

CSD INGENIEURE AG

Belpstrasse 48
CH-3007 Bern
+41 31 970 35 35
bern@csd.ch
www.csd.ch

Kellerhals + Haefeli AG

Kapellenstrasse 22
CH-3011 Bern
+41 31 521 16 00
bern@k-h.ch
www.k-h.ch



Ciments Vigier SA

Gipsbruch Morgenberg, Krattigen: UeO Erweiterung Süd
mit Sohlenabsenkung Nord

224 Technisches Konzept

Exemplar für die Auflage

Bern, 10.03.2026 / BE09336.120 / 08527.3

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Generelles	3
1.2	Nomenklatur	3
1.3	Grundlagen	5
1.4	Wichtige Projektdaten und Kalkulationsgrundlagen	5
1.5	Projektgebiet und Umgebung	6
2	Geologische und Hydrogeologische Situation	7
2.1	Geologische Situation	7
2.2	Hydrogeologische Situation	7
2.3	Detaillierte geologische Situation	8
2.3.1	Durchgeführte Untersuchungen und verwendete Unterlagen	8
2.3.2	Auswertung der Untersuchungen	9
2.3.3	Gips- und Anhydritgehalt	9
2.3.4	Strukturgeologische Auswertung	10
2.3.5	Orografisches Einzugsgebiet	10
3	Naturgefahrensituation	12
4	Abbaukonzept	13
4.1	Generelles Abbaukonzept	13
4.2	Abbauvorgehen	16
4.2.1	Generelle Stabilität	16
4.2.2	Böschungsstabilität	16
4.2.3	Bermen	17
4.2.4	Überwachung durch die Steinbruchkommission	20
5	Auffüllkonzept	20
6	Wiederherstellung und Rekultivierung	20
6.1	Vorgehen	21
6.2	Bodenmanagement und Bodenzwischenlager	21
6.2.1	Prinzipien während dem Abbau	22
6.2.2	Wiedereinbau des Bodens	22
7	Betriebsfläche und Infrastrukturen	22
7.1	Bestehende Bauten und Infrastrukturen - Wiederaufbau und Verlegung	22
7.2	Mannschaftscontainer, Parkplätze etc.	23
8	Materialtransport	24
9	Entwässerung	24

9.1	Erwartete Niederschlagsmengen und Wasseranfall.....	25
9.1.1	Abbaubereich Nord (ÜO1)	25
9.1.2	Abbaubereich Süd (ÜO1 und ÜO2)	25
9.2	Dimensionierung	26
9.3	Parkplätze, Betankungsanlagen, Depots von Schmierstoffen	27
10	Impressum	28
11	Disclaimer	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Perimeter ÜO1 und zugehörige Abbauperimeter	4
Abbildung 2:	Lage des Abbaugbietes zwischen den Dörfern Leissigen und Krattigen und Erschliessungswege	6
Abbildung 3:	Hydrogeologische Situation mit Ausschnitt aus der Gewässerschutzkarte sowie mit eingezeichneten verwendeten Bohrungen und eingezeichneten Quellen.	8
Abbildung 4:	Orografisches Einzugsgebiet	11
Abbildung 5:	Abbaubereich Phase 1 (Fläche Abbau 54'900 m ²).....	14
Abbildung 6:	Abbaubereich Phase 2 (Fläche Abbau 50'000 m ²).....	14
Abbildung 7:	Abbaubereich Phase 3 (Fläche Abbau ohne untere Betriebsfläche 39'300 m ²)	15
Abbildung 8:	Anordnung der Abbauwände bei 85° Abbauwinkel und 10 m Abschlagshöhe (vgl. Text) 18	
Abbildung 9:	Anordnung der definitiven Abbauwände (vgl. Text).....	19
Abbildung 10:	Leitungen im Erweiterungsperimeter	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Nomenklatur.....	4
Tabelle 2:	Wichtige Projektdaten und Kalkulationsgrundlagen	6
Tabelle 3:	Im Abbaubereich Nord erbohrte geologische Schichten	9
Tabelle 4:	Im Abbaubereich Süd erbohrte geologische Schichten.....	10
Tabelle 5:	Abbauvolumen (Festmass).....	15
Tabelle 6:	Mögliche Böschungswinkel der im Erweiterungsgebiet und im Bereich der Zufahrtspiste erwarteten Gesteine.....	16
Tabelle 7:	Zusammenhang zwischen Abbauwinkel, Abbauhöhe, Bermenbreite und globalem Böschungswinkel.	17
Tabelle 8:	Auffüllvolumen im Rahmen von ÜO1 und ZPP (Festmass)	20

1 Einleitung

1.1 Generelles

Im vorliegenden technischen Bericht werden das Abbauvorgehen, die Wiederauffüllung und Wiederherstellung/Rekultivierung geregelt. Im Einzelnen werden folgende Aspekte behandelt:

- Geologie
- Hydrogeologie
- Naturgefahren
- Abbaukonzept
- Wiederauffüllung
- Wiederherstellung
- Bodenzwischenlager
- Betriebsflächen und Infrastrukturen
- Materialtransport
- Entwässerung

1.2 Nomenklatur

Titel	Titel
Bewilligter ÜO-Perimeter	Perimeter gemäss aktuell gültiger Bewilligung (2016)
Perimeter ÜO1	Perimeterumgrenzung der vorliegenden Überbauungsordnung.
Abbauperimeter ÜO1	Umgrenzung des Gebietes, in welchem wirklich abgebaut wird.
Sicherheitsbereich	Bereich innerhalb des Perimeters ÜO1 aber ausserhalb des Abbauperimeters. Im Abbaubereich Erweiterung Süd meist 3 bis 10 m. Im Abbaubereich Nord ist kein Sicherheitsbereich ausgeschieden. Der Abbau reicht hier wie im bisherigen Abbau (bewilligter ÜO-Perimeter) teilweise bis weniger als 1 m an den Perimeterrand heran. Der Sicherheitsbereich dient dazu: - allfällig provozierte Rutschbewegungen und Felsabbrüche im Innern des ÜO-Perimeters zu halten - Platz für allfällig notwendige Hangverbauungen zu haben - Sich von aussen nähernden Personen und Tiere mittels eines Zauns von der Abbaukante fernzuhalten - Genügend Platz (Sicherheit) für problematische Pistenkonstruktionen zu haben - Platz für Bodenzwischenlager Je nach Topografie und Fels- oder Lockergesteinsuntergrund variiert der Sicherheitsbereich zwischen 3 m und 10 m. Der Sicherheitsbereich ist deshalb nicht überall gleich breit ausgeschieden.

Titel	Titel
Orchideenschutzgebiet	Der Orchideenstandort liegt ausserhalb des UeO-Perimeters. Der Sicherheitsperimeter kommt ebenfalls ausserhalb des Perimeters zu liegen. Somit kann ausgeschlossen werden, dass der Orchideenstandort durch die Abbautätigkeit beeinträchtigt wird.
Abbaubereich Nord	Abbaubereich innerhalb des bewilligten ÜO-Perimeters mit zusätzlicher Sohlenabsenkung
Abbaubereich Erweiterung Süd	Neu zu erschliessender Abbaubereich südlich (oberhalb) des bisherigen Abbaubereiches.

Tabelle 1: Nomenklatur

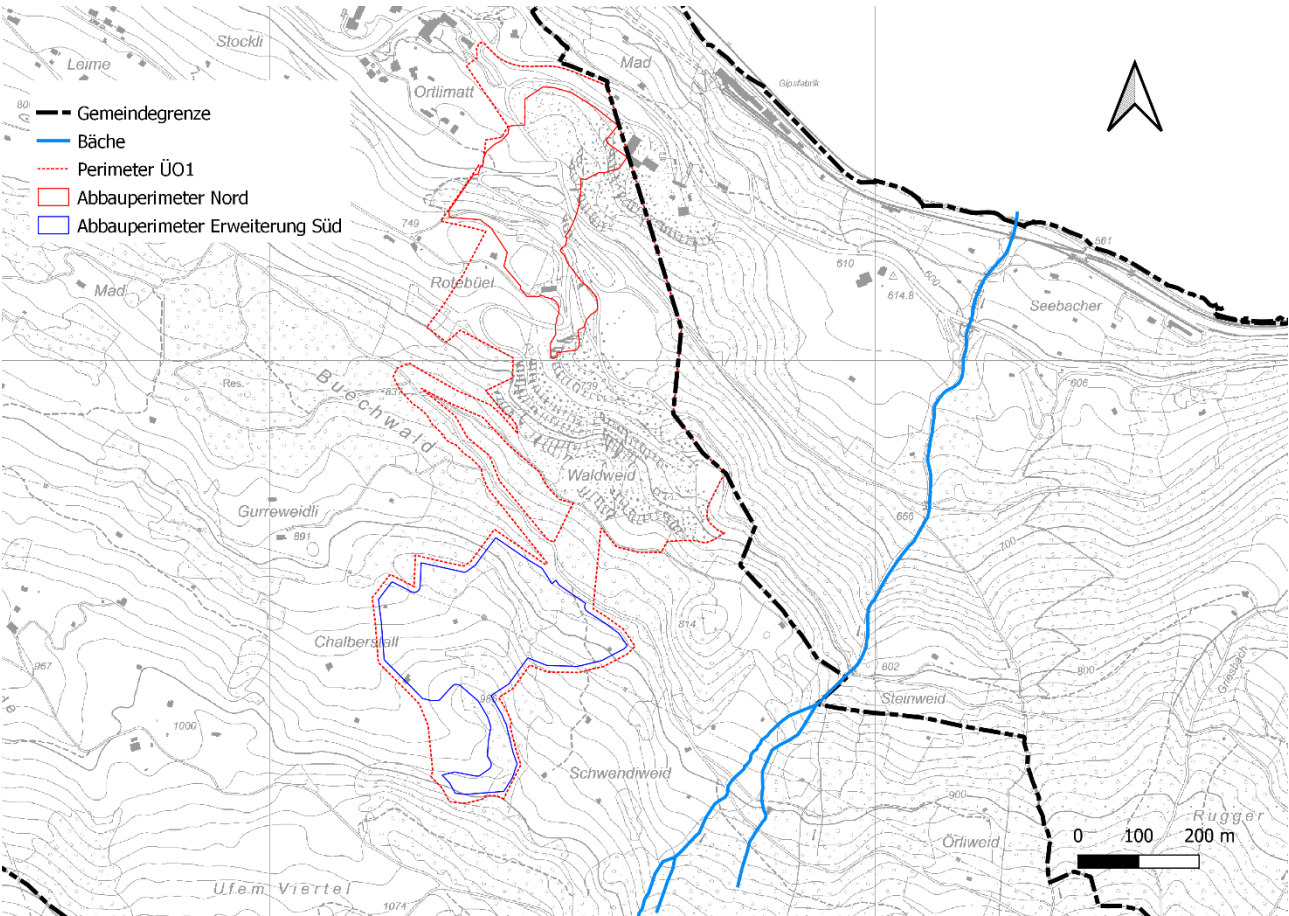


Abbildung 1: Perimeter ÜO1 und zugehörige Abbauperimeter

1.3 Grundlagen

- ERT, BR OS-SA, PR KA - Gesamtrevision Regionaler Richtplan Abbau, Deponie und Transporte ADT Thun-Oberland West; Ausschreibung für Standorteingaben; 2014
- Geoportal des Kantons Bern; Stand Februar 2023
- Swisstopo – Geocover (geologische Vektordaten LK 1228); Stand Februar 2023
- Kellerhals+Haefeli AG – Rigips AG – Erweiterung Steinbruch Leissigen, Resultate der Bohrkampagne von Juli/August 2013; Beilage zur Projektleitungssitzung 3 vom 8.10.2013 – Bern, 07.10.2013
- Kellerhals+Haefeli AG – Rigips AG Steinbruch Leissigen / Krattigen - Steinbrucherweiterung Süd, Protokoll der Besprechung und Begehung vom 21. Oktober 2014 – Bern, 27.10.2014
- Kellerhals+Haefeli AG - Rigips AG – Steinbrucherweiterung Krattigen Auftrag Nr. 08527 - PROTOKOLL der Sitzung vom: 03.12.2015: Resultate der Bohrkampagne 2015 und der Abklärungen betreffend Naturschutz
- AF-Consult Switzerland AG - Swissgrid AG - Projekt 220-kV-Leitung Innertkirchen–Wimmis - Dokument Abklärungen in Bezug auf Steinbrucherweiterung Leissigen - Mastabschnitt Mast Nr. 149–153; Baden/Dättwil, 05.01.2016
- Kellerhals+Haefeli AG - Rigips AG - Steinbrucherweiterung Süd Krattigen - Technischer Bericht Boden; Bern, Juli 2017 (Version Mitwirkung)
- Hörler, A. / Rhein, H.R. - Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz; Schweizerische Bauzeitung, 79 (1961), Heft 32
- Hydrologischer Atlas der Schweiz HADES (1994) – Onlineversion November 2023 (<https://hydrologischeratlas.ch>)
- VSA/SIA Empfehlung 431 – Entwässerung von Baustellen (1997)
- SN640350 Oberflächenentwässerung von Strassen – Regenintensitäten (2000)

1.4 Wichtige Projektdaten und Kalkulationsgrundlagen

Bezeichnung	Bemerkung
Ausgangszustand	Abbau- und Auffüllzustand gemäss bewilligter UeO Rigips 2016
Betriebsphase	2028 bis 2053 – Abbau in den Abbauperimetern Nord und Erweiterung Süd
Endzustand mit Weiterführung ÜO2	Definitiver Endzustand Nord ab ca. 2069
Endzustand mit Abschluss ohne Weiterführung Abbau ÜO2	Definitiver Endzustand Nord ab ca. 2072 Definitiver Endzustand Erweiterung Süd ab ca. 2088
Jährlich geplante Abbaumenge	56'000 m ³ fest (Sulfatgestein), 67'000 m ³ fest (inkl. nicht verwertbarem Material)
Jährlich geplante Auffüllmenge (extern zugeführtes Material)	65'000 m ³ fest bei Variante maximale Auffüllung 44'000 m ³ fest bei Variante minimale Auffüllung
Beginn der Auffüllung mit externem Material	Ab ca. 2045
Abbaudauer mit aktuell (2023) gültigem Anhydrit – Gips – Restmaterial - Verhältnis	Der Abbau mit dem aktuell gültigen Anhydrit – Gips – Restmaterial – Verhältnis von 29% : 47% : 24% soll bei der festgelegten Abbaumenge bis ca. ins Jahr 2045 dauern.

Umstellung des Anhydrit – Gips – Restmaterial – Verhältnisses ab 2045	Neues Verhältnis: 8% : 46% : 46%
Einwohnergemeindegebiet	Krattigen

Tabelle 2: Wichtige Projektdaten und Kalkulationsgrundlagen

1.5 Projektgebiet und Umgebung

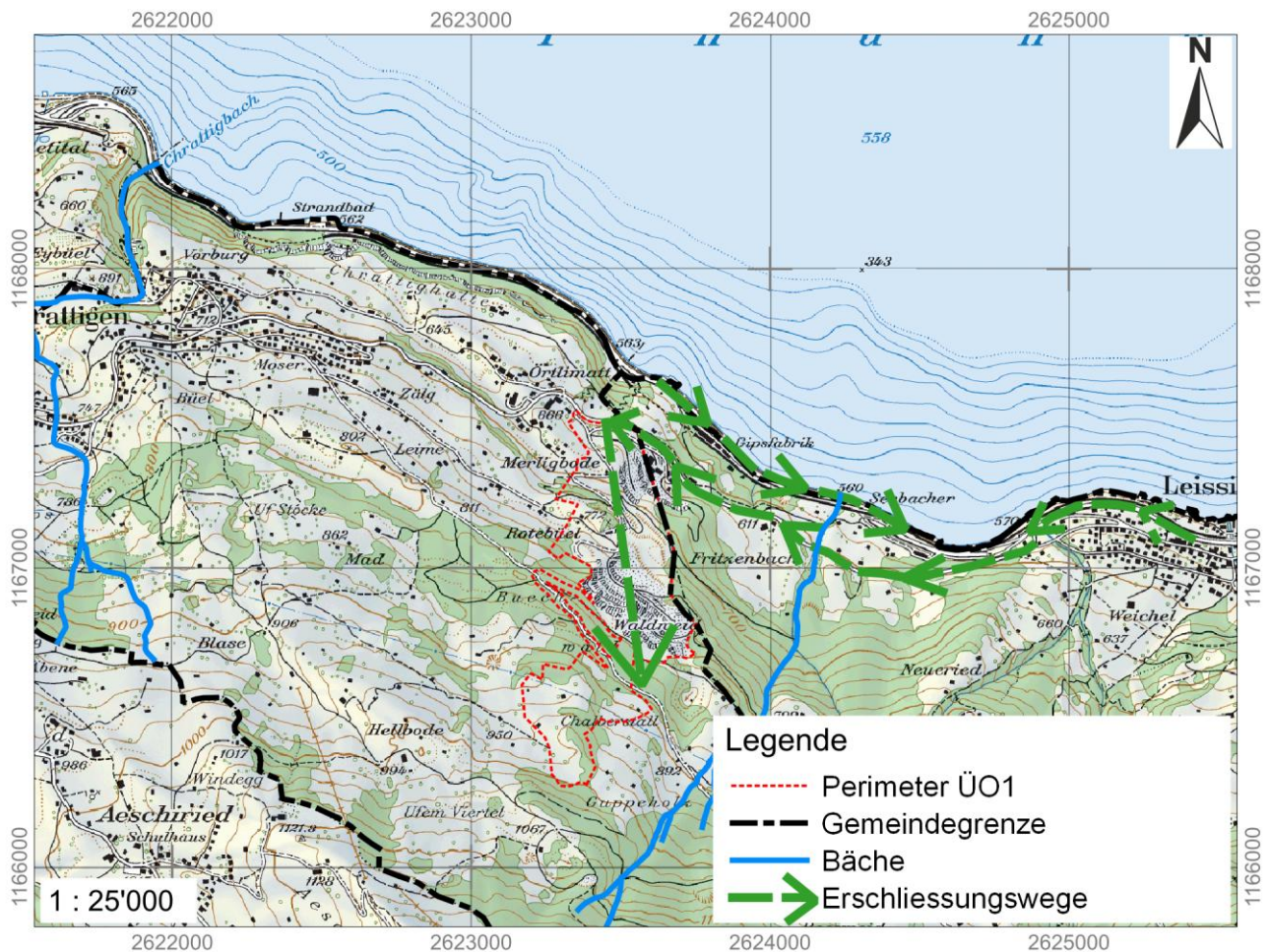


Abbildung 2: Lage des Abbaubetriebes zwischen den Dörfern Leissigen und Krattigen und Erschliessungswege

Das Projektgebiet befindet sich ca. 1 km vom Dorf Krattigen entfernt. Der Abbaubereich Nord befindet sich aber genau wie der aktuell gültige ÜO-Perimeter in direkter Nachbarschaft zum Siedlungsgebiet Örtlimatt.

2 Geologische und Hydrogeologische Situation

2.1 Geologische Situation

Abbauwürdige Gips- und Anhydritvorkommen gibt es in der Schweiz nur an wenigen Orten. Umso wichtiger sind die bestehenden Gipssteinbrüche für die Gipsversorgung der gesamten Schweiz mit diesem wichtigen Rohstoff, welcher auch für die Zementproduktion und Betonherstellung benötigt wird.

Um die Zementproduktion in Péry und an weiteren Standorten der Schweiz mit einheimischem Gips und Anhydrit mittel- und langfristig sicherzustellen, muss der Gipssteinbruch Morgenberg in Krattigen in Richtung zusätzlich vorhandener Gipsvorkommen erweitert werden. Der geplante Erweiterungsperimeter befindet sich deshalb im Süden oberhalb des heutigen Steinbruchs auf dem Gebiet der Gemeinde Krattigen (Schwerpunktkoordinate 1'623'200 / 2'166'500). Zwischen dem aktuellen Perimeter und dem Erweiterungsperimeter befindet sich ein Waldstück, welches nicht Teil des Abbauperimeters ist.

Das Gipsvorkommen von Krattigen gehört zur Trias der Ultrahelvetischen Decken. Es wird im natürlichen Zustand grösstenteils von bis zu 15 m mächtigen Gehängelehm-, Moränen- und Bergsturzablagerungen sowie stellenweise durch Dolomitlagen überdeckt. Nebst wenigen Gipsaufschlüssen äussern sich die Gipsvorkommen vor allem durch Einsturztrichter und ruinenhafte Reliefs.

Das Gipsvorkommen wird bereits heute im bestehenden Steinbruch Leissigen / Krattigen (bewilligter ÜO-Perimeter) abgebaut. Es handelt sich um teils über 20 m mächtige Gipslagen wechselnder Qualität und wechselnden Gipsgehaltes, welche gegen die Tiefe in Anhydrit übergehen. Verwertbar sind die Gips- und Anhydritvorkommen als Zumahlstoff für die Zementproduktion, welcher als Sulfatträger zur Regulierung des Abbindeverhaltens des Zements dient, um so die Verarbeitbarkeit im Beton zu gewährleisten. Dabei muss das Verhältnis Gips zu Anhydrit zu Nebengestein immer für mindestens ca. 15 Jahre konstant bleiben. Eine Umstellung dieses Verhältnisses bedingt eine Anpassung aller Betonrezepturen bei sämtlichen Betonwerken, welche nur mit grossem Aufwand, langwierigen Versuchsreihen und Nachweisen sowie hohen Kosten verbunden ist. Deshalb soll das Mischverhältnis für jeweils mindestens 15 Jahre beibehalten werden.

Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) entsteht als Ablagerungsprodukt durch das Eintrocknen von Salzseen oder Meeren oder als oberflächliches Verwitterungsprodukt von Anhydrit (CaSO_4) durch sehr langsame Wasseraufnahme. Anhydrit kann unter hohem Druck aus Gips entstehen. Dabei verliert der Gips das eingelagerte Wasser. Dies ist auch mit einer Volumenabnahme verbunden. Die Dichte von Anhydrit ist damit sehr viel höher als diejenige von Gips. Anhydrit ist schwer und hart (Dichte: 2.98 g/cm^3 , Mohshärte 3 – 3.5), Gips ist leicht und weich (Dichte: 2.31 g/cm^3 , Mohshärte 2).

Wasser führt im Gips durch Lösung und Abrieb zur Bildung von Verkarstungen, welche sich als Karsthöhlen, Dolinen, Einsturztrichter und ruinenhafte Reliefs äussern. Im Anhydrit bewirkt das Wasser hingegen nur eine Umwandlung zu Gips, sofern dies vom Umgebungsdruck nicht verhindert wird. Die Umwandlung dauert sehr lange. Eine künstliche Umwandlung von Anhydrit zu Gips ist deshalb nicht möglich. Gleichzeitig steigt bei der Umwandlung der Druck im Gestein, da Gips wegen der geringeren Dichte und dem eingelagerten Wasser viel mehr Platz benötigt als Anhydrit. Die Volumenzunahme beträgt dabei je nach Untersuchungsgebiet etwa 40%. Viel CaSO_4 wird dabei vom durchfliessenden Wasser in gelöster Form abtransportiert, sonst wäre die Volumenzunahme bis zu 90%. Damit können sich aber trotz Abtransport von CaSO_4 mit dem Durchfliessenden Wasser im Anhydritgestein keine Karsthöhlen bilden. Im Gipsgestein hingegen, wo die Umwandlung bereits sehr weit fortgeschritten ist, führt der Abtransport zu Löchern im Felsen, welche sich in den bekannten Karstphänomenen äussern.

2.2 Hydrogeologische Situation

Das Gipsgestein in der Umgebung des Erweiterungsprojektes ist oberflächlich stark verkarstet und tektonisch beansprucht. Damit sind sehr viele wasserwegsame Strukturen (Klüfte, Karstlöcher, Höhlen, Dolinen, Einsturztrichter etc.) vorhanden. Im Abstrombereich des Erweiterungsgebietes befinden sich mit Ausnahme einer werkseigenen Stollenfassung (Gemeindegebiet Leissigen, bei der bestehenden Betriebsfläche) keine genutzten oder ungenutzten Quellen (Siehe Dokument 311 - UVB). Das Gebiet befindet sich gemäss der Gewässerschutzkarte des Kantons Bern (Onlineversion Geoportal) im Gewässerschutzbereich A_u.

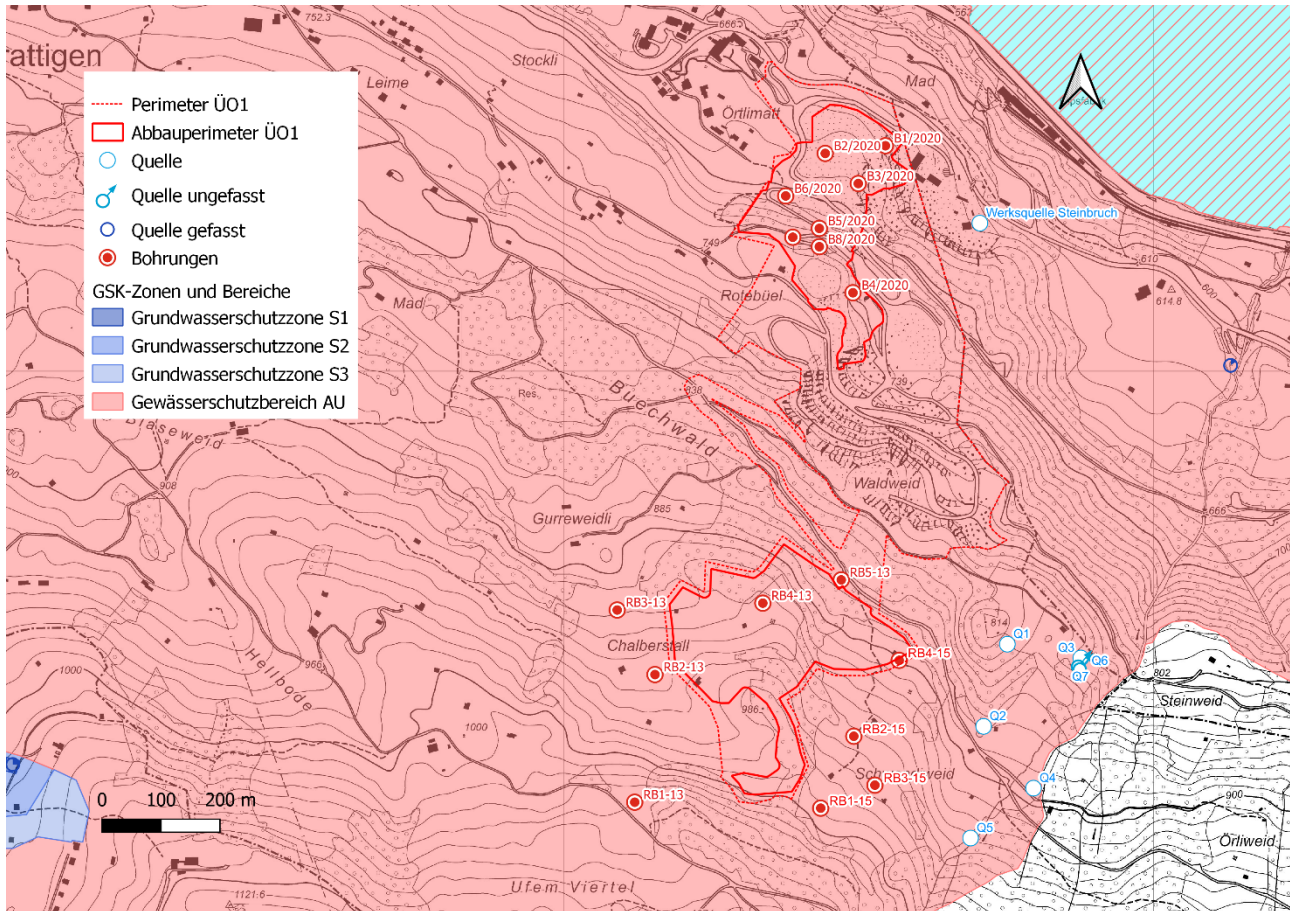


Abbildung 3: Hydrogeologische Situation mit Ausschnitt aus der Gewässerschutzkarte sowie mit eingezeichneten verwendeten Bohrungen und eingezeichneten Quellen.

2.3 Detaillierte geologische Situation

2.3.1 Durchgeführte Untersuchungen und verwendete Unterlagen

Zur Erkundung des Untergrundes wurden die folgenden geologischen Untersuchungen durchgeführt oder verwendet:

- Zusammentragen bestehender Unterlagen (geologische Karten, Geoportal des Kantons Bern, geologische Untersuchungen im bestehenden Steinbruch - bewilligter ÜO-Perimeter, Untersuchungen, welche im Rahmen der Erweiterungsplanung Süd der damaligen Firma Rigips durchgeführt worden sind).
- Geologische Auswertung der bestehenden Unterlagen
- Feldbegehungen
- Sondierbohrkampagne 2020 innerhalb des bestehenden ÜO-Perimeters (Abbau Nord) zur Bestimmung der verbleibenden Gips-Anhydrit-Restgesteinsverhältnisse und der vorhandenen Grundwasserverhältnisse (8 Sondierbohrungen) inkl. chemische Analyse der Gesteinszusammensetzung pro Bohrmeter.
- Messung des Wasserstandes in den vorhandenen Piezometern und Messung von Schüttung, Temperatur und Leitfähigkeit in den 5 privaten Quellen in der näheren Umgebung der Erweiterung Süd (Siehe Dokument 311 – UVB)

2.3.2 Auswertung der Untersuchungen

Die im Rahmen der Planung Rigips und der Sondierkampagne Abbau Nord sowie im Rahmen der aktuellen Planung durchgeführten Hydrogeologischen Untersuchungen und deren Auswertung sind in Dokument 311 – UVB, Kapitel 3.3 und 5.8 beschrieben. An dieser Stelle wird deshalb nur auf das entsprechende Dokument verwiesen. Die Untersuchungen zeigen, dass

- der Abbau nirgends näher als 2m an den höchsten Grundwasserspiegel herankommt
- durch den Abbau keine privaten Quellen gefährdet werden können
- eine Gefährdung der werkseigenen Quelle bei der bestehenden Betriebsfläche praktisch ausgeschlossen werden kann
- die Abbautätigkeit zu keiner Erhöhung des Sulfatgehaltes im in den Fritzenbach oder direkt in den Thunersee einflussenden oder einsickernden Wasser führt. Es kann sogar mit einer leichten Reduktion des Sulfatgehaltes gerechnet werden
- Die Funktionalität der bestehenden Absetz- und Rückhaltebecken nicht verändert wird

Neben der Auswertung der hydrogeologischen Situation wurden die im Auftrag der Firma Rigips abgeteufte sowie die im Jahr 2020 im Bereich Nord abgeteufte und in Abbildung 3 eingezeichneten Bohrungen betreffend ihrem Anhydrit – Gips – Restgesteinsgehalt ausgewertet. Die Detailplanung des Abbaus beruht auf diesen Mineralienverhältnissen.

2.3.3 Gips- und Anhydritgehalt

In den 8 Bohrungen im Abbaubereich Nord wurden sowohl Gipsreiche wie auch anhydritreiche Lagen erbohrt. Es wurden aber auch Bereiche ohne Anhydrit- und Gipsgehalt gefunden. Zusammen mit einer Neuinterpretation der geophysikalischen Untersuchungen (Terratec-Geosciences 2013, unpubliziert) ergibt sich im Bereich Nord folgendes Bild (von oben nach unten):

Beschreibung	Durchschnittliche Zusammensetzung Anhydrit : Gips : Restgestein
Lockergestein (Moräne etc.). Die Lockergesteinsmächtigkeit beträgt 0 – 22 m	Kein Anhydrit und Gips
Gipsreiche Lage («obere Gipslage») mit einer Mächtigkeit von 0 – 27 m.	1.7% : 76.2% : 22.1%
Anhydritreiche Lage («obere Anhydritlage») mit einer Mächtigkeit von 0 – 27 m	45.4% : 28.1% : 26.5%
Kalklage mit einer Mächtigkeit von 0 bis 17 m	Kein Anhydrit und Gips
Gipsreiche Lagen («untere Gipslage»). Die Mächtigkeit beträgt je nach Ort und Abbauzustand 0 – 21 m	15.7% : 61.9% : 22.4%
Anhydritreiche Lagen («untere Anhydritlage») an. Diese reichen in der Tiefe bis mindestens Kote 600	64.2% : 10.9% : 24.9%

Tabelle 3: Im Abbaubereich Nord erbohrte geologische Schichten

Die angezeigten Mächtigkeitsschwankungen sind eine Folge der unterschiedlichen Abbauzustände, unterschiedlich tiefer Wasserwegsamkeiten und – bezogen auf die Gips – Anhydrit – Verdoppelung einer fossilen Sackung (Felsrutschung) in der Umgebung des Gebietes Rotebühl. Mit der Idee einer Überlagerung von Anhydrit über Gips lassen sich auch die geophysikalischen Untersuchungen von 2013 besser interpretieren.

Die gezeigte Situation wurde in ein geochemisches 3D-Modell integriert. Damit lassen sich beim Abbau erhaltene Anhydrit-Gips-Restgesteinszusammensetzungen besser prognostizieren und direkt im GIS berechnen.

Im Abbaubereich Süd wurden die im Auftrag der Firma Rigips in den Jahren 2013 und 2015 abgeteufte Bohrungen ausgewertet. Es ergibt folgendes Bild:

Beschreibung	Durchschnittliche Zusammensetzung Anhydrit : Gips : Restgestein
Moräne mit einer Mächtigkeit von 0 – 11 m	Kein Anhydrit und Gips
Restliches Lockergestein mit einer Mächtigkeit von 0 – 13 m.	Kein Anhydrit und Gips
Karsthohlräume mit einer Mächtigkeit von 0 – 1 m	Löcher, kein Anhydrit und Gips
Gipsreiche Lage (Gipslage») mit einer Mächtigkeit von 0 – 30 m	5.9% : 74.8% : 19.3%
Gips – Anhydrit – Mischlage, Mächtigkeit 0 – 5 m	37.9% : 33.9% : 28.2%
Anhydritreiche Lage («Anhydritlage»). Diese reicht in der Tiefe bis mindestens 50 - 53 m unter Terrain (Länge der abgeteufte Bohrungen)	78.7% : 1.7% : 19.6%

Tabelle 4: Im Abbaubereich Süd erbohrte geologische Schichten

Die gezeigte Situation wurde auch im Bereich Süd in ein geochemisches 3D-Modell integriert. Damit lassen sich beim Abbau erhaltene Anhydrit-Gips-Restgesteinszusammensetzungen besser prognostizieren und direkt im GIS berechnen.

2.3.4 Strukturgeologische Auswertung

Die Auswertung der im bestehenden Abbaugelände und insbesondere im Gebiet Rotebühl durchgeführten Sondierbohrungen und geoelektrischen Untersuchungen sowie der Sondierkampagnen 2013 und 2015 mit Bohrlochscanneraufnahmen im Jahr 2013 (Von der Firma Rigips beauftragte Untersuchungen, welche hier als Grundlage dienen) zeigt hangwärts bis hangparallel gerichtete Schichtfallen. Dies bedeutet, dass hangaufwärts nach und nach immer jüngere Schichten auftreten müssten. Dies ist aber nicht der Fall. Dieselben Schichten treten in den verschiedenen Bohrungen immer wieder auf, eine Korrelation ist wegen der lateral unterschiedlichen Wasserwegsamkeiten aber nur schwer möglich. Das wiederholte Auftreten derselben Schicht in verschiedenen Tiefenlagen deutet auf das Vorhandensein von Verwerfungen oder Schichtverbiegungen (Flexuren) sowie Sackungen (fossile Felsrutschungen) hin.

Die Auswertung der Scanneraufnahmen ergibt folgende Klufttrichtungen (Streichen):

- RB1-13: Streichen: 077°, Einfallen: 57° in Richtung N
- RB3-13: Streichen: 132°, Einfallen: 45° in Richtung NE
- RB5-13: Streichen: 088°, Einfallen 50° in Richtung S
- Geophysik Rotebühl: Streichen: 325°, Einfallen 85° in Richtung W

Die im Bericht 311 – UVB, Anhang 5-7-1 angegebenen Wasserfliessrichtungen basieren auf der hier vorgestellten strukturgeologischen Auswertung und auf der Auswertung der Quellparameter.

2.3.5 Orografisches Einzugsgebiet

Abbildung 4 zeigt das orografische Einzugsgebiet des Erweiterungsgebietes Süd und des Abbaubereichs Nord sowie diejenigen Bereiche, aus welchen Wasser zufließen kann. Wasser, welches von ausserhalb des Gebiets zufließt, stammt aus den südwestlich gelegenen Gebieten "Uf em Viertel" und "Schwendli" bis hinauf zur Krete auf Kote 1320. Der grösste Teil des zufließenden Wassers (blau in Abbildung 4) wird durch Gemeinde und Waldstrassen drainiert oder abgeleitet und fliesst in Richtung Nordwesten um das Abbaugelände herum. Einzig aus dem Orchideenschutzbereich sowie aus tiefer gelegenen Bereichen (grün in Abbildung 4) kann Wasser ins Abbaugelände einfließen.

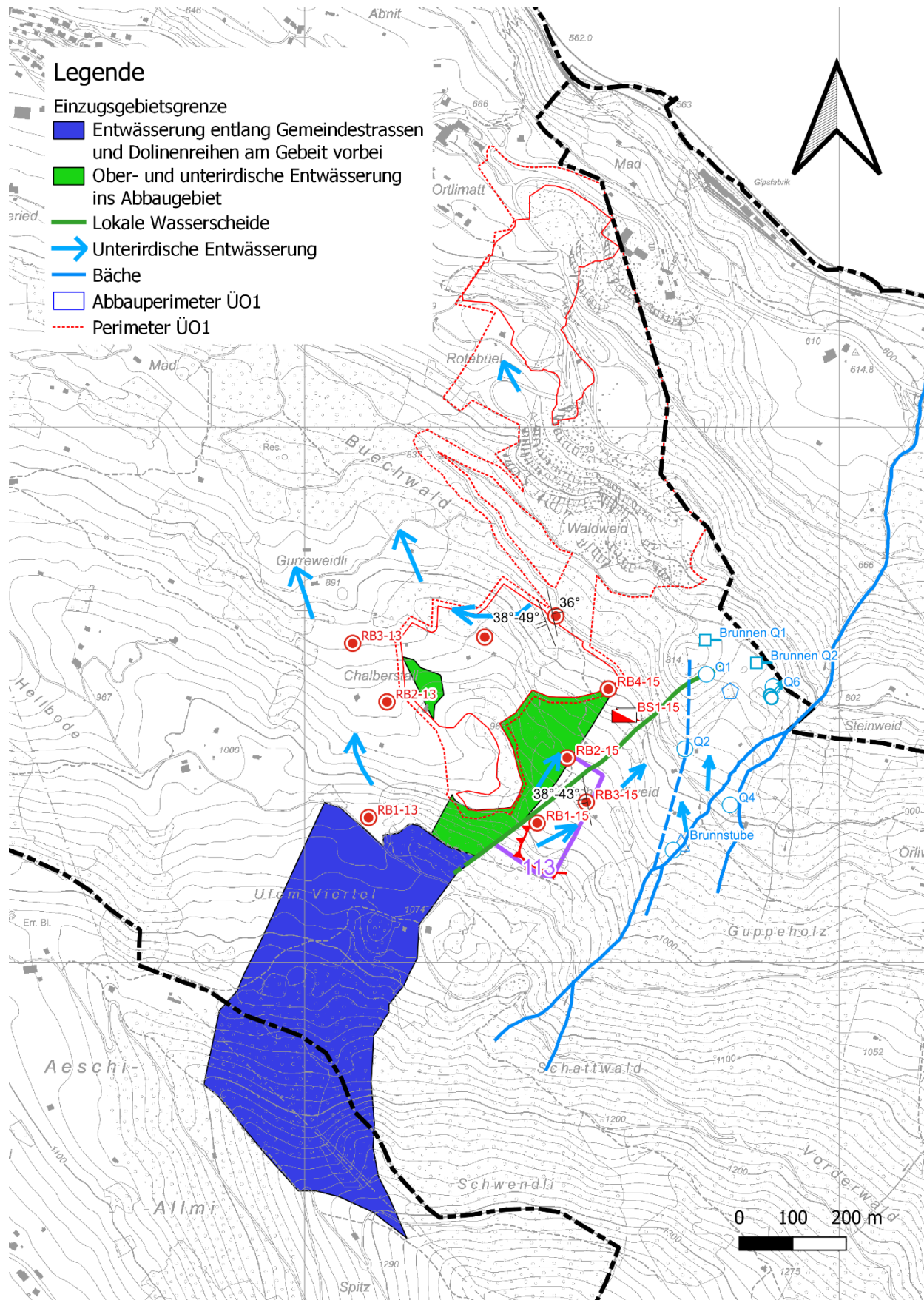


Abbildung 4: Orografisches Einzugsgebiet

3 Naturgefahrensituation

Im nördlichen Abbaubereich (bewilligter Abbauperimeter) ist ein Gebiet mit erheblicher Gefährdung durch Sturzgefahren ausgeschieden. Die Erschliessungspiste zur Erweiterung Süd wird dieses Gebiet durchqueren. Solche Durchquerungen sind für den betrieblichen Abbau- und Auffüllvorgang erforderlich. Das fragliche Gebiet ist seit der Ausarbeitung der Naturgefahrenkarte aber frisch abgebaut bzw. teilweise durch Auffüllung verändert worden. Teilweise wird es aktuell gerade abgebaut. Durch den Abbau wurden oder werden aktuell absturzgefährdete Felspartien entfernt und gereinigt oder durch die Wiederauffüllung (Materialanschüttungen) vor Erosion geschützt. Die in der Naturgefahrenkarte als erheblich eingestufte Gefährdung kann also im Bereich der geplanten Erschliessungspiste nach und nach, d.h. mit dem parallel zum Abbau verlaufenden Bau der Erschliessungspiste auf gering zurückgestuft werden. Insbesondere übersteigt sie nirgendwo die in Steinbrüchen übliche Gefährdung der Arbeiter. Zum Schutz der Arbeiter und Maschinen sind folgende Massnahmen vorgesehen:

- Bermen dienen zum Bremsen von aus der nächsthöheren Abbauwand abstürzenden Blöcken.
- Tägliche, visuelle Kontrolle der Felswände durch den Betrieb
- Niederhalten von randlich aufwachsender Vegetation (1x pro Jahr)
- Im Zweifelsfall Aufbieten eines für die Felsreinigung spezialisierten Unternehmens und des Geologen
- Durchführen einer Felsreinigung mindestens einmal jährlich oder nach Angabe des Geologen
- Bei häufiger als monatlichen Sprengungen Begehung mit dem Geologen 1x pro Monat
- Bei nur wenigen Sprengungen im Jahr: Begehung mit dem Geologen 2x pro Jahr

(siehe auch Kapitel 3.1.3 und 3.4.10)

Im gesamten Gebiet des bestehenden Steinbruchs ist eine geringe bis mittlere Gefährdung durch Absenkungen, Einstürze und Dolinen ausgewiesen. Als Folge des Abbaus und der Wiederauffüllung ist diese Gefährdung seit der Erstellung der Naturgefahrenkarte allerdings zurückgegangen und im gesamten bestehenden Steinbruchgebiet nur noch gering oder es besteht nur noch eine Restgefährdung. Dies, da beim Abbau Höhlensysteme und ähnliches ausgeräumt und die Gipsreserven abgebaut worden sind. Im zurückbleibenden Anhydrit besteht keine Gefährdung durch Absenkungen, Einstürze und Dolinen. Nur die wenigen, zurückgebliebenen Stollen und nicht vollständig abgebaute Bereiche bergen die Gefahr solcher Einstürze, sind aber bekannt und die Einsturzgefahr wird als sehr gering eingeschätzt.

Im Erweiterungsgebiet Süd besteht in Teilgebieten ein Gefahrenhinweis für Rutsch und Lawinen (vgl. 321 – EB – Abbildung 3). Im gesamten Gebiet besteht ein Hinweis für Dolinen.

Der Gefahrenhinweisbereich für Lawinen reicht nur bis in die Sicherheitszone und nicht in den Abbauperimeter. Eine Gefährdung des Abbaus und der Arbeiter besteht gemäss Gefahrenhinweiskarte keine.

Der Gefahrenhinweisbereich Rutsch wird nur vom äussersten obersten Bereich, der für die ÜO2 bereits in der ÜO1 zu erstellenden Erschliessungspiste und von der Sicherheitszone berührt. Es handelt sich nur um den Ablagerungsbereich einer potenziellen Rutschung. Während den Arbeiten sind deshalb keine speziellen Massnahmen im Bereich der Erschliessungspiste geplant. Allenfalls angetroffene, starke Vernässungen im Bereich der Hanganschnitte werden mittels Einbau von Drainagen entschärft. Die Arbeiten werden von einem Geologen begleitet und die notwendigen Massnahmen vor Ort definiert. Die Länge des fraglichen Teilstücks ist lediglich 16 m (vgl. 321 – EB – Abbildung 3).

Der Gefahrenhinweisbereich Dolinen reicht über das gesamte Abbaugebiet. Dolinen sind hier tatsächlich im gesamten Gebiet vorhanden, was in Gipsgesteinen normal ist. Ein Abbau ohne Gefahr von Dolinen und Einstürzen ist im Gips nicht möglich. Gefährliche Höhlensysteme wurden in den Bohrungen allerdings nur ausserhalb des geplanten Abbauperimeters ÜO1 angetroffen. Der Abbau erfolgt zudem seitlich, sodass Höhlen seitlich angefahren werden und damit durch den Abbau entfernt werden, bevor sie gefährlich werden können.

4 Abbaukonzept

4.1 Generelles Abbaukonzept

Das im Steinbruch Morgenberg abgebaute Sulfatgestein (Gips- und Anhydritgestein) wird als Zumahlstoff bei der Zementproduktion benötigt. Je nach genauen Gips-Anhydrit-Nebengesteinsverhältnissen wird dabei das Wasser zum Verhindern von Rissen bei der Betonaushärtung mit anderen Geschwindigkeiten bzw. zu anderen Zeiten freigesetzt. Jede Änderung dieser Zusammensetzung bedarf also parallel langer Versuchsreihen und einer Umstellung des Beton- und Verarbeitungsrezeptes bei sämtlichen Zement- und Betonverbrauchern. Diese Umstellung ist für alle Beteiligten extrem teuer. Daher muss das Verhältnis Gips zu Anhydrit zu Nebengestein für mindestens ca. 15 Jahre konstant bleiben. Das Konzept sieht deshalb einen Abbau vor, mit welchem ab ÜO1-Abbaubeginn 2028 (geplant) während den ersten 17 Jahren noch das aktuelle Mischverhältnis (vgl. Tabelle 2) verwendet werden kann. Ab dem Jahr 2045 wird dann auf ein Mischverhältnis mit hohem Gipsgehalt (vgl. Tabelle 2) umgestellt. Dieses neue Verhältnis kann anschliessend während der gesamten, im ZPP vorgesehenen ÜO2 beibehalten werden.

Phase 1 (vgl. Abbildung 5): Um dieses Ziel zu erreichen, wird der Abbau ÜO1 nur im Gebiet Nord gestartet bzw. der aktuelle Abbau wird zu Ende geführt. Diese Phase dauert ca. 7 Jahre. Während dieser Phase wird auch die Verbindungspiste Nord-Süd fertiggestellt und die Materialförderanlage gebaut. Das Lockergestein im Bereich des geplanten Betriebsfläche wird ebenfalls bis ins 7-te Jahr abgetragen und ein kleiner Platz erstellt, damit mit dem Abbau begonnen werden kann, ohne die Gemeindestrasse / Verbindungspiste zu blockieren.

Phase 2 (vgl. Abbildung 6): Nach ca. 7 Jahren kann im unteren Abbaubereich nur noch stark anhydrithaltiges Gestein («untere Anhydritlage») mittels Sohlenabsenkung abgebaut werden. Während im unteren Bereich also Gestein mit hohem Anhydritgehalt abgebaut wird, steht im oberen Bereich stark gipshaltiges Gestein (Gipslage in Tabelle 4) an. Durch Mischung der beiden Gesteinsarten im Verhältnis ca. 3.1 (untere Anhydritlage): 2.2 (Gipslage) kann wieder das bereits heute gültige Mischverhältnis erzeugt werden. Diese Phase dauert ca. 10 Jahre (2045).

Phase 3 (vgl. Abbildung 7): In einer dritten Phase wird dann nur noch oben abgebaut. Das Mischverhältnis wird auf die durchschnittliche Zusammensetzung der Gipslage Süd (Tabelle 4) angepasst. Diese Phase dauert in der ÜO1 noch 8 Jahre und wird dann mit der ÜO2 fortgesetzt, welche das angegebene Mischverhältnis übernimmt.

Generell soll der geplante Abbau soweit möglich unter Verwendung der bestehenden Infrastrukturen des aktuell bewilligten ÜO-Perimeters erfolgen. Dies bedeutet, dass der Bereich Betriebsfläche/Brecherplatz bis zu den Gips- und Anhydritsilos auf Leissiger Boden auch für die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Sohlenabsenkung und dem Erweiterungsgebiet Süd weiterverwendet werden soll. Konkret wird das im Abbaubereich Nord abgebaute Rohmaterial wie heute bereits der Fall per Dumper zum bestehenden Brecher in Leissigen geführt werden. Von der Betriebsfläche Abbaubereich Süd hingegen wird eine Materialförderanlage bis zum Materiallager vor dem Brecher Nord gebaut. Material aus dem Abbaubereich Süd wird also mittels Materialförderanlage zum Bereich Nord gebracht.

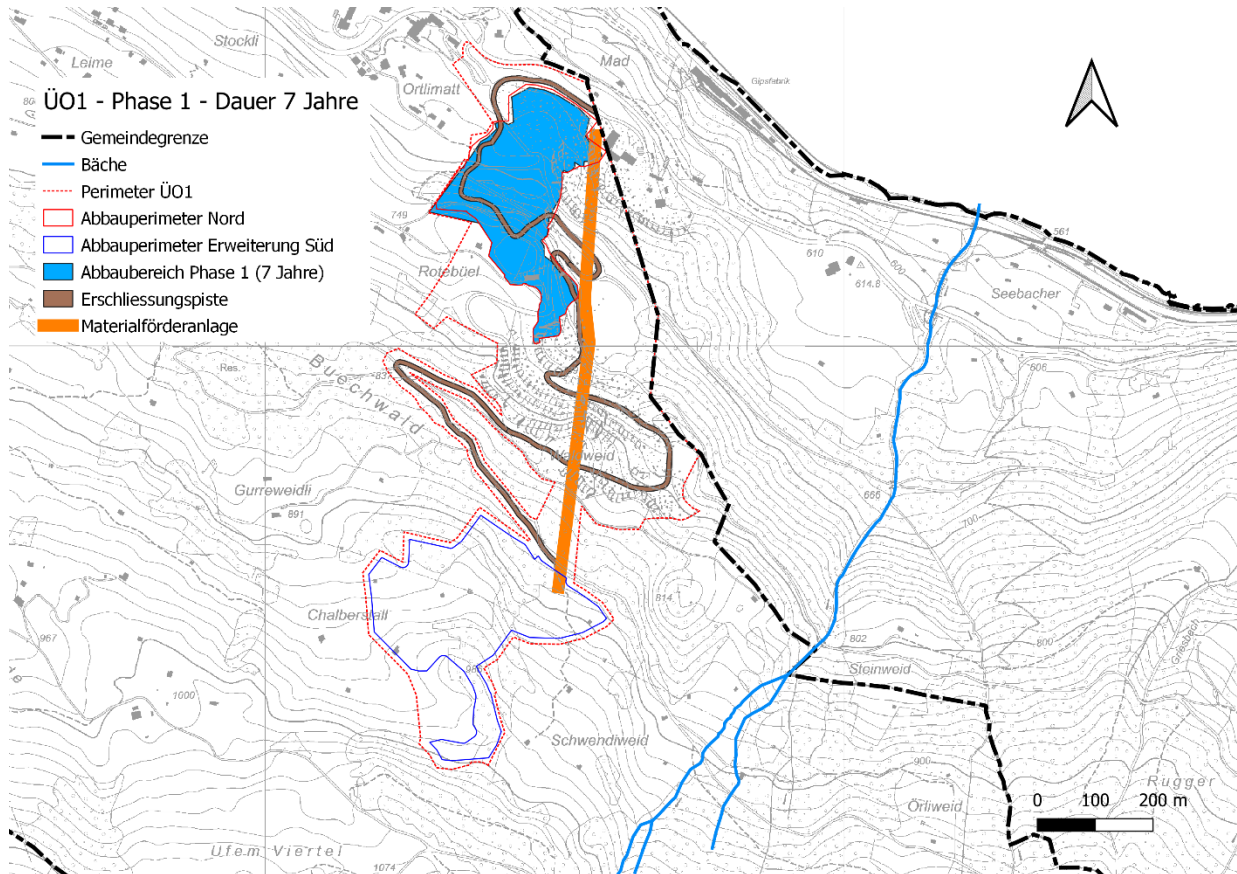


Abbildung 5: Abbaubereich Phase 1 (Fläche Abbau 54'900 m²)

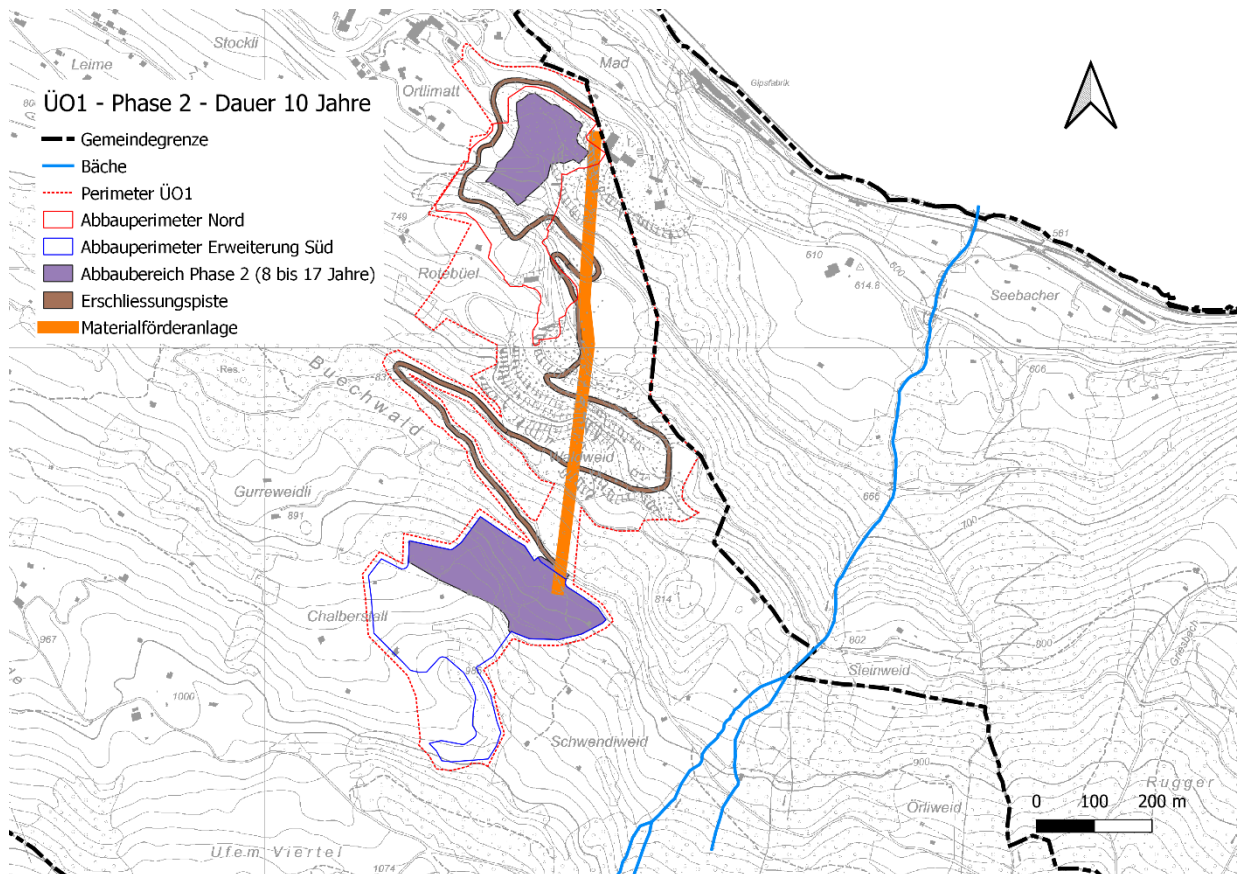


Abbildung 6: Abbaubereich Phase 2 (Fläche Abbau 50'000 m²)

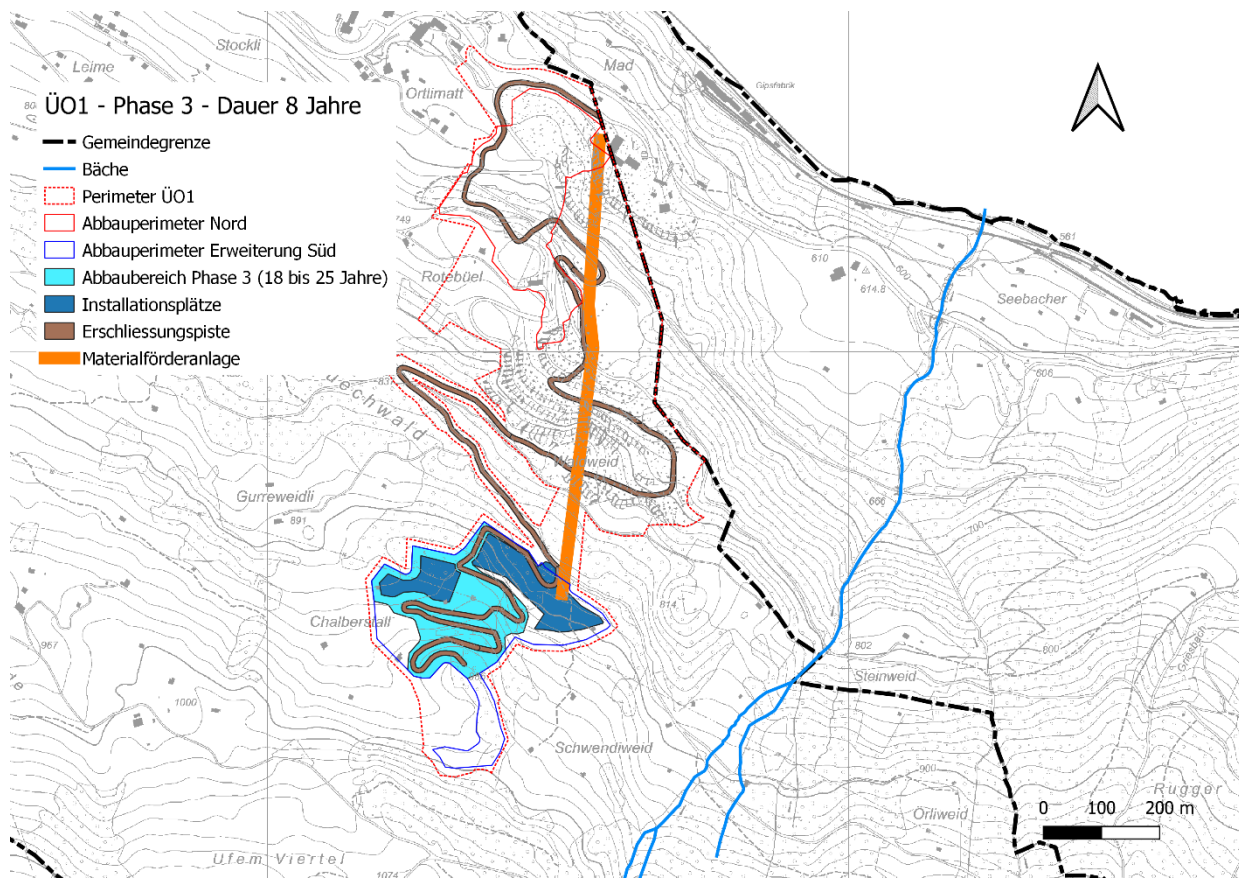


Abbildung 7: Abbaubereich Phase 3 (Fläche Abbau ohne untere Betriebsfläche 39'300 m²)

Die in den einzelnen Phasen abgebauten Materialmengen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Material	Volumen Phase 1 [m ³]	Volumen Phase 2 [m ³]	Volumen Phase 3 [m ³]
Dauer	7 Jahre + Zeit bis zum Beginn ZPP/ÜO1	10 Jahre	8 Jahre
Lockergestein allgemein teilweise mit Moräne	109'400	128'500	54'000
Moräne	-	62'700	50'400
Kalklage	19'700	-	-
Obere Gipslage	246'100	-	-
Obere Anhydritlage	105'000	-	-
Untere Gipslage	235'800	-	-
Untere Anhydritlage	180'200	220'000	-
Gipslage Süd	-	365'800	281'900
Gips- und Anhydritlage Süd	-	10'000	500
Anhydritlage Süd	-	28'700	33'900
Total verwertbar	767'200	624'500	316'300
Total nicht verwertbar	129'100	191'200	104'400

Tabelle 5: Abbauvolumen (Festmass)

4.2 Abbauvorgehen

4.2.1 Generelle Stabilität

Ob eine Böschung oder Abbauwand stabil ist, hängt einerseits von der Gesteinszusammensetzung und andererseits von der Böschungsneigung ab. Ab einer Hangneigung von 35° wird der Abbau in Bereichen kritisch, wo oberflächlich Verwitterungsprodukte von Kalkstein und Dolomit auftreten. Bereits ab einer Hangneigung von 25° wird es in Bereichen kritisch, in welchen oberflächlich verwittertes Mergel und Gipsstein auftritt. In diesen Gebieten muss von Oben nach Unten abgebaut werden und am oberen Abbaurand je nach lokaler Zusammensetzung des Lockergestein partiell Hangsicherungsmassnahmen ergriffen werden. Dies erfolgt, soweit erforderlich, mittels Holzkästen, Vernagelungen, Steinkörbe etc., die in die Landschaft eingepasst werden.

Gegen Ende des Abbaus ÜO1 soll eine Erschliessungspiste Richtung geografisch höchstgelegene Abbaubereiche gebaut werden. Auf ca. den obersten, südlichsten 30 m dieser Piste sind Hangsicherungsmassnahmen notwendig (vgl. Abbildung 7).

4.2.2 Böschungsstabilität

Es gilt zu unterscheiden zwischen Lockergesteinsböschungen und Felsböschungen. Felsböschungen (Abbauwände) können generell viel steiler ausgeführt werden als Lockergesteinsböschungen. Im Lockergestein muss auch immer überprüft werden, ob durch den Abbau der Böschungsfuss einer potenziellen Rutschmasse entfernt wird und ob dadurch ein Rutsch ausgelöst werden könnte. In einem solchen Fall müssen trotz Einhaltung der angegebenen maximalen Böschungsneigungen noch zusätzliche Sicherungsmassnahmen ergriffen werden. Es handelt sich dabei um den Einbau von Hangdrainagen.

Die folgende Tabelle zeigt die maximal möglichen Böschungsneigungen aufgrund der Erfahrung im bestehenden Abbaugbiet sowie von anderen Baustellen in der Schweiz:

Gestein	Mächtigkeit	Zusammensetzung	Maximaler Böschungswinkel
Moräne	< 15 m	Sehr variabel. Komponenten aus Kalk, Dolomit und Gips. Kies, Sand, Silt und Ton.	45° (Böschungssicherung mittels Ingenieurbiologischer Massnahmen und Bepflanzung).
Lehm und stark gipshaltiges Lockergestein	< 22 m	Ton, Silt, Sand, Kies, teilweise stark gipshaltig	33° (kaum gipshaltig) 20° (Globalwinkel inkl. Bermen) bei hohem Gipsgehalt
Bergsturzmaterial	< 15 m	Sehr variabel. Komponenten aus Kalk, Dolomit und Gips. Kies, Sand, Silt und Ton sowie Steine und Blöcke. Sehr locker gelagert.	33°
Kalk, Dolomit	< 12 m	Stark kalk- oder dolomithaltiges Karbonatgestein	70° - 85°
Gipsgestein	< 30 m	Stark gipshaltiges Evaporitgestein	70° - 85°
Anhydritgestein	Abbausohle	Stark anhydrithaltiges Evaporitgestein	70° - 85°

Tabelle 6: Mögliche Böschungswinkel der im Erweiterungsgebiet und im Bereich der Zufahrtspiste erwarteten Gesteine.

Wichtige Bemerkung

Die im Abbauggebiet angetroffenen Lockergesteine sind sehr heterogen aufgebaut. Damit variieren ihre geotechnischen Eigenschaften lateral und mit der Tiefe sehr rasch. Um Böschungsinstabilitäten zu vermeiden, soll deshalb der Abbau im Lockergestein unter der Begleitung eines Geologen erfolgen. Dieser entscheidet vor Ort, welcher Böschungswinkel bei der angetroffenen Zusammensetzung maximal noch stabil ist, und ob Sicherungsmassnahmen erforderlich sind.

4.2.3 Bermen

Um einen sicheren Abbau und eine sichere Wiederauffüllung und Wiederherstellung gewährleisten zu können, werden beim Abbau Bermen eingebaut. Diese dienen einerseits den Arbeitern als Schutz gegen Stein- und Blockschlag und gegen Lockergesteinsrutschungen. Andererseits erlauben sie eine Wiederauffüllung und Wiederherstellung des Gebietes auf verschiedenen Niveaus über der aktuellen Abbausohle.

Fels

In der Umgebung des Erweiterungsgebietes Süd treten nur sehr wenige natürliche Felswände auf. Diese zeigen aber, dass das für den Abbau vorgesehene gipshaltige Gestein bei der Verwitterung vor allem zu Komponenten der Kiesfraktion und kleiner zerfällt. Grössere Komponenten treten nur sehr untergeordnet auf. Oft handelt es sich dabei um im Gips eingeschlossene Dolomite, welche durch die Verwitterung herausgelöst werden.

Mit dem geplanten Abbau werden neue Felswände geschaffen. Aus diesen können sich grössere Brocken ablösen und in die Tiefe stürzen. Um dies zu verhindern und die Sicherheit der Arbeiter jederzeit gewährleisten zu können, soll der globale Abbauwinkel der temporären Felswände 56° nicht übersteigen. Dieser Wert basiert sowohl auf Erfahrungen in bestehenden Steinbrüchen (z.B. Steinbrüche Tschärner, Châtel, Charuque, Arvel in la Neuville und Sur les Ouches in Péry-La Heutte und Steinbruch Firsi in Grenchen) wie auch auf Steinschlagsimulationen [Kellerhals+Haefeli AG (2016): Vigier Beton Kies Seeland Jura AG – Steinbruch Firsi – Angepasste Abbauplanung und Begehung Juni 2016: 29.07.2016; 9420: Anhänge 1a bis 1d und 2a bis 2e]. Die Steinschlagsimulationen im Steinbruch Firsi zeigen eine hohe Sicherheit bei globalen Winkeln kleiner 58 bis 60° auch bei grossen Blöcken (z.B. Dolomitblöcke).

Die geplante Abschlagshöhe im Felsen beträgt 15 m. Pro Abschlagshöhe soll eine Berme eingebaut werden. Je nach gewähltem Abbauwinkel muss die Bermenbreite also angepasst werden. In der folgenden Tabelle 5 ist der Zusammenhang Abbauwinkel - Abschlagshöhe - Bermenbreite dargestellt. Abbildung 8 illustriert den Zusammenhang. Die Bermenbreite muss immer mindestens 4 m betragen, damit die Sicherheit für das Befahren mit Baumaschinen gewährleistet ist.

Abbauwinkel	Abschlagshöhe	Bermenbreite	Globaler Abbauwinkel
70°	10 m	4 m	53°
70°	15 m	5 m	55°
75°	10 m	4 m	56°
75°	15 m	6 m	56°
85°	10 m	6 m	55°
85°	15 m	9 m	55°

Tabelle 7: Zusammenhang zwischen Abbauwinkel, Abbauhöhe, Bermenbreite und globalem Böschungswinkel.

Ein globaler Winkel von 56° ist langfristig stabil. D.h. durch Zurückwittern und Schuttablagerung auf den Bermen wird langfristig eine Böschung mit einer Neigung von 56° entstehen. Werden die so entstandenen Wände durch Begrünung der Bermen wiederhergestellt, so entsteht also langfristig ein Steiler Abhang mit einer Neigung von 56°. Wegen der Steilheit werden diese Bereiche mit Wald oder Hecken rekultiviert.

Bei einem Abbauwinkel von 85° und einer Abschlagshöhe von 10 m wird gemäss Tabelle 5 pro 10 m Abbauhöhe eine mindestens 6 m breite Berme benötigt (vgl. Abbildung 8).

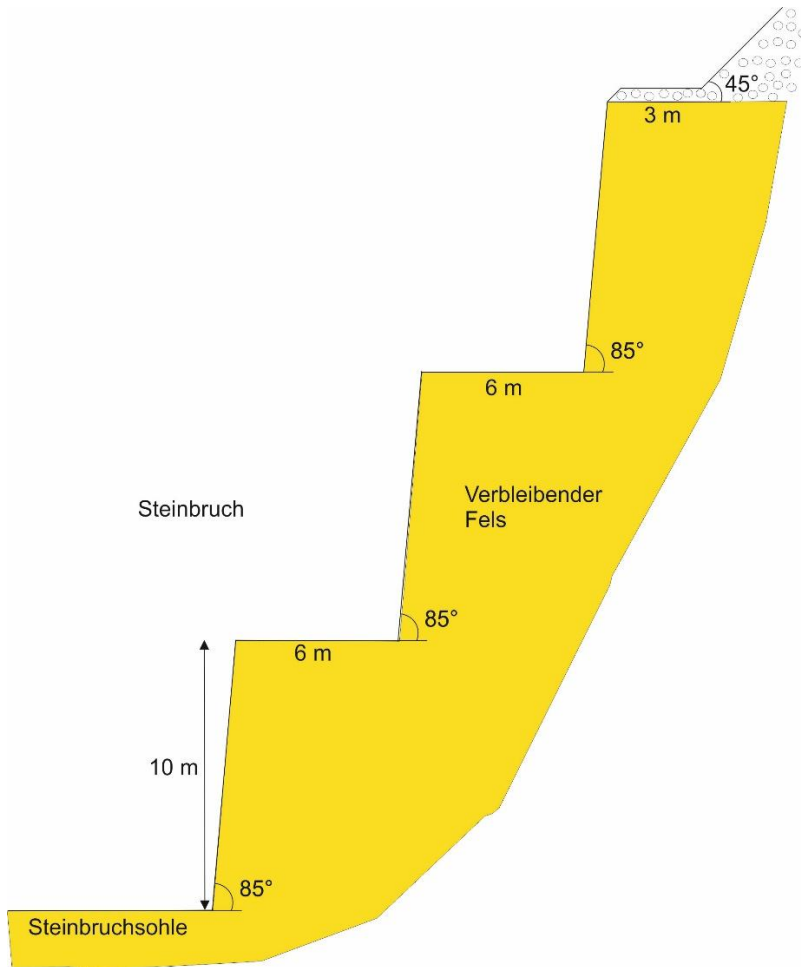


Abbildung 8: Anordnung der Abbauwände bei 85° Abbauwinkel und 10 m Abschlagshöhe (vgl. Text)

Damit die maximale Menge an Gips im Steinbruch abgebaut werden kann, kann die Bermenbreite reduziert und / oder die Abschlagshöhe vergrößert werden. Dies erhöht aber das Risiko von Steinschlag im Steinbruch. Auch ist eine Gefährdung der Lockergesteinsbedeckung über der Abbauwand (vgl. Abbildung 8) durch fortschreitende Erosion nicht auszuschließen. Wird beispielsweise bei einer Abschlagshöhe von 15 m und einem Abbauwinkel von 85° eine Bermenbreite von 4 m gewählt, so entsteht ein globaler Abbauwinkel (Pauschalgefälle) von 70.5° (vgl. Abbildung 9). Damit die Sicherheit im Steinbruch gewährleistet werden kann, muss deshalb im entsprechenden Bereich der Steinbruchsohle (ca. 6 m Distanz von der Abbauwand pro 15 m Abbauhöhe) abgesperrt und mit einem kleinen Schutzwall (Höhe ca. 1.5 m) gesichert werden, solange der Steinbruch im Bereich der Wände noch nicht aufgefüllt ist. (vgl. Abbildung 9). Falls dieses Szenario im Verlaufe des Abbaus gewählt wird, werden die genauen Dimensionen (Distanz von der Felswand und Höhe des Schutzwalls) mit einem Steinschlagsimulationsprogramm bestimmt.

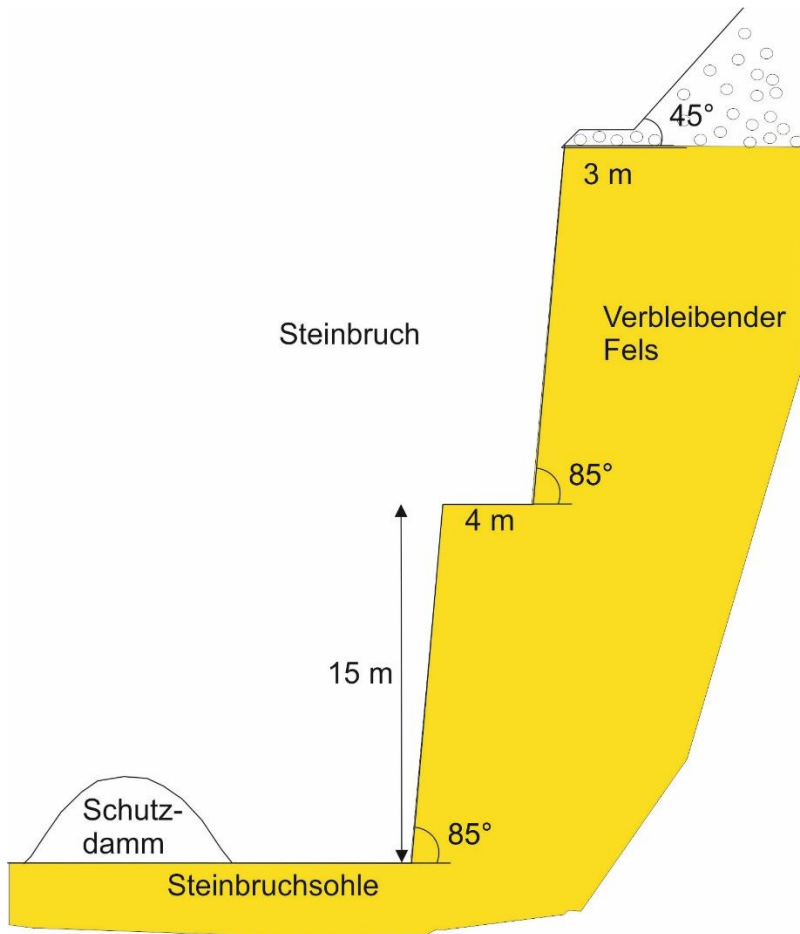


Abbildung 9: Anordnung der definitiven Abbauwände (vgl. Text)

Im Bereich der Lockergesteinsüberdeckung besteht die Gefahr, dass zu nahe an der Abbauwand angepflanzte Bäume durch Wurzeldruck Steine und Blöcke aus der Felswand oder dem Lockergestein herauslösen und in die Tiefe stürzen lassen. Im Randbereich der Abbauwände dürfen deshalb keine grossen Bäume stehen gelassen werden, solange unter diesen Bereichen noch gearbeitet wird. Aufkommende Bäume müssen rechtzeitig abgeholzt werden. Dies gilt insbesondere für Abbauwände, welche während Jahren nicht mehr verändert werden oder schon im aktuellen Abbauzustand definitiv wiederhergestellt sind. Diese Massnahme gilt aber nur, solange unter der entsprechenden Wand noch Abbau- oder Auffüllarbeiten stattfinden.

Lockergestein

Das Lockergestein (Moränenmaterial, Gehängelehm mit verwittertem Gipsstein, Bergsturzmaterial) kann innerhalb des Abbauperimeters eine Mächtigkeit von bis zu 22 m erreichen. Die maximalen Böschungswinkel sind bereits unter Kapitel 4.2.2 angegeben worden. Damit durch wegwitterndes Felsmaterial keine Rutschbewegungen im Lockergestein entstehen können, muss im Bereich der ursprünglichen Felsoberfläche zwischen der Lockergesteinsböschung und der Abbaukante der Felsabbauwand eine 3 m breite und mit maximal ca. 1 m Lockergestein bedeckte Sicherheitsberme stehen gelassen werden (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 9).

Damit der Abbau im Lockergestein problemlos funktioniert, muss pro 5 m Böschungshöhe eine 2 m breite, temporäre Berme vorgesehen werden. Pro 15 m Böschungshöhe muss eine definitive, 2 m breite Berme vorgesehen werden.

Steinschlag

Steinschlag kann in einem Steinbruch nie vollständig ausgeschlossen werden. Eine regelmässige (z.B. tägliche oder wöchentliche) Kontrolle der Böschungen und Felswände durch den Betrieb bezüglich aufgelockertem Fels- und Lockergesteinsmaterial ist also Pflicht. Auch müssen die Fahrerhäuser der verwendeten Maschinen und Dumper gegen Steinschlag geschützt sein. Der Betrieb organisiert allfällig notwendige zusätzliche Kontrollen (Geologe, Unternehmen für Felsreinigung) und allfällig notwendige Felsreinigungen (Bagger, Unternehmen für Felsreinigung).

4.2.4 Überwachung durch die Steinbruchkommission

Damit der Abbau, den sich im Laufe der Zeit ändernden Umständen und allfällig auftretenden geologischen Problemen angepasst werden kann, wird in einem jährlichen Bericht oder in einer jährlichen Aktennotiz an die Grubenbruchkommission mitgeteilt, wie im vergangenen Jahr abgebaut und wieder aufgefüllt worden ist und wo die Wiederherstellung abgeschlossen ist. Der Bericht soll auch beschreiben, welche Probleme aufgetreten sind, wie sie gelöst wurden, welche Bereiche im Folgejahr abgebaut oder wieder aufgefüllt und wiederhergestellt werden sollen, sowie welche Probleme im Folgejahr erwartet werden. Über den Bericht und allfällig zusätzlich zu ergreifende Massnahmen soll die Kommission abschliessend entscheiden.

5 Auffüllkonzept

Da in den Abbaubereichen Nord und Süd relativ viel Abdeckung anfällt, sieht das Auffüllkonzept folgendes vor:

- Externes Material darf erst zugeführt und abgelagert werden, wenn im Bereich Nord genügend Auffüllkapazität für internes Material geschaffen worden ist.
- Aufgefüllt werden darf nur so weit als die Volumina nicht durch zukünftiges Abdeckmaterial aus ÜO1 und ZPP benötigt werden.
- Auffüllbeginn mit externem Material ist ca. 17 Jahre nach ÜO1-Beginn. Erst dann wird in der grossen Grube Abbau Nord nicht mehr abgebaut und es kann dort aufgefüllt werden.

Die von extern zuführbaren Mengen hängen von der gewählten Auffüllhöhe ab. Es wird von folgenden Auffüllungen ausgegangen:

Abbauphase	Total Auffüllvolumen bei minimaler Auffüllung [m³]	Total Auffüllvolumen bei maximaler Auffüllung [m³]	Total (kumulativ) Intern abgelagertes Material [m³]	Von extern zuführbarem Material minimal [m³]	Von extern zuführbarem Material maximal [m³]
Phase 1	-	<261'800	129'100	-	-
Phase 2	-	261'800	258'400	-	-
Phase 3	1'910'800	2'400'000	345'300	668'100	822'100
ÜO 2	1'910'800	2'600'000	900'300	342'400	835'200

Tabelle 8: Auffüllvolumen im Rahmen von ÜO1 und ZPP (Festmass)

Falls der Abbau nach Ende von ÜO1 nicht weitergeht, so kann das externe Auffüllvolumen ÜO2 sowie das Volumen für Abdeckmaterial ÜO2 sowie die Auffüllung Abdeckung Süd aufgefüllt werden. Es ergibt sich bei minimaler Auffüllmenge (Nicht abgelagerte Abdeckung ÜO2 + Auffüllung extern mit ÜO2 + Auffüllung Süd)):

$$555'000 + 1'010'500 + 721'700 \text{ m}^3 = 2'287'200 \text{ m}^3$$

Maximale Auffüllmenge:

$$555'000 + 1'657'300 + 821'300 \text{ m}^3 = 3'033'600 \text{ m}^3$$

6 Wiederherstellung und Rekultivierung

Bei der Wiederherstellung soll im Erweiterungsbereich Süd das heute vorhandene, stark zerschnittene Gelände mit vorhandener Streusiedlung wiederhergestellt werden. Dies soll durch Wiederauffüllung mit unverschmutztem Aushubmaterial und den anschliessenden Wiederaufbau der bestehenden Gebäude entsprechend den ursprünglichen Baubewilligungen geschehen (vgl. 211 Überbauungsvorschriften). Die Wiederherstellung im Abbaubereich Nord lehnt sich deshalb an das Aussehen des Geländes im Bereich Süd.

Eine Wiederauffüllung am Hang bedingt geotechnisch sicher einbaubares Material. Da zum heutigen Zeitpunkt nicht klar ist, wie viel geeignetes Sauberaushubmaterial zum jeweiligen Zeitpunkt am Markt vorhanden ist, soll

das Auffüllvolumen diesen Verhältnissen angepasst werden. Deshalb wurde eine minimale und eine maximale Auffüllhöhe generiert, welche später im Rahmen eines Baubewilligungsverfahrens angepasst werden kann.

6.1 Vorgehen

Die Wiederauffüllung des Steinbruchs wird je nach verfügbarem unverschmutztem Aushubmaterial das Niveau des ursprünglichen Geländes entweder nicht erreichen oder an anderer Stelle sogar überragen. Nur im Bereich der Hochspannungsleitung soll das Niveau der Wiederauffüllung unter dem heutigen Niveau bleiben. Im obersten Bereich des Felskegels unter den Masten ist eine Stufenrekultivierung als Erosionsschutz vorgesehen.

Die Auffüllung darf nur mit kontrolliert unverschmutztem Aushubmaterial (Typ A gemäss VVEA) erfolgen. Im Betrieb wird deshalb angeliefertes Material einer Eingangskontrolle unterzogen und bei Verdacht auf Verschmutzung zurückgewiesen. Das angelieferte Material wird mittels Strassenlastwagen in den Auffüllbereich (Nord oder Süd) transportiert und direkt vor Ort abgelagert. Zur Verhinderung von Schmutzspuren auf Gemeinde- und Kantonsstrasse müssen die Lastwagen bei der Betriebsfläche Nord eine Radwaschanlage passieren. Der Einbau des unverschmutzten Aushubmaterials muss nach den Regeln des Erdbaus erfolgen. Eine Drainageschicht auf der Steinbruchsohle sowie Drainagezwischen-schichten oder alternativ Drainagekörper werden benötigt, damit das eingebaute Material genügend entwässern kann, damit der Wasserdurchfluss durch das Ablagerungsmaterial gewährleistet werden kann und damit das Karstgrundwasser nicht durch Ausschwemmungen verunreinigt wird. Die obersten 2 – 3 Meter der Auffüllung können dabei weniger stark verdichtet werden, damit das Pflanzenwachstum nach Beendigung der Auffüllung nicht beeinträchtigt wird. Das Vorgehen bei der Wiederherstellung ist im Bodenschutzkonzept (223) festgelegt. Prinzipiell wird unter dem Ober- und wo vorhanden Unterboden eine drainierende Schicht als dritter Horizont eingebaut. Dies erhöht die Stabilität der Böschungen und erlaubt z.B. das Anlegen von Trockenstandorten.

Damit die Lockergesteinsböschungen langzeitstabil bleiben, werden sie rasch bepflanzt. Bei nicht definitiven Böschungen erfolgt die Bepflanzung ohne Humus.

6.2 Bodenmanagement und Bodenzwischenlager

Für Bodenzwischenlager stehen diverse Plätze zur Verfügung. Generell besteht im Bereich Abbau Nord aber ein Defizit an Boden, sodass keine langfristigen Depots angelegt werden müssen. Genauer (wie z.B. die zwischenzulagernden Bodenvolumina je Abbauzustand) wird im Bodenschutzkonzept (223) geregelt. Mögliche Bereiche zum Ablagern von Boden:

- Betriebsfläche Süd, Abbau Süd: Vom Platz kann eine Fläche von über 7'800 m² verwendet werden. Gleichzeitig stehen in der Sicherheitszone neben dem Brecherplatz nochmals 2'200 m² zur Verfügung.
- Sohlenabsenkung Nord: Bis zum Ende des Abbaus im Bereich Nord (Sohlenabsenkung) stehen ab Beginn Parallelabbau Süd im Bereich südwestlich der Sohlenabsenkung bis zu 5'800 m² für Bodenzwischenlager zur Verfügung.
- Bereich Bodenzwischenlager gemäss aktuell bewilligter ÜO: 1'120 m².

Überschlagsmässig lassen sich die Bodenvolumina wie folgt abschätzen:

- Abbaubereich Nord, Phase 1: Keine weiteren Abdeckungen mit Bodenanfall notwendig.
- Abbaubereich Süd, Phase 2: 6'000 m³ Oberboden und 12'700 m³ Unterboden. Minimal benötigte Fläche Depot Oberboden: 3'900 m² und Depot Unterboden 4'300 m².
- Abbaubereich Süd, Phase 3: Zu diesem Zeitpunkt wird im Bereich Nord bereits mehr Unterboden benötigt, als in den Phasen 2 und 3 anfällt. Der Unterboden muss also nicht zwischengelagert werden. Die entsprechenden Depotflächen (4'300 m²) werden wieder frei. Oberboden fällt 11'200 m³ an. Verbrauch Oberboden bis zu diesem Zeitpunkt: 4'100 m³. Benötigte Depotfläche: 3'700 m². Bei der Betriebsfläche und in der Sicherheitszone bei der Betriebsfläche stehen 5'400 m² zur Verfügung.

Die überschlagsmässige Rechnung zeigt, dass genügend Depotfläche zur Verfügung gestellt werden kann.

6.2.1 Prinzipien während dem Abbau

Während dem Abbau wird der Boden - nach Ober- und wo vorhanden Unterboden getrennt abgetragen und in Bodenzwischenlagern zwischengelagert. Der Abtrag erfolgt während meteorologisch günstigen Bedingungen bei genügend tiefer Bodenfeuchte und unter Aufsicht des bodenkundlichen Baubegleiters.

Es ist geplant, den im Rahmen des Baus der Erschliessungspiste und der Betriebsfläche sowie den im Rahmen der Öffnung der Bereiche «Phase 1» und «Phase 2» anfallenden Boden im Bereich Nord zu verwenden. Dadurch werden weniger Bodenzwischenlager benötigt und der im bestehenden Perimeter fehlende Boden kann aus dem Erweiterungsperimeter zugeführt werden. Dies bedeutet aber auch, dass am Ende der Auffüllphase im Erweiterungsperimeter Boden zugeführt werden muss.

Bodenzwischenlager sind in der Sicherheitszone und in jeweils noch nicht für den Abbau freigegebenen Bereichen, randlich auf der Betriebsfläche Süd und in fertig abgebauten Bereichen im Abbauperimeter Nord, welche noch auf die Auffüllung warten, geplant. Das Bodenmanagement erfolgt gemäss Bodenschutzkonzept.

6.2.2 Wiedereinbau des Bodens

Der Wiedereinbau des Bodens erfolgt gemäss den Prinzipien von Kapitel 6.1. Unter dem je nach Standorttyp eingebauten Ober- und Unterboden wird ein drainierender C-Horizont eingebaut. Dieser ist für die Langzeitstabilität der Auffüllung wichtig.

7 Betriebsfläche und Infrastrukturen

7.1 Bestehende Bauten und Infrastrukturen - Wiederaufbau und Verlegung

Sämtliche Bauten und Installationen ab bestehendem Brecherplatz bis zu den Anhydrit-Gips-Silos und zum Bahnanschluss werden für die Sohlenabtiefung und den Erweiterungsperimeter weiterverwendet. Diese liegen auf Gemeindeboden Leissigen und haben eine gültige Bewilligung und sind nicht Bestandteil der vorliegenden ÜO1.

Sämtliche im Erweiterungsperimeter vorhandenen Bauten (Ställe / Wochenendwohnungen) werden vorgängig zum Abbau abgebrochen und 5 Jahre nach im entsprechenden Bereich erfolgter Wiederauffüllung (Abwarten von Setzungen) wiederaufgebaut. Der Wiederaufbau erfolgt gemäss Grundbucheinträgen, Originalplänen (wenn vorhanden), Dokumentation vor dem Abbruch sowie Luftfotos. Der Umfang und die mögliche Nutzung sollen dem Zustand wie vor dem Abbruch entsprechen.

Die Abwassersammlung erfolgt in geschlossenen Gruben, welche regelmässig ausgepumpt werden müssen.

4. Um die Wasserversorgung nördlich Gurreweidli durchgehend zu gewährleisten, wird eine neue Transportleitung von der Wasserversorgungs-Genossenschaft Kaltenbrunnen (WVG) als Freispiegelleitung verlegt. Diese wird ab dem bestehenden Anschlusspunkt «TIPI» entlang der Strasse oberhalb des Perimeters ZPP, ab dem westlichsten Berührungspunkt von Strasse und Perimeter ZPP in der Sicherheitszone ZPP und im Nordbereich dann innerhalb des Perimeters kommunaler Richtplan verlegt (vgl. Abbildung 10). Soweit es die Geländetopographie ermöglicht, wird die Leitung innerhalb des Sicherheitsbereichs des Perimeters ZPP installiert. Die neue Transportleitung bleibt auch nach Ende der Wiederauffüllung in diesem Bereich bestehen. Die Leitung soll möglichst mittels Pressvortrieb verlegt werden.

Die zurzeit bestehende Transportleitung führt durch das Abbaugebiet der Phase 3 (Chalberstall, vgl. Abbildungen 5, 6 und 7). Bis zum Ende der Abbauphase 2 kann die Leitung demnach weiterhin genutzt werden. Im Anschluss erfolgt ein etappierter Rückbau des Leitungsabschnittes zwischen dem neu installierten Anschluss «Nord» und der Abzweigung «Schwendiweid / Chablerstall». Der Leitungsbereich direkt westlich der Abzweigung wird ab der Abbauphase 3 bis zum Ende der ÜO1 weiterhin für die konstante Wasserversorgung der beiden Häuser in Schwendiweid verwendet. Nach der Auffüllung dient dieser Abzweigungspunkt ausserdem als Ausgangspunkt einer neu installierten Anschlussleitung mit der die wieder aufgebauten Häuser mit Frischwasser versorgt werden.

Die Erschliessung der Betriebsfläche erfolgt bis zum Abschluss der Abbauphase 2 durch Verlängerung des bestehenden Hausanschlusses nördlich von Schwendiweid. In der darauffolgenden Abbauphase 3 erfolgt die Erschliessung der Betriebsflächen ab dem Anschlusspunkt «Nord» der neu verlegten Transportleitung, von dem aus eine zusätzliche Zubringerleitung zu beiden Betriebsflächen verlegt wird.

Die Hochspannungsleitung wird nicht verändert. Sie bleibt am aktuellen Standort. Unter den Masten wird entsprechend der Vorgabe der Firma Swissgrid ein Felskegel stehen gelassen. Das genaue Vorgehen wurde in Zusammenarbeit mit Swissgrid erarbeitet.

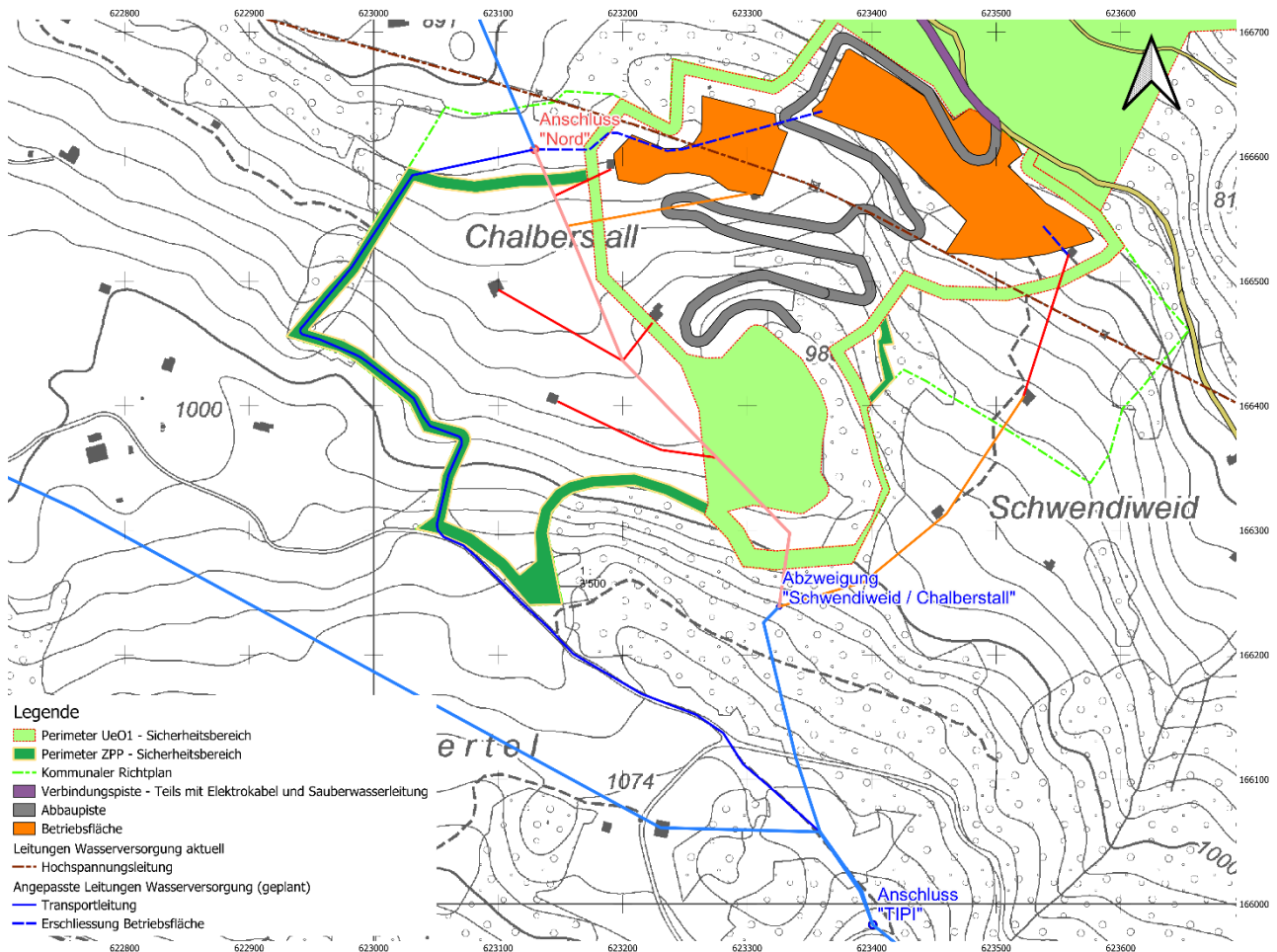


Abbildung 10: Leitungen im Erweiterungsperimeter

7.2 Mannschaftscontainer, Parkplätze etc.

Auf den beiden Betriebsflächen Süd sind folgende Bauten und Anlagen geplant:

- Absetz- und Rückhaltebecken (ca. 13 m x 27 m)
- Rückhaltebecken (ca. 5 m x 12 m)
- Bereich 20 m x 20 m für zusätzliches Becken
- 4 Container: 1x Büro, 1x Mannschaft (Aufenthalt für 4 - 6 Personen), 1x Material / Werkzeuge), 1x Schmierstoffe (auf befestigtem und versiegeltem Boden. Entwässerung via Ölabscheider und Rückhaltebecken mit Schieber, welches abgepumpt werden kann).
- 1 Fäkaliengrube
- 2x mobiler Tank (Dieselöl) mit betonierter Sohle und Entwässerung über Ölabscheider in ein kleines Rückhaltebecken mit Schieber, welches abgepumpt werden kann.
- Radwaschbereich mit Wasserrückgewinnung (geschlossenes System, Wasseraustausch durch Abpumpen in Zisternenwagen und Abtransport zur Kanalisation/ARA)

- Befestigte und versiegelte Parkplätze, Entwässerung via Ölabscheider und Rückhaltebecken mit Schieber, welches abgepumpt werden kann. (6 Abstellplätze für Maschinen / Dumper, 4 PW-Parkplätze).
- Brecher mit Abwurfstelle und Übergabestation auf die Materialförderanlage.
- Materialförderanlage zwischen den Betriebsflächen Süd und Nord mit Energierückgewinnung

Die Wasserversorgung für die Betriebsfläche erfolgt ab der verschobenen Leitung der WVG Kaltenbrunnen. Elektrizität wird über ein Kabel in der Erschliessungspiste zugeführt. Die Entwässerungsleitungen ab dem Steinbruch sind in Kapitel 0 beschrieben.

8 Materialtransport

Der Materialtransport erfolgt in den Abbaubereichen Nord und Süd mittels Dumper. Der Transport vom Bereich Süd zum Bereich Nord erfolgt mittels Materialförderanlage sowie den im Bereich Nord bereits heute bestehenden Förderbändern.

Für die Wiederauffüllung müssen die anliefernden Lastwagen bis zur Abwurfstelle im Auffüllbereich fahren. Vor dem Verlassen des Geländes müssen sie eine Radwaschanlage passieren.

Die Zufahrt von Extern erfolgt ab Spiez entlang dem Thunersee, ab Interlaken via Leissigen (Abbildung 2).

Die interne Erschliessung erfolgt mittels Abbau- und Auffüllpisten, welche laufend an die aktuelle Abbau- bzw. Auffüllsituation angepasst werden (vgl. z.B. Abbildung 5 bis Abbildung 7)

Der Privatverkehr wird, soweit möglich, vom Steinbruchverkehr entflechtet. Einzig im Wald zwischen den Bereichen Nord und Süd wird die Gemeindestrasse als Teil in die Verbindungspiste integriert. Diese Piste wird aber nur für den Zugangsverkehr zum Steinbruch, Bereich Süd und zum Verschieben von Maschinen und Fahrzeugen benutzt. Ab Beginn der Wiederauffüllung im Teil Süd soll sie dann auch von den Strassenlastwagen benutzt werden, welche das Auffüllmaterial anliefern.

9 Entwässerung

Der bestehende Steinbruch und das Erweiterungsgebiet befinden sich auf der Südseite des Thunersees. Das Abbaugelände Nord hat bereits eine gut funktionierende Entwässerung (vgl. 311 UVB, Kapitel 5.10.2). Diese wird aber aufgrund einer Mitwirkungseingabe in Kapitel 9.1 überprüft. Das Erweiterungsgebiet Süd der ÜO1 umfasst ca. 85'000 m². Das Orographische Einzugsgebiet ausserhalb des Steinbruchs beträgt ca. 230'000 m². Allerdings wird oberflächlich zufließendes Wasser fast vollständig durch die direkt oberhalb des Perimeters verlaufende Gemeindestrasse nach Westen abgeleitet. Das wirksame Einzugsgebiet ist deshalb nur 39'000 m². Auch in der Tiefe besteht südlich des Erweiterungsgebietes eine Südost - Nordwest verlaufende Struktur mit einer Reihe von Einsturztrichtern, welche in der Tiefe zufließendes Wasser in Richtung Nordwesten um das Erweiterungsgebiet herumleitet. Damit ist auch das Einzugsgebiet für unterirdisches Wasser nur 39'000 m² gross. Dabei bleibt das von Süden zufließende Wasser in Bereichen, welche nicht abgebaut werden (Erweiterter Sicherheitsbereich im Südosten, Orchideengebiet im Süden). In den nördlich daran anschliessenden Bohrungen wurde sehr wenig Wasser festgestellt (RB1-13, RB1-15-1, RB1-15-2).

Um möglichst wenig von aussen zufließendem Wasser im Steinbruch zu haben, sind deshalb im Rahmen der ÜO1 keine Massnahmen erforderlich:

Im Steinbruch selbst werden aber trotzdem Massnahmen benötigt. Es sind folgende Massnahmen vorgesehen.

- Fassen von im Steinbruch fließendem, trübem Wasser. Ableiten via Absetz- und Rückhaltebecken und über die ökologisch gestaltete Rückhaltefläche.
- Fassen von dem Steinbruch zufließendem Sauberwasser. Direktes Ableiten via ökologisch gestaltete Rückhaltefläche.

9.1 Erwartete Niederschlagsmengen und Wasseranfall

9.1.1 Abbaubereich Nord (ÜO1)

Der Abbaubereich Nord verfügt bereits über eine gut funktionierende Entwässerung. Von ausserhalb des Abbaubereiches Nord dem Steinbruch zufließendes Wasser (ober- und unterirdisch) wird um den Steinbruch herumgeleitet und dort versickert. Oder es fliesst in den Fritzenbach. Wasser, welches im zentralen Bereich mit Sohlenabsenkung anfällt, versickert in diesem Bereich. Es handelt sich da um die tiefste Stelle des Abbaus ohne natürlichen Abfluss. Bisher musste aber nie Wasser herausgepumpt werden. Sollte trotzdem mal Wasser gepumpt werden müssen, wirkt die Steinbruchsohle als überdimensional grosses Absetzbecken mit annähernd der Fläche, auf welcher der Niederschlag anfällt. Aus den höher gelegenen Randbereichen des Abbaus Nord fliesst das anfallende Niederschlagswasser in Richtung Absetzbecken Strigelloch. Damit ergeben sich folgende Flächen:

- Fläche ohne natürlichen Abfluss mit direkter Versickerung im Untergrund: 22'900 m² (aktueller Zustand) bis 33'300 m² (Endzustand Nord ohne Auffüllung)
- Fläche mit Abfluss in Richtung Absetzbecken Strigelloch: 34'100 m² (aktueller Zustand) bis 23'700 m² (Endzustand Nord ohne Auffüllung)
- Das Wasser von den restlichen Flächen versickert in der näheren Umgebung z.B. in bereits renaturierten Bereichen. Auch Oberflächenwasser aus diesen Bereichen fliesst nicht in Richtung Strigelloch (aktuelle Fläche des Absetzbeckens: 190 m²).

Es gibt verschiedene Methoden, einen Regen mit einer bestimmten Wiederkehrperiode zu bestimmen.

1. Gemäss Hörler et al liefert ein 100 Jahres Regen von 15 Minuten in der Gegend von Thun 391 l/s/ha.
2. Gemäss SN640350 Regenintensität beträgt die Regenintensität in Krattigen (Regenmässig im Übergangsbereich Mittelland/Voralpen - seltenere Ereignisse als 20 Jahre können nicht berechnet werden) bei einem 20-jährlichen 15 Minuten-Ereignis 366 l/s/ha

Maximal entwässern im zukünftigen Abbau Nord mit Sohlenabsenkung 34'100 m² offene Steinbruchfläche in Richtung Absetzbecken Strigelloch. Der Abflusskoeffizient von offenen Steinbruchflächen ist 0.8.

Der 15 Minuten 100-Jahres-Regen ergibt: $0.8 \cdot 391 \cdot 60 \cdot 0.34 \text{ l/min} = 6'381 \text{ l/min}$. Das notwendige Absetzbecken gemäss VSA/SIA 431 muss damit eine Fläche von 211 m² haben. Das bestehende Absetzbecken Strigelloch (190 m²) erlaubt eine maximale Durchflussmenge von 5'757 l/min. Dies kann gelöst werden, indem die Retention erhöht wird:

- Benötigtes Retentionsvolumen $(6'381 \text{ l/min} - 5'757 \text{ l/min}) \cdot 15 \text{ min} = 9.36 \text{ m}^3$. Die Anlaufzeit bis zum Auftreten der vollen Wassermenge beträgt dabei ca. 6 Minuten, wenn von einer generellen Neigung des Abflusses entlang der Erschliessungspiste von 10% ausgegangen wird. Damit wäre die Nachfliesszeit auch 6 Minuten. D.h. die Regenmenge verteilt sich auf 21 Minuten. Die durchschnittliche Schüttung beträgt dann nur noch $15/21 \cdot 6'381 \text{ l/min} = 4'558 \text{ l/min}$.
- Wird von keiner Anlaufzeit ausgegangen, so benötigt das bestehende Absetzbecken 5 cm zusätzliche Tiefe, um die Wassermenge eines 15-Minütigen 100- Jahres Regens aufzunehmen. Der Ablauf muss auf maximal 5'757 l/min gedrosselt sein, damit keine Schmutzfahne in den Fritzenbach gelangt. Diese Drosselung wird bei Bewilligung überprüft und allenfalls angepasst.
- Die minimale Schlammraumtiefe muss im gesamten Absetzbecken 60 cm betragen, andernfalls muss Schlamm ausgebagert werden. Dies wird regelmässig kontrolliert werden.
- Die minimale Tiefe des Absetzraumes beträgt im gesamten Absetzbecken 65 cm (wovon 5 cm zusätzlicher Retentionsraum). Dies wird überprüft und allenfalls im Rahmen der Drosselung des Ablaufs aus dem Absetzbecken angepasst.

Die Berechnungen zeigen, dass das Absetzbecken mit allenfalls sehr geringen Anpassungen die erforderlichen Bedingungen zu Beginn der Sohlenabsenkung Nord erfüllt. Mit dem fortschreitenden Abbau Nord wird sich die 100-jährliche Wassermenge reduzieren auf 4448 l/min.

9.1.2 Abbaubereich Süd (ÜO1 und ÜO2)

Die Dimensionierung erfolgt bereits für den Fall der ZPP, damit die Leitungen definitiv verlegt werden können und damit die Absetzbecken genügend gross dimensioniert werden. Da die höchstgelegenen Abbaubereiche

und die Bereiche direkt oberhalb der Betriebsfläche Süd nach dem Abbau bereits provisorisch begrünt werden sollen, kann davon ausgegangen werden, dass während dem Abbau ÜO2 nie viel mehr als die Hälfte des Gebietes abgedeckt sein wird. Es wird deshalb von einer abgedeckten Fläche von maximal 110'000 m² ausgegangen und auf ein 100-Jahres Ereignis berechnet.

Ein 100 Jahres Regen von 15 Minuten in der Gegend von Thun liefert gemäss Hörler et al einen Wasseranfall von 391 l/s/ha. Daraus ergibt sich:

- Im Südwesten anfallendes Wasser (ab ÜO2): maximal 940 l/s während 15 Minuten. Der Abflusskoeffizient von Grasland für oberirdisch abfließendes Wasser ist 0.1. Unterirdisch fliesst etwa 1/3 des Wassers ab. Damit muss die oberirdische Drainage bei einem 100 jährlichen Starkregen 94 l/s aufnehmen können, während die unterirdische Drainage 315 l/s aufnehmen muss.
- Im Steinbruch fallen während 15 Minuten eines 100 Jahres Regens ca. 4300 l/s Wasser an, welche zurückgehalten werden müssen. Dabei beträgt der Abflusskoeffizient in der Umgebung der Abbaupiste und im Bereich, wo temporär wiederhergestellt oder wieder aufgefüllt wird, 0.25 und im Abbaubereich 0.8 (ca. 1/4 des Gebietes). Es fließen also $4300 \cdot (0.8 \cdot 0.25 + 0.25 \cdot 0.75)$ l/s = ca. 1'670 l/s Wasser während 15 Minuten ab. Es wird ein Rückhaltebecken mit einer Kapazität von 1'500 m³ benötigt, um ein hundertjährliches Hochwasser zurückhalten zu können. Beispiel: Becken 20 m x 30 m und 2.5 m tief. Das Becken soll auf der Betriebsfläche Süd angelegt werden.

Wird, wie normalerweise üblich, nur mit einem 15 Minuten dauernden 10 Jahres Regen gerechnet, so erhält man für die Gegend von Thun einen Wasseranfall von 134 l/s/ha. Daraus ergibt sich:

- Im Südwesten anfallendes Wasser: 320 l/s während maximal 15 Minuten. Der Abflusskoeffizient von Grasland für oberirdisch abfließendes Wasser ist 0.1. Unterirdisch fliesst etwa 1/3 des Wassers ab. Damit muss die oberirdische Drainage bei einem 10-jährlichen Starkregen 11 l/s aufnehmen können, während die unterirdische Drainage 110 l/s aufnehmen muss.
- Im Steinbruch fallen während 15 Minuten eines 10 Jahres Regens ca. 1'500 l/s Wasser an, welche zurückgehalten werden müssen. Dabei beträgt der Abflusskoeffizient in der Umgebung der Abbaupiste und im Bereich, wo wiederhergestellt oder wieder aufgefüllt wird, 0.25 und im Abbaubereich 0.8 (ca. 1/4 des Gebietes). Es fließen also $1500 \cdot (0.8 \cdot 0.25 + 0.25 \cdot 0.75)$ l/s = ca. 580 l/s Wasser während 15 Minuten ab. Deshalb wird ein Rückhaltebecken mit einer Kapazität von 522 m³ benötigt, um ein zehnjährliches Hochwasser zurückhalten zu können. Beispiel: Becken 20 m x 11 m und 2.5 m tief. Das Becken soll auf der Betriebsfläche Süd angelegt werden.

9.2 Dimensionierung

Wie bereits in Kapitel 9.1 beschrieben, wird das Entwässerungskonzept mindestens auf einen 10 Jahres Starkregen ausgelegt. In Bereichen mit starker Hangrutschgefährdung ist allerdings die Dimensionierung auf einen 100 Jahres Starkregen sinnvoll. Damit ergeben sich folgende Dimensionierungen:

- Steinbruchbereich: Das Wasser wird möglichst in offenen Gerinnen entlang der Bermen zur Erschliessungspiste und ab da in einem Kunststoffrohr in Richtung Betriebsfläche geführt.
- Minimaler Durchmesser Kunststoffrohr gemäss Darcy-Weisbach für eine Wassermenge von 580 l/s: 400 mm (Innendurchmesser 379 mm). Bei Ableitung im offenen Gerinne wird eine Auskleidung mit sehr glatter Oberfläche benötigt. Bei Auskleidung mit Holz beträgt der notwendige Gerinnequerschnitt ca. 0.75 m Breite und 0.3 m Einstautiefe.
- Benötigtes Absetz- und Rückhaltebecken: 522 m³ ohne Schlammabsetzbereich. Bei 1 m Schlammabsetzbereich und 2.5 m Beckentiefe ergibt dies ein Becken mit einer Fläche von beispielsweise 13 m x 27 m. Damit sich das Becken in spätestens 2 Tagen leeren kann, muss der gedrosselte Auslauf eine Kapazität von 180 l/min (3 l/s) aufweisen. Das Wasser soll im Waldstück zwischen dem alten und dem neuen Perimeter als offener Graben geführt werden. Im aktuell gültigen Abbauperimeter (bestehender Steinbruch) wird es dann in einem Kunststoffrohr entlang der Erschliessungspiste geführt und in die Retentionsfläche abgeleitet, welche in der Endgestaltung des aktuell gültigen ÜO-Perimeters vorgesehen ist. Dimensionierung des Kunststoffrohrs für eine Ableitkapazität von 20 l/s gemäss Darcy-Weisbach: 110 mm (Innendurchmesser 104 mm).

Die Absetz- und Rückhaltebecken müssen periodisch (z.B. einmal pro Jahr bzw. wenn der Schlamm die Hälfte des maximalen Absetzpegels erreicht) gereinigt und von abgesetztem Schlamm befreit werden, damit sie bei

einer Hochwassersituation voll funktionstüchtig sind. Die geschlossenen Rohrleitungen müssen mit Kontroll- und Spülschächten ausgestattet sein.

Das Entwässerungskonzept muss jährlich den beim Abbau und der Wiederauffüllung angetroffenen Verhältnissen angepasst werden. Allenfalls wird auch eine Entwässerung des Auffüllmaterials (unverschmutztes Aushubbaterial) benötigt. Das Konzept muss deshalb jährlich angepasst und der Grubenkommission zur Genehmigung vorgelegt werden. Diese entscheidet abschliessend.

9.3 Parkplätze, Betankungsanlagen, Depots von Schmierstoffen

Parkplätze, Betankungsanlagen und Depots von Schmierstoffen werden mit einem versiegelten Boden versehen. Die Entwässerung erfolgt via Ölabscheider und Rückhaltebereich mit Schieber und Möglichkeit zum Abpumpen.

10 Impressum

Bern, 10.3.2026

Projektbeteiligte

Daniel Oberholzer (CSD Ingenieure AG, Projektleiter, Lic. phil. nat. Geograf)

Dieter Böhi (Kellerhals + Haefeli AG, Dr. phil. nat. Geologe)

Janina Noack (CSD Ingenieure AG, MSc Geografin)

KELLERHALS + HAEFELI AG



Dieter Böhi
Dr. phil. nat. Geologe



Simon Kissling
MSc Geologe

11 Disclaimer

KELLERHALS + HAEFELI AG bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

KELLERHALS + HAEFELI AG geht davon aus, dass

- ♦ ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- ♦ von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- ♦ die Arbeitsergebnisse nicht ungeprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt KELLERHALS + HAEFELI AG gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch KELLERHALS + HAEFELI AG jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.