

Masterarbeit

**Standsicherheitsuntersuchungen sowie Aufschluss-
und Abbauplanung der Erweiterung des Steinbruchs
Fischbach in Oberbayern der Rohrdorfer Gruppe**

Bernhard Zott

Datum(26/01/2016)



Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft
Department Mineral Resources and Petroleum Engineering
Montanuniversität Leoben

A-8700 LEOBEN, Franz Josef Straße 18
Tel.Nr.: +43/(0)3842-402-2001
Fax: +43/(0)3842-402-2002
bergbau@unileoben.ac.at

Ehrenwörtliche Erklärung

„Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Datum: 26.01.2016

Unterschrift Verfasser
Bernhard Zott
Matrikelnummer: 0635171

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung in dieser Arbeit, wie z.B. TeilnehmerInnen, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

Vorwort, Widmung, Danksagung

Diese Masterarbeit entstand im Jahr 2015 im Zuge der Anfertigung eines Gewinnungsbetriebsplanes der Rohrdorfer Gruppe. Da es von jeher mein Wunsch war, eine Abschlussarbeit mit praktischem Bezug zu schreiben und sich dieser nun erfüllt hat, möchte ich der Firma meinen Dank aussprechen.

Besonders danken möchte ich meinem Betreuer seitens der Firma, Heinz Hintner, da er mir während meiner Zeit in Rohrdorf beratend zur Seite stand und immer ein offenes Ohr hatte.

Ebenso bedanke ich mich bei Theodor Roppelt, da durch ihn mein doch unvollständiges geologisches Wissen deutlich aufgefrischt wurde.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer seitens der Montanuniversität, Hannes Blaha. Seine Besuche während der geologischen Aufnahme und besonders die Hilfe bei gebirgsmechanischen Fragen sowie bei der Erstellung und Bearbeitung des Lagerstättenmodells waren beim Schreiben dieser Masterarbeit eine doch beachtliche Erleichterung.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meiner Familie, welche mich die gesamte Studienzeit, wie auch in der Zeit des Verfassens dieser Masterarbeit unterstützt hat.

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit der Erweiterung des Steinbruchs Fischbach in Oberbayern der Rohrdorfer Gruppe. An diesem Standort wird in erster Linie Wettersteinkalk gewonnen, welcher für den Prozess der Zementherstellung nach Rohrdorf transportiert wird.

Für die geplante Erweiterung wird zuerst eine geologische Ist-Aufnahme aller Etagenwände vorgenommen. Dabei werden alle Etagen in Segmente eingeteilt und anschließend Kluft-Daten aufgenommen. Zusätzlich werden Gesteinsproben aus dem Abbaugbiet entnommen, welche im Rohrdorfer Zementlabor zu Probezylindern weiterverarbeitet werden. Anschließend werden damit einaxiale Druckversuche durchgeführt, und somit der Parameter der einaxialen Druckfestigkeit bestimmt.

Diese Daten bilden die Basis für eine differenzierte gebirgsmechanische Einteilung der Etagenwände und Böschungen in geotechnische Homogenbereiche. Innerhalb dieser Homogenbereiche werden dann mit unterschiedlichen Gebirgsklassifikationsverfahren die Festigkeitseigenschaften des Gebirges abgeschätzt.

Weiters werden die Böschungen im Ist-Zustand sowie nach der Erweiterung auf Standsicherheit geprüft. Dies passiert einerseits über eine regionale Betrachtung, bei welcher etagenübergreifend ein Versagen entlang Gleitkreise geprüft wird, andererseits über eine lokale Betrachtung, bei welcher an einzelnen Etagen ein Translationsversagen entlang geologischer Diskontinuitäten untersucht wird.

Diese Standsicherheitsbetrachtungen ergeben schließlich Sicherheitsfaktoren bei gegebener Böschungshöhe, bzw. erlauben bei einem angenommenen Sicherheitsfaktor auf eine standsichere Böschungshöhe zu schließen.

Als nächster Schritt wird für die Aufschluss- und Abbauplanung ein Lagerstättenmodell in der Software „Surpac“ erstellt. In diesem Modell wird mit Hilfe der Daten von getätigten Explorationsbohrungen eine Trennfläche zwischen den beiden Lithologien „Wettersteinkalk“ und den überlagernden „Raibler Schichten“ erstellt. Das Ergebnis sind einzelne 3-dimensionale Körper für Wettersteinkalk sowie für Raibler Schichten, welche die maßgebenden geologischen Formationen darstellen.

Mit diesen Körpern wird in weiterer Folge eine Abbauplanung für verschiedene Zeitintervalle erstellt. Diese Planung gibt Aufschluss über die Geometrie und Zugänglichkeit des erweiterten Steinbruch Areals, und liefert darüber hinaus Informationen, wie viele Tonnen welchen Gesteins je Abbauschritt gewonnen werden können.

Abstract

This thesis deals with the extension of the quarry "Fischbach" in Upper Bavaria. In this mining site Wettersteinkalk is derived primarily, which is transported to the process of cement production to Rohrdorf.

For the planned expansion first a geotechnical mapping of all benches was made. Here all the benches are divided into segments, and then taken gap data. In addition, rocks samples are taken from the mining area, which are further processed into Rohrdorf cement laboratory for rock specimens. Then uniaxial compressive tests carried out, and thus determines the parameters of the unconfined compressive strength.

This data forms the basis for a differentiated geomechanical classification of the benches and slopes. The rock classifications result in further consequence values for cohesion and angle of friction, and thus define the rock strength of individual bench-areas.

Furthermore, the slopes are tested in actual condition and after enlargement on stability. This happened on the one hand through a regional breakdown, in which several benches can failure along slip circles, on the other hand through a local viewing on benches, wherein at each bench-segment a wedge failure is assumed by intersecting gaps.

This stability considerations give factors of safety for a given slope height, or permit with an assumed factor of safety secure slope height.

Next, a deposit model in the software "Surpac" is created for the mine planning. In this model, an interface between the two lithologies "Wettersteinkalk" and the overlapping "Raibler Schichten" is created by using the data of incurred exploration drilling. The result is a single 3-dimensional body either for Wettersteinkalk and for Raibler Schichten.

As a final step, a mining plan for different time intervals is created with these bodies. This plan provides information on the geometry and accessibility of the extended quarry area, and also provides information on how many tons of rock which can be won per degradation step.

Inhaltsverzeichnis

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	II
VORWORT, WIDMUNG, DANKSAGUNG	III
ZUSAMMENFASSUNG	IV
ABSTRACT	V
INHALTSVERZEICHNIS.....	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 LAGE DES BETRIEBES.....	2
1.2 GEOLOGIE.....	4
1.2.1 Schichtenfolge	4
1.2.2 Wettersteinkalk	4
1.2.3 Raibler Schichten	5
1.2.3.1 Raibler Kalke.....	6
1.2.3.2 Raibler Mergel, Ton- und Sandsteine.....	7
1.2.3.3 Raibler Dolomite	8
1.2.4 Hauptdolomit.....	8
1.2.5 Überblick - Geologie.....	9
2 ANFERTIGUNG VON ARBEITSKARTEN	10
3 STANDSICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN	13
3.1 EINLEITUNG.....	13
3.2 LOKALE STANDFESTIGKEIT.....	13
3.2.1 Aufnahme der Klüfte.....	14
3.2.2 Regionalbereiche.....	19
3.2.2.1 Regionalbereich I	20
3.2.2.2 Regionalbereich II.....	26
3.2.2.3 Regionalbereich III	30
3.2.2.4 Regionalbereich IV	33
3.2.2.5 Regionalbereich V	35
3.2.3 Analyse und Zusammenfassung	37
3.3 REGIONALE STANDFESTIGKEIT	38
3.3.1 Geologische Homogenbereiche.....	39
3.3.1.1 Rock Quality Designation.....	39
3.3.2 Einaxiale Druckversuche.....	44
3.3.2.1 Probenvorbereitung	45
3.3.2.2 Durchführung Druckversuche	53

3.3.3	<i>Gebirgsklassifikation</i>	56
3.3.3.1	Bieniawski.....	56
3.3.3.2	Laubscher.....	63
3.3.3.3	Barton.....	65
3.3.3.4	Hoek.....	70
3.3.3.5	Abschätzung der Gebirgsfestigkeit.....	77
3.3.4	<i>Regionale Standfestigkeit</i>	81
3.3.4.1	Standicherheit Wettersteinkalk.....	83
3.3.4.2	Standicherheit Raibler Kalk.....	90
3.3.4.3	Standicherheit Raibler Dolomit.....	94
3.3.4.4	Standicherheit Raibler Mergel.....	97
3.3.5	<i>Analyse und Zusammenfassung</i>	98
3.4	ANALYSE STANDFESTIGKEITSUNTERSUCHUNGEN.....	99
4	TAGEBAUZUSCHNITT	101
4.1	LAGERSTÄTTENMODELL.....	105
4.2	AUFSCHLUSS & ABBAUPLANUNG.....	110
4.2.1	<i>Aufschluss Jahr 1</i>	111
4.2.2	<i>Abbau Jahr 2</i>	117
4.2.3	<i>Abbau Jahr 3</i>	121
4.2.4	<i>Abbau Jahr 5</i>	124
4.2.5	<i>Abbau Jahr 10</i>	127
4.2.6	<i>Abbau Jahr 20</i>	130
4.2.7	<i>Abbau Jahr 34</i>	133
5	AUSBLICK UND ZUSAMMENFASSUNG	137
6	ANHANG	139
6.1	GEOLOGISCHE AUFNAHMEN.....	139
6.2	GEBIRGSKLASSIFIKATION.....	150
6.3	DATEN-CD.....	161
7	LITERATURVERZEICHNIS	162
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	163
9	TABELLENVERZEICHNIS	168

1 Einleitung

Der Steinbruch Fischbach ist ein seit ca. 100 Jahren in Verhieb befindlicher Steinbruch im oberbayrischen Inntal. Der abgebaute Kalkstein ist vorerst für den Betrieb eines Kalkofens, später als Rohstoffquelle für die Zementindustrie genutzt worden. Abgebaut wird in erster Linie sogenannter Wettersteinkalk, der aber vermehrt durch Raibler Schichten (Raibler Kalk, Mergel und Dolomit) und Hauptdolomit überlagert wird. Da eine umfangreiche Erweiterung in Richtung Westen und in die Tiefe durch die Behörde genehmigt wurde, beschäftigt sich diese Diplomarbeit mit einer gebirgsmechanischen Evaluierung der Tagebauböschungen, damit einhergehend mit Standsicherheitsuntersuchungen der geplanten Tagebauendböschung und einer auf allen gesammelten Daten basierenden Aufschluss- und Abbauplanung mittels der Software „Surpac“⁽¹⁾.

Der erste Schritt besteht im Erstellen von Arbeitskarten, welche jeweils einen Bereich von 200 m x 100 m aus der aktuellen Vermessung darstellen. Anschließend werden vor Ort alle Etagen in etwa 20 m lange Segmente unterteilt, geologische Kluftaufnahmen durchgeführt und eine Fotodokumentation aller aufgenommenen Segmente erstellt. Die Kluftaufnahmen dienen als Basis der Gebirgsklassifikation und somit auch als Grundlage der Standsicherheitsuntersuchungen. Zusätzlich sind im Steinbruch Gesteinsproben entnommen, im Labor aufbereitet und einaxiale Druckversuche durchgeführt worden. Diese Daten dienen den Gebirgsklassifikationsverfahren nach Bieniawski, Laubscher, Barton sowie Hoek. Die Resultate dieser Klassifikationen ergeben Anhaltswerte für die Festigkeit des Gebirges des Steinbruchs. Mit diesen Werten werden lokale sowie regionale Standsicherheitsuntersuchungen durchgeführt. Die lokale Standfestigkeit beschäftigt sich dabei mit translatorischem Versagen durch das Herausgleiten einzelner Felskeile durch ungünstige Verschneidungen von Klüften. Bei der regionalen Standfestigkeit werden mögliche etagenübergreifende Versagensformen, entlang von Gleitkreisen, betrachtet. Anhand dieser Untersuchungen können Abschätzungen bezüglich standfester Etagegeometrien in Bezug auf Etagenhöhe, Wandneigung sowie Generalneigung geschlossen werden.

Weiters wird ein 3-dimensionales Lagerstättenmodell in Surpac erstellt. Dabei liegt der Fokus auf der Trennung zwischen Wettersteinkalk und Raibler Schichten, welche die maßgebenden Lithologien in diesem Bereich darstellen. Diese Trennfläche wird durch vorhandene Daten von Explorationsbohrungen definiert und in Surpac dargestellt. Die Verschneidung der Oberflächenvermessung mit genannter Trennfläche ergibt den 3-dimensionalen Körper der

¹ <http://www.geovia.com/products/surpac>

Raibler Schichten. Die Verschneidung der Trennfläche mit einer erstellten Grundfläche auf 420 müNN ergibt den Körper des Wettersteinkalks.

Mit Hilfe dieser beiden Körper, welche der aktuellen geologischen Situation entsprechen, werden die Aufschluss- und Abbauplanungen durchgeführt. In der Aufschlussphase werden alle Abbauschritte detailliert beschrieben, dann folgt eine zeitliche Einteilung nach Jahresintervallen. Der Vorteil bei der Verwendung von Surpac liegt hierbei in der Volumensberechnung der Abbauschritte. Für jeden Schritt kann sogleich das abgebaute Gesteinsvolumen ausgegeben werden.

1.1 Lage des Betriebes

Der Steinbruch befindet sich auf dem Gebiet der Gemeinde Flintsbach am Inn im oberbayerischen Landkreis Rosenheim, ca. 70 km südöstlich von München. Im Norden grenzt Flintsbach an Brannenburg, im Süden und Westen an Oberaudorf. Die östliche Grenze bildet der Wasserlauf des Inns, siehe Abbildung 1.

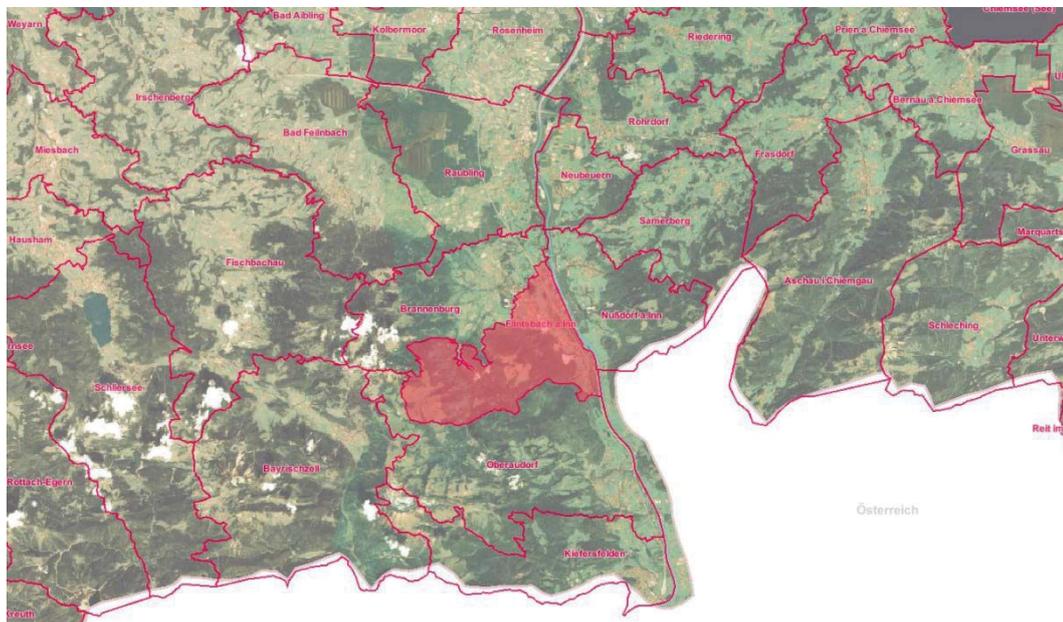


Abbildung 1: Geographische Lage von Flintsbach (GeoFachdatenAtlas, 2013) ⁽²⁾

Der Steinbruch liegt im Ortsteil Fischbach, welcher für den Abbau auch namensgebend ist, und erstreckt sich zurzeit über eine Fläche von ca. 18,84 ha. Er liegt auf einer Seehöhe zwischen 460

² <http://www.bis.bayern.de>

und 600 m üNN. Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die Lage des Abbaugebietes in der Gemeinde Flintsbach am Inn.



Abbildung 2: Lage des Steinbruchs (GeoFachdatenAtlas, 2013)



Abbildung 3: Detailansicht des Steinbruchs (GeoFachdatenAtlas, 2013)

Da der Steinbruch Fischbach über eine direkte Gleisanbindung sowie eine gute Anbindung an das Straßennetz östlich der Betriebsstätte verfügt, erfolgt der Transport des abgebauten Wertminerals gleichermaßen per Bahnverladung oder per LKW zum Stammwerk in Rohrdorf, wo die

Weiterverarbeitung erfolgt. Nicht für die Zementerzeugung nutzbar sind karbonatische Gesteine mit höherem Gehalt an Magnesium. Für diese Gesteine wird eine eigene Verwertungsschiene, z.B.: Betonsand angestrebt.

1.2 Geologie

Da die im Planungsgebiet vorliegende Geologie großen Einfluss auf gebirgsmechanische Aspekte, wie die Stabilität der Tagebauböschungen und die Abbauwürdigkeit hat, werden die vorkommenden Lithologien und deren Erscheinungsbild im Folgenden näher beschrieben.

1.2.1 Schichtenfolge

Das stratigraphisch älteste Schichtglied stellt der Wettersteinkalk dar, dieser nimmt auch den größten Teil des Steinbruchs ein. Darüber folgt konkordant auflagernd Mergel aus den Raibler Schichten, welcher mitunter auch dazwischengeschaltete Sandsteinbänke aufweist. Ins Hangende nimmt die Zahl der Sandsteinbänke zu. Hinzu kommen vereinzelt dünne Tonsteinlagen. An den Mergel anschließend folgen Raibler Dolomite, dann Kalkstein aus den Raibler Schichten. Darüber folgt das jüngste Gestein im Abbauggebiet, der Hauptdolomit.

(Duschl, Geologische Kartierung, 2008, S. 2) ⁽³⁾

1.2.2 Wettersteinkalk

Wettersteinkalk ist ein Karbonatgestein aus der Mittleren Trias, welches im gesamten Alpenraum verbreitet ist und entweder als reiner Kalkstein (Calciumcarbonat) oder mancherorts auch als Dolomit mit einem zusätzlichen Anteil an Magnesium vorkommt. Namensgebend für diese Kalkart ist das Wettersteingebirge, da der Wettersteinkalk dort besonders mächtige Berge bildet. Besonders kennzeichnend sind seine zumeist hohe Reinheit (bis zu 98% CaO) und seine Resistenz gegen Erosion, weswegen er äußerst steile und mächtige Felswände bilden kann, wie zum Beispiel die Zugspitze, den Wilder Kaiser oder das Karwendel. ⁽⁴⁾

³ Siehe Kapitel 7: Literaturverzeichnis, Seite 163

⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/wettersteinkalk>

Im Steinbruch Fischbach sind 2 Arten von Wettersteinkalk anzutreffen. So liegt im oberen Teil und somit in den Randbereichen des momentanen Abbaugbietes eine Bankfazies mit mehr oder minder deutlicher Bankung mit Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis 1,5 Meter vor. Im unteren Teil erscheint hellweißer bis gelblich-beiger Kalk in der sogenannten Rifffazies mit teilweise deutlich brecciösem Gefüge, siehe Abbildung 4.

(Duschl, Kartierbericht Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn, 2008, S. 5ff)



Abbildung 4: Wettersteinkalk – Bohrkern ø 50 mm

1.2.3 Raibler Schichten

Als Raibler Schichten wird eine lithostratigraphische Formation der oberen Trias im alpinen Raum bezeichnet, welche sich durch einen Wechsel zwischen Kalk, Dolomit, Mergel, Schieferton und Sandstein unterscheiden.⁽⁵⁾

Somit sind sie geologisch gesehen jünger als der Wettersteinkalk und liegen diesem auf.

Die Raibler Schichten haben im alpinen Bereich keine natürliche Begrenzung, hinzu kommt eine Verfaltung und gebietsweise Überschiebung, hervorgerufen durch die alpidische Tektonik, welche auch für eine Reduzierung des Kalkalpenkörpers als Ganzes im Norden und Süden verantwortlich ist. Die größten Gesamtmächtigkeiten der Raibler Schichten werden im Zentralgebiet der Nördlichen Kalkalpen angetroffen. Nur etwa 20 km südlich des Steinbruchs Fischbach – im Kaisergebirge – beträgt die Mächtigkeit der Raibler Schichten bis zu 300 m.

Im Wendelsteingebiet, welches direkt an den Steinbruch Fischbach angrenzt, weisen die Raibler Schichten eine Gesamtmächtigkeit von noch immerhin 80 – 130 m auf.

(Jerz, 1964, S. 428f)

⁵ http://de.wikipedia.org/wiki/Raibler_Schichten

1.2.3.1 Raibler Kalke

Raibler Kalke variieren in der Farbgebung von Weiß bis Dunkelgrau, die Verwitterungsfarbe ist Weiß. Im angewitterten Zustand erkennt man deutlich die typischen, mit Kalzit verfüllten Klüfte, welche das Gestein netzartig durchziehen, da sie stärker gelöst werden und somit dünne Spalten im Kalkgestein zurückbleiben. Der Kalk zeigt einen gebankten Habitus mit Mächtigkeiten zwischen wenigen Zentimetern und einigen Dezimetern. Weiters gibt es Spuren von Verkarstungen in Form kleiner Näpfen und Rinnen. In Einzelfällen lassen sich dünne Mergelbänke von wenigen Zentimetern Stärke zwischen den Kalkbänken beobachten.

(Duschl, Kartierbericht Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn, 2008, S. 2f)

Abbildung 5 zeigt ein Beispiel eines Raibler Kalkes.



Abbildung 5: Raibler Kalk - Bohrkern \varnothing 50 mm

1.2.3.2 Raibler Mergel, Ton- und Sandsteine

Die Mergel- und Tonsteine erscheinen stets dunkelgrau, mit leichtem Stich ins Blaue oder Grüne. Die Sandsteine sind hingegen etwas heller, jedoch auch gräulich bis bräunlich, siehe Abbildung 6. Die Mergel, Ton- und Sandsteine bilden den ältesten Teil der Raibler Schichten und lagern dem Wettersteinkalk konkordant auf.

(Duschl, Kartierbericht Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn, 2008, S. 5)



Abbildung 6: Raibler Mergel in Segment S 1.1-2 ⁽⁶⁾

⁶ Siehe Kapitel 6.3: Daten-CD, Seite 162 (vollständige Arbeitskarte)

1.2.3.3 Raibler Dolomite

Raibler Dolomit weist eine graue bis dunkelgraue Färbung auf, tritt teilweise aber auch bräunlich bis beigefarben auf, siehe Abbildung 7. Da die Dolomite in weiten Teilen brecciiert vorliegen, trifft man häufig auf ein Gemenge aus dunkelgrauen Klasen in einer weißen, ebenfalls dolomitischen Matrix. Die Dolomite erscheinen im Abbaugebiet nicht überall zerbrochen, sondern treten auch massig und ungebant auf. Besonders dort, wo Raibler Dolomite auf Raibler Kalke treffen, verzahnen sie sich bzw. gehen ungestört ineinander über.

(Duschl, Kartierbericht Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn, 2008, S. 4)



Abbildung 7: Raibler Dolomit – Bohrkern ø 50 mm

1.2.4 Hauptdolomit

Hauptdolomit ist ein hellgraues bis weißliches Gestein mit deutlich geschichtetem Aufbau und starker Zerklüftung. Er weist eine hohe Erosionsbeständigkeit auf und ist das flächenhaft bedeutendste Gestein der Nördlichen Kalkalpen. ⁽⁷⁾

Im derzeitigen Abbaugebiet spielt der Hauptdolomit aber nur eine untergeordnete Rolle, da er lediglich an den Tagebaurändern in Erscheinung tritt.

(Duschl, Kartierbericht Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn, 2008, S. 2)

Laut der für die Erweiterung bewilligten Abbaugrenze sollte der Hauptdolomit auf die künftigen Abbautätigkeiten keinen Einfluss haben.

⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptdolomit>

1.2.5 Überblick - Geologie

Einen groben Überblick über die geologischen Verhältnisse gibt Abbildung 8.

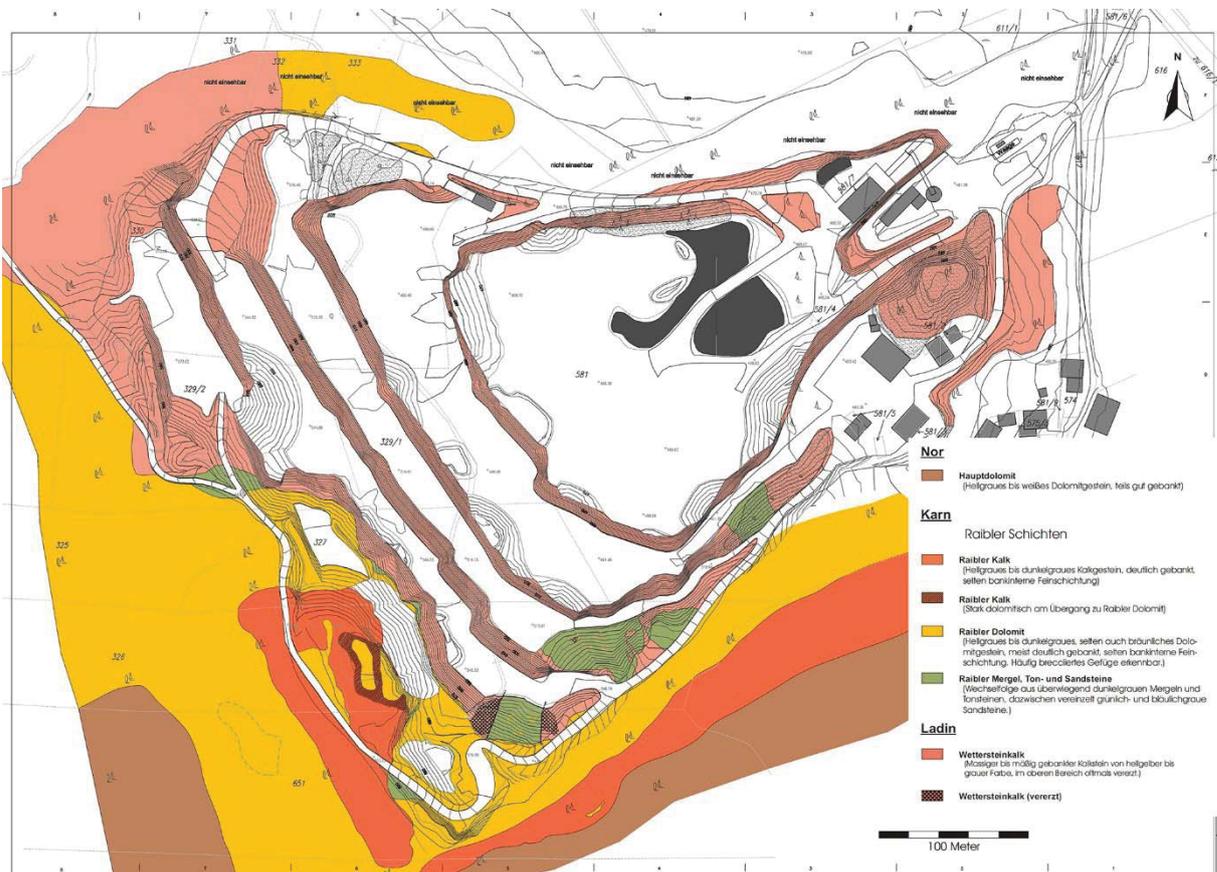


Abbildung 8: Geologie Steinbruch Fischbach (Duschl, Geologische Kartierung, 2008)

Dieser Lageplan zeigt die Geologie sowie die Aufschlusspunkte im Steinbruch Fischbach anhand einer Kartierung aus dem Jahr 2008. Es ist ersichtlich, dass der Raibler Mergel hauptsächlich an den südlichen Rändern ansteht, Wettersteinkalk an den westlichen und nördlichen Tagebauböschungen, und die Raibler Kalke im Süden und Südwesten. Der Raibler Kalk wird im Westen und Süden wiederum von Raibler Dolomit überlagert, bevor letztendlich der Hauptdolomit ansteht.

2 Anfertigung von Arbeitskarten

Um eine möglichst präzise geologische Aufnahme durchzuführen zu können, sind zu Beginn sogenannte Arbeitskarten erstellt worden. Dafür wird eine aktuelle Vermessung des Steinbruchs verwendet, welche als aktueller Plan zur Verfügung steht, siehe Abbildung 9.

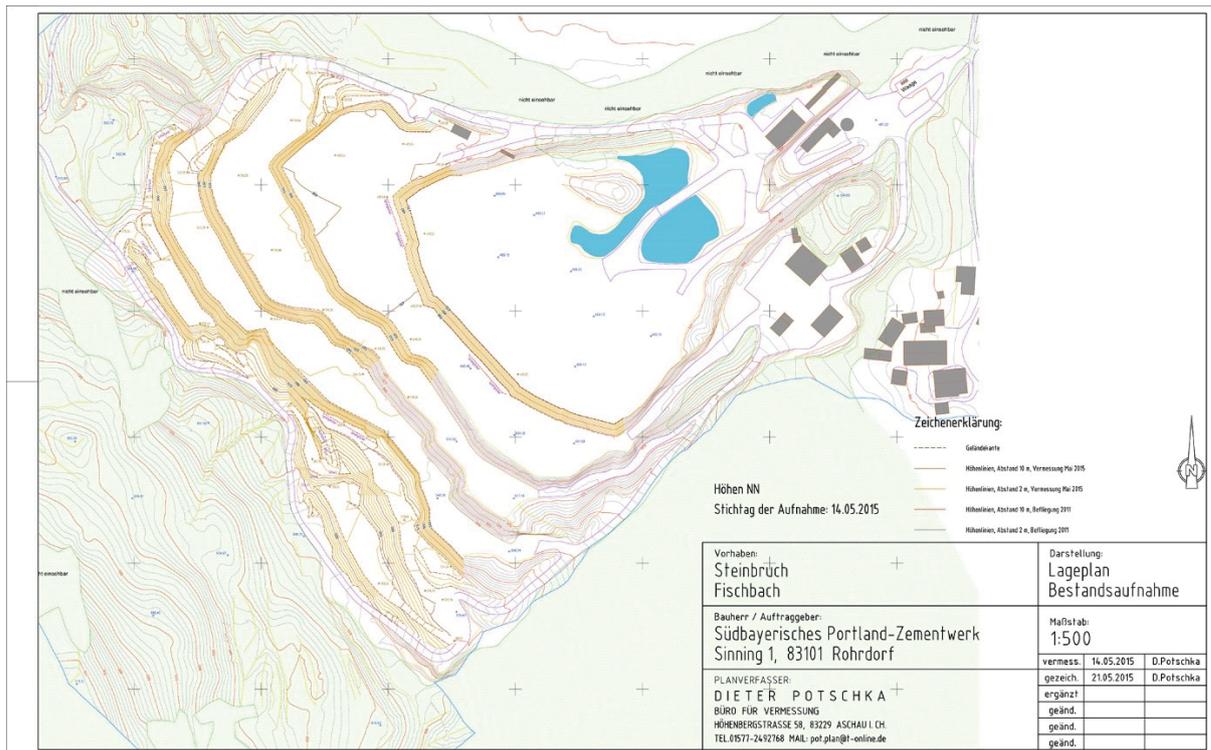


Abbildung 9: Aktueller Lageplan Mai 2015

Dieser Lageplan wird weiters in kleinere, übersichtliche Kartenabschnitte aufgeteilt, welche jeweils einen Bereich von 200x100 m abdecken. Wichtig für die Nachvollziehbarkeit ist eine genaue Angabe, welche Arbeitskarte welchen Teil des Gesamtgebietes abdeckt (siehe Abbildung 10), um die genaue Zuordnung der einzelnen Aufnahmen zu gewährleisten.



Abbildung 10: Einteilung der Arbeitskarten

Für die Einteilung, Erstellung und weitere Bearbeitung der Arbeitskarten wird die Software AutoCAD[®] verwendet, damit kann auch die Größe der Kartenabschnitte, sowie der Maßstab frei gewählt werden.

Wie bereits erwähnt zeigt jede Arbeitskarte einen Bereich von 200x100 m und wird im Format A3 ausgedruckt. Somit entsprechen 100 m im Gelände genau 20 cm auf den Arbeitskarten. Dieser Maßstab ist wichtig, da nach den Aufnahmen die gesammelten Ergebnisse in einer großen Übersichtskarte zusammengefügt werden. Damit lassen sich großräumige Diskontinuitäten, wie auch Zusammenhänge von Kluftsystemen auch über mehrere Etagen darstellen. Alle Arbeitskarten, sowie deren Übersichtskarte sind der Daten-CD im Anhang beigelegt.

Ein Beispiel einer Arbeitskarte zeigt Abbildung 11.

⁸ <http://www.autodesk.de/products/autocad/overview>

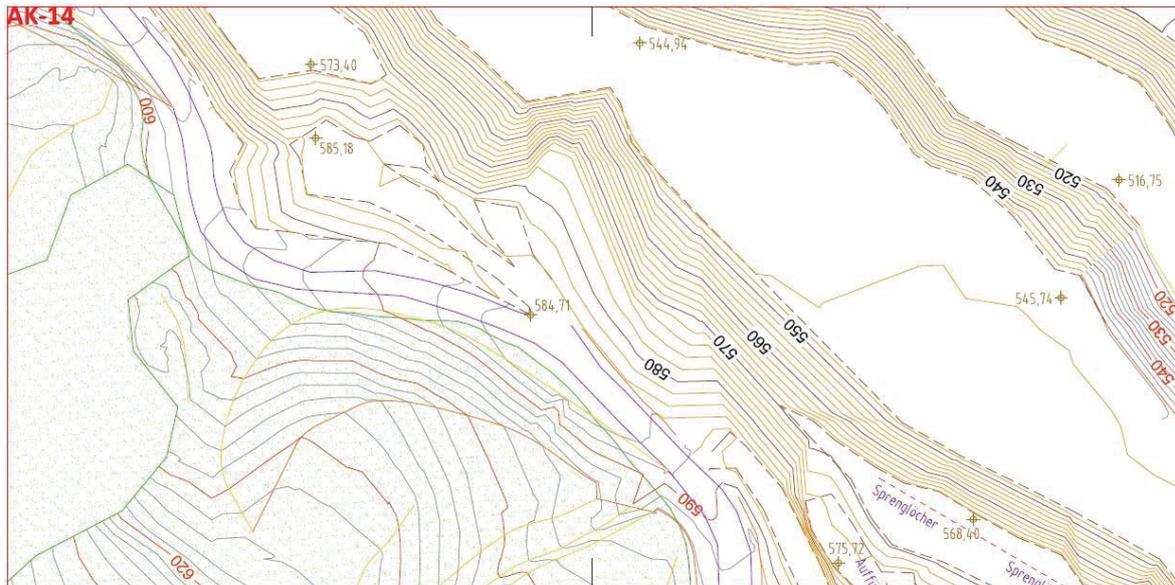


Abbildung 11: Beispiel einer Arbeitskarte

Insgesamt werden für den Steinbruch Fischbach 26 solcher Arbeitskarten erstellt. Diese Kartenausschnitte werden in weiterer Folge vor Ort in mehrere, 20 m lange Segmente entlang der Tagebauböschungen unterteilt, in welchen die geologischen Aufnahmen stattfinden.

3 Standsicherheitsuntersuchungen

Die Standfestigkeit einzelner Etagen oder auch einer gesamten Tagebauböschung ist ein essentieller Parameter in der Planung der Abbautätigkeiten. Die zweifellos wichtigste Komponente hierbei ist die Sicherheit gegen ein Versagen einer Böschung, da dabei neben der Gefährdung von Menschenleben auch betriebliche Infrastruktur zerstört werden kann. Wählt man hingegen eine zu flache Böschungsneigung, erhöhen sich die Abbaukosten um ein vielfaches, da sich das Verhältnis von Wertmineral zu Abraum zugunsten des Abraumes verschiebt. Daher werden in den folgenden Kapiteln Methoden zur Abschätzung der Standfestigkeit solcher Tagebauböschungen vorgestellt.

3.1 Einleitung

Die vorgenommenen Untersuchungen behandeln zum einen ein lokales Versagen an Etagenwänden, wobei aufgenommene Klüfte miteinander verschnitten werden. Diese Kluftflächen können Keile bilden, welche aus der Böschung herausgleiten können und somit ein Gefahrenpotential darstellen.

Zum anderen wird ein regionales Versagen von einer oder mehreren Etagen entlang eines kreisförmigen Gleitkreises untersucht.

Diese Untersuchungen sind in zwei getrennten Kapiteln dargestellt worden.

3.2 Lokale Standfestigkeit

Bei der Untersuchung der lokalen Standfestigkeit werden translatorische Versagensmechanismen bewertet.

Zuerst werden an allen zugänglichen und gesicherten Etagen Kluftaufnahmen vorgenommen. Diese werden in MS Excel digitalisiert und mit der Software „Swedge ⁽⁹⁾“ weiterverarbeitet. Anschließend wird das Abbaugelände in Regionalbereiche eingeteilt, um eine differenzierte Untersuchung der lokalen Standfestigkeit zu ermöglichen. Nach erfolgter Berechnung in Swedge

⁹ <https://www.rocscience.com/rocscience/products/swedge>

werden mögliche Keilvariationen mit individuellem Sicherheitsfaktor ausgegeben, welche mit den Aufzeichnungen der Kluftaufnahme sowie den Fotos der einzelnen Segmente verglichen werden. Findet sich ein ähnliches Keilversagen in der Realität, können Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung des Sicherheitsrisikos getroffen werden. Alle aufgenommenen Daten werden den einzelnen Sektoren zugeordnet.

3.2.1 Aufnahme der Klüfte

Die geologische Aufnahme erfolgt vor Ort mit Hilfe eines sogenannten Freiburger Gefügekompasses, dargestellt in Abbildung 12. Mit diesem Werkzeug können Flächen und Lineare mit nur jeweils einer Messung aufgenommen werden. Die Messung erfolgt durch Auflegen des Deckels an ein Flächenelement und anschließendes Horizontieren des Kompasses mittels der eingebauten Dosenlibelle. Am Horizontalkreis wird die Einfallsrichtung, am Neigungsmesser des Deckelscharniers das Einfallen abgelesen.

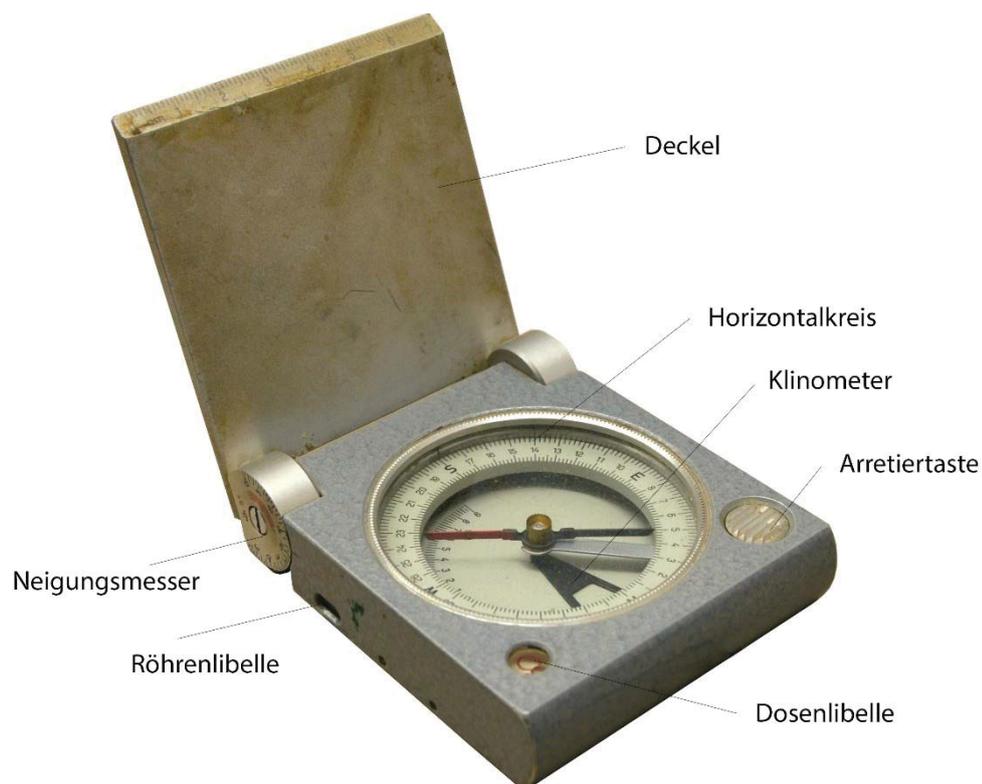


Abbildung 12: Freiburger Gefügekompass

Das Ergebnis einer Messung ist der sog. Clar-Wert, welcher sich aus Einfallsrichtung und Einfallen zusammensetzt, siehe Abbildung 13. Dabei ist zu beachten dass die Streichlinie immer waagrecht

verläuft, und dazu die Einfallsrichtung im Winkel von genau 90° zum Streichen verläuft. Der Einfallswinkel wird ebenfalls von der Horizontalen aus gemessen.

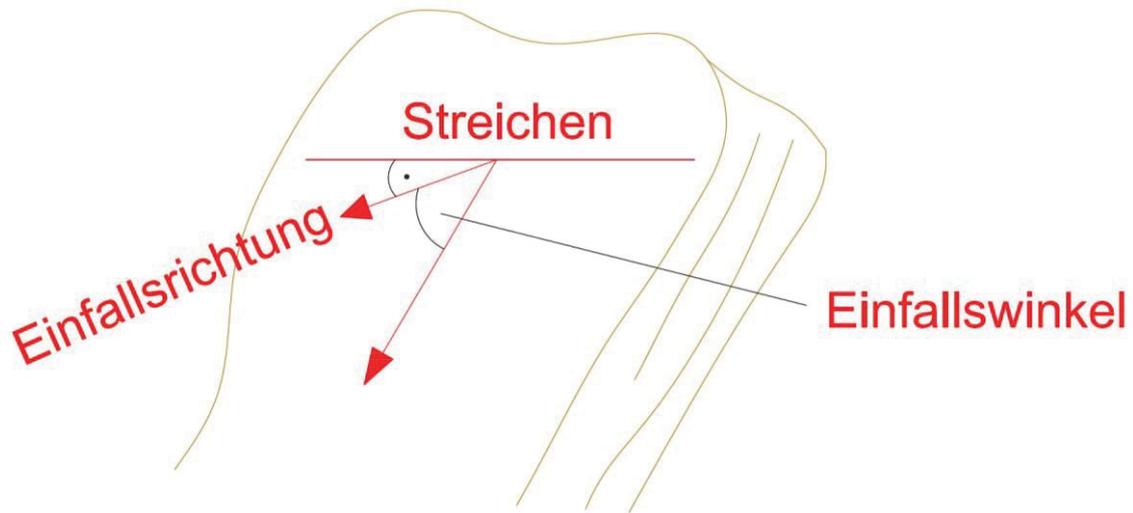


Abbildung 13: Einfallsrichtung und Winkel

Für die Durchführung der Messungen empfiehlt sich ein systematisches Vorgehen, wobei auch auf den Sicherheitsaspekt geachtet wird. So werden ungesicherte Etagen oder Abschnitte von Etagen, welche gerade im Verhieb sind, ausgelassen und wenn möglich zu einem späteren Zeitpunkt aufgenommen.

Um die Aufnahme möglichst nachvollziehbar und übersichtlich zu gestalten, werden alle Etagen in etwa 20m lange Segmente eingeteilt. Diese Segmentlänge bietet sich aufgrund des gewählten Maßstabs der Arbeitskarten an, da jede Arbeitskarte einen Bereich von 200 m x 100 m abdeckt. Somit können Klüfte vor Ort in die Karten eingezeichnet werden. Ferner werden die Kluftaufnahmen in eine Datenbank übertragen, daher ist es sinnvoll eine gleichbleibende Segmentlänge beizubehalten.

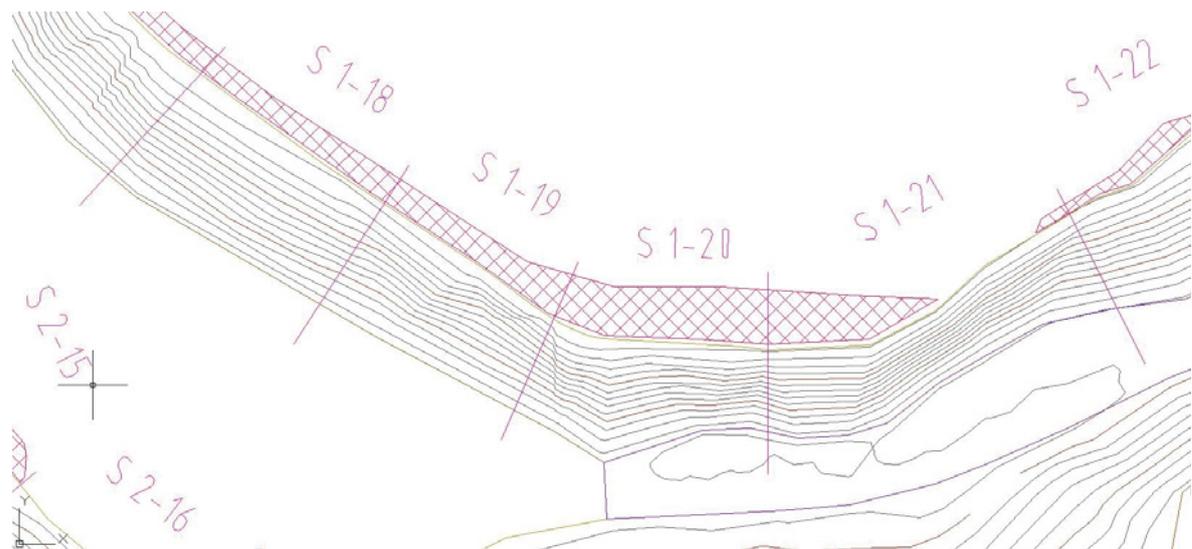


Abbildung 14: Ausschnitt Segmenteinteilung (1 cm \cong 8 m)

Anhand einer aktuellen Vermessung erfolgt die Orientierung anhand markanter Punkte in der Arbeitskarte. Die Länge der jeweiligen Segmente wird mittels eines 30m Maßbandes, wie es auch zur Bohrlochvermessung verwendet wird, ermittelt. Anschließend wird das Segment mit einem Markierspray direkt an der Bruchwand gekennzeichnet, und für eine lückenlose Dokumentation fotografiert, siehe Abbildung 15. Besonderer Wert wird auf eine eindeutige Zuordnung von Segmenten zu den dazugehörigen Fotos gelegt.



Abbildung 15: Markierung eines Segments

Unter Zuhilfenahme der Fotos lassen sich anschließend große Diskontinuitäten bezüglich ihrer Ausdehnung besser beschreiben und es fällt leichter, diese exakt im Lagerstättenmodell zu platzieren. Die gesammelte Fotodokumentation mit 103 Aufnahmen befindet sich auf der Daten-CD im Anhang dieser Diplomarbeit.

Nach dem Fotografieren beginnt die eigentliche Arbeit in Form von geologischen Aufnahmen mittels Freiburger Gefügekompass. Dazu wird der Kompass innerhalb eines Segmentes an mehreren Kluft- oder Störflächen angelegt, und deren Orientierung abgelesen und notiert. Ebenfalls notiert werden, falls vorhanden oder einsehbar, die Länge, Füllung und besondere Merkmale der Klüfte.

Um diese Daten weiterverarbeiten zu können, wird am Ende die gesamte Liste – in diesem Fall mit Aufnahmen von 1055 Kluftflächen – in MS Excel digitalisiert. Einen Auszug daraus zeigt Tabelle 1. Die vollständige Liste ist dem Anhang als Tabelle 61 beigelegt.

Nr.	Datum	Art	Einf-Richt.	Einf-Wink.	AK	SEG	Foto	Länge	Füll.	Bemerkung
77	25.06.	Kluft	061	65	15	0-8	S 0-8	3		2m lvLM (links von linker Markierung)
78		Kluft	176	65				3		1m lvLM
79		Kluft	004	44				1		1,5m lvLM, 90° auf 78
80		Kluft	175	85				3		1m lvLM
81		Stör.	134	70				5	Merg.	4 cm mit Mergel gefüllt, senkrecht, 2m v.r.M., Foto D1
82		Kluft	060	55				3		Kluftfläche
83		Kluft	212	55				1		- " -
84		Kluft	071	82				2		in Wandneigung, 4m rvM.
85		Kluft	314	40				3		-
86		Kluft	314	55				2		Schichtung mehrere Meter
87		Kluft	336	38				3		rechts der Mitte
88		Kluft	076	75				2		rechts der Mitte, bei senkr. Störung
89		Kluft	272	28				1		waagrechte Störung
90		Kluft	064	64				2	Merg.	3m lvM (Mergeleinschluss)
91		Kluft	064	75				2		Schicht, 3m lvM.
92		Kluft	034	72				2		Mergeleinschluss 1-2 m
93		Kluft	032	75				2		2m lvM in Wandneigung
94		Kluft	350	70				4		fast senkrecht, 2m links v.M.
95		Kluft	020	65	15	0-9	S 0-9	1		ganz links bei Markierung
96		Kluft	346	48				2		unter der Schichtung
97		Kluft	270	82				5		gelbliche Schichtung
98		Kluft	276	83				5		2m rechts von 97
99		Kluft	002	35				1		1m links von rechtem Haufen

Tabelle 1: Auszug aus geologischer Aufnahme

Größere Störungen, welche in Tabelle 1 braun schattiert sind, werden digital in die Arbeitskarte übertragen. Damit lassen sich mögliche etagenübergreifende Zusammenhänge großer Störungen oder Klüfte leichter identifizieren, siehe Abbildung 16.

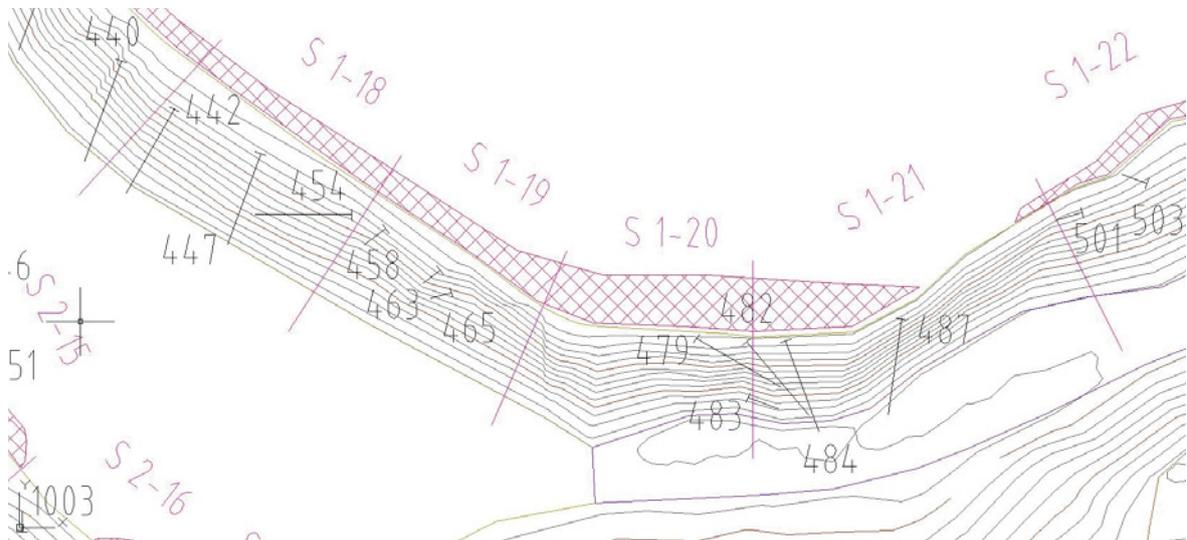


Abbildung 16: Ausschnitt Arbeitskarte mit Klufflächen (1 cm \triangleq 8 m)

Die vollständige Arbeitskarte wird als DWG sowie als PDF der Daten-CD im Anhang beigefügt.

Weiters wird die Liste der geologischen Aufnahmen in die Open-Source Software „OpenStereo⁽¹⁰⁾“ eingelesen, um Häufungen von Polpunkten bzw. Klufscharen im Aufnahmegebiet sichtbar zu machen und damit eine generelle Fallrichtung in ausgewiesenen Bereichen bestimmen zu können.

Diese nun mit den größeren Klüften und Störungen erweiterte Arbeitskarte dient später als eine der Grundlagen des Lagerstättenmodells in der Software „Surpac“, siehe Kapitel 4.1.

¹⁰ <http://www.igc.usp.br/index.php?id=openstereo>

3.2.2 Regionalbereiche

Die Einteilung des Abbaugebietes in Regionalbereiche erfolgt nach der Fallrichtung der Böschungen. Die somit zusammengefassten Etagen ergeben 5 Regionalbereiche mit 4 generalisierten Böschungsorientierungen, siehe Abbildung 17.

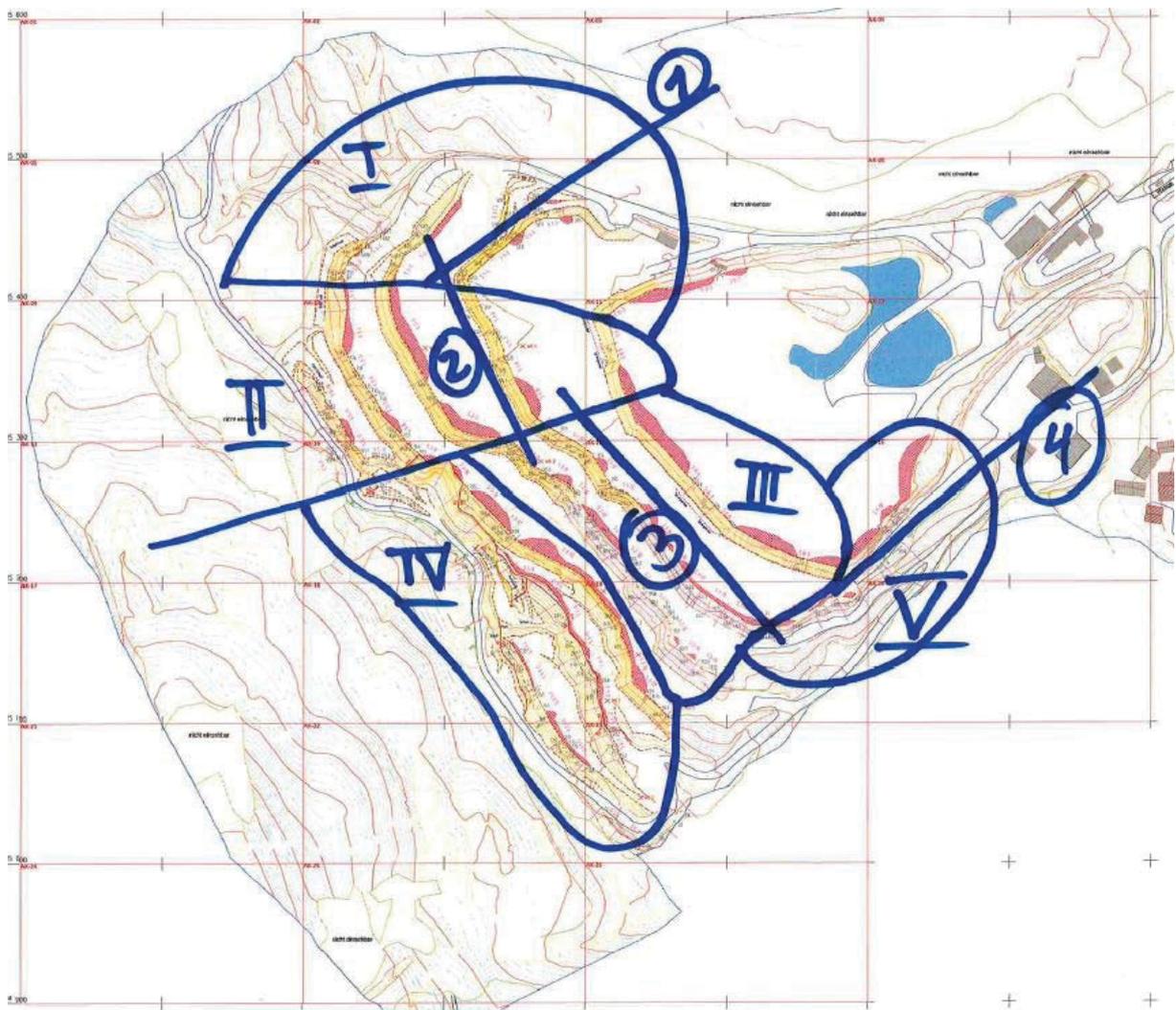


Abbildung 17: Regionalbereiche

Dabei stehen die römischen Ziffern für die gewählten Regionalbereiche, die arabischen Zahlen für die jeweils gemittelte Böschungsorientierung. Weiters werden die Kluftaufnahmen nach den

Bereichen sortiert und in die Polpunktsoftware „Dips ⁽¹¹⁾“ eingelesen. Diese Auswertung gibt stereographische Projektionen der jeweiligen Regionalbereiche wieder.

In weiterer Folge werden die einzelnen Bereiche genauer untersucht.

3.2.2.1 Regionalbereich I

In Abbildung 18 wird das Polpunktdiagramm von Regionalbereich I dargestellt.

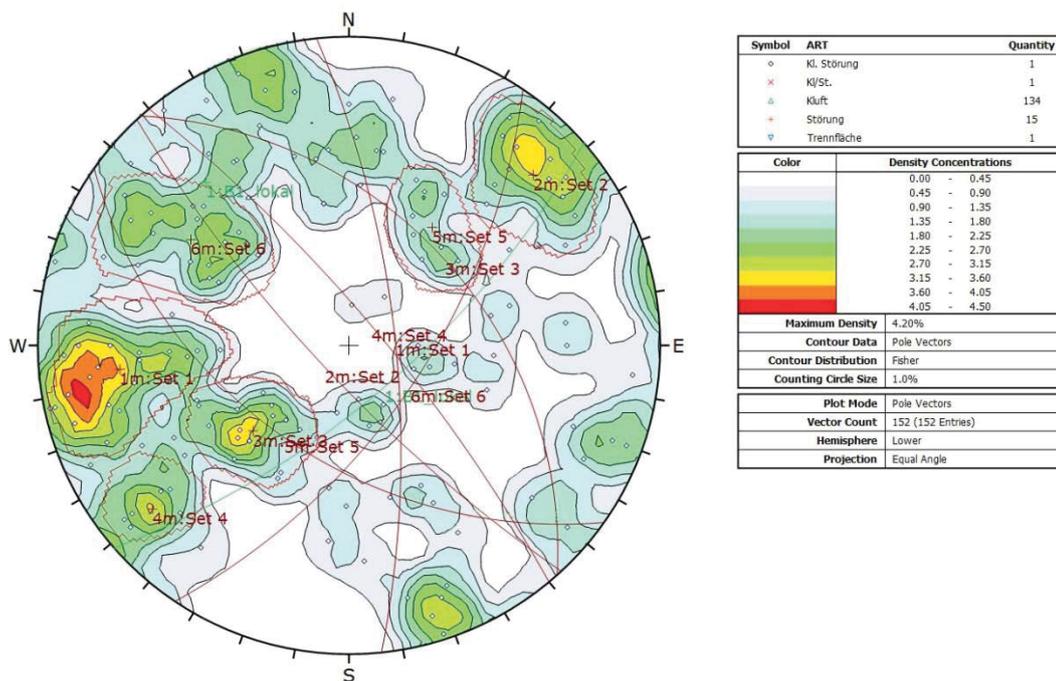


Abbildung 18: Dips-Auswertung Regionalbereich I

Dabei werden Anhäufungen von Polpunkten zu einzelnen „Sets“ zusammengefasst. Jedes Set – in Regionalbereich I z.B.: 6 Sets – steht somit für eine erhöhte Konzentration an einzelnen Klüften. Eine rote Färbung steht hier für eine sehr hohe Dichte an Klüften, also eine durchaus hohe Kluftkonzentration (z.B.: Set 1), ist ein Set grün gefärbt (z.B.: Set 5) handelt es sich um eine geringere Konzentration. Die höchste Dichte an Klüften ist hierbei bei Set 1, 2, und 3 gegeben. Die zu den jeweiligen Sets gehörenden Großkreise werden in roter Farbe dargestellt. Der grüne Großkreis bezeichnet die Böschungsorientierung des jeweiligen Regionalbereichs.

In weiterer Folge werden die einzelnen Sets in MS Excel in einer Matrix gegenübergestellt, siehe Tabelle 2. Mit Hilfe der Software „Swedge“ werden die Sets miteinander verschnitten und die

¹¹ <https://www.rocscience.com/rocscience/products/dips>

jeweiligen Sicherheitsfaktoren berechnet. Dabei ist zu beachten, dass „Swedge“ aus den einzelnen Sets unendlich ausgedehnte Flächen rechnet und somit theoretisch mögliche Keile untersucht. In der Natur werden diese Keile aber wieder durch andere Diskontinuitäten abgeschnitten und erreichen somit nie die von Swedge angenommen Geometrien. Das Programm Swedge errechnet somit immer das „worst-case“ Szenario einer ungünstigen Verschneidung zweier Diskontinuitäten.

Regionalbereich 1										
Diskont.	Einf. [°]	Einf.-Richt. [°]	Set	Sicherheitsfaktor						
					1	2	3	4	5	6
1m	73	84	1	1	X	X	X	X	X	X
2m	78	227	2	2	1,20	X	X	X	X	X
3m	45	48	3	3	nw	nw	X	X	X	X
4m	79	50	4	4	nw	22,32	nw	X	X	X
5m	50	215	5	5	1,32	6,03	6,88	4,98	X	X
6m	63	124	6	6	0,50	0,50	nw	0,29	0,70	X
Böschungen	70	139	B1 lokal							

Tabelle 2: Sicherheitsfaktoren Bereich 1 (siehe Abbildung 17)

Zur linken Hand werden das Einfallen und die Einfallsrichtung der einzelnen Kluft-Sets sowie der Böschung angezeigt, rechts die Matrix mit den Sicherheitsfaktoren, im Folgenden SF genannt, wenn die einzelnen Sets miteinander verschritten werden. Sofern der SF über 1,60 liegt, wird der mögliche Keil als ausreichend sicher bezeichnet. Liegt der Wert darunter, folgt eine genauere Prüfung des Keiles. Die Werte „nw“ stehen für „no wedge“ und bedeuten, dass zwischen den beiden Kluft-Sets keine Keilbildung möglich ist.

Somit bleiben für eine weitere Beurteilung folgende mögliche Keile übrig:

- Keil 1-2 mit SF von 1,20
- Keil 1-5 mit SF von 1,32
- Keil 1-6 mit SF von 0,50
- Keil 2-6 mit SF von 0,50
- Keil 4-6 mit SF von 0,29
- Keil 5-6 mit SF von 0,70

Des Weiteren gibt „Swedge“ die Geometrie der möglichen Keile in der Böschung wider, für Keil 1-2 siehe Abbildung 19.

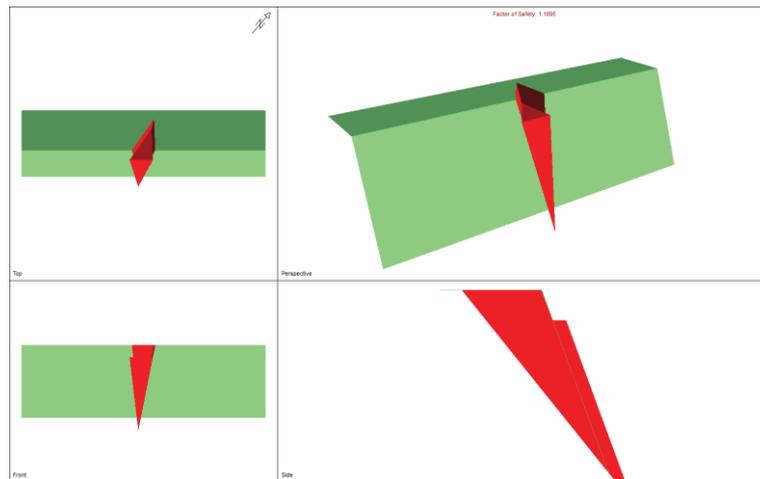


Abbildung 19: Bereich I – Keil 1-2

Da die Software „Swedge“ die Kluffsets unendlich ausdehnt und miteinander verschneidet, sind die untersuchten Keilformen theoretisch möglich, treten aber in der Realität nicht auf. Daher werden in der Fotodokumentation der geologischen Aufnahme ähnlich geartete Keile oder Versagensflächen im Regionalbereich 1 gesucht. Findet sich nichts dergleichen, kann davon ausgegangen werden, dass der jeweilige Keil in der dargestellten Form nur in der Theorie existiert. Da sich in der Fotodokumentation keine vergleichbaren Versagensflächen finden, ist es unwahrscheinlich, dass dieser Keil in der Realität existiert. Durch die Klüftung der Böschung ist es möglich dass allfällige solche Keile bereits während der Sprengung abgeschert werden und herausgleiten.

Der nächste Keil mit geringem SF ist Keil 1-5, siehe Abbildung 20.

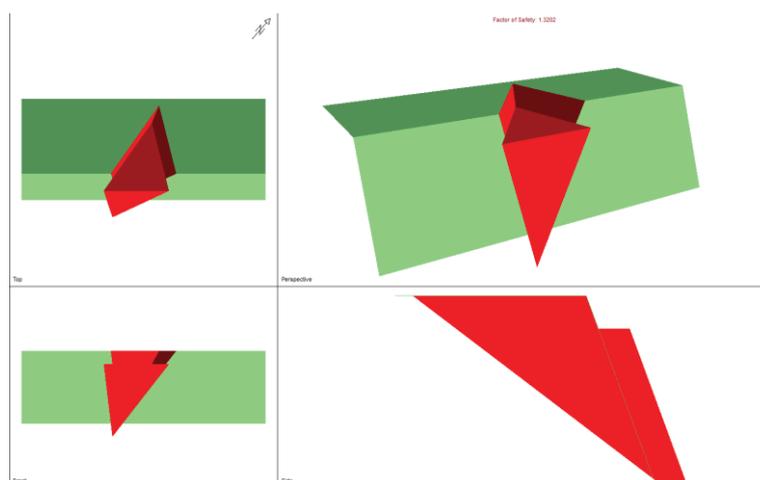


Abbildung 20: Bereich I – Keil 1-5

Es handelt sich hierbei um einen Keil von relativ großer Masse, der nach Abgleich mit der Fotodokumentation in der aktuellen Böschung jedoch nicht vorkommt.

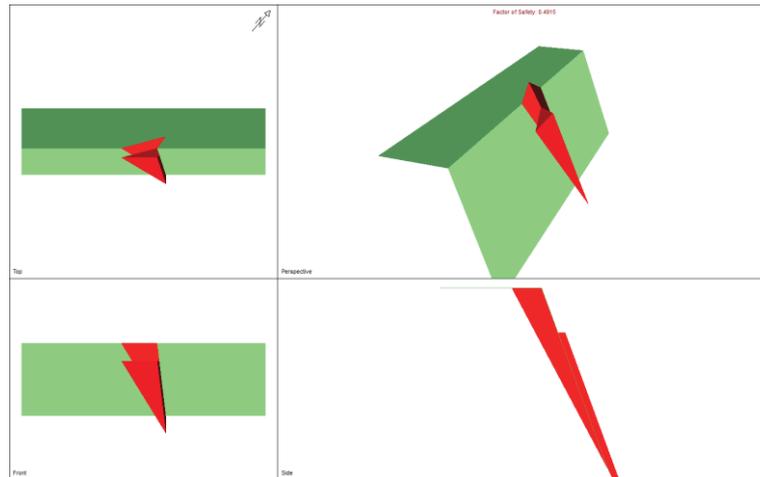


Abbildung 21: Bereich I – Keil 1-6

Bei Abbildung 21 handelt es sich um sehr steil stehende Rutschflächen, wodurch diese Keile sehr leicht herausgleiten könnten. Da in der Fotodokumentation keine ähnlichen Flächen ersichtlich sind, ist davon auszugehen, dass diese Keile aufgrund ihrer Geometrie und ihrer geringen Masse unbemerkt während des Sprengens abgleiten.

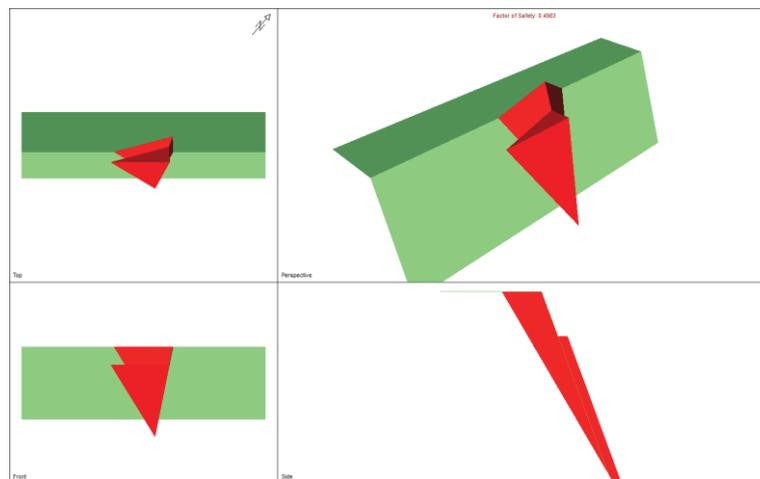


Abbildung 22: Bereich I – Keil 2-6

Der in Abbildung 22 dargestellte Keil 2-6 ist in Form und Erscheinung dem Keil 1-6 ähnlich, unterscheidet sich aber in seiner ungleich größeren Masse. Auch dieser Keil kommt laut Fotodokumentation in der Böschung nicht vor, folglich gelten dieselben Schlüsse wie zuvor bei Keil 1-6 und dieses Versagen ist unwahrscheinlich. Sollten sich bei weiterem Abbaufortschritt derartige Keile zeigen, ist auf ein sorgfältiges Ablauten zu achten.

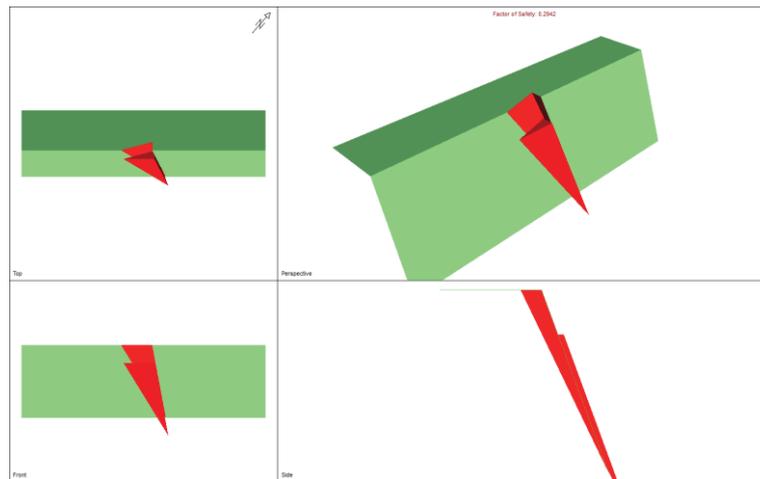


Abbildung 23: Bereich I – Keil 4-6

Keil 4-6 aus Abbildung 23 ist in Form und Größe dem Keil 1-6 sehr ähnlich. Auch dieser Keil ist von geringer Masse und durch steiles Einfallen gekennzeichnet. In der Fotodokumentation findet sich kein solches Versagensbild. Daher wird dieser Keil während des Sprengens vermutlich abgleiten und stellt nach sorgfältigem Ablauten keine Gefahr mehr dar.

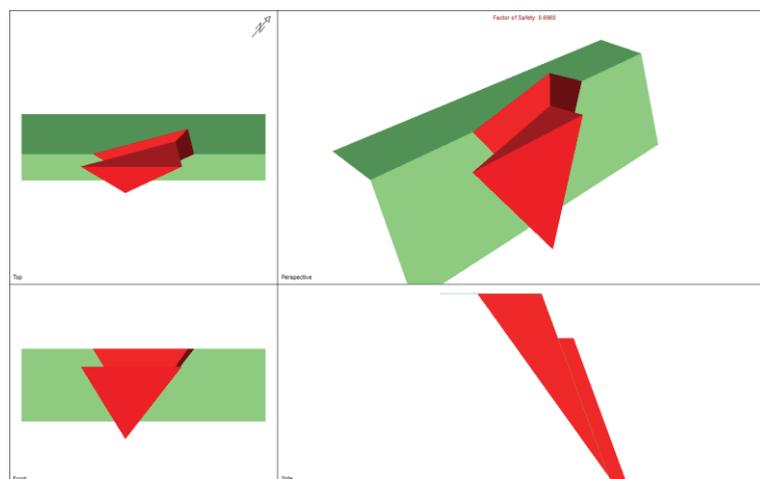


Abbildung 24: Bereich I – Keil 5-6

Keile wie in Abbildung 24 kommen laut Fotodokumentation in Segment S 3-2 vor. Es handelt sich um steil einfallende Geometrien großer Masse, welche großteils bereits durch den Sprengvorgang beseitigt werden, siehe Abbildung 25.



Abbildung 25: Versagen in Segment 3-2

Es ist ersichtlich, dass die Keile bereits in der Böschung durch Klüfte durchsetzt und abgesichert werden, wodurch beim Sprengen nur Teile der jeweiligen Keile abgleiten. Wiederum kann durch sorgfältiges Ablauten ein Großteil des Gefahrenpotentials beseitigt werden. Dennoch sollte bei Arbeiten unterhalb dieser Böschung besondere Vorsicht gelten. Allerdings handelt es sich bei diesen Böschungen um Endböschungen an der nördlichen Etagenzufahrt. Das heißt in diesem Bereich findet kein aktiver Abbau, sondern nur Förderung per SLKW statt.

Nach derselben Vorgehensweise werden auch die möglichen Keile in den anderen Regionalbereichen bewertet.

3.2.2.2 Regionalbereich II

Auch von diesem Bereich ist der Ausgangspunkt eine stereographische Projektion der Kluft-Sets und der Böschungsorientierung, siehe Abbildung 26.

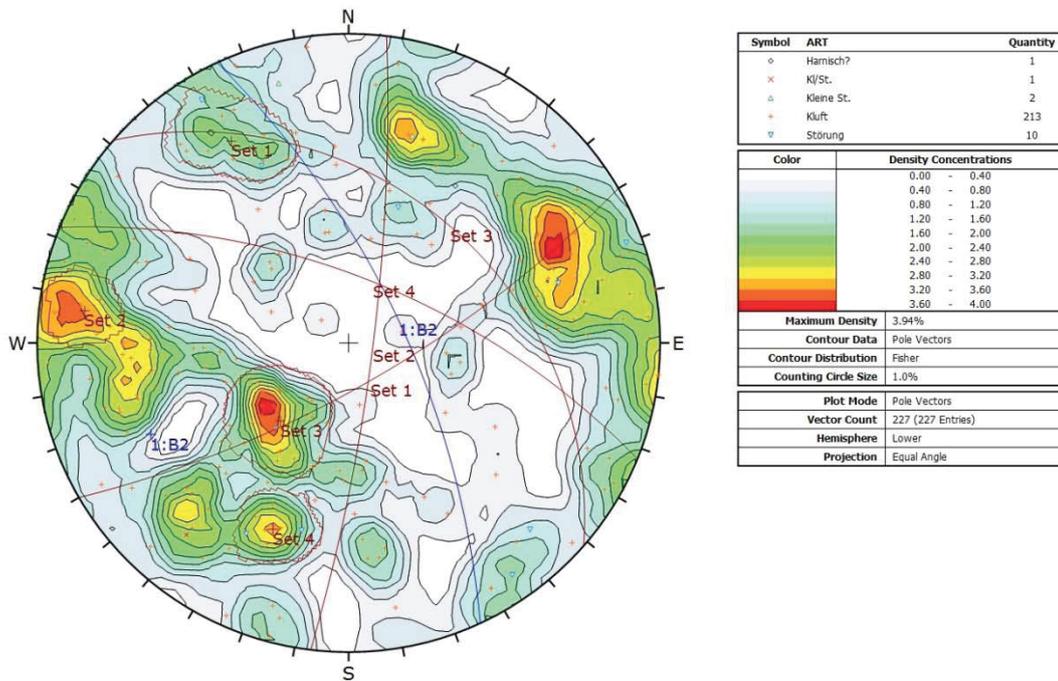


Abbildung 26: Dips-Auswertung Regionalbereich II

Diese Kluft-Sets werden wiederum einander gegenübergestellt und mit Swedge die Sicherheitsfaktoren berechnet, siehe Tabelle 3.

Regionalbereich 2								
Diskont.	Einf. [°]	Einf.-Richt. [°]	Set	Sicherheitsfaktor				
				1	2	3	4	
1m	74	150	1	1	X	X	X	X
2m	81	97	2	2	nw	X	X	X
3m	37	41	3	3	1,1	0,77	X	X
4m	66	22	4	4	0,9	nw	4,36	X
Böschungen	70	65	B2 lokal					

Tabelle 3: Sicherheitsfaktoren Bereich 2

Die möglichen Kombinationen mit $SF < 1,60$ sind in diesem Fall:

- Keil 1-3 mit SF von 1,10
- Keil 1-4 mit SF von 0,90
- Keil 2-3 mit SF von 0,77

Diese 3 möglichen Keile werden wieder gesondert betrachtet, beginnend mit Keil 1-3, siehe Abbildung 27.

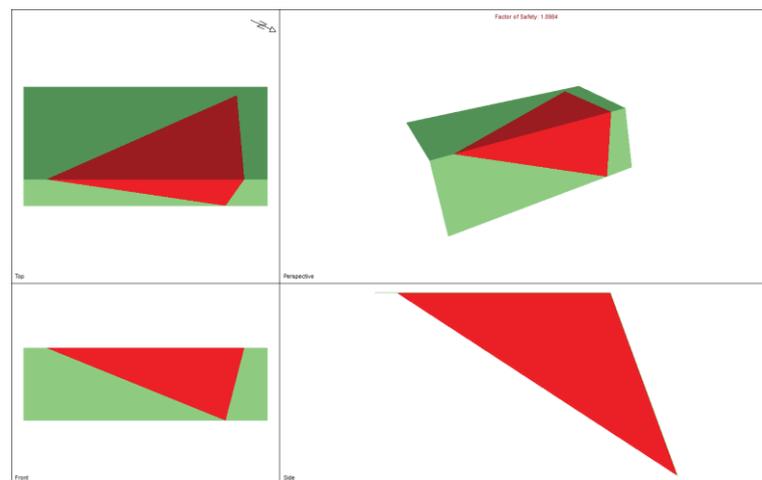


Abbildung 27: Bereich II – Keil 1-3

In der Fotodokumentation sind ähnliche Keile in Segment 1-8 vorhanden, siehe Abbildung 28.



Abbildung 28: Keilversagen Segment S 1-8

Die beiden in Abbildung 28 gekennzeichneten Diskontinuitäten können den Kluft-Sets 3 und 4 zugeordnet werden. Es handelt sich hierbei um Keile von beträchtlicher Masse, die jedoch in der Natur vor dem Abgleiten abgeschert werden, und größtenteils während des Sprengens selbstständig aus der Böschung rutschen. Doch auch hier kann mittels sorgfältigem Ablauten Gefahrensituationen vorgebeugt werden. Außerdem kommen diese Keile nur lokal in wenigen Segmenten vor.

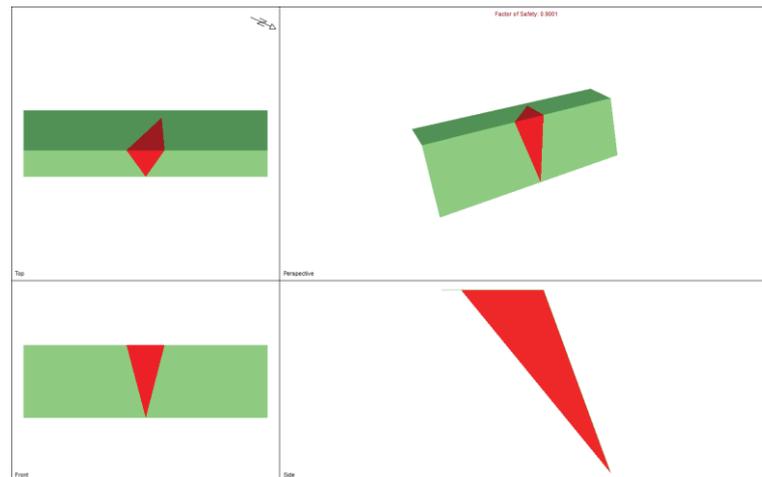


Abbildung 29: Bereich II – Keil 1-4

Keile der Form wie in Abbildung 29 sind laut Fotodokumentation in der Realität nicht vorhanden. Es finden sich weder Spuren von derartigen Keilen, noch von Gleitflächen, die auf bereits abgeglittene Keile hindeuten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass dieser Keil nur durch die theoretische Verschneidung der Kluft-Sets 1-4 möglich ist.

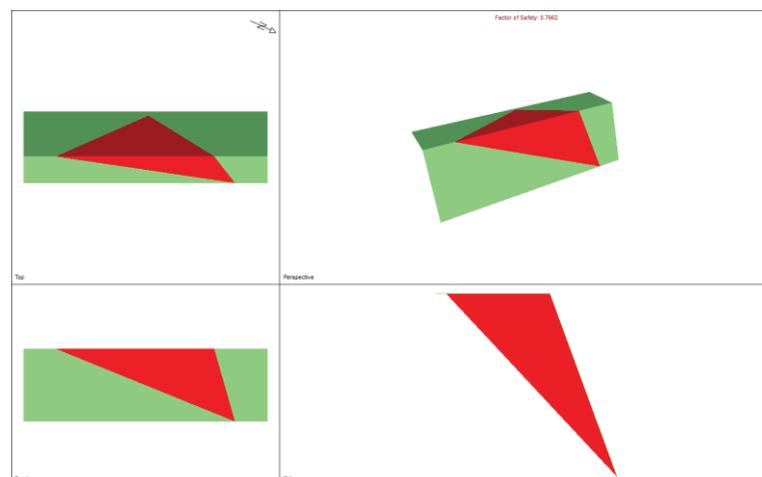


Abbildung 30: Bereich II – Keil 2-3

Ein Keil ähnlich dem in Abbildung 30 findet sich in Segment 1-7, siehe Abbildung 31. Wie schon bei Keil 1-3 wird auch dieser abgesichert, bevor er vollständig aus der Böschung gleiten kann. Diese Verschneidungen sind in der aktuellen Situation auf einige wenige Segmente der Etage 1 begrenzt. Daher sollte an besagten Segmenten nach Sprengungen sorgfältig abgelautet werden, um ein etwaiges plötzliches Versagen von in der Wand verbliebenen Keilen im Vorhinein zu verhindern. Aufgrund des nur lokalen Vorkommens dieser Keile – welches bekannt ist – sollte unterhalb dieser Segmente trotzdem besondere Vorsicht bei Arbeiten gelten. Diese Verschneidung ist mit der Einfallsrichtung von 197 und dem Einfallswinkel von 70° dem Kluft-Set 1 zuzuordnen.



Abbildung 31: Keilversagen Segment S 1-7

3.2.2.3 Regionalbereich III

Abbildung 32 zeigt exemplarisch das Polpunktdiagramm für den Regionalbereich III.

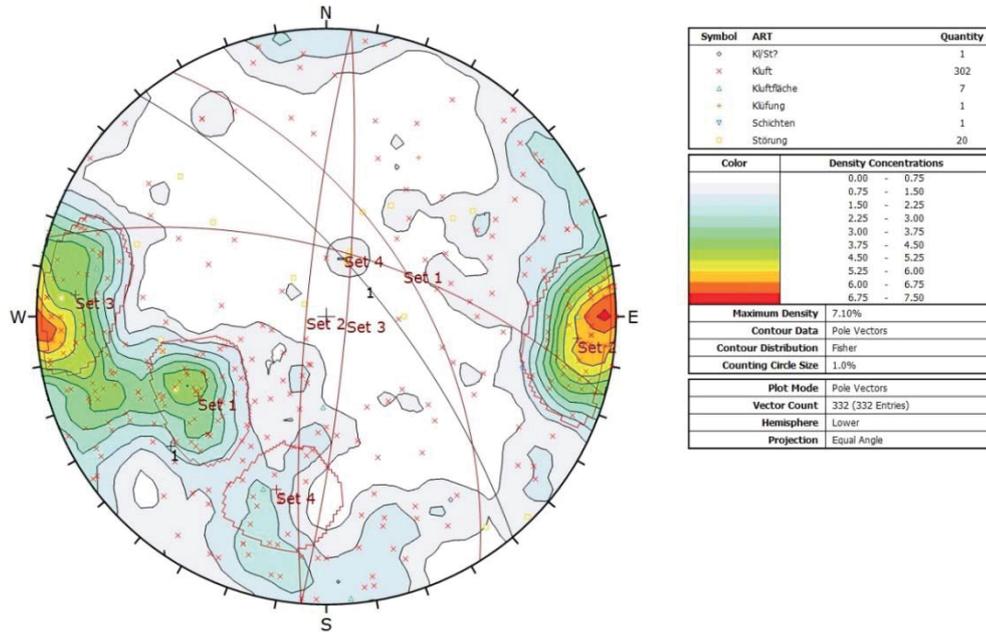


Abbildung 32: Dips-Auswertung Regionalbereich III

Wie bereits gezeigt werden Polpunktanhäufungen zu Kluft-Sets zusammengefasst und im Diagramm mit Set 1 bis Set 4 dargestellt. Die zu den jeweiligen Sets gehörenden Großkreise werden rot gezeichnet. Polpunkt Nr. 1 mit dem dazugehörigen Großkreis 1 – dargestellt in schwarz – steht für die Böschungsorientierung.

In weiterer Folge werden wieder alle Kluft-Sets in einer Matrix gegenübergestellt und die jeweiligen Sicherheitsfaktoren für mögliche Keile berechnet, siehe Tabelle 4.

Regionalbereich 3							
Diskont.	Einf. [°]	Einf.-Richt. [°]	Set	Sicherheitsfaktor			
				1	2	3	4
1m	55	58	1	1	X	X	X
2m	82	275	2	2	1,60	X	X
3m	82	95	3	3	1,29	nw	X
4m	64	16	4	4	0,40	nw	0,30
Böschungen	70	50	B3 lokal				

Tabelle 4: Sicherheitsfaktoren Bereich 3

Somit bleiben für den Bereich 3 folgende – mögliche – Keile mit einem Sicherheitsfaktor $< 1,60$ übrig:

- Keil 1-3 mit SF von 1,29
- Keil 1-4 mit SF von 0,40
- Keil 3-4 mit SF von 0,30

Die geometrische Form der möglichen Keile wird ebenfalls in der Software „Swedge“ dargestellt. Für die 3 erwähnten Keile siehe Abbildung 33, Abbildung 34 und Abbildung 36.

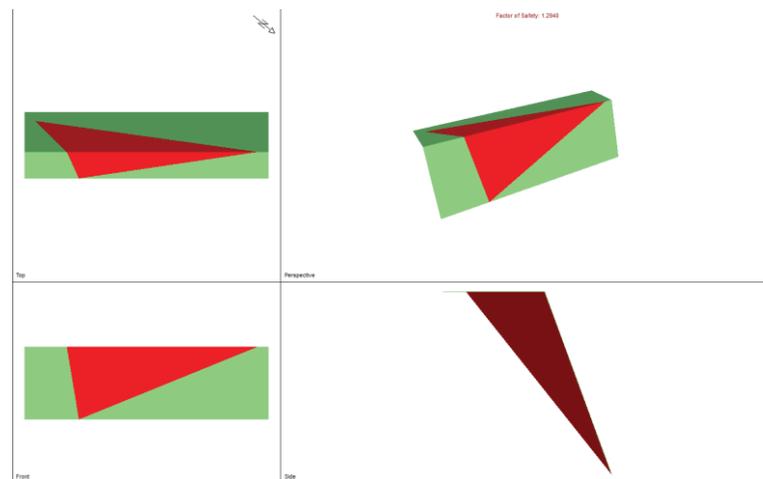


Abbildung 33: Bereich 3 – Keil 1-3

Im Fall des Keils 1-3 findet sich keine vergleichbare Geometrie in der Fotodokumentation. Daher ist davon auszugehen, dass besagter Keil möglich wäre, in der Praxis aber nicht vorkommt.

Somit ist ein Keilversagen des Keils 1-3 im Regionalbereich 3 als unwahrscheinlich einzustufen.

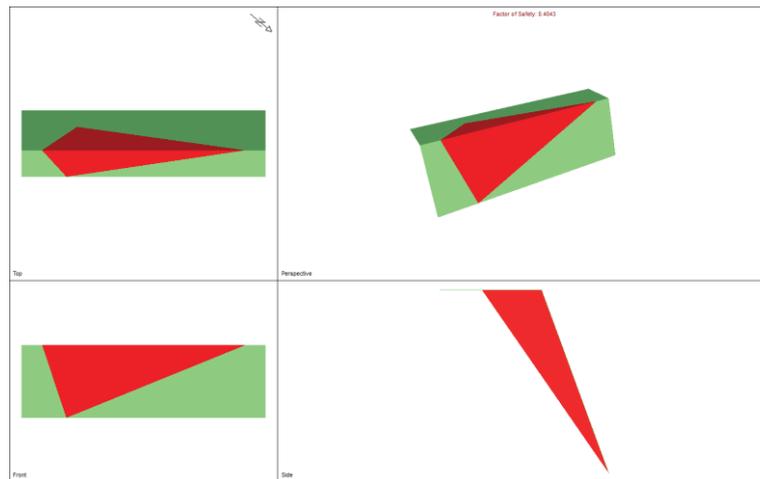


Abbildung 34: Bereich 3 – Keil 1-4

Für den Keil 1-4 aus Abbildung 34 ergibt der Vergleich mit der Fotodokumentation eine mögliche Übereinstimmung mit Keilen aus dem Segment S 0-8, siehe Abbildung 35.



Abbildung 35: Keilversagen Segment S 0-8

Da diese Flächen freiliegen, liegt die Vermutung nahe das diese Keile bereits beim Sprengen abgleiten und keine Gefahr mehr darstellen. Außerdem sind sämtliche Keile in diesem Segment bereits vor dem Abgleiten abgeschert. Durch sorgfältiges Ablauten können allfällige verblieben Keile oder Teile davon entfernt werden. Somit kann das Gefahrenpotential dieser Keile, auch durch ihr nur lokales Vorkommen, deutlich verringert werden.

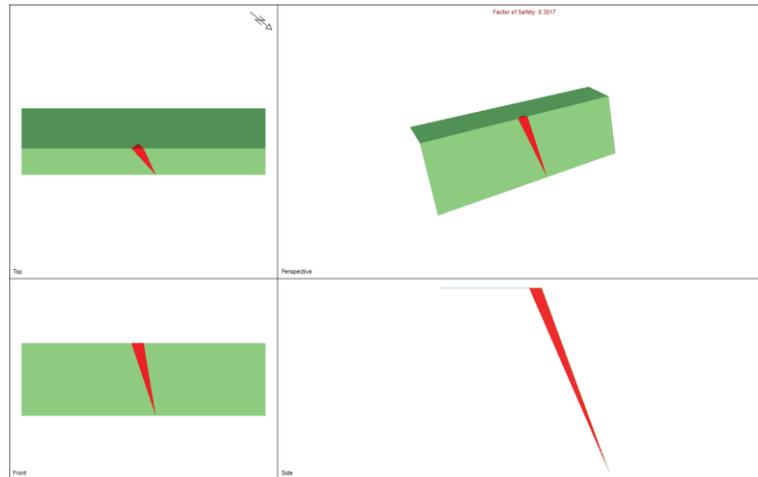


Abbildung 36: Bereich 3 - Keil 3-4

Keile der Form 3-4 aus Abbildung 36 sind durch einen steil stehenden Winkel und eine geringe Masse gekennzeichnet. Sollten diese Keile an den Böschungen vorkommen, so rutschen oder gleiten sie mit hoher Wahrscheinlichkeit während des Sprengens ohne weiteres Zutun aus der Wand heraus. Doch auch hier gilt es mittels sauberem Ablauten etwaiges Gefahrenpotential zu beseitigen.

3.2.2.4 Regionalbereich IV

Das Polpunktdiagramm der Klüfte und der Böschung wird in Abbildung 37 dargestellt.

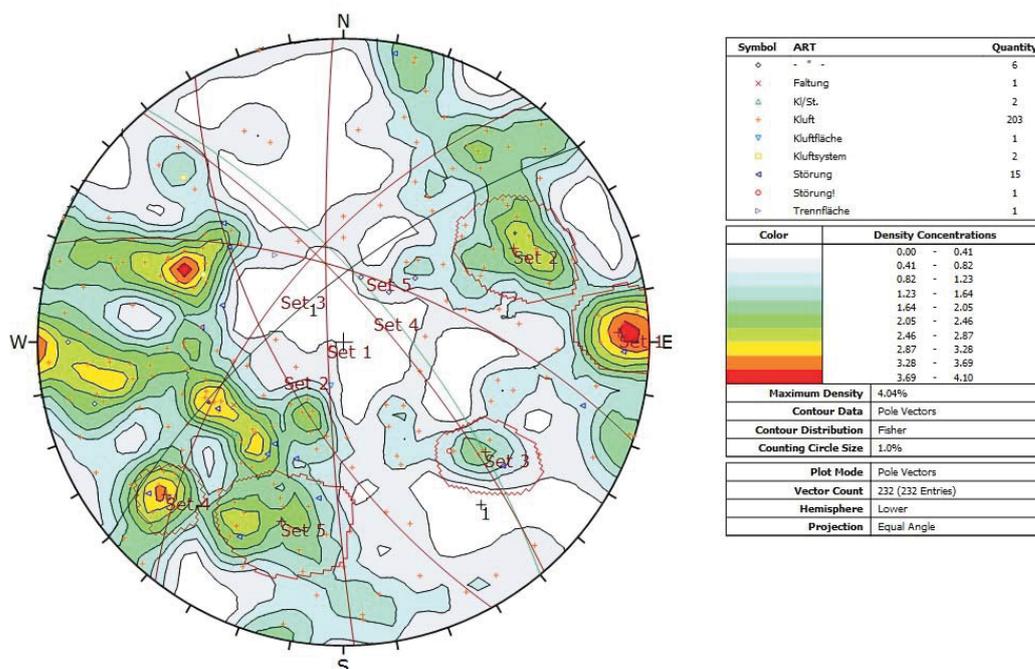


Abbildung 37: Dips-Auswertung Regionalbereich IV

Wie im Polpunktdiagramm ersichtlich, werden die auftretenden Klüfte zu 5 Sets zusammengefasst. Die Böschung wird als Polpunkt 1 mit dem dazugehörigen schwarzen Großkreis dargestellt.

Regionalbereich 4									
Diskont.	Einf. [°]	Einf.-Richt. [°]	Set	Sicherheitsfaktor					
					1	2	3	4	5
1m	84	268	1	1	X	X	X	X	X
2m	65	241	2	2	nw	X	X	X	X
3m	61	308	3	3	0,97	nw	X	X	X
4m	75	49	4	4	nw	nw	nw	X	X
5m	64	19	5	5	nw	nw	nw	nw	X
Böschungen	70	50	B3 lokal						

Tabelle 5: Sicherheitsfaktoren Bereich 4

Tabelle 5 zeigt die errechneten Sicherheitsfaktoren für den Regionalbereich 4. Der einzige laut „Swedge“ mögliche wirksame Keil ist Keil 1-3 mit einem Sicherheitsfaktor von 0,97. Alle anderen betrachteten Möglichkeiten können laut „Swedge“ keine mechanisch wirksamen Keile bilden.

Der Keil 1-3 ist in Abbildung 38 dargestellt.

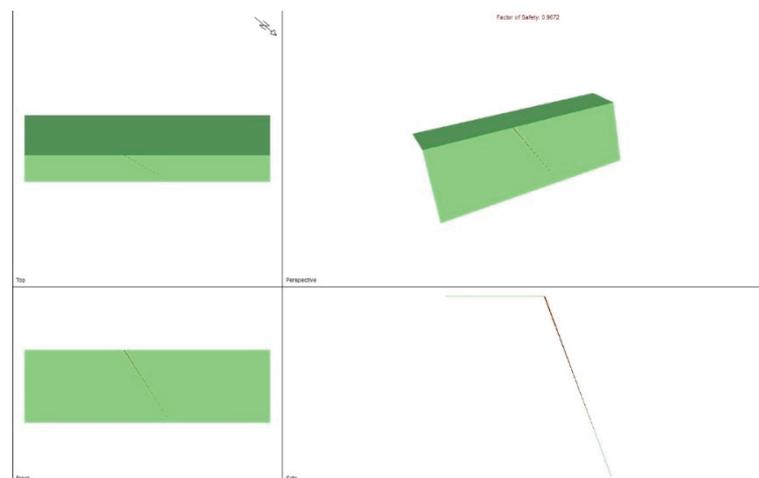


Abbildung 38: Bereich IV - Keil 1-3

Bei dieser Keilform handelt es sich um Keile von sehr geringer Masse, welche beinahe dasselbe Einfallen aufweisen wie die Böschung. Daher ist anzunehmen, dass solche Keile bereits im Zuge der Sprengungen, spätestens aber beim Ablauten, abgleiten. Dafür spricht ebenfalls dass keine derartigen Keile in der Fotodokumentation vorhanden sind.

Da der westliche Teil des Regionalbereichs 4 im Raibler Kalk zum Zeitpunkt der geologischen Aufnahme durch Auflockerungssprengungen sehr zerklüftet war, lässt sich keine vertrauenswürdige Aussage über den unversehrten Zustand dieser Böschungen machen.

Allfälligen weiteren Keilen, welche im Fortschreiten des Abbaus sichtbar werden, wird aber mit einer geringeren Etagenhöhe von 12 m entgegengewirkt.

3.2.2.5 Regionalbereich V

Generell muss erwähnt werden, dass es sich beim Regionalbereich 5 ausschließlich um die beiden südlichen Seitenetagen im Endzustand handelt, welche nur als Zugang zu den ersten beiden Etagen dienen. Dieser Bereich steht daher bereits seit einigen Jahren stabil und ohne Versagenserscheinungen.

Das Polpunktdiagramm des Regionalbereiches 5 wird in Abbildung 39 dargestellt.

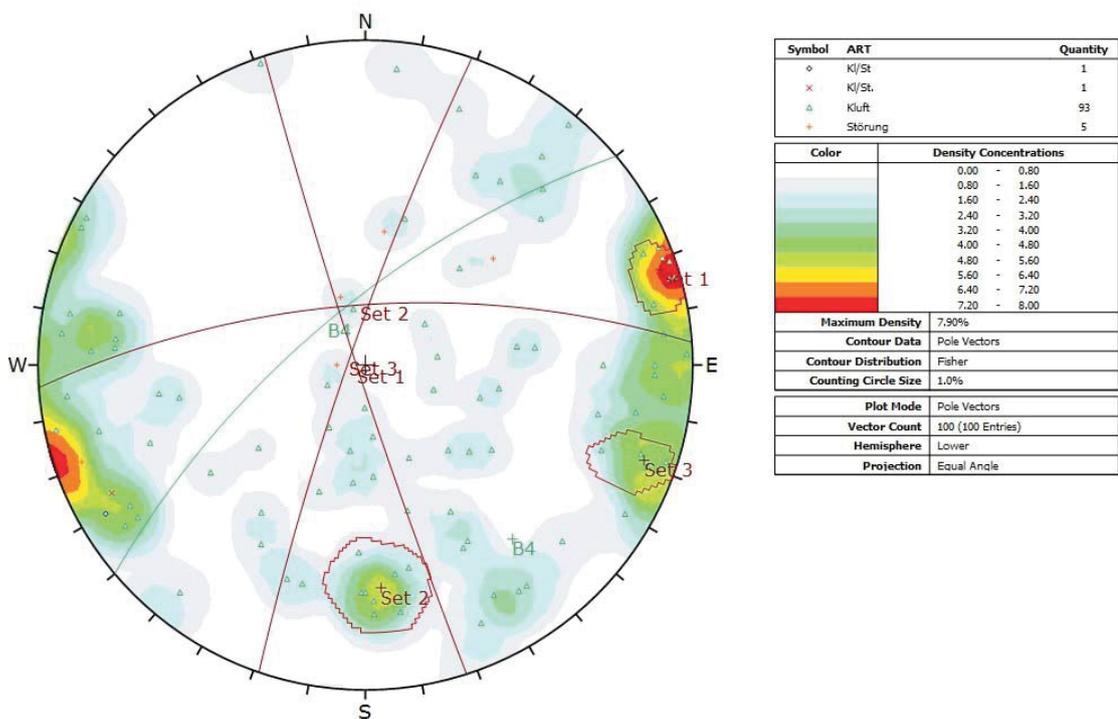


Abbildung 39: Dips-Auswertung Regionalbereich V

Es wurden 3 Kluft-Sets innerhalb der Böschung ermittelt, diese sind in Abbildung 39 rot dargestellt. Die Böschungsorientierung ist wiederum in grün gezeichnet.

Die Auswertung der Sicherheitsfaktoren zeigt Tabelle 6.

Regionalbereich 5				Sicherheitsfaktor			
Diskont.	Einf. [°]	Einf.-Richt. [°]	Set		1	2	3
1m	87	252	1	1	X	X	X
2m	69	356	2	2	0,32	X	X
3m	84	289	3	3	nw	nw	X
Böschungen	70	320	B4 lokal				

Tabelle 6: Sicherheitsfaktoren Bereich 5

Es ergibt sich der Keil 1-2 mit einem SF < 1,60, siehe Abbildung 40.

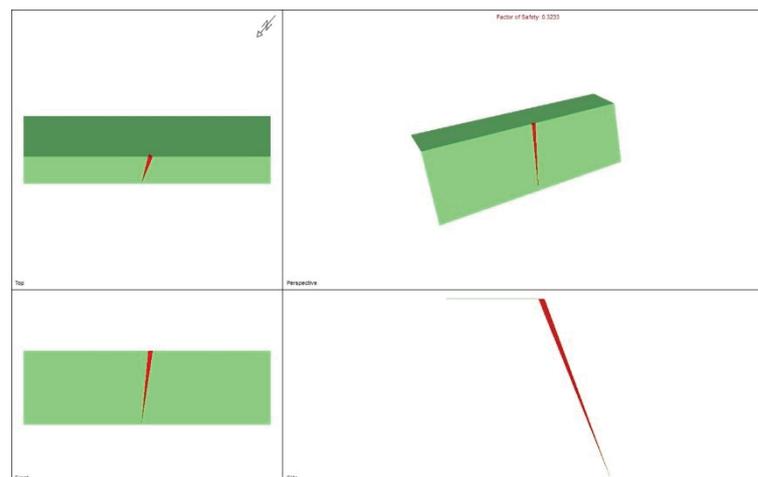


Abbildung 40: Bereich V - Keil 1-2

In der Fotodokumentation kann ein derartiger Keil nicht gefunden werden. Aufgrund seiner geringen Masse und des steilen Einfallens ist davon auszugehen, dass diese Keile – falls vorhanden – wie schon im Bereich IV bereits beim Sprengvorgang abgleiten, und daher keine Gefahr darstellen. Wie eingangs bereits erwähnt, handelt es sich bei beiden Etagen um Etagen im Endzustand, welche seit Jahren stabil stehen. Daher kann der Regionalbereich V als standfest bezeichnet werden.

3.2.3 Analyse und Zusammenfassung

Die lokale Standsicherheit, welche sich an Keilversagen durch verschnittene Kluftflächen orientiert, ergibt insgesamt kein erhöhtes Versagenspotential.

Es wurden alle möglichen Keile mit einem Sicherheitsfaktor $< 1,60$ durch Abgleich mit der Fotodokumentation sowie der Kluftaufnahme überprüft und nur wenige davon kommen auch in der Realität vor. Dies sind zumeist kleine, steil gelagerte Keile von sehr geringer Masse, welche zum überwiegenden Teil im Zuge der Sprengungen abgleiten. Allfällige, in der Böschung verbliebene Keile können durch sorgfältiges Ablauten beseitigt und somit auch das Gefahrenpotential beseitigt werden.

Die sehr akkurat durchgeführten Vermessungen sowohl vor, als auch nach den Sprengungen tragen dabei maßgeblich zu den sehr sauber und homogen wirkenden Etagen bei. Zur Zeit der geologischen Aufnahme waren ebenfalls nur wenige Ausbrüche oder Keile ersichtlich.

Aufgrund der hohen Etagenwände im unteren Bereich des Steinbruchs ist sorgfältiges Ablauten, wie schon bisher praktiziert, dennoch unabdingbar.

Um eine bessere Qualitätssteuerung sicherzustellen, werden die Etagen für die geplante Erweiterung auf 12 m Höhe begrenzt. Dies dient zum einem der Gewährleistung eines möglichst selektiven Abbaus, zum anderen verringert diese Maßnahme das Gefahrenpotential durch Keilversagen.

3.3 Regionale Standfestigkeit

Im Gegensatz zur lokalen Standfestigkeit, bei welcher translatorisches Versagen entlang von Diskontinuitäten oder Klüften betrachtet wird, befasst sich die regionale Standfestigkeit mit dem Versagen entlang einer kreisförmigen Gleitfläche, siehe Abbildung 41. Dabei kommen sogenannte „Circular Failure Charts“, zur Anwendung. Diese erlauben eine rasche Überprüfung der Stabilitätsverhältnisse eines Hanges oder einer Böschung.

Im Hartgesteinstagebau wird dieser Versagensfall zwar als nicht wahrscheinlich angesehen, wird aber dennoch in unseren Betrachtungen analysiert.

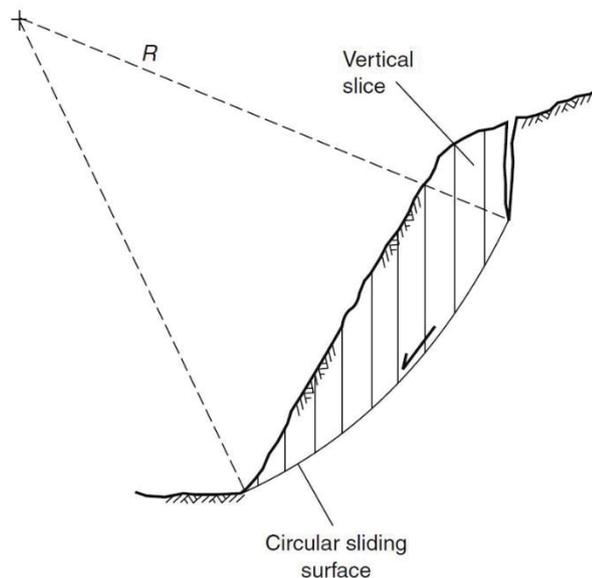


Abbildung 41: Kreisförmige Gleitfläche (Wyllie & Mah, 2005, S. 178)

Mit den Versagensdiagrammen können kritische Kombinationen von Böschungshöhe, Böschungsneigung und Gebirgsparametern unter verschiedenen Grundwasserverhältnissen untersucht werden.

Essentiell für die Berechnung der regionalen Standsicherheit sind dabei die Werte für die Kohäsion und des Reibungswinkels des jeweiligen Homogenbereiches des Gebirges.

Um diese beiden Parameter zu ermitteln, wird zuerst eine Einteilung in geologische Homogenbereiche vorgenommen, wodurch auf eine wichtige Größe der Gebirgsklassifikation, den RQD Wert, geschlossen werden kann. Außerdem werden zur Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit Druckversuche mit aus dem Abbaugbiet entnommenen Gesteinsproben durchgeführt.

Mit den beiden Parametern RQD und einaxiale Druckfestigkeit werden anschließend verschiedene Gebirgsklassifikationen durchgeführt, um auf die finalen Werte für Kohäsion und Reibungswinkel des Gebirges und somit auf die Gebirgsfestigkeit, schließen zu können.

3.3.1 Geologische Homogenbereiche

Eine wichtige Grundlage der gebirgsmechanischen Klassifikation ist die Identifizierung geologischer Homogenbereiche, welche einerseits durch die Zuordnung der geologischen Verhältnisse, und andererseits durch ein Abschätzen des RQD – Wertes erfolgt. Der RQD Wert, kurz für „Rock Quality Designation“ ist, wie auch die Einaxiale Druckfestigkeit ein wichtiger Parameter für gängige Methoden der Gebirgsklassifikation.

Somit werden alle Segmente welche dieselbe Geologie bzw. Lithologie, sowie ähnliches Kluftverhalten aufweisen, zu geologischen Homogenbereichen zusammengefasst.

3.3.1.1 Rock Quality Designation

Die „Rock Quality Designation“ wird seit etwa 1968 als ein Index für die Gebirgsgüte genutzt. Im Prinzip wird durch den RQD Wert der prozentuelle Anteil an intaktem Gestein innerhalb eines Bohrkerns gemessen und stellt einen Standard-Parameter in der geotechnischen Beschreibung von Bohrkernen, sowie in der Gebirgsklassifikation dar. Dabei werden alle intakten Stücke des Bohrkerns, welche über 100 mm lang sind addiert und durch die Gesamtlänge des Bohrloches dividiert.

(Deere & Deere, 1988, S. 91 f)

Das Verfahren wird in Abbildung 42 genauer dargestellt.

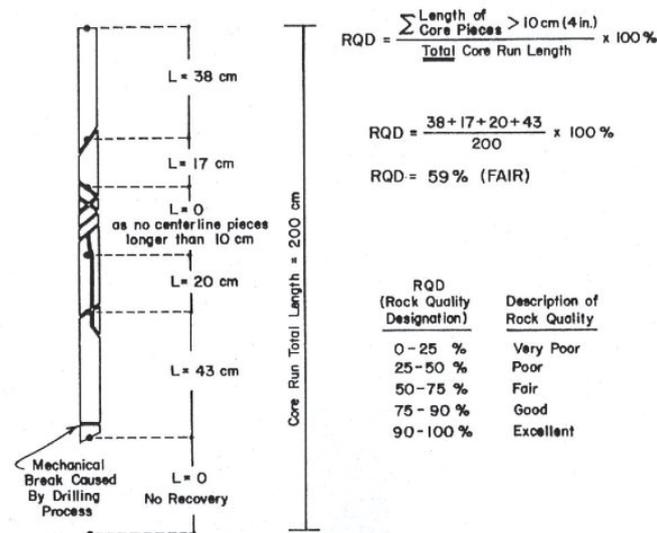


Abbildung 42: Ermittlung des RQD Wertes (Deere & Deere, 1988, S. 93)

Sind jedoch keine oder zu wenige Bohrkern vorhanden, kann der RQD Wert auch indirekt, unter Verwendung des „Volumetric Joint Count“, kurz J_v , ermittelt werden.

J_v ist definiert als die Anzahl der sich kreuzenden Klüfte in einem Volumen von 1 m^3 Gestein, wobei die Klüftung vor allem in Form von Klüftsystemen auftritt. Ähnlich dem RQD, ist der J_v per Definition ein durchschnittlicher Messwert für intaktes Gesteinsvolumen.

(Palmstrom, 2005, S. 369)

Die Anzahl der Klüfte pro m^3 ergibt nun einen Wert für den Volumetric Joint Count, siehe Tabelle 7.

	Grad der Klüftung					
	sehr gering	gering	moderat	hoch	sehr hoch	gebrochen
J_v	<1	1-3	3-10	10-30	30-60	>60

Tabelle 7: Einteilung J_v (Palmstrom, 2005, S. 369)

Wird nun ein Bohrkern aus einem solchen 1 m^3 großen Gesteinsblock entnommen, wird ersichtlich, dass der J_v mit dem RQD korreliert, siehe Abbildung 43.

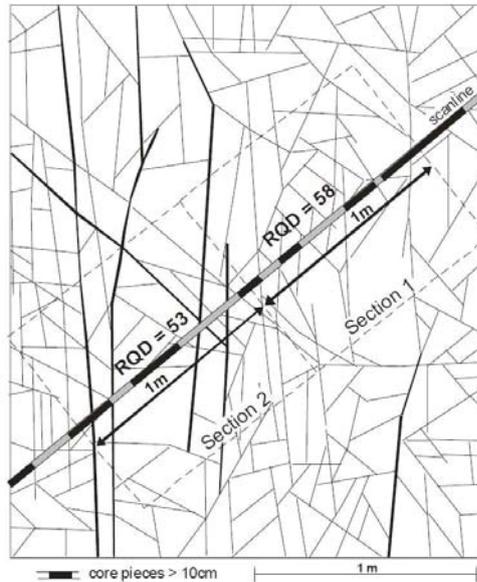


Abbildung 43: Korrelation J_v - RQD (Palmstrom, 2005, S. 372)

Basierend auf dieser Korrelation entstand folgende Beziehung zwischen J_v und RQD:

$$RQD = 115 - 3,3 \times J_v \text{ (Palmstrom, 2005, S. 373) (1)}$$

Da es jedoch im Zuge dieser Diplomarbeit nicht möglich ist, an Blöcken von 1 m^3 Volumen die Klüfte abzuzählen, wird mit Grundlage dieser Gleichung für alle betrachteten Segmente der RQD Wert anhand der Kluftanzahl in bestimmten Bereichen subjektiv abgeschätzt. Die Eindrücke und Erfahrungen während der geologischen Aufnahme, sowie eine nachträgliche Betrachtung der Fotodokumentation, sind dabei Basis der Schätzwerte.

Einen Auszug der RQD Werte zeigt Tabelle 8. Die vollständige Tabelle ist dem Anhang unter Tabelle 62 auf Seite 151 beigelegt.

	AK	Segment	Geologie	RQD [%]
Etage 3	06	3-1	Wettersteinkalk	80
	06	3-2	Wettersteinkalk	80
	06	3-3	Wettersteinkalk	80
	10	3-4	Wettersteinkalk	80
	10	3-5	Wettersteinkalk	90
	10	3-6	Wettersteinkalk	90
	10	3-7	Wettersteinkalk	70
	10	3-8	Wettersteinkalk	70
	14	3-9	Raibler Dolomit	70
	14	3-9	Wettersteinkalk	70
	14	3-10	Raibler Dolomit	70
	14	3-10	Wettersteinkalk	70
	14	3-11	Raibler Dolomit	70
	14	3-11	Wettersteinkalk	70
	14	3-12	Wettersteinkalk	80
	14	3-13	Wettersteinkalk	80
	19	3-14	Wettersteinkalk	80
	19	3-15	Wettersteinkalk	90
19	3-16	Wettersteinkalk	90	
19	3-17	Wettersteinkalk	90	
19	3-18	Wettersteinkalk	90	

Tabelle 8: Auszug RQD Werte

Werden nun idente RQD Werte und ähnliche geologische Verhältnisse zusammengefasst, ergeben sich geotechnische Homogenbereiche, für welche in Kapitel 3.3.3 individuelle Gebirgsklassifikationen erstellt werden. Zur Visualisierung wird in AutoCAD eine übersichtliche Karte der geologischen Homogenbereiche erstellt, einen Ausschnitt daraus zeigt Abbildung 44.

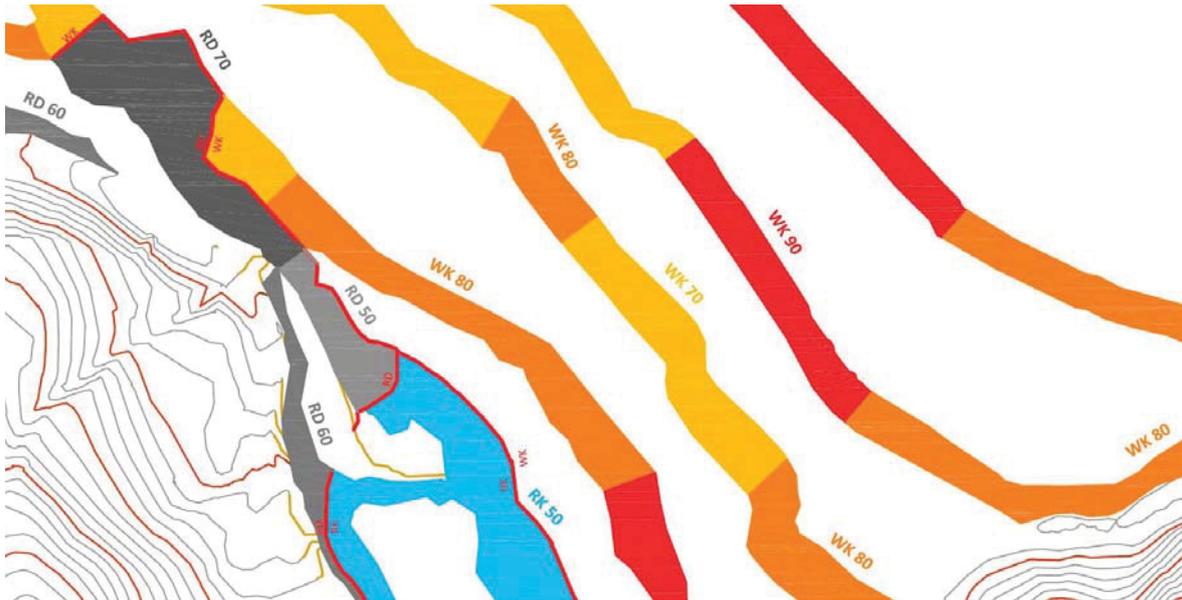


Abbildung 44: Ausschnitt geol. Homogenbereiche

Dargestellt sind die aufgenommenen Bruchwände mit einer farblichen Einteilung in geotechnischen Homogenbereiche. Dabei steht WK für Wettersteinkalk, RK für Raibler Kalk und RD für Raibler Dolomit. Die Zahlenwerte bezeichnen den jeweils zugehörigen RQD Wert.

Die vollständige Karte der geologischen Homogenbereiche ist dem Anhang unter Abbildung 144 auf Seite 149 beigelegt.

3.3.2 Einaxiale Druckversuche

Neben der Rock Quality Designation (RQD Wert) ist die einaxiale Druckfestigkeit (UCS) der zweite wesentliche Parameter für angestellte gebirgsmechanische Betrachtungen.

Zuerst werden im Zuge der geologischen Aufnahme geeignete Probekörper im Steinbruchgelände gesucht. Ausgewählt werden in diesem Fall je 5 Stück Wettersteinkalk, Raibler Kalk und Raibler Dolomit. Da die im Aufnahmegebiet vorkommenden Raibler Mergel eine sehr brüchig-blättrige und teilweise schmierige Konsistenz aufweisen, sind diese leider nicht für Druckversuche geeignet, siehe Abbildung 45.

Somit konnten keine Proben des Raibler Mergels für Versuche genommen werden.



Abbildung 45: Raibler Mergel

Die im Zuge der geologischen Aufnahme gesammelten Gesteinsproben zeigt Abbildung 46.



Abbildung 46: Gesteinsproben

3.3.2.1 Probenvorbereitung

Die Probenvorbereitung hat im hauseigenen Betonlabor in Rohrdorf stattgefunden. Der erste Schritt besteht im Herausbohren von zylindrischen Bohrkernen mit einem Durchmesser von 50 mm. Dazu wird eine Hilti DD150-U mit Bohrkronen verwendet, siehe Abbildung 47.



Abbildung 47: Bohren

Je Probe sind mindestens 2 Bohrkern extrahiert worden, wobei für die weitere Probenvorbereitung und die nachfolgenden Druckversuche nur möglichst intakte, d.h. ungestörte Probekörper verwendet wurden. Abbildung 48 zeigt einen Probekörper nach der Extrahierung von 4 Bohrkernen.



Abbildung 48: Probekörper nach Bohrvorgang

Insgesamt werden 28 Bohrkern hergestellt, siehe Abbildung 49.



Abbildung 49: Hergestellte Bohrkern

Da die Zylinder für die Druckversuche eine Länge von 100 mm aufweisen sollen, sind die Proben als nächstes mit einer Kreissäge beidseitig auf ca. 105 mm Länge geschnitten worden, siehe Abbildung 50.



Abbildung 50: Kreissäge

Für die korrekte Durchführung der Druckversuche ist es wichtig, dass die beiden Planflächen eines jeden Zylinders keine Unebenheiten aufweisen, und vor allem parallel zueinander sind. Dies wurde durch ein Planschleifen der beiden Flächen erreicht. Verwendet wurde dazu ein Schleifgerät der Firma „Strassentest“, siehe Abbildung 51.



Abbildung 51: Schleifvorgang

Abbildung 52 zeigt einen Vorher-Nachher-Vergleich des Schleifvorganges. Das aufgezeichnete Gitter der Planfläche muss nach dem Schleifen gänzlich verschwunden sein, um eine ebene Fläche zu gewährleisten.



Abbildung 52: Vorher-Nachher

Der letzte Schritt der Probenvorbereitung ist eine ausführliche Fotodokumentation aller Probezylinder. Abbildung 53 bis Abbildung 58 zeigen exemplarisch die Fotodokumentation der Probe RK 1-2. Die gesamte Dokumentation ist der Daten-CD des Anhangs beigelegt, und wurde mit einer Nikon Spiegelreflexkamera aufgenommen.

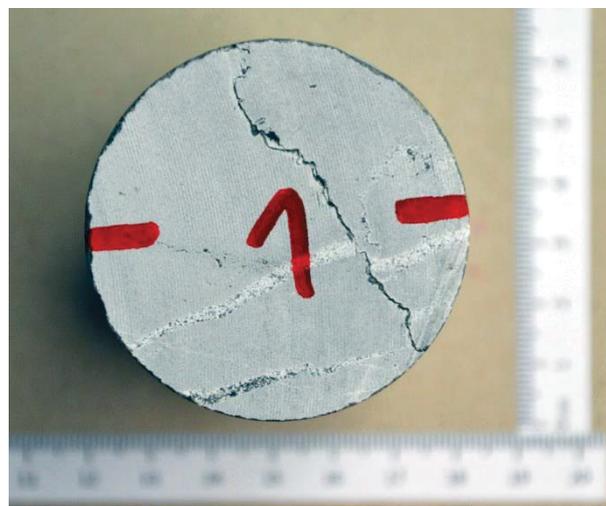


Abbildung 53: RK 1-2 oben



Abbildung 54: RK 1-2 unten



Abbildung 55: RK 1-2 bei 0°



Abbildung 56: RK 1-2 bei 90°

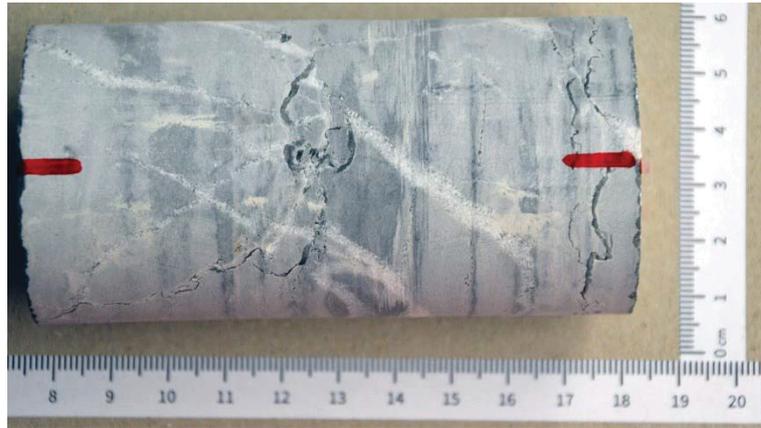


Abbildung 57: RK 1-2 bei 180°



Abbildung 58: RK 1-2 bei 270°

Einen Überblick über alle vorbereiteten Probezylinder gibt Abbildung 59.



Abbildung 59: Probezylinder

Weiters werden die Zylinder mittels Messschieber vermessen, wobei der Durchmesser an 2 Stellen, die Länge an einer Stelle gemessen wird. Zuletzt wird noch das Gewicht jedes Zylinders mittels Waage im Betonlabor festgestellt, siehe Abbildung 60.

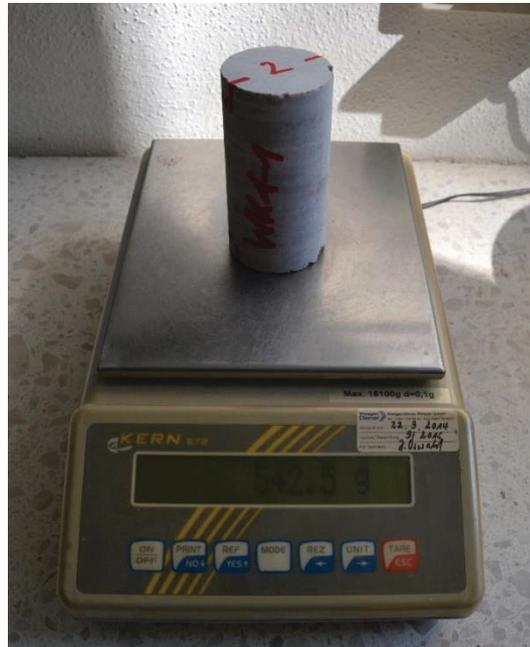


Abbildung 60: Waage

Da die Probezylinder zum Teil eine interne Klüftung oder kleine Störungen aufweisen, haben nicht alle Proben die Probenvorbereitung unbeschädigt überstanden. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ausbeute aller in diesem Kapitel beschriebener Tätigkeiten und somit alle intakten Probezylinder, welche für einen Druckversuch vorbereitet wurden.

Probe	Zylinder	Sägen & Schleifen	
RD 1	RD 1-1	RD 1-1	
	RD 1-2	RD 1-2	
RD 2	RD 2-1	RD 2-1	
	RD 2-2	RD 2-2	
RD 3	Keine intakten Bohrkern e möglich		
RD 4		Gebrochen	
RD 5		RD 5-1	RD 5-1
		RD 5-2	RD 5-2
RK 1		RK 1-1	Gebrochen
	RK 1-2	RK 1-2	
	RK 1-3	RK 1-3	
	RK 1-4	Gebrochen	
RK 2	RK 2-1	RK 2-1	
	RK 2-2	Gebrochen	
RK 3	RK 3-1	Gebrochen	
RK 4	RK 4-1	RK 4-1	
	RK 4-2	RK 4-2	
	RK 4-3	RK 4-3	
RK 5	RK 5-1	RK 5-1	
	RK 5-2	Gebrochen	
WK 1	WK 1-1	WK 1-1	
	WK 1-2	WK 1-2	
WK 2	Keine intakten Bohrkern e möglich		
WK 3			
WK 4			
WK 4	WK 4-1	WK 4-1	
	WK 4-2	Gebrochen	
	WK 4-3	WK 4-3	
WK 5	WK 5-1	Gebrochen	
	WK 5-2	Gebrochen	
	WK 5-3	WK 5-3	

Tabelle 9: Ergebnis Probenvorbereitung

Wie Tabelle 9 zeigt, sind die Proben RD 3, WK 2 und WK 3 intern so unvorteilhaft geklüftet, dass keine intakten Bohrkern herstellbar sind. Bei der weiteren Vorbereitung, also Sägen und Schleifen, weisen ebenfalls einige Zylinder Ausbrüche vor allem an den Planflächen auf. Da intakte Planflächen aber die Grundvoraussetzung für die Durchführung von Druckversuchen sind, bleiben die in Tabelle 9 grün hinterlegten Probezylinder letztlich für Druckversuche übrig.

3.3.2.2 Durchführung Druckversuche

Die einaxialen Druckversuche werden – wie schon die Probenvorbereitung – im Betonlabor in Rohrdorf durchgeführt. Verwendet wird eine analoge Druckpresse des Baujahres 1958, siehe Abbildung 61. Die Belastungsgeschwindigkeit wird bei diesem Gerät über eine Handkurbel eingestellt, und der vorher mittig platzierte Zylinder wird bis zum Versagen belastet. Die einwirkende Kraft zum Versagenszeitpunkt wird an der analogen Anzeige abgelesen.



Abbildung 61: Druckpresse

Nach den Druckversuchen erfolgt wieder eine Fotodokumentation der zerstörten Probezylinder, siehe Abbildung 62.



Abbildung 62: Getestete Proben

Nach der Durchführung der Druckversuche wird die jeweilige Kraft beim Versagenszeitpunkt über die Querschnittsfläche der Zylinder zu einer Spannung umgerechnet.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Die berechneten Druckfestigkeiten sowie alle anderen relevanten Daten der Druckversuche sind in Tabelle 10 enthalten.

31. Juli 2015							
10:00 Uhr							
Betonlabor Rohrdorf							
Probe	ø [mm]	L [mm]	V [cm ³]	A [mm ²]	Gewicht [g]	Kraft [N]	σ [MPa]
RD 1-1	50,80	99,60	201,87	2026,83	519,00	240000	118
RD 1-2	50,80	99,85	202,38	2026,83	511,90	110000	54
RD 2-1	50,80	97,80	198,22	2026,83	507,30	168000	83
RD 2-2	50,80	100,00	202,68	2026,83	521,10	187000	92
RD 5-1	50,80	100,00	202,68	2026,83	506,70	150000	74
RD 5-2	50,80	99,85	202,38	2026,83	516,60	219000	108
Gemittelte Druckfestigkeit Raibler Dolomit:							88
RK 1-2	50,80	99,90	202,48	2026,83	545,10	190000	94
RK 1-3	50,80	100,20	203,09	2026,83	547,60	257000	127
RK 2-1	50,80	99,80	202,28	2026,83	542,90	175000	86
RK 4-1	50,80	100,00	202,68	2026,83	544,90	188000	93
RK 4-2	50,80	100,15	202,99	2026,83	547,00	160000	79
RK 4-3	50,80	99,95	202,58	2026,83	547,00	206000	102
RK 5-1	50,80	100,15	202,99	2026,83	545,70	230000	113
Gemittelte Druckfestigkeit Raibler Kalk:							99
WK 1-1	50,80	99,90	202,48	2026,83	542,50	216000	107
WK 1-2	50,80	99,90	202,48	2026,83	540,90	280000	138
WK 4-1	50,80	100,10	202,89	2026,83	533,50	122000	60
WK 4-3	50,80	100,10	202,89	2026,83	534,90	80000	39
WK 5-3	50,80	99,95	202,58	2026,83	541,70	162000	80
Gemittelte Druckfestigkeit Wettersteinkalk:							96

Tabelle 10: Einaxiale Druckversuche

Das Ergebnis der Probe WK 4-3 wird für die Bildung des Mittelwertes nicht verwendet, da der Wert auf Grund einer Vorschädigung des Probezylinders nicht aussagekräftig ist.

Das Prinzip der Mittelwertbildung anhand des Beispiels Raibler Dolomit zeigt Abbildung 63.

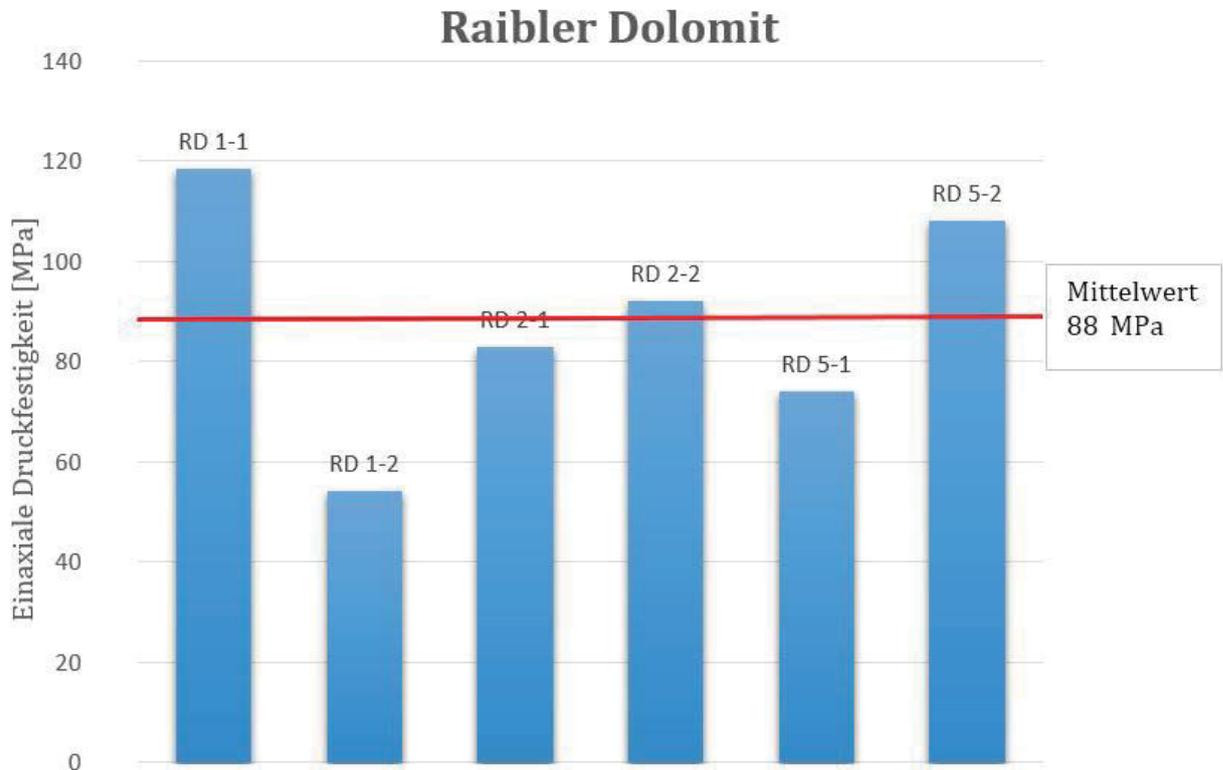


Abbildung 63: Mittelwertbildung

Dieser Spannungsmittelwert wird als einaxiale Druckfestigkeit bezeichnet und wird im folgenden Kapitel „Gebirgsklassifikation“ weiter verarbeitet.

3.3.3 Gebirgsklassifikation

Generell dient die Gebirgsklassifikation einer nachvollziehbaren Einteilung eines Gebirges in verschiedene Klassen. Dabei werden unterschiedliche Eigenschaften des Gebirges kombiniert und letztlich zusammengeführt. Es ist zu beachten, dass die Gebirgsklassifikation immer eine indirekte Methode der Bewertung von Eigenschaften darstellt. Daher sind die Ergebnisse Schätzwerte, welche die Güte eines Gebirges beschreiben.

Die gängigsten Methoden sind jene nach Bieniawski, Laubscher, Barton sowie Hoek, und werden nachfolgend näher behandelt.

3.3.3.1 Bieniawski

Das Verfahren nach Bieniawski, auch „Rock Mass Rating“ oder RMR genannt, wurde 1973 eingeführt, und basiert auf Bieniawskis Erfahrungen in wenig tiefen Tunnel in Sedimentgestein.

Das Rock Mass Rating setzt sich dabei aus sechs Gebirgsparametern zusammen, siehe Tabelle 11.

#	Gebirgsparameter
i	Einaxiale Druckfestigkeit des intakten Gesteins
ii	Rock Quality Designation
iii	Kluftabstand
iv	Kluftzustand
v	Grundwasser
vi	Kluftorientierung

Tabelle 11: Parameter nach Bieniawski (Bieniawski, 1989)

Diese Parameter bilden den RMR, wie folgende Gleichung zeigt.

$$\text{RMR}_{\text{basic}} = \sum \text{Parameter (i+ii+iii+iv+v)}$$
$$\text{RMR} = \text{RMR}_{\text{basic}} + \text{Korrektur für Kluftorientierung (vi)}$$

Die ersten 5 Parameter addiert ergeben den $\text{RMR}_{\text{basic}}$, welcher – erweitert um die Kluftorientierung – den vollständigen RMR ergibt.

Die ersten beiden Parameter wurden bereits ausführlich beschrieben und sind für einen Großteil des Aufnahmegebietes bekannt. Bei Bieniawski werden für jeden dieser Parameter Punkte vergeben, welche letztlich zusammengezählt werden und somit das Rock Mass Rating ergeben. Die Einaxiale Druckfestigkeit fließt dabei ein, wie in Tabelle 12 gezeigt.

Qualitative Beschreibung	Einaxiale Druckfestigkeit [MPa]	Rating
Extrem hart	> 250	15
Sehr hart	100 - 250	12
Hart	50 - 100	7
Durchschnitt	25 - 50	4
Weich	5 - 25	2
Sehr weich	1 - 5	1
Extrem weich	< 1	0

Tabelle 12: Druckfestigkeit allgemein (Bieniawski, 1989)

Da nur Druckfestigkeiten von intakten Proben in das Rating einfließen, werden in diesem Fall die Mittelwerte aus den einaxialen Druckversuchen verwendet, siehe Tabelle 13.

Gestein	Probe	Druckfestigkeit [MPa]	Rating
Raibler Dolomit	RD 1-1	88	7
Raibler Kalk	RK 1-3	99	7
Wettersteinkalk	WK 1-2	96	7

Tabelle 13: Rating Intakte Proben

Somit ergibt sich für alle drei vorkommenden Gesteine für die Klassifikation ein Rating von 7.

Wie für die Druckfestigkeit, gibt es auch ein Rating für die RQD-Werte, siehe Tabelle 14.

RQD [%]	Gesteinsqualität	Rating
90-100	Exzellent	20
75-90	Gut	17
50-75	Mittel	13
25-50	Schlecht	8
<25	Sehr schlecht	3

Tabelle 14: Rating RQD Werte allgemein (Bieniawski, 1989)

Da die RQD Werte zwischen 90% und 20% schwanken, ergeben sich für das Rating regionale Unterschiede, siehe Abbildung 64.

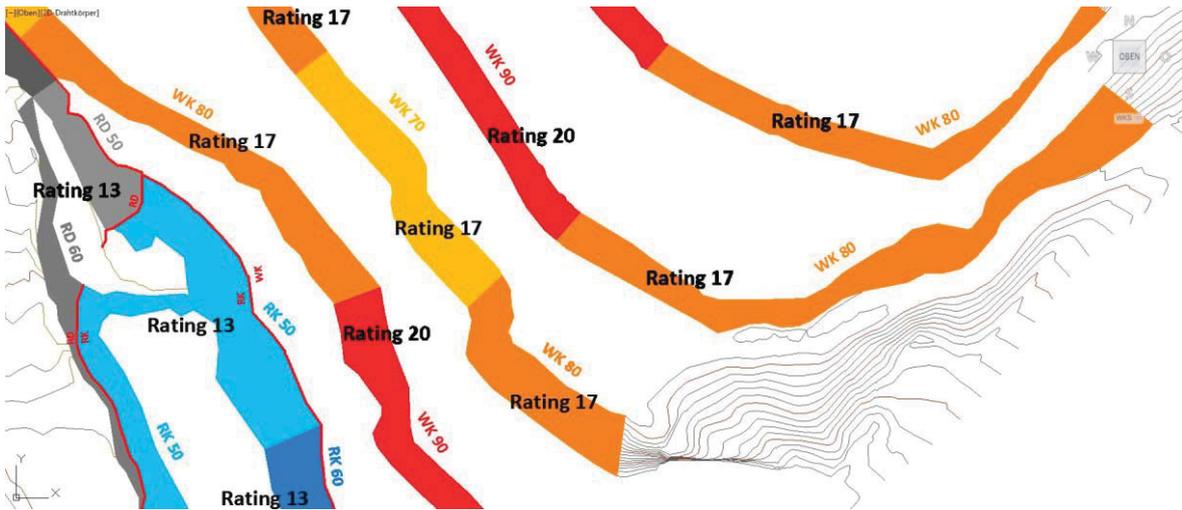


Abbildung 64: Rating RQD Werte (Auszug)

Tabelle 15 zeigt das Rating für die unterschiedlichen Gesteine und RQD Werte.

Gestein	RQD [%]	Rating
Wettersteinkalk	WK 90	20
	WK 80	17
	WK 70	17
Raibler Dolomit	RD 70	17
	RD 60	13
	RD 50	13
Raibler Kalk	RK 60	13
	RK 50	13
Raibler Mergel	RM 20	3

Tabelle 15: Rating RQD Werte

Der dritte Parameter des Rock Mass Ratings ist der Kluftabstand. Die Bewertung erfolgt wie in Tabelle 16 dargestellt.

Beschreibung	Kluftabstand [m]	Rating
Sehr groß	> 2	20
Groß	0,6 - 2	15
Moderat	0,2 - 0,6	10
Klein	0,006 - 0,2	8
Sehr klein	< 0,06	5

Tabelle 16: Rating Kluftabstand allgemein (Bieniawski, 1989)

Nach der geologischen Aufnahme und mit der damit verbundenen Untersuchung aller Bruchwände, erfolgt das Rating der Kluftabstände subjektiv als Schätzung, siehe Tabelle 17.

Gestein	Kluftabstand [m]	Rating
Wettersteinkalk	0,2 - 0,6	10
Raibler Dolomit	0,2 - 0,6	10
Raibler Kalk	0,2 - 0,6	10
Raibler Mergel	< 0,06	5

Tabelle 17: Rating Kluftabstand

Als vierter Parameter wird nun der Kluftzustand bewertet. Dies erfolgt wie in Tabelle 18 dargestellt.

Beschreibung	Rating
Sehr raue Oberflächen, unverwittert, Wandfels. Nicht kontinuierlich, keine Trennung	30
Leicht raue Oberflächen, leicht verwitterte Wände, Trennung < 1 mm	25
Leicht raue Oberflächen, sehr verwitterte Wände, Trennung < 1 mm	20
Harnischflächen oder < 5 mm dicke Aushöhlungen oder 1 - 5 mm Trennung, kontinuierliche Diskontinuität	10
Weiche Aushöhlung > 5 mm dick, Trennung > 5 mm, kontinuierliche Diskontinuität	0

Tabelle 18: Rating Kluftzustand allgemein (Bieniawski, 1989)

Auch dieses Rating erfolgt subjektiv über den gewonnenen Eindruck aus der geologischen Aufnahme, siehe Tabelle 19.

Gestein	Kluftzustand	Rating
Wettersteinkalk	Raue Oberfläche, unverwittert	30
Raibler Dolomit	Raue Oberfläche, leicht verwittert	25
Raibler Kalk	Raue Oberfläche, leicht verwittert	25
Raibler Mergel	Sehr weich, bröselig	0

Tabelle 19: Rating Kluftzustand

Als nächster Parameter dient der Grundwasserzustand, wie in Tabelle 20 beschrieben.

Beschreibung	Rating
Trocken	15
Feucht	10
Nass	7
Tropfend	4
Fließend	0

Tabelle 20: Rating Grundwasser allgemein (Bieniawski, 1989)

Da die Bruchwände unabhängig der Gesteinsart durchwegs als „trocken“ zu bezeichnen sind, wird die Grundwassersituation mit 15 bewertet.

Da nun die ersten 5 Parameter bewertet sind kann bereits der RMR_{basic} gebildet werden. Tabelle 21 zeigt den RMR_{basic} exemplarisch für die unterste Etage.

	Seg.	Gestein	RQD [%]	Rating Druckfestigk.	Rating RQD	Rating Kluftabstand	Rating Kluftzustand	Rating Grundwasser	RMR_{basic}
Etage 0	0-1	WK	70	7	17	10	30	15	79
	0-2	WK	70	7	17	10	30	15	79
	0-3	WK	80	7	17	10	30	15	79
	0-4	WK	90	7	20	10	30	15	82
	0-5	WK	90	7	20	10	30	15	82
	0-6	WK	90	7	20	10	30	15	82
	0-7	WK	90	7	20	10	30	15	82
	0-8	WK	90	7	20	10	30	15	82
	0-9	WK	80	7	17	10	30	15	79
	0-10	WK	80	7	17	10	30	15	79

Tabelle 21: RMR_{basic}

Um ein vollständiges Rock Mass Rating nach Bieniawski zu erhalten, wird der RMR_{basic} noch mit der Kluftorientierung erweitert, siehe Tabelle 22.

Kluftorientierung Streichen & Fallen	Sehr günstig	Günstig	Ungünstig	Sehr ungünstig
Tunnel & Untertage	0	-2	-10	-12
Gründungen	0	-2	-15	-25
Hänge	0	-5	-50	-

Tabelle 22: Kluftorientierung (Bieniawski, 1989)

Die Werte für Kluftorientierung werden einerseits aus der geologischen Aufnahme und den daraus gemessenen Daten (Einfallrichtung, Einfallen), andererseits aus dem subjektiven Eindruck nach Begutachtung der Bruchwände gebildet.

Mit Hilfe der freien Software „OpenStereo“ werden die Daten aus der geologischen Aufnahme für alle Homogenbereiche ausgewertet. Ergebnis ist eine stereographische Projektion im Schmidt'schen Netz, welche die Haupteinfallrichtung der Klüftung zeigt. Ein Abgleich mit der räumlichen Lage der Bruchwände ergibt eine mehr oder weniger günstige Kluftorientierung.

Abbildung 65 zeigt exemplarisch die stereographische Projektion für den geologischen Homogenbereich WK70.

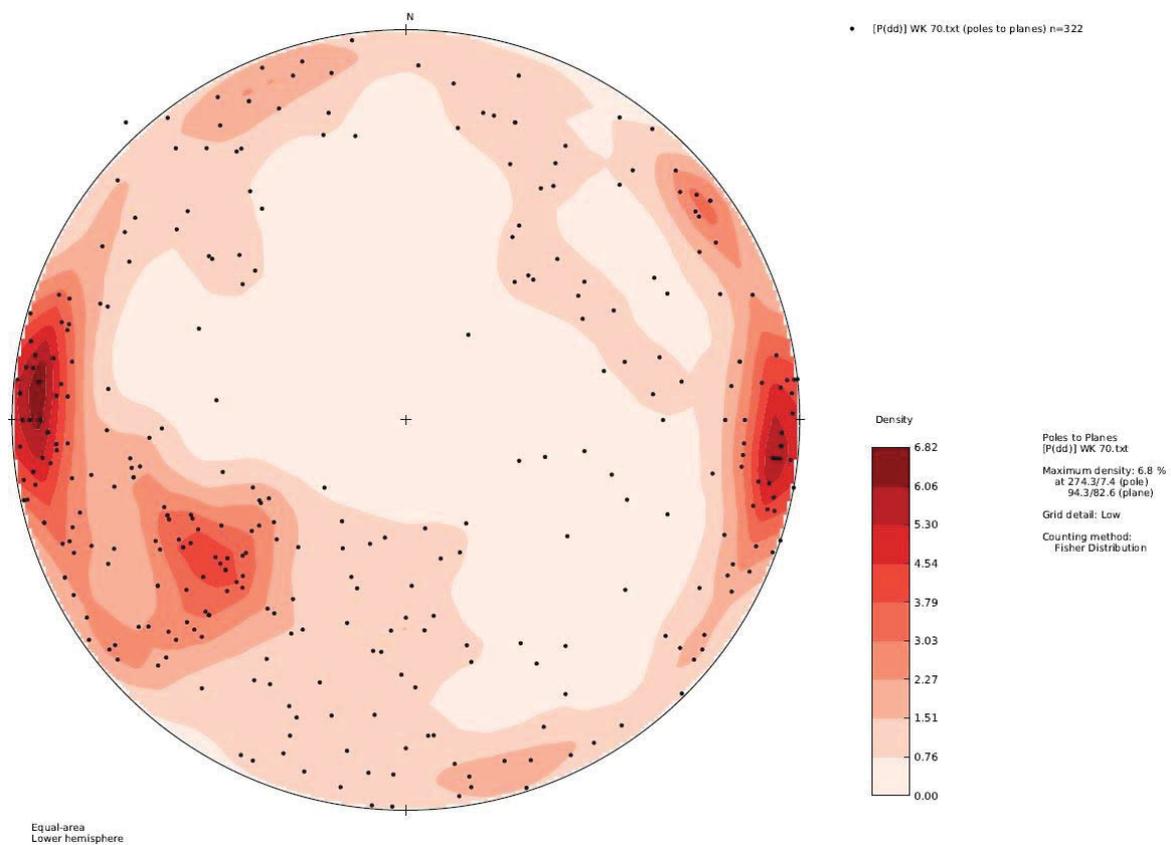


Abbildung 65: Kluftorientierung WK70

Abbildung 65 zeigt sehr steil stehende Diskontinuitäten mit einer Streichrichtung Nord-Süd sowie vertikales Kippen mit einer Einfallrichtung von 90° oder 270°.

Tabelle 23 zeigt anhand Etage 4 exemplarisch, wie die endgültigen RMR Wert zustande kommen. Die vollständige Auflistung und Berechnung findet sich im Anhang unter Tabelle 63.

	Seg.	Gestein	RQD [%]	Rating Druckfestigk.	Rating RQD	Rating Kluftabstand	Rating Kluftzustand	Rating Grundwasser	RMR _{basic}	Rating Kluftorient.	RMR
Etage 4	4-1	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	4-2	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	4-2	RK	60	7	13	10	25	15	70	0	70
	4-3	RK	60	7	13	10	25	15	70	0	70
	4-4	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-5	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-6	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-7	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-8	RD	50	7	13	10	25	15	70	0	70
4-9	RD	50	7	13	10	25	15	70	0	70	

Tabelle 23: RMR Werte

Aus diesem ermittelten Rock Mass Ratings können nun für Standfestigkeitsberechnungen Werte für Kohäsion und Reibungswinkel abgelesen werden, siehe Tabelle 24.

Parameter/ Eigenschaften des Felsens	Rock Mass Rating				
	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Ratings	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Klassifikation	Sehr Gut	Gut	Mittel	Schwach	Sehr Schwach
Kohäsion	>400 kPa	300-400 kPa	200-300 kPa	100-200 kPa	< 100 kPa
Reibungswinkel	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Tabelle 24: RMR Klassifikation (Bieniawski, 1989)

Anhand des Vergleichs mit den nachfolgenden Gebirgsklassifikationen wird deutlich, dass die Werte für Kohäsion und Reibungswinkel laut Bieniawski sehr konservativ geschätzt sind, und somit zu geringe Festigkeitswerte ergeben.

Daher werden diese Ergebnisse für die Abschätzung der Festigkeit des Gebirges nicht verwendet.

3.3.3.2 Laubscher

Das „Mining Rock Mass Rating“ – kurz MRMR – wurde 1974 von D.H. Laubscher vorgestellt, und stellt eine Modifikation des bereits bekannten Rock Mass Ratings dar. Dabei wird das RMR mit Faktoren multipliziert um den MRMR zu erhalten. Ähnlich wie das Rock Mass Rating wird auch das Mining Rock Mass Rating mit Werten zwischen 0 und 100 beschrieben.

(Laubscher, 1990, S. 257)

Die gängigste Methode MRMR Werte zu erhalten, ist die Modifikation des bereits bekannten Rock Mass Ratings:

$$\text{MRMR} = \text{RMR} \times A_0 \times A_S \times S$$

Somit wird das bereits bekannte Rock Mass Rating um die drei Faktoren

- Qualität der Sprengarbeit A_B
- In-Situ Spannungen und Spannungsänderungen A_S
- Hauptstörungen und Klüfte S

erweitert bzw. korrigiert, und es ergibt sich das Mining Rock Mass Rating.

Der Faktor der Qualität der Sprengarbeit ergibt sich aus Tabelle 25.

Technik	Korrekturfaktor [1]
Mechanisch	1
Kontursprengen	0,97
Sauberes konventionelles Sprengen	0,94
Schlechtes konventionelles Sprengen	0,8

Tabelle 25: Korrektur Qualität der Sprengarbeit (Edelbro, 2003)

Da im Zuge der geologischen Aufnahme auch die Sprengarbeit begutachtet werden konnte, und im Steinbruch Fischbach äußerst akkurat gebohrt und gesprengt wird, wird für die Berechnung des MRMR der Faktor $A_B = 0,94$ verwendet.

Da im Abbaugelände ausschließlich obertägiger Bergbau betrieben wird, sind keine größeren Spannungsänderungen zu erwarten, daher wird der Faktor A_S mit 1,0 angenommen.

Hauptstörungen im Abbaugelände verlaufen relativ günstig, sodass der Faktor S standardmäßig mit 0,9 angenommen werden kann.

Somit ergibt sich eine Korrektur des Rock Mass Ratings zum Mining Rock Mass Rating wie in Tabelle 26 auszugsweise für Etage 0 dargestellt.

	Seg.	Gestein	RQD [%]	RMR	A _B	A _S	S	MRMR
Etage 0	0-1	WK	70	79	0,94	1	0,9	67
	0-2	WK	70	79				67
	0-3	WK	80	79				67
	0-4	WK	90	82				69
	0-5	WK	90	82				69
	0-6	WK	90	82				69
	0-7	WK	90	82				69
	0-8	WK	90	82				69
	0-9	WK	80	79				67
	0-10	WK	80	79				67

Tabelle 26: MRMR nach Laubscher

Laubscher präsentierte 1984 eine Beziehung zwischen dem nun bekannten MRMR und der In-Situ Gebirgsfestigkeit.

Sie lautet wie folgt:

$$\sigma_{cm} = \sigma_c * \frac{(MRMR\text{-rating für } \sigma_c)}{100} \text{ (Edelbro, 2003)}$$

Wobei hier σ_{cm} die In-Situ Gebirgsfestigkeit, und σ_c die einaxiale Druckfestigkeit der intakten Probe bezeichnet. Das Ergebnis ist in Tabelle 27 wiederum auszugsweise dargestellt. Die vollständige Auswertung befindet sich im Anhang unter Tabelle 65.

	Seg.	Gestein	RQD [%]	Rating Druckfestigkeit	Einaxiale Druckfestigkeit	RMR	A _B	A _S	S	MRMR	σ_{cm} [MPa]
Etage 0	0-1	WK	70	7	96,21	79	0,94	1	0,9	67	57,57
	0-2	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	0-3	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	0-4	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-5	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-6	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-7	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-8	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-9	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	0-10	WK	80	7	96,21	79				67	57,57

Tabelle 27: In-Situ Gebirgsfestigkeit nach Laubscher

3.3.3.3 Barton

Barton stellte sein „Rock Mass Quality System“ – kurz Q-System – erstmals 1974 vor. Für diese Klassifikation wurden Daten aus etwa 200 fertiggestellten Tunnelbauten erhoben. Die Gebirgsqualität Q ist dabei eine Funktion von sechs Parametern:

- RQD Wert
- Anzahl von Kluftsystemen
- Kluft Rauheit
- Kluftveränderung
- Kluftwasserzustand
- Spannungsfaktor

Die Gebirgsqualität wird dabei mit folgender Gleichung beschrieben:

$$Q = \left[\frac{RQD}{J_n} \right] * \left[\frac{J_r}{J_a} \right] * \left[\frac{J_w}{SRF} \right]$$

(Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 193)

Wobei folgende Parameter enthalten sind:

- RQD Rock Quality Designation
- J_n Anzahl der Kluftsysteme
- J_r Kluft Rauheit
- J_a Umwandlungsgrad (Charakter der Risse oder Füllung längs der schwächsten Spalten)
- J_w Kluftwasserfaktor
- SRF Spannungsfaktor

Da der RQD Wert bereits bekannt ist, beginnt die Klassifikation bei der Anzahl der Kluftsysteme, wofür Tabelle 28 das Bewertungsschema zeigt.

Anzahl Kluftsysteme	
Beschreibung	J_n
Massiv, keine oder wenige Klüfte	0,5-1
1 Kluftsystem	2
1 Kluftsystem plus weitere	3
2 Kluftsysteme	5
2 Kluftsysteme plus weitere	6
3 Kluftsysteme	9
3 Kluftsysteme plus weitere	12
4 oder mehr Kluftsysteme	15
Zebrochener Fels	20

Tabelle 28: Bewertung J_n (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 194)

In Tabelle 29 wird die Bewertung der Kluft Rauheit dargestellt.

Kluft Rauheit	
Zustand a) Fels-Wand Kontakt und b) Fels-Wand Kontakt vor 10 cm Scherung	J_r
Diskontinuierliche Klüfte	4
Raue oder unregelmäßige Klüfte, wellig	3
Glatt, wellig	2
Harnisch, wellig	1,5
Raue oder unregelmäßige Klüfte, planar	1,5
Glatt, planar	1
Harnisch, planar	0,5
c) Kein Fels-Wand Kontakt bei Scherung	
Enthaltet Tonminerale, kein Kontakt	1
Sandig, kiesig, zerrüttet, kein Kontakt	1

Tabelle 29: Bewertung J_r (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 194)

Tabelle 30 zeigt die Bewertung des Umwandlungsgrades.

Umwandlungsgrad	φ_r [°]	J_a
a) Fels-Wand Kontakt (keine mineralische Füllung, nur Überzug)		
Dicht, keine Erweichung, undurchlässige Füllung (Quarz, Epidot)		0,75
Unveränderte Kluftflächen, nur Oberflächenfärbung	25-35	1
Leicht veränderte Kluftflächen, harter mineralischer Überzug, sandige Partikel, tonfreier nicht intakter Fels	25-30	2
Schluffig-toniger Tonüberzug, kleine Ton Fraktion	20-25	3
Weiche Tonmineral Überzüge, niedrige Reibung (Kaolinit,...)	8-16	4
b) Fels-Wand Kontakt unter 10cm Scherung (dünne mineralische Füllung)		
Sandige Partikel, Tonfreier nicht intakter Fels	25-30	4
Stark überkonsolidiert, harte Tonmineral Füllung	16-24	6
Mittel oder gering überkonsolidiert, weich, Tonmineral Füllung	12-16	8
Schwellende Tonfüllung (Montmorillonit)	6-12	8-12
c) Kein Fels-Wand Kontakt bei Scherung		
Zonen oder Bänder von nicht intaktem oder zerbrochenem Fels und Ton	6-24	8-12
Zonen oder Bänder von schluffigem oder sandigem Ton		5
Dicke, kontinuierliche Zonen oder Bänder von Ton	6-24	13-20

Tabelle 30: Bewertung J_a (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 194f)

In Tabelle 31 wird die Bewertung des Kluftwasserfaktors dargestellt.

Kluftwasserfaktor	Wasserdruck [kg/cm ²]	J_w
Trockene Hohlräume oder geringer Zufluss (5 l/min)	<1	1
Mittlerer Zufluss oder Druck, gelegentliches Auswaschen von Kluftfüllung	1-2,5	0,66
Großer Zufluss oder hoher Druck in intaktem Fels, unverfüllte Klüfte	2,5-10	0,5
Großer Zufluss oder hoher Druck, mögliches Auswaschen von Kluftfüllung	2,5-10	0,33
Außergewöhnlich großer Zufluss oder Druck beim Sprengen, Zeitabhängig	>10	0,2-0,1
Außergewöhnlich großer Zufluss oder Druck, Zeitunabhängig	>10	0,1-0,05

Tabelle 31: Bewertung J_w (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 195)

Als letzter Faktor wird, wie in Tabelle 32 gezeigt, der Spannungsfaktor bewertet.

Spannungsfaktor	SRF
a) Schwächezonen schneiden den Vortrieb, kann die Gebirgsfestigkeit schwächen	
Mehrere Vorkommen von Schwächezonen mit Ton oder chemisch zersetztem Fels, sehr lockeres Umgebungsgestein	10
Einzelne Schwächezonen mit Ton oder chemisch zersetztem Fels, Vortriebstiefe < 50 m	5
Einzelne Schwächezonen mit Ton oder chemisch zersetztem Fels, Vortriebstiefe > 50 m	2,5
Multiple Scherzonen im festen Fels (tonfrei), lockeres Umgebungsgestein (in jeder Tiefe)	7,5
Einzelne Scherzonen im festen Fels (tonfrei) Vortriebstiefe < 50 m	5
Einzelne Scherzonen im festen Fels (tonfrei) Vortriebstiefe > 50 m	2,5
Lose offene Klüfte, stark zerklüftet (in jeder Tiefe)	5
b) fester Fels, Spannungsprobleme	
Niedrige Spannung, offene Klüfte in Tagesnähe	2,5
Mittlere Spannung, günstige Spannungszustände	1
Hohe Spannung, sehr enge Struktur (normalerweise gut für Stabilität, kann aber ungünstig für Wandstabilität sein)	0,5-2
Moderates Schalen nach > 1 h im massiven Fels	5-50
Schälung und Gebirgsschlag nach einigen Minuten im massiven Fels	50-200
Schwerer Gebirgsschlag und unmittelbare Deformationen im massiven Fels	200-400
c) Drückender Fels, plastischer Fluss von schwachem Fels unter dem Einfluss hohen Drucks	
Leicht drückende Gebirgsspannung	5-10
Stark drückende Gebirgsspannung	10-20
d) Schwellendes Gebirge, chemische Schwellung abhängig von der Präsenz von Wasser	
Leicht schwellende Gebirgsspannung	5-10
Stark schwellende Gebirgsspannung	10-15

Tabelle 32: Bewertung SRF (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 196)

Da die vier vorwiegend im Steinbruchgelände Fischbach vorkommenden Gesteinsarten – Wettersteinkalk, Raibler Kalk, Raibler Dolomit und Raibler Mergel – jeweils als homogen zu bezeichnen sind, wird jeder Gesteinstyp im Q-System bewertet, siehe Tabelle 33.

Gestein	Anzahl der Kluftsysteme	J _n	Kluft Rauheit	J _r
RD	4 oder mehr Kluftsysteme	15	rau, unregelmäßig, planar	1,5
RK	4 oder mehr Kluftsysteme	15	Rau, unregelmäßig, wellig	3
RM	5 oder mehr Kluftsysteme	15	Rau, unregelmäßig, wellig	3
WK	4 oder mehr Kluftsysteme	15	Glatt, planar	1
Gestein	Kluftzustand	J _a	Kluftwasserfaktor	J _w
RD	Leicht veränd. KF, sandige Part.	2	Trocken, geringer Zufluss	1
RK	Leicht veränd. KF, sandige Part.	2	Trocken, geringer Zufluss	1
RM	Schluffig, tonig	3	Trocken, geringer Zufluss	1
WK	Unveränderte Kluftflächen	1	Trocken, geringer Zufluss	1
Gestein	Spannungsfaktor	SRF		
RD	Mittl. Spg., günstige Spgzustände	1		
RK	Mittl. Spg., günstige Spgzustände	1		
RM	Mittl. Spg., günstige Spgzustände	1		
WK	Mittl. Spg., günstige Spgzustände	1		

Tabelle 33: Bewertung nach Barton

Nach erfolgter Bewertung kann nun der Q-Wert für alle Segmente in MS-Excel berechnet werden. Einen Auszug daraus zeigt Tabelle 34. Die gesamte Auflistung befindet sich im Anhang, siehe Tabelle 66.

	Seg.	Gestein	RQD [%]	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q-Wert
Etage 0	0-1	WK	70	15	1	1	1	1	4,67
	0-2	WK	70	15	1	1	1	1	4,67
	0-3	WK	80	15	1	1	1	1	5,33
	0-4	WK	90	15	1	1	1	1	6,00
	0-5	WK	90	15	1	1	1	1	6,00
	0-6	WK	90	15	1	1	1	1	6,00
	0-7	WK	90	15	1	1	1	1	6,00
	0-8	WK	90	15	1	1	1	1	6,00
	0-9	WK	80	15	1	1	1	1	5,33
	0-10	WK	80	15	1	1	1	1	5,33

Tabelle 34: Q-Werte nach Barton

3.3.3.4 Hoek

Hoek führte 1995 den „Geological Strength Index“, kurz GSI, als Ergänzung zum generalisierten Gebirgsversagenskriterium ein. Weiters können mittels GSI die Parameter s , a und m_b dieses Versagenskriteriums für verschiedene geologische Bedingungen abgeschätzt werden.

Es gibt 3 Methoden zur Berechnung des GSI:

- Verwendung des Rock Mass Ratings
- Verwendung des Q-Systems
- Verwendung der GSI-Klassifikation

(Edelbro, 2003, S. 71)

Wobei hier die Methoden mit Verwendung von Q-System und GSI-Klassifikation näher betrachtet werden.

Für die Verwendung des Q-Systems gilt für alle Q-Werte die Formel:

$$GSI = 9 * \ln(Q) + 44$$

Zu beachten ist, dass bei dieser Methode die Faktoren für Kluftwasser und Spannungsfaktor 1 gesetzt werden sollen, was bei dieser Anwendung ohnehin der Fall ist.

Tabelle 35 zeigt die berechneten GSI Werte unter Verwendung des Q-Systems exemplarisch für Etage 0. Die vollständige Liste der GSI Werte befindet sich im Anhang unter Tabelle 66.

	Seg.	Gestein	Q-Wert	GSI
Etage 0	0-1	WK	4,67	57,86
	0-2	WK	4,67	57,86
	0-3	WK	5,33	59,07
	0-4	WK	6,00	60,13
	0-5	WK	6,00	60,13
	0-6	WK	6,00	60,13
	0-7	WK	6,00	60,13
	0-8	WK	6,00	60,13
	0-9	WK	5,33	59,07
	0-10	WK	5,33	59,07

Tabelle 35: GSI Werte aus Q-System

Zum Vergleich dazu werden die GSI Werte auch nach dem Verfahren der GSI-Klassifikation berechnet.

Ziel des GSI Systems ist es, die Eigenschaften des ungestörten Gebirges zu bestimmen. Die Klassifikation erfolgt anhand folgender Gleichungen:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} * \left(mb * \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

$$mb = m_i * exp * \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14 * D} \right)$$

$$s = exp * \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3 * D} \right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} * \left(e^{\frac{GSI}{15}} - e^{-\frac{20}{3}} \right)$$

(Wyllie & Mah, 2005, S. 95)

Hier stellen m_b , s und a Konstanten dar, welche vom Gestein, der Struktur und den Oberflächeneigenschaften des Gebirges abhängig sind. Diese Konstanten können entweder mit Hilfe entsprechender Tabellen abgeschätzt werden, oder wie in diesem Fall, berechnet werden. Grundlage dafür ist aber eine Abschätzung des GSI Wertes, des „Disturbance“ Faktors, zu Deutsch ein „Störungsfaktor“ und der Konstante m_i , welche vom intakten Fels abhängig ist.

Der GSI wird mit Hilfe von Abbildung 66 abgeschätzt.

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)
 From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI=35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavorable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behavior. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.

STRUCTURE	SURFACE CONDITIONS				
	DECREASING SURFACE QUALITY →				
	VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces	POOR Slack-sided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	VERY POOR Slack-sided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
INTACT OR MASSIVE —intact rock specimens or massive <i>in situ</i> rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
BLOCKY —well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
VERY BLOCKY —interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60			
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY —folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			50		
DISINTEGRATED —poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces			40		
LAMINATED/SHEARED —lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes			30		
			20		
				10	
	N/A	N/A			

DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓

Abbildung 66: GSI Werte (Wyllie & Mah, 2005, S. 96)

Die Konstante m_i wird nach Abbildung 67 bestimmt.

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerates (21±3)	Sandstones 17±4	Siltstones 7±2	Claystones 4±2
			Breccias (19±5)		Greywackes (18±3)	Shales (6±2) Marls (7±2)
	Non-Clastic	Carbonates	Crystalline Limestone (12±3)	Sparitic Limestones (10±2)	Micritic Limestones (9±2)	Dolomites (9±3)
		Evaporites		Gypsum 8±2	Anhydrite 12±2	
	Organic				Chalk 7±2	
METAMORPHIC	Non foliated		Marble 9±3	Hornfels (19±4) Metasandstone (19±3)	Quartzites 20±3	
	Slightly foliated		Migmatite (29±3)	Amphibolites 26±6	Gneiss 28±5	
	Foliated*			Schists 12±3	Phyllites (7±3)	Slates 7±4
IGNEOUS	Plutonic	Light	Granite 32±3	Diorite 25±5		
		Dark	Gabbro 27±3	Dolerite (16±5)		
	Hypabyssal		Porphyries (20±5)		Diabase (15±5)	Peridotite (25±5)
	Volcanic	Lava		Rhyolite (25±5) Andesite 25±5	Dacite (25±3) Basalt (25±5)	Obsidian (19±3)
		Pyroclastic	Agglomerate (19±3)	Breccia (19±5)	Tuff (13±5)	

Abbildung 67: m_i Werte (Wyllie & Mah, 2005, S. 98)

Nach Abbildung 66 und Abbildung 67 erfolgt die Bewertung von GSI und m_i wie in Tabelle 36 dargestellt.

Gestein	Beschreibung	GSI	Beschreibung	m_i
RD	Blockig, mittlere Oberfläche	60	Dolomit (Dolomites)	10
RK	Sehr blockig, gute Oberfläche	60	Kalkstein (Limestones)	12
RM	Laminiert, schlechte Oberfläche	15	Mergel (Marls)	5
WK	Blockig, gute Oberfläche	70	Kalkstein (Limestones)	12

Tabelle 36: GSI und m_i Werte

Nun fehlt noch der „Disturbance Factor“, welcher nach Abbildung 68 gewählt wird.

	<p>Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.</p>	<p>$D = 0.7$ Good blasting</p> <p>$D = 1.0$ Poor blasting</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

Abbildung 68: Disturbance Faktor (Hoek, Carranza-Torres, & Corkum, Hoek-Brown failure criterion - 2002 Edition, 2002, S. 7)

Aufgrund der sehr akkuraten Bohr- und Sprengarbeit im Steinbruch Fischbach, wird der Disturbance Faktor mit „Good Blasting“, also dem Wert 0,7 angenommen.

Nun sind alle Werte bekannt, um nach den bereits beschriebenen Gleichungen die Parameter m_b , s und a zu berechnen, siehe exemplarisch Tabelle 37.

Die gesamte Liste ist dem Anhang als Tabelle 67 beigefügt.

	Seg.	Gestein	GSI	m_i	D	m_b	s	a
Etage 0	0-1	WK	70	12	0,7	2,31	0,0129	0,50
	0-2	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-3	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-4	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-5	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-6	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-7	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-8	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-9	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-10	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50

Tabelle 37: Parameter Hoek

Mit der Kenntnis dieser drei Parameter kann nun in der Software „RocData“ eine Hoek-Brown Klassifikation gerechnet werden.

Mittels Eingabe der bereits bekannten Parameter

- Einaxiale Druckfestigkeit
- GSI
- m_i
- Disturbance Faktor

wird in „RocData“ ein Hoek-Brown Kriterium sowie eine Mohr-Coulomb Kurve gerechnet. Die Ergebnisse für Wettersteinkalk sind exemplarisch in Abbildung 69 dargestellt. Der Schnittpunkt der Mohr-Coulomb Kurve mit der Ordinatenachse zeigt die Kohäsion, in diesem Fall bei Wettersteinkalk 2,275 MPa. Der Winkel zwischen Abszissenachse und der Mohr-Coulomb Kurve beschreibt den Reibungswinkel, in diesem Fall 46,979°.

Die Diagramme für Raibler Kalk sowie Raibler Dolomit sind dem Anhang unter Abbildung 145 und Abbildung 146 beigefügt.

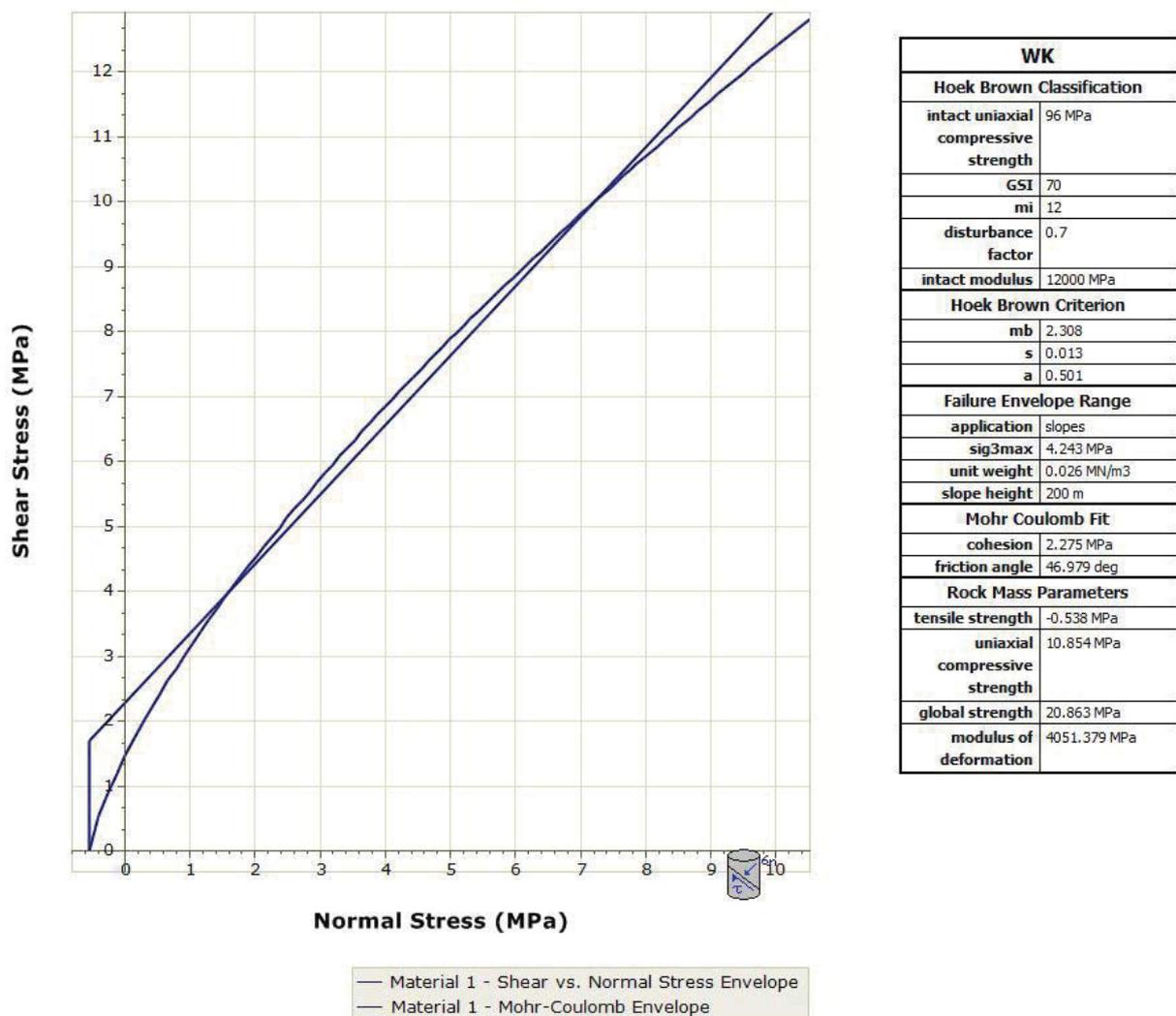


Abbildung 69: Mohr-Coulomb Wettersteinkalk

Die Ergebnisse für Kohäsion und Reibungswinkel aus „RocData“ der verschiedenen Gesteinstypen sind in Tabelle 38 dargestellt.

Diese Werte stellen in Kapitel 3.3.4 die Basis für Standsicherheitsberechnungen dar.

Wettersteinkalk	
Kohäsion C [MPa]	2,28
Reibungswinkel φ [°]	46,98
Raibler Kalk	
Kohäsion C [MPa]	1,37
Reibungswinkel φ [°]	45,41
Raibler Dolomit	
Kohäsion C [MPa]	1,26
Reibungswinkel φ [°]	42,98
Raibler Mergel	
Kohäsion C [MPa]	0,02
Reibungswinkel φ [°]	2,76

Tabelle 38: Ergebnisse aus RocData

Abbildung 70 zeigt die Mohr-Coulomb Kurven aller vier Gesteinstypen gesammelt in einem Diagramm. Die dazugehörige Excel Kalkulation ist der Daten-CD im Anhang beigelegt.

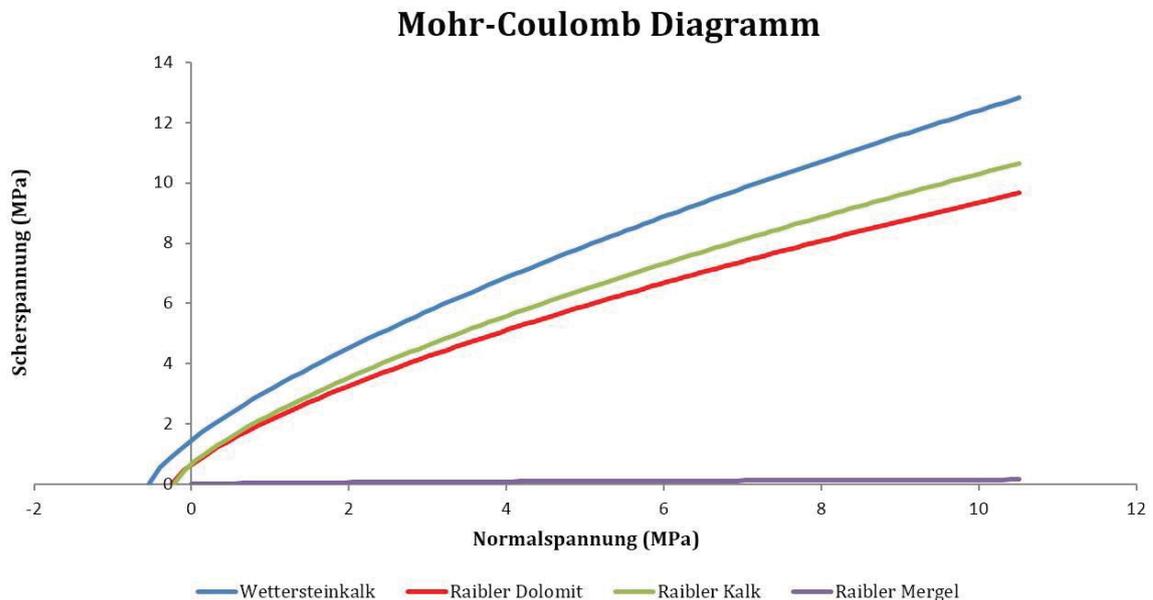


Abbildung 70: Mohr-Coulomb Kurven gesammelt

Dieses Diagramm beschreibt die Festigkeit der untersuchten Gesteinstypen. Entlang der Abszisse sind Normalspannungen (σ), an der Ordinate Scherspannungen (τ) aufgetragen.

Der Schnittpunkt der Einhüllenden mit der Ordinate bezeichnet die Kohäsion, die Steigung der Einhüllenden den Reibungswinkel, siehe die Prinzipskizze in Abbildung 71.

Basis hierfür sind die berechneten Werte für Kohäsion und Reibungswinkel aus „RocData“, siehe Tabelle 38.

Da bei einaxialen Druckversuchen kein Seitendruck aufgebracht wird, ist der Seitendruck σ_3 gleich 0, und die Hauptspannung σ_1 ist gleich die einaxiale Druckfestigkeit, also die größte aufnehmbare einaxiale Druckspannung.

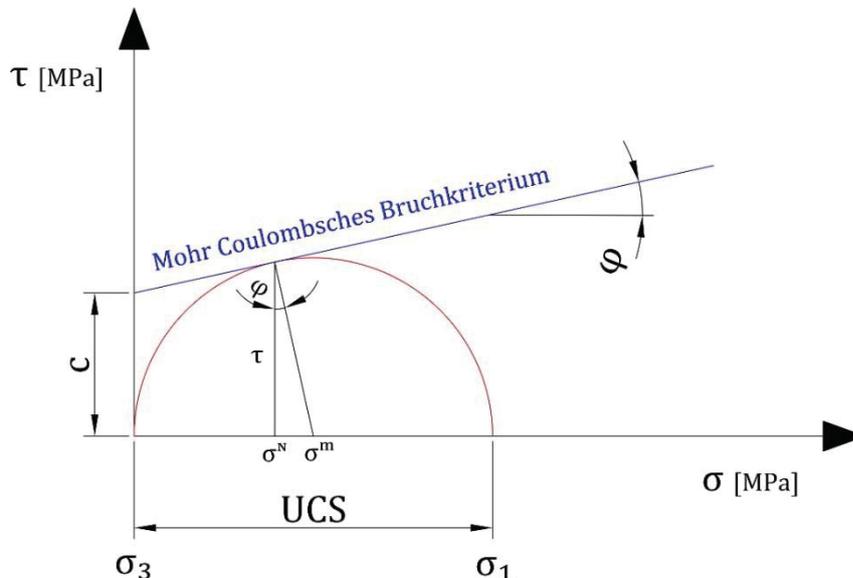


Abbildung 71: Mohr Coulombsches Bruchkriterium

Liegt die Schub- und Normalspannung unterhalb des Bruchkriteriums, liegt der Spannungszustand im stabilen, darüber im instabilen Bereich.

Die dazugehörigen Grundgleichungen lauten:

$$\tau = \sigma_N * \tan(\varphi) + c$$

$$\sigma_N = \frac{1}{2} * (\sigma_1 + \sigma_3) - \frac{1}{2} * (\sigma_1 - \sigma_3) * \sin(\varphi)$$

$$\tau = \frac{1}{2} * (\sigma_1 - \sigma_3) * \cos(\varphi)$$

Werden diese Terme zusammengesetzt und σ_3 aufgrund des fehlenden Seitendrucks 0 gesetzt, ergibt sich für die größte aufnehmbare Druckspannung:

$$\sigma_{cm} = \frac{2 * c * \cos(\varphi)}{(1 - \sin(\varphi))}$$

Diese Formel ist Ausgangspunkt für eine Abschätzung der Gebirgsfestigkeit und wird in folgendem Kapitel weiter behandelt.

3.3.3.5 Abschätzung der Gebirgsfestigkeit

Im Vorfeld einer Bergbautätigkeit stellt sich häufig die Frage nach den Parametern der Gebirgsfestigkeit. Daher wurden mehrere Ansätze zur Abschätzung der Gebirgsfestigkeit entwickelt, welche meist auf einer der gängigen Verfahren zur Gebirgsklassifikation basieren.

(Hoek, Estimates of rock mass strength, 2004, S. 1)

Diese Schätzungen, erweitert mit bekannten In-Situ Messungen sind in Abbildung 72 dargestellt.

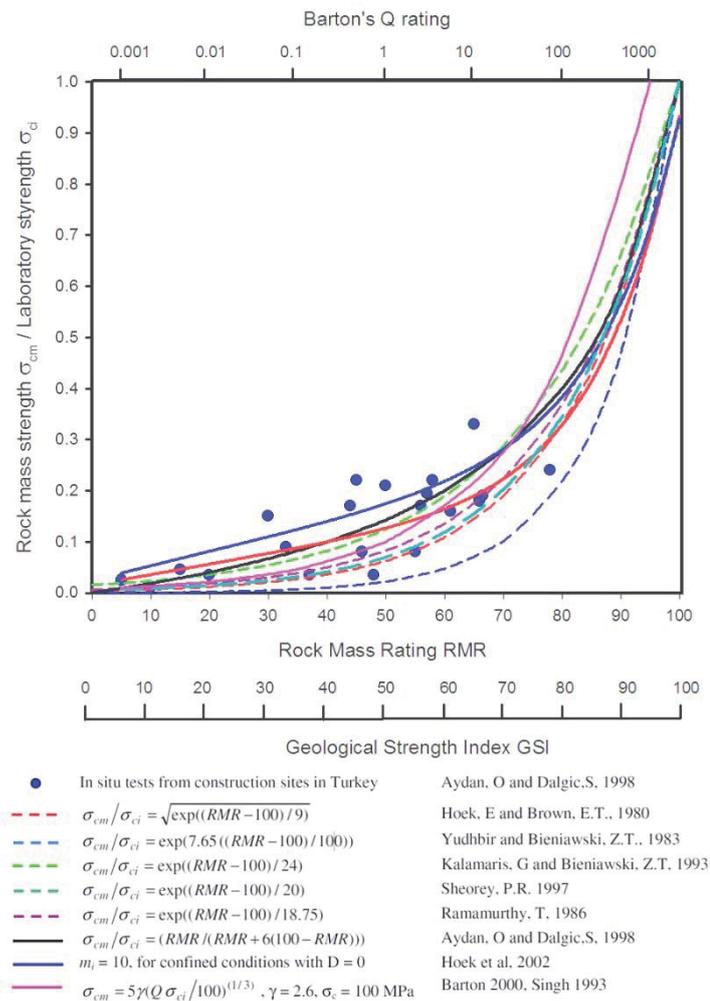


Abbildung 72: Abschätzung nach Hoek (Hoek, Estimates of rock mass strength, 2004, S. 2)

Werden nun die bekannten Werte von Rock Mass Rating, Q-Wert sowie GSI auf die jeweilige Achse aufgetragen, ergibt sich an der Ordinatennachse ein Bereich von „Gebirgsfestigkeit zu Druckfestigkeit“.

Abbildung 73 zeigt dies exemplarisch am Beispiel Raibler Kalk mit einem RMR von 65 (rote Linie), einem Q-Wert von 6,00 (blaue Linie) und einem GSI von 60 (grüne Linie). Die Diagramme für Wettersteinkalk und Raibler Dolomit befinden sich im Anhang unter Abbildung 147 und Abbildung 148.

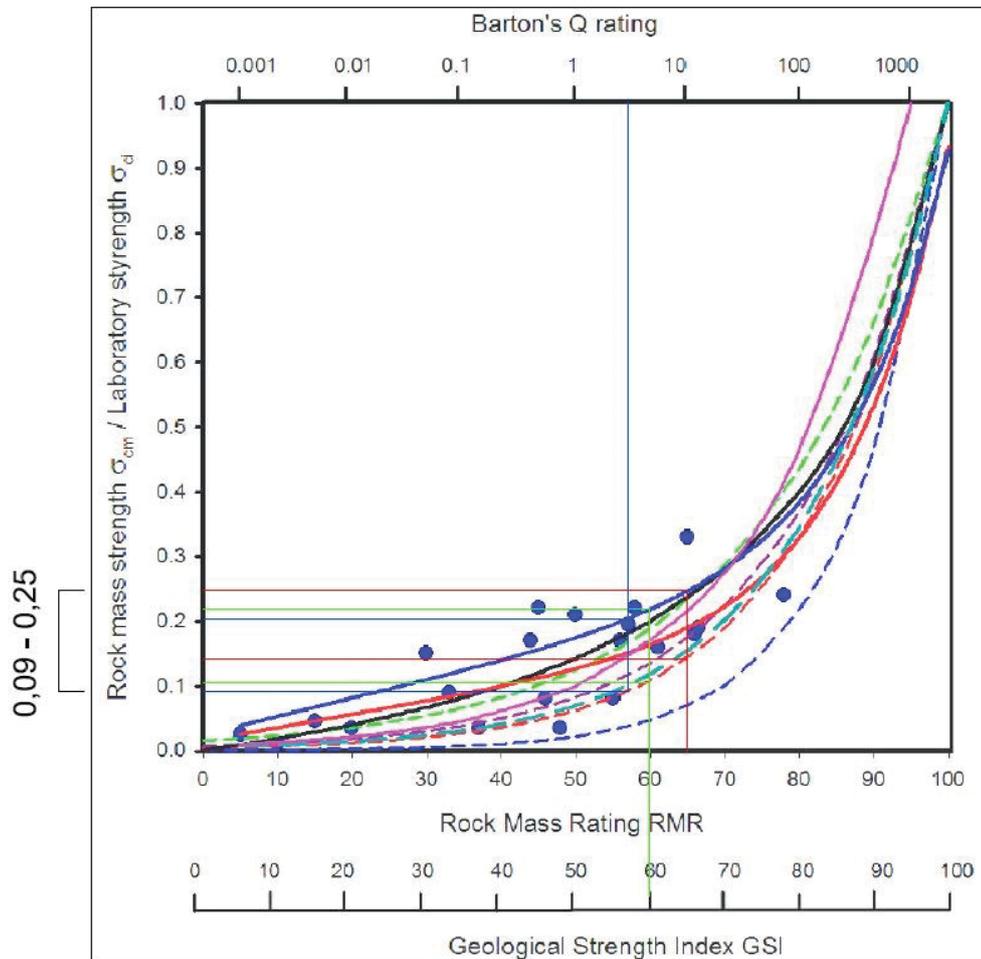


Abbildung 73: Abschätzung der Gebirgsfestigkeit

Es ergibt sich ein Bereich von 0,09 bis 0,25. Da der unterste – blau gestrichelte – Graph einen Ausreißer darstellt, wird dieser Bereich vernachlässigt und es ergibt sich ein Mittelwert von 0,17. Mit der einaxialen Druckfestigkeit des Raibler Kalkes von durchschnittlich 99,10 MPa ergibt sich somit folgende Gleichung.

$$0,17 = \frac{\text{Gebirgsfestigkeit } \sigma_{cm}}{\text{einax. Druckfestigkeit } \sigma_{ci}}$$

Umgeformt ergibt sich somit für Raibler Kalk eine Gebirgsfestigkeit von:

$$\sigma_{cm} = 0,17 * \sigma_{ci} = 0,17 * 99,10[\text{MPa}] = 16 \text{ MPa}$$

Unerlässlich für die Berechnung der Standsicherheiten ist die Kenntnis von Kohäsion und des Reibungswinkels der einzelnen Gesteinstypen. Mit Hilfe von folgender Gleichung lässt sich durch Umformung die Kohäsion berechnen.

$$\sigma_{cm} = \frac{2 * c * \cos\varphi}{1 - \sin\varphi}$$

(Wyllie & Mah, 2005, S. 100)

Da es sich bei diesem Berechnungsbeispiel um Raibler Kalk handelt, wird der Reibungswinkel - wie laut Bieniawskis Gebirgsklassifikation berechnet - mit 38° angenommen.

$$c = \frac{\sigma_{cm} * (1 - \sin\varphi)}{2 * \cos\varphi} = \frac{16,847 * (1 - \sin 38^\circ)}{2 * \cos 38^\circ} = 4,11 \text{ MPa}$$

Nach diesem Schema werden in MS Excel Werte für Kohäsion und Reibungswinkel aller vorkommenden Homogenbereiche berechnet, siehe Tabelle 39.

Gestein	Mittelwert [Diagramm]	σ_{ci} [MPa]	σ_{cm} [MPa]	φ [°]	φ [rad]	C [MPa]
WK	0,2625	96,21	25,255	44	0,768	5,36
RK	0,17	99,10	16,847	38	0,663	4,11
RD	0,18	88,32	15,898	39	0,681	3,79

Tabelle 39: Schätzung für φ und C

In Tabelle 40 werden nun alle relevanten Daten der verschiedenen Klassifikationsmethoden zur Standfestigkeitsberechnung dargestellt. Dabei werden für die einzelnen Gesteinsarten Mittelwerte gebildet, welche die weitere Berechnung einfacher und übersichtlicher machen.

Gestein	RMR nach Bieniawski (zu geringe Werte, siehe Tabelle 24)		GSI nach Hoek [aus "RocData"]		Abschätzung [Abbildung 73]	
	φ [°]	C [MPa]	φ [°]	C [MPa]	φ [°]	C [MPa]
WK	43	0,43	48,58	2,53	44	5,36
RK	38	0,39	51,03	2,01	38	4,11
RD	39	0,39	45,25	1,44	39	3,79
RM	15	0,10	7,2	0,06	-	-

Tabelle 40: Relevante Parameter Standfestigkeit

Die Gebirgsklassifikation nach Bieniawski ergibt erfahrungsgemäß sehr konservative Werte für die Kohäsion, es wird daher in folgendem Kapitel 3.3.4 mit den realistischeren Werten für Kohäsion und Reibungswinkel aus RocData, und zum Vergleich dazu mit der Abschätzung aus Tabelle 40 weitergerechnet.

3.3.4 Regionale Standfestigkeit

Nachfolgende Berechnungen werden einerseits mit den Gesteinsparametern aus der Software „RocData“, andererseits mit den abgeschätzten Werten aus Abbildung 73 durchgeführt. Tabelle 41 zeigt die für diese Methode verwendeten Eingangsparameter.

Bezeichnung	Symbol	Einheit
Sicherheitsfaktor	FS	[1]
Kohäsion (RocData)	c	[MPa]
Reibungswinkel (RocData)	φ	[°]
Kohäsion (Schätzwert)	c	[MPa]
Reibungswinkel (Schätzwert)	φ	[°]
Wichte	γ	[kN/m ³]
Böschungshöhe	H	[m]

Tabelle 41: Parameter Failure Charts

Es wird dabei unterschieden, welche Daten bereits vorhanden sind bzw. welches Ergebnis erwartet wird. So ist es möglich den Sicherheitsfaktor für eine bestimmte Böschungshöhe zu berechnen, genauso kann aber bei gegebenem Sicherheitsfaktor die Generalneigung einer fiktiven Böschung mit bestimmter Höhe gerechnet werden.

Wesentlichen Einfluss nimmt hierbei die Wahl der Grundwasserverhältnisse, welche nach Abbildung 74 bestimmt werden.

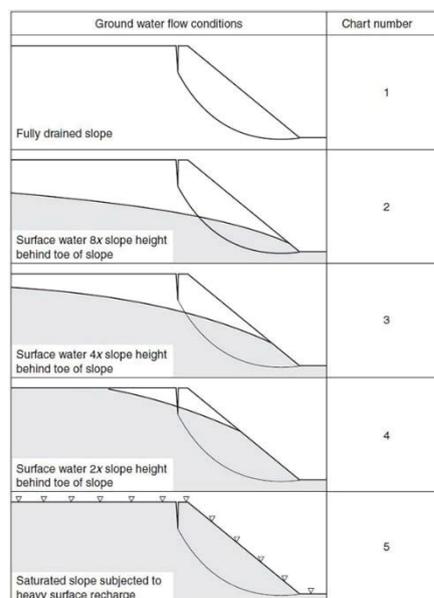


Abbildung 74: Grundwasserverhältnisse (Wyllie & Mah, 2005, S. 182)

Für jede Grundwasserkondition existiert ein separates Versagensdiagramm, wie in Abbildung 75 gezeigt.

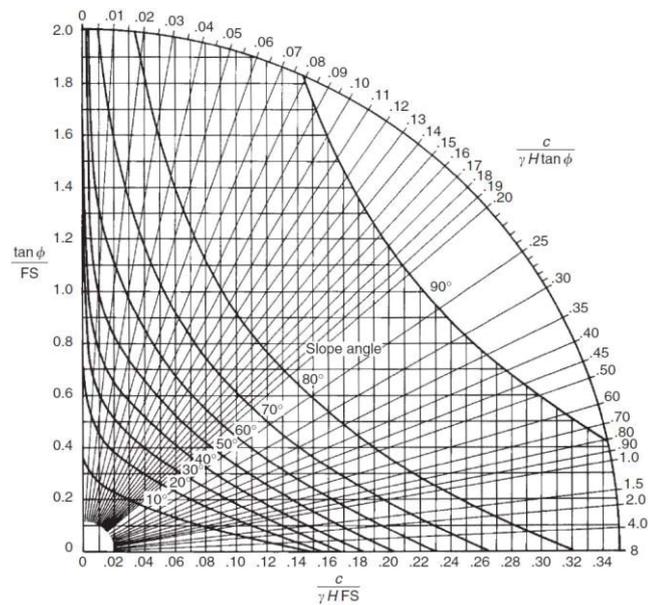


Abbildung 75: Failure Chart Nummer 2 (Wyllie & Mah, 2005, S. 184)

Sind die Parameter aus Tabelle 41 bekannt, ist die Vorgehensweise bei der Anwendung wie folgt:

1. Grundwasserverhältnisse beurteilen und entsprechendes Diagramm verwenden
2. Gesteinsparameter wählen
3. Dimensionslose Werte berechnen
4. Im entsprechenden Diagramm vom berechneten Wert der radialen Linie bis zum Schnittpunkt der Linie für den Böschungswinkel folgen
5. Den laut Diagramm zugehörigen Wert für ϕ/FS oder $c/(\gamma \cdot H \cdot FS)$ auslesen und den Sicherheitsfaktor mittels Umformung berechnen

Diese Vorgehensweise wird in Abbildung 76 zusätzlich grafisch dargestellt.

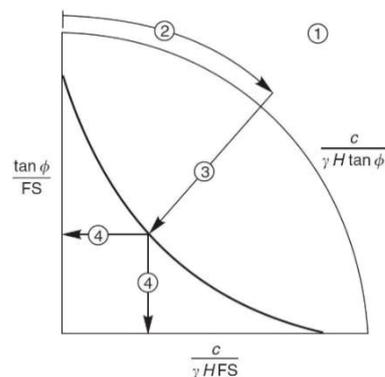


Abbildung 76: Vorgehensweise Circular Failure Charts (Wyllie & Mah, 2005, S. 183)

3.3.4.1 Standsicherheit Wettersteinkalk

Im Steinbruch Fischbach bestehen die 3 unteren Etagen aus Wettersteinkalk, siehe Abbildung 77.



Abbildung 77: 3 Etagen Wettersteinkalk

Da in diesem Fall eine Ist-Situation bewertet wird, ist das Ziel der Untersuchung die Ermittlung eines Sicherheitsfaktors.

Nach beschriebener Vorgehensweise werden zuerst die Grundwasserverhältnisse bestimmt. Im Zuge der geologischen Aufnahme der Etagenwände, welche durchwegs trocken sind, wird davon ausgegangen, dass kein bis kaum Grundwasser ansteht. Daher wird das „Failure Chart 1“ gewählt, siehe Abbildung 74. Zum Vergleich wird der Sicherheitsfaktor noch mit dem „Failure Chart 2“ berechnet, um den möglichen Einfluss eines erhöhten Bergwasserspiegels abschätzen zu können. Bekannte Parameter sind Böschungshöhe, Böschungsneigung sowie die Wichte des Gesteins. Reibungswinkel und Kohäsion werden aus Tabelle 40 übernommen.

Die Höhe der Böschung ergibt sich aus den Vermessungsdaten für die 3 Etagen mit insgesamt 74m, die Böschungsneigung mit knapp 42° . Wie in Abbildung 78 ersichtlich, wird die Generalneigung über die drei Etagen vom unteren Etagenfuß zur oberen Etagenkante gemessen.



Abbildung 78: Böschungsneigung

Eine Prinzipskizze des möglichen Gleitkreises über die unteren 3 Etagen des Wettersteinkalkes zeigt Abbildung 79.

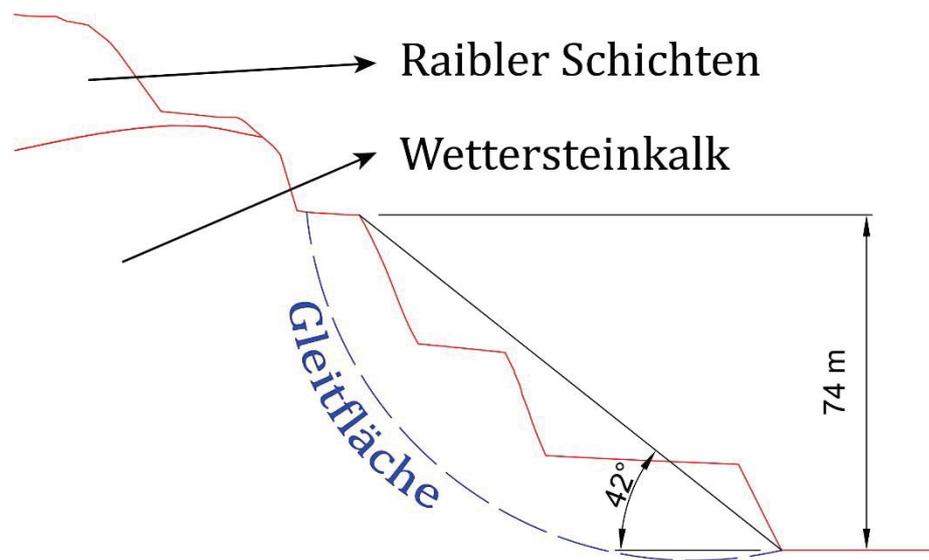


Abbildung 79: Gleitfläche Wettersteinkalk

Die Wichte des Wettersteinkalks ergibt sich aus dessen Dichte multipliziert mit der Erdbeschleunigung, wobei die Dichte direkt aus den ermittelten Daten der einaxialen Druckversuche abgeleitet wird, siehe Tabelle 42.

Probe	ø [mm]	L [mm]	V [cm ³]	Gewicht [g]	g [m/s ²]	Dichte ρ [g/cm ³]	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte gemittelt
WK 1-1	50,80	99,90	202,48	542,50	9,81	2,68	26,28	26,08
WK 1-2	50,80	99,90	202,48	540,90		2,67	26,21	
WK 4-1	50,80	100,10	202,89	533,50		2,63	25,80	
WK 5-3	50,80	99,95	202,58	541,70		2,67	26,23	
WK 4-3	50,80	100,10	202,89	534,90		2,64	25,86	
RD 1-1	50,80	99,60	201,87	519,00	9,81	2,57	25,22	24,99
RD 1-2	50,80	99,85	202,38	511,90		2,53	24,81	
RD 2-1	50,80	97,80	198,22	507,30		2,56	25,11	
RD 2-2	50,80	100,00	202,68	521,10		2,57	25,22	
RD 5-1	50,80	100,00	202,68	506,70		2,50	24,52	
RD 5-2	50,80	99,85	202,38	516,60		2,55	25,04	
RK 1-2	50,80	99,90	202,48	545,10	9,81	2,69	26,41	26,41
RK 1-3	50,80	100,20	203,09	547,60		2,70	26,45	
RK 2-1	50,80	99,80	202,28	542,90		2,68	26,33	
RK 4-1	50,80	100,00	202,68	544,90		2,69	26,37	
RK 4-2	50,80	100,15	202,99	547,00		2,69	26,44	
RK 4-3	50,80	99,95	202,58	547,00		2,70	26,49	
RK 5-1	50,80	100,15	202,99	545,70		2,69	26,37	

Tabelle 42: Gemittelte Wichten

Eine Zusammenfassung der verwendeten Eingangsparameter für Wettersteinkalk zeigt Tabelle 43.

Wettersteinkalk - Ist-Zustand			
Bezeichnung	Symbol		
Sicherheitsfaktor	FS	gesucht	[1]
Kohäsion (RocData)	c	2,53	[MPa]
Reibungswinkel (RocData)	φ	48,58	[°]
Kohäsion (Klassifikation)	c	5,36	[MPa]
Reibungswinkel (Klassifikation)	φ	44,00	[°]
Wichte	γ	26080	[kg/m ² s ²]
Böschungshöhe	H	74	[m]

Tabelle 43: Eingangsparameter Wettersteinkalk

Wie bereits erwähnt, werden zur Berechnung des Sicherheitsfaktors sowohl die im Kapitel 3.3.3.5 ermittelten Werte für Kohäsion und Reibungswinkel aus RocData, als auch die Werte aus der Klassifikation verwendet.

Die beiden berechneten Sicherheitsfaktoren werden verglichen, und der niedrigere Wert wird im Sinne einer hohen Sicherheit gewählt.

Für die Verwendung der Failure Charts wird nun jene dimensionslose Kennzahl berechnet, welche keinen Sicherheitsfaktor enthält. Es ist zu beachten, dass im Sinne der Einheitenkonvention die Kohäsion in [Pa], und die Wichte in [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}^2$] verwendet wird.

$$\text{Kennzahl (RocData)} = \frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{2,53 * 10^6}{26080 * 74 * \tan 48,58} = 1,157$$

$$\text{Kennzahl (Klassifikation)} = \frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{5,36 * 10^6}{26080 * 74 * \tan 44,00} = 2,876$$

Diese Kennzahl wird nun im Failure-Chart 1 verwendet, siehe Abbildung 80. Der Schnittpunkt mit der gegebenen Böschungsneigung von 42° ergibt die beiden dimensionslosen Kennzahlen an der Ordinate und Abszisse.

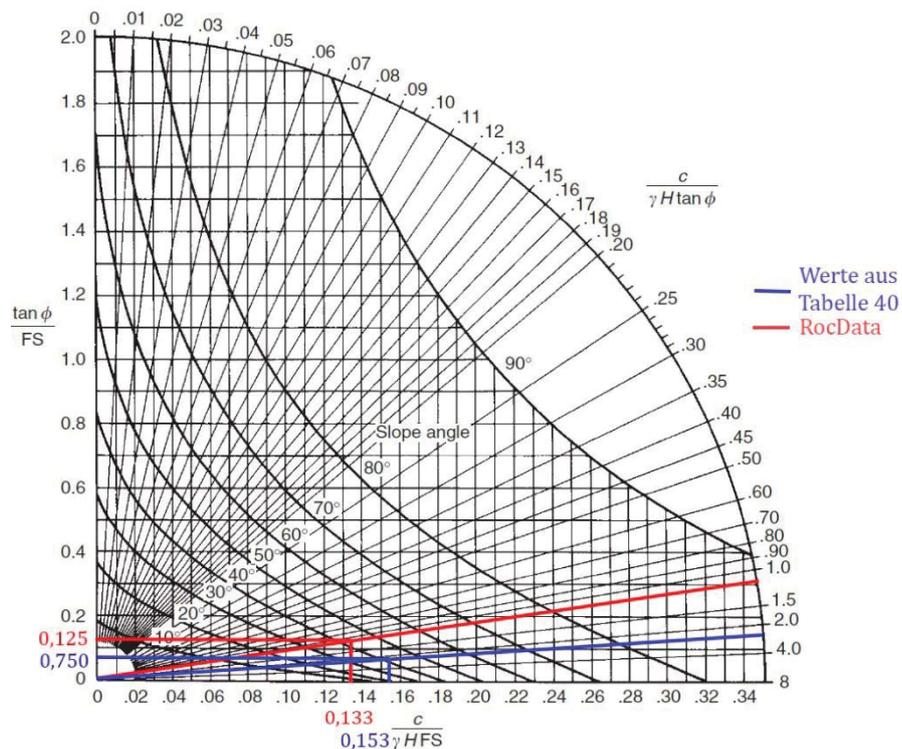


Abbildung 80: Failure-Chart 1 Wettersteinkalk

Der Sicherheitsfaktor kann nun direkt durch Umformung der Kennzahlen ermittelt werden.

$$\text{Für RocData: } 0,133 = \frac{c}{\gamma * H * FS} \rightarrow FS = \frac{c}{\gamma * H * 0,133} = \frac{2,53 * 10^6}{26080 * 74 * 0,133} = 9,86$$

$$\text{Für die Klassifikation: } 0,153 = \frac{c}{\gamma * H * FS} \rightarrow FS = \frac{c}{\gamma * H * 0,153} = \frac{5,36 * 10^6}{26080 * 74 * 0,153} = 18,15$$

Wie hier dargestellt beträgt die Sicherheit gegen Versagen entlang eines Gleitkreises an den 3 unteren Etagen 9,86 unter Verwendung der Gesteinsparameter aus RocData. Die Werte der Klassifikation aus Tabelle 40 ergeben aufgrund der hohen Kohäsion eine beinahe doppelt so hohe Sicherheit von 18,15. Aufgrund dessen werden für weitere Stabilitätsberechnungen die Parameter aus RocData verwendet.

Da im Allgemeinen für Böschungen eine Sicherheit von 1,5 empfohlen wird, stellt der Sicherheitsfaktor von 9,86 einen ausreichenden Wert dar.

Zum Vergleich wird noch der Sicherheitsfaktor unter Verwendung des Failure-Charts 2 (wenig anstehendes Grundwasser) berechnet, siehe Abbildung 81. Dabei werden dieselben Eingangsparameter aus RocData verwendet und die Kennzahl in das Chart eingetragen.

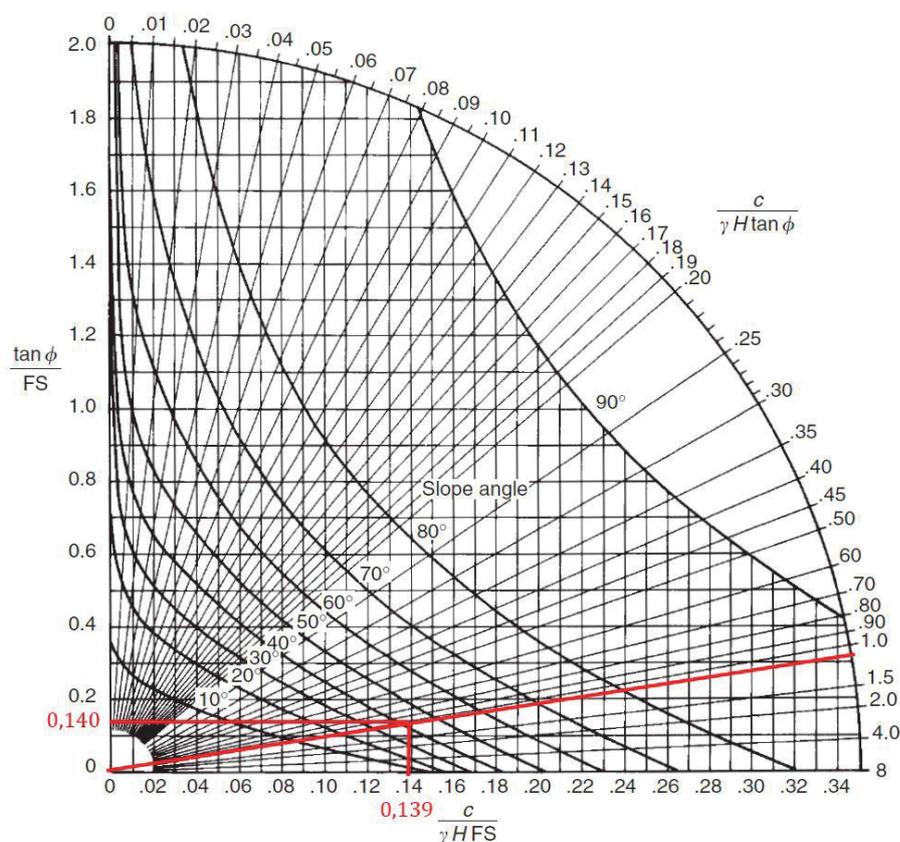


Abbildung 81: Failure-Chart 2 Wettersteinkalk

Wird nun mit der Kennzahl 0,139 wie schon zuvor beim Failure-Chart 1 auf den Sicherheitsfaktor umgeformt, ergibt sich eine Sicherheit von 9,43. Demnach reduziert sich der Sicherheitsfaktor durch die Annahme einer geringen anstehenden Grundwassermenge nur unwesentlich und liegt immer noch weit über der erforderlichen Sicherheit von 1,5.

Zur Überprüfung der bisher gerechneten Sicherheiten wird noch der nord-westliche Teil des Steinbruchs Fischbach nachgerechnet, da dort bereits 5 Etagen Wettersteinkalk im Verhieb sind,

siehe Abbildung 82. Die Böschungshöhe beträgt hier bereits 126 m, der Böschungswinkel reduziert sich jedoch auf knapp 32°, siehe Abbildung 83.



Abbildung 82: Nord-Westlicher Teil Fischbach

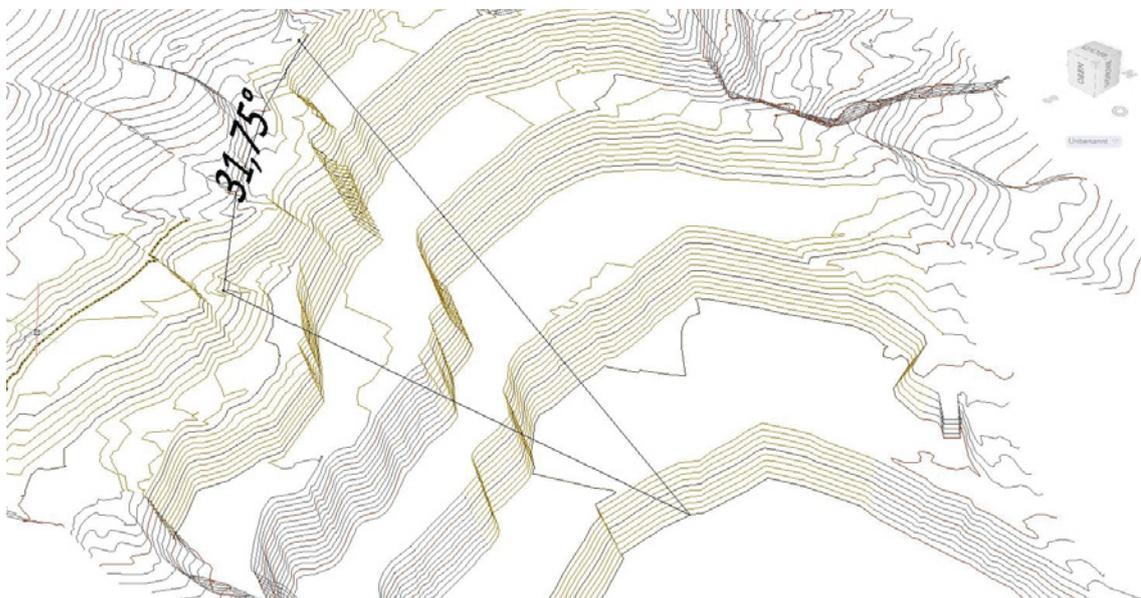


Abbildung 83: Böschungswinkel für 5 Etagen

Es ergibt sich eine dimensionslose Kennzahl von

$$\frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{2,53 * 10^6}{26080 * 126 * \tan 48,58} = 0,679$$

Wie in Abbildung 84 ersichtlich, ergibt sich somit eine neue Kennzahl von 0,11. Nach Umformung auf den Sicherheitsfaktor ergibt sich dieser mit 6,99. Demnach kann also auch die 126 m hohe Böschung aus Wettersteinkalk als standfest bezeichnet werden.

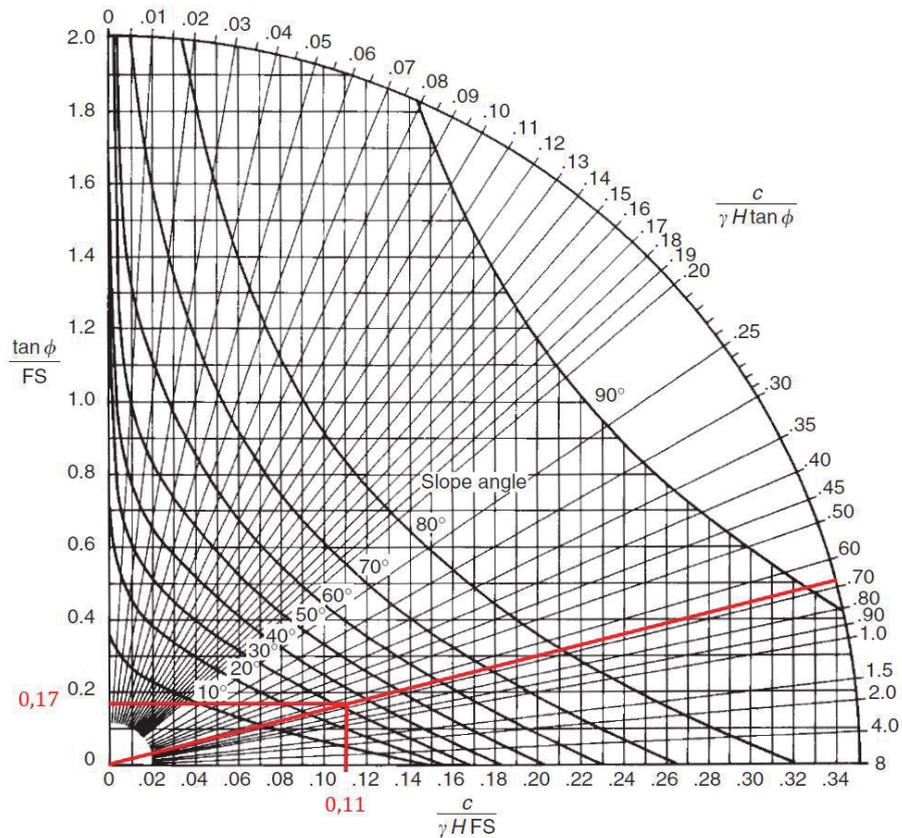


Abbildung 84: Failure-Chart 1 für 5 Etagen Wettersteinkalk

Einen Überblick über die errechneten Sicherheitsfaktoren der regionalen Standsicherheit des Wettersteinkalkes gibt Tabelle 44.

Übersicht Wettersteinkalk					
	H [m]	Böschungswinkel [°]	c [MPa]	φ [°]	FOS [1]
Failure-Chart 1	74	42	2,53	48,58	9,86
Failure-Chart 2	74	42	2,53	48,58	9,43
Failure-Chart 1	126	32	2,53	48,58	6,99

Tabelle 44: Übersicht Wettersteinkalk

3.3.4.2 Standsicherheit Raibler Kalk

Raibler Kalk ist im derzeitigen Abbaugelände nur begrenzt vorhanden, siehe Abbildung 85.



Abbildung 85: Raibler Kalk

Für den Ist-Zustand ergeben sich laut Vermessungsdaten eine Böschungsneigung von knapp 32° sowie eine Böschungshöhe von 34 m, siehe Abbildung 86.



Abbildung 86: Böschung Raibler Kalk

Werden nun die Eingangsparameter zusammengefasst, ergibt sich Tabelle 45.

Raibler Kalk – Ist-Zustand			
Bezeichnung	Symbol		
Sicherheitsfaktor	FS	gesucht	[1]
Kohäsion (RocData)	c	2,01	[MPa]
Reibungswinkel (RocData)	φ	51,03	[°]
Wichte	γ	26,41	[kN/m ³]
Böschungshöhe	H	34	[m]
Böschungswinkel	α	32	[°]

Tabelle 45: Eingangsparameter Raibler Kalk

Die Berechnung des Sicherheitsfaktors verläuft simultan zum Wettersteinkalk in Kapitel 3.3.4.1, wieder mit Hilfe der Failure Charts 1 und 2 für kein bzw. kaum anstehendes Grundwasser.

Die dimensionlose Kennzahl ergibt somit:

$$\text{Kennzahl (RocData)} = \frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{2,01 * 10^6}{26410 * 34 * \tan 51,03} = 1,81$$

Übertragen ins Failure-Chart 1 bzw. 2 ergeben sich Abbildung 87 und Abbildung 88.

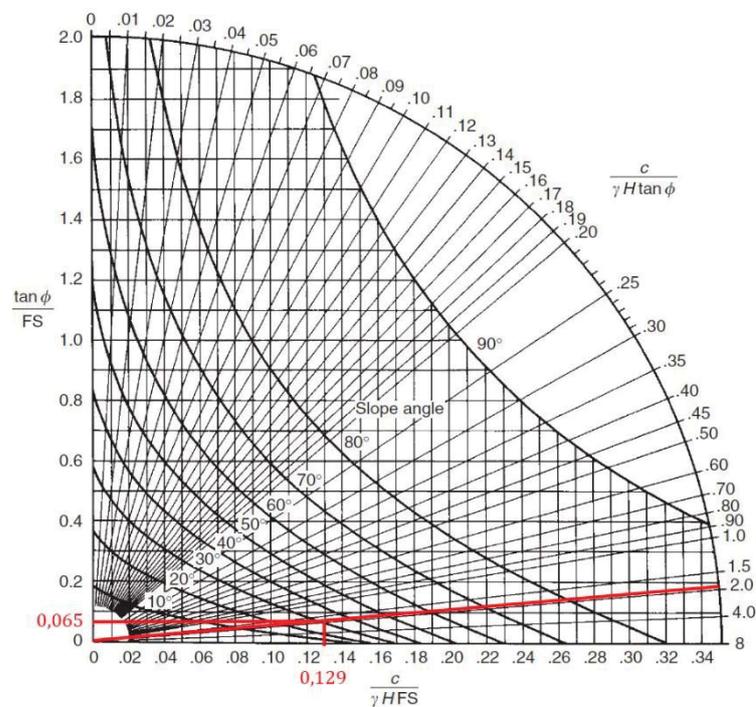


Abbildung 87: Failure-Chart 1 Raibler Kalk

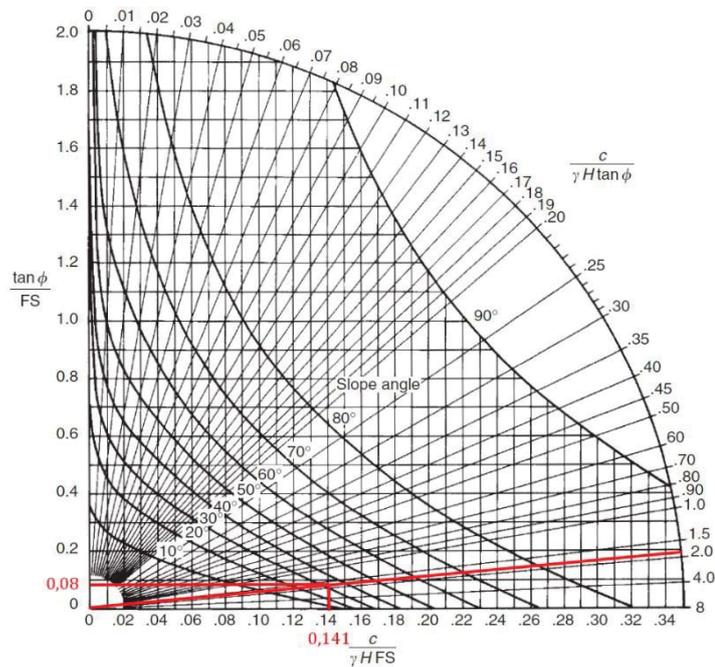


Abbildung 88: Failure-Chart 2 Raibler Kalk

Die Umformung auf den Sicherheitsfaktor ergibt für das Failure-Chart 1 einen Wert von 17,35. Für das Failure-Chart 2 ist der Sicherheitsfaktor 15,88. Somit wird beim derzeitigen Abbaustand des Raibler Kalkes ein Vielfaches der geforderten Sicherheit von 1,5 erreicht.

Da ein großer Teil der Steinbrucherweiterung im Raibler Kalk stattfindet, wird im Folgenden eine sichere Generalneigung für eine Böschungshöhe von 200 m gerechnet. Dabei wird ein höherer Sicherheitsfaktor von 3,0 angenommen. Die Eingangsparameter sind in Tabelle 46 zusammengefasst.

Raibler Kalk Erweiterung			
Bezeichnung	Symbol		
Sicherheitsfaktor	FS	3,0	[1]
Kohäsion	c	2,01	[MPa]
Reibungswinkel	φ	51,03	[°]
Wichte	γ	26,41	[kN/m ³]
Böschungshöhe	H	200	[m]
Böschungswinkel	α	gesucht	[°]

Tabelle 46: Eingangsparameter für Böschungswinkel

Die Berechnung des Böschungswinkels verläuft ähnlich den vorherigen Berechnungen des Sicherheitsfaktors. Dabei werden zur Eingabe in ein Failure-Chart zwei dimensionlose Kennzahlen berechnet, welche einen Schnittpunkt im Diagramm und somit einen Böschungswinkel ergeben.

$$\frac{c}{\gamma * H * FS} = \frac{2,01 * 10^6}{26410 * 200 * 3} = 0,127$$

$$\frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{2,01 * 10^6}{26410 * 200 * \tan 51,03} = 0,308$$

Um den Einfluss eines steigenden Bergwasserspiegels zu berücksichtigen, wird nun das Failure-Chart 2 für kaum anstehendes Grundwasser verwendet, siehe Abbildung 89.

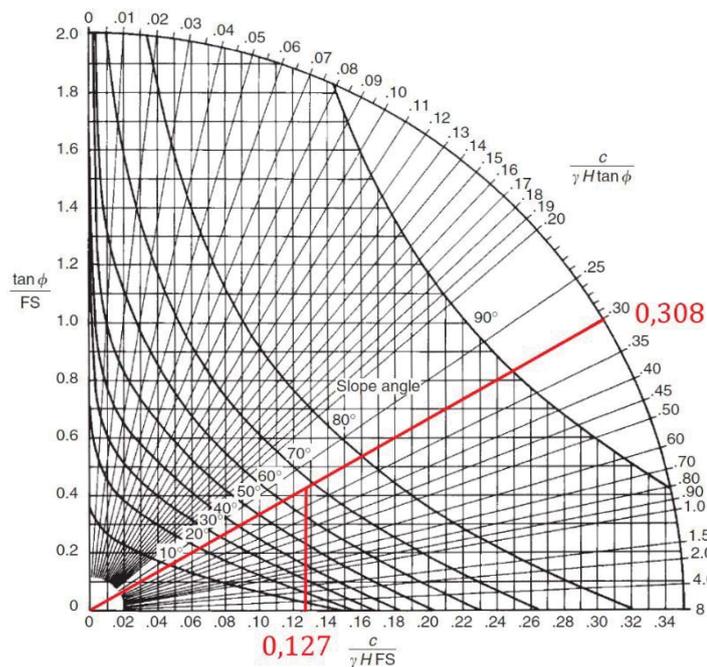


Abbildung 89: Failure-Chart 2 für Erweiterung Raibler Kalk

Der Schnittpunkt der beiden Linien befindet sich bei ca. 67° Böschungswinkel. Das bedeutet, dass im Fall einer 200 m hohen Böschung aus Raibler Kalk auch bei einer Generalneigung von über 60° kein Versagen entlang eines Gleitkreises zu erwarten ist. Somit kann im Bereich des Raibler Kalkes für eine Erweiterung ohne weiteres eine im Tagebau übliche Etageengeometrie angestrebt werden. Eine Übersicht über die Sicherheitsfaktoren im Raibler Kalk zeigt Tabelle 47.

Übersicht Raibler Kalk					
	H [m]	Böschungswinkel [°]	c [MPa]	φ [°]	FOS [1]
Failure-Chart 1	34	32	2,01	51,03	17,35
Failure-Chart 2	34	32	2,01	51,03	15,88
Failure-Chart 2	200	67	2,01	51,03	3,00

Tabelle 47: Übersicht Raibler Kalk

3.3.4.3 Standsicherheit Raibler Dolomit

Da Raibler Dolomit ebenfalls im Abbaugbiet vorkommt, und vor allem auch im geplanten Erweiterungsbereich vorhanden ist, wird auch hier der Ist-Zustand der Standsicherheit geprüft.

Abbildung 90 zeigt das Vorkommen von Raibler Dolomit im derzeitigen Abbaugbiet.



Abbildung 90: Raibler Dolomit

Die aus den Vermessungsdaten ermittelte Böschungsneigung liegt bei 66° , die Böschungshöhe beträgt 30 m, siehe Abbildung 91.



Abbildung 91: Böschung Raibler Dolomit

Die Eingangsparameter für Raibler Dolomit sind in Tabelle 48 dargestellt.

Raibler Dolomit - Ist Zustand			
Bezeichnung	Symbol		
Sicherheitsfaktor	FS	gesucht	[1]
Kohäsion (RocData)	c	1,44	[MPa]
Reibungswinkel (RocData)	φ	45,25	[°]
Wichte	γ	24,99	[kN/m ³]
Böschungshöhe	H	30	[m]
Böschungswinkel	α	66	[°]

Tabelle 48: Eingangsparameter Raibler Dolomit

Die dimensionlose Kennzahl ergibt für dieses Gestein:

$$\text{Kennzahl (RocData)} = \frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{1,44 * 10^6}{24990 * 30 * \tan 45,25} = 1,904$$

Da die Etagenwand des Raibler Dolomits feuchter ist als beim Raibler Kalk oder beim Wettersteinkalk, wird für die Berechnung des Sicherheitsfaktors das Failure-Chart Nummer 2 verwendet, siehe Abbildung 92.

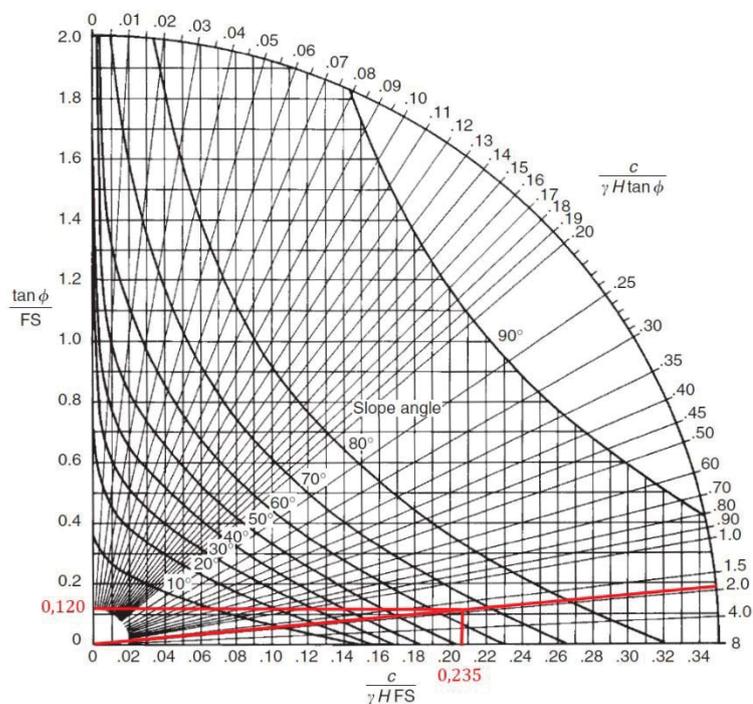


Abbildung 92: Failure-Chart 2 Raibler Dolomit

Durch Umformung ergibt sich folgender Sicherheitsfaktor:

$$0,235 = \frac{c}{\gamma * H * FS} \rightarrow FS = \frac{c}{\gamma * H * 0,133} = \frac{1,44 * 10^6}{24990 * 30 * 0,235} = 8,17$$

Mit einem errechneten Sicherheitsfaktor von 8,17 kann die Böschung bestehend aus Raibler Dolomit im derzeitigen Zustand als ausreichend sicher betrachtet werden.

Da Raibler Dolomit ebenfalls im Erweiterungsbereich vorkommt, wird nun auch hier eine fiktive Böschung mit 200 m Höhe und einem Sicherheitsfaktor von 1,5 gerechnet.

Die Eingangsparameter sind in Tabelle 49 dargestellt.

Raibler Dolomit Erweiterung			
Bezeichnung	Symbol		
Sicherheitsfaktor	FS	1,5	[1]
Kohäsion	c	1,44	[MPa]
Reibungswinkel	φ	45,25	[°]
Wichte	γ	24,99	[kN/m ³]
Böschungshöhe	H	200	[m]
Böschungswinkel	α	gesucht	[°]

Tabelle 49: Eingangsparameter für Böschungswinkel

Wie schon für die Ermittlung des Böschungswinkels für Raibler Kalk werden auch hier die beiden dimensionslosen Kennzahlen errechnet.

$$\frac{c}{\gamma * H * FS} = \frac{1,44 * 10^6}{24490 * 200 * 1,5} = 0,192$$

$$\frac{c}{\gamma * H * \tan\varphi} = \frac{1,44 * 10^6}{24490 * 200 * \tan 45,25} = 0,286$$

Die Übertragung der beiden Kennzahlen ins Failure-Chart 2 ergibt wie in Abbildung 93 dargestellt folgendes Bild.

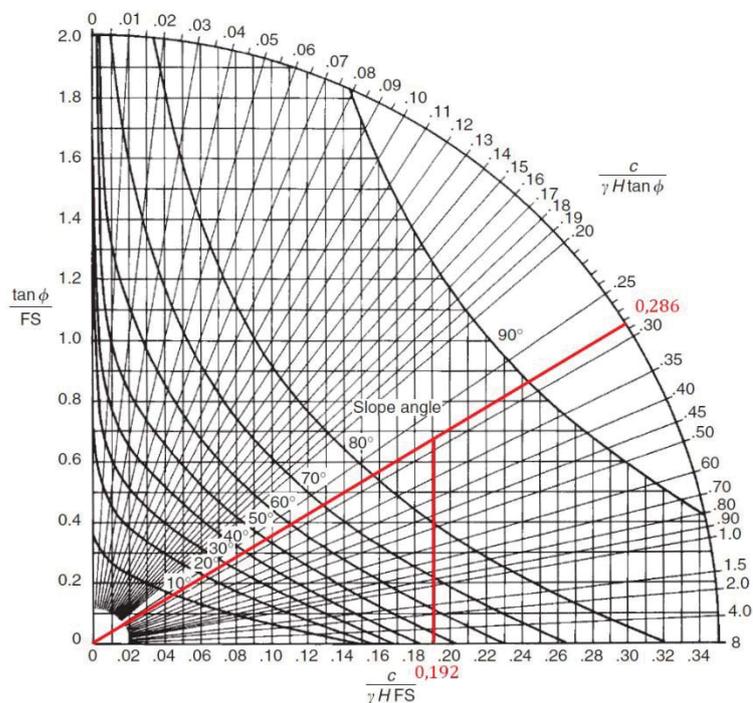


Abbildung 93: Failure-Chart 2 für Erweiterung Raibler Dolomit

Wie aus Abbildung 93 hervorgeht, würde – theoretisch - eine 200 m hohe Böschung mit einer Neigung von 84° mit einem Sicherheitsfaktor von 1,5 standfest bleiben.

Daher ist auch für die Erweiterung im Raibler Dolomit der Tagebauzuschnitt mit üblichen Etagengeometrien mit ausreichender Sicherheit möglich.

Einen Überblick der errechneten Sicherheitsfaktoren des Raibler Dolomites gibt Tabelle 50.

Übersicht Raibler Dolomit					
	H [m]	Böschungswinkel [°]	c [MPa]	φ [°]	FOS [1]
Failure Chart 2	30	66	1,44	45,25	8,17
Failure Chart 2	200	84	1,44	45,25	1,50

Tabelle 50: Übersicht Raibler Dolomit

3.3.4.4 Standsicherheit Raibler Mergel

Wie bereits angesprochen haben die Raibler Mergel im Bereich Fischbach eine sehr weiche und bröselige Konsistenz. Daher ist es nicht möglich einaxiale Druckversuche durchzuführen, wodurch ein essentieller Parameter für eine Standsicherheitsbetrachtung fehlt.

3.3.5 Analyse und Zusammenfassung

Da durchwegs ausreichend hohe Sicherheitsfaktoren errechnet wurden, kann die regionale Standsicherheit, also die Standsicherheit einer sowie auch mehrerer Etagen im Verbund betrachtet, als ausreichend bezeichnet werden.

Eine Zusammenfassung der Sicherheitsfaktoren zeigt Tabelle 51.

Gestein	Böschungshöhe [m]	Sicherheitsfaktor [1]
Wettersteinkalk	74 (3 Etagen)	9,86 (Failure Chart 1) 9,43 (Failure Chart 2)
Wettersteinkalk	126 (5 Etagen)	6,99 (Failure Chart 1)
Raibler Kalk	34 (2 Etagen)	17,35 (Failure Chart 1) 15,88 (Failure Chart 2)
Raibler Dolomit	30 (1 Etage)	8,17 (Failure Chart 2)
Raibler Mergel	-	-

Tabelle 51: Sicherheitsfaktoren Ist-Zustand

Die höchste gerechnete Böschung des Ist-Zustands ergibt im Wettersteinkalk einen Sicherheitsfaktor von knapp 7, was einen sehr hohen Wert darstellt. Alle weiteren Sicherheitsfaktoren liegen noch deutlich darüber.

Die berechneten fiktiven Böschungen für Raibler Kalk und Raibler Dolomit mit jeweils 200 m Böschungshöhe und einem Sicherheitsfaktor von 3 bzw. 1,5 ergeben immer noch standfeste Böschungswinkel von 67° bzw. 84°.

Daher können die im Zuge der Erweiterung neu geschaffenen Böschungshöhen als standsicher bezeichnet werden.

3.4 Analyse Standfestigkeitsuntersuchungen

Bereits während der geologischen Aufnahme der einzelnen Etagenwände wurden nur wenige größere Diskontinuitäten, dafür aber großteils homogene und sehr standfest wirkende Böschungen vorgefunden. Daher sind die berechneten Sicherheitsfaktoren der regionalen Standsicherheit – wie erwartet – sehr hoch ausgefallen. Demzufolge ist ein großräumiges Versagen einer oder auch mehrerer Etagen nicht zu erwarten.

Die Etagenneigung wird mit etwa 65° so beibehalten wie im bisherigen Tagebau. Laut regionaler Standsicherheitsuntersuchung würden die Etagen auch mit deutlich steilerem Winkel standfest bleiben, doch das Risiko für mögliche Keilausbrüche würde dadurch wieder erhöht.

Die endgültige Generalneigung des Steinbruchs Fischbach nach erfolgter Erweiterung wird in der Planung mit 40° bemessen. Dies verspricht bis zur Sohle von 470 müNN laut 3D Modell eine abbaubare Masse von insgesamt 14,3 Mio. t, zu 70% Wettersteinkalk und 30% Raibler Schichten, siehe Abbildung 94 und Tabelle 52.

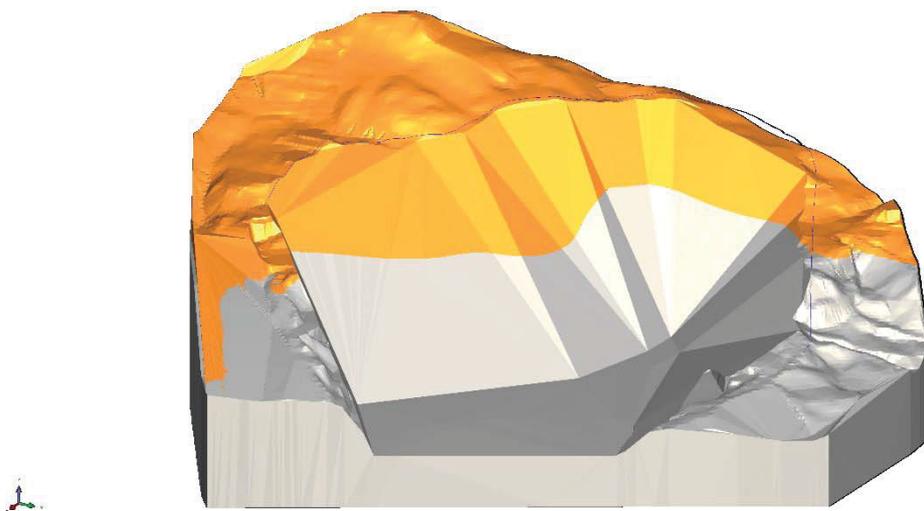


Abbildung 94: Schnitt mit 40° Generalneigung

Abbaubare Gesamtmasse mit 40° Generalneigung			
Raibler Schichten	[Mio. t]	4,32	30,11 %
Wettersteinkalk	[Mio. t]	10,05	69,89 %
Gesamt:	[Mio. t]	14,37	100 %

Tabelle 52: Gesamtmasse bei 40° Generalneigung

Bei 300.000 t jährlicher Förderung ist bei dieser Generalneigung demnach noch für knapp 48 Jahre genügend Material vorhanden.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass sich die Standfestigkeitsuntersuchungen auf die geotechnischen Aufnahmen der befahrbaren und aufgeschlossenen Etagen berufen. Vor allem die ersten drei Etagen im Wettersteinkalk konnten ausführlich geotechnisch aufgenommen werden. Auf Grund der Tatsache, dass die Gewinnung an den obersten Etagen durch Auflockerungssprengungen und Abschieben des Materials durch Schubraupen erfolgt, konnte keine aussagekräftige geotechnische Aufnahme im Bereich der oberen Etagen durchgeführt werden.

Da aber gerade dieser Bereich im Zielbereich der geplanten Erweiterung liegt, wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

Nach dem Einziehen der ersten Etagen, mit einer Etagenhöhe von 12m, sollen die geotechnischen Aufnahmen und die damit verbundenen Standfestigkeitsuntersuchungen, mit den derart neu gewonnenen Erkenntnissen, neu durchgeführt werden. Die durch „Bohren und Sprengen“ hergestellten Etagenwände bieten eine bessere Grundlage für die geotechnischen Aufnahmen als das durch Auflockerungssprengungen geprägte Gebirge.

4 Tagebauzuschnitt

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Aufschluss des bisher unberührten Teils der Lagerstätte, in welchem die Erweiterung stattfindet.

Die bewilligte Abbaugrenze der Erweiterung zeigt Abbildung 95.

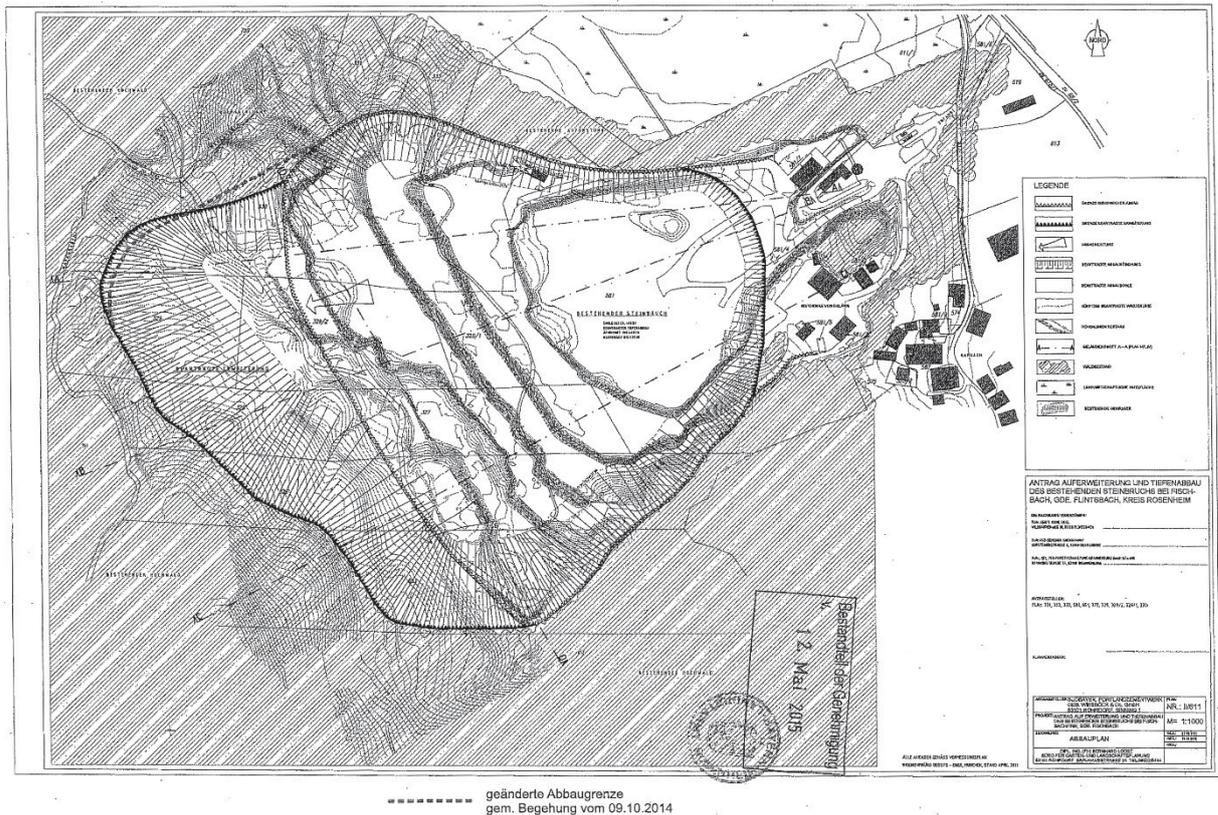


Abbildung 95: Genehmigte Abbaugrenze der Erweiterung

Bei der Planung der Abbaugrenze der Erweiterung wurde darauf geachtet, den Bereich des Hauptdolomits möglichst auszusparen. Somit bewegt sich die Erweiterung in den Raibler Schichten und es sollte zu keinem Einschnitt in den Hauptdolomit kommen.

Eine Übersicht der geologischen Karte mit der neuen Abbaugrenze zeigt Abbildung 96.



Abbildung 96: Geologische Karte mit Abbaugrenze

Um die Eignung des Raibler Kalkes für die Zementherstellung zu überprüfen, wurden im südlichen Bereich der Erweiterung einige Gesteinsproben entnommen und anschließend Röntgenfluoreszenzanalysen – kurz RFA – durchgeführt.

Die Orte der Probenahme können Abbildung 97 entnommen werden, darin sind die Kalkproben gelb, die Dolomitproben rot dargestellt.



Abbildung 97: Karte der Probenahme

Die RFA Analysen sind in Tabelle 53 dargestellt.

Prüfergebnisse				1500437																				
Auftragsbezeichnung Gesteinsproben Fischbach																								
Auftrags-Nummer 1500437																								
Eingang 24.09.2015																								
Auftraggeber Roppelt Theodor																								
Probenbezeichnung				1503364		1503365		1503366		1503367		1503368		1503369		1503370		1503371		1503372				
				FB 1		FB 2		FB 3		FB 4		FB 5		FB 6		FB 7		FB 8		FB 9				
Probenzustand				Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei	Original-Substanz / GV-haltig	Trocken-Substanz / GV-frei			
				Parameter	Bedingung	Prüfmethode	Einheit																	
Glühverlust				an Luft	PA 0001 Glühverlust	%	44,1		44,1		46,3		47,1		43,4		44,3		43,3		45,7		46,1	
CaO				GV-frei	RFA Glas	%		95,7		98		55,3		55,9		93,8		93,3		95,5		62,1		53,9
SiO ₂				GV-frei	RFA Glas	%		0,64		0,09		3,33		1,27		2,06		0,4		0,66		2,45		3,71
Al ₂ O ₃				GV-frei	RFA Glas	%		0,31		0,21		1,42		0,67		0,89		0,27		0,42		0,72		1,64
Fe ₂ O ₃				GV-frei	RFA Glas	%		0,3		0,17		0,48		0,24		0,26		0,07		0,07		0,25		0,55
SO ₃				GV-frei	RFA Glas	%		0,18		0,12		0,24		0,08		0,22		0,25		0,81		0,32		0,13
MgO				GV-frei	RFA Glas	%		2,77		1,36		36,3		38,5		2,45		4,73		0,69		30,5		37
K ₂ O				GV-frei	RFA Glas	%		0,04		0,02		0,19		0,04		0,16		0,02		0,06		0,05		0,13
Na ₂ O				GV-frei	RFA Glas	%		0,05		0,04		0,11		0,1		0,06		0,06		0,07		0,16		0,12
TiO ₂				GV-frei	RFA Glas	%		0,01		0		0,04		0,02		0,03		0		0,01		0,03		0,05
MnO				GV-frei	RFA Glas	%		0,01		0		0		0		0		0		0		0		0
Summe				GV-frei	RFA Glas	%		100		100		97,4		96,9		99,9		99,1		98,3		96,6		97,3
Silikatmodul				GV-frei	RFA Glas	Zahl		1		0,2		1,8		1,4		1,8		1,2		1,3		2,5		1,7
Tonerdemodul				GV-frei	RFA Glas	Zahl		1		1,2		3		2,8		3,4		3,9		6		2,9		3
Kalkstandard				GV-frei	RFA Glas	Zahl		4067		16050		488,9		1242		1342		6289		3998		788,7		425,1

Tabelle 53: RFA Analyse Erweiterung

Ausschlaggebend für eine Eignung zur Zementherstellung sind ein ausreichend hoher CaO-Anteil, sowie eine möglichst geringer Einbringung von Dolomitanteilen, da sich das darin enthaltene Magnesiumoxid nachteilig auf den Brennvorgang auswirkt.

Der fertige Portlandzementklinker enthält dabei bis zu maximal 5% MgO.

Bei den Analysen aus Tabelle 53 handelt es sich bei den Proben FB1, FB2, FB5, FB6 und FB7 um Raibler Kalke, bei FB3, FB4, FB8 und FB9 um Raibler Dolomite.

Die CaO- sowie MgO-Anteile der RFA Analysen weisen den Raibler Kalk als geeignet für die Zementherzeugung aus, da der CaO-Gehalt über 93%, und der MgO-Gehalt unter 5% liegt.

Da der Raibler Dolomit wegen seines hohen Magnesiumanteils (>30% MgO) nicht zur Zementklinkererzeugung geeignet ist, wird hierfür eine eigene Verwertungsschiene als Betonsand und für die Glasindustrie angestrebt.

Aufgrund der räumlichen Verteilung der Raibler Kalke im Süden des Erweiterungsgebietes wird dort auch der erste Aufschluss stattfinden. Im Anschluss daran wird die Erweiterung nach Norden ausgedehnt, siehe Abbildung 98.

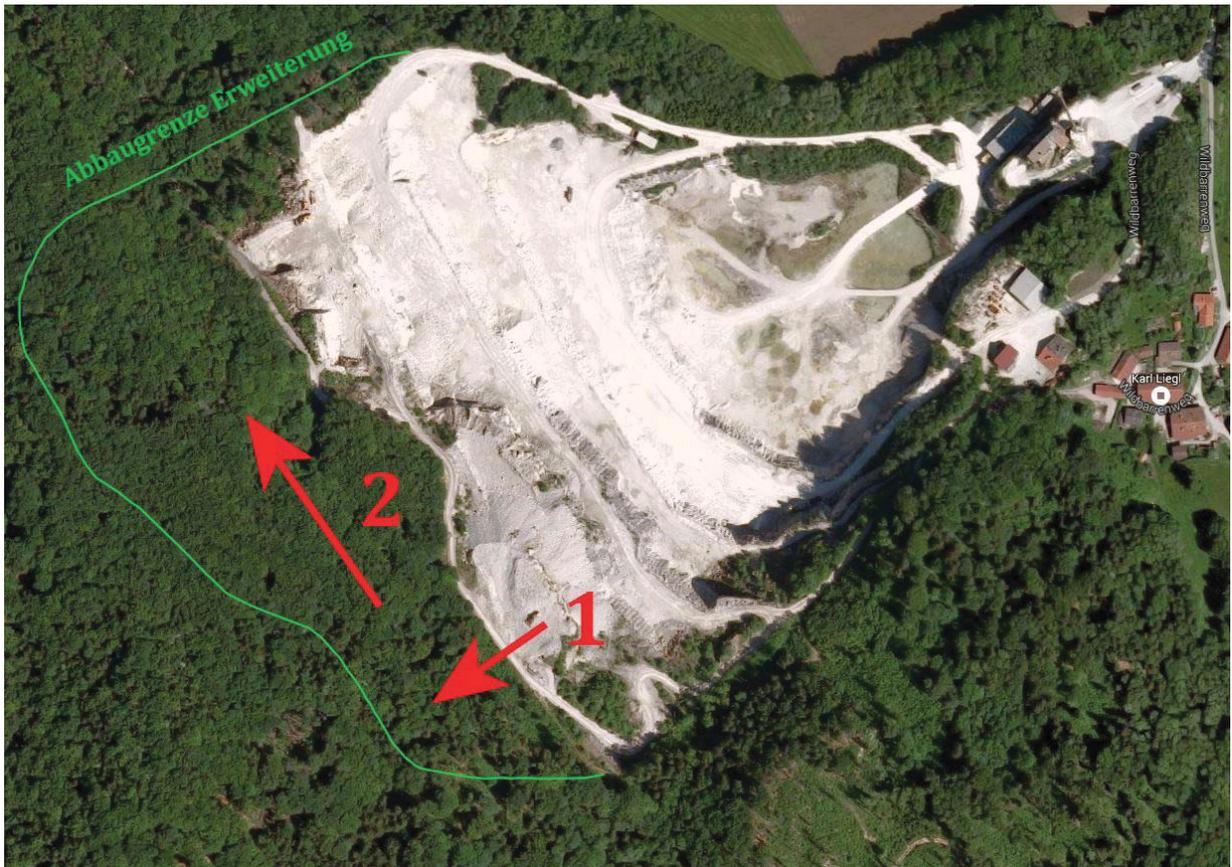


Abbildung 98: Luftbild mit Erweiterungsschema

Die Erweiterung umfasst eine Fläche von über 6 Hektar, außerdem soll die Abbautiefe des Steinbruches im Wettersteinkalk von derzeit 469,20 müNN auf 429 müNN geführt werden. Diese Abteufung wird als letztmögliche Maßnahme umgesetzt werden, um unnötige Kosten verursacht durch das Abpumpen des Grundwassers zu minimieren.

4.1 Lagerstättenmodell

Zuerst wird mit Hilfe der bisher gesammelten Daten, Kartenmaterialien und Explorationsergebnissen ein 3-dimensionales Lagerstättenmodell generiert.

Das geologische Profil der Lagerstätte gliedert sich in die Gesteinstypen Wettersteinkalk, Raibler Kalk, Raibler Dolomit und Raibler Mergel. Außerhalb der Abbaugrenzen kommt vermehrt Hauptdolomit zu Tage. Um ein 3-dimensionales Lagerstättenmodell generieren zu können, wird zuerst eine Trennfläche zwischen Wettersteinkalk und den Raibler Schichten erstellt. Dazu wird aus den vorhandenen Vermessungsdaten die Topographie des Areals erstellt, siehe Abbildung 99. Sämtliche Lagerstätten-, Aufschluss- und Abbaudarstellungen werden mit der Software „Surpac“ erstellt.

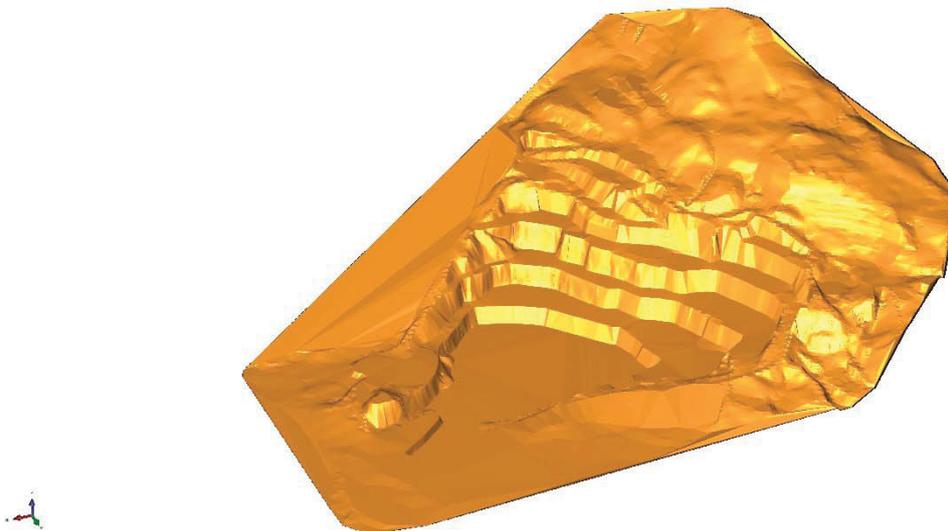


Abbildung 99: Topographie Fischbach

In den Jahren 2008 und 2009 wurden entlang der Oberkante des Steinbruches insgesamt 8 Explorationsbohrungen durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine Kernbohrung sowie 7 Bohrungen, bei welchen das Bohrklein beprobt wurde. Abbildung 100 zeigt die Lage und Orientierung, sowie die lithologische Verteilung der einzelnen Bohrungen. Um die Lithologie der Bohrungen zu zeigen, wird in Abbildung 100 von unten zur Tagesoberfläche geblickt.

Die farbliche Aufteilung ist wie folgt:

Türkis	→	Wettersteinkalk
Grün	→	Raibler Mergel
Gelb	→	Raibler Dolomit
Orange	→	Raibler Kalk

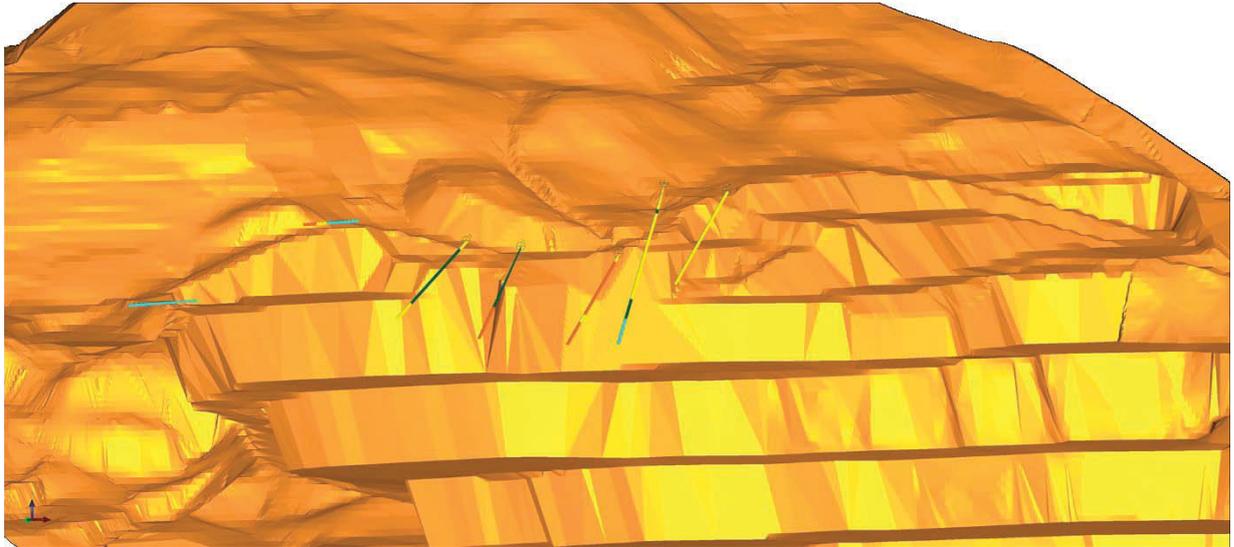


Abbildung 100: Explorationsbohrungen

Die Trennfläche zwischen Wettersteinkalk und Raibler Schichten basiert einzig auf den wenigen zurzeit vorhandenen Explorationsbohrungen, sowie auf der an der Oberfläche aufgenommenen Geologie. Die Datenpunkte welche diese Trennfläche beschreiben können aus einem bereits vorhandenen Modell (erstellt von Herrn Robert Marschallinger) übernommen und ins Surpac importiert werden. Abbildung 101 zeigt eine aus einzelnen Punkten bestehende Fläche, welche die Abgrenzung zwischen Wettersteinkalk (unterhalb der Fläche) und den Raibler Schichten (oberhalb der Fläche) darstellt. Weiters sind in Abbildung 101 die Explorationsbohrungen zu sehen, die grünen Punkte zeigen dabei den Startpunkt an der Oberfläche der jeweiligen Bohrung.

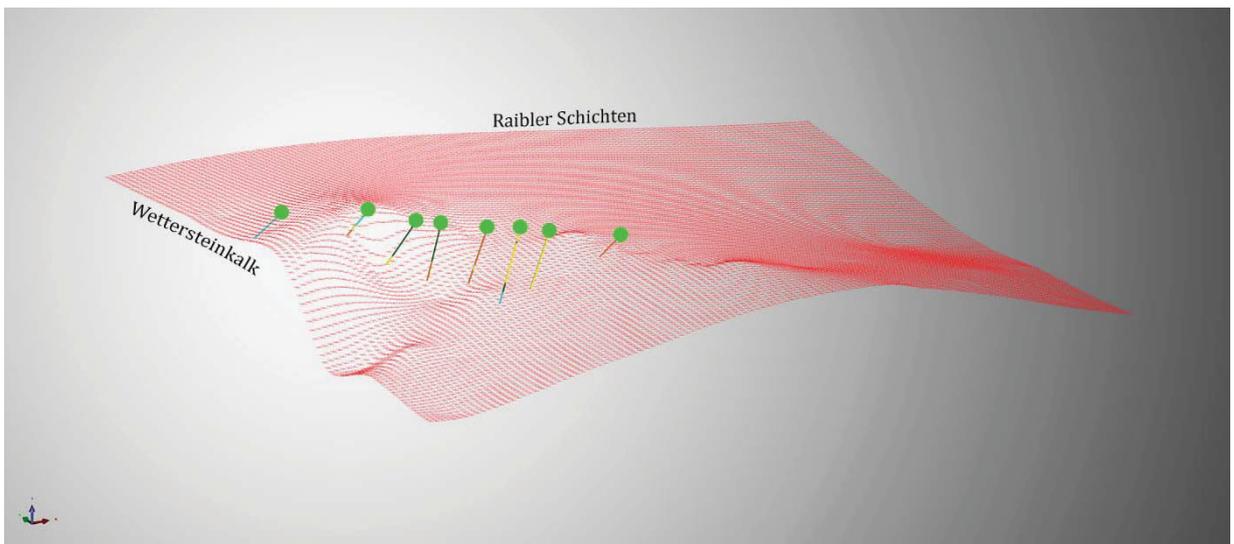


Abbildung 101: Punkte Trennfläche Wettersteinkalk – Raibler Schichten

Als nächstes wird aus diesen Datenpunkten eine zusammenhängende Fläche generiert, siehe Abbildung 102 (Die Startpunkte der Explorationsbohrungen sind wieder grün dargestellt).

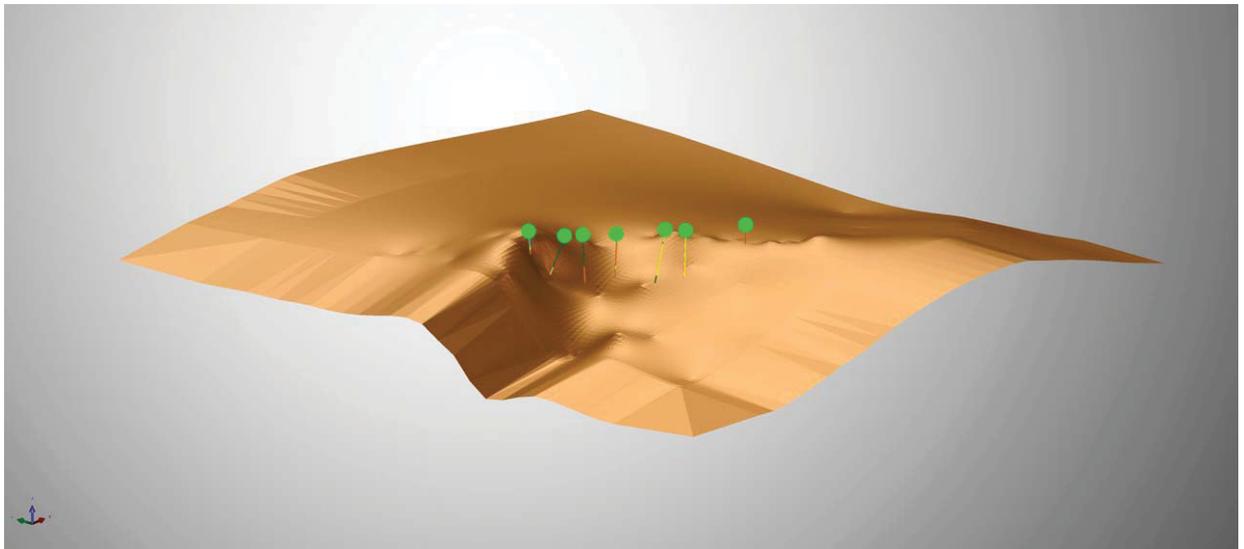


Abbildung 102: Trennfläche Wettersteinkalk – Raibler Schichten

Diese hier dargestellte Fläche stellt nun die Trennfläche zwischen 2 lithologischen Formationen dar. Darüber befinden sich die verschiedenen Raibler Schichten, darunter liegt Wettersteinkalk. Wie bei der Senke in Abbildung 102 ersichtlich, wird der Verlauf dieser Trennfläche von den vorhandenen Bohrungen definiert und weist demnach eine gewisse Unschärfe auf. Um diese Unschärfe zu minimieren sind weitere Explorationsbohrungen empfehlenswert.

Wird nun die generierte Trennfläche mit der Oberfläche des Abbaugebietes verschnitten, ergibt sich die gesamte Oberkante des Wettersteinkalkes, siehe Abbildung 103.

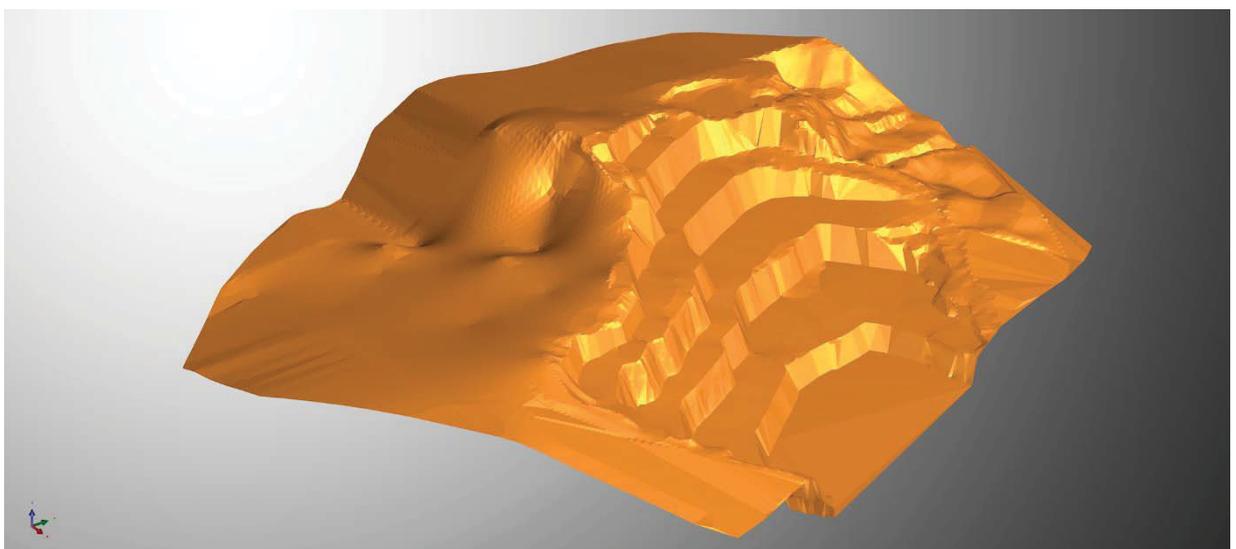


Abbildung 103: Trennfläche Wettersteinkalk komplett

Wird nun die definierte Trennfläche aus Abbildung 102 mit der Geländetopographie verschnitten, ergibt sich ein Volumenkörper, welcher die Raibler Schichten darstellt, siehe Abbildung 104.

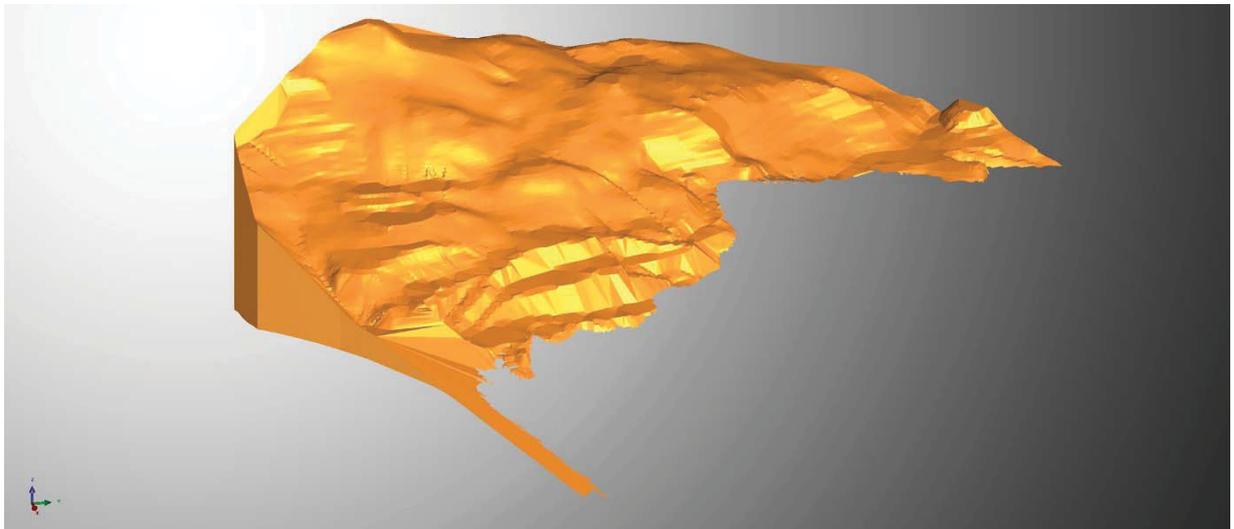


Abbildung 104: Volumenkörper Raibler Schichten

Da die endgültige Abbauteufe 429 müNN betragen soll, wird einige Meter tiefer eine Grundfläche erstellt, welche ebenso mit der Trennfläche aus Abbildung 102 verschnitten wird, um einen Volumenkörper des Wettersteinkalkes zu erhalten, siehe Abbildung 105.

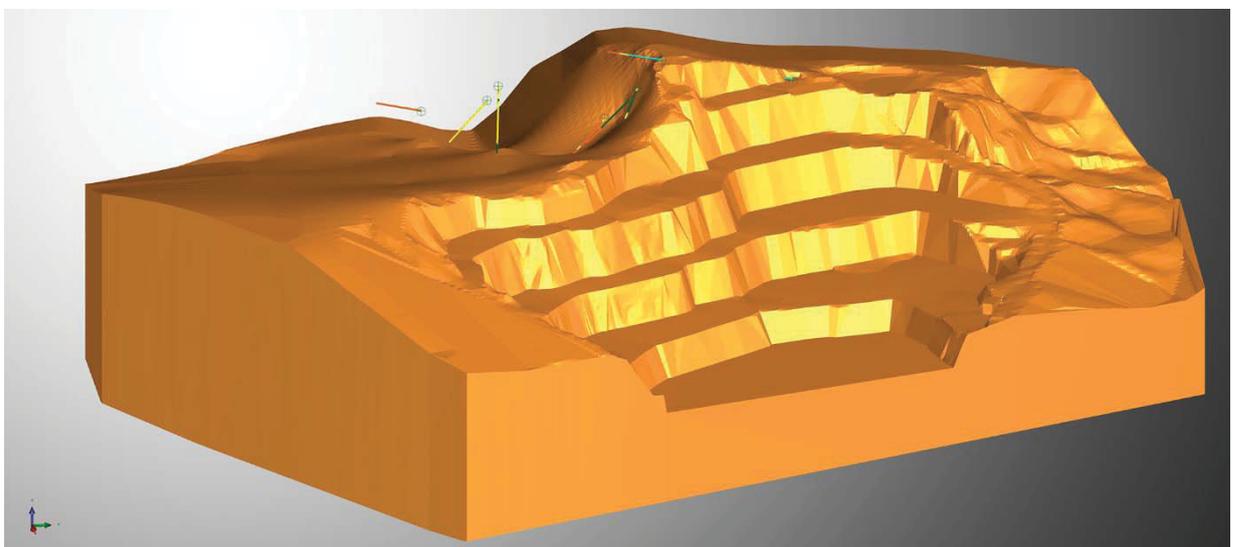


Abbildung 105: Volumenkörper Wettersteinkalk

Werden diese beiden Volumenkörper zusammengefügt, ergibt sich ein 3-dimensionales Lagerstättenmodell, mit welchem in weiterer Folge Aufschluss- und Abbauplanungen einschließlich Volumensberechnungen getätigt werden können, siehe Abbildung 106.

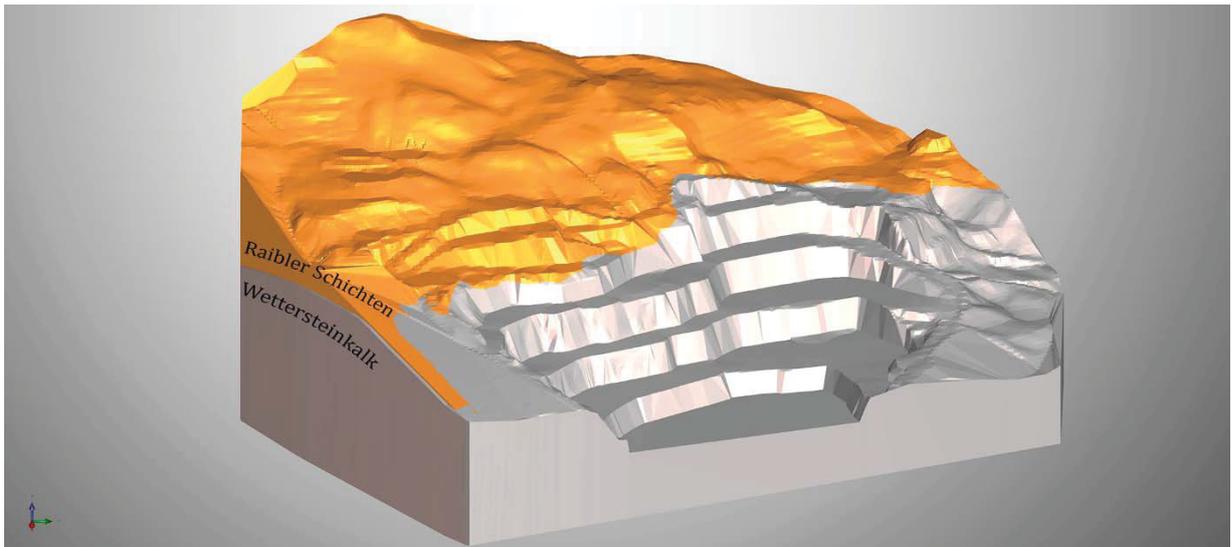


Abbildung 106: Lagerstättenmodell komplett

Zur besseren Übersicht werden die Raibler Schichten mit goldener, der Wettersteinkalk mit silberner Farbe dargestellt.

Im Zuge der Lagerstättenmodellierung wurde versucht, eine detaillierte Trennung zwischen einzelnen Raibler Schichten darzustellen. Da jedoch lediglich die Daten aus den 8 Explorationsbohrungen vorhanden sind, können keine glaubwürdigen Grenzen zwischen den Raibler Schichten definiert werden. Darum wird im Folgenden auf die Unterteilung der Raibler Schichten in Kalk, Dolomit und Mergel verzichtet, und nur mehr mit den Begriffen Wettersteinkalk und Raibler Schichten fortgefahren.

Bei jedem geplanten Abbauschritt werden in weiterer Folge diese Volumenkörper abgebaut. Mittels des Computerprogramms Surpac können für jeden Abbauschritt die Volumen der beiden „gewonnenen“ Lithologien sehr leicht berechnet werden.

Alle weiteren Planungsschritte und Volumen bzw. Mengenangaben beziehen sich auf das vorgestellte Lagerstättenmodell.

4.2 Aufschluss & Abbauplanung

Der Aufschluss erfolgt oberhalb des derzeitigen Abbaugebietes in den Raibler Schichten. Ziel ist es, langfristig ein mit dem Betrieb festgelegtes Abbauverhältnis von 35% (oder weniger) Raibler Schichten und 65% (oder mehr) Wettersteinkalk zu erhalten. Der Gesamtumfang an abgebautem Material beträgt jährlich etwa 300.000 t. Dazu ist es erforderlich, anfangs vermehrt die überlagernden Raibler Schichten abzutragen.

Das Aufschlussgebiet der Erweiterung zeigt Abbildung 107.

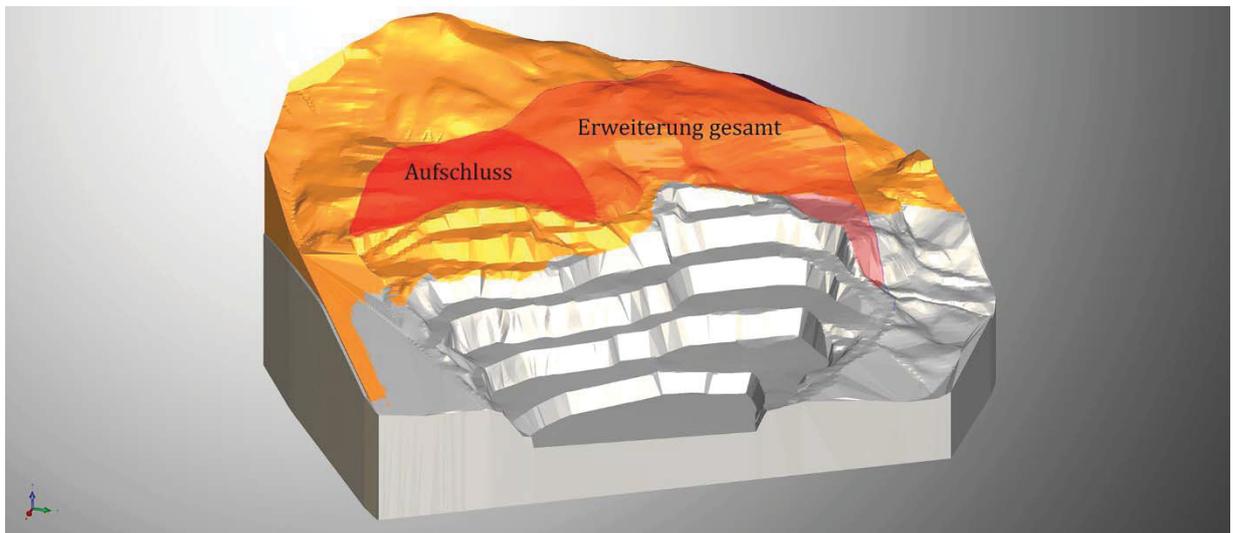


Abbildung 107: Aufschlussgebiet

Wie bereits in Abbildung 98 dargestellt, beginnt die Erweiterung im Süden des Aufschlussgebietes, da dort vermehrt Raibler Kalke vorhanden sind, welche für die Zementerzeugung verwertbar sind. Das flachere Gelände als ist ein weiterer Vorteil des südlichen Aufschlussgebietes.

4.2.1 Aufschluss Jahr 1

Zuerst wird der untere Teil des Erweiterungsgebietes mit einer Straße zugänglich gemacht, siehe Abbildung 109. Die Straße wird mit 8 m Breite geplant und weist eine Steigung von 11% auf, siehe Abbildung 108. Diese Straße dient der Förderung und dem Transport von Bohr- und Sprenggerät.

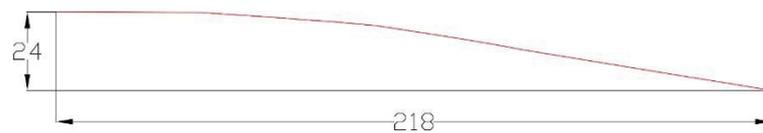


Abbildung 108: Höhenprofil Straße 1



Abbildung 109: Aufschluss 1 - Straße

Der nächste Schritt besteht im Sprengen der Etage unterhalb der neuen Straße. Damit wird Platz für den weiteren Aufschluss gewonnen und das erste Material der Raibler Schichten gewonnen, siehe Abbildung 110. Im Sinne einer optimalen Qualitätssteuerung werden im Aufschlussgebiet die Etagenhöhen mit 12 m gewählt. Somit wird ein selektiver Abbau gewährleistet. Die Wandneigung wird in der Planung mit 65° festgelegt und entspricht damit in etwa der bisherigen Wandneigung im bestehenden unteren Teil des Steinbruchs. Mit dieser Variante kann die bisher praktizierte Abbaumethode beibehalten werden, welche sich durch sehr standfeste Böschungen auszeichnet.

Nach BGV C11 §10 Absatz 3 müssen Sohlen entsprechend der Größe und Beschaffenheit der Lade- und Fördergeräte und deren Einsatzart so breit sein, dass ein sicherer Betrieb gewährleistet ist. (BGV C11, 1998, S. 10)

Die Wandhöhen werden in §13 geregelt und dürfen bei maschinellem Wegladen 30 m nicht überschreiten. (BGV C11, 1998, S. 12)

Zu den Wandneigungen heißt es in §14, Absatz 3, dass beim maschinellen Wegladen die Abbauwände auf 60° oder weniger abgeböschst sein müssen. Abweichend dazu darf laut Absatz 4 bei Anwendung des Großbohrlochsprengverfahrens und der maschinellen Gewinnung die Etagenwand bis zur Senkrechten anstehen. (BGV C11, 1998, S. 13)

Die Geometrie des Aufschlusses entspricht somit in allen Punkten der BGV C11, der Unfallverhütungsvorschrift für Steinbrüche, Gräbereien und Halden.

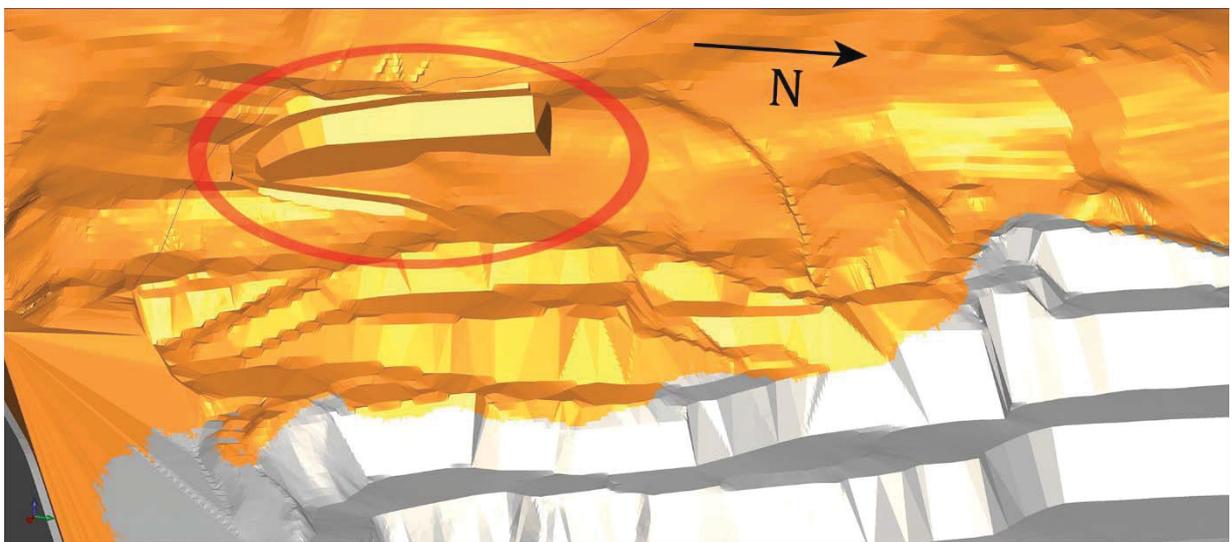


Abbildung 110: Aufschluss 2 - Abbau (Raibler Schichten)

Diese neu entstandene Etagensole liegt bei 622 müNN, und weist eine maximale Etagenhöhe von 12 m bei 65° Wandneigung auf, und hat eine Gesamtlänge von 103 m. Die untere Etagenbreite bewegt sich zwischen 16 m an der engsten, und 33 m an der breitesten Stelle. Dieser Abbauschritt entspricht einem Volumen von 15.708 m³, was mit einer gemittelten Dichte der Raibler Schichten von 2,62 t/m³ einer Masse von 41.155 t entspricht.

Als nächstes wird für den weiteren Aufschluss die neu geschaffene Etage weiter nach Norden erweitert, siehe Abbildung 111.



Abbildung 111: Aufschluss 3 – Abbau (Raibler Schichten)

Diese Erweiterung schafft ein zusätzliches Volumen von 18.804 t Raibler Schichten und verlängert die Etage auf insgesamt 138 m Länge.

Als nächstes wird eine neue Etage geschaffen. Diese misst wiederum 12 m in der Höhe und die Sohle liegt auf 610 müNN, siehe Abbildung 112. Dieser Abbauschritt schafft 35.221 t Raibler Schichten.



Abbildung 112: Aufschluss 4 – Abbau (Raibler Schichten)

In Schritt 5 wird die in Abbildung 113 dargestellte unterste Etage der Raibler Schichten geteilt, um auch hier eine Etagenhöhe von 12 m zu erhalten. Diese Etagensohle liegt auf 586 müNN und liefert 10.980 t Material aus den Raibler Schichten.



Abbildung 113: Aufschluss 5 – Abbau (Raibler Schichten)

Im Wettersteinkalk wird im ersten Jahr des Aufschlusses an den beiden untersten Etagen abgebaut, da hier die breitesten Bermen vorhanden sind, siehe Abbildung 114.

Die beiden Etagen liegen auf 470 bzw. 490 müNN und lukrieren zusammen 73.413 m³ Wettersteinkalk. Dieses Volumen entspricht bei der Dichte von 2,66 t/m³ einer Masse von 195.279 t Wettersteinkalk.

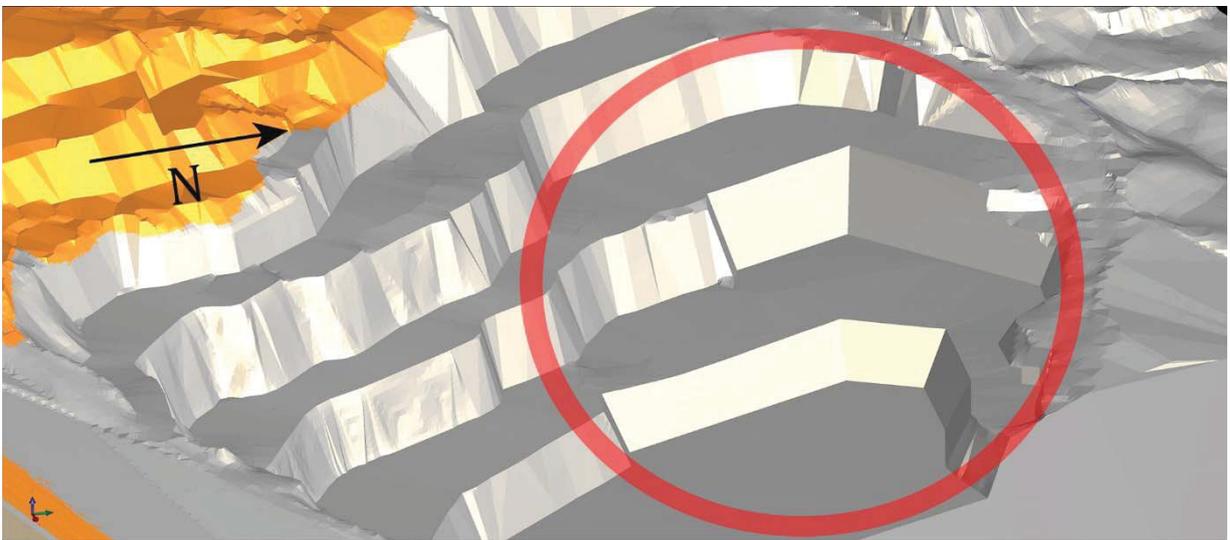


Abbildung 114: Aufschluss 6 – Abbau (Wettersteinkalk)

Somit ergibt sich für das Jahr 1 des Aufschlusses ein Abbauverhältnis von 64,78 % Wettersteinkalk und 35,22 % Raibler Schichten (wie nach Absprache mit dem Betrieb festgelegt, siehe Seite 109), welche laut Probenahme im Aufschlussgebiet großteils aus Raibler Kalken bestehen sollten, siehe Tabelle 54.

Jahr 1		
Raibler Schichten		35,22 %
Aufschluss 2 in [t]	41.155	
Aufschluss 3 in [t]	18.804	
Aufschluss 4 in [t]	35.221	
Aufschluss 5 in [t]	10.980	
Gesamt:	106.160	
Wettersteinkalk		64,78 %
Aufschluss 6 in [t]	195.279	
Gesamt:	195.279	

Tabelle 54: Abbauverhältnis Jahr 1

Zusätzlich werden nach jedem Jahr vertikale Schnitte durch das Abbaugebiet angefertigt. Abbildung 115 zeigt die Orientierung der Schnittebenen, welche für alle Abbauschritte gleich bleibt.

Der südliche Schnitt wird im Folgenden als Schnitt-Süd, der nördliche Schnitt als Schnitt-Nord bezeichnet.

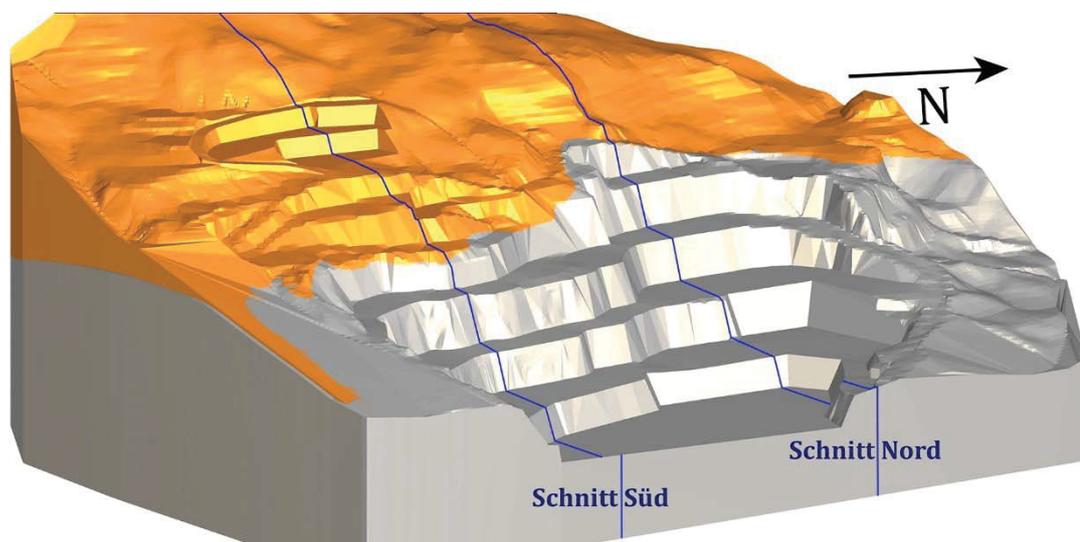


Abbildung 115: Lage der beiden Schnitte

Die beiden Schnitte mit einer Generalneigung von 37° bzw. 33° werden in Abbildung 116 dargestellt.

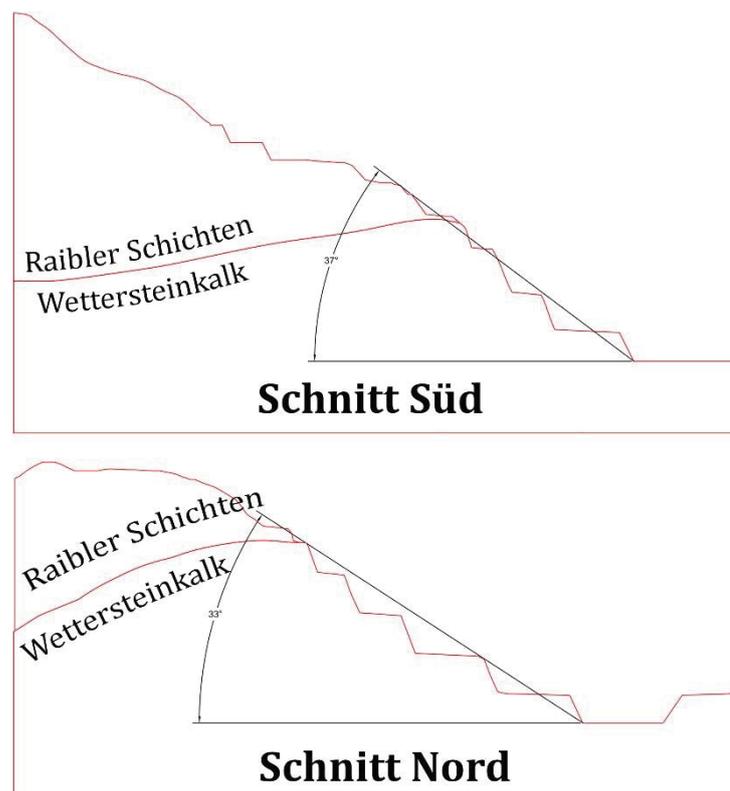


Abbildung 116: Schnittdarstellungen Jahr 1

Die Trennlinie zwischen Wettersteinkalk und den darüber liegenden Raibler Schichten ist hierbei gut ersichtlich. Es wird deutlich, dass im südlichen Aufschlussgebiet deutlich mehr Überlagerung als im nördlichen Teil vorhanden ist. Da es sich aber vor allem im Süden um für die Zementherstellung brauchbare Raibler Kalke handelt, ist dies nicht weiter problematisch.

4.2.2 Abbau Jahr 2

Um die weitere nötige Fläche für die Erweiterung zu schaffen, findet der nächste Abbauschritt wieder in den Raibler Schichten statt, siehe Abbildung 117.



Abbildung 117: Abbau 7 – Abbau (Raibler Schichten)

Hier wird die bereits begonnene Etage auf 586 müNN aus Abbildung 113 weiter nach Süden gezogen, somit wird die gesamte Etage auf jeweils 12 m Höhe halbiert. Dieser Abbauschritt lukriert 52.934 t an – großteils – Raibler Kalken.

Diese neu geschaffene Etage wird nun weiter nach Norden erweitert, um einen neuen Zugang zur bereits bestehenden Straße am westlichen Rand des Steinbruchs zu schaffen. Zusätzlich wird ein Teil der darunterliegenden Raibler Schichten abgebaut, siehe Abbildung 118.

Mit diesem Schritt werden wiederum 30.379 t Raibler Kalke gewonnen und die Straße, welche an den Rändern des bestehenden Steinbruchs herumführte, ist wieder durchgängig befahrbar.

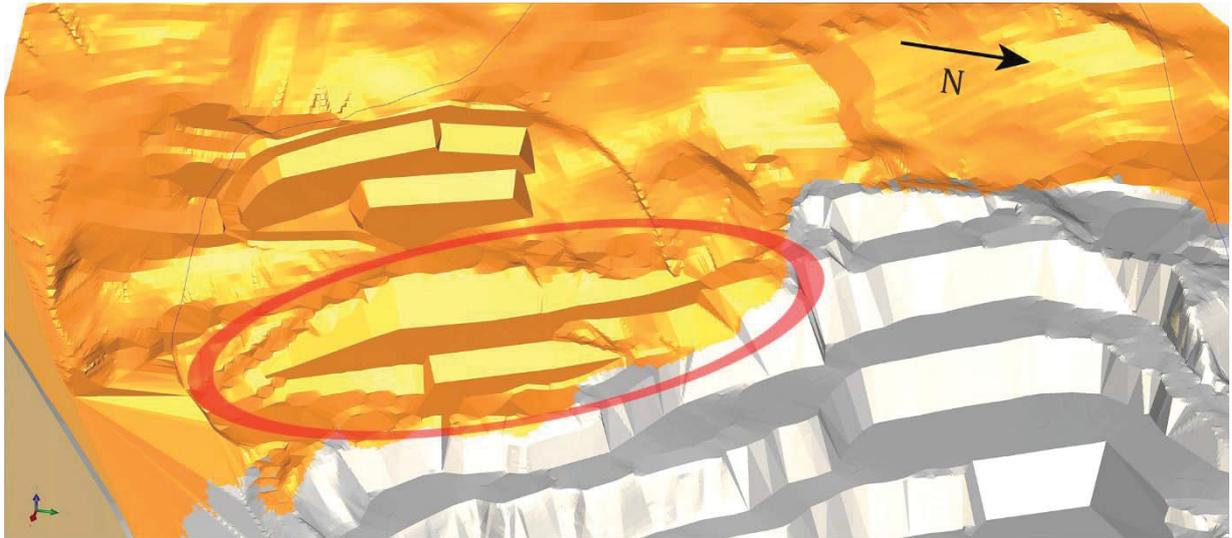


Abbildung 118: Abbau 8 – Abbau (Raibler Schichten)

Um die gewählte Etagegeometrie von 12 m Höhe beizubehalten, wird nun zwischen den 4 geschaffenen Etagen eine zusätzliche geschaffen, siehe Abbildung 119.



Abbildung 119: Abbau 9 – Abbau (Raibler Schichten)

Die Sohle dieser neuen Etage befindet sich auf 598 müNN und sie liefert 30.484 t Raibler Kalk.

Um die geforderte jährliche Menge an Wettersteinkalk zu erreichen, wird an den beiden untersten Etagen weiter abgebaut und damit 188.698 t gewonnen, siehe Abbildung 120.



Abbildung 120: Abbau 10 – Abbau (Wettersteinkalk)

Das Abbauverhältnis des 2. Jahres wird in Tabelle 55 dargestellt.

Jahr 2		
Raibler Schichten		37,60 %
Abbau 7 in [t]	52.934	
Abbau 8 in [t]	30.379	
Abbau 9 in [t]	30.484	
Gesamt:	113.797	
Wettersteinkalk		62,40 %
Abbau 10 in [t]	188.698	
Gesamt:	188.698	

Tabelle 55: Abbauverhältnis Jahr 2

Nachfolgende Abbildung 121 zeigt wieder eine Schnittdarstellung mit Generalneigung der Abbaufont nach dem vollendeten 2. Jahr und damit etwa 600.000 t abgebautem Material.

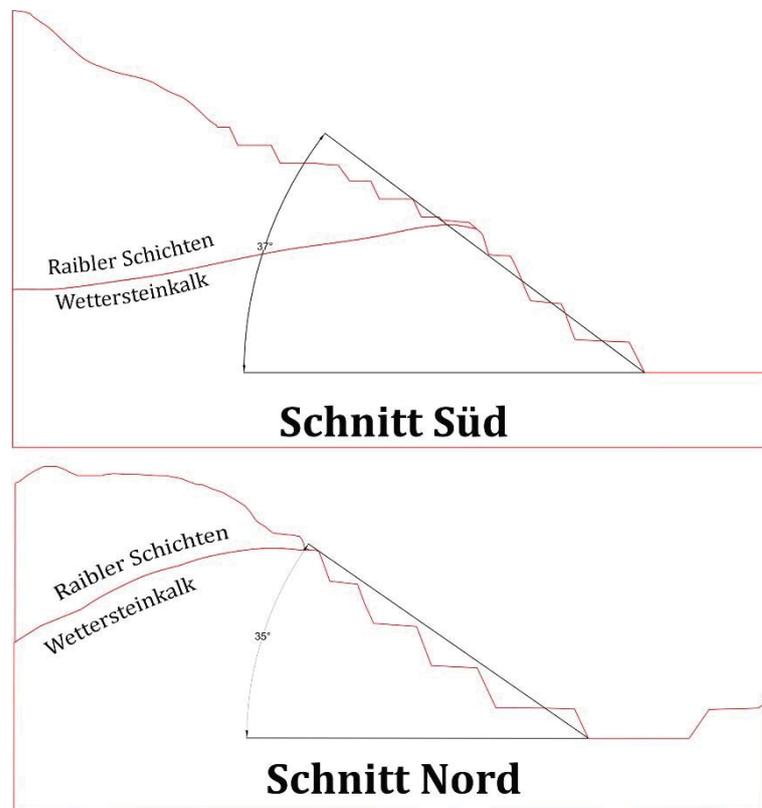


Abbildung 121: Schnittdarstellungen Jahr 2

4.2.3 Abbau Jahr 3

Ab dem dritten Jahr wird im Sinne der Übersichtlichkeit auf eine detaillierte Beschreibung einzelner Abbauschritte verzichtet, sondern eine Übersicht sowie Schnittdarstellungen der abgebauten Gesamtmenge gezeigt.

Abbildung 122 zeigt eine Übersicht der Abbautätigkeiten nach 3 Jahren, bzw. etwa 900.000 t abgebautem Material mit fortlaufend nummerierten Etagen.

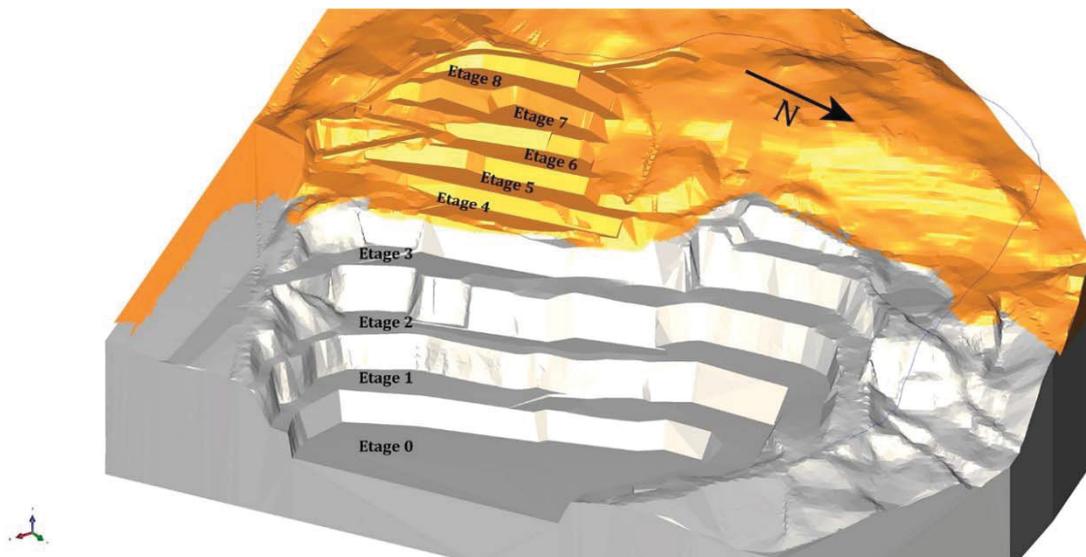


Abbildung 122: Übersicht nach 3 Jahren

Den Abbau in den Raibler Schichten zeigt Abbildung 123.



Abbildung 123: Jahr 3 – Raibler Schichten

Im 3. Jahr des Aufschlusses wird an allen Etagen in den Raibler Schichten selektiv abgebaut. Dies lukriert eine Abbaumenge von insgesamt 102.966 t, wobei es sich wieder bei einem Großteil davon um Raibler Kalke handeln dürfte. Zusätzlich wird die Straße, welche südlich der Etagen 4, 5 und 6 vorbeiführt verlegt, um mehr Fläche für den Abbau zu gewinnen.

Abschließend kann im 3. Jahr mit dem Bau der westlichen Straße begonnen werden, welche für den Aufschluss der höher gelegenen Etagen im Nordteil des Erweiterungsgebietes benötigt wird. Eine Detaildarstellung des Wettersteinkalkes wird in Abbildung 124 dargestellt.

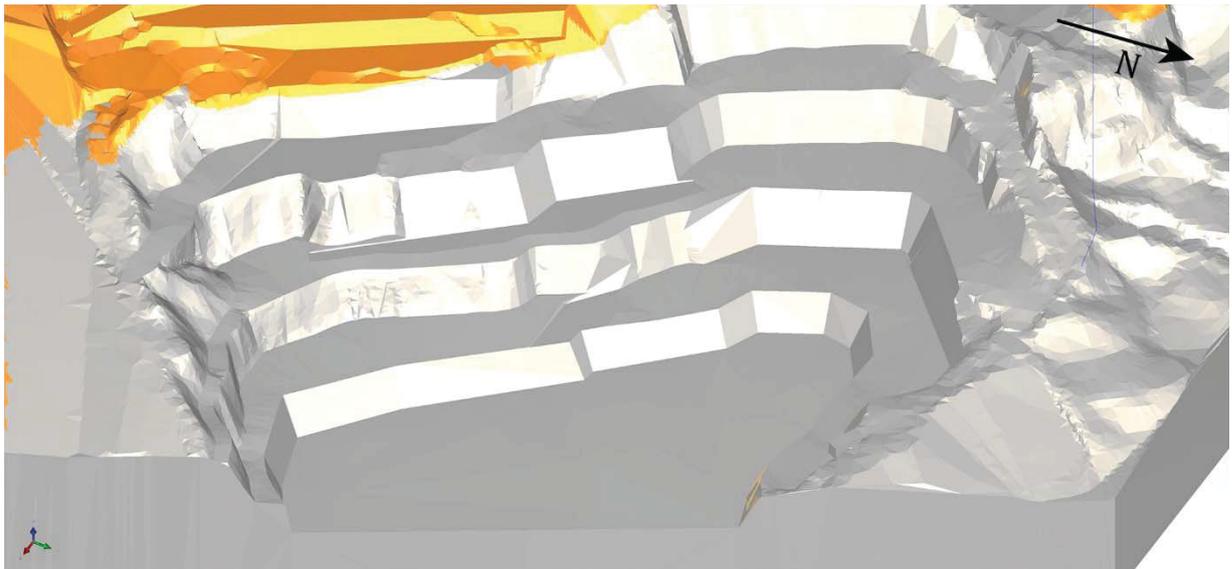


Abbildung 124: Jahr 3 - Wettersteinkalk

Auch im Wettersteinkalk wird im Sinne einer selektiven Gewinnung an allen vorhandenen Etagen gearbeitet. Dies dient zum einen der Qualitätssteuerung, zum anderen einer kontinuierlichen Annäherung der Generalneigung. Im Wettersteinkalk werden im 3. Jahr 198.598 t an Material gewonnen.

Das Abbauverhältnis dieses Jahres zeigt Tabelle 56.

Jahr 3		
Raibler Schichten		34,14 %
Abgebaute Menge in [t]	102.966	
Wettersteinkalk		65,86 %
Abgebaute Menge in [t]	198.598	

Tabelle 56: Abbauverhältnis Jahr 3

Die Geländeschnitte nach 3 Jahren Gewinnungstätigkeit werden in Abbildung 125 dargestellt. Der Aufschluss im Süden erreicht nun schon eine Gesamthöhe von 164 m bei einer vorläufigen Generalneigung von 38°.

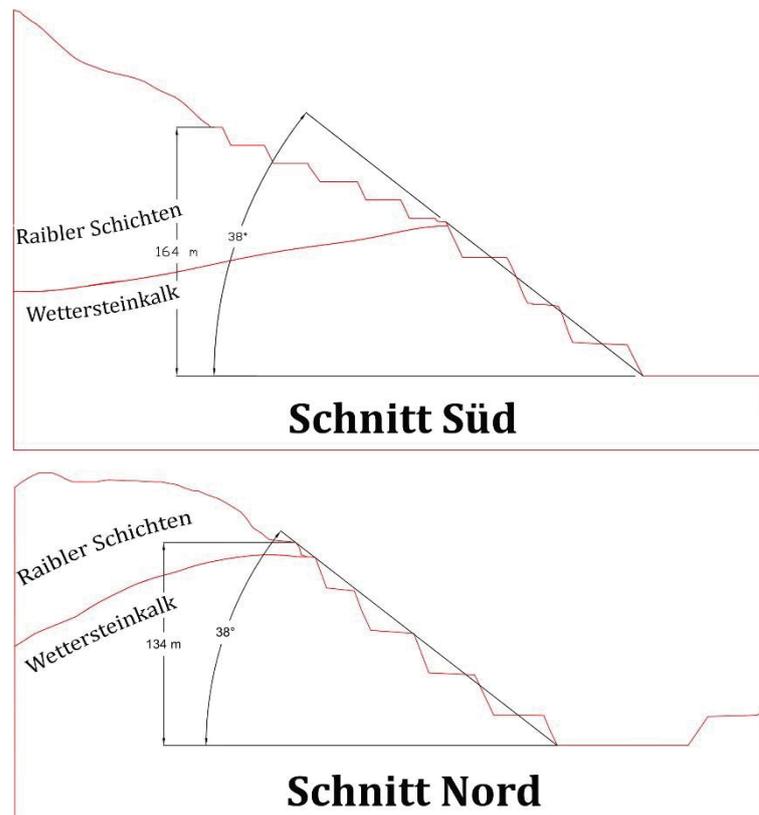


Abbildung 125: Schnittdarstellungen Jahr 3

4.2.4 Abbau Jahr 5

Als nächstes werden die Jahre 4 und 5 in einem Schritt zusammengefasst. Eine Gesamtdarstellung des Steinbruchs nach 5 Jahren zeigt Abbildung 126.

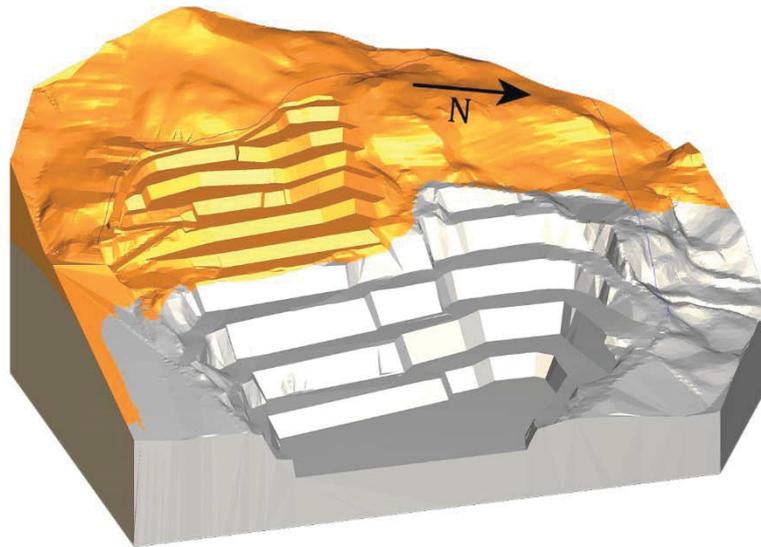


Abbildung 126: Übersicht nach 5 Jahren

Die in den vorherigen Aufschluss- und Abbauschritten geschaffenen Etagen in den Raibler Schichten werden wie geplant nach Norden erweitert, eine Detaildarstellung zeigt Abbildung 127.



Abbildung 127: Jahr 5 – Raibler Schichten

Somit nähern sich die Etagen dem Bereich mit weniger Überlagerung von Raibler Schichten im Norden des Erweiterungsgebietes. Da besagter nördlicher Erweiterungsteil eine steilere Topographie als das südliche Aufschlussgebiet aufweist, werden die bisher geschaffenen Etagen ausreichend breit ausgeführt, um diese dann auch im steileren Gebiet sicher realisieren zu können. Daher beschränkt sich der Abbau bis zum Jahr 5 auf das südliche Teilstück der Erweiterung.

Im Wettersteinkalk wird wie in den vorherigen Jahren auf allen Etagen selektiv abgebaut, siehe Abbildung 128.



Abbildung 128: Jahr 5 - Wettersteinkalk

Das Abbauverhältnis der Jahre 4 und 5 zeigt Tabelle 57.

Jahr 4 und Jahr 5		
Raibler Schichten		37,10 %
Abgebaute Menge in [t]	223.145	
Wettersteinkalk		62,90 %
Abgebaute Menge in [t]	377.763	

Tabelle 57: Abbauverhältnis Jahr 4 und Jahr 5

In den beiden Jahren werden rund 223.145 t Raibler Schichten, sowie 377.763 t Wettersteinkalk abgebaut.

Die beiden Schnitte mit den Generalneigungen werden in Abbildung 129 dargestellt. Nach 3 Jahren weisen sowohl der nördliche, als auch der südliche Bereich des Steinbruches eine momentane Generalneigung von 39° auf.

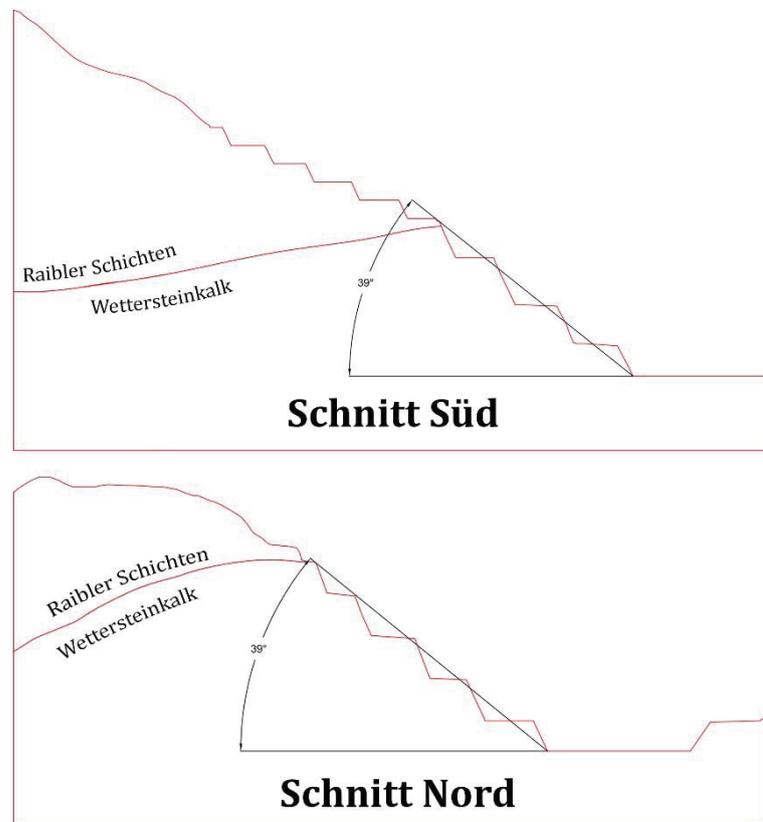


Abbildung 129: Schnittdarstellungen Jahr 5

4.2.5 Abbau Jahr 10

Für die nächste Etappe wird ein Intervall von 5 Jahren zusammengefasst, somit wird das Jahr 10 der Erweiterung erreicht. Wie Abbildung 130 zeigt, wird dabei die höchste Etage auf 646 müNN angefahren.

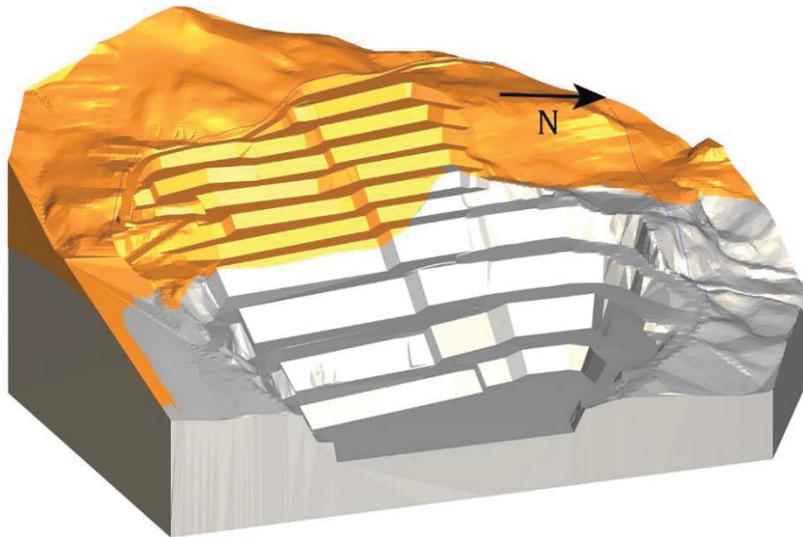


Abbildung 130: Übersicht nach 10 Jahren

Zwischen Jahr 5 und Jahr 10 der Erweiterung werden die vorhandenen Etagen weiterentwickelt und somit nach Norden sowie nach Westen erweitert. Die höchst gelegene Etage ist nun großflächig im Verhieb, besser ersichtlich in der Detailansicht der Raibler Schichten in Abbildung 131.

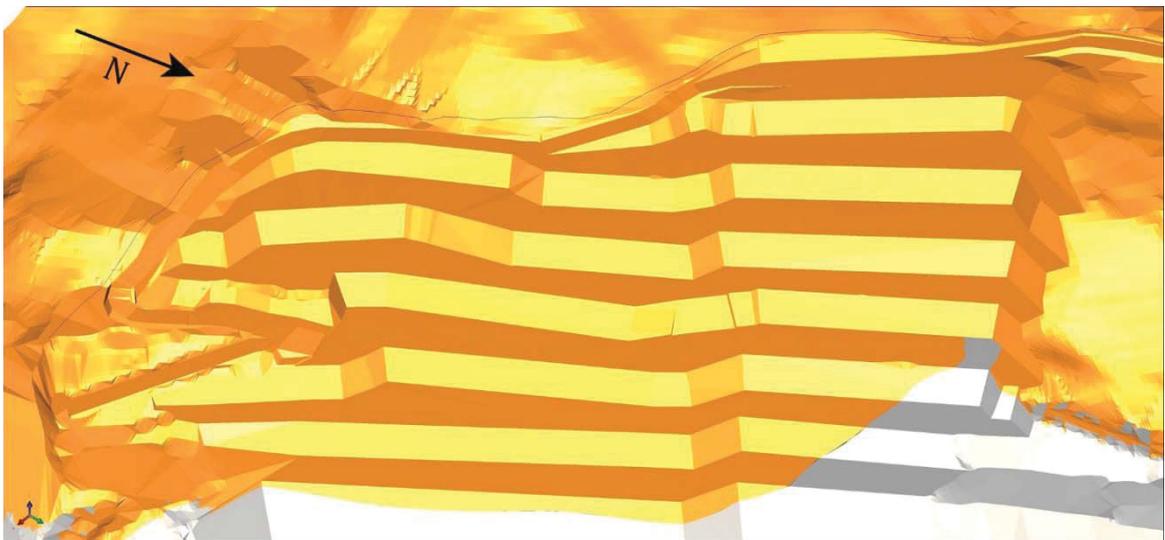


Abbildung 131: Jahr 10 – Raibler Schichten

Auch die unteren Etagen im Wettersteinkalk werden kontinuierlich abgebaut, um ein adäquates Abbauverhältnis zu erreichen, siehe Abbildung 132.

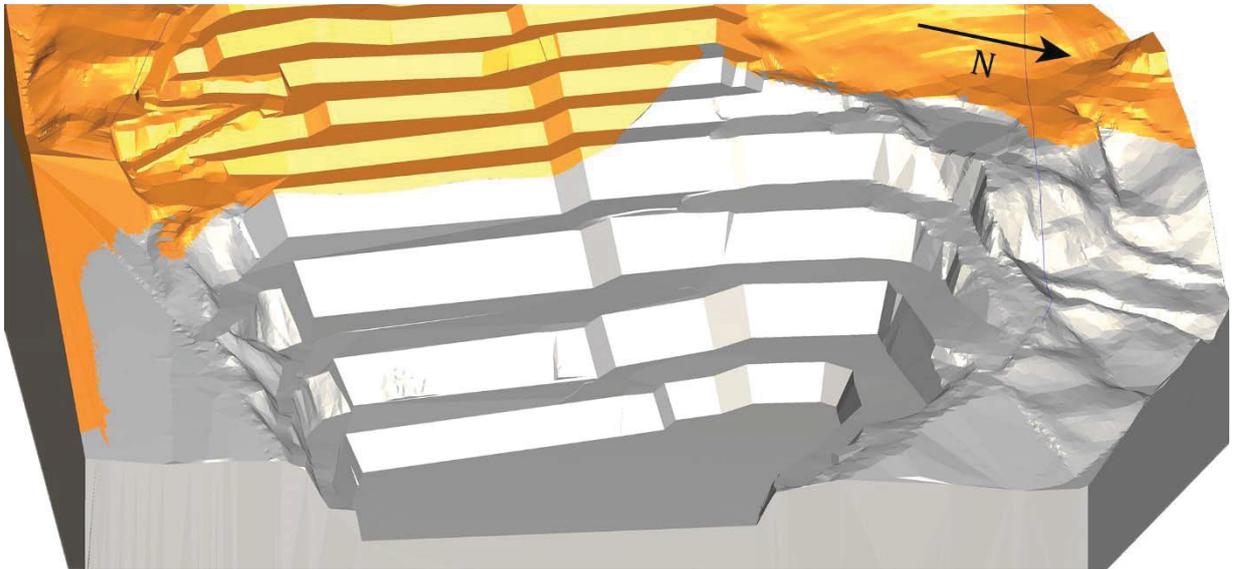


Abbildung 132: Jahr 10 - Wettersteinkalk

Bis zum Jahr 10 wird der Wettersteinkalk im Erweiterungsgebiet auch im – durch Raibler Schichten – weniger überlagerten nördlichen Abbauareal erreicht.

Das Abbauverhältnis von Jahr 6 bis Jahr 10 zeigt Tabelle 58.

Jahr 6 bis Jahr 10		
Raibler Schichten		39,40 %
Abgebaute Menge in [t]	594.365	
Wettersteinkalk		60,60 %
Abgebaute Menge in [t]	913.657	

Tabelle 58: Abbauverhältnis Jahr 6 - Jahr 10

Abbildung 133 zeigt die Schnittdarstellungen nach 10 Jahren Erweiterung.

Die Generalneigung über alle Etagen betrachtet beträgt nun im Süden 31°, im Norden 36°. Die Gesamthöhe beträgt im Norden 174 m, somit ist die Endhöhe der Erweiterung erreicht.

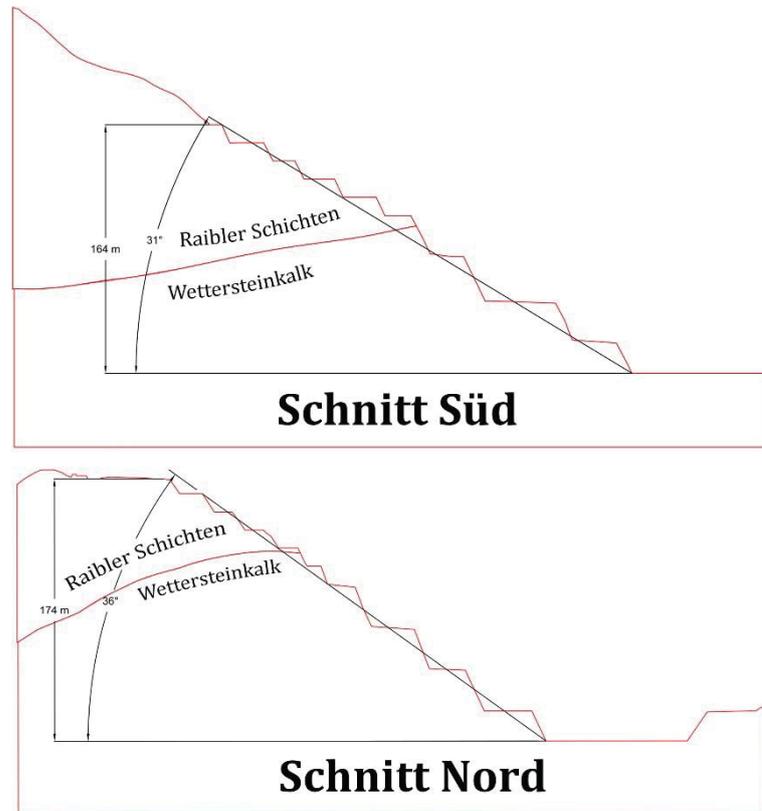


Abbildung 133: Schnittdarstellungen Jahr 10

4.2.6 Abbau Jahr 20

In diesem Kapitel wird der Abbau von Jahr 11 bis einschließlich Jahr 20 zusammengefasst. Es handelt sich hierbei um eine zu gewinnende Masse von rund 3 Mio. t Wettersteinkalk und Raibler Schichten.

Nach 20 Jahren Erweiterung sind insgesamt 11 Etagen in Verhieb, wobei Etage 5 bis Etage 10 jeweils 12 m Höhe aufweisen, siehe Abbildung 134.

Diese Geometrie fördert wie bereits erwähnt die Qualitätssteuerung der Abbautätigkeit, ist aber auch einer höheren Sicherheit in Bezug auf Keilversagen zuträglich.

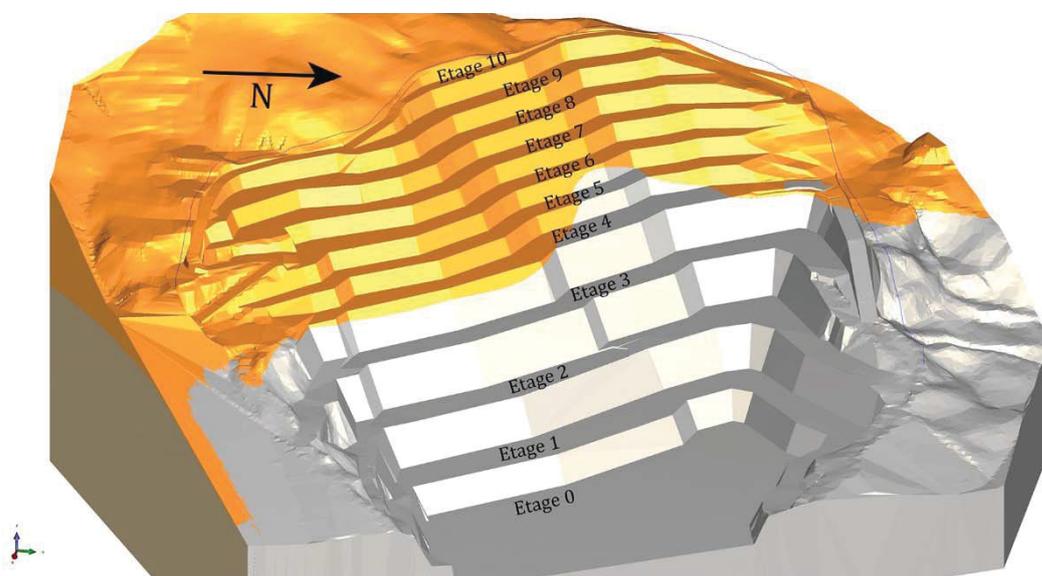


Abbildung 134: Übersicht nach 20 Jahren

Eine Detailansicht der Raibler Schichten zeigt Abbildung 135. Bis zur Etage 4 und 5 wird eine Förderstraße an der nördlichen Steinbruchwand etabliert, somit reduziert sich der Förderweg erheblich. Werden in weiterer Folge die höher gelegenen Etagen 6 – 10 weiter abgebaut, kann diese Straße auch auf diese höher gelegenen Etagen ausgeweitet werden.

In dieser Phase der Abbautätigkeit weisen alle Etagen der Raibler Schichten eine Mindestbreite von 15 m auf. Somit liegt die Generalneigung bei 12 m hohen Etagen immer noch unter 45°.

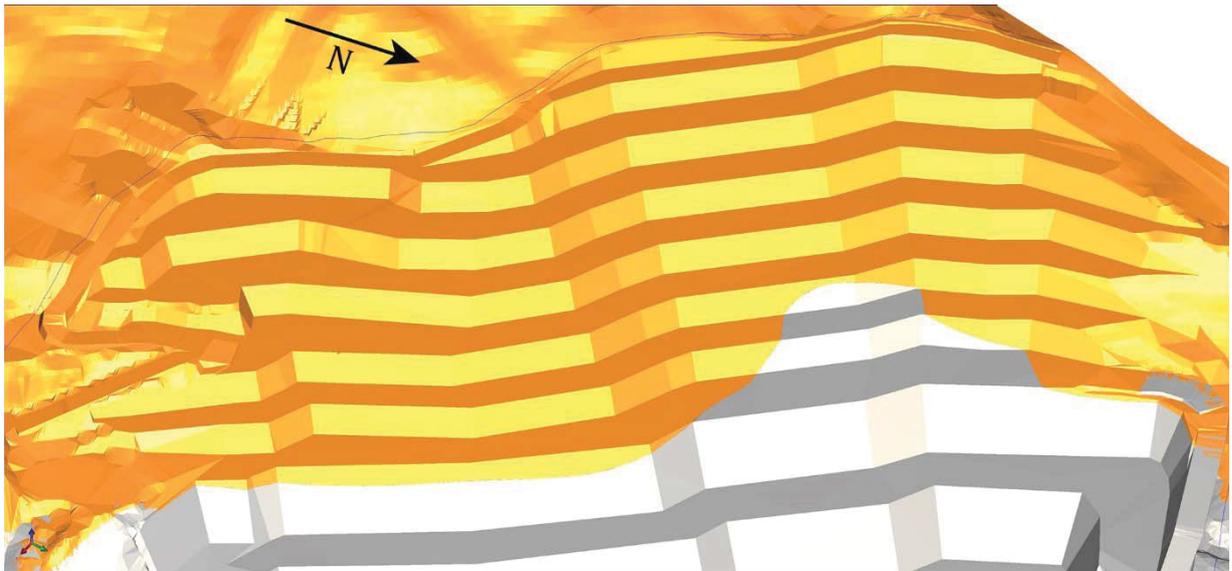


Abbildung 135: Jahr 20 – Raibler Schichten

Im Wettersteinkalk werden, um ein zufriedenstellendes Abbauverhältnis zu erreichen, ebenfalls alle Etagen in Richtung Westen abgebaut, siehe Abbildung 136. In dieser Darstellung ist deutlich erkennbar, dass im nord-westlichen Teil der Erweiterung Wettersteinkalk bereits bis Etage 6 gewinnbar ist. Ebenfalls gut erkennbar ist die neu geschaffene Straße, welche am nördlichen Steinbruchrand Etage 3 mit den Etagen 4 und 5 verbindet.

Da die Etagen 0 bis 4 eine Etagenhöhe von etwa 24 m aufweisen, ergibt sich in dieser Phase des Abbaus eine Etagenbreite von ca. 25 m.

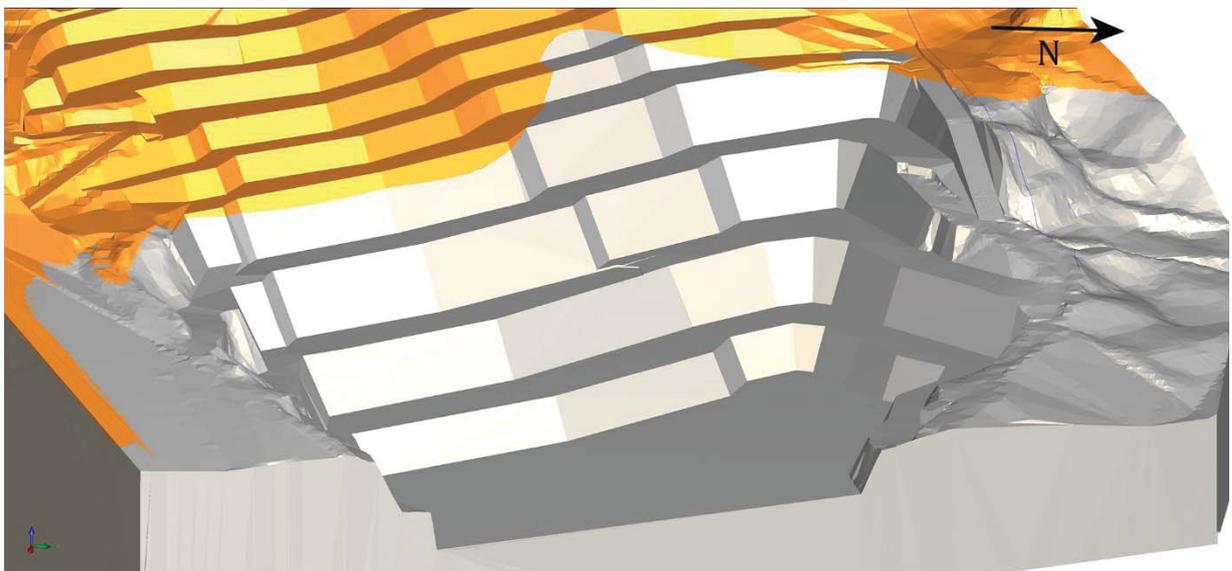


Abbildung 136: Jahr 20 – Wettersteinkalk

Tabelle 59 zeigt das Abbauverhältnis nach 10 Jahren Abbautätigkeit von Jahr 11 bis Jahr 20.

Jahr 11 bis Jahr 20		
Raibler Schichten		29,16 %
Abgebaute Menge in [t]	875.512	
Wettersteinkalk		70,84 %
Abgebaute Menge in [t]	2.126.686	

Tabelle 59: Abbauverhältnis Jahr 11 bis Jahr 20

Das Verhältnis kann bei sicherer Generalneigung auf über 70% Wettersteinkalk gesteigert werden, somit werden über 2,1 Mio. t Wettersteinkalk und 875.000 t Material der Raibler Schichten abgebaut.

Schnittdarstellungen vom Nord- sowie vom Südteil der Erweiterung werden in Abbildung 137 dargestellt.

Im Norden weist das Abbaugebiet bei einer Gesamthöhe von 176 m eine Generalneigung von 33° über alle Etagen auf, im Süden sind es bei 164 m Gesamthöhe 34°.

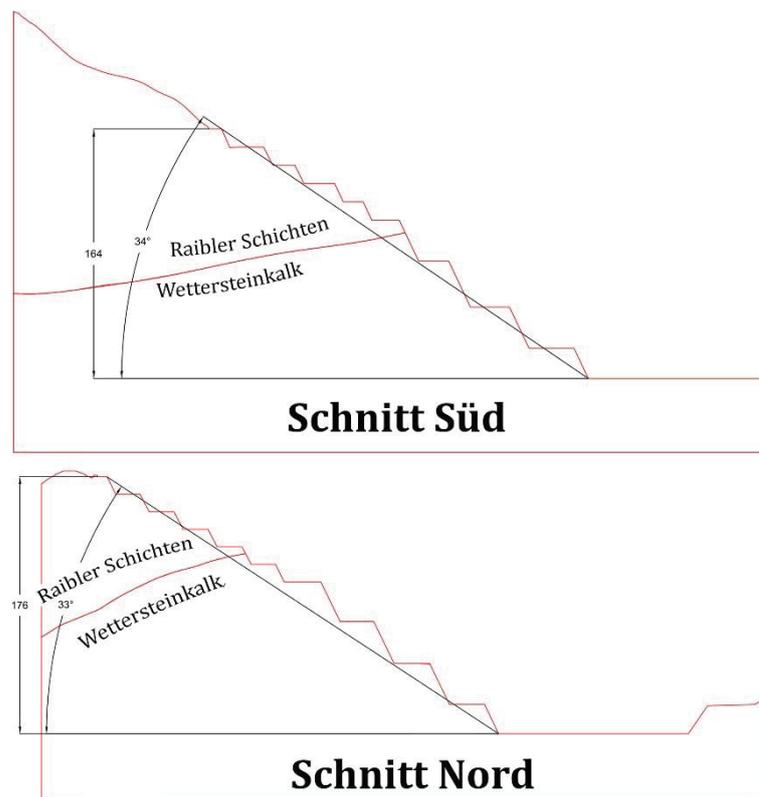


Abbildung 137: Schnittdarstellungen Jahr 20

4.2.7 Abbau Jahr 34

Von Jahr 21 bis Jahr 34 werden alle Etagen weiter nach Westen gezogen, und teilweise in den Endzustand versetzt. Die 12 m hohen Etagen in den Raibler Schichten werden abwechselnd mit 5, bzw. mit 15 m Bermenbreite gestaltet um einerseits die Zugänglichkeit aller Etagen zu gewährleisten, andererseits die Generalneigung zu verringern.

Die im Wettersteinkalk gelegenen unteren Etagen werden aufgrund ihrer Höhe von mehr als 20 m mit breiteren Bermen von 15 – 20 m ausgelegt.

Eine Gesamtdarstellung des Steinbruchs nach 34 Jahren zeigt Abbildung 138.

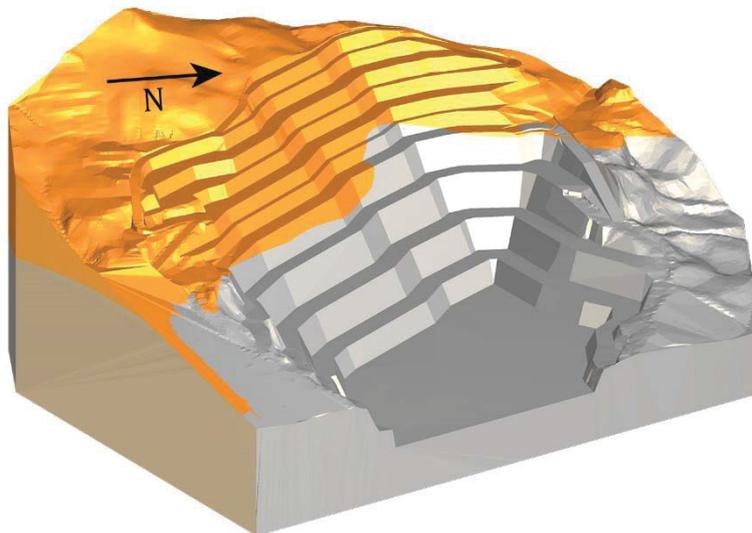


Abbildung 138: Übersicht nach 34 Jahren

Eine Detailansicht der Raibler Schichten, demnach des oberen Teils des Steinbruchs, zeigt Abbildung 139.



Abbildung 139: Jahr 34 - Raibler Schichten

Hier sind die alterierenden Etagenbreiten in den Raibler Schichten deutlich zu sehen.

Abbildung 140 zeigt eine Detailansicht des Wettersteinkalks.



Abbildung 140: Jahr 34 - Wettersteinkalk

Im Wettersteinkalk sind die Etagen breiter gestaltet, um aufgrund der Etagenhöhen von über 20 m eine gleichbleibende Generalneigung zu erhalten.

Jahr 21 bis Jahr 34		
Raibler Schichten		22,30 %
Abgebaute Menge in [t]	923.102	
Wettersteinkalk		77,70 %
Abgebaute Menge in [t]	3.224.284	

Tabelle 60: Abbauverhältnis Jahr 21 bis Jahr 34

Tabelle 60 zeigt das Abbauverhältnis dieses Erweiterungsabschnittes. Mit der gewählten Etagengeometrie kann der Anteil an gewonnenem Wettersteinkalk auf über 77% gesteigert werden.

Wie in Abbildung 141 dargestellt, wird die Generalneigung mit dieser Geometrie von ca. 31° (siehe Abbildung 83) im Ist-Zustand auf 40° nach 34 Jahren Erweiterung erhöht. Diese höhere Generalneigung bewirkt das bessere Abbauverhältnis zugunsten des Wettersteinkalks. Anhand der durchgeführten Untersuchungen aus Kapitel 3 ist diese Generalneigung von 40° als standfest zu bewerten.

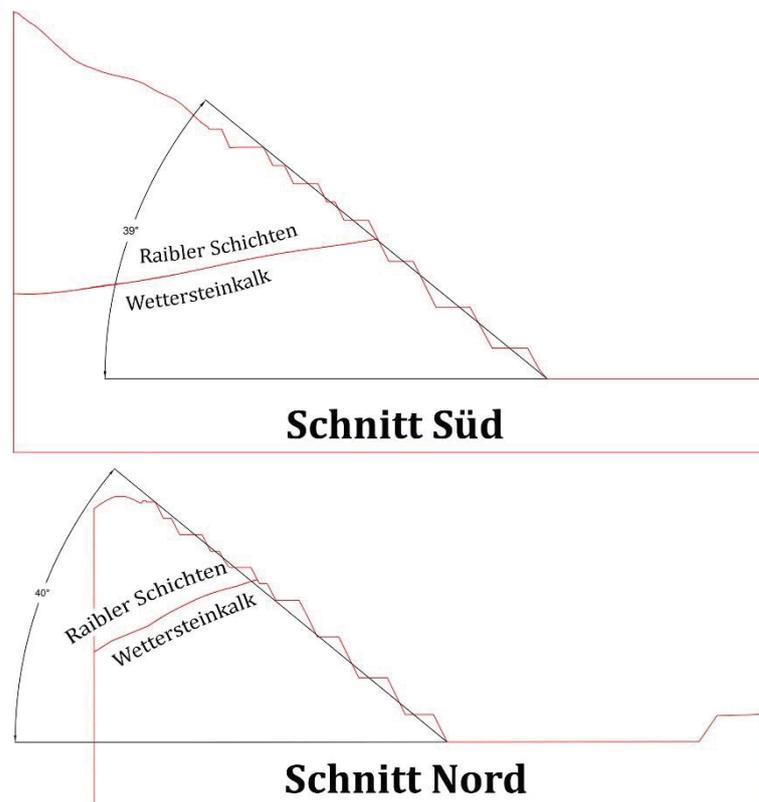


Abbildung 141: Schnittdarstellungen Jahr 34

Die hier gewählten 40° ergeben sich aus Gründen der Tagebaugeometrie, welche aber zugunsten einer höheren Generalneigung, und somit eines höheren Ausbringens von Wettersteinkalk durchaus verändert werden kann.

Zum einen könnten jeweils 2 Etagen in den Raibler Schichten zu End-Etagen mit 24 m Höhe zusammengefasst werden, oder es werden generell die Bermen schmaler gestaltet, was ebenso zu einem höheren Ausbringen führen würde.

Einen Vergleich des Ist-Zustandes und des Abbaustandes nach 34 Jahren zeigt Abbildung 142.

Diese Vorher - Nachher Ansicht zeigt den Abbau nach 34 Jahren und insgesamt ca. 10,2 Mio. t gewonnenem Material.

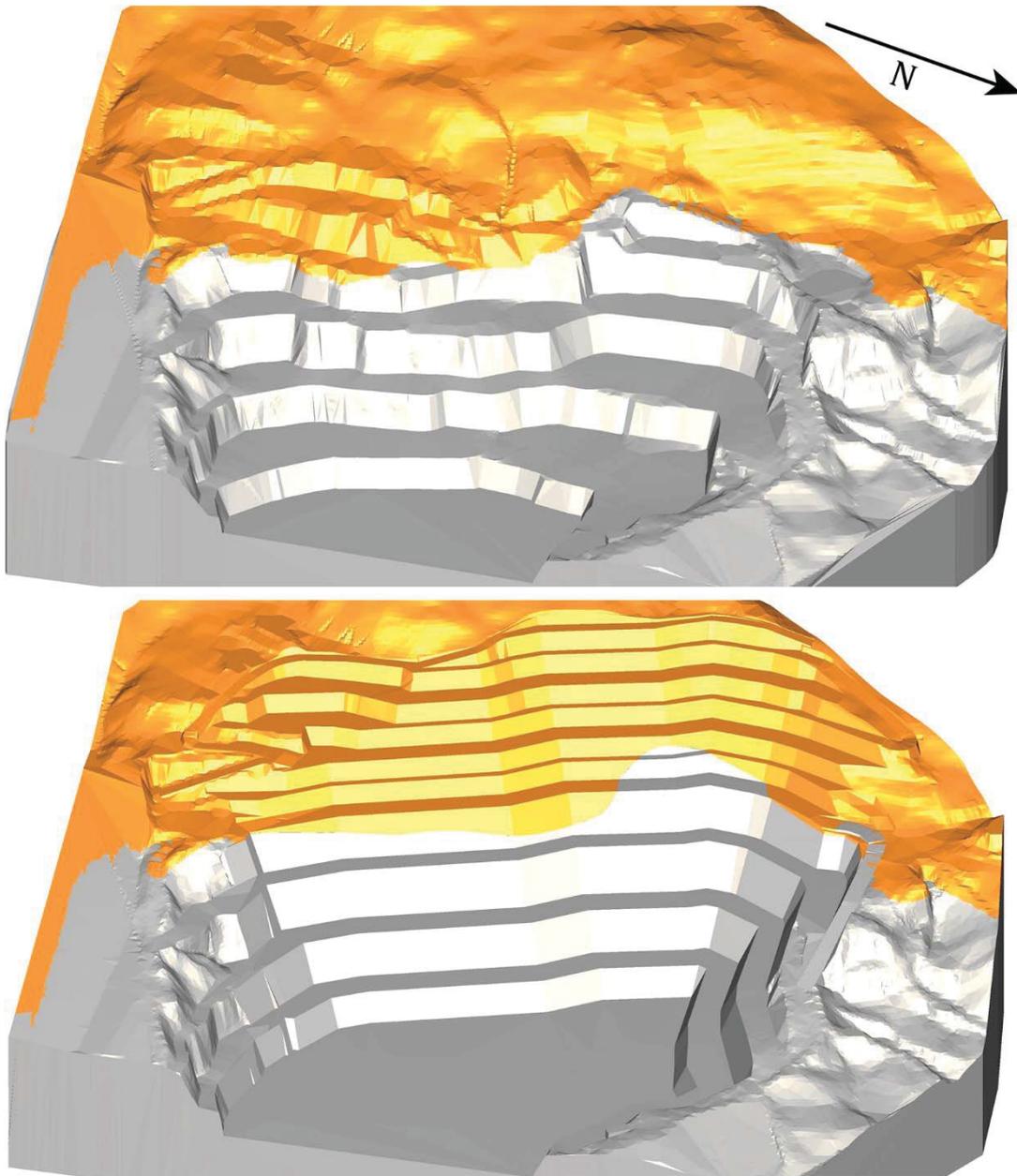


Abbildung 142: Vorher - Nachher Vergleich

5 Ausblick und Zusammenfassung

Wie anhand des Lagerstättenmodells und der Abbauplanung gezeigt, sind 30 Jahre Erweiterung mit einer Generalneigung von 40° ohne eine zusätzliche Erweiterung in die Tiefe auf die genehmigten 429 müNN durchaus möglich. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit – auf Basis der durchgeführten Standsicherheitsuntersuchungen in Kapitel 3 – die Generalneigung des Endzustandes zu erhöhen, was zusätzliches Material generieren würde. Eine solche Erhöhung der Generalneigung ginge aber mit möglichen Problemen bezüglich der lokalen Standsicherheit einher.

Die bereits erwähnte wie auch bewilligte Erweiterung in die Tiefe auf eine Sohle von 429 müNN würde zusätzlich mehrere Mio. t Wettersteinkalk bringen, siehe Abbildung 143.

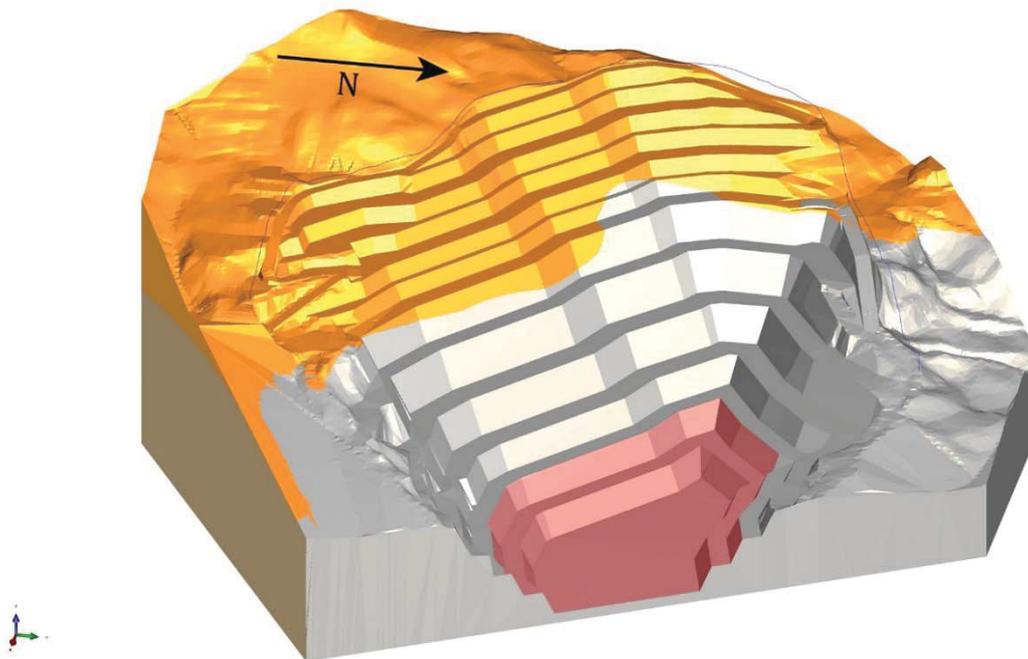


Abbildung 143: Erweiterung in die Tiefe

Die beiden neuen Etagen in die Tiefe würden alleine im westlichen Abschnitt, welcher in Abbildung 143 in Rot markiert ist, knapp 3,08 Mio. t Wettersteinkalk generieren. Somit kann dieser Schritt entweder während der nächsten 30 Jahre zur Verbesserung des Abbauverhältnisses getätigt werden, oder aber der Tiefenabbau wird hintangestellt und erst nach Erreichen des Endzustandes der oberen Etagen begonnen.

Voraussetzung für den Tiefenabbau ist aber in jedem Fall eine Neubewertung der Standfestigkeit, da sich dabei die Gesamthöhe der Tagebauböschung um 40 m erhöhen würde. Zusätzlich käme ein höherer Bergwasserspiegel in den unteren Etagen hinzu, was die Standsicherheit ebenfalls verringern würde.

Es hat sich aber auch gezeigt, dass vor allem die Standfestigkeitsuntersuchungen in den oberen Bereichen und die Zuschnittsplanungen für die geplante Erweiterung von Parametern abhängen, die derzeit noch nicht ausreichend untersucht und bestimmt werden können.

Eine aussagekräftige geotechnische Aufnahme kann erst erfolgen wenn die ersten geplanten Etagen in den oberen Bereichen des Bruches aufgefahren werden. Erst zu diesem Zeitpunkt steht der kompakt anstehende Fels, vor allem die Raibler Schichten für eine Aufnahme zur Verfügung. Die angegebenen Böschungsneigungen und die damit verbundenen Zuschnittsplanungen beruhen auf den Parametern des Wettersteinkalkes. Nach dem beschriebenen Auffahren der ersten Etagen werden eine neuerliche geotechnische Aufnahme und eine neuerliche Evaluierung der Ergebnisse der Standfestigkeitsuntersuchungen angeregt.

Ein weiterer wichtiger Eingangsparameter ist die Lage der geologischen Trennfläche zwischen dem Wettersteinkalk und den Raibler Schichten. Die in der vorliegenden Arbeit geplanten Abbaustände und Abbaumengen hängen indirekt mit dieser derzeit noch nicht im Detail bestimmten Trennlage zusammen. Hier werden weitere geologische Aufnahmen und Kernbohrungen empfohlen, um die Lage dieser Trennfläche zu bestimmen. Die Lage der Trennfläche nimmt indirekt auch Einfluss auf die in der Arbeit angegebenen Abbaumengenverhältnisse zu den gegebenen Abbauzeitpunkten.

6 Anhang

6.1 Geologische Aufnahmen

Nr.	Datum	Art	Einf-Richt.	Einf-Wink.	AK	SEG	Foto	Länge	Füll.	Bemerkung
1	19. Jun	Störung	164	65	07	0-1	S 0-1	20		Links vom Schutthaufen im WK
2	19. Jun	Störung	227	83	07	0-1	S 0-1	20		Links vom Haufen -> Störung auf Foto erkennbar
3	19. Jun	Kluft	333	54	07	0-1	S 0-1	1		Unten links, relativ horizontale Kluft
4	19. Jun	Störung	220	87	07	0-2	S 0-2	1		Rechts auf Foto, verläuft senkrecht
5	19. Jun	Kluft	028	52	07	0-2	S 0-2	1		Von LO nach RU
6	19. Jun	Kluft	149	70	07	0-2	S 0-2	1		Einfallen wie TBB
7	19. Jun	Störung	206	50	11	0-3	S 0-3	20		Gewaltige Störung, ragt >2m aus Wand heraus
8	19. Jun	Kluft	136	54	11	0-3	S 0-3	1		Verläuft in Wandrichtung
9	19. Jun	Störung	062	65	11	0-3	S 0-3	1		Von L nach R
10	19. Jun	Störung	124	82	11	0-3	S 0-3	2		Senkrecht auf die Störung 7
11	19. Jun	Störung	220	80	11	0-3	S 0-3	2		Rechts bei Markierung
12	19. Jun	Störung	239	62	11	0-3	S 0-3	1		Rechts von rechter Markierung
13	19. Jun	Störung	350	20	11	0-3	S 0-3	1		Relativ horizontal, Wert nur geschätzt
14	19. Jun	Harnisch	214	63	11	0-4	S 0-4	20		Schräg nach RO, ganze Wand, parallel 3x
15	19. Jun	Kluft	192	68	11	0-4	S 0-4	3		Im Kluftverband
16	19. Jun	Kluft	225	68	11	0-4	S 0-4	1		Einfallen in Wand hinein
17	19. Jun	Kluft	031	48	11	0-4	S 0-4	1		Kluftsystem
18	19. Jun	Kluft	262	40	11	0-4	S 0-4	1		bei linker Markierung
19	19. Jun	Kluft	022	65	11	0-4	S 0-4	1		links unten
20	19. Jun	Kluft	151	80	11	0-4	S 0-4	1		links unten, wie Wandneigung
21	19. Jun	Kluft	252	87	11	0-5	S 0-5	1		Große Kluft in Wand, links
22	19. Jun	Kluft	024	88	11	0-5	S 0-5	1		Rechter Hand
23	19. Jun	Störung	028	70	11	0-5	S 0-5	10		Senkrecht, rechts
24	19. Jun	Störung	250	87	11	0-5	S 0-5	20		Horizontale Störung links, nur geschätzt
25	19. Jun	Kluft	088	53	11	0-5	S 0-5	1		Unten mittig
26	19. Jun	Kluft	074	80	15	0-6	S 0-6	1		Rechts, neben Haufen
27	19. Jun	Kluft	014	78	15	0-6	S 0-6	1		Rechts
28	22. Jun	Kluft	070	51	23	5-1	S 5-1	2		Offene Kluft, bei Schotterhaufen
29	22. Jun	Kluft	078	79	23	5-1	S 5-1	1		Offene Kluftfläche
30	22. Jun	Kluft	245	70	23	5-1	S 5-1	1		Freie Fläche
31	22. Jun	Kluft	112	57	23	5-1	S 5-1	2		Freie Fläche
32	22. Jun	Kluft	214	55	23	5-1	S 5-1	2		2 cm offene Kluft
33	22. Jun	Kluft	086	75	23	5-1	S 5-1	1		Freie Fläche
34	22. Jun	Kluft	110	65	23	5-1	S 5-1	1		Schichtung mit hellerem Gestein -> Foto
35	22. Jun	Störung	009	55	23	5-2	S 5-2	5		Rechts auf Foto, geschätzt
36	22. Jun	Störung	028	72	23	5-2	S 5-2	5		Ca. 1m dick-hell gefüllt
37	22. Jun	Störung	135	58	23	5-2	S 5-2	1		Rechts bei Markierung
38	22. Jun	Kluft	114	90	23	5-2	S 5-2	2		Wieder hell gefüllt
39	22. Jun	Störung	052	78	23	5-2	S 5-2	1		Hell gefüllt
40	22. Jun	Kluft	244	70	23	5-2	S 5-2	1		Kluftfläche 2m lang
41	22. Jun	Kluft	327	85	23	5-2	S 5-2	1		Kluftfläche
42	22. Jun	Kluft	266	85	23	5-3	S 5-3	2		links bei Markierung
43	22. Jun	Kluft	352	80	23	5-3	S 5-3	2		links bei Markierung
44	22. Jun	Kluft	048	88	23	5-3	S 5-3	1		3m rechts von Markierung
45	22. Jun	Kluft	272	70	23	5-3	S 5-3	1		3m rechts von Markierung
46	22. Jun	Kluft	250	77	23	5-3	S 5-3	2		3m rechts von Markierung
47	22. Jun	Kluft	246	67	23	5-3	S 5-3	5		Parallel zu 46, 2 m dazwischen
48	22. Jun	Kluft	068	52	23	5-3	S 5-3	1		Helle Schichtung 0,5m von rechter Markierung
49	22. Jun	Kluft	317	32	23	5-3	S 5-3	1		Helle Schichtung
50	22. Jun	Kluft	258	75	23	5-3	S 5-3	1		Schichtung 4m links von r. Markierung
51	22. Jun	Kluft	006	80	23	5-3	S 5-3	1		Schichtung
52	22. Jun	Kluft	218	72	23	5-3	S 5-3	1		Schichtung
53	22. Jun	Störung	308	67	23	5-3	S 5-3	5		1,5m links v.M.; Beginn der gr. Störung
54	22. Jun	Kluft	310	60	23	5-3	S 5-3	2		Stelle Klüfte mit 2-3cm Abstand
55	22. Jun	Kluft	291	30	23	5-4	S 5-4	2		1m rechts v.M.
56	22. Jun	Kluft	044	45	23	5-4	S 5-4	1		1m rechts v.M.
57	22. Jun	Kluft	142	40	23	5-4	S 5-4	20		Trennfläche RD/RM
58	22. Jun	Kluft	092	25	23	5-4	S 5-4	1		2m rechts v.M.
59	22. Jun	Störung	107	45	23	5-4	S 5-4	5		Parallel zu TF, ca. 4m entfernt
60	22. Jun	Kluft	242	65	23	5-4	S 5-4	2		Ausgebildetes Kluftsystem
61	22. Jun	Kluft	052	75	23	5-4	S 5-4	1		bei linker Markierung
62	22. Jun	Kluft	054	72	23	5-4	S 5-4	1		gleiches Kluftsystem wie 61
63	25. Jun	Kluft	174	82	15	0-6	S 0-6	3		Rechts von M
64	25. Jun	Kluft	056	68	15	0-6	S 0-6	1		Schichtung links unten
65	25. Jun	Kluft	355	89	15	0-6	S 0-6	4		Ganz links unten
66	25. Jun	Kluft	102	78	15	0-7	S 0-7	1		Rechts bei M.
67	25. Jun	Kluft	007	60	15	0-7	S 0-7	1		1m von r.M.
68	25. Jun	Störung	199	42	15	0-7	S 0-7	5		fast horizontal
69	25. Jun	Kluft	342	83	15	0-7	S 0-7	4		links wo 68 beginnt
70	25. Jun	Kluft	326	75	15	0-7	S 0-7	4		Senkrecht, mittig auf Foto
71	25. Jun	Kluft	058	70	15	0-7	S 0-7	1		Mittig auf Foto, 90° zu 70
72	25. Jun	Kluft	073	48	15	0-7	S 0-7	1		1m links von 71
73	25. Jun	Kluft	073	50	15	0-7	S 0-7	1		1m links von 72
74	25. Jun	Kluft	073	42	15	0-7	S 0-7	1		1m links von 73
75	25. Jun	Störung	323	85	15	0-7	S 0-7	30		Störung bei linker M, fast senkrecht
76	25. Jun	Störung	094	85	15	0-7	S 0-7	30		90° zu 75, gleiche Störung
77	25. Jun	Kluft	061	65	15	0-8	S 0-8	3		2m lvLM
78	25. Jun	Kluft	176	65	15	0-8	S 0-8	3		1m lvLM
79	25. Jun	Kluft	004	44	15	0-8	S 0-8	1		1,5m lvLM, 90° auf 78
80	25. Jun	Kluft	175	85	15	0-8	S 0-8	3		1m lvLM
81	25. Jun	Störung	134	70	15	0-8	S 0-8	5	Merg.	4 cm mit Mergel gefüllt, senkrecht, 2m v.r.M., Foto D1
82	25. Jun	Kluft	060	55	15	0-8	S 0-8	3		Kluftfläche
83	25. Jun	Kluft	212	55	15	0-8	S 0-8	1		Kluftfläche
84	25. Jun	Kluft	071	82	15	0-8	S 0-8	1		in Wandneigung, 4m rvM.
85	25. Jun	Kluft	314	40	15	0-8	S 0-8	3		4m rvM.
86	25. Jun	Kluft	314	55	15	0-8	S 0-8	1		Schichtung mehrere Meter
87	25. Jun	Kluft	336	38	15	0-8	S 0-8	3		rechts der Mitte
88	25. Jun	Kluft	076	75	15	0-8	S 0-8	2		rechts der Mitte, bei senkr. Störung

89	25. Jun	Kluft	272	28	15	0-8	S 0-8	1		waagrechte Störung
90	25. Jun	Kluft	064	64	15	0-8	S 0-8	2	Merg.	3m lvM (Mergelanschluss)
91	25. Jun	Kluft	064	75	15	0-8	S 0-8	1		Schicht, 3m lvM.
92	25. Jun	Kluft	034	72	15	0-8	S 0-8	1		Mergelanschluss 1-2 m
93	25. Jun	Kluft	032	75	15	0-8	S 0-8	2		2m lvM in Wandneigung
94	25. Jun	Kluft	350	70	15	0-8	S 0-8	4		fast senkrecht, 2m links v.M.
95	25. Jun	Kluft	020	65	15	0-9	S 0-9	1		ganz links
96	25. Jun	Kluft	346	48	15	0-9	S 0-9	2		unter der Schichtung
97	25. Jun	Kluft	270	82	15	0-9	S 0-9	5		gelbliche Schichtung
98	25. Jun	Kluft	276	83	15	0-9	S 0-9	5		2m rechts von 97
99	25. Jun	Kluft	002	35	15	0-9	S 0-9	1		1m links von rechtem Haufen
100	25. Jun	Kluft	316	40	16	0-10	S 0-10	1		0,5m lvRM
101	25. Jun	Kluft	326	80	16	0-10	S 0-10	2		1m rvRM
102	25. Jun	Kl/St	060	85	16	0-10	S 0-10	3		1m rvRM
103	25. Jun	Kluft	082	65	16	0-10	S 0-10	2		Genau bei RM
104	25. Jun	Kluft	344	50	16	0-10	S 0-10	1		1m lvRM
105	25. Jun	Kluft	056	83	16	0-10	S 0-10	4		4m lvRM, Grau/Weiß, Senkrecht
106	25. Jun	Kluft	056	80	16	0-10	S 0-10	4		1m links von 105
107	25. Jun	Kluft	324	80	16	0-10	S 0-10	3		1m links von 105
108	25. Jun	Kluft	270	72	16	0-10	S 0-10	5		Mittig zwischen M. (dunkler)
109	25. Jun	Kluft	250	88	16	0-10	S 0-10	2		1m links von 108
110	25. Jun	Kluft	263	25	16	0-10	S 0-10	1		1m links von 108
111	25. Jun	Kluft	161	89	16	0-10	S 0-10	2		in Wandneigung, 1m links von 108
112	25. Jun	Kluft	251	89	16	0-10	S 0-10	4		Heller, 6m rvRM
113	25. Jun	Kluft	039	84	16	0-10	S 0-10	4		knapp links von 112
114	25. Jun	Kluft	336	82	16	0-10	S 0-10	1		knapp links von 112
115	25. Jun	Kluft	096	86	16	0-10	S 0-10	4		Fast senkrecht, 3m rvLM
116	25. Jun	Kluft	078	96	16	0-10	S 0-10	3		0,1m lv 115
117	25. Jun	Kluft	001	70	16	0-10	S 0-10	1		gleiche Stelle
118	25. Jun	Kluft	352	66	16	0-10	S 0-10	1		1m lv 117
119	25. Jun	Störung	071	85	16	0-10	S 0-10	10		4m rvLM, Beginn der Störung
120	25. Jun	Kluft	063	82	16	0-10	S 0-10	4		2m rvLM
121	25. Jun	Kluft	331	78	16	0-10	S 0-10	1		1m rvLM
122	25. Jun	Kluft	312	78	16	0-10	S 0-10	3		1m rvLM
123	25. Jun	Kluft	254	89	16	0-10	S 0-10	3		3m lvLM
124	25. Jun	Kluft	348	65	16	0-10	S 0-10	3		3m lvLM
125	25. Jun	Kluft	059	80	16	0-10	S 0-10	2		4m lvLM
126	25. Jun	Kluftfläche	016	17	18	5.1-1	S 5.1-1	1		Dunkelgrau-Gelb RK1 1m rvRM
127	25. Jun	Störung	022	45	18	5.1-1	S 5.1-1	4		Störung rechts oben Gelb
128	25. Jun	Störung	034	44	18	5.1-1	S 5.1-1	4		Störung rechts oben Gelb
129	25. Jun	Störung	034	48	18	5.1-1	S 5.1-1	4		Störung rechts oben Gelb
130	25. Jun	Kluft	050	50	18	5.1-1	S 5.1-1	1		1m lvRM, ebenfalls gelbe Fläche
131	25. Jun	Kluft	010	50	18	5.1-1	S 5.1-1	1		Wandmitte über rechter M., Übergang RK/RD?
132	25. Jun	Kluftsystem	116	54	18	5.1-1	S 5.1-1	10		Wandmitte
133	25. Jun	Kluftsystem	136	74	18	5.1-1	S 5.1-1	10		Wandmitte, 0,5m weiter links
134	25. Jun	Kluft	061	50	18	5.1-1	S 5.1-1	5		RK? 4m links von rechter Markierung
135	25. Jun	Kluft	356	84	18	5.1-1	S 5.1-1	5		90° auf andere Schichten, 7m links von rM
136	25. Jun	Kluft	112	70	18	5.1-1	S 5.1-1	5		gleiche Stelle
137	25. Jun	Kluft	080	55	18	5.1-1	S 5.1-1	5		mittig zwischen Markierungen
138	25. Jun	Kluft	120	62	18	5.1-1	S 5.1-1	5		Über linker Markierung --> Wandmitte
139	25. Jun	Kluft	030	70	18	5.1-1	S 5.1-1	2		Über linker Markierung
140	25. Jun	Kluft	080	40	18	5.1-2	S 5.1-2	10		geht gleich weiter, 1m lvRM
141	25. Jun	Kluft	212	75	18	5.1-2	S 5.1-2	2		1m lvRM
142	25. Jun	Kluft	086	45	18	5.1-2	S 5.1-2	1		Mittig zw. Markierungen
143	25. Jun	Kluft	075	50	18	5.1-2	S 5.1-2	1		gleiche Stelle, 20 cm weiter links/ 3-4m unter Kante
144	25. Jun	Kluft	030	73	18	5.1-2	S 5.1-2	1		sehr bröselig / Grenze RD/RK? Foto D2
145	25. Jun	Kluft	088	60	18	5.1-2	S 5.1-2	1		bröselig, 3m rvLM
146	25. Jun	Kluft	088	55	18	5.1-2	S 5.1-2	1		1m rechts von 145
147	25. Jun	Kluft	064	48	18	5.1-2	S 5.1-2	2		Gleitfläche 2m rvLM
148	25. Jun	Kluft	300	73	18	5.1-2	S 5.1-2	1		Feine Schichtung des grau/weißen Gesteins
149	25. Jun	Kluft	114	52	18	5.1-2	S 5.1-2	2		90° auf 148, 1m rvLM
150	25. Jun	Kluft	212	68	18	5.1-2	S 5.1-2	1		1m rvLM
151	26. Jun	Kluft	005	65	18	5.1-3	S 5.1-3	1		Schichtfläche bei rM, grau --> Mergel?
152	26. Jun	Kluft	358	64	18	5.1-3	S 5.1-3	1		1m über 151
153	26. Jun	Kluft	076	36	18	5.1-3	S 5.1-3	3		Rutschfläche 2m lvRM
154	26. Jun	Kluft	052	70	18	5.1-3	S 5.1-3	1		1m lv 153
155	26. Jun	Kluft	160	70	18	5.1-3	S 5.1-3	1		gleiche Stelle
156	26. Jun	Kluft	222	88	18	5.1-3	S 5.1-3	3		4m lvRM
157	26. Jun	Kluft	096	85	18	5.1-3	S 5.1-3	1		4m lvRM
158	26. Jun	Kluft	022	58	18	5.1-3	S 5.1-3	1		4m lvRM
159	26. Jun	Kluft	335	48	18	5.1-3	S 5.1-3	1		4m lvRM - Schichtung
160	26. Jun	Kluft	282	98	18	5.1-3	S 5.1-3	2		6m lvRM
161	26. Jun	Kluft	026	55	18	5.1-3	S 5.1-3	1		6m lvRM
162	26. Jun	Kluft	288	89	18	5.1-3	S 5.1-3	1		6m lvRM
163	26. Jun	Kluft	254	70	18	5.1-3	S 5.1-3	2		1m lv 162
164	26. Jun	Kluft	124	58	18	5.1-3	S 5.1-3	3		1m lv 163
165	26. Jun	Kluft	016	65	18	5.1-3	S 5.1-3	2		3m rvLM (große Nase die heraus steht)
166	26. Jun	Kluft	248	40	18	5.1-3	S 5.1-3	1		3m rvLM, Schichtung
167	26. Jun	Kluft	083	65	18	5.1-4	S 5.1-4	2		Schichtfläche 2m lvRM
168	26. Jun	Kluft	092	80	18	5.1-4	S 5.1-4	4		1m lv 167
169	26. Jun	Kluft	346	60	18	5.1-4	S 5.1-4	1		1m lv 167
170	26. Jun	Faltung	060	45	22	5.1-4	S 5.1-4	5		geschätzt Mergel/Kalk/Dolomit? Foto D3 bei linker M.
171	26. Jun	Kluft	024	28	22	5.1-5	S 5.1-5	6		3m lvRM
172	26. Jun	Kluft	258	55	22	5.1-5	S 5.1-5	6		6m lvRM
173	26. Jun	Kluft	332	35	22	5.1-5	S 5.1-5	6		6m lvRM
174	26. Jun	Kluft	084	70	22	5.1-5	S 5.1-5	6		1m lv 173
175	26. Jun	Kluft	180	45	22	5.1-5	S 5.1-5	6		1m lv 173
176	26. Jun	Kluft	085	75	22	5.1-5	S 5.1-5	6		8m lvRM
177	26. Jun	Störung!	316	53	22	5.1-5	S 5.1-5	1	Merg.	Mergelige Füllung 2cm, K/M/D? 8m lvRM --> Foto D4
178	26. Jun	Kluft	014	40	22	5.1-5	S 5.1-5	1		Links von 177
179	26. Jun	Kluft	266	30	22	5.1-5	S 5.1-5	3		2m lv 178
180	26. Jun	Kluft	232	45	22	5.1-5	S 5.1-5	4		1m lv 179
181	26. Jun	Störung	190	88	22	5.1-5	S 5.1-5	2		Gelblich, blockig, Kluftsystem
182	26. Jun	Kluft	264	60	22	5.1-5	S 5.1-5	2		Gelblich
183	26. Jun	Kluft	164	90	22	5.1-5	S 5.1-5	2		Gelblich
184	26. Jun	Kluft	136	70	22	5.1-5	S 5.1-5	2		Gelblich
185	26. Jun	Kluft	110	55	22	5.1-5	S 5.1-5	1		bei linker Markierung
186	26. Jun	Kluft	042	89	22	5.1-5	S 5.1-5	1		bei lM
187	26. Jun	Kluft	356	45	22	5.1-5	S 5.1-5	1		2m lvLM --> grau-gelbliches Gestein
188	26. Jun	Kluft	255	45	22	5.1-5	S 5.1-5	1		2m lvLM
189	26. Jun	Kluft	242	55	22	5.1-5	S 5.1-5	1		3m zu sehen, 1,5m lvLM geht weiter nach links
190	26. Jun	Kluft	226	85	22	5.1-5	S 5.1-5	1		Richtung S 5.1-6
191	26. Jun	Kluft	238	60	22	5.1-5	S 5.1-5	1		1m lvLM
192	26. Jun	Kluft	356	85	22	5.1-5	S 5.1-5	1		1m lvLM
193	26. Jun	Kluft	040	78	10	1-7	S 1-7	1		Schicht 2m rvLM
194	26. Jun	Kluft	050	75	10	1-7	S 1-7	1		bei linker Markierung
195	26. Jun	Kluft	040	76	10	1-7	S 1-7	1		2m rvLM
196	26. Jun	Kluft	252	85	10	1-7	S 1-7	1		2m rvLM

197	26. Jun	Kluft	022	70	10	1-7	S 1-7	1		5m rvM
198	26. Jun	Kluft	100	78	10	1-7	S 1-7	1		5m rvM
199	26. Jun	Kleine St.	165	82	10	1-7	S 1-7	6		Mittig
200	26. Jun	Kleine St.	197	70	10	1-7	S 1-7	2		gleiches Einfallen wie Versneider darüber!
201	26. Jun	Kluft	282	83	10	1-7	S 1-7	1		3m lvrM, immer gleich geschichtet
202	26. Jun	Kluft	040	70	10	1-7	S 1-7	1		bei rechter Markierung
203	26. Jun	Kluft	232	70	10	1-7	S 1-7	3		2m lvrM
204	26. Jun	Kl/St.	040	78	10	1-6	S 1-6	1		0,5m rvM
205	26. Jun	Kluft	082	65	10	1-6	S 1-6	1		1m rvM
206	26. Jun	Kluft	259	60	10	1-6	S 1-6	1		2m rvM
207	26. Jun	Kluft	250	70	10	1-6	S 1-6	1		3m rvM
208	26. Jun	Störung	040	40	10	1-6	S 1-6	5		geschätzt, großer Versneider, beginnt bei IM
209	26. Jun	Kluft	208	75	10	1-6	S 1-6	1		7m lvrM
210	26. Jun	Kluft	252	68	10	1-6	S 1-6	2		~Mitte
211	26. Jun	Kluft	048	35	10	1-6	S 1-6	1		~Mitte
212	26. Jun	Kluft	250	70	10	1-6	S 1-6	2		~Mitte
213	26. Jun	Kluft	086	70	10	1-6	S 1-6	2		6m lvrM
214	26. Jun	Kluft	095	70	10	1-6	S 1-6	1		6m lvrM
215	26. Jun	Kluft	076	70	10	1-6	S 1-6	2		6m lvrM
216	26. Jun	Störung	149	85	10	1-6	S 1-6	20		große senkrechte Störung, 3m lvrM
217	26. Jun	Kluft	111	72	10	1-6	S 1-6	4		2m lvrM
218	26. Jun	Kluft	095	60	10	1-6	S 1-6	1		1,5m lvrM
219	26. Jun	Kluft	087	72	10	1-5	S 1-5	2		Kluftsystem 0,5m rvM
220	26. Jun	Kluft	226	85	10	1-5	S 1-5	2		0,5m rvM
221	26. Jun	Kluft	015	30	10	1-5	S 1-5	1		0,5m rvM
222	26. Jun	Kluft	072	45	10	1-5	S 1-5	1		1m rv 221
223	26. Jun	Kluft	088	50	06	1-5	S 1-5	2		1m rv 222
224	26. Jun	Kluft	155	66	06	1-5	S 1-5	3		5m rvM
225	26. Jun	Kluft	014	85	06	1-5	S 1-5	3		6m rvM
226	26. Jun	Kluft	109	55	06	1-5	S 1-5	2		7m rvM
227	26. Jun	Kluft	212	45	06	1-5	S 1-5	2		8m rvM
228	26. Jun	Kluft	176	65	06	1-5	S 1-5	1		8m rvM
229	26. Jun	Kluft	276	90	06	1-5	S 1-5	1		8m rvM / Kluftsystem
230	26. Jun	Kluft	354	45	06	1-5	S 1-5	1		8m rvM
231	26. Jun	Kluft	265	65	06	1-5	S 1-5	2		6m lvrM
232	26. Jun	Kluft	082	40	06	1-5	S 1-5	2		5m lvrM
233	26. Jun	Kluft	111	80	06	1-5	S 1-5	2		4m lvrM
234	26. Jun	Kluft	075	70	06	1-5	S 1-5	3		3m lvrM
235	26. Jun	Störung	154	65	06	1-5	S 1-5	4		Senkrechte Störung, 3m lvrM
236	26. Jun	Störung	316	80	06	1-5	S 1-5	1		Störung 2m lvrM (geschätzt)
237	26. Jun	Kluft	112	30	06	1-5	S 1-5	3		in der Ecke, horizontal
238	26. Jun	Kluft	320	80	06	1-5	S 1-5	4		in der Ecke, senkrecht
239	26. Jun	Kluft	025	60	06	1-5	S 1-5	1		Ecke
240	26. Jun	Kluft	088	45	06	1-4	S 1-4	4		in der Ecke
241	26. Jun	Kluft	116	50	06	1-4	S 1-4	4		Ecke
242	26. Jun	Kl. Störung	095	80	06	1-4	S 1-4	3		2m rv Ecke
243	26. Jun	Störung	188	65	06	1-4	S 1-4	5		5m rv Ecke, große Störungsfläche!
244	26. Jun	Kl/St.	184	55	06	1-4	S 1-4	5		unter 243
245	26. Jun	Kluft	086	68	06	1-4	S 1-4	4		unter 243
246	26. Jun	Kluft	338	80	06	1-4	S 1-4	1		Mittig
247	26. Jun	Kluft	264	70	06	1-4	S 1-4	1		rechts der Mitte
248	26. Jun	Kluft	050	50	06	1-4	S 1-4	1		rechts der Mitte
249	26. Jun	Störung	245	75	06	1-4	S 1-4	7		3m lvrM / Schicht
250	26. Jun	Kluft	120	55	06	1-4	S 1-4	4		3m lvrM
251	01. Jul	Störung	130	52	23	4-1	S 4-1	5		große Nase rechts oberhalb Markierung
252	01. Jul	Störung	062	50	23	4-1	S 4-1	5		bei rM
253	01. Jul	Störung	096	50	23	4-1	S 4-1	5		bei rM
254	01. Jul	Kluft	315	54	23	4-1	S 4-1	1		bei rM
255	01. Jul	Störung	272	85	23	4-1	S 4-1	1		bei rM
256	01. Jul	Störung	090	84	23	4-1	S 4-1	1		bei rM
257	01. Jul	Störung	228	35	23	4-1	S 4-1	1		immer noch Nase Richtung rechter Markierung
258	01. Jul	Störung	222	25	23	4-1	S 4-1	10		bei rM
259	01. Jul	Störung	195	25	23	4-1	S 4-1	1		bei rM
260	01. Jul	Störung	076	80	23	4-1	S 4-1	1		bei rM
261	01. Jul	Störung	048	75	23	4-1	S 4-1	1		bei rM
262	01. Jul	Kluft	096	50	19	4-2	S 4-2	2		Links unter der Dolomitmase
263	01. Jul	Kluft	134	50	19	4-2	S 4-2	1		2m rechts von 262 (Raibler Kalk?)
264	01. Jul	Kluft	072	70	19	4-3	S 4-3	1		2m recht von linker Markierung
265	01. Jul	Kluft	110	60	19	4-3	S 4-3	1		2,5m rechts von linker Markierung
266	01. Jul	Kluft	240	50	19	4-3	S 4-3	1		interne Schichtung Kalk
267	01. Jul	Kluft	128	60	19	4-3	S 4-3	20		Großes Kluftsystem, in 90° versetzt, über rechter M.
268	01. Jul	Kluft	030	30	19	4-3	S 4-3	20		bei rM
269	01. Jul	Kluft	078	85	19	4-3	S 4-3	5		4m lvrM
270	01. Jul	Kluft	116	75	19	4-3	S 4-3	5		4m lvrM
271	01. Jul	Kluft	116	65	19	4-3	S 4-3	5		4m lvrM
272	01. Jul	Kluft	135	55	19	4-4	S 4-4	20		rechts über linker M.
273	01. Jul	Kluft	335	45	19	4-4	S 4-4	20		wie 267 und 268
274	01. Jul	Kluft	056	35	19	4-4	S 4-4	4		Gleitfläche Kalk, Mitte
275	01. Jul	Kluft	140	80	19	4-4	S 4-4	4	Mergel	Gleitfläche K/K, ~20cm gefüllt mit Mergel, 5m lvrM
276	01. Jul	Kluft	106	88	19	4-4	S 4-4	3		Klüftung, dolomitischer Kalk 4m lvrM
277	01. Jul	Kluft	222	40	19	4-4	S 4-4	1		4m lvrM
278	01. Jul	Kluft	230	70	19	4-4	S 4-4	20		Große Kluft über rM
279	01. Jul	Kluft	020	60	18	4-5	S 4-5	3		2m rvM
280	01. Jul	Kluft	012	58	18	4-5	S 4-5	3		2m rvM
281	01. Jul	Kluft	090	89	18	4-5	S 4-5	4		3m rvM
282	01. Jul	Kluft	020	35	18	4-5	S 4-5	3		4m lvrM (unterhalb der orangen Fazies)
283	01. Jul	Kluft	228	70	18	4-5	S 4-5	2		4m lvrM
284	01. Jul	Störung	285	78	18	4-5	S 4-5	6		lange waagrechte Störung, siehe Foto
285	01. Jul	Kluft	110	75	18	4-6	S 4-6	2		3m rvM (große Dolomitmase)
286	01. Jul	Kluft	046	45	18	4-6	S 4-6	4		3m rvM nahe der oberen Etagenante (große Dolomitmase)
287	01. Jul	Kluft	046	50	18	4-6	S 4-6	4		3m rvM
288	02. Jul	Kluft	235	80	06	1-3	S 1-3	6		senkrechter Riss über IM
289	02. Jul	Kluft	146	60	06	1-3	S 1-3	3		genau über IM
290	02. Jul	Kluft	124	75	06	1-3	S 1-3	1		2m rvM
291	02. Jul	Kluft	230	80	06	1-3	S 1-3	1		3m rvM
292	02. Jul	Kluft	130	85	06	1-3	S 1-3	1		3m rvM
293	02. Jul	Kluft	068	55	06	1-3	S 1-3	20		Versneider ganz oben über IM (geschätzt)
294	02. Jul	Kluft	290	75	06	1-3	S 1-3	1		6m rvM
295	02. Jul	Kluft	210	45	06	1-3	S 1-3	2		6m rvM
296	02. Jul	Kluft	135	50	06	1-3	S 1-3	2		6m rvM
297	02. Jul	Kluft	310	80	06	1-3	S 1-3	2		6m rvM
298	02. Jul	Kluft	074	85	06	1-3	S 1-3	1		6m rvM
299	02. Jul	Kluft	330	25	06	1-3	S 1-3	1		6m rvM
300	02. Jul	Kluft	190	65	06	1-3	S 1-3	1		6m rvM
301	02. Jul	Kluft	332	60	06	1-3	S 1-3	1		8m lvrM

302	02. Jul	Kluft	310	85	06	1-3	S 1-3	1		8m lvrM
303	02. Jul	Kluft	276	85	06	1-3	S 1-3	6		links der rechten Nase, fast senkrecht
304	02. Jul	Kluft	222	70	06	1-3	S 1-3	4		unten bei der Nase
305	02. Jul	Störung	045	75	06	1-3	S 1-3	20		senkrechte Störung, 1m lvrM
306	02. Jul	Kluft	050	85	06	1-2	S 1-2	6		1m rvIM
307	02. Jul	Kluft	144	75	06	1-2	S 1-2	15		1m rvIM, fast senkrecht
308	02. Jul	Kluft	086	55	06	1-2	S 1-2	3		4m lvrM
309	02. Jul	Kluft	120	78	06	1-2	S 1-2	3		4m lvrM
310	02. Jul	Kluft	158	75	06	1-2	S 1-2	3		4m lvrM
311	02. Jul	Kluft	310	75	06	1-2	S 1-2	3		4m lvrM
312	02. Jul	Kluft	135	45	06	1-2	S 1-2	3		3m lvrM
313	02. Jul	Kluft	168	80	06	1-2	S 1-2	3		3m lvrM
314	02. Jul	Kluft	222	75	06	1-2	S 1-2	3		3m lvrM
315	02. Jul	Kluft	040	35	06	1-2	S 1-2	2		genau bei rechter M.
316	02. Jul	Kluft	280	38	06	1-1	S 1-1	1		1m rvIM
317	02. Jul	Kluft	150	85	06	1-1	S 1-1	8		5m rvIM
318	02. Jul	Kluft	232	48	06	1-1	S 1-1	8		Mittig, schöne Kalk Gleitfläche
319	02. Jul	Kluft	162	82	06	1-1	S 1-1	3		6m lvrM
320	02. Jul	Kluft	296	80	06	1-1	S 1-1	3		6m lvrM
321	02. Jul	Kluft	202	60	06	1-1	S 1-1	8		4m lvrM, links neben orangem Gestein
322	02. Jul	Kluft	290	25	06	1-1	S 1-1	1		1m rvIM
323	02. Jul	Kluft	130	55	06	1-1	S 1-1	3		1m rvIM
324	02. Jul	Kluft	212	60	06	1-1	S 1-1	6		Rutschfläche, 15m rvrM
325	02. Jul	Kluft	052	75	06	1-1	S 1-1	2		15m rvrM
326	02. Jul	Kluft	330	85	10	1-8	S 1-8	1		2m lvrM
327	02. Jul	Kluft	044	85	10	1-8	S 1-8	1		1m lvrM
328	02. Jul	Kluft	352	70	10	1-8	S 1-8	2		3m lvrM
329	02. Jul	Kluft	116	85	10	1-8	S 1-8	15		senkrechter Verschneider, 4m lvrM
330	02. Jul	Kluft	040	40	10	1-8	S 1-8	12		großer Verschneider über rM
331	02. Jul	Kluft	176	60	10	1-8	S 1-8	1		6m lvrM
332	02. Jul	Kluft	298	88	10	1-8	S 1-8	2		6m lvrM
333	02. Jul	Kluft	030	75	10	1-8	S 1-8	2		6m lvrM
334	02. Jul	Kluft	012	55	10	1-8	S 1-8	3		7m lvrM
335	02. Jul	Kluft	192	38	10	1-8	S 1-8	6		kleiner Verschneider, Mittig
336	02. Jul	Kluft	212	74	10	1-8	S 1-8	4		Mittig, oberhalb
337	02. Jul	Kluft	050	40	10	1-8	S 1-8	3		Verschneider in 4m Höhe (geschätzt)
338	02. Jul	Kluft	278	88	10	1-8	S 1-8	3		2m rechts vom Haufen
339	02. Jul	Kluft	126	85	10	1-8	S 1-8	1		2m rechts vom Haufen
340	02. Jul	Kluft	002	48	10	1-8	S 1-8	2		1m rechts vom Haufen
341	02. Jul	Kluft	055	30	10	1-8	S 1-8	10		großer Verschneider beim Haufen
342	02. Jul	Kluft	276	75	10	1-10	S 1-10	4		2m rvrM
343	02. Jul	Kluft	065	50	10	1-10	S 1-10	2		bei rM
344	02. Jul	Kluft	050	50	10	1-10	S 1-10	2		2m lvrM
345	02. Jul	Kluft	222	40	10	1-10	S 1-10	3		5m lvrM
346	02. Jul	Kluft	262	60	10	1-10	S 1-10	4		8m lvrM
347	02. Jul	Kluft	068	55	10	1-10	S 1-10	2		Mittig, in etwa in Wandneigung
348	02. Jul	Kluft	078	60	10	1-10	S 1-10	2		8m rvIM
349	02. Jul	Störung	064	60	10	1-10	S 1-10	20		große Störung 4m rvIM, fast senkrecht
350	02. Jul	Kluft	043	65	10	1-10	S 1-10	1		3m rvIM (bei den Mergelinschlüssen)
351	02. Jul	Kluft	242	50	10	1-10	S 1-10	3		3m rvIM
352	02. Jul	Kluft	308	85	10	1-10	S 1-10	2		2m rvIM
353	02. Jul	Kluft	045	60	10	1-10	S 1-10	3		2m rvIM
354	02. Jul	Kluft	298	83	10	1-10	S 1-10	10		bei IM, fast senkrecht
355	02. Jul	Kluft	194	70	10	1-11	S 1-11	2		bei rM
356	02. Jul	Kluft	074	40	10	1-11	S 1-11	1		bei rM
357	02. Jul	Kluft	066	50	10	1-11	S 1-11	4		2m lvrM
358	02. Jul	Kluft	027	65	10	1-11	S 1-11	2		3m lvrM
359	02. Jul	Kluft	060	53	10	1-11	S 1-11	3		4m lvrM
360	02. Jul	Kluft	102	87	10	1-11	S 1-11	4		5m lvrM
361	02. Jul	Kluft	352	87	10	1-11	S 1-11	1		6m lvrM
362	02. Jul	Kluft	046	53	10	1-11	S 1-11	1		7m lvrM
363	02. Jul	Kluft	300	75	10	1-11	S 1-11	5	Mergel	großer Verschneider mit Mergel (mittig)
364	02. Jul	Kluft	045	60	10	1-11	S 1-11	2		Mittig
365	02. Jul	Kluft	060	55	10	1-11	S 1-11	5		1m links von 363
366	02. Jul	Kluft	005	89	10	1-11	S 1-11	3		5m rvIM
367	02. Jul	Kluft	047	65	10	1-11	S 1-11	2		3m rvIM
368	02. Jul	Kluft	060	33	10	1-11	S 1-11	5		Verschneider rechts oberhalb IM
369	02. Jul	Kluft	062	55	10	1-11	S 1-11	1		1m rvIM
370	02. Jul	Kluft	350	85	10	1-11	S 1-11	3		genau über IM (in 2m Höhe)
371	02. Jul	Kluft	148	78	15	1-12	S 1-12	4	Mergel	~20cm mit Mergel gefüllt, 1m lvrM
372	02. Jul	Kluft	336	75	15	1-12	S 1-12	2		~20cm mit Mergel gefüllt, 2m lvrM
373	02. Jul	Kluft	052	60	15	1-12	S 1-12	1		2m lvrM
374	02. Jul	Kluft	130	45	15	1-12	S 1-12	6	Mergel	3m lvrM, ~20cm mit Mergel gefüllt, geht nach rechts oben
375	02. Jul	Kluft	045	65	15	1-12	S 1-12	0,5		4m lvrM
376	02. Jul	Störung	315	89	15	1-12	S 1-12	3	Mergel	~30cm gefüllt, 4m lvrM
377	02. Jul	Kluft	234	80	15	1-12	S 1-12	0,5		neben Mergel Störung, 377-379 hinter Steinhaufen
378	02. Jul	Kluft	086	75	15	1-12	S 1-12	0,5		5m lvrM
379	02. Jul	Kluft	270	55	15	1-12	S 1-12	0,5		5m lvrM
380	02. Jul	Kluft	065	85	15	1-12	S 1-12	2		rechts vom Steinhaufen, Mittig
381	02. Jul	Kluft	066	70	15	1-12	S 1-12	2		Mittig
382	02. Jul	Kluft	255	48	15	1-12	S 1-12	1		6m rvIM
383	02. Jul	Kluft	285	45	15	1-12	S 1-12	3		Schichtung, 4m rvIM
384	02. Jul	Kluft	055	88	15	1-12	S 1-12	2		3m rvIM
385	02. Jul	Kluft	164	85	15	1-12	S 1-12	0,5		2m rvIM
386	02. Jul	Kluft	278	75	15	1-12	S 1-12	1		1m rvIM
387	02. Jul	Kluft	026	50	15	1-12	S 1-12	1		1m rvIM
388	02. Jul	Kluft	030	60	15	1-12	S 1-12	1		genau bei IM
389	02. Jul	Kluft	096	40	15	1-12	S 1-12	1		genau bei IM
390	02. Jul	Kluft	270	75	15	1-12	S 1-12	1		genau bei IM
391	02. Jul	Störung	082	60	15	1-12	S 1-12	30		großer Verschneider über IM (geschätzt)
392	02. Jul	Störung	078	60	15	1-13	S 1-13	30		großer Verschneider (wie 391), 3m lvrM
393	02. Jul	Kluft	036	50	15	1-13	S 1-13	1		1m lvrM
394	02. Jul	Kluft	352	78	15	1-13	S 1-13	1		1m lvrM
395	02. Jul	Kluft	006	80	15	1-13	S 1-13	20		90° auf Verschneider
396	02. Jul	Kluft	037	75	15	1-13	S 1-13	4		6m lvrM
397	02. Jul	Kluft	020	75	15	1-13	S 1-13	4		7m lvrM
398	02. Jul	Kluft	280	83	15	1-13	S 1-13	30		senkrecht, ganze Wand, Mittig
399	02. Jul	Kluft	026	85	15	1-13	S 1-13	3		8m rvIM
400	02. Jul	Kluft	018	60	15	1-13	S 1-13	3		2m rvIM
401	02. Jul	Kluft	325	60	15	1-13	S 1-13	2		2m rvIM
402	02. Jul	Klüftung	210	65	15	1-13	S 1-13	1		2m rvIM
403	02. Jul	Kluft	062	50	15	1-13	S 1-13	1		bei IM
404	02. Jul	Störung	130	54	15	1-13	S 1-13	15		lange Diskont. von LU nach RO, über Steinhaufen, geschätzt
405	02. Jul	Kluft	198	60	15	1-14	S 1-14	1		Klüftung, 1m lvrM
406	02. Jul	Kluft	250	77	15	1-14	S 1-14	1		1m lvrM
407	02. Jul	Kluft	324	40	15	1-14	S 1-14	1		3m lvrM
408	02. Jul	Kluft	258	70	15	1-15	S 1-15	1		Klüftung 4m lvrM
409	02. Jul	Kluft	040	42	15	1-15	S 1-15	1		4m lvrM

410	02. Jul	Kluft	034	30	15	1-15	S 1-15	3	kleiner Verschneider, 6m lvrM
411	02. Jul	Kluft	250	83	15	1-15	S 1-15	1	7m lvrM
412	02. Jul	Kluft	034	38	15	1-15	S 1-15	2	Mittig
413	02. Jul	Kluft	258	75	15	1-15	S 1-15	4	Mittig hinter Haufen
414	02. Jul	Kluft	076	65	15	1-15	S 1-15	2	4m rvIM
415	02. Jul	Kluft	170	70	15	1-15	S 1-15	2	4m rvIM
416	02. Jul	Kluft	012	85	15	1-15	S 1-15	4	2m rvIM, fast senkrecht
417	02. Jul	Kluft	080	88	15	1-15	S 1-15	1	1m rvIM
418	02. Jul	Kluft	120	20	15	1-15	S 1-15	2	bei IM
419	02. Jul	Kluft	280	78	15	1-15	S 1-15	3	bei IM
420	02. Jul	Kluft	078	60	15	1-16	S 1-16	2	Kluftfläche, Mittig zwischen Markierungen
421	02. Jul	Kluft	238	75	15	1-16	S 1-16	3	- " -, 90° zu 420
422	02. Jul	Kluft	060	85	15	1-16	S 1-16	2	8m rvIM
423	02. Jul	Kluft	240	68	15	1-16	S 1-16	3	7m rvIM
424	02. Jul	Kluft	344	72	15	1-16	S 1-16	1	6m rvIM
425	02. Jul	Kluft	228	84	15	1-16	S 1-16	1	5m rvIM
426	02. Jul	Kluft	084	82	15	1-16	S 1-16	4	4m rvIM
427	02. Jul	Kluft	065	89	15	1-16	S 1-16	2	4m rvIM
428	02. Jul	Kluft	166	88	15	1-16	S 1-16	1	3m rvIM
429	02. Jul	Kluft	250	62	15	1-16	S 1-16	1	2m rvIM
430	02. Jul	Kluft	266	70	15	1-16	S 1-16	2	2m rvIM
431	02. Jul	Kluft	275	63	15	1-16	S 1-16	1	genau bei IM
432	02. Jul	Kluft	267	80	15	1-16	S 1-16	1	bei IM
433	02. Jul	Kluft	345	65	15	1-17	S 1-17	1	5m lvrM
434	02. Jul	Kluft	075	74	15	1-17	S 1-17	1	5m lvrM
435	02. Jul	Kluft	072	80	15	1-17	S 1-17	1	6m lvrM
436	02. Jul	Kluft	082	70	15	1-17	S 1-17	3	7m rvIM
437	02. Jul	Störung	200	23	15	1-17	S 1-17	100	Große Störung, waagrecht --> Foto D5!
438	02. Jul	Kluft	345	74	15	1-17	S 1-17	1	4m rvIM
439	02. Jul	Kluft	068	70	15	1-17	S 1-17	1	2m rvIM
440	02. Jul	Störung	200	27	15	1-17	S 1-17	100	Gleiche Störung wie 437
441	02. Jul	Kluft	012	78	15	1-17	S 1-17	1	1m rvIM
442	03. Jul	Störung	210	25	19	1-18	S 1-18	100	Gleiche Störung wie 437 und 440 2m lvrM
443	03. Jul	Kluft	046	72	19	1-18	S 1-18	1	2m lvrM
444	03. Jul	Kluft	020	20	19	1-18	S 1-18	1	4m lvrM
445	03. Jul	Kluft	330	80	19	1-18	S 1-18	2	5m lvrM
446	03. Jul	Kluft	205	73	19	1-18	S 1-18	1	5m lvrM
447	03. Jul	Störung	200	25	19	1-18	S 1-18	100	Gleiche Störung wie 437, 440, 442, Mittig aufgenommen
448	03. Jul	Kluft	335	72	19	1-18	S 1-18	2	Mittig
449	03. Jul	Kluft	018	82	19	1-18	S 1-18	1	Mittig
450	03. Jul	Kluft	062	75	19	1-18	S 1-18	3	8m rvIM
451	03. Jul	Kluft	156	76	19	1-18	S 1-18	1	6m rvIM
452	03. Jul	Kluft	046	55	19	1-18	S 1-18	1	6m rvIM
453	03. Jul	Störung	270	30	19	1-18	S 1-18	100	2m rvIM, selbe Störung wie vorher??? (geschätzt)
454	03. Jul	Kluft	068	70	19	1-18	S 1-18	2	1m rvIM
455	03. Jul	Kluft	060	40	19	1-19	S 1-19	1	1m lvrM
456	03. Jul	Kluft	064	80	19	1-19	S 1-19	3	1m lvrM
457	03. Jul	Kluft	065	65	19	1-19	S 1-19	1	2m lvrM
458	03. Jul	Störung	234	64	19	1-19	S 1-19	6	3m lvrM
459	03. Jul	Kluft	050	68	19	1-19	S 1-19	2	3m lvrM
460	03. Jul	Kluft	055	89	19	1-19	S 1-19	1	5m lvrM
461	03. Jul	Kluft	072	75	19	1-19	S 1-19	1	6m lvrM
462	03. Jul	Kluft	232	85	19	1-19	S 1-19	3	8m lvrM
463	03. Jul	Störung	232	58	19	1-19	S 1-19	5	9m lvrM
464	03. Jul	Kluft	246	88	19	1-19	S 1-19	2	Mittig
465	03. Jul	Kluft	254	72	19	1-19	S 1-19	4	Mittig
466	03. Jul	Kluft	054	73	19	1-19	S 1-19	2	8m rvIM
467	03. Jul	Schichten	285	70	19	1-19	S 1-19	2	Kalkinterne Schichtung, ca. alle 2-3 cm, 8m rvIM
468	03. Jul	Kluft	075	34	19	1-19	S 1-19	1	6m rvIM
469	03. Jul	Kluft	124	89	19	1-19	S 1-19	1	1m rvIM
470	03. Jul	Kluft	244	65	19	1-19	S 1-19	1	bei IM
471	03. Jul	Kluft	042	80	19	1-20	S 1-20	1	1m lvrM --> Mischmasch aus M,D,K?
472	03. Jul	Kluft	052	62	19	1-20	S 1-20	1	6m lvrM
473	03. Jul	Kluft	224	60	19	1-20	S 1-20	1	6m lvrM
474	03. Jul	Kluft	324	75	19	1-20	S 1-20	1	6m lvrM
475	03. Jul	Kluft	088	58	19	1-20	S 1-20	1	Mittig
476	03. Jul	Kluft	134	88	19	1-20	S 1-20	1	4m rvIM
477	03. Jul	Kluft	118	60	19	1-20	S 1-20	1	4m rvIM
478	03. Jul	Kluft	030	68	19	1-20	S 1-20	1	4m rvIM
479	03. Jul	Störung	120	10	19	1-20	S 1-20	50	Große Diskontinuität, 3m rvIM, (geschätzt)
480	03. Jul	Kluft	180	23	19	1-20	S 1-20	1	genau unterhalb IM
481	03. Jul	Kluft	308	80	19	1-20	S 1-20	1	genau unterhalb IM
482	03. Jul	Störung	140	20	19	1-20	S 1-20	50	unter IM
483	03. Jul	Kluft	110	85	19	1-20	S 1-20	10	ganz oben, rechts von IM, (geschätzt)
484	03. Jul	Störung	160	25	19	1-21	S 1-21	50	Große Diskont. Wie 482, 3m lvrM, leicht Wasserführend
485	03. Jul	Kluft	356	38	19	1-21	S 1-21	1	4m lvrM
486	03. Jul	Kluft	080	60	19	1-21	S 1-21	1	6m lvrM
487	03. Jul	Störung	188	45	19	1-21	S 1-21	50	Gleiche Diskont., 8m lvrM
488	03. Jul	Kluft	096	75	19	1-21	S 1-21	1	1m lvrM
489	03. Jul	Kluft	002	60	19	1-21	S 1-21	1	1m lvrM, unterhalb der Diskontinuität
490	03. Jul	Kluft	210	68	19	1-21	S 1-21	2	Mittig
491	03. Jul	Kluft	280	80	19	1-21	S 1-21	1	8m rvIM
492	03. Jul	Kluft	354	25	19	1-21	S 1-21	1	7m rvIM
493	03. Jul	Kluft	290	25	19	1-21	S 1-21	1	7m rvIM
494	03. Jul	Kluft	195	50	19	1-21	S 1-21	1	7m rvIM
495	03. Jul	Kluft	020	45	19	1-21	S 1-21	1	7m rvIM
496	03. Jul	Kluft	010	30	19	1-21	S 1-21	3	4m rvIM
497	03. Jul	Kluft	276	85	19	1-21	S 1-21	1	bei IM
498	03. Jul	Kluft	332	65	19	1-21	S 1-21	1	bei IM
499	03. Jul	Kluft	290	75	19	1-21	S 1-21	1	bei IM
500	03. Jul	Kluft	016	70	19	1-21	S 1-21	1	bei IM
501	03. Jul	Kluft	254	88	19	1-22	S 1-22	6	2m links vom Turm
502	03. Jul	Kluft	035	58	19	1-22	S 1-22	3	6m lvrM
503	03. Jul	Kluft	062	15	19	1-22	S 1-22	1	8m lvrM
504	03. Jul	Kluft	290	87	19	1-22	S 1-22	6	Mittig
505	03. Jul	Kluft	030	25	19	1-22	S 1-22	1	Mittig
506	03. Jul	Kluft	300	85	19	1-22	S 1-22	1	5m rvIM
507	03. Jul	Kluft	288	88	19	1-22	S 1-22	3	5m rvIM
508	03. Jul	Kluft	220	88	19	1-22	S 1-22	2	2m rvIM
509	03. Jul	Kluft	055	60	19	1-22	S 1-22	5	bei IM
510	03. Jul	Kluft	116	88	19	1-22	S 1-22	2	bei IM
511	03. Jul	Kluft	282	72	19	1-23	S 1-23	1	1m lvrM
512	03. Jul	Kluft	001	15	19	1-23	S 1-23	1	1m lvrM
513	03. Jul	Kluft	290	85	19	1-23	S 1-23	1	2m lvrM
514	03. Jul	Kluft	000	70	19	1-23	S 1-23	1	3m lvrM

515	03. Jul	Kluft	118	88	19	1-23	S 1-23	8	Kluft, genau bei Nase, 6m lvrM
516	03. Jul	Kluft	093	80	19	1-23	S 1-23	3	8m lvrM, große Kluft
517	03. Jul	Störung	090	10	19	1-23	S 1-23	10	4m rvIM
518	03. Jul	Kluft	186	85	19	1-23	S 1-23	1	3m lvrM
519	03. Jul	Kluft	248	85	19	1-23	S 1-23	1	1m lvrM
520	03. Jul	Kluft	225	75	19	1-23	S 1-23	1	1m lvrM
521	03. Jul	Kluft	100	85	19	1-23	S 1-23	1	bei IM
522	03. Jul	Kluft	335	35	19	1-23	S 1-23	1	bei IM
523	03. Jul	Kluft	224	45	16	1-24	S 1-24	2	1m lvrM
524	03. Jul	Kluft	094	75	16	1-24	S 1-24	1	1m lvrM
525	03. Jul	Kluft	220	80	16	1-24	S 1-24	1	3m lvrM
526	03. Jul	Kluft	235	25	16	1-24	S 1-24	1	3m lvrM
527	03. Jul	Kluft	230	70	16	1-24	S 1-24	1	4m lvrM
528	03. Jul	Kluft	288	83	16	1-24	S 1-24	1	5m lvrM
529	03. Jul	Kluft	168	20	16	1-24	S 1-24	1	Mittig
530	03. Jul	Kluft	352	75	16	1-24	S 1-24	1	Mittig
531	03. Jul	Kluft	084	85	16	1-24	S 1-24	5	fast senkrecht, 4m rvIM
532	03. Jul	Kluft	030	65	16	1-24	S 1-24	3	4m rvIM
533	03. Jul	Kluft	263	50	16	1-24	S 1-24	1	1m rvIM
534	03. Jul	Kluft	358	75	16	1-24	S 1-24	1	1m rvIM
535	03. Jul	Kluft	006	40	16	1-24	S 1-24	1	bei IM
536	03. Jul	Kluft	264	55	16	1-24	S 1-24	1	bei IM
537	03. Jul	Kluft	268	89	16	1-25	S 1-25	1	3m lvrM
538	03. Jul	Kluft	102	75	16	1-25	S 1-25	1	3m lvrM
539	03. Jul	Kluft	330	64	16	1-25	S 1-25	8	3m lvrM
540	03. Jul	Kluft	200	80	16	1-25	S 1-25	1	3m lvrM
541	03. Jul	Kluft	070	70	16	1-25	S 1-25	1	6m lvrM
542	03. Jul	Kluft	052	45	16	1-25	S 1-25	3	6m lvrM
543	03. Jul	Kluft	020	70	16	1-25	S 1-25	1	7m lvrM
544	03. Jul	Kluft	076	80	16	1-25	S 1-25	3	7m lvrM
545	03. Jul	Kluft	270	83	16	1-25	S 1-25	1	9m lvrM
546	03. Jul	Kluft	358	72	16	1-25	S 1-25	1	Mittig
547	03. Jul	Kluft	272	83	16	1-25	S 1-25	1	8m rvIM
548	03. Jul	Kluft	078	88	16	1-25	S 1-25	1	4m rvIM
549	03. Jul	Kluft	330	55	16	1-25	S 1-25	1	4m rvIM
550	03. Jul	Störung	230	54	16	1-25	S 1-25	40	Beginnt 2m rvIM, zieht nach links oben
551	03. Jul	Kluft	264	85	16	1-25	S 1-25	1	1m lvrM
552	03. Jul	Kluft	280	45	16	1-25	S 1-25	2	2m lvrM
553	03. Jul	Kluft	216	70	16	1-25	S 1-25	1	2m lvrM
554	03. Jul	Kluft	286	40	16	1-25	S 1-25	3	3m lvrM
555	03. Jul	Kluft	304	50	16	1-25	S 1-25	5	7m lvrM
556	03. Jul	Kluft	310	45	16	1-25	S 1-25	4	10m lvrM
557	03. Jul	Kluft	248	88	16	1-25	S 1-25	4	10m lvrM
558	06. Jul	Kluft	060	45	06	1.1-1	S 1.1-1	1	Wettersteinkalk, ganz links
559	06. Jul	Kluft	290	84	06	1.1-1	S 1.1-1	1	links
560	06. Jul	Kluft	006	65	06	1.1-1	S 1.1-1	2	links
561	06. Jul	Kluft	240	80	06	1.1-1	S 1.1-1	2	links
562	06. Jul	Kluft	060	55	06	1.1-1	S 1.1-1	2	links
563	06. Jul	Kluft	010	25	06	1.1-1	S 1.1-1	4	2m rvIM
564	06. Jul	Kluft	338	30	06	1.1-1	S 1.1-1	1	Mittig
565	06. Jul	Kluft	065	85	06	1.1-1	S 1.1-1	1	Mittig
566	06. Jul	Kluft	080	60	06	1.1-1	S 1.1-1	3	Mittig
567	06. Jul	Kluft	345	54	06	1.1-1	S 1.1-1	5	links oben Mitte nach rechts unten
568	06. Jul	Kluft	256	56	06	1.1-1	S 1.1-1	2	Rechte Ecke
569	06. Jul	Kluft	001	55	06	1.1-1	S 1.1-1	2	Rechte Ecke
570	06. Jul	Kluft	330	70	06	1.1-1	S 1.1-1	1	Rechte Ecke
571	06. Jul	Trennfläche	008	50	06	1.1-2	S 1.1-2	15	Trennfläche Mergel/Kalk (scharf), 5m lvrM --> Foto D61
572	06. Jul	Kluft	019	35	06	1.1-2	S 1.1-2	5	Mittig, große Kluft, von links oben nach rechts unten
573	06. Jul	Kluft	068	80	06	1.1-2	S 1.1-2	1	1m rv 572
574	06. Jul	Kluft	134	66	06	1.1-2	S 1.1-2	1	1m rv 573
575	06. Jul	Kluft	052	35	06	1.1-2	S 1.1-2	1	1m rv 574
576	06. Jul	Kluft	106	89	06	1.1-2	S 1.1-2	1	1m rv 575
577	06. Jul	Kluft	056	65	06	1.1-2	S 1.1-2	2	1m rv 576
578	06. Jul	Kluft	051	73	06	1.1-2	S 1.1-2	3	1m rv 577
579	06. Jul	Kluft	285	30	06	1.1-2	S 1.1-2	1	1m rv 578
580	06. Jul	Kluft	232	83	06	1.1-2	S 1.1-2	2	1m rv 579
581	06. Jul	Kluft	064	73	06	1.1-2	S 1.1-2	1	4m links von rechter Ecke
582	06. Jul	Kluft	270	70	06	1.1-2	S 1.1-2	1	4m links von rechter Ecke
583	06. Jul	Kluft	234	45	06	1.1-2	S 1.1-2	4	Mergel Grenze Mergel/Kalk, 3m lvr Ecke, ~1m dick? --> Foto D71
584	06. Jul	Kluft	088	52	06	1.1-2	S 1.1-2	2	Kalk, 1m lvr Ecke
585	06. Jul	Kluft	070	55	06	1.1-2	S 1.1-2	2	Rechte Ecke
586	06. Jul	Kluft	148	70	06	1.1-2	S 1.1-2	1	Rechte Ecke
587	06. Jul	Störung	052	83	06	2-1	S 2-1	20	Wettersteinkalk --> Trennfläche rechts von rM
588	06. Jul	Kluft	111	72	06	2-1	S 2-1	3	1m lvrM
589	06. Jul	Kluft	223	47	06	2-1	S 2-1	1	1m lvrM
590	06. Jul	Kluft	356	70	06	2-1	S 2-1	1	1m lvrM
591	06. Jul	Kluft	074	75	06	2-1	S 2-1	2	1m lvr 590
592	06. Jul	Kluft	215	84	06	2-1	S 2-1	10	3m lvrM
593	06. Jul	Kluft	080	70	06	2-1	S 2-1	3	5m lvrM
594	06. Jul	Kluft	216	22	06	2-1	S 2-1	1	5m lvrM
595	06. Jul	Kluft	342	89	06	2-1	S 2-1	1	5m lvrM
596	06. Jul	Kluft	078	88	06	2-1	S 2-1	2	Mittig
597	06. Jul	Kluft	085	78	06	2-1	S 2-1	2	Mittig
598	06. Jul	Kluft	061	35	06	2-1	S 2-1	2	6m rvIM
599	06. Jul	Kluft	078	89	06	2-1	S 2-1	1	6m rvIM
600	06. Jul	Kluft	047	37	06	2-1	S 2-1	10	großer Verschneider über IM
601	06. Jul	Störung	346	30	06	2-2	S 2-2	3	1m lvrM
602	06. Jul	Kluft	052	85	06	2-2	S 2-2	1	1m lvrM
603	06. Jul	Kluft	083	80	06	2-2	S 2-2	1	1m lvrM
604	06. Jul	Kluft	142	88	06	2-2	S 2-2	2	2m lvrM
605	06. Jul	Kluft	080	85	06	2-2	S 2-2	1	3m lvrM
606	06. Jul	Kluft	170	63	06	2-2	S 2-2	2	Mittig
607	06. Jul	Kluft	340	82	06	2-2	S 2-2	1	4m rvIM
608	06. Jul	Kluft	090	82	06	2-2	S 2-2	2	4m rvIM
609	06. Jul	Kluft	052	48	06	2-2	S 2-2	1	2m rvIM
610	06. Jul	Störung	220	40	06	2-2	S 2-2	40	Große Störung von links unten nach rechts oben
611	06. Jul	Kluft	046	48	06	2-2	S 2-2	2	bei IM
612	06. Jul	Kluft	130	65	06	2-2	S 2-2	2	1m lvrM
613	06. Jul	Kluft	158	87	06	2-2	S 2-2	2	2m lvrM
614	06. Jul	Kluft	050	44	10	2-4	S 2-4	1	1m rvrM
615	06. Jul	Kluft	294	85	10	2-4	S 2-4	1	bei rM
616	06. Jul	Störung	325	85	10	2-4	S 2-4	30	1m lvrM, fast senkrecht
617	06. Jul	Kluft	100	85	10	2-4	S 2-4	3	8m lvrM
618	06. Jul	Kluft	068	75	10	2-4	S 2-4	2	8m lvrM
619	06. Jul	Kluft	330	85	10	2-4	S 2-4	2	8m lvrM
620	06. Jul	Kluft	046	50	10	2-4	S 2-4	2	8m rvIM
621	06. Jul	Kluft	280	80	10	2-4	S 2-4	1	8m rvIM
622	06. Jul	Kluft	358	58	10	2-4	S 2-4	2	2m rvIM

623	06. Jul	Kluft	269	88	10	2-4	S 2-4	2		1m lvrM
624	06. Jul	Kluft	086	88	10	2-4	S 2-4	2		2m lvrM
625	06. Jul	Kluft	355	70	10	2-4	S 2-4	20		großer Verschneider über IM, (geschätzt)
626	06. Jul	Störung	210	48	14	2-6	S 2-6	8	Mergel	kleine Störung über rM
627	06. Jul	Kluft	182	80	14	2-6	S 2-6	2		1m rvrM
628	06. Jul	Kluft	002	89	14	2-6	S 2-6	2		bei rM
629	06. Jul	Kluft	290	50	14	2-6	S 2-6	3		2m lvrM
630	06. Jul	Kluft	022	68	14	2-6	S 2-6	2		Raibler Kalk? Zu spröde für Raibler Mergel, 4m lvrM
631	06. Jul	Kluft	067	55	14	2-6	S 2-6	30		große Kluft mittig (geschätzt)
632	06. Jul	Kluft	084	82	14	2-6	S 2-6	4		senkrecht unter Mitte
633	06. Jul	Kluft	016	37	14	2-6	S 2-6	1		senkrecht unter Mitte
634	06. Jul	Kluft	120	70	14	2-6	S 2-6	4		4m rvlM
635	06. Jul	Kluft	050	45	14	2-6	S 2-6	1		4m rvlM
636	06. Jul	Kluft	114	48	14	2-6	S 2-6	4		2m rvlM
637	06. Jul	Kluft	000	42	14	2-6	S 2-6	1		bei IM
638	06. Jul	Kluft	240	62	14	2-6	S 2-6	0,5		1m rvlM
639	06. Jul	Kluft	110	83	14	2-6	S 2-6	2		bei IM
640	06. Jul	Kluft	094	78	14	2-7	S 2-7	1		2m lvrM
641	06. Jul	Kluft	290	60	14	2-7	S 2-7	2		2m lvrM
642	06. Jul	Kluft	110	80	14	2-7	S 2-7	20		3m lvrM
643	06. Jul	Kluft	100	75	14	2-7	S 2-7	2		5m lvrM
644	06. Jul	Kluft	106	78	14	2-7	S 2-7	2		8m lvrM
645	06. Jul	Kluft	106	80	14	2-7	S 2-7	3		Mittig
646	06. Jul	Kluft	256	43	14	2-7	S 2-7	20		leicht horizontale Klüftung, mittig
647	06. Jul	Kluft	006	50	14	2-7	S 2-7	1		Mittig
648	06. Jul	Kluft	105	78	14	2-7	S 2-7	4		8m rvlM
649	06. Jul	Kluft	284	84	14	2-7	S 2-7	2		3m rvlM
650	06. Jul	Kluft	234	85	14	2-7	S 2-7	4		Klufffläche bei IM -> Raibler Mergel oder Kalk?
651	07. Jul	Kluft	052	50	14	2-8	S 2-8	1		bei rM
652	07. Jul	Kluft	088	80	14	2-8	S 2-8	1		1m lvrM
653	07. Jul	Kluft	096	77	14	2-8	S 2-8	15		2m lvrM, fast senkrecht, schichtig mit 20cm
654	07. Jul	Kluft	127	75	14	2-8	S 2-8	4		3m lvrM
655	07. Jul	Kluft	010	75	14	2-8	S 2-8	1		4m lvrM
656	07. Jul	Kluft	072	78	14	2-8	S 2-8	4		4m lvrM
657	07. Jul	Kluft	355	45	14	2-8	S 2-8	0,5		5m lvrM
658	07. Jul	Kluft	082	85	14	2-8	S 2-8	5		5m lvrM, fast senkrecht
659	07. Jul	Kluft	086	78	14	2-8	S 2-8	5		8m lvrM
660	07. Jul	Kluft	002	80	14	2-8	S 2-8	0,5		8m lvrM
661	07. Jul	Kluft	090	87	14	2-8	S 2-8	3		9m lvrM
662	07. Jul	Störung	111	70	14	2-8	S 2-8	6		rechts oberhalb des Haufens
663	07. Jul	Kluft	090	85	14	2-8	S 2-8	4		über IM (geschätzt)
664	07. Jul	Kluft	080	75	14	2-8	S 2-8	4		2m rvlM
665	07. Jul	Kluft	107	90	14	2-9	S 2-9	2		2m lvrM
666	07. Jul	Kluft	030	55	14	2-9	S 2-9	1		2m lvrM
667	07. Jul	Kluft	112	84	14	2-9	S 2-9	8		4m lvrM
668	07. Jul	Kluft	246	89	14	2-9	S 2-9	1		6m lvrM
669	07. Jul	Kluft	008	52	14	2-9	S 2-9	1		Mittig
670	07. Jul	Kluft	085	80	14	2-9	S 2-9	6		Mittig
671	07. Jul	Kluft	100	82	14	2-9	S 2-9	3		8m rvlM
672	07. Jul	Kluft	286	82	14	2-9	S 2-9	10		5m rvlM
673	07. Jul	Kluft	044	60	14	2-9	S 2-9	2		3m rvlM
674	07. Jul	Kluft	110	84	14	2-9	S 2-9	5		2m rvlM (geschätzt)
675	07. Jul	Kluft	105	73	14	2-9	S 2-9	4		über IM
676	07. Jul	Kluft	170	50	06	3-1	S 3-1	2		1m rvrM
677	07. Jul	Kluft	290	87	06	3-1	S 3-1	3		1m rvrM
678	07. Jul	Kluft	030	35	06	3-1	S 3-1	1		0,5m rvrM
679	07. Jul	Kluft	258	50	06	3-1	S 3-1	3		1m lvrM, von links unten nach rechts oben
680	07. Jul	Kluft	168	80	06	3-1	S 3-1	2		Harnischfläche, 2m lvrM
681	07. Jul	Kluft	216	80	06	3-1	S 3-1	4		Klufffläche 2m lvrM
682	07. Jul	Kluft	180	76	06	3-1	S 3-1	15		Fläche 3m lvrM
683	07. Jul	Kluft	182	68	06	3-1	S 3-1	3		6m lvrM
684	07. Jul	Kluft	076	77	06	3-1	S 3-1	3		10m lvrM
685	07. Jul	Kluft	028	50	06	3-1	S 3-1	4		15m lvrM
686	07. Jul	Kluft	270	25	06	3-1	S 3-1	5		15m lvrM
687	07. Jul	Kluft	206	58	06	3-1	S 3-1	3		3m rvlM
688	07. Jul	Kluft	174	65	06	3-1	S 3-1	30		3m rvlM, flächig, ganze Wand
689	07. Jul	Kluft	170	50	06	3-1	S 3-1	8		genau bei IM (knapp unter Markierung)
690	07. Jul	Kluft	343	85	06	3-2	S 3-2	2		1m lvrM
691	07. Jul	Kluft	088	85	06	3-2	S 3-2	2		3m lvrM
692	07. Jul	Kluft	184	15	06	3-2	S 3-2	3		3m lvrM
693	07. Jul	Kluft	110	80	06	3-2	S 3-2	20		Mittig, Fläche fast ganze Wand (geschätzt)
694	07. Jul	Kluft	190	78	06	3-2	S 3-2	2		mittig
695	07. Jul	Kluft	224	65	06	3-2	S 3-2	10		7m rvlM
696	07. Jul	Kluft	088	60	06	3-2	S 3-2	2		8m rvlM
697	07. Jul	Kluft	347	80	06	3-2	S 3-2	4		4m rvlM
698	07. Jul	Kluft	088	68	06	3-2	S 3-2	2		4m rvlM
699	07. Jul	Kluft	288	50	06	3-2	S 3-2	1		2m rvlM
700	07. Jul	Kluft	116	53	06	3-2	S 3-2	8		1m rvlM
701	07. Jul	Kluft	118	60	06	3-3	S 3-3	8		bei rM
702	07. Jul	Kluft	132	68	06	3-3	S 3-3	30		2m lvrM
703	07. Jul	Kluft	100	60	06	3-3	S 3-3	4		4m lvrM, große Fläche unten
704	07. Jul	Kluft	036	78	06	3-3	S 3-3	6		4m lvrM, senkrechter Riss
705	07. Jul	Kluft	046	48	06	3-3	S 3-3	3		6m lvrM
706	07. Jul	Kluft	120	72	06	3-3	S 3-3	4		8m lvrM, große Fläche rechts von Haufen
707	07. Jul	Kluft	274	50	06	3-3	S 3-3	1		bei IM
708	07. Jul	Kluft	045	55	06	3-3	S 3-3	1		bei IM
709	07. Jul	Kluft	090	75	06	3-3	S 3-3	3		Riss unter IM, zieht nach links
710	09. Jul	Störung	014	64	10	3-5	S 3-5	15		1m rvrM
711	09. Jul	Kluft	024	67	10	3-5	S 3-5	2		1m lvrM
712	09. Jul	Kluft	254	48	10	3-5	S 3-5	1		1m lvrM
713	09. Jul	Kluft	158	88	10	3-5	S 3-5	1		3m lvrM
714	09. Jul	Kluft	256	64	10	3-5	S 3-5	8		7m lvrM, zieht nach links oben
715	09. Jul	Kluft	043	60	10	3-5	S 3-5	2		6m rvlM
716	09. Jul	Kluft	097	84	10	3-5	S 3-5	2		6m rvlM
717	09. Jul	Kluft	240	83	10	3-5	S 3-5	2		3m rvlM
718	09. Jul	Kluft	144	75	10	3-5	S 3-5	8		3m rvlM, sehr steile Kluft
719	09. Jul	Kluft	055	50	10	3-5	S 3-5	1		bei IM
720	09. Jul	Kluft	230	70	10	3-5	S 3-5	2		bei IM
721	09. Jul	Kluft	032	45	10	3-5	S 3-5	1		2m rvlM
722	09. Jul	Kluft	242	75	10	3-5	S 3-5	1		2m rvlM
723	09. Jul	Kluft	242	75	10	3-5	S 3-5	3		3m rvlM
724	09. Jul	Kluft	240	70	10	3-6	S 3-6	5		Verschneider über rM (geschätzt)
725	09. Jul	Kluft	240	70	10	3-6	S 3-6	50		langer Verschneider waagrecht (geschätzt)
726	09. Jul	Kluft	240	80	10	3-6	S 3-6	1		1m lvrM
727	09. Jul	Kluft	030	55	10	3-6	S 3-6	10		1m lvrM, zieht nach links oben

728	09. Jul	Kluft	034	80	10	3-6	S 3-6	1	1m lvrM
729	09. Jul	Kluft	260	75	10	3-6	S 3-6	1	3m lvrM
730	09. Jul	Kluft	266	68	10	3-6	S 3-6	2	5m lvrM
731	09. Jul	Kluft	226	75	10	3-6	S 3-6	2	5m lvrM
732	09. Jul	Kluft	268	75	10	3-6	S 3-6	2	7m lvrM
733	09. Jul	Kluft	170	47	10	3-6	S 3-6	2	7m lvrM
734	09. Jul	Kluft	244	78	10	3-6	S 3-6	2	8m lvrM
735	09. Jul	Kluft	280	40	10	3-6	S 3-6	40	Mittig, zieht nach links oben
736	09. Jul	Kluft	082	80	10	3-6	S 3-6	1	Mittig
737	09. Jul	Kluft	036	25	10	3-6	S 3-6	1	8m rvIM
738	09. Jul	Kluft	220	75	10	3-6	S 3-6	1	5m rvIM
739	09. Jul	Kluft	060	35	10	3-6	S 3-6	5	4m rvIM, nach rechts, waagrecht
740	09. Jul	Kluft	265	88	10	3-6	S 3-6	1	bei IM
741	09. Jul	Kluft	070	37	10	3-6	S 3-6	20	gleich wie 739, waagrecht, bei IM
742	09. Jul	Kluft	244	63	10	3-7	S 3-7	1	bei rM
743	09. Jul	Kluft	016	83	10	3-7	S 3-7	1	bei rM
744	09. Jul	Kluft	200	70	10	3-7	S 3-7	3	3m lvrM
745	09. Jul	Kluft	066	35	10	3-7	S 3-7	1	3m lvrM
746	09. Jul	Kluft	060	35	10	3-7	S 3-7	15	Rutschfläche unter dunklem Gestein
747	09. Jul	Kluft	166	70	10	3-7	S 3-7	5	links von dunklem Gestein
748	09. Jul	Kluft	088	65	10	3-7	S 3-7	2	8m lvrM
749	09. Jul	Kluft	188	76	10	3-7	S 3-7	1	Mittig
750	09. Jul	Kluft	080	58	10	3-7	S 3-7	2	Mittig
751	09. Jul	Kluft	345	50	10	3-8	S 3-8	3	8m rvIM
752	09. Jul	Kluft	352	42	10	3-8	S 3-8	4	8m rvIM
753	09. Jul	Kluft	260	75	10	3-8	S 3-8	2	8m rvIM
754	09. Jul	Kluft	154	80	10	3-8	S 3-8	15	8m rvIM, senkrecht, links bei Haufen
755	09. Jul	Kluft	016	45	10	3-8	S 3-8	1	6m rvIM
756	09. Jul	Kluft	032	45	10	3-8	S 3-8	1	5m rvIM
757	09. Jul	Kluft	248	75	10	3-8	S 3-8	3	3m rvIM
758	09. Jul	Kluft	264	72	10	3-8	S 3-8	1	3m rvIM
759	09. Jul	Kluft	077	65	10	3-8	S 3-8	1	1m rvIM
760	09. Jul	Kluft	172	88	10	3-8	S 3-8	2	1m rvIM
761	09. Jul	Kluft	032	25	10	3-8	S 3-8	1	bei IM
762	09. Jul	Kluft	350	82	10	3-8	S 3-8	1	bei IM
763	09. Jul	Kluft	026	30	10	3-8	S 3-8	1	bei IM
764	09. Jul	Kluft	046	70	14	3-9	S 3-9	1	2m lvrM
765	09. Jul	Kluft	260	85	14	3-9	S 3-9	1	2m lvrM
766	09. Jul	Kluft	052	55	14	3-9	S 3-9	1	3m lvrM
767	09. Jul	Kluft	146	55	14	3-9	S 3-9	0,5	3m lvrM
768	09. Jul	Kluft	306	42	14	3-9	S 3-9	4	5m lvrM, nach links oben
769	09. Jul	Kluft	048	70	14	3-9	S 3-9	8	5m lvrM
770	09. Jul	Kluft	350	23	14	3-9	S 3-9	2	7m lvrM
771	09. Jul	Kluft	140	80	14	3-9	S 3-9	20	senkrechter Riss, 8m lvrM
772	09. Jul	Kluft	046	60	14	3-9	S 3-9	1	Mittig, rechts des Erdhaufens
773	09. Jul	Kluft	200	70	14	3-9	S 3-9	2	3m rvIM, Wettersteinkalk/Dolomit
774	09. Jul	Kluft	004	45	14	3-9	S 3-9	1	3m rvIM
775	09. Jul	Kluft	094	75	14	3-9	S 3-9	2	3m rvIM, Kalk-Dolomit Gemenge
776	09. Jul	Kluft	196	70	14	3-9	S 3-9	1	2m rvIM
777	09. Jul	Kluft	054	38	14	3-9	S 3-9	1	2m rvIM
778	09. Jul	Kluft	096	83	14	3-9	S 3-9	2	1m rvIM, stark dolomitisch
779	09. Jul	Kluft	210	70	14	3-9	S 3-9	2	1m rvIM
780	09. Jul	Kluft	294	80	14	3-9	S 3-9	1	bei IM
781	09. Jul	Kluft	062	60	14	3-10	S 3-10	1	1m lvrM (alles Raibler Dolomit, wirkt recht kompakt,
782	09. Jul	Kluft	210	58	14	3-10	S 3-10	1	4m lvrM dunkelgrau, wenig Klüfte)
783	09. Jul	Kluft	056	65	14	3-10	S 3-10	1	6m lvrM
784	09. Jul	Kluft	198	82	14	3-10	S 3-10	1	6m lvrM
785	09. Jul	Kluft	062	85	14	3-11	S 3-11	3	2m lvrM (WK-Stock bis halbe Wand,
786	09. Jul	Kluft	308	60	14	3-11	S 3-11	2	2m lvrM (darüber Dolomit)
787	09. Jul	Kluft	218	37	14	3-11	S 3-11	2	2m lvrM
788	09. Jul	Kluft	045	78	14	3-11	S 3-11	2	3m lvrM
789	09. Jul	Kluft	358	35	14	3-11	S 3-11	2	rechts oberhalb Dreckhaufen
790	09. Jul	Kluft	334	85	14	3-11	S 3-11	1	rechts oberhalb Dreckhaufen
791	09. Jul	Kluft	000	73	14	3-11	S 3-11	15	Großer Verschneider rechts oberhalb vom Dreckhaufen
792	09. Jul	Kluft	288	90	14	3-11	S 3-11	2	3m rvIM
793	09. Jul	Kluft	030	66	14	3-11	S 3-11	1	3m rvIM
794	09. Jul	Kluft	280	68	14	3-11	S 3-11	1	3m rvIM
795	09. Jul	Kluft	137	95	14	3-11	S 3-11	2	bei IM
796	09. Jul	Kluft	048	80	14	3-12	S 3-12	4	ganz rechts
797	09. Jul	Kluft	110	78	14	3-12	S 3-12	3	ganz rechts
798	09. Jul	Kluft	034	65	14	3-12	S 3-12	2	4m lvrM
799	09. Jul	Kluft	195	50	14	3-12	S 3-12	3	4m lvrM
800	09. Jul	Kluft	280	80	14	3-12	S 3-12	2	4m lvrM
801	09. Jul	Kluft	045	75	14	3-12	S 3-12	5	Mittig
802	09. Jul	Kluft	134	80	14	3-12	S 3-12	3	Mittig
803	09. Jul	Kluft	010	75	14	3-12	S 3-12	2	7m rvIM (Links auf Haufen)
804	09. Jul	Kluft	155	75	14	3-12	S 3-12	2	5m rvIM
805	09. Jul	Kluft	040	55	14	3-12	S 3-12	2	5m rvIM
806	09. Jul	Kluft	326	28	14	3-12	S 3-12	8	ganz rechts
807	09. Jul	Kluft	040	65	14	3-12	S 3-12	4	ganz rechts
808	09. Jul	Kluft	085	80	14	3-12	S 3-12	8	ganz rechts
809	09. Jul	Kluft	040	30	14	3-12	S 3-12	2	ganz rechts
810	09. Jul	Kluft	100	70	14	3-12	S 3-12	8	ganz links bei Markierung, RD/WK
811	09. Jul	Kluft	086	88	19	3-14	S 3-14	1	WK, bei IM
812	09. Jul	Kluft	304	60	19	3-14	S 3-14	4	1m rvIM
813	09. Jul	Kluft	270	80	19	3-14	S 3-14	1	1m rvIM
814	09. Jul	Kluft	012	70	19	3-14	S 3-14	1	2m rvIM
815	09. Jul	Kluft	195	75	19	3-14	S 3-14	8	2m rvIM, nach rechts, große Fläche
816	09. Jul	Kluft	204	78	19	3-14	S 3-14	1	2m rvIM
817	09. Jul	Kluft	268	82	19	3-15	S 3-15	2	bei rM
818	09. Jul	Kluft	040	40	19	3-15	S 3-15	1	bei rM
819	09. Jul	Kluft	268	85	19	3-15	S 3-15	4	Fläche nach links
820	09. Jul	Kluft	036	54	19	3-15	S 3-15	1	bei IM
821	09. Jul	Kluft	108	76	19	3-15	S 3-15	1	bei IM
822	09. Jul	Kluft	270	85	19	3-15	S 3-15	5	bei IM
823	09. Jul	Kluft	230	70	19	3-15	S 3-15	1	bei IM
824	09. Jul	Kluft	156	40	19	3-15	S 3-15	1	1m lvrM
825	09. Jul	Kluft	264	80	19	3-15	S 3-15	1	2m lvrM
826	09. Jul	Kluft	012	87	19	3-17	S 3-17	1	3m rvIM (S 3-17 alles WK!)
827	09. Jul	Kluft	072	58	19	3-17	S 3-17	1	3m rvIM
828	09. Jul	Kluft	230	80	19	3-17	S 3-17	1	3m rvIM
829	09. Jul	Kluft	215	75	19	3-17	S 3-17	8	von IM nach rechts oben
830	09. Jul	Kluft	264	88	19	3-17	S 3-17	1	blM
831	09. Jul	Kluft	065	50	19	3-17	S 3-17	1	bei IM
832	09. Jul	Kluft	244	53	19	3-18	S 3-18	1	1m lvrM (S 3-18 alles WK!)
833	09. Jul	Kluft	090	55	19	3-18	S 3-18	1	2m lvrM
834	09. Jul	Kluft	286	60	19	3-18	S 3-18	2	3m lvrM
835	09. Jul	Kluft	080	65	19	3-18	S 3-18	4	8m lvrM

836	09. Jul	Kluft	200	70	19	3-18	S 3-18	2	Mittig
837	09. Jul	Kluft	342	78	19	3-18	S 3-18	3	Mittig
838	09. Jul	Kluft	052	40	19	3-18	S 3-18	2	8m rvIM
839	09. Jul	Kluft	032	25	19	3-18	S 3-18	1	8m rvIM
840	09. Jul	Kluft	234	70	19	3-18	S 3-18	2	6m rvIM
841	09. Jul	Kluft	118	82	19	3-18	S 3-18	5	3m rvIM
842	09. Jul	Kluft	024	78	19	3-18	S 3-18	1	3m rvIM
843	09. Jul	Kluft	070	5	19	3-18	S 3-18	2	3m rvIM
844	09. Jul	Kluft	010	35	19	3-18	S 3-18	5	2m rvIM
845	09. Jul	Kluft	194	88	19	3-18	S 3-18	1	1m rvIM
846	09. Jul	Kluft	184	70	19	3-18	S 3-18	1	unter IM
847	09. Jul	Kluft	194	87	19	3-18	S 3-18	6	unter IM
848	09. Jul	Kluft	056	80	19	3-18	S 3-18	1	unter IM
849	09. Jul	Kluft	034	50	19	3-18	S 3-18	1	unter IM
850	09. Jul	Kluft	016	67	19	3-18	S 3-18	1	unter IM
851	14. Jul	Kluft	276	85	15	2-10	S 2-10	3	1m lvrM
852	14. Jul	Kluft	014	50	15	2-10	S 2-10	1	1m lvrM
853	14. Jul	Kluft	264	85	15	2-10	S 2-10	5	2m lvrM
854	14. Jul	Kluft	272	80	15	2-10	S 2-10	1	3m lvrM
855	14. Jul	Kluft	011	50	15	2-10	S 2-10	1	4m lvrM
856	14. Jul	Kluft	085	87	15	2-10	S 2-10	2	6m lvrM
857	14. Jul	Kluft	076	22	15	2-10	S 2-10	1	Mittig
858	14. Jul	Kluft	292	85	15	2-10	S 2-10	6	Mittig
859	14. Jul	Kluft	034	55	15	2-10	S 2-10	1	8m rvIM
860	14. Jul	Kluft	286	85	15	2-10	S 2-10	8	8m rvIM
861	14. Jul	Kluft	268	80	15	2-10	S 2-10	6	3m rvIM
862	14. Jul	Kluft	270	84	15	2-10	S 2-10	8	bei IM
863	14. Jul	Kluft	098	85	15	2-11	S 2-11	8	1m lvrM
864	14. Jul	Kluft	284	80	15	2-11	S 2-11	4	3m lvrM
865	14. Jul	Kluft	282	85	15	2-11	S 2-11	8	3m lvrM (graues Gestein)
866	14. Jul	Kluft	014	67	15	2-11	S 2-11	1	3m lvrM
867	14. Jul	Kluft	276	83	15	2-11	S 2-11	4	6m lvrM
868	14. Jul	Kluft	098	87	15	2-11	S 2-11	2	6m lvrM
869	14. Jul	Kluft	272	85	15	2-11	S 2-11	4	4m rvIM
870	14. Jul	Kluft	264	89	15	2-11	S 2-11	4	3m rvIM
871	14. Jul	Kluft	306	83	15	2-11	S 2-11	6	bei IM
872	14. Jul	Kluft	020	70	15	2-11	S 2-11	1	bei IM
873	14. Jul	Kluft	274	85	15	2-12	S 2-12	4	bei rM
874	14. Jul	Kluft	274	75	15	2-12	S 2-12	2	3m lvrM
875	14. Jul	Kluft	274	85	15	2-12	S 2-12	8	4m lvrM
876	14. Jul	Kluft	081	88	15	2-12	S 2-12	3	4m lvrM
877	14. Jul	Kluft	344	80	15	2-12	S 2-12	1	8m lvrM
878	14. Jul	Kluft	045	60	15	2-12	S 2-12	1	8m lvrM
879	14. Jul	Kluft	074	85	15	2-12	S 2-12	1	6m rvIM
880	14. Jul	Kluft	094	88	15	2-12	S 2-12	4	6m rvIM
881	14. Jul	Kluft	234	85	15	2-12	S 2-12	1	3m rvIM
882	14. Jul	Kluft	284	86	15	2-12	S 2-12	8	3m rvIM
883	14. Jul	Kluft	260	75	15	2-12	S 2-12	2	bei IM
884	14. Jul	Kluft	250	83	15	2-12	S 2-12	5	genau IM
885	14. Jul	Kluft	266	88	19	2-13	S 2-13	1	bei rM
886	14. Jul	Kluft	276	88	19	2-13	S 2-13	2	1m lvrM
887	14. Jul	Kluft	264	87	19	2-13	S 2-13	5	8m rvIM
888	14. Jul	Kluft	280	90	19	2-13	S 2-13	2	Mittig
889	14. Jul	Kluft	050	22	19	2-13	S 2-13	1	8m rvIM
890	14. Jul	Kluft	264	80	19	2-13	S 2-13	4	8m rvIM
891	14. Jul	Kluft	010	85	19	2-13	S 2-13	1	8m rvIM
892	14. Jul	Kluft	020	80	19	2-13	S 2-13	1	3m rvIM
893	14. Jul	Kluft	058	85	19	2-13	S 2-13	1	3m rvIM
894	14. Jul	Kluft	070	80	19	2-13	S 2-13	1	2m rvIM
895	14. Jul	Kluft	096	65	19	2-13	S 2-13	5	2m rvIM
896	14. Jul	Kluft	264	53	19	2-13	S 2-13	10	Riss oberhalb IM, zieht nach links
897	14. Jul	Kluft	276	84	19	2-14	S 2-14	2	2m lvrM
898	14. Jul	Kluft	240	43	19	2-14	S 2-14	4	2m lvrM, fast waagrecht
899	14. Jul	Kluft	264	90	19	2-14	S 2-14	1	3m lvrM
900	14. Jul	Kluft	070	82	19	2-14	S 2-14	2	5m lvrM
901	14. Jul	Kluft	088	80	19	2-14	S 2-14	2	Mittig
902	14. Jul	Kluft	094	88	19	2-14	S 2-14	8	Mittig, fast senkrecht
903	14. Jul	Kluft	100	80	19	2-14	S 2-14	10	Riss, senkrecht, 8m rvIM
904	14. Jul	Kluft	094	75	19	2-14	S 2-14	1	3m rvIM
905	14. Jul	Kluft	016	27	19	2-14	S 2-14	1	3m rvIM
906	14. Jul	Kluft	265	85	19	2-14	S 2-14	8	genau bei IM
907	14. Jul	Kluft	024	85	19	2-14	S 2-14	1	bei IM
908	14. Jul	Kluft	054	40	19	2-14	S 2-14	1	bei IM
909	14. Jul	Kluft	284	55	14	5-5	S 5-5	2	Raibler Dolomit, genau bei rM
910	14. Jul	Kluft	254	70	14	5-5	S 5-5	1	bei rM
911	14. Jul	Kluft	062	20	14	5-5	S 5-5	1	2m lvrM
912	14. Jul	Kluft	226	58	14	5-5	S 5-5	1	2m lvrM
913	14. Jul	Kluft	292	55	14	5-5	S 5-5	1	2m lvrM
914	14. Jul	Kluft	340	65	14	5-5	S 5-5	1	2m lvrM
915	14. Jul	Kluft	070	85	14	5-5	S 5-5	1	2m lvrM
916	14. Jul	Kluft	295	84	14	5-5	S 5-5	1	Mittig
917	14. Jul	Kluft	076	78	14	5-5	S 5-5	2	Mittig
918	14. Jul	Kluft	228	55	14	5-5	S 5-5	1	6m rvIM
919	14. Jul	Kluft	106	60	14	5-5	S 5-5	1	6m rvIM
920	14. Jul	Kluft	214	80	14	5-5	S 5-5	1	2m rvIM
921	14. Jul	Kluft	320	42	14	5-5	S 5-5	1	2m rvIM
922	14. Jul	Kluft	024	30	14	5-5	S 5-5	1	bei IM
923	14. Jul	Kluft	220	80	14	5-6	S 5-6	1	Raibler Dolomit, ganz rechts
924	14. Jul	Kluft	204	60	14	5-6	S 5-6	1	ganz rechts
925	14. Jul	Kluft	180	38	14	5-6	S 5-6	3	ganz rechts
926	14. Jul	Kluft	080	70	14	5-6	S 5-6	2	3m von rechts
927	14. Jul	Kluft	030	70	14	5-6	S 5-6	4	6m von rechts
928	14. Jul	Kluft	240	70	14	5-6	S 5-6	2	6m von rechts
929	14. Jul	Kluft	115	65	14	5-6	S 5-6	2	8m von rechts
930	14. Jul	Kluft	120	55	14	5-6	S 5-6	1	8m von rechts
931	14. Jul	Kluft	064	65	14	5-6	S 5-6	5	10m von rechts
932	14. Jul	Kluft	345	85	14	5-7	S 5-7	2	Dolomitmase, mittig
933	14. Jul	Kluft	296	40	14	5-7	S 5-7	2	mittig
934	14. Jul	Kluft	072	60	14	5-7	S 5-7	2	3m lvrM
935	14. Jul	Kluft	210	45	14	5-7	S 5-7	1	3m lvrM, sonst nichts zugänglich
936	14. Jul	Kluft	240	75	14	5-8	S 5-8	1	ganz bei rM, Wettersteinkalk
937	14. Jul	Kluft	096	89	14	5-8	S 5-8	4	bei rM
938	14. Jul	Kluft	050	50	14	5-8	S 5-8	1	1m lvrM
939	14. Jul	Kluft	034	50	14	5-8	S 5-8	2	3m lvrM
940	14. Jul	Kluft	154	80	14	5-8	S 5-8	2	3m lvrM

941	14. Jul	Kluft	054	50	14	5-8	S 5-8	2	5m lvrM
942	14. Jul	Kluft	290	89	14	5-8	S 5-8	1	5m lvrM
943	14. Jul	Kluft	044	50	14	5-8	S 5-8	2	8m lvrM
944	14. Jul	Kluft	286	78	19	2-15	S 2-15	3	1m lvrM
945	14. Jul	Kluft	266	85	19	2-15	S 2-15	2	1m lvrM
946	14. Jul	Kluft	084	85	19	2-15	S 2-15	7	4m lvrM
947	14. Jul	Kluft	282	80	19	2-15	S 2-15	1	6m lvrM
948	14. Jul	Kluft	060	45	19	2-15	S 2-15	2	Mittig
949	14. Jul	Kluft	350	87	19	2-15	S 2-15	1	Mittig
950	14. Jul	Kluft	063	65	19	2-15	S 2-15	1	8m rvIM
951	14. Jul	Kluft	286	73	19	2-15	S 2-15	4	6m rvIM
952	14. Jul	Kluft	288	78	19	2-15	S 2-15	2	6m rvIM
953	14. Jul	Kluft	082	83	19	2-15	S 2-15	3	bei IM
954	14. Jul	Kluft	074	75	14	5-9	S 5-9	1	ganz bei IM, angeblich WK? Stark dolomitisch?
955	14. Jul	Kluft	030	30	14	5-9	S 5-9	1	Mittig
956	14. Jul	Kluft	265	83	14	5-9	S 5-9	1	Mittig
957	14. Jul	Kluft	356	65	14	5-9	S 5-9	2	Mittig
958	14. Jul	Kluft	075	78	14	5-9	S 5-9	1	Mittig
959	14. Jul	Kluft	300	57	14	5-9	S 5-9	3	große Kluft, eher rechts der Mitte
960	14. Jul	Kluft	236	83	14	5-9	S 5-9	1	rechts der Mitte
961	14. Jul	Kluft	350	68	14	5-9	S 5-9	2	4m lvrM
962	14. Jul	Kluft	256	80	14	5-9	S 5-9	1	4m lvrM
963	14. Jul	Kluft	092	78	14	5-9	S 5-9	2	3m lvrM
964	14. Jul	Kluft	192	75	14	5-9	S 5-9	2	3m lvrM
965	14. Jul	Kluft	090	72	10	5-10	S 5-10	1	bei rechter Markierung (WK? Leicht dolomitisch?)
966	14. Jul	Kluft	140	78	10	5-10	S 5-10	2	1m lvrM
967	14. Jul	Kluft	130	13	10	5-10	S 5-10	1	1m lvrM
968	14. Jul	Kluft	334	58	10	5-10	S 5-10	10	4m lvrM
969	14. Jul	Kluft	086	45	10	5-10	S 5-10	2	4m lvrM
970	14. Jul	Kluft	142	40	10	5-10	S 5-10	3	4m lvrM
971	14. Jul	Kluft	258	20	10	5-10	S 5-10	3	6m lvrM
972	14. Jul	Kluft	158	72	10	5-10	S 5-10	2	6m lvrM
973	14. Jul	Kluft	196	75	10	5-10	S 5-10	2	Mittig
974	14. Jul	Kluft	300	87	10	5-10	S 5-10	1	Mittig
975	14. Jul	Kluft	134	38	10	5-10	S 5-10	1	8m rvIM
976	14. Jul	Kluft	098	82	10	5-10	S 5-10	1	8m rvIM
977	14. Jul	Kluft	106	87	10	5-10	S 5-10	1	7m rvIM
978	14. Jul	Kluft	186	80	10	5-10	S 5-10	1	6m rvIM
979	14. Jul	Kluft	168	40	10	5-10	S 5-10	10	4m rvIM
980	14. Jul	Kluft	312	65	10	5-10	S 5-10	2	3m rvIM
981	14. Jul	Kluft	195	54	10	5-10	S 5-10	3	genau bei IM
982	14. Jul	Kluft	162	64	10	5-10	S 5-10	8	2m rvIM
983	14. Jul	Kluft	312	88	10	5-11	S 5-11	2	1m lvrM
984	14. Jul	Kluft	196	45	10	5-11	S 5-11	8	gleich wie 982
985	14. Jul	Kluft	060	85	10	5-11	S 5-11	1	3m lvrM
986	14. Jul	Kluft	170	40	10	5-11	S 5-11	1	4m lvrM
987	14. Jul	Kluft	330	65	10	5-11	S 5-11	1	8m lvrM
988	14. Jul	Kluft	032	45	10	5-11	S 5-11	1	8m lvrM
989	14. Jul	Kluft	136	40	10	5-11	S 5-11	4	8m lvrM
990	14. Jul	Kluft	073	75	10	5-11	S 5-11	2	4m lvrM
991	14. Jul	Kluft	048	70	10	5-11	S 5-11	1	4m lvrM
992	14. Jul	Störung	200	50	10	5-11	S 5-11	15	Störung nach rechts oben, 2m rvIM
993	14. Jul	Kluft	096	87	10	5-11	S 5-11	1	2m rvIM
994	14. Jul	Kluft	014	68	10	5-11	S 5-11	1	1m rvIM
995	14. Jul	Kluft	236	72	10	5-11	S 5-11	1	bei IM
996	14. Jul	Kluft	260	90	10	5-11	S 5-11	1	bei IM
997	14. Jul	Kluft	014	42	10	5-11	S 5-11	1	bei IM
998	14. Jul	Störung	254	70	10	5-11	S 5-11	30	große Diskontinuität, auf halber Wandhöhe, waagrecht (gesch.)
999	15. Jul	Kluft	074	86	19	2-16	S 2-16	2	bei rM
1000	15. Jul	Kluft	192	88	19	2-16	S 2-16	1	bei rM
1001	15. Jul	Kluft	074	65	19	2-16	S 2-16	1	2m lvrM
1002	15. Jul	Kluft	025	33	19	2-16	S 2-16	1	3m lvrM
1003	15. Jul	Kluft	000	80	19	2-16	S 2-16	4	4m lvrM
1004	15. Jul	Kluft	087	85	19	2-16	S 2-16	2	4m lvrM
1005	15. Jul	Kluft	298	60	19	2-16	S 2-16	1	6m lvrM
1006	15. Jul	Kluft	014	65	19	2-16	S 2-16	1	6m lvrM
1007	15. Jul	Kluft	065	60	19	2-16	S 2-16	1	6m lvrM
1008	15. Jul	Kluft	070	55	19	2-16	S 2-16	1	8m lvrM
1009	15. Jul	Kluft	148	78	19	2-16	S 2-16	3	8m lvrM
1010	15. Jul	Kluft	066	58	19	2-16	S 2-16	1	9m lvrM
1011	15. Jul	Kluft	056	55	19	2-16	S 2-16	1	9m lvrM
1012	15. Jul	Kluft	018	20	19	2-16	S 2-16	1	Mittig
1013	15. Jul	Kluft	022	25	19	2-16	S 2-16	1	2m rvIM
1014	15. Jul	Kluft	250	85	19	2-16	S 2-16	1	2m rvIM
1015	15. Jul	Kluft	220	48	19	2-16	S 2-16	1	bei IM
1016	15. Jul	Kluft	210	82	19	2-17	S 2-17	1	bei rM
1017	15. Jul	Kluft	340	55	19	2-17	S 2-17	1	bei rM
1018	15. Jul	Kluft	222	88	19	2-17	S 2-17	1	2m lvrM
1019	15. Jul	Kluft	311	50	19	2-17	S 2-17	1	3m lvrM
1020	15. Jul	Kluft	075	75	19	2-17	S 2-17	2	4m lvrM
1021	15. Jul	Kluft	034	85	19	2-17	S 2-17	2	4m lvrM
1022	15. Jul	Kluft	020	80	19	2-17	S 2-17	3	6m lvrM (orange Färbung)
1023	15. Jul	Kluft	222	85	19	2-17	S 2-17	1	8m lvrM
1024	15. Jul	Kluft	265	85	19	2-17	S 2-17	2	9m lvrM
1025	15. Jul	Kluft	262	88	19	2-17	S 2-17	8	Mittig
1026	15. Jul	Kluft	188	88	19	2-17	S 2-17	2	Mittig
1027	15. Jul	Kluft	270	90	19	2-17	S 2-17	2	8m rvIM
1028	15. Jul	Kluft	082	25	19	2-17	S 2-17	1	8m rvIM
1029	15. Jul	Kluft	062	80	19	2-17	S 2-17	1	4m rvIM
1030	15. Jul	Kluft	286	88	19	2-17	S 2-17	15	3m rvIM (fast senkrecht)
1031	15. Jul	Kluft	042	12	19	2-17	S 2-17	2	1m rvIM
1032	15. Jul	Kluft	118	84	14	5-12	S 5-12	1	bei rM
1033	15. Jul	Kluft	192	64	14	5-12	S 5-12	2	3m lvrM
1034	15. Jul	Kluft	210	55	14	5-12	S 5-12	2	3m lvrM
1035	15. Jul	Kluft	190	85	14	5-12	S 5-12	5	4m lvrM (graues Gestein, RK?)
1036	15. Jul	Kluft	050	35	14	5-12	S 5-12	1	10m lvrM (noch WK)
1037	15. Jul	Kluft	116	75	14	5-12	S 5-12	2	10m lvrM (noch WK)
1038	15. Jul	Kluft	028	65	14	5-12	S 5-12	2	Mittig
1039	15. Jul	Kluft	118	60	14	5-12	S 5-12	3	Mittig
1040	15. Jul	Kluft	112	70	14	5-12	S 5-12	4	10m rvIM
1041	15. Jul	Kluft	091	65	14	5-12	S 5-12	3	8m rvIM
1042	15. Jul	Kluft	123	40	14	5-12	S 5-12	2	5m rvIM
1043	15. Jul	Kluft	080	50	14	5-13	S 5-13	2	bei rM
1044	15. Jul	Kluft	252	58	14	5-13	S 5-13	1	2m lvrM
1045	15. Jul	Kluft	015	89	14	5-13	S 5-13	4	Verschneider bei schwarzem Gestein, 3m lvrM
1046	15. Jul	Kluft	056	80	14	5-13	S 5-13	1	WK, links von 1045
1047	15. Jul	Kluft	020	65	14	5-13	S 5-13	1	6m lvrM
1048	15. Jul	Kluft	111	84	14	5-13	S 5-13	2	7m lvrM

1049	15. Jul	Kluft	148	70	14	5-13	S 5-13	1		Mittig
1050	15. Jul	Kluft	287	38	14	5-13	S 5-13	1		Mittig
1051	15. Jul	Kluft	276	35	14	5-13	S 5-13	3		Mittig
1052	15. Jul	Kluft	220	45	14	5-13	S 5-13	10		5m rvIM, fast waagrecht
1053	15. Jul	Kluft	025	45	14	5-13	S 5-13	2		3m rvIM
1054	15. Jul	Kluft	045	38	14	5-13	S 5-13	3		1m rvIM
1055	15. Jul	Kluft	206	65	14	5-13	S 5-13	2		1m rvIM

Tabelle 61: Kluftaufnahmen



Abbildung 144: Geologische Homogenbereiche

6.2 Gebirgsklassifikation

	AK	Segment	Geologie	RQD [%]		AK	Segment	Geologie	RQD [%]
Etage 0	07	0-1	Wettersteinkalk	70	Etage 3	06	3-1	Wettersteinkalk	80
	07	0-2	Wettersteinkalk	70		06	3-2	Wettersteinkalk	80
	11	0-3	Wettersteinkalk	80		06	3-3	Wettersteinkalk	80
	11	0-4	Wettersteinkalk	90		10	3-4	Wettersteinkalk	80
	11	0-5	Wettersteinkalk	90		10	3-5	Wettersteinkalk	90
	15	0-6	Wettersteinkalk	90		10	3-6	Wettersteinkalk	90
	15	0-7	Wettersteinkalk	90		10	3-7	Wettersteinkalk	70
	15	0-8	Wettersteinkalk	90		10	3-8	Wettersteinkalk	70
	15	0-9	Wettersteinkalk	80		14	3-9	Raibler Dolomit	70
	16	0-10	Wettersteinkalk	80		14	3-9	Wettersteinkalk	70
Etage 1	06	1-1	Wettersteinkalk	70	14	3-10	Raibler Dolomit	70	
	06	1-1_1	Wettersteinkalk	70	14	3-10	Wettersteinkalk	70	
	06	1-1_2	Raibler Mergel	20	14	3-11	Raibler Dolomit	70	
	06	1-1_2	Wettersteinkalk	70	14	3-11	Wettersteinkalk	70	
	06	1-2	Wettersteinkalk	70	14	3-12	Wettersteinkalk	80	
	06	1-3	Wettersteinkalk	70	14	3-13	Wettersteinkalk	80	
	06	1-4	Wettersteinkalk	80	19	3-14	Wettersteinkalk	80	
	06	1-5	Wettersteinkalk	90	19	3-15	Wettersteinkalk	90	
	10	1-6	Wettersteinkalk	90	19	3-16	Wettersteinkalk	90	
	10	1-7	Wettersteinkalk	90	19	3-17	Wettersteinkalk	90	
	10	1-8	Wettersteinkalk	80	19	3-18	Wettersteinkalk	90	
	10	1-9	Wettersteinkalk	80	Etage 4	23	4-1	Raibler Dolomit	70
	10	1-10	Wettersteinkalk	70		19	4-2	Raibler Dolomit	70
	10	1-11	Wettersteinkalk	70		19	4-2	Raibler Kalk	60
	15	1-12	Wettersteinkalk	70		19	4-3	Raibler Kalk	60
	15	1-13	Wettersteinkalk	70		19	4-4	Raibler Kalk	50
	15	1-14	Wettersteinkalk	90		18	4-5	Raibler Kalk	50
	15	1-15	Wettersteinkalk	90		18	4-5	Raibler Kalk	50
	15	1-16	Wettersteinkalk	90		18	4-6	Raibler Kalk	50
	15	1-17	Wettersteinkalk	90		18	4-7	Raibler Kalk	50
	19	1-18	Wettersteinkalk	80		14	4-8	Raibler Dolomit	50
	19	1-19	Wettersteinkalk	80	14	4-9	Raibler Dolomit	50	
	19	1-20	Wettersteinkalk	80	Etage 5.1	18	5.1-1	Raibler Kalk	50
	19	1-21	Wettersteinkalk	80		18	5.1-2	Raibler Kalk	50
	19	1-22	Wettersteinkalk	80		18	5.1-2	Raibler Dolomit	60
19	1-23	Wettersteinkalk	80	18		5.1-3	Raibler Kalk	50	
16	1-24	Wettersteinkalk	80	18		5.1-3	Raibler Dolomit	60	
16	1-25	Wettersteinkalk	80	22		5.1-4	Raibler Kalk	50	
Etage 2	06	2-1	Wettersteinkalk	70	22	5.1-4	Raibler Dolomit	60	
	06	2-2	Wettersteinkalk	70	22	5.1-5	Raibler Dolomit	60	
	10	2-3	Wettersteinkalk	70	Etage 5 (inkl. Weg oben)	23	5-1	Raibler Dolomit	70
	10	2-4	Wettersteinkalk	70		23	5-2	Raibler Dolomit	70
	10	2-5	Wettersteinkalk	70		23	5-3	Raibler Dolomit	70
	14	2-6	Wettersteinkalk	70		23	5-4	Raibler Dolomit	70
	14	2-7	Wettersteinkalk	70		23	5-4	Raibler Mergel	20
	14	2-8	Wettersteinkalk	70		14	5-5	Raibler Dolomit	60
	14	2-9	Wettersteinkalk	80		14	5-6	Raibler Dolomit	60
	15	2-10	Wettersteinkalk	80		14	5-7	Raibler Dolomit	60
	15	2-11	Wettersteinkalk	70		14	5-8	Raibler Dolomit	60
	15	2-12	Wettersteinkalk	70		14	5-8	Wettersteinkalk	70
	19	2-13	Wettersteinkalk	70	14	5-9	Wettersteinkalk	70	
	19	2-14	Wettersteinkalk	70	10	5-10	Wettersteinkalk	70	
	19	2-15	Wettersteinkalk	80	10	5-11	Wettersteinkalk	80	
	19	2-16	Wettersteinkalk	80	14	5-12	Wettersteinkalk	80	
	19	2-17	Wettersteinkalk	80	14	5-13	Wettersteinkalk	80	

Tabelle 62: RQD Werte

	Seg.	Gestein	RQD [%]	Rating Druckfestigk.	Rating RQD	Rating Kluftabstand	Rating Kluftzustand	Rating Grundwasser	RMR _{basic}	Rating Kluftorient.	RMR
Etage 0	0-1	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	0-2	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	0-3	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	0-4	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	0-5	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	0-6	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	0-7	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	0-8	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	0-9	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	0-10	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
Etage 1	1-1	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-1.1	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	1-1.2	RM	20	0	3	5	0	15	23	0	23
	1-1.2	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	1-2	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-3	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-4	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-5	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-6	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-7	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-8	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	1-9	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	1-10	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-11	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-12	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-13	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-14	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-15	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-16	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-17	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	1-18	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	1-19	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	1-20	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-21	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	1-22	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
1-23	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79	
1-24	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79	
1-25	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79	
Etage 2	2-1	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	2-2	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	2-3	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-4	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-5	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	2-6	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-7	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-8	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	2-9	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-10	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-11	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-12	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-13	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-14	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-15	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	2-16	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	2-17	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
Etage 3	3-1	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	3-2	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	3-3	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-4	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-5	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	3-6	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	3-7	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-8	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-9	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	3-9	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
3-10	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74	
3-10	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74	

	3-11	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	3-11	WK	70	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-12	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-13	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79
	3-14	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
	3-15	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	3-16	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	3-17	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
	3-18	WK	90	7	20	10	30	15	82	0	82
Etage 4	4-1	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	4-2	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	4-2	RK	60	7	13	10	25	15	70	0	70
	4-3	RK	60	7	13	10	25	15	70	0	70
	4-4	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-5	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-6	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-7	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	4-8	RD	50	7	13	10	25	15	70	0	70
4-9	RD	50	7	13	10	25	15	70	0	70	
Etage 5.1	5.1-1	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-2	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-2	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-3	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-3	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-4	RK	50	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-4	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5.1-5	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
Etage 5 (inkl. Weg oben)	5-1	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	5-2	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	5-3	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	5-4	RD	70	7	17	10	25	15	74	0	74
	5-4	RM	20	0	3	5	0	15	23	0	23
	5-5	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5-6	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5-7	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5-8	RD	60	7	13	10	25	15	70	-5	65
	5-8	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	5-9	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	5-10	WK	70	7	17	10	30	15	79	0	79
	5-11	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74
5-12	WK	80	7	17	10	30	15	79	-5	74	
5-13	WK	80	7	17	10	30	15	79	0	79	

Tabelle 63: RMR nach Bieniawski

	Seg.	Gestein	RQD [%]	RMR	Kohäsion [MPa]	Reibungswinkel [°]		Seg.	Gestein	RQD [%]	RMR	Kohäsion [MPa]	Reibungswinkel [°]
Etage 0	0-1	WK	70	79	0,40	43	Etage 3	3-1	WK	80	79	0,40	43
	0-2	WK	70	79	0,40	43		3-2	WK	80	79	0,40	43
	0-3	WK	80	79	0,40	43		3-3	WK	80	74	0,35	40
	0-4	WK	90	82	0,45	45		3-4	WK	80	74	0,35	40
	0-5	WK	90	82	0,45	45		3-5	WK	90	82	0,45	45
	0-6	WK	90	82	0,45	45		3-6	WK	90	82	0,45	45
	0-7	WK	90	82	0,45	45		3-7	WK	70	74	0,35	40
	0-8	WK	90	82	0,45	45		3-8	WK	70	74	0,35	40
	0-9	WK	80	79	0,40	43		3-9	RD	70	74	0,35	40
	0-10	WK	80	79	0,40	43		3-9	WK	70	79	0,40	43
	Etage 1	1-1	WK	70	79	0,40		43	3-10	RD	70	74	0,35
1-1_1		WK	70	74	0,35	40	3-10	WK	70	74	0,35	40	
1-1_2		RM	20	23	0,10	15	3-11	RD	70	74	0,35	40	
1-1_2		WK	70	74	0,35	40	3-11	WK	70	74	0,35	40	
1-2		WK	70	79	0,40	43	3-12	WK	80	74	0,35	40	
1-3		WK	70	79	0,40	43	3-13	WK	80	79	0,40	43	
1-4		WK	80	79	0,40	43	3-14	WK	80	74	0,35	40	
1-5		WK	90	82	0,45	45	3-15	WK	90	82	0,45	45	
1-6		WK	90	82	0,45	45	3-16	WK	90	82	0,45	45	
1-7		WK	90	82	0,45	45	3-17	WK	90	82	0,45	45	
1-8		WK	80	74	0,35	40	3-18	WK	90	82	0,45	45	
1-9		WK	80	74	0,35	40	Etage 4	4-1	RD	70	74	0,35	40
1-10		WK	70	79	0,40	43		4-2	RD	70	74	0,35	40
1-11		WK	70	79	0,40	43		4-2	RK	60	70	0,35	40
1-12		WK	70	79	0,40	43		4-3	RK	60	70	0,35	40
1-13		WK	70	79	0,40	43		4-4	RK	50	65	0,30	38
1-14		WK	90	82	0,45	45		4-5	RK	50	65	0,30	38
1-15		WK	90	82	0,45	45		4-6	RK	50	65	0,30	38
1-16		WK	90	82	0,45	45		4-7	RK	50	65	0,30	38
1-17		WK	90	82	0,45	45		4-8	RD	50	70	0,35	40
1-18		WK	80	74	0,35	40	4-9	RD	50	70	0,35	40	
1-19		WK	80	74	0,35	40	Etage 5.1	5.1-1	RK	50	65	0,30	38
1-20		WK	80	79	0,40	43		5.1-2	RK	50	65	0,30	38
1-21		WK	80	79	0,40	43		5.1-2	RD	60	65	0,30	38
1-22		WK	80	79	0,40	43		5.1-3	RK	50	65	0,30	38
1-23	WK	80	79	0,40	43	5.1-3		RD	60	65	0,30	38	
1-24	WK	80	79	0,40	43	5.1-4		RK	50	65	0,30	38	
1-25	WK	80	79	0,40	43	5.1-4	RD	60	65	0,30	38		
Etage 2	2-1	WK	70	79	0,40	43	5.1-5	RD	60	65	0,30	38	
	2-2	WK	70	79	0,40	43	Etage 5 (inkl. Weg oben)	5-1	RD	70	74	0,35	40
	2-3	WK	70	74	0,35	40		5-2	RD	70	74	0,35	40
	2-4	WK	70	74	0,35	40		5-3	RD	70	74	0,35	40
	2-5	WK	70	79	0,40	43		5-4	RD	70	74	0,35	40
	2-6	WK	70	74	0,35	40		5-4	RM	20	23	0,10	15
	2-7	WK	70	74	0,35	40		5-5	RD	60	65	0,30	38
	2-8	WK	70	79	0,40	43		5-6	RD	60	65	0,30	38
	2-9	WK	80	74	0,35	40		5-7	RD	60	65	0,30	38
	2-10	WK	80	74	0,35	40		5-8	RD	60	65	0,30	38
	2-11	WK	70	74	0,35	40		5-8	WK	70	79	0,40	43
	2-12	WK	70	74	0,35	40		5-9	WK	70	79	0,40	43
	2-13	WK	70	74	0,35	40		5-10	WK	70	79	0,40	43
	2-14	WK	70	74	0,35	40		5-11	WK	80	74	0,35	40
	2-15	WK	80	74	0,35	40		5-12	WK	80	74	0,35	40
	2-16	WK	80	79	0,40	43		5-13	WK	80	79	0,40	43
	2-17	WK	80	79	0,40	43							

Tabelle 64: Ergebnisse nach Bieniawski

	Seg.	Gestein	RQD [%]	Rating Druckfestigkeit	Einaxiale Druckfestigkeit	RMR	A _B	A _S	S	MRMR	σ _{cm} [Mpa]
Etage 0	0-1	WK	70	7	96,21	79	0,94	1	0,9	67	57,57
	0-2	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	0-3	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	0-4	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-5	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-6	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-7	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-8	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	0-9	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	0-10	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	Etage 1	1-1	WK	70	7	96,21				79	
1-1_1		WK	70	7	96,21	74				63	53,50
1-1_2		RM	20	0	0	23				19	0,00
1-1_2		WK	70	7	96,21	74				63	53,50
1-2		WK	70	7	96,21	79				67	57,57
1-3		WK	70	7	96,21	79				67	57,57
1-4		WK	80	7	96,21	79				67	57,57
1-5		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-6		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-7		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-8		WK	80	7	96,21	74				63	53,50
1-9		WK	80	7	96,21	74				63	53,50
1-10		WK	70	7	96,21	79				67	57,57
1-11		WK	70	7	96,21	79				67	57,57
1-12		WK	70	7	96,21	79				67	57,57
1-13		WK	70	7	96,21	79				67	57,57
1-14		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-15		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-16		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-17		WK	90	7	96,21	82				69	60,01
1-18		WK	80	7	96,21	74				63	53,50
1-19		WK	80	7	96,21	74				63	53,50
1-20		WK	80	7	96,21	79				67	57,57
1-21		WK	80	7	96,21	79				67	57,57
1-22		WK	80	7	96,21	79				67	57,57
1-23	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	
1-24	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	
1-25	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	
Etage 2	2-1	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	2-2	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	2-3	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-4	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-5	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	2-6	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-7	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-8	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	2-9	WK	80	7	96,21	74				63	53,50
	2-10	WK	80	7	96,21	74				63	53,50
	2-11	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-12	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-13	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	2-14	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
2-15	WK	80	7	96,21	74				63	53,50	
2-16	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	
2-17	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	
Etage 3	3-1	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	3-2	WK	80	7	96,21	79				67	57,57
	3-3	WK	80	7	96,21	74				63	53,50
	3-4	WK	80	7	96,21	74				63	53,50
	3-5	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	3-6	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	3-7	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	3-8	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	3-9	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	3-9	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	3-10	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	3-10	WK	70	7	96,21	74				63	53,50
	3-11	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
3-11	WK	70	7	96,21	74				63	53,50	
3-12	WK	80	7	96,21	74				63	53,50	
3-13	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	

	3-14	WK	80	7	96,21	74				63	53,50
	3-15	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	3-16	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	3-17	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
	3-18	WK	90	7	96,21	82				69	60,01
Etage 4	4-1	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	4-2	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	4-2	RK	60	7	99,1	70				59	51,75
	4-3	RK	60	7	99,1	70				59	51,75
	4-4	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	4-5	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	4-6	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	4-7	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	4-8	RD	50	7	88,32	70				59	46,12
	4-9	RD	50	7	88,32	70				59	46,12
Etage 5.1	5.1-1	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	5.1-2	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	5.1-2	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5.1-3	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	5.1-3	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5.1-4	RK	50	7	99,1	65				55	47,56
	5.1-4	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5.1-5	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
Etage 5 (inkl. Wegobent)	5-1	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	5-2	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	5-3	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	5-4	RD	70	7	88,32	74				63	49,11
	5-4	RM	20	0	0	23				19	0,00
	5-5	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5-6	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5-7	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5-8	RD	60	7	88,32	65				55	42,38
	5-8	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	5-9	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	5-10	WK	70	7	96,21	79				67	57,57
	5-11	WK	80	7	96,21	74				63	53,50
5-12	WK	80	7	96,21	74				63	53,50	
5-13	WK	80	7	96,21	79				67	57,57	

Tabelle 65: Ergebnisse nach Laubscher

	Seg.	Gestein	RQD [%]	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q-Wert	GSI
Etage 0	0-1	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	0-2	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	0-3	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	0-4	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	0-5	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	0-6	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	0-7	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	0-8	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	0-9	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	0-10	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
Etage 1	1-1	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-1_1	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-1_2	RM	20	15	3	3	1	1	1,33	46,59
	1-1_2	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-2	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-3	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-4	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-5	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-6	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-7	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-8	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-9	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-10	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-11	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-12	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-13	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	1-14	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-15	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-16	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-17	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	1-18	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-19	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-20	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-21	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	1-22	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
1-23	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07	
1-24	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07	
1-25	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07	
Etage 2	2-1	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-2	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-3	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-4	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-5	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-6	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-7	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-8	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-9	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	2-10	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	2-11	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-12	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-13	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-14	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	2-15	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	2-16	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	2-17	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
Etage 3	3-1	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	3-2	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	3-3	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	3-4	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	3-5	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	3-6	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	3-7	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	3-8	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	3-9	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	3-9	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	3-10	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	3-10	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	3-11	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	3-11	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	3-12	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
	3-13	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
3-14	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07	
3-15	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13	
3-16	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13	

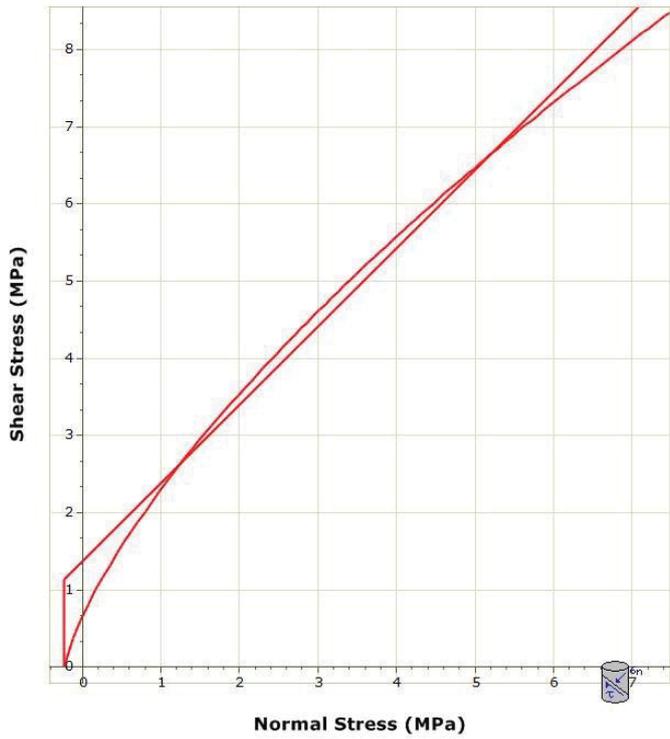
	3-17	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
	3-18	WK	90	15	1	1	1	1	6,00	60,13
Etage 4	4-1	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	4-2	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	4-2	RK	60	15	3	2	1	1	6,00	60,13
	4-3	RK	60	15	3	2	1	1	6,00	60,13
	4-4	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	4-5	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	4-6	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	4-7	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	4-8	RD	50	15	1,5	2	1	1	2,50	52,25
4-9	RD	50	15	1,5	2	1	1	2,50	52,25	
Etage 5.1	5.1-1	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	5.1-2	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	5.1-2	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
	5.1-3	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	5.1-3	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
	5.1-4	RK	50	15	3	2	1	1	5,00	58,48
	5.1-4	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
5.1-5	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89	
Etage 5 (inkl. Weg oben)	5-1	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	5-2	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	5-3	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	5-4	RD	70	15	1,5	2	1	1	3,50	55,27
	5-4	RM	20	15	3	3	1	1	1,33	46,59
	5-5	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
	5-6	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
	5-7	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
	5-8	RD	60	15	1,5	2	1	1	3,00	53,89
	5-8	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	5-9	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	5-10	WK	70	15	1	1	1	1	4,67	57,86
	5-11	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07
5-12	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07	
5-13	WK	80	15	1	1	1	1	5,33	59,07	

Tabelle 66: Ergebnisse nach Barton

	Seg.	Gestein	GSI	m _i	D	m _b	s	a
Etage 0	0-1	WK	70	12	0,7	2,31	0,0129	0,50
	0-2	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-3	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-4	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-5	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-6	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-7	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-8	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-9	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	0-10	WK	70	12		2,31	0,0129	0,50
	Etage 1	1-1	WK	70		12	2,31	0,0129
1-1_1		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-1_2		RM	15	5	0,05	0,0000	0,56	
1-1_2		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-2		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-3		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-4		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-5		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-6		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-7		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-8		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-9		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-10		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-11		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-12		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-13		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-14		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-15		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-16		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-17		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-18		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-19		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-20		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-21		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-22		WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
1-23	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
1-24	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
1-25	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
Etage 2	2-1	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-2	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-3	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-4	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-5	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-6	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-7	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-8	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-9	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-10	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-11	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-12	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-13	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-14	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-15	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-16	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	2-17	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	

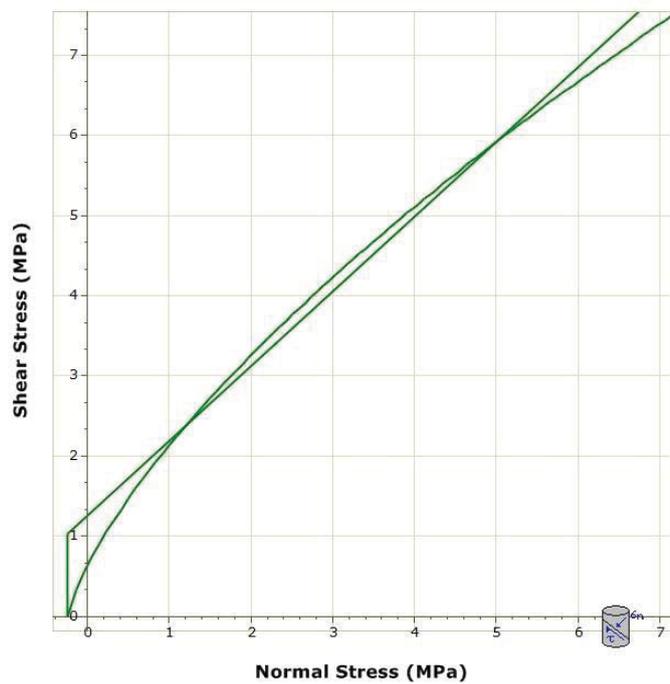
	Seg.	Gestein	GSI	m _i	D	m _b	s	a
Etage 3	3-1	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-2	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-3	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-4	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-5	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-6	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-7	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-8	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-9	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	3-9	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-10	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	3-10	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-11	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	3-11	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-12	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-13	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-14	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	3-15	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
3-16	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
3-17	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
3-18	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
Etage 4	4-1	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	4-2	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	4-2	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	4-3	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	4-4	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	4-5	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	4-6	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	4-7	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	4-8	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
4-9	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50		
Etage 5.1	5.1-1	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	5.1-2	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	5.1-2	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5.1-3	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
	5.1-3	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5.1-4	RK	60	12	1,33	0,0030	0,50	
5.1-4	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50		
5.1-5	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50		
Etage 5 (inkl. Weg oben)	5-1	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-2	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-3	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-4	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-4	RM	15	5	0,05	0,0000	0,56	
	5-5	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-6	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-7	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-8	RD	60	10	1,11	0,0030	0,50	
	5-8	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	5-9	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	5-10	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
	5-11	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50	
5-12	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		
5-13	WK	70	12	2,31	0,0129	0,50		

Tabelle 67: Parameter nach Hoek



RK	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	99 MPa
GSI	60
mi	12
disturbance factor	0.7
intact modulus	12000 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.333
s	0.003
a	0.503
Failure Envelope Range	
application	slopes
sig3max	3.18 MPa
unit weight	0.026 MN/m ³
slope height	150 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.368 MPa
friction angle	45.412 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.226 MPa
uniaxial compressive strength	5.366 MPa
global strength	15.542 MPa
modulus of deformation	2408.179 MPa

Abbildung 145: Mohr - Coulomb Raibler Kalk



RD	
Hoek Brown Classification	
intact uniaxial compressive strength	88 MPa
GSI	60
mi	10
disturbance factor	0.7
intact modulus	12000 MPa
Hoek Brown Criterion	
mb	1.11
s	0.003
a	0.503
Failure Envelope Range	
application	slopes
sig3max	3.122 MPa
unit weight	0.026 MN/m ³
slope height	150 m
Mohr Coulomb Fit	
cohesion	1.257 MPa
friction angle	42.984 deg
Rock Mass Parameters	
tensile strength	-0.241 MPa
uniaxial compressive strength	4.77 MPa
global strength	12.683 MPa
modulus of deformation	2408.179 MPa

Abbildung 146: Mohr - Coulomb Raibler Dolomit

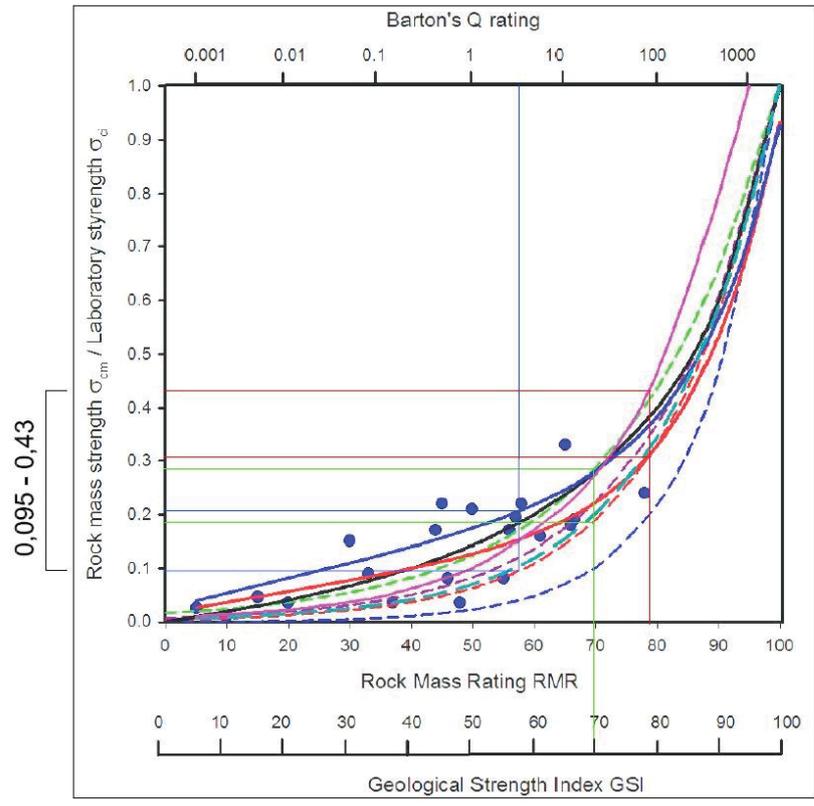


Abbildung 147: Gebirgsfestigkeit Wettersteinkalk

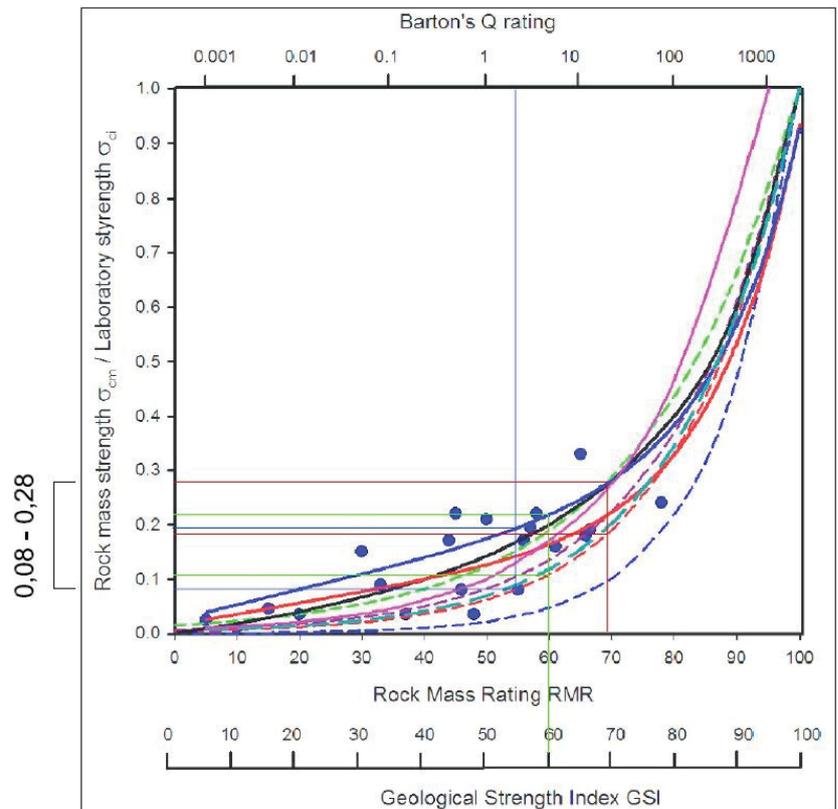


Abbildung 148: Gebirgsfestigkeit Raibler Dolomit

6.3 Daten-CD

7 Literaturverzeichnis

- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, S. 189-236.
- BGV C11. (1998). Unfallverhütungsvorschrift BGV C11. Deutschland.
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley & Sons.
- Deere, D., & Deere, D. (1988). The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice. (A. S. Materials, Hrsg.) *Rock Classification Systems for Engineering Purposes*, S. 91-101.
- Duschl, F. (1. September 2008). Geologische Kartierung. *Geologische Kartierung Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn*. Bayern, Deutschland.
- Duschl, F. (2008). *Kartierbericht Steinbruch Hafnach/Fischbach am Inn*. Kartierbericht, Rohrdorf.
- Edelbro, C. (2003). *Rock Mass Strength*. Lulea: Lulea University of Technology.
- GeoFachdatenAtlas. (19. Dezember 2013). *Geofachdatenatlas des Bodeninformationssystems Bayern*. (B. L. Umwelt, Herausgeber) Abgerufen am 16. Juni 2015 von <http://www.bis.bayern.de>
- Hoek, E. (2004). *Estimates of rock mass strength*. Von www.rocscience.com. abgerufen
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). *Hoek-Brown failure criterion - 2002 Edition*. Toronto: Proc. NARMS-TAC Conference. Von www.rocscience.com abgerufen
- Jakob, C., & Roppelt, T. (2010). *Bericht zur Kartierung*. Kartierung, Rohrdorf.
- Jerz, H. (1964). Zur Paläogeographie der Raibler Schichten in den westlichen Nordalpen. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, 116(2. Teil), S. 427-439.
- Laubscher, D. (Oktober 1990). A geomechanics classification system for the rating of rock mass in mine design. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, S. 257-273.
- Palmstrom, A. (2005). Measurements of and Correlations between Block Size and Rock Quality Designation (RQD). *Tunnels and Underground Space Technology* 20, S. 362-377.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2005). *Rock Slope Engineering* (4. Ausg.). New York: Taylor & Francis e-Library.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geographische Lage von Flintsbach (GeoFachdatenAtlas, 2013) ⁰	2
Abbildung 2: Lage des Steinbruchs (GeoFachdatenAtlas, 2013)	3
Abbildung 3: Detailansicht des Steinbruchs (GeoFachdatenAtlas, 2013).....	3
Abbildung 4: Wettersteinkalk – Bohrkern \varnothing 50 mm	5
Abbildung 5: Raibler Kalk – Bohrkern \varnothing 50 mm	6
Abbildung 6: Raibler Mergel in Segment S 1.1-2 ⁰	7
Abbildung 7: Raibler Dolomit – Bohrkern \varnothing 50 mm.....	8
Abbildung 8: Geologie Steinbruch Fischbach (Duschl, Geologische Kartierung, 2008)	9
Abbildung 9: Aktueller Lageplan Mai 2015	10
Abbildung 10: Einteilung der Arbeitskarten.....	11
Abbildung 11: Beispiel einer Arbeitskarte.....	12
Abbildung 12: Freiburger Gefügekompass	14
Abbildung 13: Einfallsrichtung und Winkel	15
Abbildung 14: Ausschnitt Segmenteinteilung (1 cm \cong 8 m).....	16
Abbildung 15: Markierung eines Segments.....	16
Abbildung 16: Ausschnitt Arbeitskarte mit Klufflächen (1 cm \cong 8 m).....	18
Abbildung 17: Regionalbereiche	19
Abbildung 18: Dips-Auswertung Regionalbereich I	20
Abbildung 19: Bereich I – Keil 1-2	22
Abbildung 20: Bereich I – Keil 1-5	22
Abbildung 21: Bereich I – Keil 1-6	23
Abbildung 22: Bereich I – Keil 2-6	23
Abbildung 23: Bereich I – Keil 4-6	24
Abbildung 24: Bereich I – Keil 5-6	24
Abbildung 25: Versagen in Segment 3-2.....	25
Abbildung 26: Dips-Auswertung Regionalbereich II.....	26
Abbildung 27: Bereich II – Keil 1-3.....	27
Abbildung 28: Keilversagen Segment S 1-8.....	27
Abbildung 29: Bereich II – Keil 1-4.....	28
Abbildung 30: Bereich II – Keil 2-3.....	28
Abbildung 31: Keilversagen Segment S 1-7	29
Abbildung 32: Dips-Auswertung Regionalbereich III	30
Abbildung 33: Bereich 3 – Keil 1-3.....	31

Abbildung 34: Bereich 3 – Keil 1-4.....	32
Abbildung 35: Keilversagen Segment S 0-8.....	32
Abbildung 36: Bereich 3 – Keil 3-4.....	33
Abbildung 37: Dips-Auswertung Regionalbereich IV	33
Abbildung 38: Bereich IV – Keil 1-3	34
Abbildung 39: Dips-Auswertung Regionalbereich V.....	35
Abbildung 40: Bereich V – Keil 1-2.....	36
Abbildung 41: Kreisförmige Gleitfläche (Wyllie & Mah, 2005, S. 178).....	38
Abbildung 42: Ermittlung des RQD Wertes (Deere & Deere, 1988, S. 93).....	40
Abbildung 43: Korrelation J_v – RQD (Palmstrom, 2005, S. 372)	41
Abbildung 44: Ausschnitt geol. Homogenbereiche	43
Abbildung 45: Raibler Mergel.....	44
Abbildung 46: Gesteinsproben.....	45
Abbildung 47: Bohren	45
Abbildung 48: Probekörper nach Bohrvorgang	46
Abbildung 49: Hergestellte Bohrkern.....	46
Abbildung 50: Kreissäge.....	47
Abbildung 51: Schleifvorgang.....	47
Abbildung 52: Vorher-Nachher.....	48
Abbildung 53: RK 1-2 oben	48
Abbildung 54: RK 1-2 unten	49
Abbildung 55: RK 1-2 bei 0°	49
Abbildung 56: RK 1-2 bei 90°.....	49
Abbildung 57: RK 1-2 bei 180°	50
Abbildung 58: RK 1-2 bei 270°	50
Abbildung 59: Probezylinder	50
Abbildung 60: Waage.....	51
Abbildung 61: Druckpresse	53
Abbildung 62: Getestete Proben.....	53
Abbildung 63: Mittelwertbildung.....	55
Abbildung 64: Rating RQD Werte (Auszug).....	58
Abbildung 65: Kluftorientierung WK70	61
Abbildung 66: GSI Werte (Wyllie & Mah, 2005, S. 96).....	71
Abbildung 67: m_i Werte (Wyllie & Mah, 2005, S. 98).....	72
Abbildung 68: Disturbance Faktor (Hoek, Carranza-Torres, & Corkum, Hoek-Brown failure criterion - 2002 Edition, 2002, S. 7).....	73
Abbildung 69: Mohr-Coulomb Wettersteinkalk	74

Abbildung 70: Mohr-Coulomb Kurven gesammelt.....	75
Abbildung 71: Mohr Coulombsches Bruchkriterium	76
Abbildung 72: Abschätzung nach Hoek (Hoek, Estimates of rock mass strength, 2004, S. 2)	77
Abbildung 73: Abschätzung der Gebirgsfestigkeit	78
Abbildung 74: Grundwasserverhältnisse (Wyllie & Mah, 2005, S. 182).....	81
Abbildung 75: Failure Chart Nummer 2 (Wyllie & Mah, 2005, S. 184)	82
Abbildung 76: Vorgehensweise Circular Failure Charts (Wyllie & Mah, 2005, S. 183)	82
Abbildung 77: 3 Etagen Wettersteinkalk.....	83
Abbildung 78: Böschungsneigung.....	84
Abbildung 79: Gleitfläche Wettersteinkalk.....	84
Abbildung 80: Failure-Chart 1 Wettersteinkalk	86
Abbildung 81: Failure-Chart 2 Wettersteinkalk	87
Abbildung 82: Nord-Westlicher Teil Fischbach.....	88
Abbildung 83: Böschungswinkel für 5 Etagen.....	88
Abbildung 84: Failure-Chart 1 für 5 Etagen Wettersteinkalk.....	89
Abbildung 85: Raibler Kalk	90
Abbildung 86: Böschung Raibler Kalk.....	90
Abbildung 87: Failure-Chart 1 Raibler Kalk	91
Abbildung 88: Failure-Chart 2 Raibler Kalk	92
Abbildung 89: Failure-Chart 2 für Erweiterung Raibler Kalk.....	93
Abbildung 90: Raibler Dolomit.....	94
Abbildung 91: Böschung Raibler Dolomit	94
Abbildung 92: Failure-Chart 2 Raibler Dolomit.....	95
Abbildung 93: Failure-Chart 2 für Erweiterung Raibler Dolomit.....	97
Abbildung 94: Schnitt mit 40° Generalneigung	99
Abbildung 95: Genehmigte Abbaugrenze der Erweiterung	101
Abbildung 96: Geologische Karte mit Abbaugrenze	102
Abbildung 97: Karte der Probenahme	102
Abbildung 98: Luftbild mit Erweiterungsschema.....	104
Abbildung 99: Topographie Fischbach	105
Abbildung 100: Explorationsbohrungen	106
Abbildung 101: Punkte Trennfläche Wettersteinkalk – Raibler Schichten.....	106
Abbildung 102: Trennfläche Wettersteinkalk – Raibler Schichten.....	107
Abbildung 103: Trennfläche Wettersteinkalk komplett.....	107
Abbildung 104: Volumenkörper Raibler Schichten	108
Abbildung 105: Volumenkörper Wettersteinkalk.....	108

Abbildung 106: Lagerstättenmodell komplett	109
Abbildung 107: Aufschlussgebiet.....	110
Abbildung 108: Höhenprofil Straße 1	111
Abbildung 109: Aufschluss 1 – Straße	111
Abbildung 110: Aufschluss 2 – Abbau (Raibler Schichten)	112
Abbildung 111: Aufschluss 3 – Abbau (Raibler Schichten)	113
Abbildung 112: Aufschluss 4 – Abbau (Raibler Schichten)	113
Abbildung 113: Aufschluss 5 – Abbau (Raibler Schichten)	114
Abbildung 114: Aufschluss 6 – Abbau (Wettersteinkalk).....	114
Abbildung 115: Lage der beiden Schnitte.....	115
Abbildung 116: Schnittdarstellungen Jahr 1	116
Abbildung 117: Abbau 7 – Abbau (Raibler Schichten)	117
Abbildung 118: Abbau 8 – Abbau (Raibler Schichten)	118
Abbildung 119: Abbau 9 – Abbau (Raibler Schichten)	118
Abbildung 120: Abbau 10 – Abbau (Wettersteinkalk)	119
Abbildung 121: Schnittdarstellungen Jahr 2	120
Abbildung 122: Übersicht nach 3 Jahren	121
Abbildung 123: Jahr 3 – Raibler Schichten	121
Abbildung 124: Jahr 3 - Wettersteinkalk.....	122
Abbildung 125: Schnittdarstellungen Jahr 3	123
Abbildung 126: Übersicht nach 5 Jahren	124
Abbildung 127: Jahr 5 – Raibler Schichten	124
Abbildung 128: Jahr 5 – Wettersteinkalk	125
Abbildung 129: Schnittdarstellungen Jahr 5	126
Abbildung 130: Übersicht nach 10 Jahren	127
Abbildung 131: Jahr 10 – Raibler Schichten.....	127
Abbildung 132: Jahr 10 – Wettersteinkalk.....	128
Abbildung 133: Schnittdarstellungen Jahr 10	129
Abbildung 134: Übersicht nach 20 Jahren	130
Abbildung 135: Jahr 20 – Raibler Schichten.....	131
Abbildung 136: Jahr 20 – Wettersteinkalk.....	131
Abbildung 137: Schnittdarstellungen Jahr 20	132
Abbildung 138: Übersicht nach 34 Jahren	133
Abbildung 139: Jahr 34 – Raibler Schichten.....	134
Abbildung 140: Jahr 34 – Wettersteinkalk.....	134
Abbildung 141: Schnittdarstellungen Jahr 34	135
Abbildung 142: Vorher – Nachher Vergleich	136

Abbildung 143: Erweiterung in die Tiefe	137
Abbildung 144: Geologische Homogenbereiche.....	149
Abbildung 145: Mohr – Coulomb Raibler Kalk.....	159
Abbildung 146: Mohr - Coulomb Raibler Dolomit.....	159
Abbildung 147: Gebirgsfestigkeit Wettersteinkalk.....	160
Abbildung 148: Gebirgsfestigkeit Raibler Dolomit	160

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug aus geologischer Aufnahme	17
Tabelle 2: Sicherheitsfaktoren Bereich 1 (siehe Abbildung 17).....	21
Tabelle 3: Sicherheitsfaktoren Bereich 2.....	26
Tabelle 4: Sicherheitsfaktoren Bereich 3.....	30
Tabelle 5: Sicherheitsfaktoren Bereich 4.....	34
Tabelle 6: Sicherheitsfaktoren Bereich 5.....	36
Tabelle 7: Einteilung J_v (Palmstrom, 2005, S. 369).....	40
Tabelle 8: Auszug RQD Werte.....	42
Tabelle 9: Ergebnis Probenvorbereitung	52
Tabelle 10: Einaxiale Druckversuche	54
Tabelle 11: Parameter nach Bieniawski (Bieniawski, 1989).....	56
Tabelle 12: Druckfestigkeit allgemein (Bieniawski, 1989).....	57
Tabelle 13: Rating Intakte Proben	57
Tabelle 14: Rating RQD Werte allgemein (Bieniawski, 1989)	57
Tabelle 15: Rating RQD Werte.....	58
Tabelle 16: Rating Kluftabstand allgemein (Bieniawski, 1989)	58
Tabelle 17: Rating Kluftabstand	59
Tabelle 18: Rating Kluftzustand allgemein (Bieniawski, 1989)	59
Tabelle 19: Rating Kluftzustand.....	59
Tabelle 20: Rating Grundwasser allgemein (Bieniawski, 1989)	60
Tabelle 21: RMR_{basic}	60
Tabelle 22: Kluftorientierung (Bieniawski, 1989).....	60
Tabelle 23: RMR Werte.....	62
Tabelle 24: RMR Klassifikation (Bieniawski, 1989).....	62
Tabelle 25: Korrektur Qualität der Sprengarbeit (Edelbro, 2003)	63
Tabelle 26: MRMR nach Laubscher	64
Tabelle 27: In-Situ Gebirgsfestigkeit nach Laubscher.....	64
Tabelle 28: Bewertung J_n (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 194).....	66
Tabelle 29: Bewertung J_r (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 194)	66
Tabelle 30: Bewertung J_a (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 194f).....	67
Tabelle 31: Bewertung J_w (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 195).....	67
Tabelle 32: Bewertung SRF (Barton, Lien, & Lunde, 1974, S. 196).....	68
Tabelle 33: Bewertung nach Barton	69
Tabelle 34: Q-Werte nach Barton.....	69

Tabelle 35: GSI Werte aus Q-System.....	70
Tabelle 36: GSI und m_i Werte.....	72
Tabelle 37: Parameter Hoek.....	73
Tabelle 38: Ergebnisse aus RocData.....	75
Tabelle 39: Schätzung für ϕ und C.....	79
Tabelle 40: Relevante Parameter Standfestigkeit.....	79
Tabelle 41: Parameter Failure Charts.....	81
Tabelle 42: Gemittelte Wichten.....	85
Tabelle 43: Eingangparameter Wettersteinkalk.....	85
Tabelle 44: Übersicht Wettersteinkalk.....	89
Tabelle 45: Eingangparameter Raibler Kalk.....	91
Tabelle 46: Eingangparameter für Böschungswinkel.....	92
Tabelle 47: Übersicht Raibler Kalk.....	93
Tabelle 48: Eingangparameter Raibler Dolomit.....	95
Tabelle 49: Eingangparameter für Böschungswinkel.....	96
Tabelle 50: Übersicht Raibler Dolomit.....	97
Tabelle 51: Sicherheitsfaktoren.....	98
Tabelle 52: Gesamtmasse bei 40° Generalneigung.....	99
Tabelle 53: RFA Analyse Erweiterung.....	103
Tabelle 54: Abbauverhältnis Jahr 1.....	115
Tabelle 55: Abbauverhältnis Jahr 2.....	119
Tabelle 56: Abbauverhältnis Jahr 3.....	123
Tabelle 57: Abbauverhältnis Jahr 4 und Jahr 5.....	125
Tabelle 58: Abbauverhältnis Jahr 6 – Jahr 10.....	128
Tabelle 59: Abbauverhältnis Jahr 11 bis Jahr 20.....	132
Tabelle 60: Abbauverhältnis Jahr 21 bis Jahr 34.....	135
Tabelle 61: Kluftaufnahmen.....	149
Tabelle 62: RQD Werte.....	150
Tabelle 63: RMR nach Bieniawski.....	152
Tabelle 64: Ergebnisse nach Bieniawski.....	153
Tabelle 65: Ergebnisse nach Laubscher.....	155
Tabelle 66: Ergebnisse nach Barton.....	157
Tabelle 67: Parameter nach Hoek.....	158