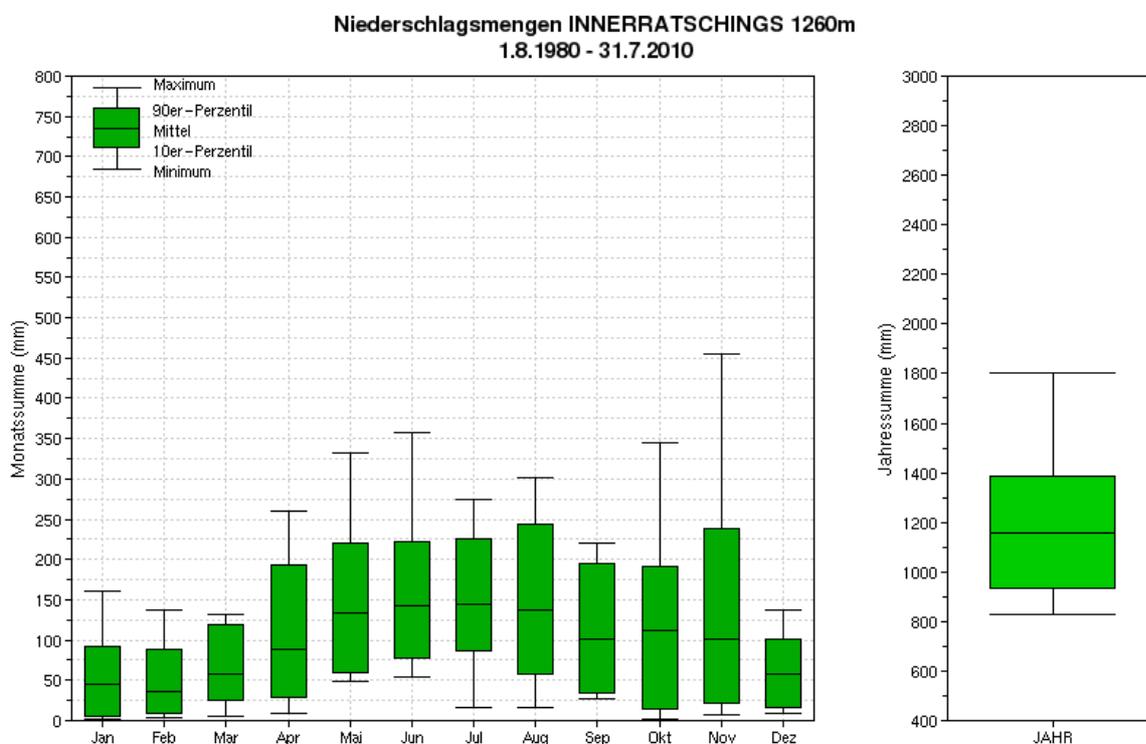
Für die weiteren Betrachtungen wurden die Daten der Station Innerratschings herangezogen, die ein langjähriges Jahresmittel der Niederschlagssumme im Zeitraum 1980 bis 2010 von 1.156 mm aufzeigt. In den vergangenen 30 Jahren traten im Jahr 2000 mit 1803 mm die höchsten und im Jahr 2003 mit 830 mm die geringsten Jahresniederschläge auf.

Für den Untersuchungsraum Mareiter Stein, der bis fast 2.200 m ü. NN reicht, muss berücksichtigt werden, dass die Niederschlagssummen mit der Höhe ansteigen. Für den Mareiter Stein wird eine langjährige mittlere Niederschlagssumme von etwa 1.300 mm/a angesetzt.

Die Abbildung 8 zeigt die Bandbreite der monatlichen (links) und jährlichen (rechts) Niederschlagssummen in der 30-jährigen Klimaperiode vom 1.8.1980 bis 31.7.2010. Die höchsten Niederschläge treten im Zeitraum April bis November auf. Hinzu kommt die Schneeschmelze, die zumeist im April und Mai einsetzt, so dass die Abflüsse dann in der Regel ein Maximum erreichen. In den Wintermonaten liegen bei geringen Niederschlägen und Schneefall die Bergwasserstände und auch die Abflüsse in den Quellen und Fließgewässern bei geringen Werten.

Die mittlere Jahrestemperatur beträgt im Zeitraum 1980 bis 2010 für die Station Innerratschings auf einer Höhe von 1.260 m ü. NN 5,0 °C. Bei einer üblichen Abnahme der mittleren Jahrestemperatur von 0,6 °C pro 100 Höhenmeter ergibt sich für den Marmorzug am Mareiter Stein bei etwa 1.710 m

ü. NN auf Höhe des Bergwasserspiegels eine mittlere Jahrestemperatur von etwa 2,3 °C und auf 2.000 bis 2190 m ü. NN im Bereich des Gipfels eine mittlere Jahrestemperatur von weniger als 1,0 °C.



**Abb. 8: Jahresniederschläge der Station Innerratschings (1980-2010). Quelle: ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik**

Die Verdunstung (Evapotranspiration) des Wassers ist abhängig von mehreren Faktoren, deren wichtigste hier die Höhenlage und Temperatur und daneben der Bewuchs sind. Nach Wieser 2008 (in Mincon 2008) ist für alpine Matten dieser Höhenlage eine Evapotranspiration von 300 mm anzusetzen. Für die unbewachsenen Felsflächen auf dem Mareiter Stein ist nur die Evaporation wirksam, die für diese Höhenlage mit deutlich weniger als 300 mm anzusetzen ist. Für den Ausbiss des Marmorzuges insgesamt, der auf mehr als der Hälfte der Verbreitungsfläche durch offenen Fels oder Almmatten geprägt ist, wird daher eine insgesamt geringe reelle Verdunstung von etwa 350 mm angesetzt.

Die Gesamtfläche von etwa 1,9 Mio. m<sup>2</sup> teilt sich auf in offene Felsbereiche, Almmatten bzw. alpine Gras- und Zwergstrauchheide und Waldgebiete. Perennierende Fließgewässer bestehen im Bereich des Marmorzuges nicht. Nur unmittelbar nach Niederschlägen oder während der Schneeschmelze können dort kurzzeitig Oberflächenabflüsse in intermittierenden kleineren Fließgewässern beobachtet werden.

Nach der Wasserhaushaltsgleichung errechnet sich der Abfluss (A) indirekt aus der Differenz zwischen Niederschlag (N) und reeller Verdunstung (Evapotranspiration Etr).

Für das Gebiet des Marmorzuges insgesamt errechnet sich ein mittlerer Niederschlag von 1.300 mm, eine mittlere reelle Verdunstung von 350 mm ein mittlerer Abfluss von 950 mm.

Der Abfluss insgesamt setzt sich zusammen aus dem oberirdisch fließenden Anteil ( $A_O$ ) sowie dem unterirdisch fließenden Anteil ( $A_U$ ), der für lange Zeitabschnitte der Grundwasserneubildung (GwN) entspricht. Im Bereich des Marmorzuges mit den Felsflächen und mit nur teilweise geringem Bewuchs dürften mindestens 90 bis 95 % des Gesamtabflusses (Niederschlag minus Verdunstung) im Berg versickern. Auf den bewaldeten Flächen ist der Versickerungsanteil vermutlich etwas geringer mit etwa 80 bis 90 %, so dass insgesamt im Bereich des Marmorzuges von einer Grundwasserneubildung von etwa 850 mm (etwa 90 % des Abflusses) auszugehen ist. Das entspricht einer Grundwasserneubildungsrate von 27 l/skm<sup>2</sup>.

Bei einem Ausbiss des Marmorzuges von etwa 1,9 km<sup>2</sup> kann dort eine Grundwasserneubildung von etwa 51 l/s (1,6 Mio. m<sup>3</sup>/a) im Mittel angesetzt werden.

### 3.4. Hydrogeologischer Bau

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden geologischen Schichten sind mit einer hydrogeologischen Einstufung in Tab 5 angeführt. Der detaillierte Aufbau der hydrogeologischen Einheiten einschließlich der Marmorzonen ist in einem Detail-Profil in der Anlage 5.15 dargestellt. Im Folgenden wird der Begriff „Bergwasser“ synonym für die Bezeichnung „Grundwasser“ verwendet.

**Tab. 5: Geologische Schichtenfolge und hydrogeologische Einstufung**

Stratigraphie	Lithologie	Mächtigkeit	Hydrogeologische Einstufung	
Quartär	Hangschuttmaterial	5 – 20 m	Temporär und lokal grundwasserführend	
Oberostalpin Laaser Serie	<b>Hangend-Schiefer</b> Glimmerschiefer, Paragneise	< 300 m	Grundwassergeringleiter (oberflächennaher Auflockerungsbereich) und Grundwasserstauer (tiefere Bereiche)	
	<b>Marmor</b>	Hangend-Marmor-Amphibolit-Zone	ca. 70 m	Kluftgrundwasserleiter in Marmorschichten, Grundwasserstauer Amphibolit-Lagen
		Marmor-Zone D	ca. 20 m	Kluftgrundwasserleiter, geringe bis mittlere Durchlässigkeit
		Marmor-Amphibolit-Zwischenzone	ca. 60 m	Kluftgrundwasserleiter, geringe Durchlässigkeit, Grundwasserstauer Amphibolit-Lagen
		Marmor-Zone A	ca. 40 m	Kluftgrundwasserleiter, geringe bis mittlere Durchlässigkeit
		Marmor-Zone C	10-40 m	Kluftgrundwasserleiter, geringe Durchlässigkeit
		Marmor-Zone B	10–40 m	Kluftgrundwasserleiter, geringe bis mittlere Durchlässigkeit
	Liegend Marmor-Amphibolit-Zone	ca. 50 m	Grundwassergeringleiter	
<b>Liegend-Schiefer</b> Glimmerschiefer und Paragneise mit einzelnen Marmorlinsen	300 – 400 m	Grundwassergeringleiter (oberflächennaher Auflockerungsbereich) und Grundwasserstauer (tiefere Bereiche)		

Der Marmorzug ist mit einer West-Ost-Erstreckung von knapp 4 km und einer Breite von etwa 300 bis 600 m insgesamt als Kluft-Grundwasserleiter wirksam. Verkarstungserscheinungen treten an der Geländeoberfläche oder oberflächennah am Mareiter Stein auf, sie sind im Bereich des Abbaus und der Bergwasseroberfläche nicht in hydrogeologisch relevantem Maße vorhanden.

Nach Norden ist der Marmorzug durch die als Grundwasserstauer wirkende Folge der Hangend-Schiefer mit Glimmerschiefern und Paragneisen begrenzt. Nach Süden besteht ebenfalls eine hyd-

raulische Begrenzung des Marmorzuges durch die dort anstehenden Liegend-Schiefer, die als Glimmerschiefer mit eingefalteten kleineren Marmorschichten ebenfalls insgesamt als Grundwasserstauer wirken. Nach Westen kann der Marmorzug im Bereich einer Nord-Süd verlaufenden Querstörung auf Höhe der Steilwand am Zugang zum Belüftungsstollen abgegrenzt werden. An dieser Störung besteht ein sehr deutlicher Versatzbetrag, wodurch die Marmorscholle westlich davon um mehrere 10er Meter nach Süden in den Hangbereich unterhalb vom Kamm „verspringt“. Vermutlich bewirkt die Tektonik hier einen verminderten hydraulischen Kontakt des Bergwassers nach Westen, was eine westliche Begrenzung für die hydrogeologischen Betrachtungen im Abbaubereich Kristallina zulässt. Ein relevanter Zustrom von Bergwasser aus Osten über diese Querstörung in Richtung des Abbaubereiches ist nicht bekannt. Nach Osten erstreckt sich der Marmorzug bis über das Tal des Ratschingsbaches und die Gilfenklamm hinaus. Hydrogeologisch wird die Gilfenklamm als östliche Grenze des hydrogeologischen Betrachtungsraumes gesetzt, da der Ratschingsbach im Bereich der Gilfenklamm eine Vorfluter-Funktion für das nach Osten abfließende Bergwasser ausübt. Das zeigen Quellzutritte innerhalb der geklüfteten Marmorbänke in der Gilfenklamm.

Die Grundwasserführung bzw. Bergwasserführung im Marmorzug erfolgt entlang der Kluft- und Schichtflächen sowie an Störungsflächen. Der Marmorzug ist insgesamt als Grundwasserleiter einzustufen, wenn auch mit insgesamt geringer Durchlässigkeit. Lösungserscheinungen mit ausgedehnter Bildung von Karsthohlräumen sind im Grundwasserbereich und im Abbaubereich nicht zu beobachten oder dokumentiert. Der Marmorzug ist generell als gering durchlässiger Kluftgrundwasserleiter einzustufen.

Für die Durchlässigkeit des Marmorkörpers ist neben Ausbildung und Lage der Kluftsysteme aber auch die Lithologie und wechselnde Schichtung zu berücksichtigen. Die geklüfteten und durchlässigen Marmor-Schichten sind nicht homogen aufgebaut, sondern durch Schichten von gering bis nicht wasserwegsamem Gestein, wie Amphibolite und Glimmerschiefer, durchzogen. Grundwasserstauend wirkende Paragneise und Glimmerschiefer treten nicht nur im Liegenden und Hangenden des Hauptmarmorkörpers auf, sondern unterteilen die eigentliche Lagerstätte in verschiedene Marmorzonen (B-, C-, A-, D-Zone) durch Amphibolit-Lagen, die cm- bis dm-mächtig sind. Diese grundwasserstauend wirkenden Amphibolit-Lagen erstrecken sich als durchgehende Schichten über zumeist mehrere 100 m, so dass der bevorzugte Grundwasserabstrom im Marmorzug in schichtparalleler Richtung nach Osten erfolgt. An Querstörungen werden die Marmor-Schichten ebenso wie die Amphibolit-Lagen versetzt, so dass dort im Bereich dieser Querstörungen auch ein Grundwasserabstrom nach Norden möglich wird (siehe Anlage 5.15, 5.18, 5.19). Im Bereich derartiger Querstörungen treten auch die Hauptquellen am Nordhang des Mareiter Steins bei Höhenlagen von etwa 1.700 m ü. NN auf, die

eine Verbindung zum Marmorzug besitzen, was sich zum Beispiel am Chemismus oder der Leitfähigkeit zeigt. Der Grundwasserabstrom an Querstörungen nach Süden ist nicht möglich, weil dort im Gegensatz zum Nordhang der Marmorzug nicht mit seinen Schichtflächen und seinem Einfallen nach Norden die Böschung bildet, sondern dort mehrere 100 m mächtige stauende Glimmerschieferlage bis in Höhenlagen von etwa 2.000 m ü. NN anstehen und dort auch nach horizontalem tektonische Versatz der Blöcke die stauende Wirkung der Schichten nicht unterbrochen wird (siehe Anlage 5.17 und Anlage 5.20).

Aufgrund der als hydraulische Trennschichten anstehenden Amphibolit-Schichten lassen sich innerhalb des Marmorzuges vom Hangenden zum Liegenden 3 Haupt-Bergwasserzonen unterschieden (Tab. 5, Anlage 5.20):

- Hangend-Marmorzone mit D-Zone,
- Marmor A-Zone, abschnittsweise durch stark ausgeprägte E-W Längsklüftung („Lettenklüft“) zerlegt,
- Marmor B-Zone, insgesamt etwas geringer durchlässig als die Hangendmarmorzone und die A-Zone, die Wasserführung erfolgt über vereinzelte Klufsysteme und wird durch wasserstauende Glimmerschieferlagen unterbrochen.

Die Zonen, die diese Hauptbergwasserzonen mit geringer bis mittlerer Durchlässigkeit trennen (C-Zone, Marmor/Schiefer im Hangenden), sind als eher gering durchlässig einzustufen. Auch chemisch zeigen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Zonen innerhalb des Marmorzuges, was den eingeschränkten hydraulischen Austausch zwischen diesen unterstreicht. Innerhalb der liegenden B-Zone werden mittlere Leitfähigkeiten von etwa 220 bis 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gemessen, lokal auch höhere Leitfähigkeiten bis  $> 400 \mu\text{S}/\text{cm}$ , die in der A-Zone oder dem Hangendmarmor, nicht auftreten. Im Hangendmarmor/D-Zone und der A-Zone liegen die Leitfähigkeiten generell etwas niedriger bei etwa 190 bis 210  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Die metamorphen Festgesteine der Glimmerschiefer und Paragneise, die den Marmorzug nach Norden und nach Süden begrenzen und einhüllen, besitzen nur auf den Klüften im oberflächennahen Auflockerungsbereich eine geringe Grundwasserführung. Aufgrund des sehr geringen Klufvolumens ist die Permeabilität sehr gering so dass hierbei von Grundwassergeringleitern zu sprechen ist. Zur Tiefe hin sind diese Gesteine als Grundwasserstauer wirksam und schließen so den gesamten Marmorzug hydrogeologisch ein.

Genaue Kennwerte zur Durchlässigkeit im grundwasserführenden Marmor und im Glimmerschiefer/Paragneis sind nicht bekannt. Basierend auf Erfahrungswerten wurden für den Untersuchungsraum die Durchlässigkeitswerte der relevanten Gesteine abgeschätzt (Tab. 6).

**Tab. 6: Geohydraulische Kenndaten der grundwasserführenden Festgesteinsschichten**

Stratigraphie		Hydrogeologische Einstufung	Durchlässigkeitsbeiwert (geschätzt)
Oberostalpin Laaser Serie	<b>Marmor</b>	Kluftgrundwasserleiter (gering durchlässig)	1 x 10 <sup>-5</sup> m/s bis 1 x 10 <sup>-6</sup> m/s Durchlässige Bereiche  1 x 10 <sup>-7</sup> m/s bis 1 x 10 <sup>-8</sup> m/s Gering bis sehr gering durchlässige Bereiche
	<b>Glimmerschiefer und Paragneise</b>	Grundwassergeringleiter	1 x 10 <sup>-8</sup> m/s bis 1 x 10 <sup>-9</sup> m/s

Das Kluftvolumen im Marmorzug ist mit etwa 1 bis 2 % abzuschätzen. Dieser Wert ergibt sich aus dem Trockenlaufverhalten der Quellen und des Abflusses am Messwehr Pardaun und entspricht etwa dem für diese Marmorschichten erfahrungsgemäß anzusetzenden Kluftvolumen.

### 3.5. Grundwasserstände und Grundwasserfließverhältnisse

Im Bereich der 1.700 m Sohle bestehen insgesamt 7 Bergwassermessstellen, an denen seit 2009 der Grundwasserstand regelmäßig gemessen wird. Es handelt sich um gesicherte Bohrlöcher, die nicht gesondert ausgebaut wurden. In der Tab. 7 sind die Kenndaten der Messstellen und die statistischen Kennwerte der Grundwasserstände für den Zeitraum 2009 bis 2016 aufgeführt. Die Lage der Bergwassermessstellen ist in der Anlage 5.18 dargestellt. Die Abb. 9 zeigt die Ganglinien der Messstellen im Zeitraum 2009 bis 2017.

**Tab. 7: Kenndaten der Grundwassermessstellen und statistische Auswertung der Wasserstände**

Bezeichnung	Pegeloberkante POK	Endteufe	Grundwasserstand 7.6.2017	Mittlerer GwStand 2009-2017	Max. GwStand	Min. GwStand
	m ü. NN	m u. POK	m ü. NN	m ü. NN	m ü. NN	m ü. NN
BL1	1.713,8	41	1.713,80 <sup>1</sup>	<b>1.709,84</b>	1.713,80 <sup>1</sup>	1.696,50
BL2	1.712,4	41	1.712,40 <sup>1</sup>	<b>1.708,89</b>	1.712,30 <sup>1</sup>	1.696,30
BL3	1.710,8	41	1.710,45	<b>1.707,28</b>	1.710,60	1.696,00

BL4	1.709,8	41	1.704,60	<b>1.697,69</b>	1.709,30	1.686,30
BL5	1.702,0	41	1.684,20	<b>1.679,19</b>	1.689,20	1.669,80
BL6	1.696,9	42	-	<b>&lt; 1.654,4<sup>2</sup></b>	1.656,20	< 1.654,40
BL7	1.500,0	41	ca. 1.500,00	-	-	-

Erläuterungen:

<sup>1</sup> Druckspiegel höher als Bohrlochoberkante = Messstelle „läuft über“

<sup>2</sup> Wasserspiegel zumeist unterhalb Bohrlochsohle

Die Bergwasserstände zeigen einen deutlichen Jahresgang mit Schwankungen von etwa 10 bis 20 m. Die höchsten Wasserstände treten im Frühsommer und Sommer auf, wenn die Schneeschmelze eingesetzt hat und die Niederschläge und Grundwasserneubildung ansteigt (s. Abb. 9). Die niedrigsten Wasserstände treten im Herbst und Winter auf. In den Messstellen BL1 und BL2 steigt der Grundwasserstand bei Hochständen temporär bis über die Pegeloberkante (POK) an, so dass die Bohrlöcher überlaufen. Nach der Überlaufmenge liegt der Druckwasserspiegel dann um wenige m bis maximal etwa 5 m höher. BL3 steigt ebenfalls temporär bis nahe an die POK an.

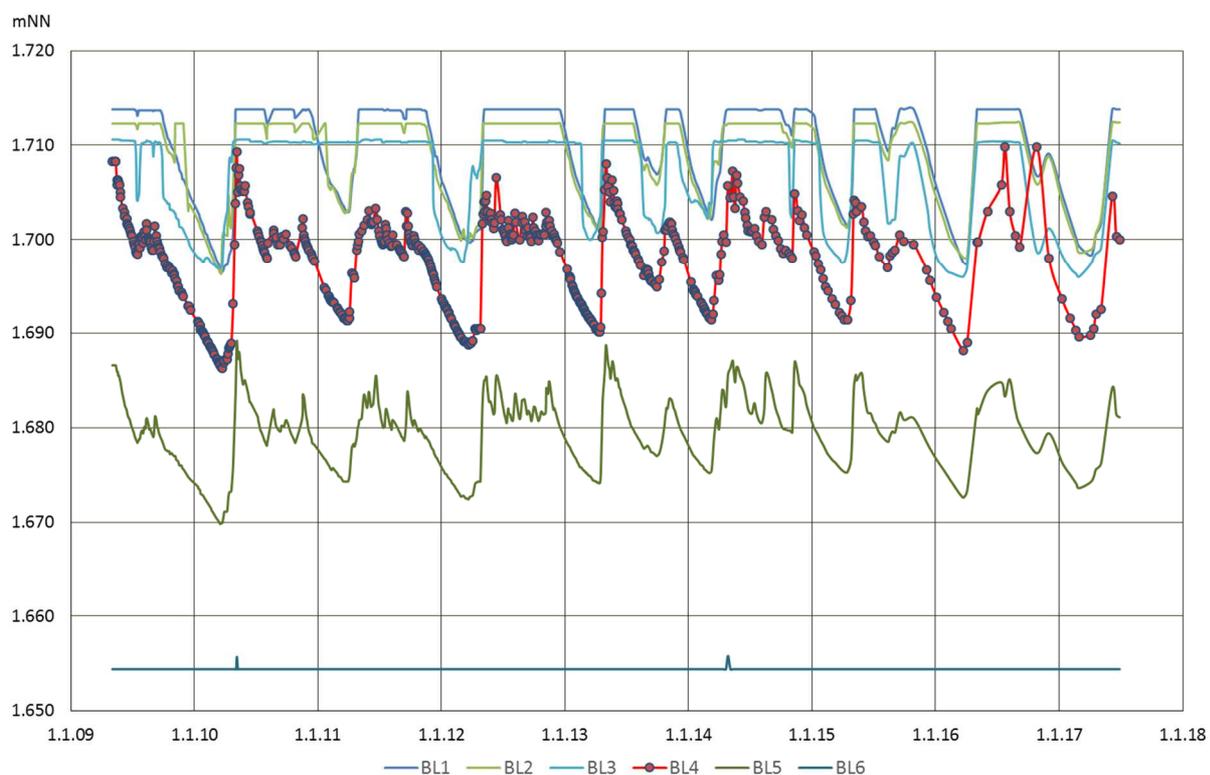
Die Ganglinien laufen generell etwa parallel zueinander, was die hydraulische Verbindung der Messstellen untereinander zeigt. Ausgehend vom höchsten Wasserspiegel in BL1 im Westen zeigen die weiter östlich gelegenen Messstellen BL2 bis BL6 niedrigere Wasserspiegel. Die Bergwasseroberfläche fällt östlich des Abbaublockes II über den gesamten Abschnitt des Abbaublockes III nach Osten ein. Ausgehend von BL1 als westlichste Messstelle, die etwa im mittleren Bereich des bestehenden Abbaugebietes etwa an der Grenze zwischen Block I und Block II liegt, mit Wasserständen von etwa 1.710 m ü. NN zeigt die mittlere Bergwasseroberfläche zunächst bis BL3, mittlerer Wasserstand dort 1.707,28 m ü. NN, ein geringes Gefälle. Die Messstelle BL4 liegt annähernd nördlich von BL3 und damit senkrecht zum Streichen der Schichten. Zwischen BL3 und BL4 zeigt die Bergwasseroberfläche im Mittel ein Gefälle nach Norden von etwa 10 m (BL4 = mittlerer Wasserstand 1.697,69 m ü. NN). Der Bergwasserspiegel zeigt somit auch ein Gefälle in Richtung Norden. Auf Grund der in Streichrichtung verlaufenden, dichtenden Amphibolitlagen ist es anzunehmen, dass der Bergwasserspiegel kein kontinuierliches Gefälle, sondern einen eher stufenförmigen Verlauf zeigt.

Etwa bei BL3 und BL4 liegt die östliche Grenze des bestehenden Abbaus. Weiter nach Osten fällt die mittlere Bergwasseroberfläche dann stärker ab und erreicht in BL5 einen mittleren Wasserstand von 1.679,19 m ü. NN. Im Bereich der Messstelle BL6 liegt die Bergwasseroberfläche zumeist tiefer als die Bohrlochsohle. Nur bei generell hohen Bergwasserständen wird hier die Bohrlochsohle von 1.665,0 m ü. NN erreicht. Der mittlere Bergwasserstand dürfte hier bei < 1.650 m ü. NN liegen.

Die Messstelle BL7 liegt nur etwa 100 m weiter östlich als die Messstelle BL6, allerdings auf der etwa 200 m tieferen 1.500 m ü. NN Sohle. Die Messstelle BL7 zeigt einen beständigen, nur sehr leichten Überlauf, was auf einen Wasserspiegel von etwa 1.500 m ü. NN hindeutet. Zwischen der BL6 und der BL7 sinkt daher die Bergwasseroberfläche in diesem Bereich sehr deutlich um etwa 200 m ab. Hier befindet sich ein Sturzschacht, über den der Transport des Marmors über die Bandanlagen zum Werk Pardaun erfolgt, sowie eine Entwässerungsbohrung. Zwischen dem Bereich bei BL7 und dem Ausgang am Werk Pardaun sinkt auf einer Strecke von etwa 1,8 km die Bergwasseroberfläche von etwa 1.500 m ü. NN auf etwa 1.150 m ü. NN um etwa 350 m ab.

In der hydrogeologischen Karte der Anlage 4 sind die generell hohen Bergwasserstände für die Stichtagsmessung 7.6.2017 dargestellt.

Da der Bergwasserspiegel im Osten deutlich tiefer liegt als im Westen des Marmorzuges und aufgrund der schichtparallelen Unterteilung des Marmorzuges durch Amphibolit-Lagen, ist von einem vorrangigen unterirdischen Bergwasser-Abstrom entlang der Schichtflächen nach Osten auszugehen. Die Fließrichtung nach Norden besteht ebenfalls, wie das leichte Gefälle der Bergwasserstände in diese Richtung andeutet (BL3 und BL4). Dieses Abstromfeld des Bergwassers nach Norden ist aber durch die stauend wirkenden Amphibolit-Schichten innerhalb des Marmors begrenzt und eher auf die Bereiche der Querstörungen und die nördlichen Teilbereiche des Marmorzuges beschränkt. Das zeigen auch die Austrittsstellen der dort zumeist liegenden Quellen am Nordhang des Höhenzuges.

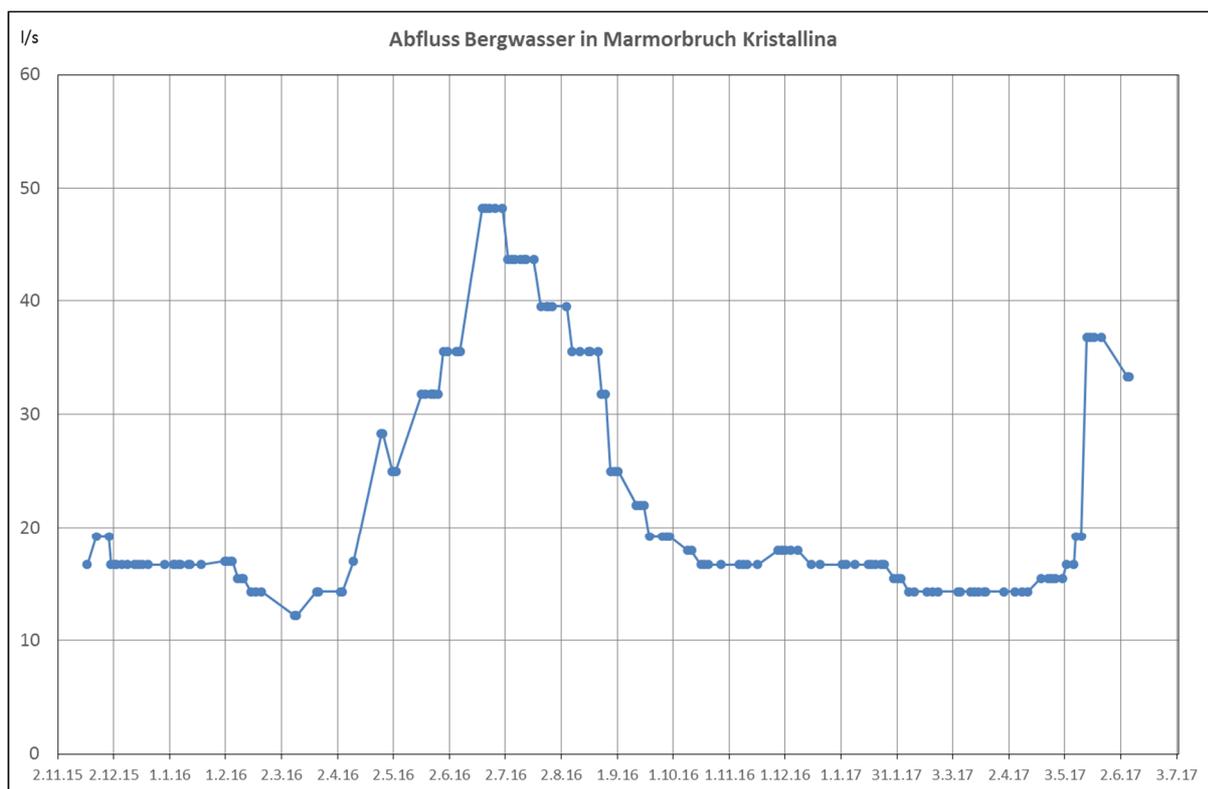


**Abb. 9: Ganglinien des Bergwasserstandes in den Messstellen BL1 bis BL6 seit 2009**

### 3.6. Bergwasserabfluss

Der Bergwasserabfluss aus dem Bergwerk Kristallina wird gesammelt über ein Thomson-Wehr im Werksbereich Pardaun nahe der östlichen Zufahrt auf Höhe von 1.140 m ü. NN abgeleitet. Dort wird die Abflussmenge seit November 2015 mehrmals wöchentlich gemessen. Ab April 2017 ist dort ein kontinuierlich aufzeichnendes Messsystem installiert worden (Drucksonde mit Datenlogger). Die Abflussganglinie für den Zeitraum ab November 2015 ist auf der Abbildung 10 dargestellt.

Der Abfluss zeigt im Jahresverlauf Schwankungen zwischen 12 l/s und 48 l/s. Auffällig ist ein Basisabfluss von etwa 14 bis 17 l/s, der zumeist im Herbst und Winter über Wochen relativ konstant erfolgt. Im Frühjahr und im Sommer mit der Schneeschmelze und der höheren Grundwasserneubildung steigt der Abfluss dann auf Werte von maximal etwa 40 bis 50 l/s an. Der mittlere Abfluss im Zeitraum November 2015 bis Juni 2017 beträgt etwa 23 l/s (etwa 750.000 m<sup>3</sup>/a).



**Abb. 10: Abfluss Bergwasser am Wehr – Werk Pardaun - 1.140 m NN**

### 3.7. Quellen

Es gibt sowohl am Nordhang als auch am Südhang des Höhenzuges Mareiter Stein zahlreiche Quellen. Für die Bewertung des Marmorabbaus in der Grube Kristallina sind aber nur die Quellen von Bedeutung, die mit dem Bergwasser im Marmorzug in Verbindung stehen, d.h. vom Bergwasser zumindest zu einem Teil gespeist werden. Zum einen sind diese Quellen an der Lage, sowohl der Höhenlage des Quellaustritts als auch der Lage des Oberflächeneinzugsgebietes, erkennbar. Am Nordhang des Mareiter Steins liegt die Hangendgrenze des Marmorzuges bei einer Höhenlage von etwa 1.700 m ü. NN und verschneidet dort mit der Geländeoberkante. Bei einem Bergwasserspiegel von etwas über 1.700 m ü. NN und einer Grundwasserfließrichtung nach Osten und nach Norden treten hier Quellen auf, die aufgrund ihrer Höhenlage, ihres Schüttungsverhaltens und ihres Chemismus eindeutig mit dem Bergwasser im Marmorzug in Verbindung stehen. Diese Quellen zeigen bei Austrittshöhen von etwa 1.650 m ü. NN bis 1.700 m ü. NN, bei elektrischen Leitfähigkeiten von 190  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bis 210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und relativ starken Schüttungsschwankungen im Jahresverlauf mit starken Schüttungsanstiegen im Frühsommer, die mit dem Bergwasserspiegel korrespondieren, eindeutige Merkmale einer hydraulischen Verbindung mit dem Bergwasser im Marmorzug.

Quellen die deutlich tiefer als 1.650 m ü. NN oder auch höher liegen als die Hangendgrenze des Marmorzuges bei etwa 1.700 m ü. NN und Einzugsgebiete in den Glimmerschiefern oder Hangschuttmassen aufweisen, zeigen generell deutlich niedrigere Leitfähigkeiten (zumeist  $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) und Lösungsfrachten, so dass eine Verbindung zum Marmorzug auszuschließen ist. Die Quellen sind auf der Anlage 5.18 gesondert markiert.

Die Quellen mit einer Verbindung zum Marmorzug werden im Folgenden nach der Lage ihrer Einzugsgebiete von West nach Ost betreffend der Hauptmerkmale Quellschüttung, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur beschrieben. Eine Zusammenstellung dieser Quellen findet sich in Tab. 8.

**Tab. 8: Kenndaten der Quellgebiete und einzelner Quellen, die mit dem Bergwasser des Marmorzuges in Verbindung stehen**

Quellgebiet	Quelle	RW	HW	Höhe	Schüttung Messung am 7.6.2017	Mittlere Schüttung MQ <sup>1</sup> Berechnet	El. Leitfähigkeit	Bemerkung
				m ü. NN	l/s	l/s	$\mu\text{S}/\text{cm}$	
<b>702</b>		<b>0676861</b>	<b>5195007</b>		<b>20</b>	<b>5,5</b>	<b>211</b>	Messstelle Quellgebiet
	702-1	0676907	5194846	1670	0,8		299	Quelle
	702-2	0667780	5194828	1670	15		215	Quelle
<b>606</b>		<b>0677375</b>	<b>5194724</b>		<b>14</b>	<b>3,5</b>	<b>201</b>	Messstelle Quellgebiet

	606-1	0677261	5194605	1701	3,5		187	Quelle
	606-2	0677269	5194599	1702	1,0		188	Quelle
	606-3	0677282	5194595	1703	0,8		192	Quelle
	606-4	0677339	5194668	1687	2,5		193	Quelle
<b>605</b>		<b>0677678</b>	<b>5194767</b>		<b>15</b>	<b>3,8</b>	<b>204</b>	Messstelle Quellgebiet
	605-1	0677511	5194635	1675	3,5		202	Quelle
	605-2	0677630	5194570	1685	0,4		199	Quelle
<b>701</b>		<b>0678410</b>	<b>5194913</b>		<b>2,0</b>	<b>0,6</b>	<b>170</b>	Messstelle Quellgebiet
	701-1	0678157	5194421	1682	0,1		320	Quelle
	701-2	0678339	5194475	1675	0,2		100	Quelle
	701-3	0678210	5194512	1668	1,4		217	Quelle
	701-4	0678161	5194570	1662	0,2		276	Quelle

Erläuterungen:

<sup>1</sup> Mittlere Schüttung bezogen auf das Teileinzugsgebiet Marmorzug (Bergwasser), berechnet auf Basis  $M_{Q_{Marmor}} = 27 \text{ l/skm}^2$

Es gibt somit 4 Quellsysteme oder Quellgebiete, deren Einzugsgebiete zu einem größeren Teil den Marmorzug am Nordhang des Mareiter Steins umfassen und die eindeutig chemisch und hydraulisch vom Bergwasser des Marmorzuges mitgeprägt sind. Das westlich gelegene Quellsystem zeigt dabei die stärksten Schüttungen mit dem größten Einzugsgebiet (Anlage 5.18). Die östlich angrenzenden Quellsysteme 606 und 605 zeigen nur wenig geringere Quellschüttungen. Das Quellsystem 701 zeigt die geringsten Schüttungswerte der vom Bergwasser beeinflussten Quellen. Die elektrischen Leitfähigkeiten zeigen in allen 4 Quellbereichen Werte die fast ausnahmslos zwischen etwa 190 und 210  $\mu\text{S/cm}$  liegen und damit dem Chemismus des Bergwassers im Marmorzug nahekommen. Das zeigen auch die chemischen Analysen.

Die Quellen westlich des Quellgebietes 702 zeigen generell Leitfähigkeiten von deutlich weniger als 100  $\mu\text{S/cm}$ . Sie entspringen dem dort anstehenden Glimmerschiefer und haben keinen Kontakt mit dem Bergwasser im Marmor.

Auch die Quellen unterhalb der 4 Hauptquellgebiete zeigen eine generell geringe Schüttung aufgrund relativ kleiner Einzugsgebiete und grundsätzlich einen anderen Chemismus, als das Bergwasser im Marmorzug mit z.B. elektrischen Leitfähigkeiten von etwa 100  $\mu\text{S/cm}$  und darunter. Diese Quellen, wie z.B. 609 und 610, sind nicht mit dem Marmorzug verbunden, sondern stammen aus dem hangenden Glimmerschiefererien am flacheren Nordhang unterhalb des Marmor-Ausbisses.



Am Südhang des Mareiter Steins verläuft die Liegendgrenze des Marmorzuges bei einer Höhe von 1.900 m ü. NN und darüber und damit deutlich höher als die Hangendgrenze im Norden. Ein Abstrom des Bergwassers aus dem Marmor erfolgt in Richtung Osten und Norden, und nicht nach Süden. Daher gibt es dort am Südhang keine Quellen, die mit dem Marmorzug in hydraulischer Verbindung stehen.

Es gibt kleinere Quellen am Hangfuß, knapp oberhalb des Talbodens vom Ratschingstal. Diese entspringen aus den Lockergesteinsdeckschichten und Hangschuttfächern. Sie zeigen mit geringer Schüttung einen Chemismus, der einen Zusammenhang mit dem Bergwasser im Marmorzug ausschließt.

Die Gorgeler Quelle im Ratschingstal besitzt ein Einzugsgebiet, das sich im Wesentlichen nach Westen in der Lockergesteinsfüllung des Ratschingstales und den Tal-nahen Hangschuttmassen erstreckt. Die Gorgeler Quelle weist keine hydraulische Verbindung zum Bergwasser des Marmorzuges auf. Hierzu wurde ein gesondertes Gutachten erstellt [Köhler&Pommerering 2017].

### 3.8. Wasserbeschaffenheit

Die Beschaffenheit des Grundwassers bzw. des Bergwassers aus dem Marmorzug, ausgewählte Quellen am Mareiter Stein und der Gorgeler Quelle im Ratschings-Tal wurden im Labor hydrochemisch untersucht. Darüber hinaus wurden sämtliche Quellen im Untersuchungsraum und das Bergwasser im Marmorzug zum Teil mehrfach durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit charakterisiert. In der Tab. 8 im Kapitel zuvor sind neben den Schüttungen die Leitfähigkeiten nach Messungen am 7.6.2017 aufgeführt. Die Tab. 9 zeigt aktuelle Analyseergebnisse aus dem Jahr 2017.

**Tab. 9: Ergebnisse von Grundwasseranalysen**

		Gorgeler Quelle	Kristallina Bergwasser BL2	Kristallina Bergwasser Wehr Pardaun	Quelle 606	
Datum		21.2.2017	8.6.2016	21.02.2017	7.6.2017	<b>Grenzwert</b>
<b>Vor Ort-Parameter</b>						
Elektr. Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	257	222	223	200	2500
Temperatur	°C	8,0	5,0	5,3	5,8	
pH-Wert	-	7,9	n.b.	6,9	n.b.	6,5 bis 9,5
<b>Kationen</b>						
Natrium Na	mg/l	4,4	1,2	1,3	1,2	200
Kalium K	mg/l	3,2	1,5	1,5	1,2	
Calcium Ca	mg/l	41	36,5	36	36	
Magnesium Mg	mg/l	3,1	2,8	3,9	2,2	
Ammonium NH <sub>4</sub>	mg/l	0,12	< 0,06	0,048	< 0,06	0,5
Eisen Fe	mg/l	< 0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,005	0,2
Mangan Mn	mg/l	< 0,01	< 0,001	< 0,01	< 0,001	0,05
Aluminium Al	mg/l	< 0,1	0,033	< 0,1	< 0,01	
Barium Ba	mg/l	0,023	0,010	< 0,01	0,006	
Bor B	mg/l	< 0,1	< 0,02	< 0,1	< 0,02	
<b>Anionen</b>						
Chlorid Cl	mg/l	5,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	250
Sulfat SO <sub>4</sub>	mg/l	8,9	4,5	7,7	3,8	250
Nitrat NO <sub>3</sub>	mg/l	4,2	15	15,8	7,0	50
Nitrit NO <sub>2</sub>	mg/l	n.b.	0,04	n.b.	< 0,01	0,5
Hydrogenkarbonat HCO <sub>3</sub>	mg/l	140	120	110	110	
Fluorid F	mg/l	< 0,5	< 2,0	< 0,5	< 2,0	
<b>Ionensumme</b>	<b>mg/l</b>	<b>210</b>	<b>183</b>	<b>177</b>	<b>161</b>	

Erläuterung:  
n.b. = nicht bestimmt

Das Bergwasser im Marmorzug und die Quellen am Hang des Mareiter Steins zeigen folgende Merkmale der hydrochemischen Beschaffenheit:

- ❑ Das Bergwasser im Marmorzug zeigt eine Gesamtmineralisation von etwa 180 bis 200 mg/l. Haupt-Ionen sind Calcium und Magnesium sowie Hydrogenkarbonat. Der Gehalt an Natrium und Chlorid ist mit etwas oberhalb und unter 1 mg/l sehr gering. Die Leitfähigkeit liegt generell bei etwa 200 bis 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- ❑ Die Liegendbereiche im Marmorzug zeigen beim Bergwasser generell etwas höhere Leitfähigkeiten von etwa 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lokal auch 300 bis 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und vereinzelt auch darüber. Das weist auf einen etwas längeren Kontakt von Sickerwasser und Bergwasser mit dem Mineralbestand hin als es bei den hangenden Marmorbereichen weiter nördlich der Fall ist, wo die Leitfähigkeiten generell bei etwa 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (190 bis 210  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) liegen.
- ❑ Das Wasser der Quellen in den Quellbereichen 606, 605, 701 und 702 am Nordhang des Mareiter Steins zeigt mit Leitfähigkeiten von 190  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bis etwa 210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  einen sehr ähnlichen Chemismus wie das Bergwasser im Marmorzug. Das Einzugsgebiet dieser Quellen erstreckt sich bis in den Marmorzug hinein, so dass das dortige Bergwasser einen maßgeblichen Teil der Quellschüttung ausmacht. Die Analyse des Quellgebietes 605 zeigt beispielhaft die große chemische Übereinstimmung mit dem Bergwasser (Tab. 5-5).
- ❑ Das Wasser der Gorgeler Quelle im Ratschingstal zeigt einen vom Bergwasser unterschiedlichen Chemismus (höherer Chlorid-Gehalt, generell etwas höhere Gesamtmineralisation), was in der Lage des Einzugsgebietes im Lockergesteinsgrundwasserleiter des Ratschingtales begründet ist. Die Hauptionen bilden im Bergwasser ebenfalls Calcium und Hydrogenkarbonat. Auffällig sind die sehr geringen Gehalte an Natrium und Chlorid im Bergwasser. Im Wasser der Gorgeler Quelle liegen diese Gehalte deutlich höher.
- ❑ Die Quellen, die nicht mit dem Bergwasser des Marmorzuges in Verbindung stehen, zeigen generell eine geringere Mineralisation und Leitfähigkeiten von zumeist unter 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Deren Einzugsgebiete liegen in den Glimmerschiefern und den dortigen Auflockerungszonen.

### 3.9. Auswirkungen der Abbauerweiterung

Ausgehend vom bestehenden Untertage-Abbau zwischen 1.700 m.ü.NN und 1.900 m.u.NN auf einer Fläche von 300 x 900 m sind die Erweiterungen in den Blöcken I-III, wie bereits mehrfach aufgezählt, geplant. Die bestehenden Abbaubereiche und die geplante Erweiterungsfläche sind in den Karten und Profilen der Anlagen 5.15 bis 5.20 markiert. Der Abbau des Marmors erfolgt nach dem Auffahren von Stollen in einem Kammer-Pfeiler-Abbau. Eine Rückverfüllung der Hohlräume findet überwiegend nicht statt.

Der Bergwasserspiegel liegt im bestehenden Abbaubereich etwa zwischen 1.720 m ü. NN im Westen und 1.690 m ü. NN im Osten, bei jahreszeitlichen Schwankungen von etwa 20 m. Die Abbauerweiterung zur Tiefe hin um etwa 200 m auf 1.500 m ü. NN führt zu einer Absenkung des Bergwasserspiegels im Abbaubereich auf etwa 1.500 m ü. NN.

In Längsrichtung des Marmorzuges wird sich die Bergwasseroberfläche im geplanten Abbaubereich bis etwa 1.500 m ü. NN absenken, wie in Anlage 5.19 in einem hydrogeologischen Längsprofil dargestellt. Aktuell verläuft die Bergwasseroberfläche im bestehenden Abbaubereich mit leichtem Gefälle nach Osten bis es im Bereich des Sturzschachtes im östlichen Bereich des Abbaublockes III, etwa zwischen BL6 und BL7, zu einem steilen Einfallen der Bergwasseroberfläche nach Osten kommt, wo auf einer Strecke von etwa 200 m die Bergwasserstände von etwa 1.650 m ü. NN auf 1.500 m ü. NN absinken (Anlage 5.18, 5.19). Diese steil einfallende Zone der Bergwasseroberfläche wird sich mit der Abbauerweiterung zur Tiefe hin weiter nach Westen bis in den westlichen Bereich des Abbaublockes II verlagern. Die generelle Fließrichtung des Bergwassers nach Osten bleibt auch nach dem Tiefenabbau bestehen. Ebenso der Zustrom in den Ratschingsbach im Bereich der Gilfenklamm.

Hinsichtlich der Ausdehnung der Absenkung des Bergwasserspiegels in Nord-Süd-Richtung, also quer zum Schichtstreichen, ist die grundwasserstauende Wirkung der den geklüfteten Marmor unterteilenden und wasserstauend wirkenden Amphibolitschichten sowie der unterschiedlich durchlässigen Marmorzonen selbst zu beachten. Durch die Abbau-Vertiefung auf 1.500 m ü. NN wird es auch in Richtung Norden und Süden zu einer Absenkung des Bergwasserspiegels kommen. Die Ausdehnung der Absenkung nach Norden und Süden wird im Gegensatz zur West-Ost Streichrichtung auf Grund des Einflusses der geringer durchlässigen oder stauenden Schichten begrenzt (siehe Querprofil Anlage 5.20).

Nach Süden hin lässt sich die Grenze der Absenkung an der Schichtgrenze zu den liegenden Glimmerschiefern, die als Grundwasserstauer wirken, eindeutig ziehen (Anlage 5.20). Der Abbau reicht nach Süden bis nahe an die liegenden Glimmerschiefer heran.

Die Ausdehnung der Absenkung nach Norden ist weniger eindeutig zu ziehen, da hier nördlich des Abbaubereiches die hangenden Marmorschichten mit eingelagerten Schiefer- und Amphibolitlagen (D-Zone und angrenzende Bereiche) in unterschiedlichem Maße absenkungsbegrenzend wirken. Die Absenkung nach Norden wird den Marmorzug nicht auf der gesamten Breite erfassen. Ein Teil des Bergwassers wird auch nach der Abbau-Vertiefung weiterhin im Einzugsgebiet der Quellen verbleiben, wie es beim Quellgebiet 701 der Fall ist. Dort zeigen die Quellen einen Zufluss aus dem Marmorzug, obwohl dort im zentralen Teil des Marmorzuges der Bergwasserspiegel im Bereich des Verbindungsstollens deutlich tiefer liegt als die Quellen. Aus den hangenden Marmorschichten (D-Zone) erfolgt hier offenbar weiterhin ein Abstrom des Bergwassers nach Norden, was auch für die Abbauerweiterung im Block II für die dort nördlich davon liegenden Quellgebiete 605, 606 und 702 zu erwarten ist. Die Absenkung des Bergwasserspiegels wird aber Auswirkungen auf die Einzugsgebiete der Quellen in den Gebieten 702, 606 und 605 haben und mit einer Verkleinerung deren Einzugsgebiete zu einer Minderung der mittleren Quellschüttung führen.

### **3.9.1. Quellen**

Das genaue Maß der Absenkung nach Norden und damit die genaue Größe der verbleibenden Einzugsgebiete der Quellen kann, wie beschrieben aufgrund des Wechsels von unterschiedlich durchlässigen und Bergwasser stauend wirkenden Schichten im Bereich der hangenden Marmorschichten (D-Zone) nur grob wie in Anlage 5.20 dargestellt abgeschätzt werden und nicht genauer prognostiziert werden. Die genauen geo-hydraulischen Auswirkungen der Absenkung nach Norden können nur abbaubegleitend durch Messungen, betreffend die Bergwasserstände sowie die Quellschüttungen, und aufbauend auf diese Daten durch eine Modellierung berechnet werden. Dabei wird empfohlen, Maßnahmen zum Ausgleich eines eventuellen Rückgangs der Quellschüttungen vorzuhalten.

Ein völliges Trockenfallen der Quellen ist auszuschließen, da die hangenden Marmorschichten und die Schuttfächer am Hangfuß der Marmorfelsen als Einzugsgebiet bestehen bleiben.

Wie bereits erwähnt, wird die Abbauerweiterung mit der Absenkung des Bergwasserspiegels Auswirkungen auf die Einzugsgebiete und die Schüttungsmengen der Quellgebiete 702, 606 und 605 am Nordhang des Mareiter Steins haben. Die Einzugsgebiete dieser Quellbereiche werden verkleinert, aber nicht vollständig entfallen. Der nördliche, hangende Teil des Marmorzuges wird weiterhin Teil der Quelleinzugsgebiete bleiben. Damit wird die mittlere Quellschüttung dort zurückgehen. Wie stark der Rückgang der Quellschüttungen sein wird, lässt sich nur auf Basis weiterer abbaubegleitender Messungen genauer prognostizieren. Die Quellgebiete 606, 605 und 702 werden sich in der Schüttungsdynamik verringern und sich vermutlich der Dynamik des Quellgebietes 701 annähern, dessen

Einzugsgebiet im Marmorzug bereits jetzt überwiegend niedrigere Bergwasserstände als die Quellschüttungen aufweist, das aber dennoch zu einem Teil aus dem Bergwasser des Marmorzuges Zuflüsse erhält.

Die mittlere Schüttung an den Quellen in den Gebieten 702, 606 und 605 kann beim bestehenden Untersuchungsstand um grob geschätzt bis zu 50 % zurückgehen. Eine genauere Schätzung ist nicht möglich, da nicht genau prognostiziert werden kann, welche Bereiche des Marmorzuges im Norden (D-Zone) durch die Abbau-Vertiefung abgesenkt werden und wie stark die bergwasserstauenden Amphibolit-Schichten die Absenkung begrenzen.

Die Abbau-Vertiefung wird auf das Quellgebiet 701 keine Auswirkungen hervorrufen, da dort der Bergwasserspiegel bereits jetzt im Bereich der A-Zone und B-Zone deutlich niedriger als die Quellschüttung liegt. Die nördlichen Zonen im Marmor haben hier vermutlich einen höheren Wasserspiegel, so dass von dort Bergwasser weiterhin in Richtung der Quellen des Quellgebietes 701 abströmen kann, wie es die Beschaffenheit (Leitfähigkeit) des Quellwassers hier zeigt. Im Vergleich zu den 3 westlich gelegenen Quellgebieten besteht hier eine generell geringere Schüttung mit etwa 2 bis 4 l/s bei eher hohen Abflüssen (Juni 2017) und etwa 0,5 bis 1,0 l/s bei niedrigen bis mittleren Abflüssen (April 2017).

Der Rückgang der Quellschüttungen könnte durch temporäre Anreicherung mit Bergwasser aus dem Abbaubereich an den Quellen und Fließgewässern teilweise oder vollständig ausgeglichen werden.

Für die übrigen Quellen im Norden und Süden des Mareiter Steins, die mit dem Marmorzug nicht hydraulisch verbunden sind, ergeben sich durch die Abbauerweiterung keine Auswirkungen.

Für die zur Trinkwasserversorgung genutzte Gorgeler Quelle im Ratschingstal ergeben sich durch die Abbauerweiterung ebenfalls keine Auswirkungen. Das Einzugsgebiet der Gorgeler Quelle erstreckt sich im Lockergesteinsgrundwasserleiter des Ratschingstales und hat keine hydraulische Verbindung zum Bergwasser im Marmorzug. Das gilt auch für die beschriebene Abbauerweiterung.

### **3.9.2. Grundwasserbeschaffenheit**

Die Abbauerweiterung hat keine Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Bergwassers. Regelmäßige Kontrolluntersuchungen des Chemismus des Bergwassers in der Vergangenheit haben gezeigt, dass der Marmorabbau keine negative Veränderung der Beschaffenheit des Bergwassers und auch der Quellen verursacht.

Das gilt auch für den weiteren Tiefenabbau und die Abbauerweiterung.

### 3.9.3. Wasserhaushalt

Durch die Abbauerweiterung ergeben sich keine Veränderungen des Wasserhaushaltes im Bereich des Marmorzuges insgesamt. Die Grundwasserneubildung und der unterirdische Abfluss im Bereich des Marmorzuges werden in ihrer Menge nicht verändert oder verringert.

Es wird aber durch die Absenkung des Bergwasserspiegels zu einer Verlagerung der unterirdischen Abflüsse kommen. Die nach Norden zu den Quellgebieten 702, 605 und 606 gerichteten Abflüsse werden zu einem Teil nach Osten in Richtung des Vorfluters Ratschingsbach abgelenkt.

Die Gesamtmenge der mittleren Grundwasserneubildung beträgt nach den Auswertungen insgesamt etwa 53 l/s (750.000 m<sup>3</sup>/a), wovon im Mittel etwa 13,5 l/s (25 %) in Richtung Norden abströmen und den dortigen Quellgebieten zufließen. Der Haupt-Anteil mit etwa 39,5 l/s (75 %) fließt nach Osten dem Ratschingsbach zu, wovon ein Anteil von 23 l/s im Mittel im Bereich des Werkes Pardaun abfließt.

Wenn sich durch die Abbauerweiterung die Abflüsse in die Quellgebiete 702, 606 und 605 um 50 % reduzieren sollten, bedeutet das einen Rückgang der mittleren Quellschüttung der Quellgebiete 702, 606 und 605 von derzeit etwa 13,5 l/s auf etwa 7 l/s.

Gleichzeitig kommt es zu einer Erhöhung des Bergwasserabstroms nach Osten um etwa 7 l/s im Mittel, die vor allem im Bereich Pardaun am dortigen Messwehr auftreten werden. Der Bergwasserabfluss im Untertagebereich des Werkes Pardaun erhöht sich damit von derzeit im Mittel 23 l/s auf mindestens etwa 30 l/s. Die Abflussschwankungen im Jahresverlauf werden sich von derzeit 12 bis 48 l/s voraussichtlich auf etwa 20 bis 100 l/s verändern.

Temporär, z.B. beim Auffahren von größeren Klüften oder Querstörungen oder jahreszeitlich bedingt ist auch mit höheren Wassermengen zu rechnen, die in der Spitze das Doppelte bis Dreifache des mittleren Abflusses erreichen können.

Beim Auffahren des Abbaugebietes unterhalb des Bergwasserspiegels muss auch die einmalige Entwässerung des Bergwassers, das im Abbaubereich zirkuliert, berücksichtigt werden. Bei einer Größe des Erweiterungsgebietes von 1300 m Länge und 250 m Breite sowie 200 m Höhe und einem Kluftvolumen von etwa 1,5 % ergibt sich ein zu entwässerndes Bergwasservolumen von knapp 1,0 Mio. m<sup>3</sup>. Wenn man diese im Erweiterungsgebiet des Marmorzuges zwischengespeicherte Wassermenge



in einem Jahre entwässern würde, entspräche das einem temporären zusätzlichen Abfluss von etwa 31 l/s im Mittel.

Der Zufluss aus dem weiter westlich der großen Querstörung am westlichen Rand des jetzigen Abbaubereiches verlaufenden Teil des Marmorzuges lässt sich nicht genau quantifizieren. Ob von dort im Zuge der Abbauerweiterung ein zusätzlicher Zufluss von Bergwasser zu erwarten ist, kann nur im Zuge der weiteren Abbautätigkeiten und Messungen festgestellt werden.

Die bisherige grobe Abschätzung des Wasserhaushaltes im Marmorzug wird durch eine Modellierung und abbaubegleitende Kontrollmessungen verifiziert werden.

### 3.10. Zusammenfassung und Empfehlungen

Für den Untertagebergbau „Cava Kristallina e Pratone“ der Omya S.p.A. ist eine Abbauerweiterung im Block I, im bestehenden Bereich von 1.860 m.ü. NN bis 1.900 m. ü. NN vorgesehen, der keinen Einfluss auf die Hydrologie hat, da dieser Teil weit über dem Bergwasserspiegel liegt.

Die vorgesehene Abbauerweiterung vom Niveau 1.700 m ü. NN bis zum Niveau 1.500 m ü. NN im Abbau-Block II und die Erweiterung nach Osten im Abbau-Block III liegen zum großen Teil unterhalb des Bergwasserspiegels, der im geplanten Abbaubereich bei etwa 1.710 bis 1.650 m ü. NN liegt. Eine fachliche Bewertung der Auswirkungen der Abbauerweiterung und der damit verbundenen Absenkung des Bergwasserspiegels erfolgt auf der Grundlage der Messdaten des seit Jahren bestehenden umfangreichen Monitoring-Programm (Messpegel, Überwachung der Quellschüttungen, laufende Kontrolle des Chemismus der Bergwässer etc.) sowie nach neuen Messungen und Datenerhebungen im Rahmen der aktuellen hydrogeologischen Untersuchungen 2017.

Die Vertiefung des Untertage-Abbaus führt zu einer Absenkung des Bergwasserspiegels im Abbaubereich um etwa 200 m auf etwa 1.500 m ü. NN. Aufgrund der Grundwasser stauenden Glimmerschiefer-Schichten im Hangenden und Liegenden des Marmorzuges bleibt die Absenkung auf den Marmorzug selbst begrenzt.

Als Folge der Absenkung des Bergwasserspiegels werden die Quellbereiche 702, 605 und 606 am Nordhang des Mareiter Steins in ihrer Schüttungsmenge beeinflusst. Da die Teil-Einzugsgebiete der Quellen, der innerhalb des Marmorzuges liegen, durch die Bergwasserabsenkung verkleinert werden, wird die mittlere Schüttung um voraussichtlich grob geschätzt bis zu etwa 50 % zurückgehen. Da die bergwasserstauenden Amphibolit-Schichten die Absenkung innerhalb des Marmorzuges nach Norden begrenzen, lassen sich genauere Prognosen nur durch abbaubegleitende Messungen und eine Modellierung erstellen. Für die übrigen Quellen im Norden und Süden des Mareiter Steins, die mit dem Marmorzug nicht hydraulisch verbunden sind, ergeben sich durch die Abbauerweiterung keine Auswirkungen.

Für die zur Trinkwasserversorgung genutzte Gorgeler Quelle im Ratschingstal ergeben sich durch die Abbauerweiterung keine Auswirkungen, da deren Einzugsgebiet sich im Lockergesteinsgrundwasserleiter des Ratschingstales erstreckt und keine hydraulische Verbindung zum Bergwasser im Marmorzug aufweist.

Die Tiefenerweiterung führt zu einem Anstieg des mittleren Abflusses aus dem Untertageabbau von derzeit im Mittel etwa 23 l/s auf mehr als 30 l/s. Beim Auffahren von größeren Klüften oder Querstörungen oder jahreszeitlich bedingt ist temporär auch mit höheren Wassermengen bis etwa zum Dreifachen des mittleren Abflusses zu rechnen. Die bestehende Wasserhaltung und die Abbautätigkeiten sind an die zu erwartenden Abflussschwankungen von etwa 20 l/s bis temporär etwa 100 l/s anzupassen.

Zur Beweissicherung und Überwachung, sowie zur weiteren Datenermittlung wird empfohlen, das bisherige Monitoring fortzusetzen und den Umfang der abbaubegleitenden Untersuchungen angepasst an den Abbau-Fortgang zu erweitern. Folgende abbaubegleitende Untersuchungen werden aus hydrogeologischer Sicht empfohlen:

- Regelmäßige Kontrolle und Messung der Quellschüttung der Quellgebiete 702, 606, 605 und 701 an für Abflussmessungen günstigen Stellen im Fließgewässer etwas unterhalb der einzelnen Quellbereiche,
- Regelmäßige Messung der Bergwasserstände im Abbaubereich,
- Regelmäßige Messung der Bergwasserabflussmenge am Wehr im Untertagebereich des Werkes Pardaun,
- Regelmäßige Messungen von elektrischer Leitfähigkeit und Temperatur im Bergwasser im Abbaubereich und in den Quellen der mit dem Marmorzug hydraulisch verbundenen Quellbereiche am Nordhang des Mareiter Stein,
- Regelmäßige chemische Analysen des Bergwassers und ausgewählter Quellen,
- Modellierung des Marmorzuges (Grundwasserströmungsmodell).

Gutachter:

DR. KÖHLER & DR. POMMERENING GMBH  
Beratende Geologen, Hydrogeologen und Ingenieure  
Am Katzenbach 2  
D-31177 Harsum



.....

Dr. Johannes Pommerening

## 4. GEOMECHANISCHE BEWERTUNG

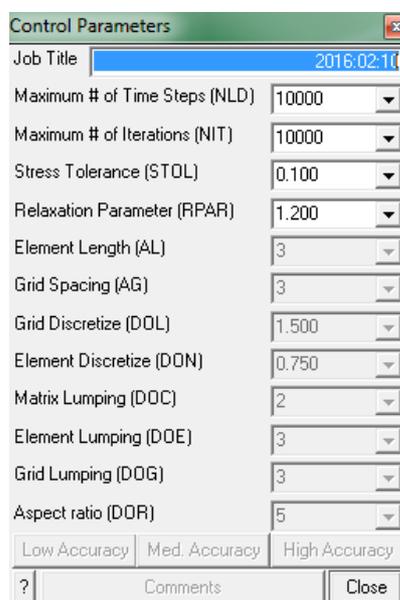
### 4.1. Geomechanische Berechnung Department of Mining Competence Omya

Basierend auf den heutigen Kennwerten und ausgehend vom eingesetzten Abbauverfahren des sub-level stoping wurden die Berechnungen für die Standfestigkeit des Gebirges durchgeführt.

#### 4.1.1. Numerisches Modell

Für die numerische Simulation der anstehenden Abbauerweiterungen im Bergbau Kristallina und Pardaun wurde das Programm „Boundary Element Program Map 3D“ verwendet. Dies ist ein im Bergbau üblicherweise eingesetztes Berechnungsprogramm zur Untersuchung von Gebirgsdrücken.

Für die Simulation des bestehenden Abbaus und der geplanten Erweiterung wurde die Topographie und alle existierenden und geplanten Abbaue und Kammern aus dem 3D Surpac Model (Vermessungsprogramm für den Bergbau Kristallina und Pardaun) herangezogen. Die Kontrollparameter für das Programm Map3D, die in Tab. 2 angeführt sind, basieren auf den langjährigen Erfahrungen mit dem Programm, die minimale Netzgröße von 3x3 m und eine mittlere Berechnungsgenauigkeit der Kalkulation wurden als Parameter festgelegt.

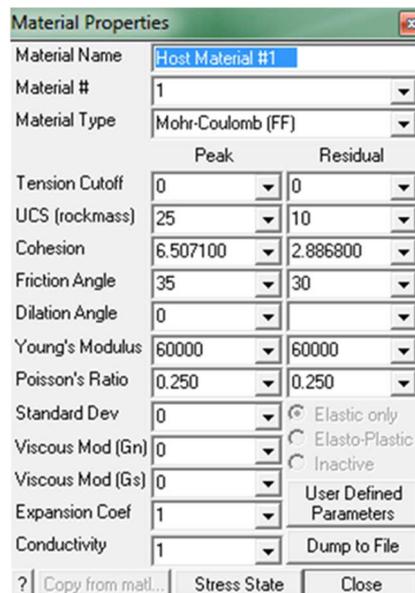


**Abb. 11: Verwendete Kontrollparameter für Map3D**

Elastisches Materialverhalten wurde ausgewählt, um die Simulation im Verhalten der Auswirkungen durch Druckbelastung in den Abbaukammern und auf die Oberfläche zu simulieren.

#### 4.1.2. Geotechnische Parameter

Die geotechnischen Eingabeparameter für das Gestein sind in der Abbildung 12 angeführt. Diese Parameter entstammen aus der geotechnischen Studie von Golder Associates „Dimensioning and verification of the crown pillar for the upwards expansion of the operation“ durchgeführt im Jahr 2012.



	Peak	Residual
Tension Cutoff	0	0
UCS (rockmass)	25	10
Cohesion	6.507100	2.886800
Friction Angle	35	30
Dilation Angle	0	
Young's Modulus	60000	60000
Poisson's Ratio	0.250	0.250
Standard Dev	0	
Viscous Mod (Gn)	0	
Viscous Mod (Gs)	0	
Expansion Coef	1	
Conductivity	1	

Material Name: Host Material #1  
 Material #: 1  
 Material Type: Mohr-Coulomb (FF)

Buttons: ? Copy from matl... Stress State Close

Abb. 12: Materialparameter für das Gestein

#### 4.1.3. Geotechnische Berechnung

Für die Berechnung der Druckbelastung innerhalb des Gebirges wurden acht vertikale Felder festgelegt. Diese Felder befinden sich in verschiedenen Bereichen des bestehenden und zukünftigen Abbaufeldes. Alle Felder sind bis an die Tagesoberfläche geführt. Einige sind in den Felsen zwischen den Kammern andere in der Mitte der Kammern gelegt. Für die Berechnung der Bergbauerweiterung sind sechs verschiedene Abbaustufen simuliert worden.

##### 4.1.3.1. Stufe 1 – Ausgangsdruckverhältnisse ohne untertägigen Abbau

Abbildung 13 zeigt die prinzipiellen Hauptdruckverhältnisse  $\sigma_1$  im Gebirge ohne Abbautätigkeit. Diese Situation spiegelt die ursprüngliche Druckbelastung wieder, hauptsächlich hervorgerufen durch das überlagernde Gebirge.

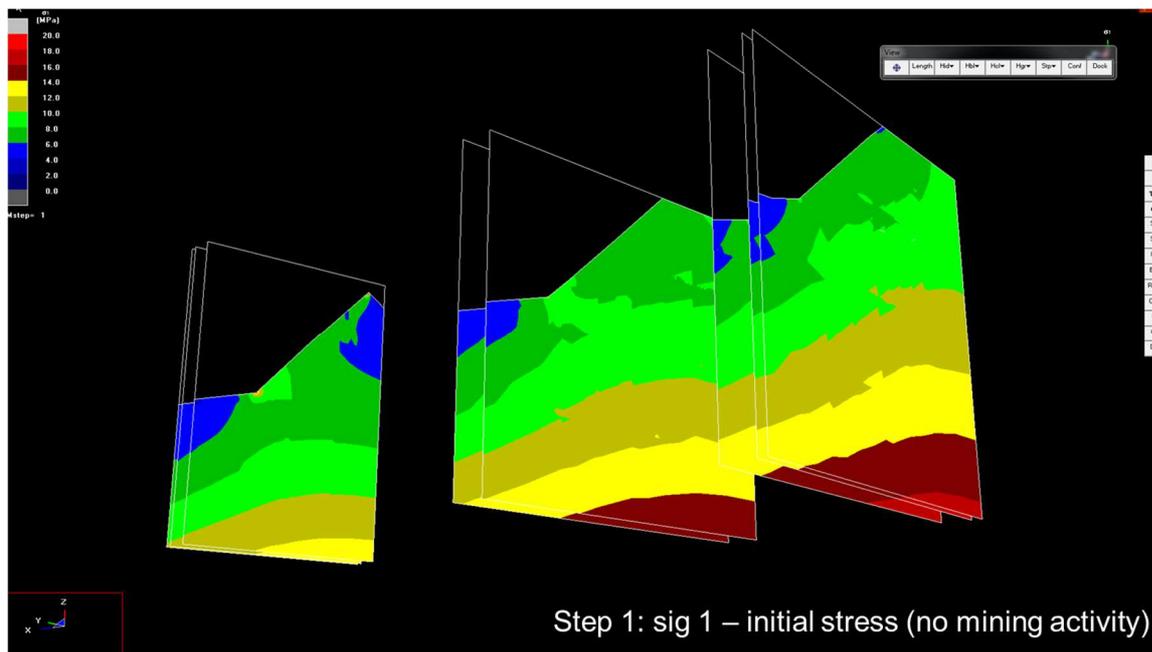


Abb. 13: Hauptdruckbelastung sig1 in der Stufe 1 (kein Abbau) ohne Abbauöffnungen

#### 4.1.3.2. Stufe 2 – Druckverhältnisse aufgrund des aktuellen Abbaus

In der Abbildung 14 ist der aktuelle Abbau mit Strecken und Kammern am Stand Dezember 2015 dargestellt. Dabei sind die Strecken in grün und die Kammern in gelb dargestellt.

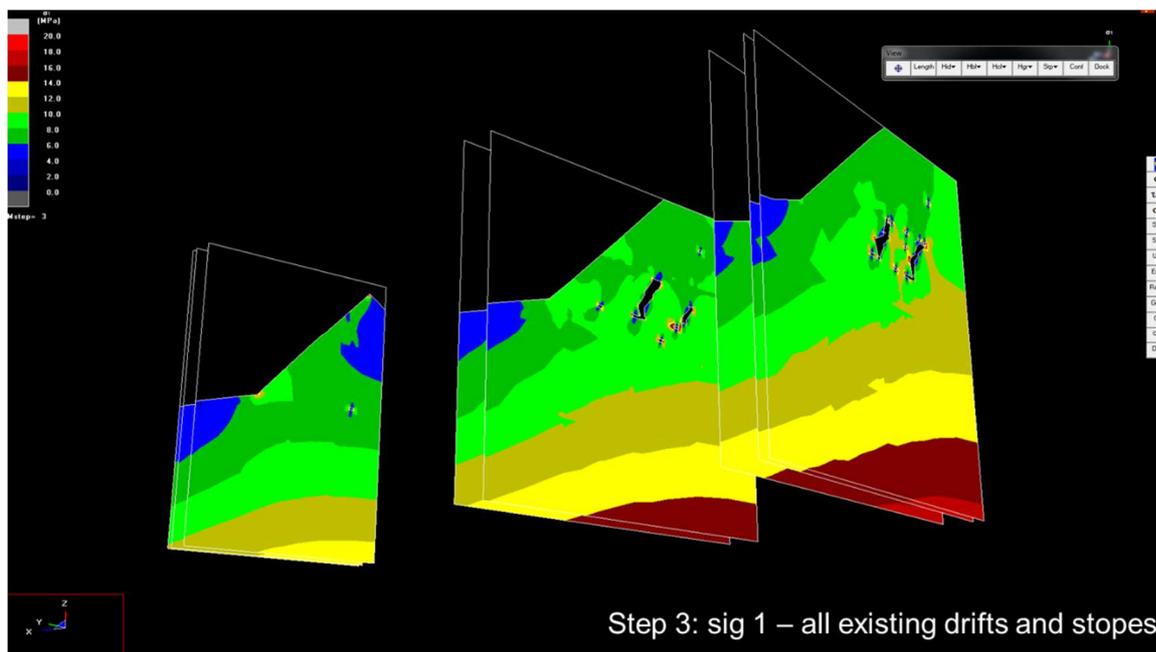


Abb. 14: Bestehende Strecken und Kammern – Status Dezember 2015

#### 4.1.3.3. Stufe 3 – Abbau aller aufgefahrenen Kammern bis Dezember 2015

Alle bestehenden Kammern, in der Abbildung 14 in gelb dargestellt, werden in die Berechnung mitaufgenommen. Dieser Schritt entspricht der Simulation der Druckverhältnisse auf das Gestein und die Oberfläche durch den aktuellen Abbau.

In der Abbildung 15 sind die Hauptspannungen sig1 für diese Stufe abgebildet. Es ist ersichtlich, dass nahe der Oberfläche sig1 Spannungen von bis zu 14 MPa erreicht werden können. Nahe der Kammern können Druckspannungen bis zu 20 MPa erwartet werden. Basierend auf den Beobachtungen und Erfahrungen über die letzten Jahrzehnte kann festgehalten werden, dass diese Druckspannungen keine negativen Auswirkungen auf die Oberfläche oder auf die Kammern haben.

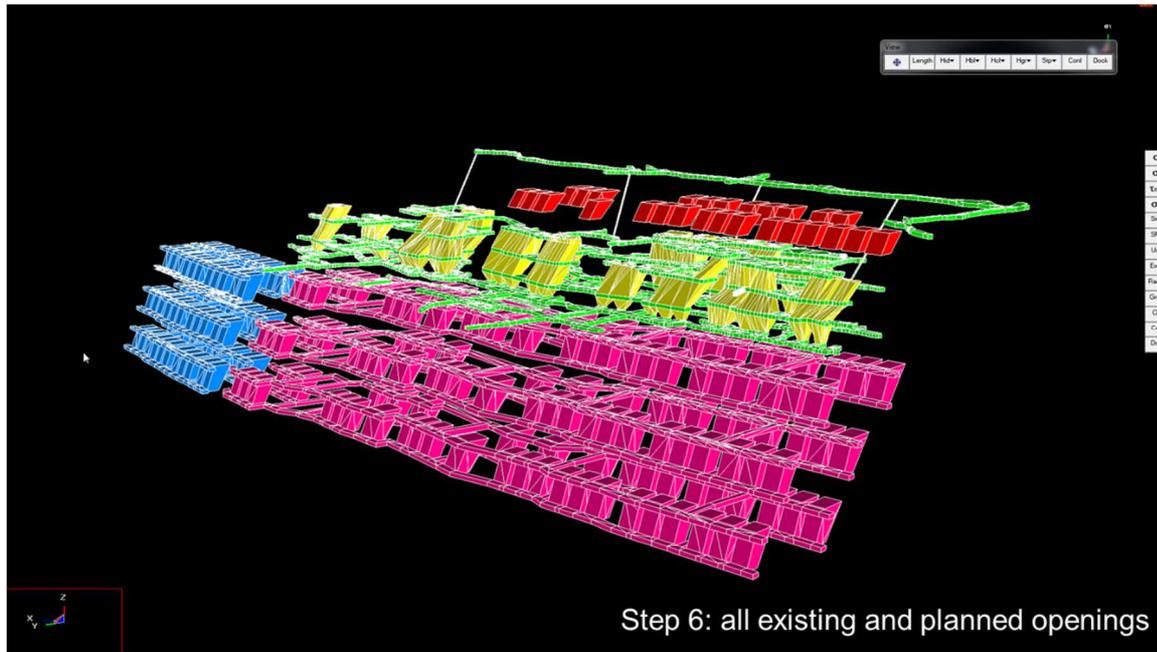


**Abb. 15: Hauptdruckspannungen sig1 in der Abbaustufe 3 (aktuelle Status)**

#### 4.1.3.4. Stufe 4 bis 6 – Abbau der neu geplanten Kammern

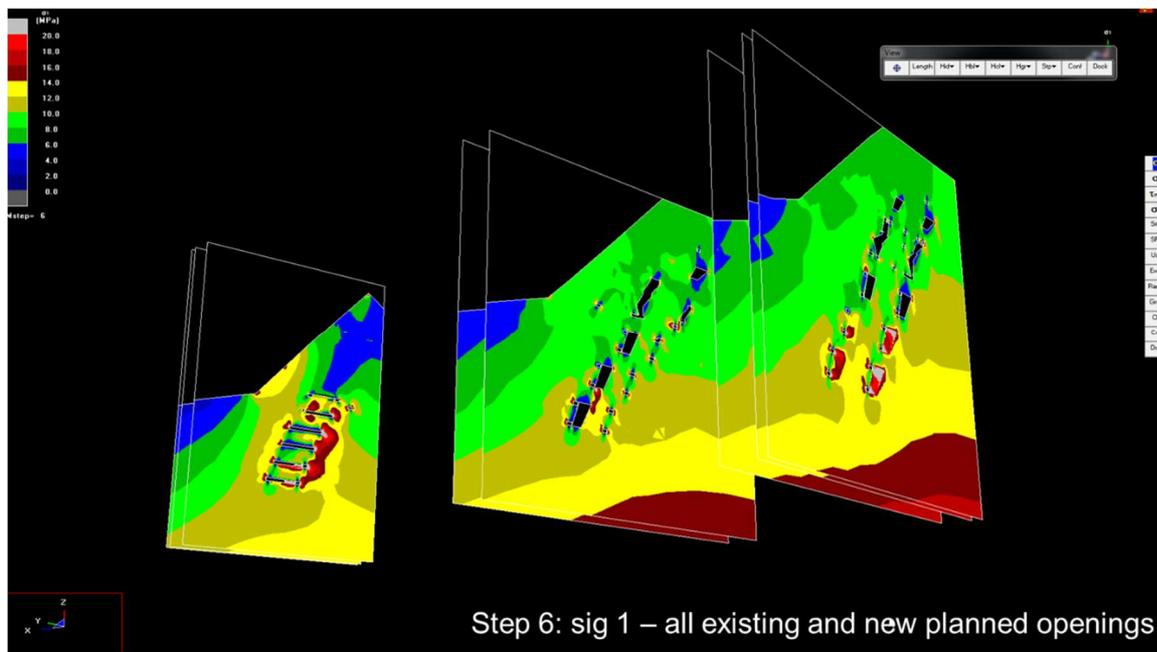
In den nächsten drei Stufen wurden die Auswirkungen der geplanten Abbauerweiterungen in den neuen Kammern und Strecken simuliert. In der Abbildung 16 sind die verschiedenen Abbaubereiche in verschiedenen Farben dargestellt, um die geometrische Erweiterung der nächsten 30-40 Jahre darzustellen.

In der Stufe 4 sind die Abbaue über dem bestehenden Abbau in rot dargestellt (Block I, 1.860-1.900 m.ü.NN). In der Stufe 5 sind die Abbaue unter dem bestehenden Abbau in violett dargestellt (Block II, 1.500-1.700 m.ü.NN). In der sechsten Stufe sind die Abbaue in östlicher Richtung (Block III, 1.500-1.810 m.ü.NN) eingerechnet worden. Dieser Block ist in blau dargestellt.



**Abb. 16: Alle bestehenden und geplanten Strecken und Kammern**

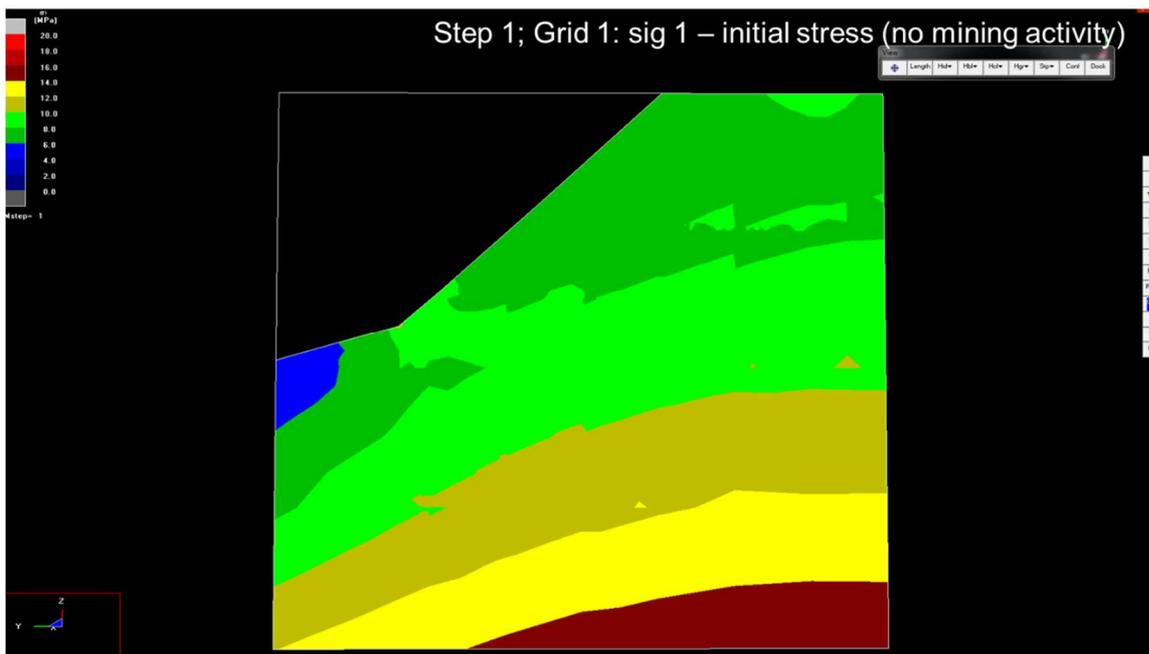
In der Abbildung 17 sind die Hauptdruckbelastungen sig1 dargestellt für die Situation nach Stufe 6. Es ist ersichtlich (wie bereits in Stufe 3), dass nahe der Oberfläche Druckspannungen von bis zu 14 MPa erreicht werden. An den Kammern sind Druckspannungen von bis zu 22 MPa zu erwarten.



**Abb. 17: Druckspannungen sig1 in der Abbaustufe 6 (alle bestehenden und geplanten Abbaue)**

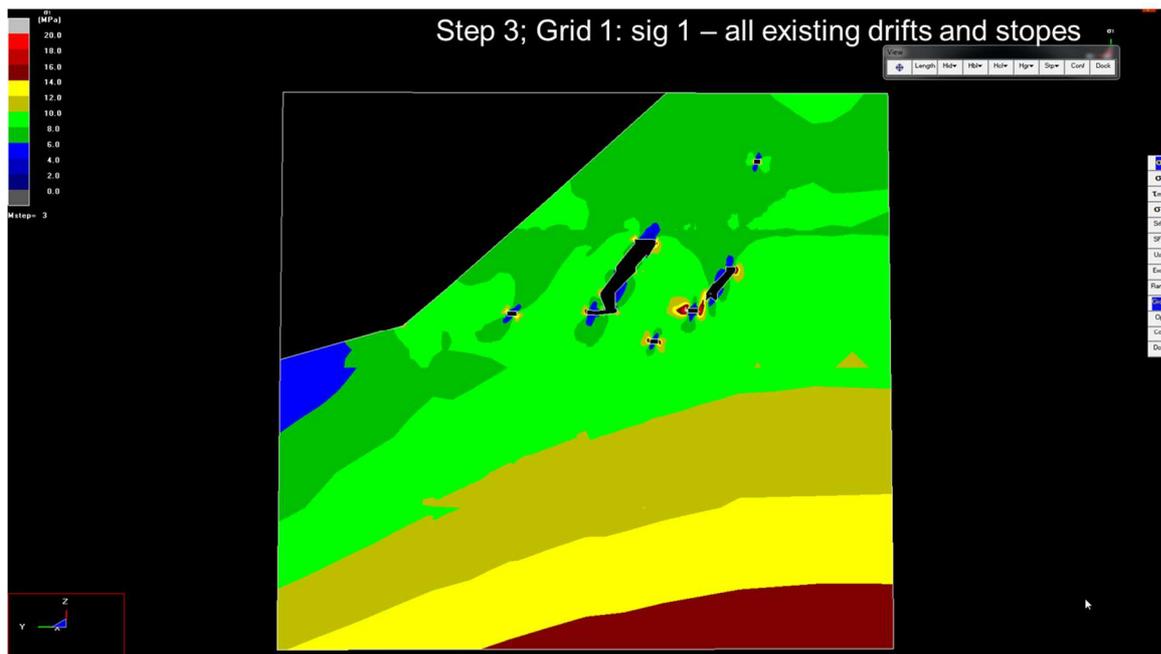
#### 4.1.4. Veränderung der Druckspannungen während der geplanten Abbauaktivitäten

Um die Veränderung der Druckspannungssituation nahe der Oberfläche im aktuellen Abbau und im zu erwartenden zukünftigen Abbau nach Stufe 6 darzustellen, sind in den Abbildungen 18 bis 20 die Hauptdruckspannungen sig1 im Netz 1 (gelegen innerhalb des bestehenden Abbaufeldes) dargestellt.



**Abb. 18: Hauptdruckspannungen sig1 in der ersten Stufe (Netz 1) ohne Abbaue**

Es ist klar ersichtlich, dass zwischen Stufe 1 und Stufe 3 (aktueller Abbaustatus) keine Änderung der Druckspannungen an der Tagesoberfläche zu erwarten sind. Diese numerische Berechnung ist durch die Jahrzehnte lange Beobachtung und durch die bestehenden Bergbauaktivitäten bestätigt.



**Abb. 19: Hauptdruckspannungen sig1 in der Stufe 3 (Netz 1) aktueller Status**

In der letzten Abbildung 20 sind die geplanten Abbauaktivitäten eingerechnet. Im Vergleich zu Stufe 3 (aktueller Status) kann eine geringe Änderung der Drucksituation an der Tagesoberfläche erkannt werden. Basierend auf den numerischen Ergebnissen kann ein negativer Einfluss an der Tagesoberfläche durch die neu geplanten Auffahrungen/Abbauaktivitäten aber ausgeschlossen werden.

Es ist ebenfalls ersichtlich, dass in den tieferen Bereichen des Bergbaus die Druckspannungen zunehmen werden (wie zu erwarten). Diese Zunahme ist aber im begrenzten Bereich von ca. +2 MPa. Daher können regionale geotechnische Probleme durch die neu geplanten Abbauaktivitäten, basierend auf dem bestehenden Modell und den bisherigen Erfahrungen, ausgeschlossen werden.

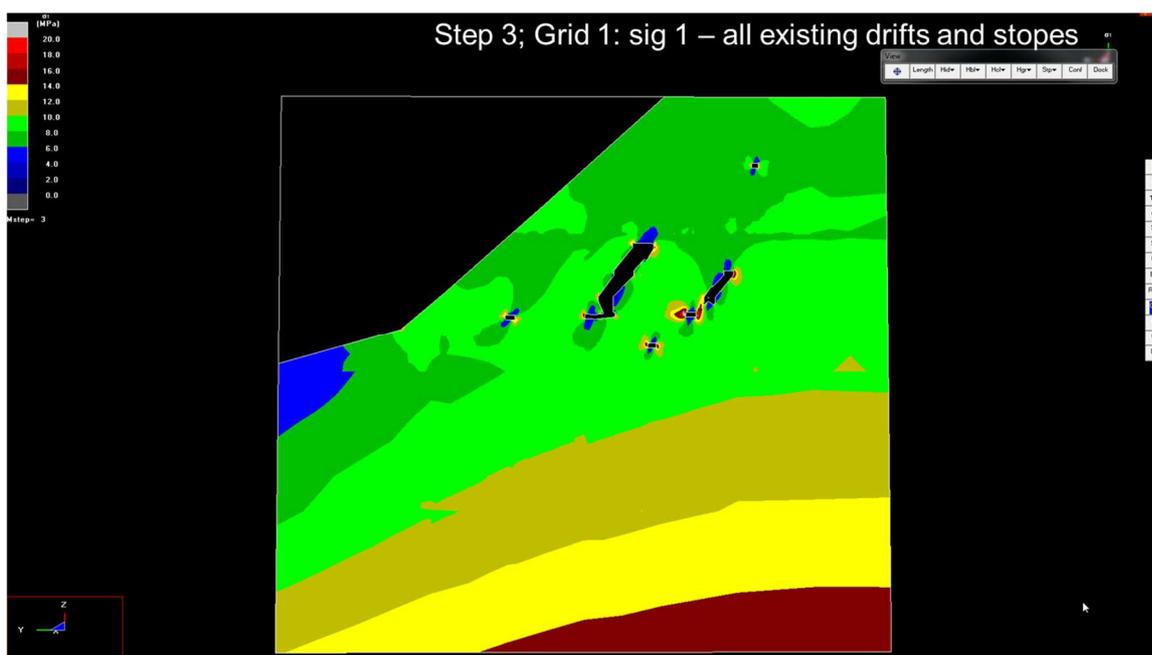


Abb. 20: Hauptdruckspannungen sig1 in der Abbaustufe 6 (Netz 1) finaler Status

#### 4.1.5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Basierend auf der numerischen Simulation kann gezeigt werden, dass die geplante Erweiterung des untertägigen Bergbaus Kristallina keine negativen Auswirkungen auf die Tagesoberfläche haben wird.

Es wird empfohlen, das geotechnische Überwachungsprogramm weiterzuführen und regelmäßig kritische Neubewertungen der geotechnischen Situation durchzuführen. Das kann sehr einfach während des Auffahrungs- und Vortriebsverfahrens für die neuen Bergbauabschnitte gemacht werden. Basierend auf diesen neuen Daten sollte das bestehende Berechnungsmodell angepasst und neu kalibriert werden, und die Größe der Strecken, Festen und Kammern entsprechend der geotechnischen Situation angepasst werden.

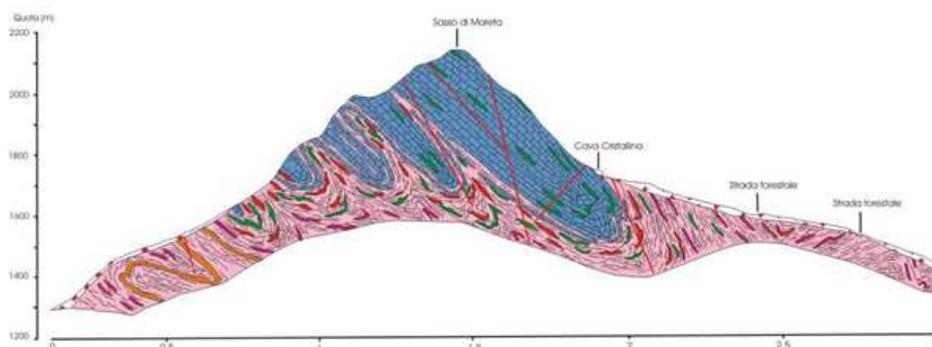
	<b>Group Operations Reinach</b> <b>Competence Centre Mining</b>	Date effective:	31.12.2016
	<b>Geotechnical Simulation Kristallina Mine 2016</b>	Document owner:	Matthias SIEFERT
		Document code:	REP161230MSF
		Revision nr.:	01
		Page:	1/12

## 4.2. Geomechanische Beurteilung der Golder Associates

### 4.2.1. Inquadramento del sito estrattivo

La cava è situata in un'area montagnosa con versanti molto acclivi, mentre il deposito e lo stabilimento si trovano a Racines, presso Vipiteno (BZ). La cava occupa una lunghezza di circa 4 km all'interno del monte Sasso Mareta (2180m) e, al centro del deposito, ha una larghezza di circa 300m.

La direzione di immersione è circa est-ovest, con inclinazione degli strati di circa 45-50° verso nord. Gli strati di tetto e letto sono formate da paragneiss e formazioni di scisti. Uno schema di sezione geologica nord-sud è riportato in Fig 21.



**Fig. 21: Sezione Geologica (blu-marmo, rosa-gneiss)**

Gli strati di marmo, datati circa 400-450 milioni di anni, sono separati da strati di anfibolite (di colore scuro): è pertanto richiesta un'accurata coltivazione che per non contaminare la purezza del marmo in fase di abbattimento.

Il complesso minerario consiste in due cave a quota differente: la cava inferiore, "Pratone" (Pardaun) (1200m) era precedentemente destinata alla coltivazione nei mesi invernali, quando la cava superiore, "Kristallina" (1745-1900m) non poteva essere raggiunta in sicurezza per via del pericolo valanghe.

Tuttavia, a causa della crescente richiesta di materiale più puro e bianco, la coltivazione riguarda attualmente la sola cava "Kristallina", dove si trova un marmo di qualità superiore.

Di conseguenza, le due camere scavate presso la cava Pratone sono state convertite in silos di stoccaggio per il materiale estratto nella cava superiore, per una capacità totale di 60 000t di marmo frantumato. Nel 2000 si decise di collegare le due miniere con un tunnel inclinato, per estendere la coltivazione della cava Kristallina anche al periodo invernale.

La cava Kristallina è stata coltivata a partire da due accessi sub-orizzontali traverso-banco, realizzati circa 150 m a sud dei portali a quota 1745 m slm.

I primi 150 m attraversano principalmente marmo di bassa qualità, con numerosi intrusioni di anfibolite scura, che rendono il materiale pressoché inutilizzabile, fatta eccezione per una zona molto bianca con spessore di circa 18m, in cui sono state scavate l'officina ed il serbatoio per lo stoccaggio d'acqua (realizzato mediante la chiusura di una galleria lunga 100m).

I successivi 160m interessano principalmente marmo, separato da intrusioni di anfibolite in tre zone differenti, denominate A, B e C, di cui solo le prime due sono destinate alla produzione di marmo.

Le intrusioni di anfibolite immergono a circa 48–50° verso nord, seguendo approssimativamente la giacitura degli strati di marmo: di conseguenza, la contaminazione del marmo avviene quasi esclusivamente in corrispondenza degli attraversamenti e circa il 95% della coltivazione lungo banco può avvenire senza produzione di rifiuti. Sempre per limitare la contaminazione del materiale estratto, la distanza dagli strati di tetto e letto è costantemente controllata con perforazioni di esplorazione e mantenuta pari a circa 3-6 m.

#### 4.2.1.1. Metodo di coltivazione attuale e futuro

Il metodo di coltivazione adottato nelle due aree di produzione (zone A e B) è del tipo “*sublevel open stoping con grandi perforazioni*”.

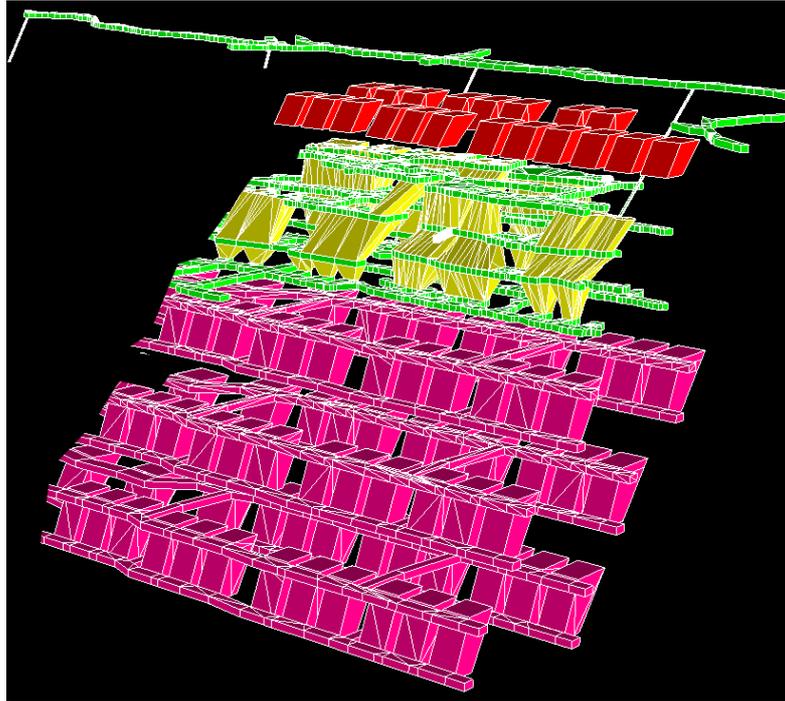
Inizialmente, si scelse un'altezza delle camere di 50m, con accesso al livello inferiore a quota 1745. Tramite una rampa a spirale, situata nella zona C, si accede ai sottolivelli a quota 1765, all'estremità superiore dei coni di spillamento, ed a quota 1795, alla sommità delle camere. La dimensione standard delle camere di coltivazioni nella zona A fu scelta pari a 21 m di larghezza effettiva, 50m di altezza massima e circa 80m di lunghezza lungo banco, con 3 coni di spillamento per ciascuna camera.

Nella zona B, più larga, le dimensioni scelte inizialmente prevedevano una larghezza effettiva di 28m, altezza di 50m e lunghezza di 60m, e fu previsto di realizzare 2 doppi coni di spillamento per ciascuna camera.

Al termine di una revisione approfondita del progetto originale ci si rese conto di come lo sviluppo dei coni di spillamento fosse troppo complesso e costoso: per ottimizzare l'investimento, si decise di aumentare l'altezza delle camere, creando un ulteriore sottolivello a quota 1820 m.

La nuova coltivazione sarà impostata seguendo i medesimi criteri geometrici già sperimentati nella coltivazione attuale, ottimizzati sulla base dell'esperienza acquisita.

La principale ottimizzazione apportata allo schema di coltivazione consiste nella limitazione della luce libera della parete di tetto già in fase di tracciamento mediante lo scavo di gallerie trasverso-banco a spaziatura regolare di circa 30m, tra le quali verranno aperti i volumi di coltivazione, alternati a volumi di roccia lasciati in posto, fino a realizzare uno schema tipo “camere e pilastri” con giacitura inclinata (**Fig. 21**). La geometria regolare dei vuoti sotterranei consentirà di ottenere un miglior controllo della stabilità della parete di tetto e una più razionale organizzazione del caricamento del minerale abbattuto.



**Fig. 21: schema tipologico della coltivazione attuale (giallo) e dei nuovi livelli (rosso e viola)**

#### **4.2.2. Inquadramento geomeccanico**

L'inquadramento geomeccanico per la simulazione del comportamento dell'ammasso roccioso interessato dalla coltivazione è stato basato sui dati acquisiti nel corso dei diversi studi che si sono susseguiti nel corso della coltivazione, integrati con una campagna di indagini integrative di laboratorio. Nei paragrafi seguenti si dettagliano quindi i dati raccolti e, di seguito, i parametri caratteristici del comportamento tensio-deformativo dell'ammasso roccioso.

##### **4.2.2.1. Sintesi dei dati esistenti**

I documenti di riferimento in cui sono riportati i dati di base per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso sono i seguenti:

- Pine et al., 2004, "Vipiteno mine, Italy – underground mining for marble" (Mining Technology, September 2004, vol.113)
- Francesca Campagnolo, 2004, "Studio geologico-strutturale e caratterizzazione dei marmi della cava Kristallina (Sasso di Mareta-Bolzano)" (Tesi di Laurea, Relatore prof. Frizzo, Università di Padova)
- OMYA GmbH, Geology & Geoinformation, 2011, "Geological sections through the A-zone marble layer at the Kristallina Mine / Omya Vipiteno / Italy / REU"
- Rilievi geostrutturali eseguiti a diverse riprese all'interno della coltivazione dalla dott.ssa Francesca Campagnolo su incarico della Omya S.p.A;
  - "Rilevamento strutturale di dettaglio presso la cava cristallina del sasso di mareta, racines (bz)", 2008
  - Rilevamento strutturale di dettaglio presso la cava cristallina del sasso di mareta, zona a6 – livello 1804-1809; 2009

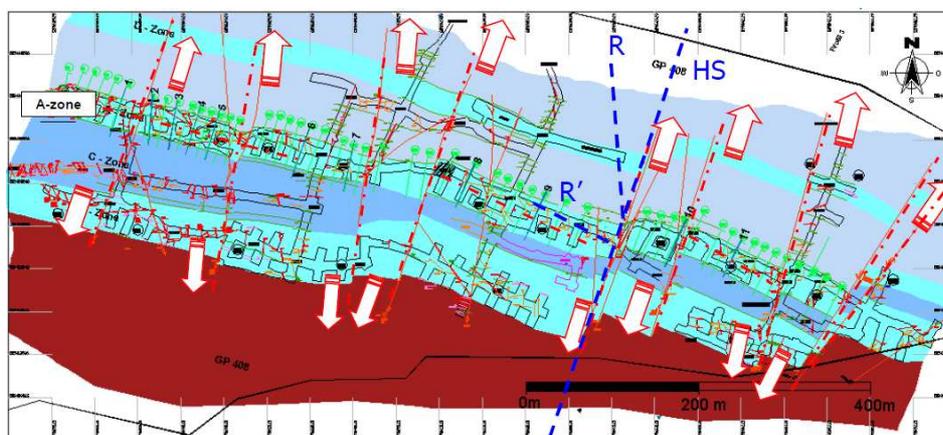
- Rilevamento strutturale presso i settori in avanzamento della cava Cristallina del Sasso di Mareta, 2011

Per quanto riguarda la caratterizzazione della qualità della roccia alla scala della roccia intatta ed a quella della coltivazione si osserva che:

- la resistenza a compressione della roccia intatta è pari a circa 80MPa con una deviazione standard di circa 16MPa;
- il valore del modulo elastico di Young è pari a circa 16 GPa, con una deviazione standard di circa 4 GPa;
- il valore dell'indice GSI (Geological Strength Index) è stato stimato nell'intervallo 45-75, con i valori inferiori riscontrati nelle aree maggiormente disturbate dalla presenza di faglie. Poiché le zone ad intensa fratturazione sono localizzate ed di modesta estensione, si ritiene che, alla scala della coltivazione, la parte superiore dell'intervallo sia maggiormente caratteristica del comportamento generale dell'ammasso roccioso;

Per quanto riguarda invece i sistemi di discontinuità che interessano l'ammasso roccioso e che ne influenzano in maniera rilevante il comportamento alla scala dei vuoti di coltivazione si osserva che: Le fratture riferibili ad una deformazione tettonica di tipo fragile ben corrispondono ad un modello di tipo "shear zone", con tre tipi di sistemi (**Fig 22**):

- sistema di faglie principali (MF/HS=*main fault/Hauptstörung*): faglie con con giacitura NNE-SSW, sub-verticali, con rigetto di circa 30/40m tale da dislocare gli strati verso nord procedendo in direzione est. La distanza tra le faglie è variabile tra 20m e 200m, con una media di 100-150m. Queste faglie controllano la lunghezza delle camere e sono quindi molto importanti per la geometria della coltivazione;
- sistema chiamato "*Synthetic Riedle*" (Faglie R), con giacitura NNW-SSE e inclinazione 65° - 80°. Questo sistema ha influenza moderata sulla stabilità dei vuoti;
- sistema chiamato "*Antithetical Riedle*" (Faglie R') con giacitura E-W, circa parallele ai piani di stratificazione, con immersion verso nord (50 to 70°) quando collegate alla stratificazione e verso sud (70 to 90°) quando trasverse ad essa. Queste fratture, che possono presentarsi anche con aperture significativa, riempimento argilloso e presenza di percolazione idrica sono molto influenti sulla stabilità dei vuoti sotterranei in quanto tendono a formare cunei instabili in corrispondenza della calotta delle gallerie e del tetto delle camere di coltivazione.



**Fig. 22: sezione orizzontale del giacimento e faglie principali**

È importante sottolineare che, confrontando i dati raccolti nella zona A con quelli raccolti nella zona B, è evidente diminuzione dell'intensità di fratturazione associabile ai sistemi R e R' (sia associato che trasverso alla stratificazione). Il risultato è la maggiore stabilità dei vuoti minerari nella zona B, che consente l'apertura di camere e tracciamenti anche con luci importanti senza che si verifichino significativi distacchi di diedri rocciosi dalle calotte delle gallerie e dalla parete di tetto.

#### 4.2.2.2. Indagini integrative 2012

Nell'Agosto 2012 sono state eseguite prove di laboratorio integrative a validazione dei dati "storici" (Pine, 2004).

In particolare, il rapporto individuato in tale sede tra la resistenza a compressione monoassiale media (UCS) ed il modulo di Young della roccia era particolarmente basso se paragonato ai valori medi documentati in letteratura (Deere, 1968), facendo presagire la presenza di fattori sfavorevoli (orientazione della stratificazione rispetto alla direzione di carico, disturbo del campione) che potrebbero aver influenzato le prove.

Le prove sono state commissionate da Omya all'università di Leoben (Austria), e sono riassunti nella seguente **Tabella 10**.

**Tabella 10: Risultati delle prove integrative di laboratorio (UniLeoben, 2012)**

Sample	Density [ g/cm <sup>3</sup> ]	Vp [ m/s ]	UCS [ MPa ]	Young [ MPa ] / [-]	Poisson [ MPa ] / [-]
BBK-115-2	2.72	6139.00	105.40	77781.83	0.19
BBK-116-2	2.73	6048.00	113.40	82415.73	0.23
BBK-116-3	2.71	5780.00	110.22	69690.90	0.15
BBK-116-4	2.72	5656.00	87.77	59478.20	0.22
BBK-116-5	2.72	5641.00	90.10	73143.70	0.22
BBK-118-1	2.76	5919.00	110.31	67947.42	0.21
BBK-118-3	2.69	6557.00	74.80	76252.36	0.23
BBK-118-4	2.75	6470.00	107.24	86457.79	0.23
BBK-118-5	2.71	6843.00	77.79	87668.12	0.21
BBK-118-6	2.70	6669.00	78.59	86809.12	0.22
BBK-118-7	2.71	6702.00	94.67	84887.88	0.20
Average	2.72	6220.36	95.48	77503.00	0.21
Standard Deviation	0.02	444.05	14.53	9201.47	0.02

In merito alla qualità dei campioni ed alla rappresentatività delle prove si osserva che:

- i valori della velocità delle onde di compressione (Vp) misurati sono dello stesso ordine di grandezza di quelli determinabili indirettamente sulla base di formulazioni empiriche in funzione del modulo di Young (Deere, 1966, Eissa, 1988);
- Il rapporto tra la resistenza a compressione semplice (UCS) e modulo di Young ( $E_{young}$ ) è mediamente pari a 830, allineato all'estremo superiore del campo di variazione individuato da Deere (1968), per cui  $E_{young}/UCS=[250-700]$ .

Le indagini individuano un valore medio del parametro UCS pari a circa 96 MPa, collocato all'estremo superiore dell'intervallo definito dalle indagini precedenti, con una dispersione dei dati comparabile a quella precedentemente rilevata.

Il modulo elastico medio misurato è pari a circa 77500 MPa, allineato con i valori di letteratura attesi per ammassi rocciosi di caratteristiche simili a quello della cava Kristallina.

### 4.2.2.3. Caratterizzazione geomeccanica

#### 4.2.2.3.1. Parametri di deformabilità e resistenza

Sulla base dei dati sopra descritti si è pervenuti alla classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso. Vista la grande scala delle valutazioni condotte in questa sede è stato assunto un valore del parametro D (Rock Damage) di Hoek&Brown, pari a 0 (roccia indisturbata), ipotizzando che l'estensione della fascia di disturbo indotta dallo scavo con esplosivo sia trascurabile alla scala del problema.

La classificazione è visualizzata di seguito mediante il programma RocLab della RocScience:

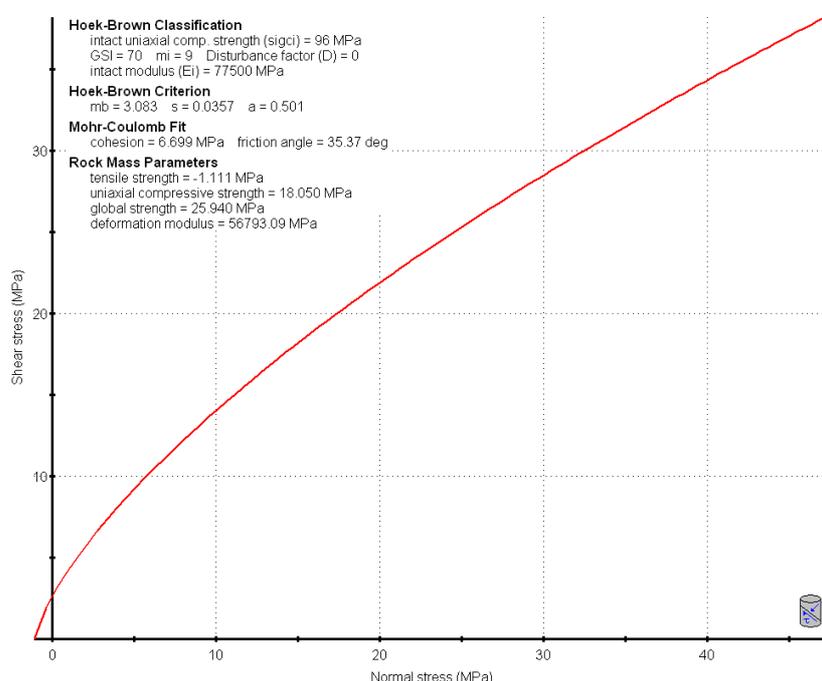


Fig. 23: caratterizzazione per la roccia indisturbata (D=0)

### 4.2.3. Condizioni di stabilità dei vuoti

La stabilità dei vuoti di coltivazione è stata analizzata a varie riprese nel corso della vita dell'attività estrattiva per approfondire aspetti via via di maggior dettaglio.

Nel settembre 1999 è stata eseguita una modellazione numerica dello schema di coltivazione mediante il codice NFOLD, sviluppato dalla Golder Associates per le coltivazioni minerarie in sotterraneo, verificando la compatibilità della geometria proposta con le condizioni di stabilità globale dell'ammasso roccioso.

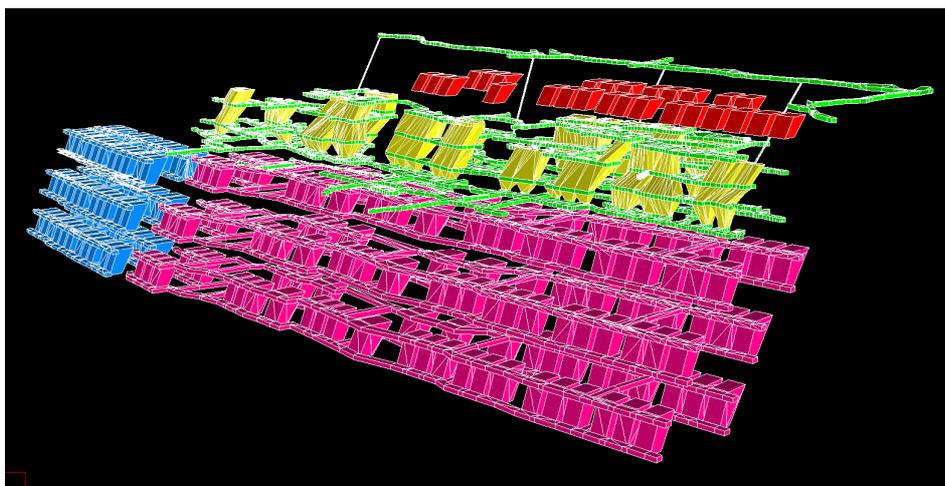
Nell'agosto 2012 è stata eseguita una modellazione numerica sia mediante il metodo degli elementi finiti (software Phase 2) sia mediante l'analisi cinematica per reticoli di fratture (software Fracman)

per il dimensionamento e la verifica del volume di separazione tra il primo livello di coltivazione ed il livello superiore.

La stabilità dei vuoti di coltivazione è soggetta ad ispezione annuale da parte della Golder Associates: i rapporti annuali, basati sulla presa visione delle condizioni dei vuoti, sulle informazioni ricevute dai tecnici Omya e sulle misure acquisite dagli strumenti di monitoraggio installati hanno evidenziato, fin dall'inizio della coltivazione, l'assenza di fenomeni di collasso dell'ammasso roccioso per superamento della resistenza dello stesso, sottolineando una generale compatibilità dello stato tensionale con il comportamento in campo elastico della roccia.

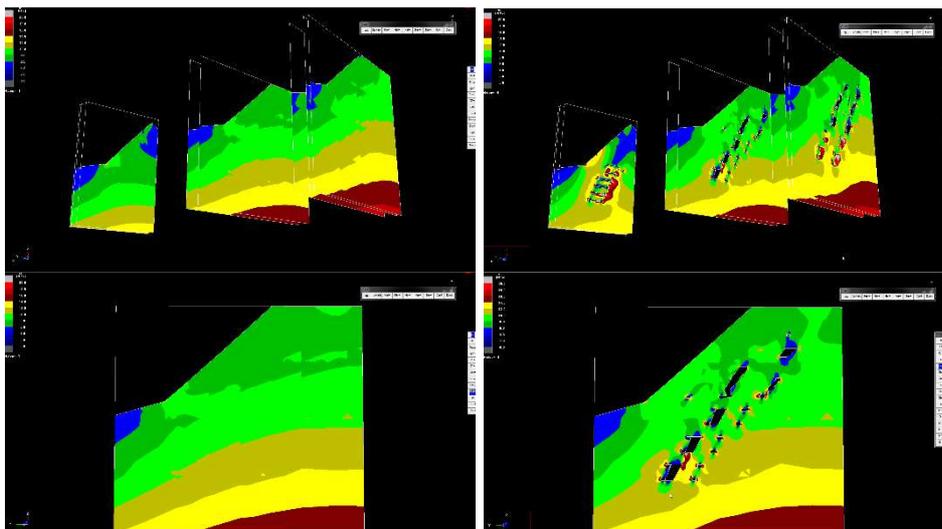
Nel corso della gestione sono stati altresì registrati alcuni fenomeni di crollo di volumi rocciosi isolati dall'intersezione di piani di discontinuità, talora nella parete di tetto (quando questa si presenta a basso angolo, circa 45°-50°) e talora nella parete di letto (quando questa si presenta ad alto angolo, circa 70°-75°). Sporadicamente sono stati registrati crolli di volumi rocciosi dalla calotta delle gallerie o delle camere di coltivazioni: in tutti i casi il rischio e gestito era stato riconosciuto già in fase di tracciamento osservando la giacitura dei principali piani di fratturazione.

Al fine di integrare le informazioni e le valutazioni già disponibili, per il presente SIA è stata eseguita una valutazione completa dell'interazione ammasso-coltivazione mediante il codice MAP3D, che consente la modellazione di tutti i vuoti che saranno presenti al termine della coltivazione oggetto di studio.



**Fig. 24: Modello completo della coltivazione (Map3D). In giallo il livello di coltivazione esistente, in rosso, blu e viola le camere future**

Come evidenziato nella figura seguente, il modello ha messo in evidenza l'assenza di variazioni significative nello stato tensionale alla scala del versante, confermando quanto già osservato dai modelli numerici precedenti: la concentrazione delle tensioni in seguito all'apertura delle camere interessa solo un volume limitato di roccia e rimane comunque compatibile con la resistenza propria del minerale incassante.



**Fig. 25: confronto tra la tensione principale massima prima dello scavo (sinistra) e al termine della coltivazione (destra)**

Si rileva inoltre che la parte inferiore della coltivazione, impostata sotto il piano di caricamento attuale, si troverà alla quota del cambio di pendenza del versante esterno: a prescindere dal trascurabile impatto sullo stato tensionale, non sussistono quindi le condizioni cinematiche per il verificarsi di instabilità di grande scala che possano coinvolgere i vuoti di coltivazione.

#### 4.2.4. Valutazione qualitativa degli impatti

Gli agenti esterni (azioni di progetto) impattanti connessi con l'attività mineraria di progetto sono i seguenti:

- scavo camere di coltivazione,
- scavo galleria di collegamento,
- utilizzo di esplosivo per lo scavo (vibrazioni),

L'effetto delle azioni di progetto sulla componente ambientale analizzata è l'eventuale variazione della stabilità globale e locale dell'ammasso roccioso, in fase di scavo ed a scavi eseguiti.

Si ritiene che l'impatto negativo sulla componente ambientale geologia e geomeccanica sia basso in quanto in base alle valutazioni effettuate si prevedono limitate e trascurabili modificazioni dell'assetto naturale dell'ammasso roccioso, senza conseguenze sull'esterno.

Gli impatti residui sulla componente consistono nel verificarsi di distacchi isolati di diedri rocciosi instabili in sotterraneo con innesco di crolli a catena per volumi totali anche dell'ordine di 10-20 metri cubi.



#### 4.2.4.1. Misure di mitigazione

In relazione alla componente ambientale geologia e geomeccanica ed alla valutazione degli impatti, al fine di limitare gli effetti degli impatti residui sono state previste le seguenti misure di mitigazione:

- posizionamento delle camere di coltivazione delle cave all'interno dell'ammasso roccioso, a distanze superiori ai 200 m dal versante della montagna;
- limitazione delle dimensioni (larghezza massima 12 - 15 m) delle gallerie durante la fase di preparazione del giacimento;
- limitazione della lunghezza libera delle camere (lunghezza massima 30m) in fase di coltivazione;
- controllo accurato delle fasi di perforazione;
- costante verifica delle pareti e rilievo dei principali piani di fratturazione in fase di tracciamento;
- disaggio ed eventuale installazione di opere di protezione corticale (bullonature radiali con rete metallica) nelle aree di passaggio

**Golder Associates S.r.l.  
Banfo43 Centre  
Via Antonio Banfo 43  
10155 Torino  
Italia  
T: +39 011 23 44 211**

## 5. ANLAGEN

- 5.1 Technische Grundkarte
  - 5.1.1 Überlagerung Flächenwidmung mit Abbaugbiet
  - 5.1.2 Einheitliche Legende zum Flächenwidmungsplan
- 5.2 Geologische Grundkarte
- 5.3 Geologische Detailkarte
  - 5.3.1 Geologisches Profil B-B
  - 5.3.2 Geologisches Profil C-C
  - 5.3.3 Geologisches Profil D-D
- 5.4 Geologisches Profil A-A
- 5.5 Materialfluss
- 5.6 Wasserhaltung
- 5.7 Bewetterung
- 5.8 Fluchtplan Cava Kristallina
- 5.9 Fluchtplan Cava Pratone
- 5.10 Lageplan Waschplatz Kristallina
- 5.11 Lageplan Lkw Waschplatz Pardaun
- 5.12 Ventilation measurement certificate
- 5.13 Omya Maschinenliste
- 5.14 Trabag Fahrzeugliste
- 5.15 Übersichtskarte Geologie
- 5.16 Übersichtskarte Niederschlag und Verdunstung
- 5.17 Hydrogeologisches Übersichtsprofil
- 5.18 Hydrogeologische Karte Marmorzug Mareiter Stein
- 5.19 Hydrogeologisches Längsprofil Marmorzug Mareiter Stein
- 5.20 Hydrogeologisches Profil DD'
- 5.21 Aufstellung Grundparzellen