

---

Masterarbeit

---

**Materialbewirtschaftungskonzept und deren  
Auswirkungen auf den Standort Brunnen der  
HOLCIM (Schweiz) AG**

---

**BSc Thomas Rödhammer**

Datum(01/05/2012)



---

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.“

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

---

Datum

---

Unterschrift

---

## **Vorwort, Widmung, Danksagung**

---

Diese Masterarbeit möchte ich meinen Eltern, Martha und Hubert Rödhammer widmen und ihnen somit für die Unterstützung während meiner Studienzeit danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt Dr. Robert Nothnagel von der Firma HOLCIM (Schweiz) AG, der mir diese Masterarbeit ermöglicht hat.

Weiters möchte ich mich bei meinem Betreuer Dr. Roman Lurf, sowie bei Dr. Thomas Oberndorfer und Robert Steiner für die tatkräftige Unterstützung bedanken.

---

## Zusammenfassung

---

Ziel dieser Masterarbeit ist es ein Materialbewirtschaftungskonzept für Tunnelausbruchmaterial, sowie dessen Auswirkungen auf den Steinbruchbetrieb Brunnen zu erstellen. Die Grundlage für diese Arbeit stellt ein ca. 7,3 km langes Tunnelprojekt dar, welches nur wenige 100 Meter vom Werksgelände der Firma HOLCIM (Schweiz) AG entfernt ist und ab dem Jahr 2014 realisiert werden soll. Im Vorfeld wurden bereits Überlegungen angestellt, dass das beim Tunnelvortrieb anfallende Tunnelausbruchmaterial teilweise bzw. zur Gänze abgenommen und verwertet werden könnte. Im Gegenzug hierzu, könnte ein Großteil des für den Tunnelbau benötigten Materials wie Betonzuschläge und Material für den Straßenunterbau, produziert und an die bauausführende Firma verkauft werden. Auf Grund der großen Menge an Ausbruchsmaterial (~2,6 Mio. Tonnen) werden verschiedene Zwischen- bzw. Endlagermöglichkeiten diskutiert und hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Flächen ermittelt. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Masterarbeit, stellt die Planung verschiedener Deponievarianten im Gebiet Schönenbuch dar.

Unabhängig vom oben genannten Tunnelprojekt wurde eine Verlegung des aktuellen Brecherstandortes diskutiert und mittels Surpac geplant. Diese Planung erfolgte im Hinblick auf die zukünftige strategische Abbauentwicklung des Steinbruches Hettis. Zudem wurden verschiedene Möglichkeiten, eines neuen Trassenverlaufs des Fördersystems vom neuen Brecherstandort zur Aufbereitungsanlage aufgezeigt.

---

## Abstract

---

The objective of this master thesis is to develop a materials management concept for tunnel excavation material and an assessment for the potential impacts of this to the quarry Brunnen. The basis for this work represents a tunnel project, of approximately 7,3 km and the tunnel portal is a few 100 m from the quarry location of the company HOLCIM (Schweiz) AG away. The tunnel project will commence throughout 2014. Considerations regarding the usage of the tunnelling excavation material at the quarry have been made in the past. In addition to the usage of the tunnel excavation material, a large amount of material required for the tunnel construction could be produced at the quarry and sold to the tunnelling contractor company. Due to the large quantities of excavated material from the tunnel development (~2,6 Mio. tons) a number of temporary and final dump locations were assessed. Another key part of this master thesis is to plan and assess different dump strategies at the location Schönenbuch.

Independent to the tunnel project mentioned above a new crusher location was assessed and planned with Surpac. This crusher location considered the future strategic excavation development at the quarry Hettis. Furthermore a number of different conveyor systems from the new crusher location to the processing plant have been identified and evaluated.

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Ehrenwörtliche Erklärung .....	II
Vorwort, Widmung, Danksagung .....	III
Zusammenfassung .....	IV
Abstract .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VI
1 Einleitung .....	1
2 Projektdaten/Übersicht Tunnelprojekt Axenstraße N4 .....	3
2.1 Geologie und Materialqualitäten der beiden Tunnel .....	5
3 Vortriebsvarianten .....	7
3.1 Variante Sprengvortrieb .....	7
3.2 Variante Tunnelbohrmaschine .....	13
4 Zwischenlager Tunnelausbruchmaterial .....	20
4.1 Zwischenlager Werksgelände .....	20
4.2 Zwischenlager Steinbruch Hettis .....	21
4.3 Vergleich verfügbare und benötigte Zwischenlagerkapazität .....	22
5 Deponie Schönenbuch .....	23
5.1 Deponie Schönenbuch Variante 1 .....	33
5.2 Deponie Schönenbuch Variante 2 .....	34
5.3 Deponie Schönenbuch Variante 3 .....	35
5.4 Vergleich verfügbares und benötigtes Deponievolumen .....	36
6 Auswirkungen auf den Steinbruch Hettis .....	37
6.1 Planung Brecherstandort .....	38
6.1.1 Geologie und Geotechnik .....	42
6.1.2 Trassenführung Fördersystem .....	47
7 Literaturverzeichnis .....	50
8 Abbildungsverzeichnis .....	51
9 Tabellenverzeichnis .....	53
10 Abkürzungsverzeichnis .....	54
Anhang .....	I

---

# 1 Einleitung

---

Im Blickpunkt dieser Masterarbeit steht der Steinbruch der Firma HOLCIM (Schweiz) AG, bei dem diverse Gesteinskörnungen mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen produziert werden. Dieser Steinbruch befindet sich in Brunnen/Ingenbohl im Kanton Schwyz (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1: Standort Holcim Brunnen (GoogleEarth, 2012)**

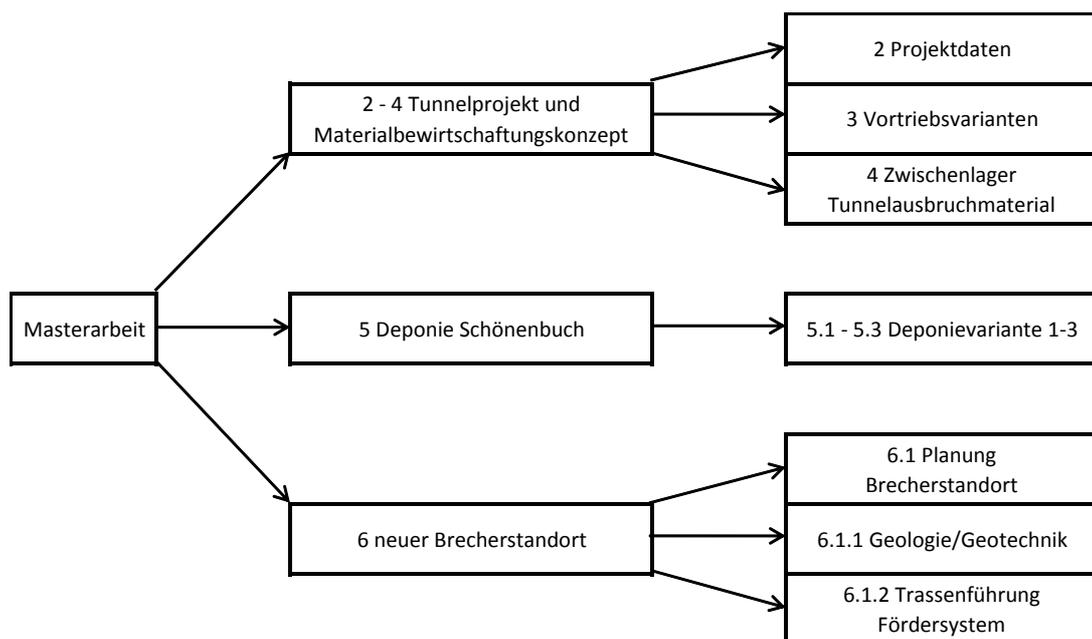
Der erste Teil dieser Masterarbeit behandelt das Thema „Tunnelprojekt und Materialbewirtschaftungskonzept“. Neben dem Werksgelände der HOLCIM (Schweiz) AG soll ab dem Jahr 2014 ein Tunnelprojekt realisiert werden. Im Vorfeld wurden bereits Überlegungen angestellt, dass das beim Tunnelvortrieb anfallende Tunnelausbruchmaterial teilweise bzw. zur Gänze abgenommen werden könnte. Im Gegenzug hierzu, könnte ein Großteil des für den Tunnelbau benötigten Materials wie Betonzuschläge und Material für den Straßenunterbau, produziert und an die bauausführende Firma verkauft werden. Aufgrund der geringen Datenlage über das Tunnelprojekt wurden verschiedene Vortriebsvarianten angenommen und die zu erwartenden Ausbruchsmengen in

zeitlicher Abhängigkeit ermittelt. Für die rund 2,6 Mio. Tonnen Ausbruchsmaterial wurden die benötigten Zwischen- bzw. Endlagerkapazitäten ermittelt.

Der zweite Teil dieser Masterarbeit behandelt das Thema „Deponie Schönenbuch“. Derzeit gibt es eine genehmigte Deponie für Bodenaushubmaterial im Gebiet Schönenbuch, welches sich neben dem Werksgelände der Firma HOLCIM (Schweiz) AG befindet. In dieser Deponie soll jenes Tunnelausbruchmaterial abgelagert werden, welches für die Produktion von diversen Gesteinskörnungen aufgrund der qualitativen Anforderungen nicht verwendet werden kann. Um ein möglichst großes Deponievolumen zur Verfügung zu haben, wurden verschiedene Varianten einer möglichen Erweiterung der Deponie Schönenbuch mittels Surpac geplant und die Volumina und Mengen berechnet.

Der dritte Teil dieser Masterarbeit behandelt das Thema „neuer Brecherstandort“. Dieses Themengebiet steht nur in geringen Zusammenhang mit dem geplanten Tunnelprojekt. Das bedeutet, dass selbst bei Nichtrealisierung des Tunnelprojektes, der Brecherstandort in den kommenden ca. zwei Jahren verlegt werden muss. Hierfür wurden verschiedene Standorte gesucht und mittels Surpac geplant.

Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Themengebiete dieser Masterarbeit.



**Abbildung 2: Aufbau der Masterarbeit**

## 2 Projektdaten/Übersicht Tunnelprojekt Axenstrasse N4

Das Tunnelprojekt Axenstrasse N4 soll nach aktuellem Stand ab dem Jahr 2014 realisiert werden. Der Verlauf des Tunnels ist in der Abbildung 3 dargestellt. Das Tunnelportal, welches sich in Ingenbohl/Brunnen befindet, soll wenige 100 m neben dem Werksgelände der Firma HOLCIM (Schweiz) AG erstellt werden. Über eine offene Strecke in der Ortschaft Ort führt der Tunnel weiter nach Gumpisch. In der Abbildung 4 ist der derzeit aktuelle Zeitplan dargestellt. Die gelb markierten Jahre zeigen den Ausführungszeitraum des Tunnelprojekts.



Abbildung 3: Übersichtsplan Tunnelprojekt Ingenbohl-Gumpisch (Henauer Gugler Ingenieure und Planer, 2011)

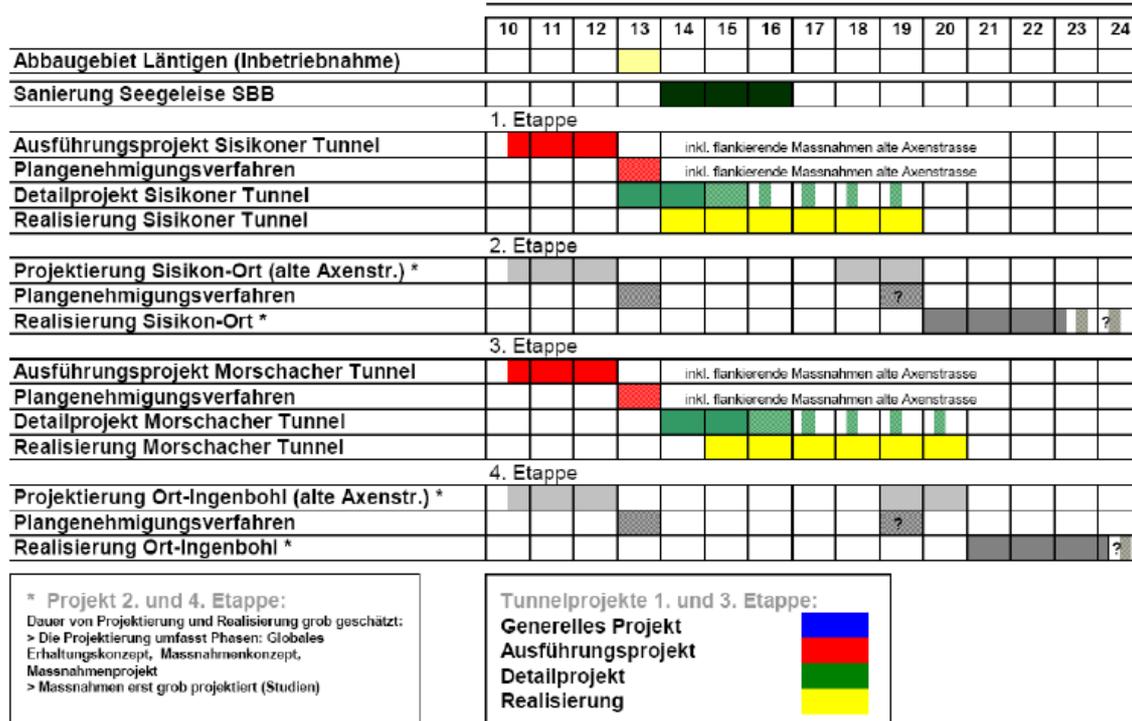


Abbildung 4: Zeitplan Tunnelprojekt Axenstrasse N4 (AKP Verkehrsingenieur, 2010)

Die Abbildung 5 gibt einen Überblick über die wichtigsten Daten des Tunnelprojektes.

	Sisikoner Tunnel	Si-Sto	Morschacher Tunnel	Si-Sto
Länge [m]	4.443	3.880	2.861	2.452
Querschnitt NP [m <sup>2</sup> ]	97,3-118,3	17	97,3	18,1
Ausbruchvolumen [m <sup>3</sup> , lose]	1.121.100		693.000	
Vortriebsart	SPV	SPV	SPV	TBM
Baudauer ca.	6,5 Jahre		6,5 Jahre	
Querstellen	14		9	
Ausstellbuchten	5		3	
Weiter Bauwerke	Zugangsstollen Dorni 2 bergm. Trafostationen bei Portalen Abluftbauwerk und -kamin inkl. Kommandozentrale		Zentrale beim Portal Ingenbohl 1 bergm. Trafostation Portal Ost Abluftbauwerk und -kamin in Tunnelmitte	

Abbildung 5: Daten Tunnelprojekt Axenstrasse N4 (Kanton Uri, 2007)

Beide Tunnel (Sisikoner und Morschacher Tunnel) werden nach den aktuell vorliegenden Unterlagen als Gegenverkehrstunnel mit einer Fahrbahnbreite von 7,75 m gebaut. Im Gebiet Ort wird eine offene Strecke mit einer Länge von 120 m erstellt. Beim Anschluss Gumpisch werden Kunstbauten mit einer Länge von ca.

193 m erstellt. Parallel zu den beiden Tunnels wird ein Sicherheitsstollen mit insgesamt 23 Querschlägen vorgetrieben. In der Tunnelmitte werden jeweils unterirdische Lüftungszentralen mit vertikalen Abluftschächten, die im Raise-Drill-Verfahren mit sprengtechnischer Aufweitung erstellt werden, gebaut. In Dorni wird ein Zwischenangriff zum Sisikoner Tunnel vorgetrieben.

---

## **2.1 Geologie und Materialqualitäten der beiden Tunnel**

---

Im September 2010 wurde bereits ein Projekt mit dem Namen „Lagerung von Tunnelausbruchmaterial in Brunnen“ von Harald Hacker und Peter Leitgeb erarbeitet. Da seither keine weiteren Unterlagen erarbeitet wurden, wurden die geologischen Daten vom oben angeführten Projekt übernommen und das Tunnelausbruchmaterial ebenfalls in die drei Qualitäten Splitt, Koffer und Ablagerung unterteilt.

### **Splitt:**

Diese Materialien stammen aus der Garschella- und Kieselkalkformation. Die petrographischen Kennwerte (LA und PSV) sind ausreichend um Splittprodukte produzieren zu können. Hierfür ist der LA-Wert kleiner gleich 30 und der PSV-Wert ist größer gleich 44.

### **Koffer:**

Diese Materialien stammen vor allem aus der Schrattekalkformation. Eine Verwendung als Betonzuschlagstoff ist petrographisch betrachtet sicher möglich. Dieses Material kann ausserdem für die Produktion von ungebundenen Gemischen und anderen Koffermaterialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen wie Verdichtbarkeit, Tragfähigkeit, Durchlässigkeit, etc. erfüllen.

### **Ablagerung:**

In diese Kategorie fallen Materialien der Drusbergschichten und der Palfris Mergel. Eine bedingte Verwendung als ungebundenes Gemisch, bzw. eine Mischung mit dem Schrattekalk wäre andenkbar. In dieser Arbeit wird allerdings davon ausgegangen, dass dieses Material nicht weiter verwendet wird.

In der Tabelle 1 und Tabelle 2 sind die unterschiedlichen Qualitäten, die beim Tunnelvortrieb anfallen, dargestellt.

Tunnelmeter Morschach		Qualität
von	bis	
0	35	Koffer
35	165	Splitt
165	345	Koffer
345	435	Ablagerung
435	1685	Koffer
1685	2861	Splitt

**Tabelle 1: Materialqualitäten Morschacher Tunnel**

Tunnelmeter Sisikon		Qualität
von	bis	
2980	3120	Splitt
3120	3200	Ablagerung
3200	4275	Koffer
4275	4430	Ablagerung
4430	5045	Splitt
5045	6265	Ablagerung
6265	6495	Koffer
6495	6605	Ablagerung
6605	6745	Koffer
6745	6860	Ablagerung

**Tabelle 2: Materialqualitäten Sisikoner Tunnel**

Es wird angenommen, dass die Materialqualitäten Koffer und Splitt zusammen zwischengelagert werden, da eine Trennung dieser Materialien beim Tunnelvortrieb sehr schwierig ist. Aus diesem Tunnelausbruchmaterial könnten Betonzuschlagstoffe und Koffermaterialien produziert werden.

Der restliche Teil des Tunnelausbruchmaterials mit der Qualität Ablagerung kann in der Deponie Schönenbuch abgelagert werden. Hierfür ist keine weitere Verwendung vorgesehen.

---

## **3 Vortriebsvarianten**

---

Das Tunnelprojekt ist in seiner Ausführung noch nicht endgültig festgelegt. Deshalb wurden in diesem Projekt zwei mögliche Varianten im Bezug auf die Vortriebsart und die Vortriebszeit angenommen. Basierend darauf wurden die Tunnelausbruchsmengen und die für den Tunnelausbau benötigten Materialien berechnet.

---

### **3.1 Variante Sprengvortrieb**

---

Bei der Variante Sprengvortrieb wird angenommen, dass von Juli 2014 bis Dezember 2016 der Tunnel, der Zwischenangriff Dorni und die Querschläge zwischen Ort und Gumpisch aufgefahren werden.

Zwischen Juli 2014 und Dezember 2014 wird der Sicherheitsstollen zwischen Brunnen und Ort mit einer Tunnelbohrmaschine vorgetrieben.

Im Anschluss daran wird von Dezember 2014 bis September 2016 der Sicherheitsstollen zwischen Ort und Gumpisch mittels Sprengvortrieb erstellt.

Anschließend wird zwischen Dezember 2016 und Dezember 2017 der Tunnel und die Querschläge zwischen Ort und Gumpisch aufgefahren.

Die Vortriebsleistung für den Sprengvortrieb wurde mit 10 m/d für den Bereich Koffer, 9 m/d für den Bereich Splitt und 4 m/d für den Bereich Ablagerung angenommen. Diese Werte wurden anhand von Erfahrungswerten der Firma HOLCIM (Schweiz) AG übernommen.

Beim Tunnelausbau wurde für die Tunnelausbaustufe 1 dieselbe Ausbaugeschwindigkeit, wie bei der Vortriebsleistung angenommen, da diese Ausbaurbeiten im Zuge des Vortriebs durchgeführt werden. Für die Tunnelausbaustufe 2 wurde eine Ausbaugeschwindigkeit von 10 m/d angenommen.

Die Querschnitte und Längen wurden aus den zur Verfügung stehenden Planungsunterlagen entnommen (siehe Tabelle 3).

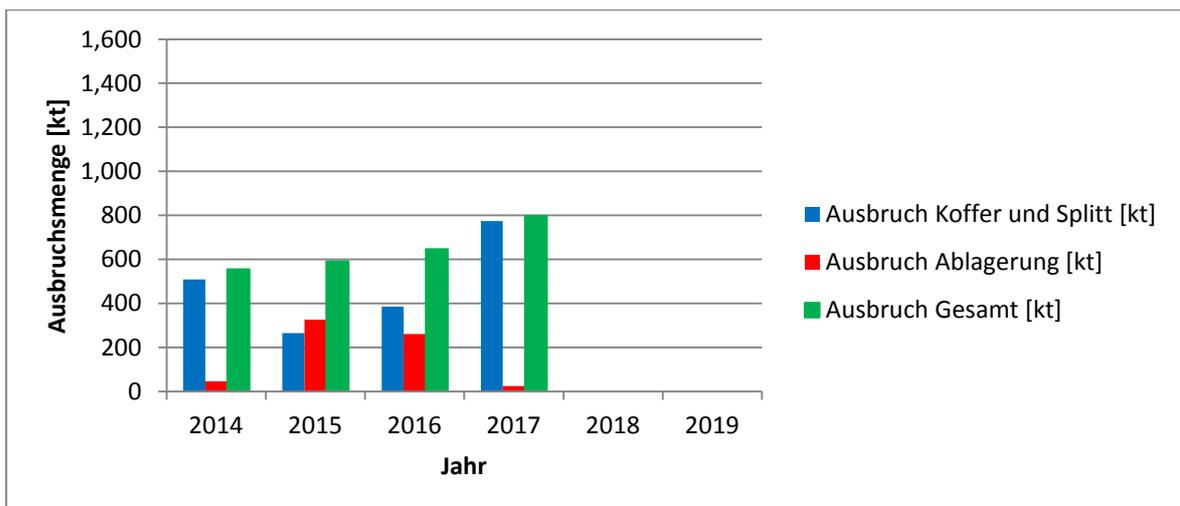
Tunnelabschnitt	Länge [m]	Querschnitt [m <sup>2</sup> ]
Gegenverkehrstunnel zwischen Brunnen und Gumpisch	7.304	97,3
Sicherheitsstollen Morschach	2.452	18,1
Sicherheitsstollen Sisikon	3.880	17,0
Querschläge und Zwischenangriff Dorni	1.436	97,3

**Tabelle 3: Querschnitte und Längen**

Dabei werden 23 Querschläge mit einer Länge von je 50 m eingeplant.

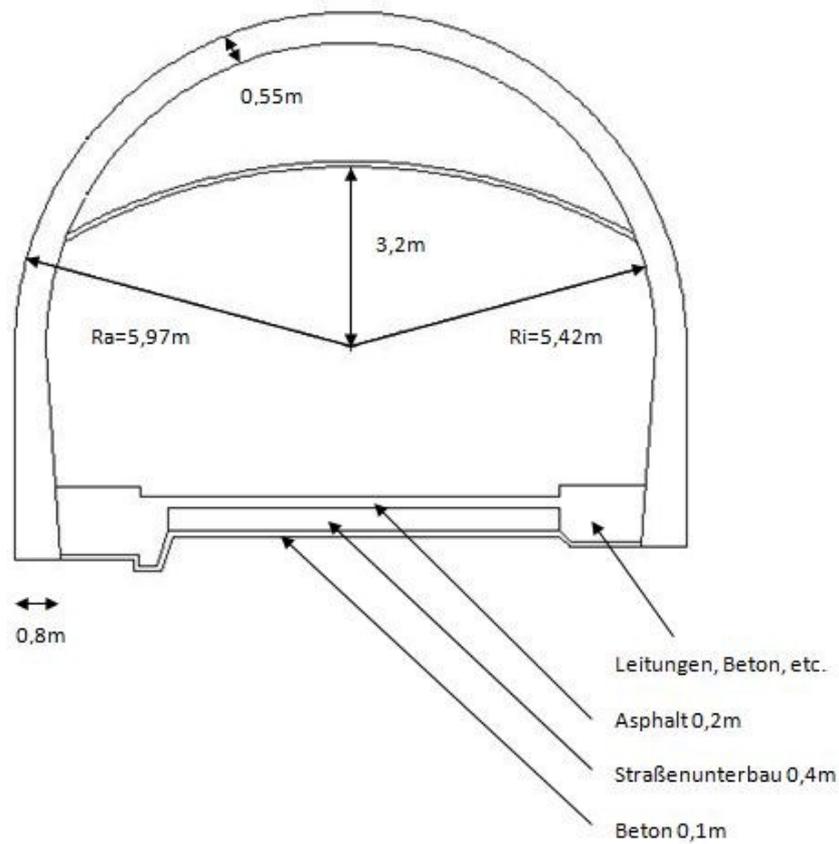
Der Zwischenangriff Dorni wurde darin mit einer Länge von 286 m berücksichtigt.

In der Abbildung 6 sind die berechneten Ausbruchsmengen, die pro Jahr anfallen dargestellt.

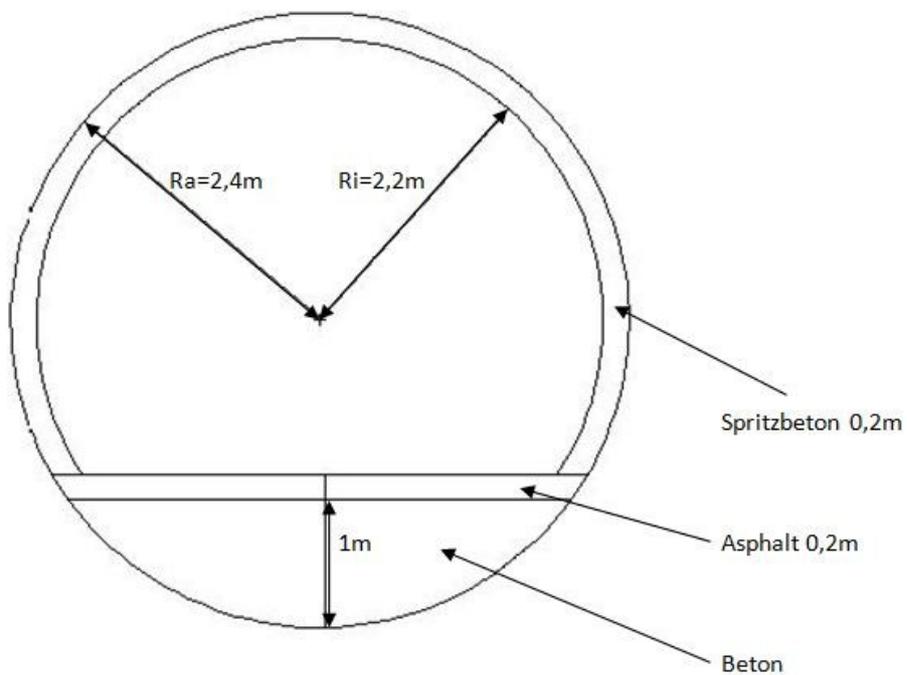


**Abbildung 6: Ausbruchsmengen Variante Sprengvortrieb**

Um die Mengen an Betonzuschlagstoffen, Material für Straßenunterbau, etc. ermitteln zu können, wurden folgende Profile herangezogen (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).



**Abbildung 7: Tunnelprofil Sprengvortrieb**

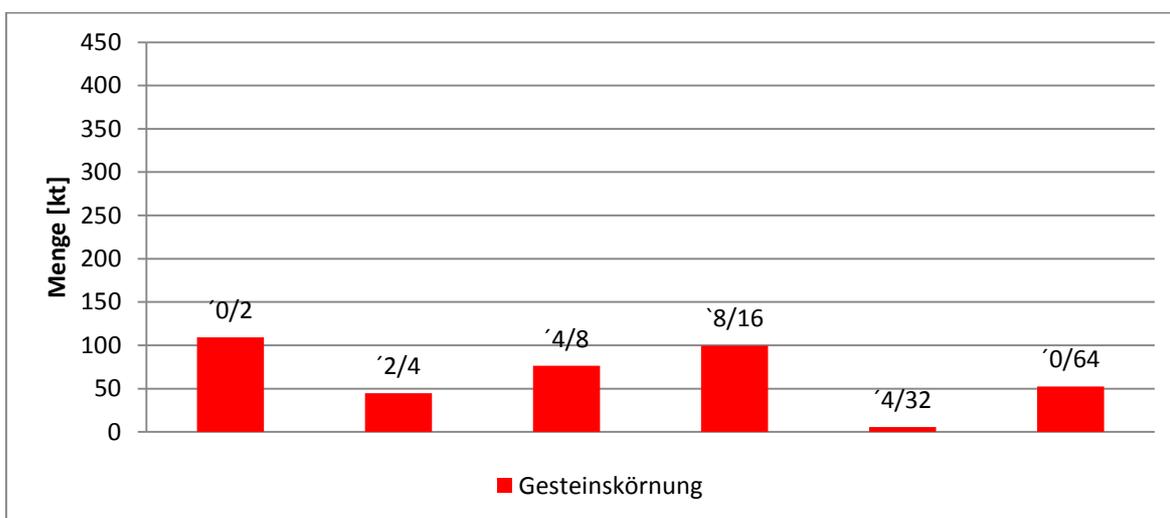


**Abbildung 8: Profil Sicherheitsstollen TBM Vortrieb**

Aus den Querschnittsflächen der Tunnelprofile, wurde die Menge an benötigten Gesteinskörnungen berechnet. Die benötigten Gesteinskörnungen wurden anhand verschiedener Betonrezepturen und Korngemische der Firma HOLCIM (Schweiz) AG ermittelt. In der Abbildung 9 sind die Zuschlagstoffe bzw. die benötigten Korngemische dargestellt.

		Material für Tunnelausbau	Material Si- Stollen Morschach	Material Si-Stollen Sisikon	Material Querschläge
		[t/m]	[t/m]	[t/m]	[t/m]
Tunnelausbaustufe 1	Beton 0/16	32,22			
	Drainageschicht 4/32	0,64			
	Frostkoffer 0/64 bzw. Flickschotter 0/32	6,00			
	Spritzbeton 0/8		3,25	3,44	11,58
Tunnelausbaustufe 2	Beton 0/16		4,74	4,02	20,62
	Drainageschicht 4/32				0,64
	Frostkoffer 0/64 bzw. Flickschotter 0/32				6,00
	Spritzbeton 0/8				

**Abbildung 9: Benötigtes Material für den Tunnelausbau**



**Abbildung 10: Benötigte Gesteinskörnungen Variante Sprengvortrieb**

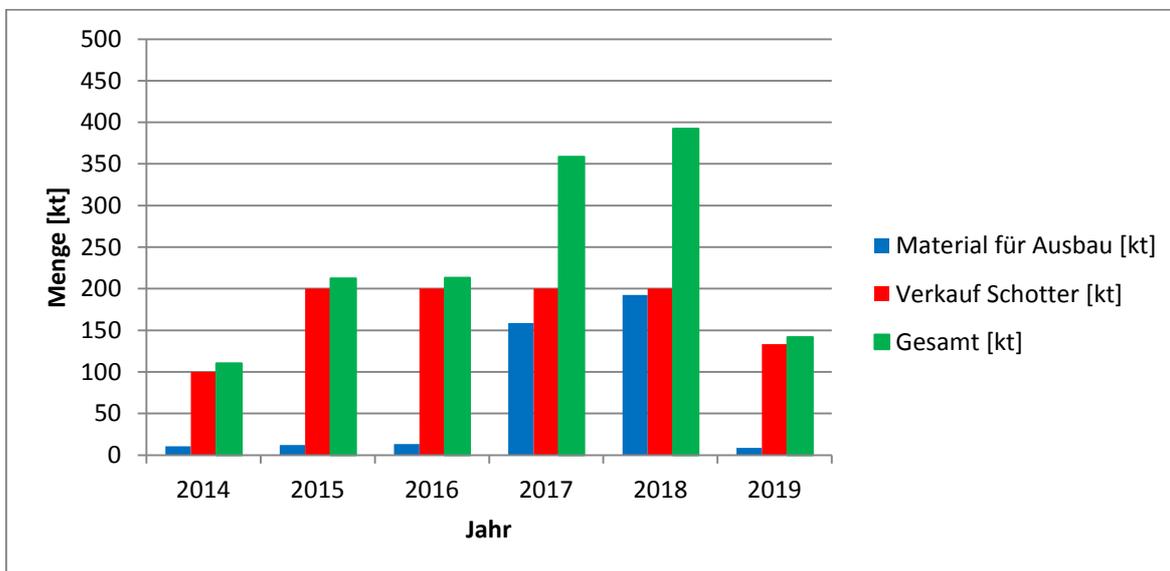
In der Abbildung 10 sind die die Mengen der verschiedenen Kornklassen, die für den Tunnelausbau benötigt werden, dargestellt.

Diese Mengen der verschiedenen Kornklassen und die zusätzlichen Produkte aus Schrottenkalk, die pro Jahr verkauft werden (laut Auskunft der Firma HOLCIM (Schweiz) AG), stellen folgende Anforderungen an das Kieswerk.

SPV	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material für Ausbau [kt]	11	12	13	159	192	9
Verkauf Schotter [kt]	100	200	200	200	200	133
Gesamt [kt]	111	212	213	359	392	142

**Tabelle 4: Produktionsmengen bei der Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019)**

Im Jahr 2018 wird der Maximalwert von ca. 400 kt pro Jahr erreicht (siehe Tabelle 4 und Abbildung 11). Nicht berücksichtigt wurde dabei die Produktion von Hartgesteinsprodukten, welche ca. 200 kt pro Jahr beträgt.



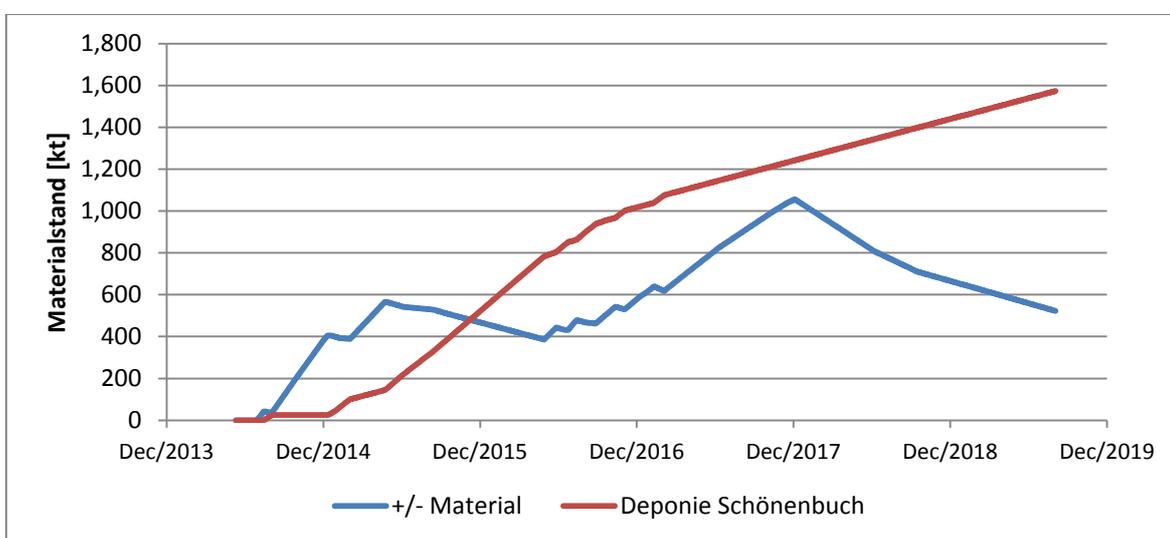
**Abbildung 11: Jährliche Produktionsmengen bei der Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019)**

Basierend auf dem Maximalwert von 400 kt pro Jahr, müssen max. 136 t/h bei einer 7 Tage Woche und 10 Stunden pro Tag aufbereitet werden.

Die Lagerbestände der Deponie bzw. der Zwischenlager sind in der Tabelle 5 dargestellt.

SPV	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ausbruch Koffer und Splitt [kt]	509	265	385	774	0	0
Ausbruch Ablagerung [kt]	46	327	261	24	0	0
Material für Ausbau [kt]	11	12	13	159	192	9
Verkauf Schotter [kt]	100	200	200	200	200	133
Ablagerung Kanton [kt]	0	200	200	200	200	133
Summe +/- Schotter kumuliert [kt]	399	452	624	1.039	647	505
Summe +/- Deponie kumuliert [kt]	46	573	1.034	1.258	1.458	1.591

**Tabelle 5: Lagerbestandsveränderung Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019)**



**Abbildung 12: Lagerbestandsveränderung Variante Sprengvortrieb**

Die in Abbildung 12 aufgetragene rote Linie beinhaltet das Tunnelausbruchsmaterial der Qualität Ablagerung plus die 200 kt Bodenaushub pro Jahr, die ab 2015 auf der Deponie Schönenbuch abgelagert werden.

Zusätzlich zeigt sie den Deponie-Lagerbestand in Tonnen, der zwischen 2014 und 2016 sehr stark ansteigt und danach um 200 kt pro Jahr erhöht wird.

Die blaue Linie zeigt den Zwischenlagerbestand, der aus dem Tunnelausbruchsmaterial mit den Qualitäten Koffer und Splitt, den für den Tunnelausbau benötigten Kornklassen und den Jährlichen Verkauf an Schotterprodukten zusammengesetzt ist.

---

## 3.2 Variante Tunnelbohrmaschine

---

Bei der Variante Tunnelbohrmaschine wird angenommen, dass der Tunnel zwischen Brunnen und Gumpisch mit einer Tunnelbohrmaschine zwischen Juli 2014 und Dezember 2016 aufgefahen wird.

Im Bereich Ort ist eine 120 m lange offene Strecke, bei der aufgrund des Umstellens der Tunnelbohrmaschine eine Verzögerung zu erwarten ist.

Zwischen Juli 2014 und Mai 2016 wird der Sicherheitsstollen und die Querschläge zwischen Brunnen und Ort aufgefahen.

Zwischen Juli 2014 und September 2016 wird der Sicherheitsstollen, die Querschläge und der Zwischenangriff Dorni zwischen Ort und Gumpisch erstellt.

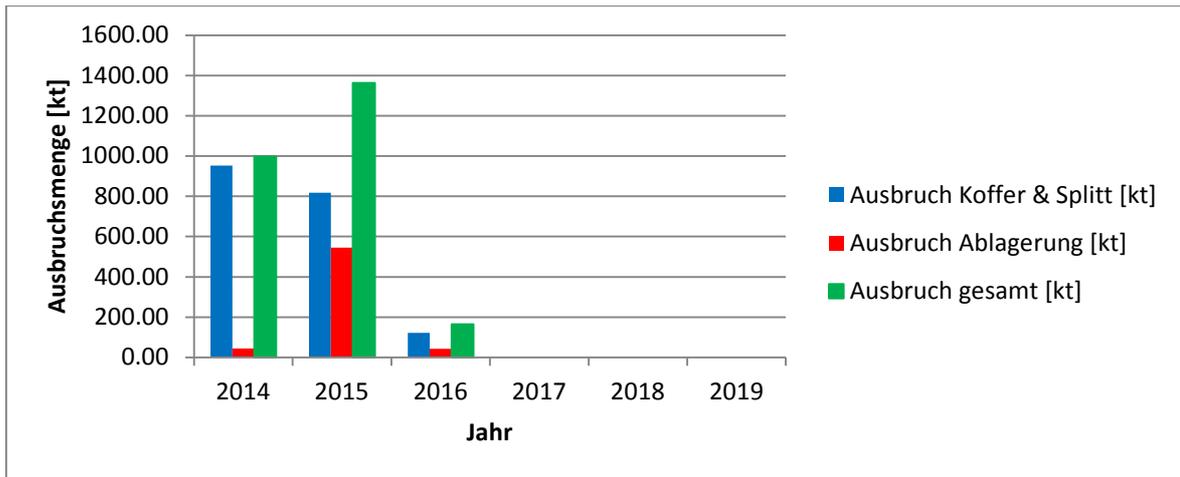
Bei dieser Variante beginnen alle drei Angriffe zur selben Zeit. Dies soll zeigen, welches max. Volumen in kurzer Zeit abgenommen bzw. aufbereitet werden müssten.

Die Vortriebsgeschwindigkeiten beim TBM-Vortrieb wurden mit 20 m/d im Bereich Koffer, 18 m/d im Bereich Splitt und 8 m/d im Bereich Ablagerung angenommen. Beim Sprengvortrieb halbieren sich die Vortriebsgeschwindigkeiten.

Beim Tunnelausbau wurde für die Tunnelausbaustufe 1 dieselbe Ausbaugeschwindigkeit, wie bei der Vortriebsleistung angenommen, da diese Ausbauarbeiten im Zuge des Vortriebs durchgeführt werden. Für die Tunnelausbaustufe 2 und 3 wurde eine Ausbaugeschwindigkeit von 10 m/d angenommen.

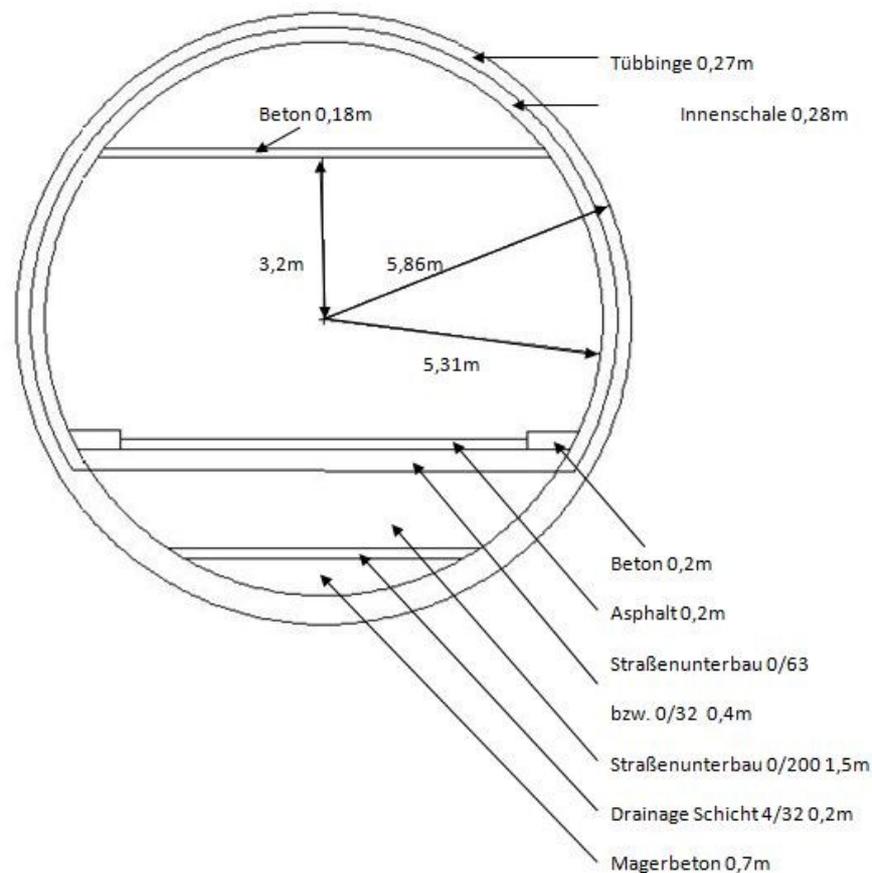
Die Querschnitte und Längen sind ident mit der Variante Sprengvortrieb (siehe Kapitel 3.1).

Basierend auf dieser Planung zeigt die Abbildung 13 die Jährlich anfallenden Ausbruchsmengen.

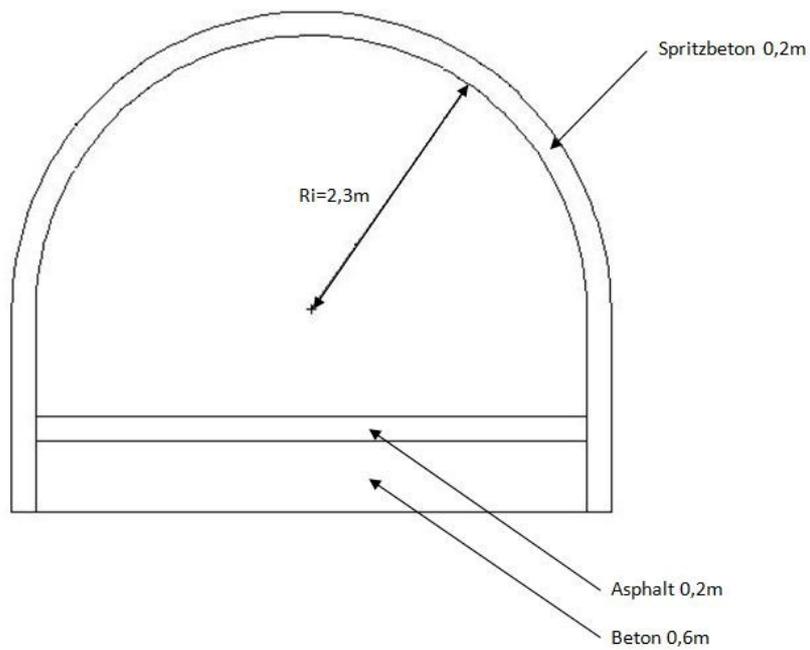


**Abbildung 13: Ausbruchsmengen Variante Tunnelbohrmaschine**

Um die Mengen an Betonzuschlagstoffen, Material für den Straßenunterbau, etc. ermitteln zu können, wurden folgende Profile verwendet (siehe Abbildung 14 und Abbildung 15).



**Abbildung 14: Tunnelquerschnitt TBM Vortrieb**

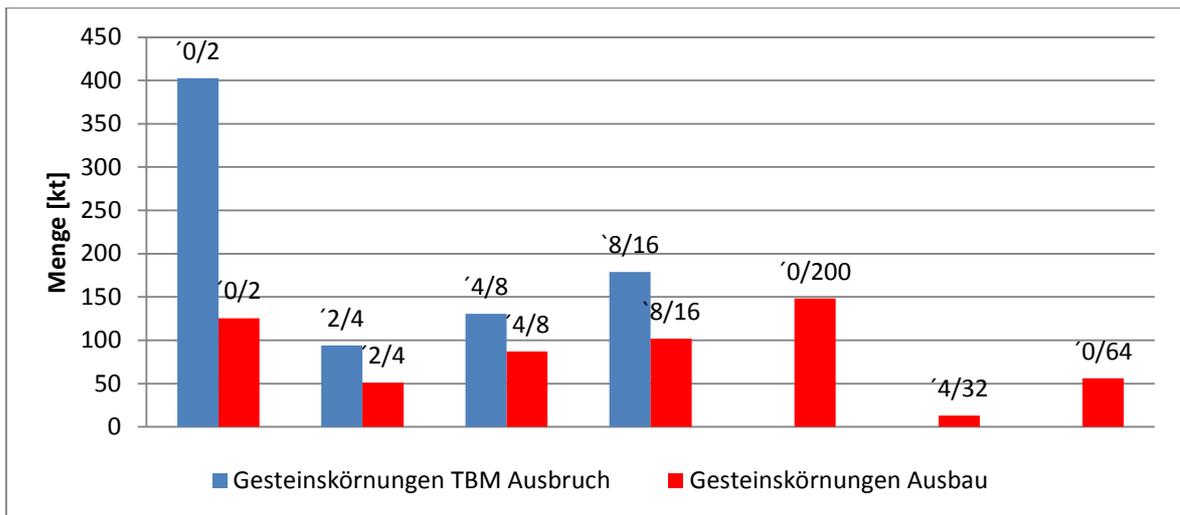


**Abbildung 15: Profil Sicherheitsstollen Sprengvortrieb**

Die benötigten Mengen an verschiedenen Kornklassen wurden wie in Kapitel 3.1 bereits beschrieben wurde, ermittelt und sind in der Abbildung 16 dargestellt.

		Material für Tunnelausbau	Material Si- Stollen Morschach	Material Si-Stollen Sisikon	Material Querschläge
		[t/m]	[t/m]	[t/m]	[t/m]
Tunnelausbaustufe 1	Beton 0/16				
	Magerbeton 0/16				
	Tübbinge 0/16	22,50			
	Spritzbeton 0/8		3,67	3,44	11,58
	Drainageschicht 4/32				
	Frostkoffer 0/64 bzw. Flickschotter 0/32				
	Backfill 0/200				
	Leitungen				
Tunnelausbaustufe 2	Beton 0/16		4,28	4,02	20,62
	Magerbeton 0/16	3,00			
	Tübbinge 0/16				
	Spritzbeton 0/8				
	Drainageschicht 4/32	1,47			0,64
	Frostkoffer 0/64 bzw. Flickschotter 0/32				6,00
	Backfill 0/200	20,31			
	Leitungen	-0,20			
Tunnelausbaustufe 3	Beton 0/16	13,50			
	Magerbeton 0/16				
	Tübbinge 0/16				
	Spritzbeton 0/8				
	Drainageschicht 4/32				
	Frostkoffer 0/64 bzw. Flickschotter 0/32	6,50			
	Backfill 0/200				
	Leitungen	-1,80			

**Abbildung 16: Benötigtes Material für den Tunnelausbau**



**Abbildung 17: Benötigte Gesteinskörnungen Variante Tunnelbohrmaschine**

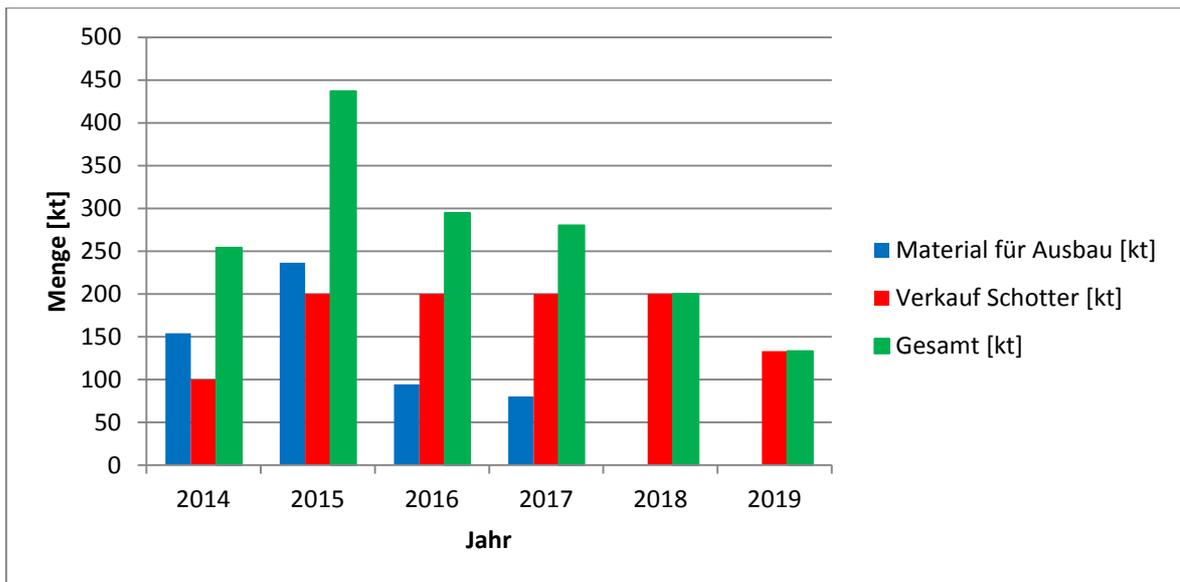
Die blauen Balken in der Abbildung 17 zeigen die Mengen verschiedener Kornklassen zwischen 0 und 16 mm, die von einer TBM erzeugt werden. Diese Werte wurden von vergleichbaren Tunnelbauprojekten abgeleitet. Im Vergleich dazu geben die roten Balken die Mengen der verschiedenen Kornklassen an, die für den Tunnelausbau benötigt werden. Aus der Abbildung 17 ist deutlich zu sehen, dass die Mengen der Kornklassen des Tunnelausbruchmaterials jenen Mengen der benötigten Kornklassen für den Tunnelausbau übertreffen und somit nicht weiter zerkleinert werden müssen.

Diese Mengen der verschiedenen Kornklassen und die zusätzlichen Produkte aus Schrottenkalk, die pro Jahr verkauft werden, stellen folgende Anforderungen an das Kieswerk (siehe Tabelle 6 und Abbildung 18).

TBM	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Material für Ausbau [kt]	154	237	95	80	0	0
Verkauf Schotter [kt]	100	200	200	200	200	133
Gesamt [kt]	254	437	295	280	200	133

**Tabelle 6: Produktionsmengen bei der Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019)**

Im Jahr 2015 wird der Maximalwert von ca. 437 kt pro Jahr erreicht. Nicht berücksichtigt wurde die Produktion von Hartgesteinsprodukten, welche ca. 200 kt pro Jahr beträgt.



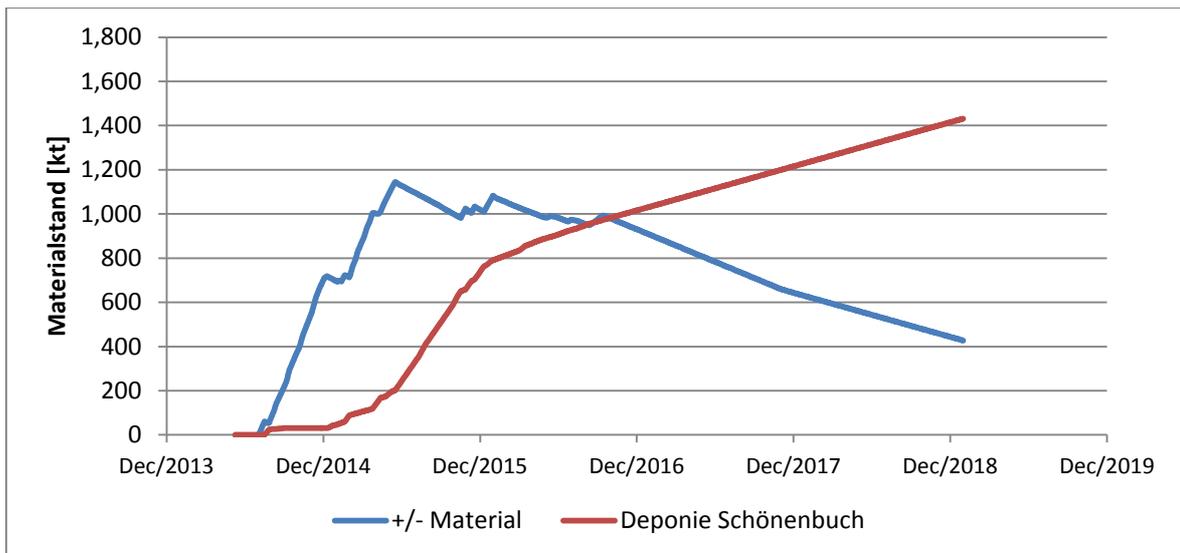
**Abbildung 18: Jährliche Produktionsmengen bei der Variante Tunnelbohrmaschine (Juli 2014 – August 2019)**

Die max. Menge, die pro Stunde aufbereitet werden muss, beträgt 136 t (bei 7 Tage Woche und 10 Std pro Tag).

Die Lagerbestände der Deponie, bzw. der Zwischenlager sind in der Tabelle 7 dargestellt.

TBM	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ausbruch Koffer & Splitt [kt]	952	818	122	0	0	0
Ausbruch Ablagerung [kt]	45	545	43	0	0	0
Materialfür Ausbau [kt]	154	237	95	80	0	0
Verkauf Schotter [kt]	100	200	200	200	200	133
Ablagerung Kanton [kt]	0	200	200	200	200	133
Summe +/- Schotter kumuliert [kt]	698	1.080	907	627	427	293
Summe +/- Deponie kumuliert [kt]	45	790	1.033	1.233	1.433	1.566

**Tabelle 7: Lagerbestandsveränderung Variante Tunnelbohrmaschine (Juli 2014 – Dezember 2018)**



**Abbildung 19: Lagerbestandsveränderung Variante Tunnelbohrmaschine**

Die Bedeutung der blauen und roten Linie wurde bereits im Kapitel 3.1 erläutert.

Bei dieser Variante wird der höchste Zwischenlagerbestand im Jahr 2015 mit fast 1,1 Mio. Tonnen erreicht. Dies ist genau jene Menge, die im Zwischenlager Hettis zwischengelagert werden kann (siehe Kapitel 4.2).

---

## 4 Zwischenlager Tunnelausbruchmaterial

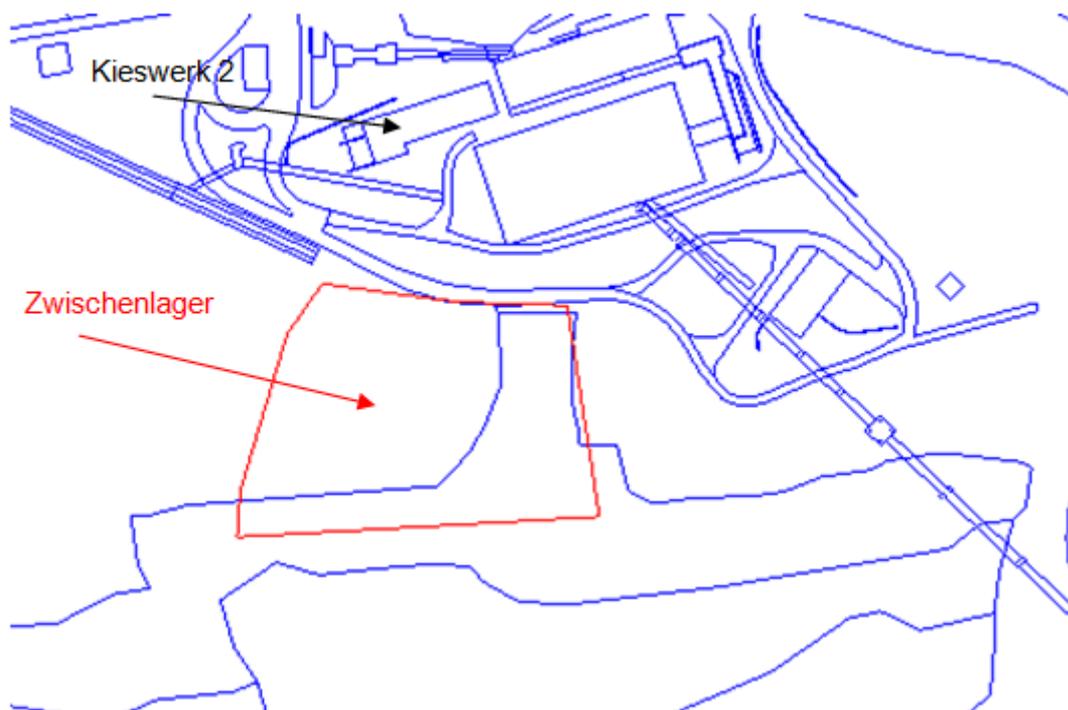
---

### 4.1 Zwischenlager Werksgelände

---

Gegenüber vom Kieswerk 2, wo sich zurzeit eine Waldfläche und ein Biotop befinden, könnte ein Zwischenlager für Tunnelausbruchmaterial, für die Qualitäten Splitt und Koffer errichtet werden. Im Zwischenlager kann bei einem drei Schicht Betrieb 24 Stunden pro Tag Tunnelausbruchmaterial gelagert werden. In den 10 Stunden pro Tag, in denen die Aufbereitungsanlage in Betrieb ist, kann das Material direkt vom Zwischenlager abgezogen und aufbereitet werden. Zudem wird in diesen 10 Stunden pro Tag das Überschüssige Material vom Zwischenlager im Werksgelände in das Zwischenlager Hettis transportiert.

Die Grundfläche beträgt ca. 7.770 m<sup>2</sup>. Würde man hier ein Zwischendepot mit einem Winkel von 35° aufschütten, hätte man ein Volumen von rund 94.000 m<sup>3</sup> zur Verfügung. Bei einer Schüttdichte von 1,8 t/m<sup>3</sup> ergibt das eine Menge von 169 kt.



**Abbildung 20: Zwischenlager Werksgelände**

---

## 4.2 Zwischenlager Steinbruch Hettis

---

Da die anfallenden Mengen Tunnelausbruchmaterial mit den Qualitäten Koffer und Splitt sehr groß sind (~1,9 Mio. Tonnen), könnte ein Großteil im Steinbruch Hettis zwischengelagert werden. Dieser Bereich des Steinbruches ist die einzige zur Verfügung stehende Fläche, welche genügend Platz bieten würde. Die Aufschüttung würde den Abbau nicht beeinträchtigen, da sich das Abbaugebiet in den nächsten Jahren von diesem Bereich wegentwickelt.



**Abbildung 21: Zwischenlager Steinbruch Hettis**

Das Zwischenlager hat eine Böschungseigung von 30° und würde im Bereich der Süd-West Ecke von der bestehenden Kulisse aus aufgeschüttet werden. Die Böschungseigung von 30° wurde von vergleichbaren Projekten mit gleichem Material übernommen.

In diesem Fall muss der Brecher an einen anderen bzw. an den in diesem Projekt gezeigten neuen Brecherstandort verlegt werden. Der Bereich des Sturzschantzes würde dabei nicht überdeckt werden.

Volumen [m <sup>3</sup> ]	Tonnage [kt]
559.369	1.007

**Tabelle 8: Zwischenlager Steinbruch Hettis**

Dieses Zwischenlager hätte ein Volumen von 559.369 m<sup>3</sup> und mit einer Schüttdichte von 1,8 t/m<sup>3</sup> eine Menge von 1.007 kt zur Verfügung (siehe Tabelle 8).

### 4.3 Vergleich verfügbare und benötigte Zwischenlagerkapazität

Die Tabelle 9 gibt einen Überblick über die maximal vorhandene sowie benötigte Lagerkapazität.

Zwischenlager	verfügbare Menge [kt]	benötigte Menge [kt] Variante TBM	benötigte Menge [kt] Variante SPV
Steinbruch Hettis	1.007		
Kieswerkareal	169		
Summe	1.176	1.130	1.068

**Tabelle 9: Vergleich verfügbare und benötigte Zwischenlagerkapazität**

Die berechneten Kubaturen der Zwischenlager würden für die angenommenen Varianten ausreichen, jedoch könnte es sein, dass zusätzliche Tunnelbauwerke oder andere Tunnelquerschnitte mehr Ausbruchsvolumen ergeben. Weiters könnte auch eine höhere Vortriebsgeschwindigkeit zu einem höheren Zwischenlagerstand führen. Aus diesen Gründen ist nicht auszuschließen, dass eventuell zusätzliche Zwischen- bzw. Endlagerflächen benötigt werden.

---

## 5 Deponie Schönenbuch

---

In diesem Kapitel wird auf die Ausarbeitung von drei Deponievarianten eingegangen. Um eine klare Abgrenzung bezüglich Deponierung von Tunnelausbruchmaterial zu ermöglichen, sind folgende Begriffsbestimmungen notwendig.

### Begriffsbestimmungen:

In der Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (Aushubrichtlinie) sind die Begriffe für Aushub-, Abraum-, und Ausbruchmaterial erklärt. Nicht darunter fällt die Entsorgung von Bodenaushub, mineralische Bauabfälle und Eisenbahnschotter. (Bundesamt für Umwelt, 1999)

„ Als **Aushub, Abraum- und Ausbruchmaterial** (im folgenden Aushubmaterial genannt) gilt Material, das bei Bautätigkeiten, wie Hoch- und Tiefbauarbeiten, Tunnel-, Kavernen-, und Stollenbauten anfällt. Es umfasst:

- a.) Lockergestein wie, Kies, Sand, Silt oder Ton und Gemische davon;
- b.) Gebrochenen Fels;
- c.) Material, das von früheren Bautätigkeiten oder Belasteten Standorten (z.B. Abfallablagerungen, Schadstoffversickerungen von Betrieben oder Unfallstandorten) stammt.“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

„Aushubmaterial gilt als **unverschmutzt**, wenn seine natürliche Zusammensetzung durch menschliche Tätigkeit weder chemisch noch durch Fremdstoffe (z.B. Siedlungsabfälle, Grünzeug, andere Bauabfälle) verändert wurde.“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

### **„Unverschmutztes Aushubmaterial:**

Aushubmaterial gilt als unverschmutzt, wenn es:

- a.) durch menschliche Tätigkeit in seiner natürlichen Zusammensetzung chemisch nicht verändert ist, und
- b.) keine Fremdstoffe, wie Siedlungsabfälle, Grünzeug, Holz, andere Bauabfälle, enthält, und

c.) die Anforderungen an unverschmutztes Aushubmaterial gemäß der Materialprüfung auf der Baustelle erfüllt sind oder die Parameter die entsprechenden Richtwerte U (Anhang 1) erfüllen.“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

„Aushubmaterial gilt als **tolerierbar**, wenn seine natürliche Zusammensetzung durch menschliche Tätigkeit chemisch oder durch Fremdstoffe (z.B. Siedlungsabfälle, Grünzeug, andere Bauabfälle) verändert wurde, diese Belastung mit umweltgefährdenden Stoffen aber so gering ist, dass eine eingeschränkte Verwertung aus der Sicht des Umweltschutzes zulässig ist.“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

**„Tolerierbares Aushubmaterial:**

Aushubmaterial gilt als tolerierbar, wenn es:

- a.) durch menschliche Tätigkeit in seiner chemischen Zusammensetzung verändert ist, diese Belastung aber so gering ist, dass eine eingeschränkte Verwertung aus der Sicht des Umweltschutzes möglich ist, und
- b.) die entsprechenden Richtwerte T (Anhang 2) einhält, und
- c.) zu 95 Gewichtsprozent aus Lockergestein oder gebrochenem Fels besteht und maximal 5 Gewichtsprozent Bestandteile wie Beton, Ziegel, Asbestzement, Glas, Mauerabbruch, Straßenaufbruch enthält. (Die übrigen Fremdstoffe wie Metalle, Papier, Holz, Kunststoffe und Textilien sind soweit als möglich zu entfernen).“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

„Aushubmaterial gilt als **verschmutzt**, wenn es derart mit umweltgefährdenden Stoffen belastet ist, dass eine Verwertung ohne vorgängige Behandlung nicht zulässig ist. Das Material ist nach den Vorschriften der TVA und gegebenenfalls der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) weiterzuleiten, zu behandeln und sodann zu verwerten, oder auf einer TVA-konformen Deponie abzulagern.“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

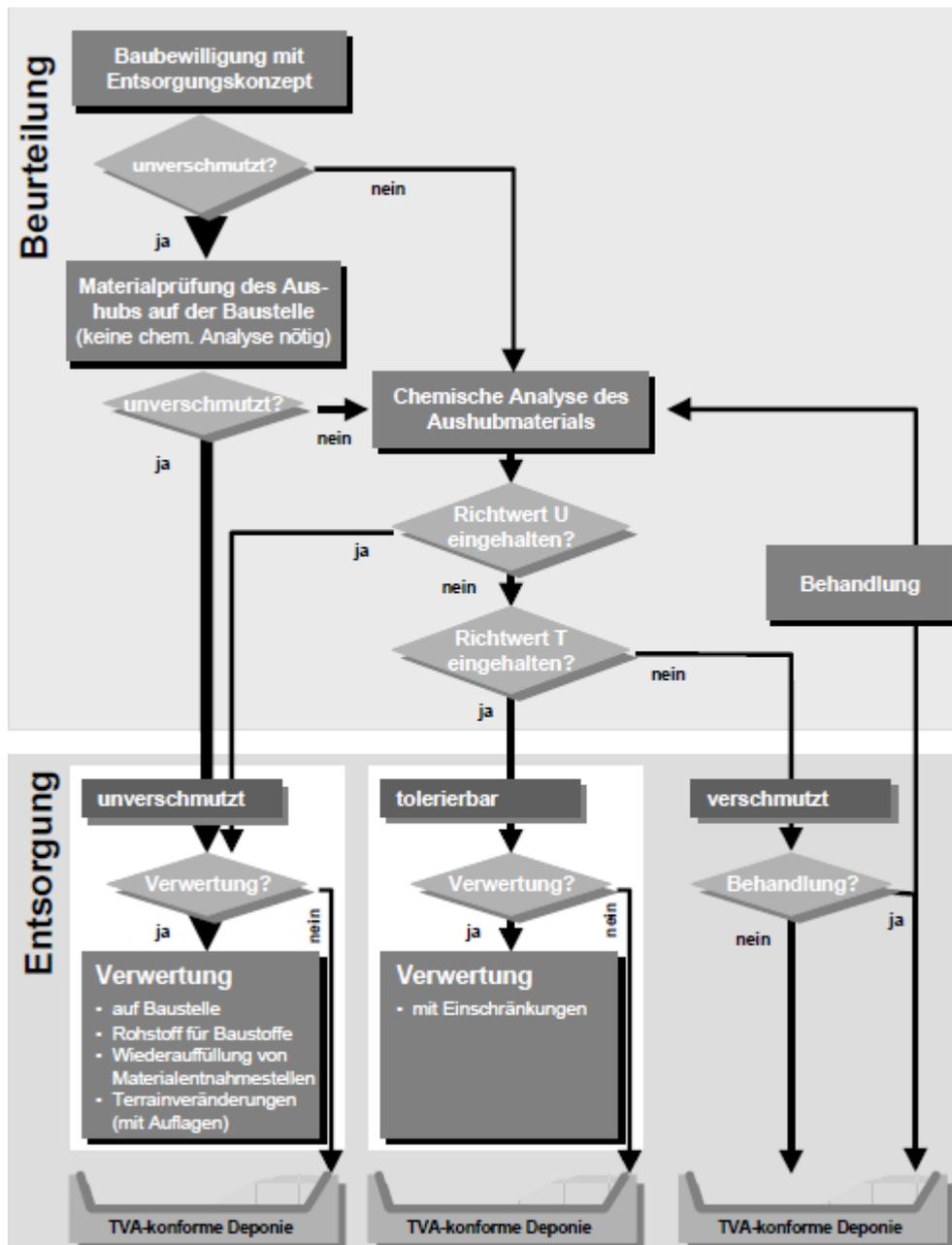


Abbildung 22: Beurteilung und Entsorgung von Aushubmaterial (Bundesamt für Umwelt, 1999)

„Materialprüfung auf der Baustelle:

Wird gemäß Entsorgungskonzept unverschmutztes Aushubmaterial erwartet, prüft die Unternehmung, welche die Aushub-, Abraum-, oder Ausbrucharbeiten durchführt, laufend ob:

- a.) das Aushubmaterial erkennbare Fremdstoffe (wie Grünzeug, Siedlungsabfall, andere Bauabfälle) enthält;
- b.) das Aushubmaterial verfärbt ist;
- c.) das Aushubmaterial nach Fremdstoffen riecht;

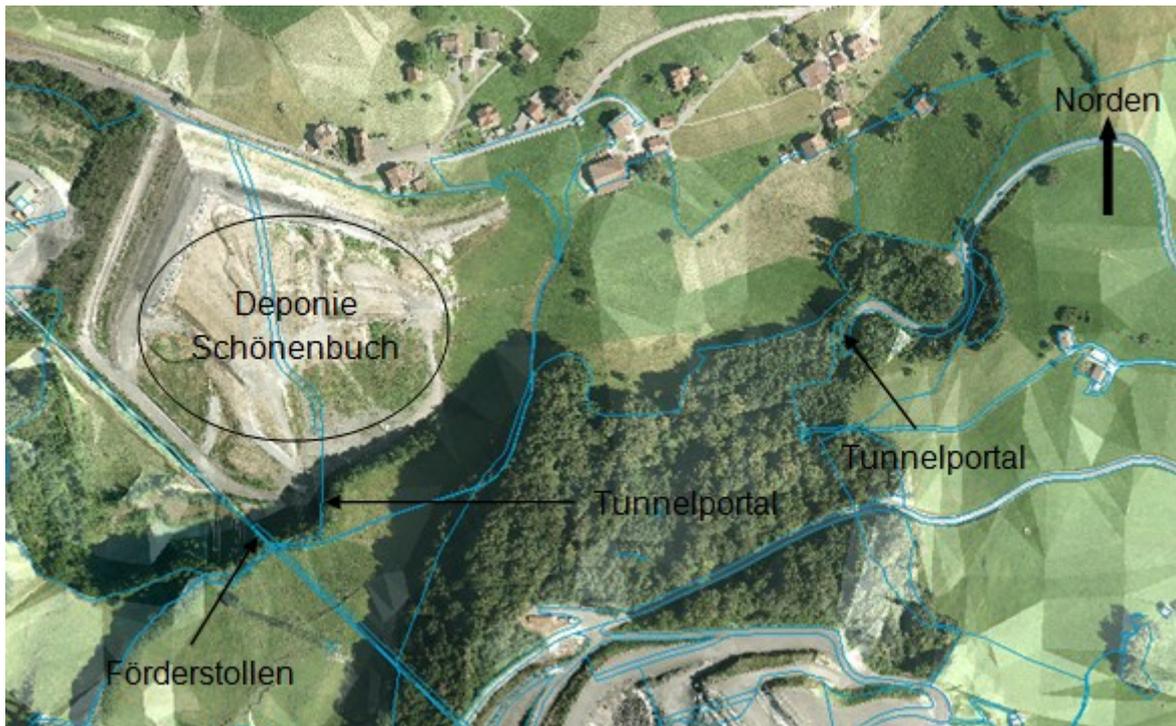
d.) sonst ein Anzeichen für Verunreinigungen des Aushubmaterials bestehen. Trifft keiner dieser vier Punkte zu, kann das Aushubmaterial als unverschmutzt betrachtet werden, es sei denn es würde sich während der Bauarbeiten ein Unfall mit wassergefährdenden Flüssigkeiten ereignen.“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

„Zwischenlagerung:

Ist die Verwertung von unverschmutztem Aushubmaterial nicht sofort möglich, zeichnen sich aber Verwertungsmöglichkeiten für die nähere Zukunft ab, so kann das Aushubmaterial zwischengelagert werden. Ein Zwischenlager muss jederzeit zugänglich sein und das Aushubmaterial muss spätestens innert 10 Jahren, verwendet, behandelt oder abgelagert werden (TVA Art. 37).“ (Bundesamt für Umwelt, 1999)

Durch die große Menge an Tunnelausbruchsmaterial (~700 kt) mit der Qualität Ablagerung und einem Vertrag mit dem Kanton Schwyz, der beinhaltet, dass 200 kt pro Jahr Bodenaushub der umliegenden Gemeinden angenommen werden sollen, wurde die aktuell genehmigte Deponieplanung Schönenbuch erweitert. Nach aktuellem Stand hat die Deponie Nägili, welche sich auf der gegenüberliegenden Talseite befindet, noch bis Ende 2014 genügend Platz um den Bodenaushub der umliegenden Gemeinden einbauen zu können. Ab 2015 soll dann die Deponie Schönenbuch mit Bodenaushub aufgefüllt werden.

Die Abbildung 23 gibt einen Überblick über die Lage der Deponie Schönenbuch. Im südlichen Teil der Deponie befindet sich das Tunnelportal des Zufahrtstunnels zum Steinbruch sowie der Förderstollenausgang. Das Förderband, welches das Material vom Steinbruch zur Aufbereitungsanlage transportiert verläuft südwestlich parallel zur Deponie. Im östlichen Bereich der Deponie ist ein Grundstück, welches zum Teil für eine Deponieerweiterung erworben werden müsste.



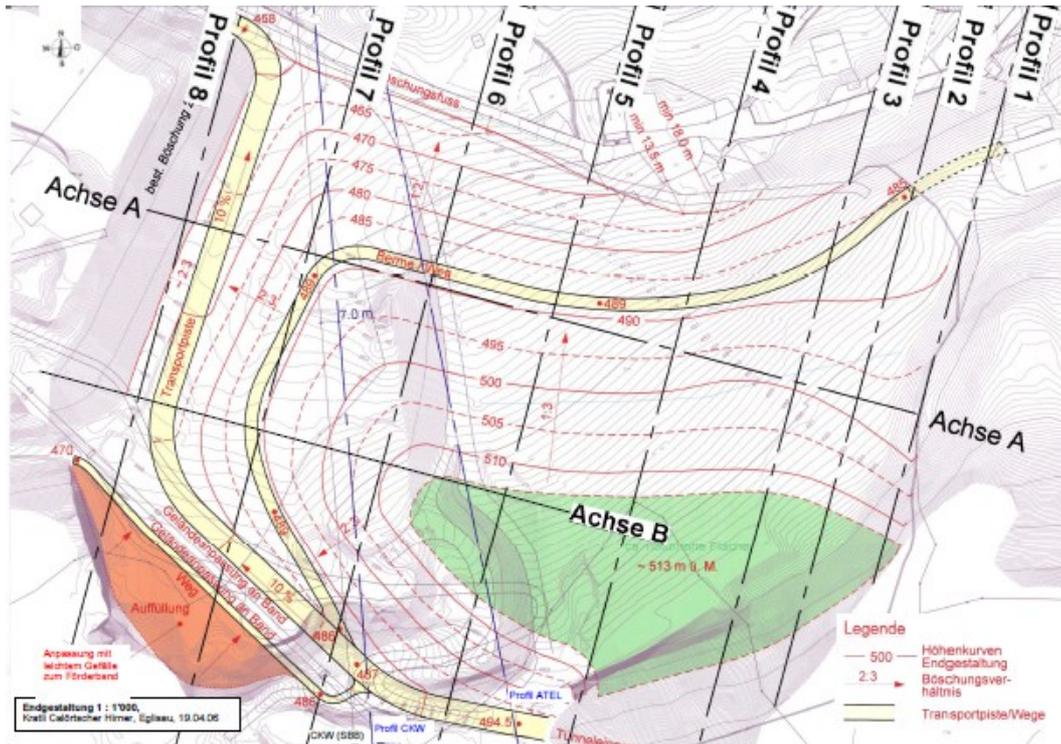
**Abbildung 23: Übersicht Deponie Schönenbuch**

Die bestehende Deponie Schönenbuch wurde im Bereich des alten, stillgelegten Steinbruches erstellt. Der Abbau im Gebiet Schönenbuch ging bis auf eine Höhe von ca. 438 m ü. M. Die Abbautiefe entlang der Schönenbuchstraße, welche sich nördlich der aktuellen Deponie befindet, betrug max. 34 m.

Der ehemalige Tagebau wurde bis auf eine aktuelle Höhe von 475 bis 493 m ü. M. verfüllt bzw. aufgeschüttet. Um die Stabilitätsberechnungen des Dammes der Deponie, der über die Abbaukante hinaus geht durchführen zu können, wurden 2005 vier Baggerschlitze und eine Kernbohrung gemacht um das bis dahin verfüllte Material bzw. die Untergrundverhältnisse bestimmen zu können. Mit diesen Ergebnissen wurden die für die Hangstabilität relevanten Faktoren (Kohäsion, Einbaudichte, innerer Reibungswinkel, etc.) und Maßnahmen (max. Böschungsneigung, min. Bermenbreite und max. Böschungshöhe) bestimmt.

Im Bereich der Werkstatt wurde die Deponie ca. 35 m hoch aufgeschüttet und auf einer Höhe von 25 m durch eine Berme unterteilt. Diese Berme wird zurzeit als Zufahrtsweg zum Tagebau genutzt und ist 12 m breit.

Die aktuell genehmigte Deponie wurde von der Firma KCH geplant und ist in der Abbildung 24 dargestellt.



**Abbildung 24: Genehmigte Deponie Schönenbuch (KCH Kuratli Calörtscher Hirner, 2006)**

Die aktuell zur Verfügung stehenden Volumina wurden mittels Surpac ermittelt. Die Abbildung 25 zeigt die aktuell genehmigte Deponie Schönenbuch. Der braune Bereich stellt das noch vorhandene Volumen dar.



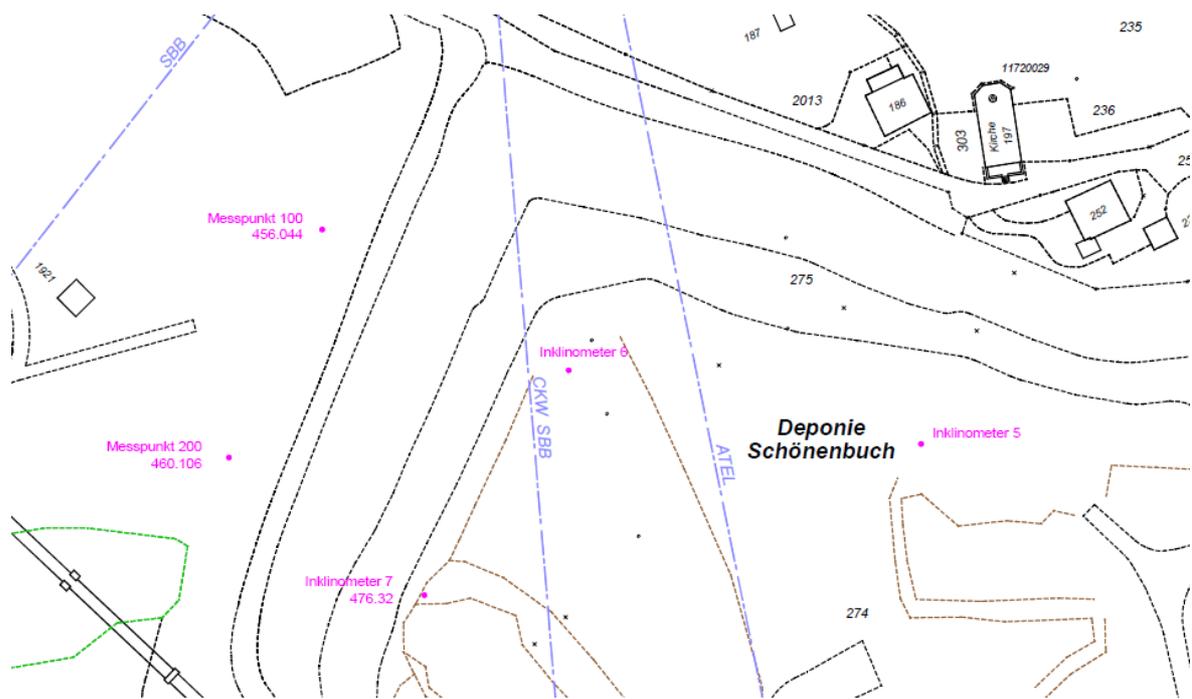
**Abbildung 25: Aktuell genehmigte Deponie Schönenbuch**

Volumen [m <sup>3</sup> ]	Tonnage [kt]
624.649	1.124

**Tabelle 10: aktuell genehmigte Einbaumenge**

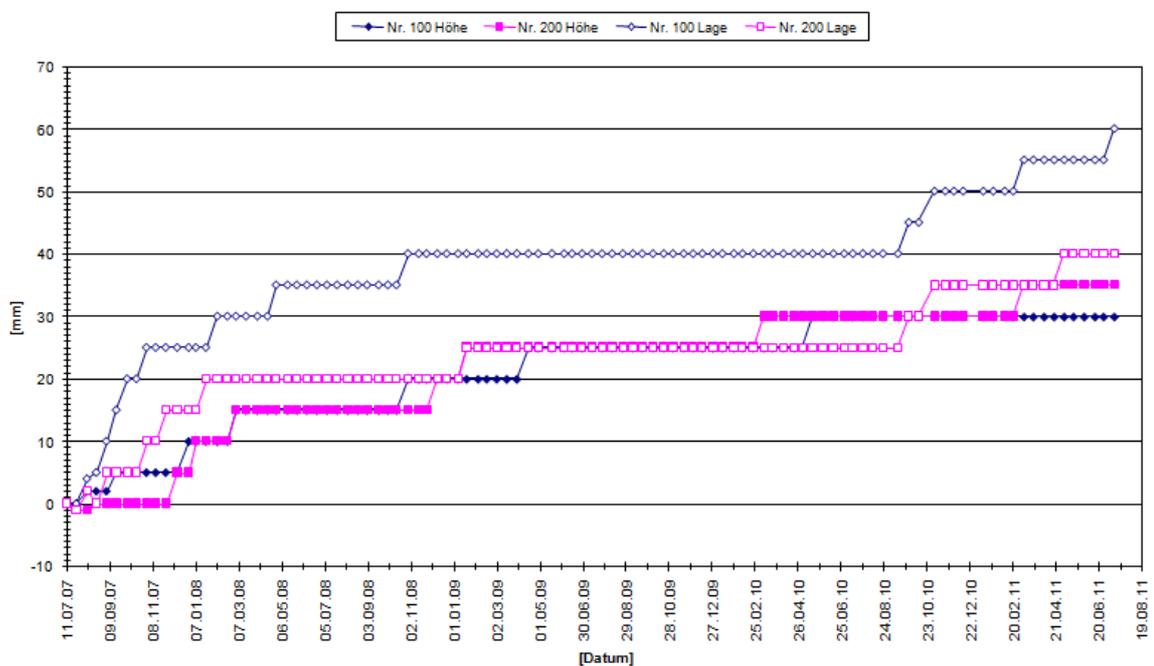
Die Tonnage wurde bei allen Varianten mit einer Einbaudichte von 1,80 t/m<sup>3</sup> berechnet und ergibt eine noch zur Verfügung stehende Einbaumenge von 1.124 kt (siehe Tabelle 10).

Bei der letzten Aufschüttung sind bei der Deponie Schönenbuch Stabilitätsprobleme am Fuße des Dammes Richtung Werkstatt aufgetreten, da in relativ kurzer Zeit eine große Menge an Bodenaushub eingebaut wurde. Die horizontalen bzw. vertikalen Bewegungen wurden mittels fixen Messpunkten bestimmt und sind in der Abbildung 26 dargestellt. Zudem wurden drei Inklinometer in die Deponie eingebaut.



**Abbildung 26: Übersichtsplan Messpunkte und Inclinometer (bsp ingenieure + planer AG)**

Die Messergebnisse der Messpunkte 100 und 200 sind in der Abbildung 27 dargestellt.



**Abbildung 27: Messpunkt 100 und 200 (bsp ingenieure + planer AG)**

In der Abbildung 27 ist zu sehen, dass sich die beiden Messpunkte mit den Nummern 100 und 200 über einen Zeitraum von 4 Jahren um 3 bzw. 6 cm in horizontaler und 3,5 bzw. 4 cm in vertikaler Richtung bewegt haben.

Um die Stabilitätsprobleme des Deponiedammes reduzieren zu können, hat die Firma BK Grundbauberatung AG die Parameter (Böschungsneigung, Bermenbreite und Bermenabstand) die bei der Deponieplanung eingehalten werden müssen, vorgegeben. Das Deponievolumen soll durch eine Deponieerweiterung erhöht werden. Aus diesen Gründen wurden drei neue Deponievarianten geplant. Bei zwei Varianten wird davon ausgegangen, dass das Grundstück im östlichen Bereich der Deponie zur Gänze bzw. teilweise vom Grundeigentümer erworben wird. Beide Varianten sehen vor, dass das Tunnelportal und der sich daneben befindende Förderstollen zur Gänze zugeschüttet wird und keine Nutzung mehr möglich ist. Bei diesen beiden Varianten wurde der Zufahrtsweg zum Steinbruch entlang der Deponie geführt und schließt am oberen Ende des Zufahrtstunnels an den bestehenden Zufahrtsweg an. Eine Variante wurde so geplant, dass der Zufahrtstunnel, sowie der Förderstollen erhalten bleiben. Zudem wird bei dieser Variante angenommen, dass das Grundstück im östlichen Bereich nicht für eine Deponieerweiterung genutzt werden kann.

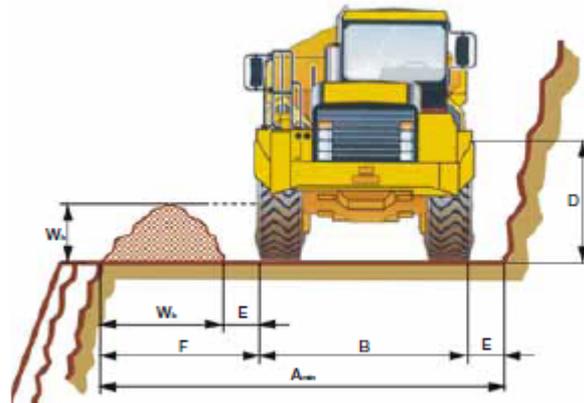
Alle nachfolgenden Parameter, welche die Hangstabilität betreffen, wurden wie bereits erwähnt von der Firma BK Grundbauberatung AG vorgegeben. Alle drei Varianten wurden mit einer Böschungsneigung von 25° geplant. Im Hinblick auf die Stabilitätsprobleme im Westlichen Bereich der Deponie wurde auf der Höhe der bestehenden Deponie eine 10 m breite Sicherheitsberme erstellt und ein max. Abstand zwischen den Bermen von 20 m festgelegt. Die Steigung der Wege ist mit max. 12% geplant worden. Die Wegbreiten auf der Deponie wurden im Hinblick auf Sicherheit und Sichtschutz ausgelegt. Die Bemessung der Bermen- bzw. Wegbreiten wurde nach den Vorgaben der SUVA durchgeführt.

## 5.2 Transportbermen

### Transportfahrzeuge

- $A_{min} = F + B + E$   
(minimale Bermenbreite auf standfestem Untergrund)
- B Fahrwerkbreite  
D Raddurchmesser  
E  $\geq 0.5 D$  (Freiraum)  
F  $\geq 1.5 D$ , mindestens aber 2 m  
(Abstand Rad, Raupe zur standfesten Abbaukante)

- $W_b$  Breite Wall  $\geq$  Raddurchmesser D  
(innerhalb Bermenbreite  $A_{min}$ )  
 $W_h$  Höhe Wall  $\geq 0.5$  Raddurchmesser D



**Abbildung 28: Ermittlung der Bermenbreite (Meier, 2006)**

Die Muldenkipper haben eine Breite von 4 m. Keines der anderen im Steinbruch verwendeten Geräte ist breiter. Laut SUVA müsste ein Sicherheitswall mit einer Höhe von 1 m und einer Breite von 2 m aufgeschüttet werden, da die Reifen einen Raddurchmesser von 2 m haben. Da der neue Zufahrtsweg zum Steinbruch der Variante 2 und 3 von den angrenzenden Wohngebäuden sehr gut einsehbar ist, wurde für den Zufahrtsweg zum Steinbruch eine Schutzwallhöhe von 2 m und einer Schutzwallbreite von 4 m angenommen. Dieser Schutzwall soll die Einsicht sowie die Emissionen wie Staub und Lärm reduzieren. Mit der in Abbildung 28 dargestellten Formel und einer Schutzwallbreite von 4 m ergibt das eine minimale Bermenbreite von 10 m. Bei den Restlichen Wegen, welche nur zum Auffüllen der Deponie verwendet werden, wird mit der minimalen Schutzwallbreite von 2 m geplant. Dies ergibt eine minimale Bermenbreite von 8 m.

Über dem Gebiet der Deponie Schönenbuch befinden sich zwei Hochspannungsleitungen (ATEL und CKW). Zwischen der Deponie und den Hochspannungsleitungen muss ein Mindestabstand von 12,5 m eingehalten werden. Bei den drei Deponievarianten beträgt der minimale Abstand 22,2 m.

Die Höhenschichtlinienpläne und die dazugehörigen Schnitte der drei Deponievarianten, sind im Anhang 3 dargestellt.

---

## 5.1 Deponie Schönenbuch Variante 1

---

Die Deponie Schönenbuch Variante 1 wurde im Hinblick darauf geplant, dass das östliche Grundstück für eine Erweiterung nicht zur Verfügung steht und das Tunnelportal sowie der Förderstollen erhalten bleiben (siehe Abbildung 29). Die Streckenführung der aktuellen Zufahrtsstraße zum Steinbruch bleibt dabei ebenfalls erhalten.



Abbildung 29: Deponie Schönenbuch Variante 1

Volumen [m <sup>3</sup> ]	Tonnage [kt]
483.041	894

Tabelle 11: Volums- und Mengenermittlung Variante 1

Bei der Deponie Variante 1 steht ein Volumen von 483.044 m<sup>3</sup> und mit einer Einbaudichte von 1,85 t/m<sup>3</sup> eine Menge von 894 kt zur Verfügung (siehe Tabelle 11).

---

## 5.2 Deponie Schönenbuch Variante 2

---

Bei der Deponie Schönenbuch Variante 2 wurde angenommen, dass ein Teil des östlich angrenzenden Grundstückes abgegolten wird und die Deponie bis zur Geländekante am Anfang des Grundstückes aufgefüllt wird (siehe Abbildung 30). Von dort wird ein Einschnitt in das Gelände, für die neue Zufahrt zum Steinbruch gemacht. Zudem wird der Bereich des unteren Tunnelportals und der Förderstellenausgang zugeschüttet. Durch diese Maßnahmen kann ein wesentlich höheres Deponievolumen erreicht werden.

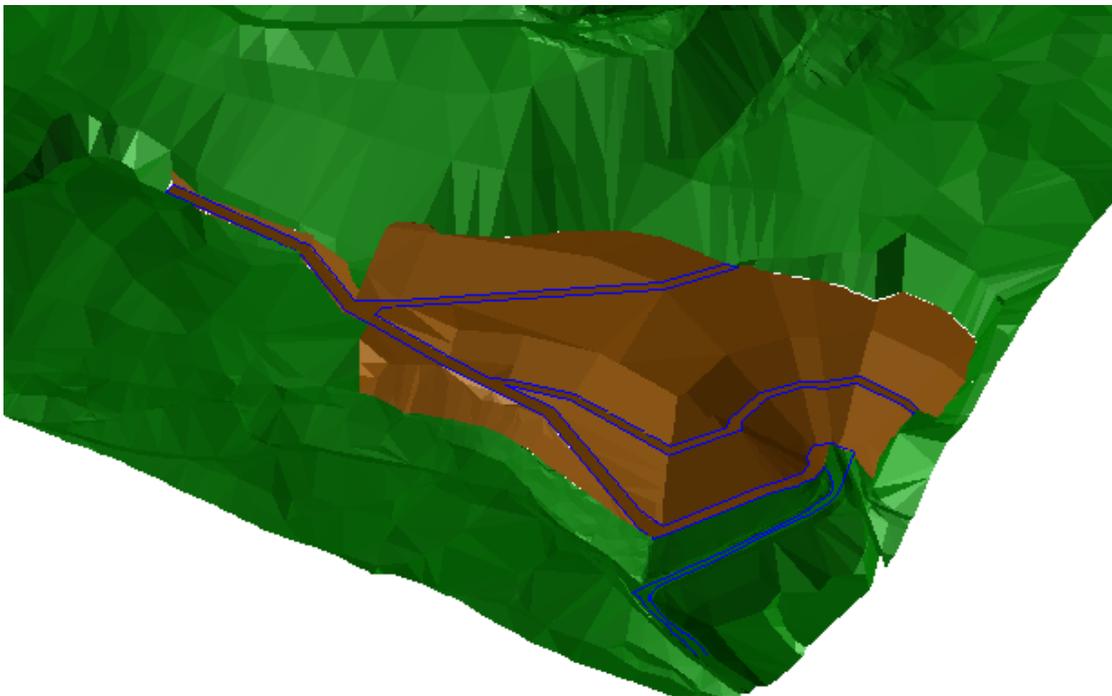


Abbildung 30: Deponie Schönenbuch Variante 2

Volumen [m <sup>3</sup> ]	Tonnage [kt]
976.148	1.806

Tabelle 12: Volums- und Mengenermittlung Variante 2

Bei der Deponie Variante 2 steht ein Volumen von 976.149 m<sup>3</sup> und mit einer Einbaudichte von 1,85 t/m<sup>3</sup> eine Menge von 1.806 kt zur Verfügung (siehe Tabelle 12).

---

### 5.3 Deponie Schönenbuch Variante 3

---

Im Gegensatz zur Variante 2 wird bei dieser Variante angenommen, dass ein Großteil des östlich angrenzenden Grundstücks aufgefüllt wird und der Zufahrtsweg zum Steinbruch auf der Deponie erstellt wird (siehe Abbildung 31).

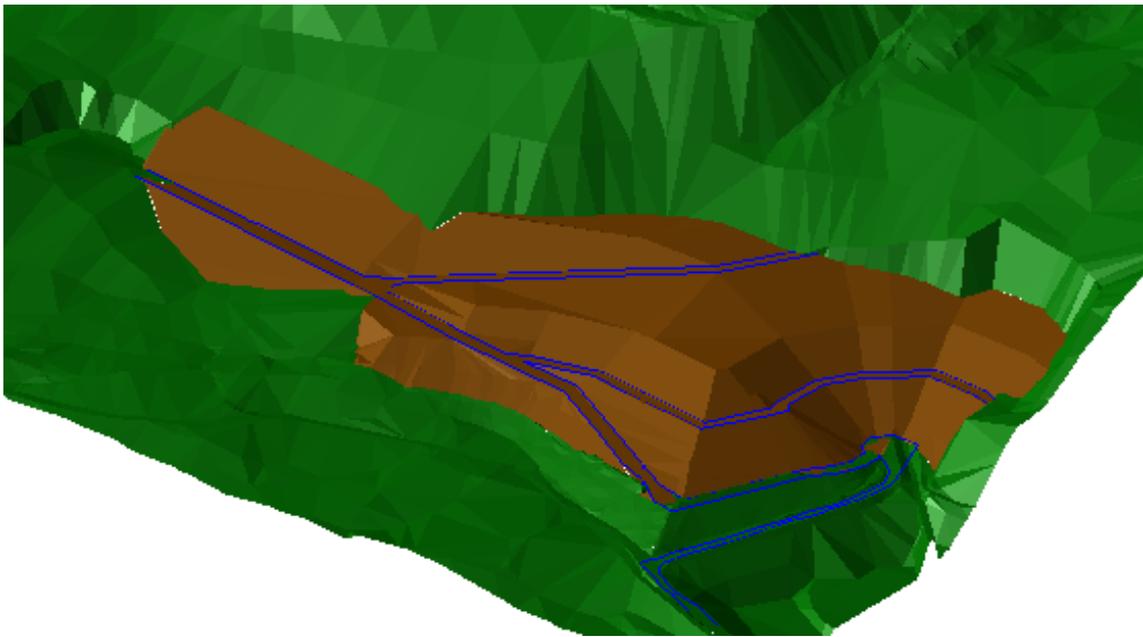


Abbildung 31: Deponie Schönenbuch Variante 3

Volumen [m <sup>3</sup> ]	Tonnage [kt]
1.043.090	1.930

Tabelle 13: Volums- und Mengenermittlung Variante 3

Bei der Deponie Variante 3 steht ein Volumen von 1.046.090 m<sup>3</sup> und mit einer Einbaudichte von 1,85 t/m<sup>3</sup> eine Menge von 1.930 kt zur Verfügung (siehe Tabelle 13).

---

## 5.4 Vergleich verfügbares und benötigtes Deponievolumen

---

In der Tabelle 14 ist das verfügbare und benötigte Deponievolumen aufgelistet. Das benötigte Deponievolumen besteht nur aus dem Tunnelausbruchsmaterial mit der Qualität Ablagerung.

<b>Deponie</b>	<b>verfügbares Volumen [kt]</b>	<b>benötigtes Volumen [kt]</b>
aktuell genehmigt	1.124	649
Variante 1	1.021	649
Variante 2	2.014	649
Variante 3	2.787	649

**Tabelle 14: verfügbares und benötigtes Deponievolumen**

---

## 6 Auswirkungen auf den Steinbruch Hettis

---

Durch die Auffüllung bei den Deponievarianten 2 und 3 kann der Sturzschacht nicht mehr benutzt werden. Der Sturzschacht ist im Moment in einem sehr schlechten Zustand. Es gibt oft sehr große Wasserzutritte, welche die Nutzung im Hinblick auf Zwischenpufferung des Materials aus dem Steinbruch unmöglich macht. Aktuell wird immer nur so viel Material im Sturzschacht zwischengespeichert, wie auch pro Tag aufbereitet wird. Der Wandausbau des Sturzschachtes müsste daher einer aufwendigen und kostenintensiven Generalsanierung unterzogen werden. Dieser Umstand unterstreicht die Sinnhaftigkeit der Überlegung ein neues Fördersystem sowie einer neuen Trassenführung anzudenken und im Zusammenhang damit den Bereich des Förderstollens aufzufüllen, was zudem zu einem größeren Deponievolumen führt. Beispiele für eine neue Trassenführung sind im Kapitel 6.1.2 dargestellt.

Aufgrund des neuen Fördersystems bzw. einer neuen Trassenführung, sowie einiger anderer Gründe, welche im Kapitel 6.1 erläutert sind, wurde die Verlegung des Brecherstandortes geplant, welcher in Kapitel 6.1 genauer beschrieben ist.

---

## 6.1 Planung Brecherstandort

---

Nachfolgend sind jene Gründe aufgelistet, die für eine Verlegung des Brecherstandortes stehen:

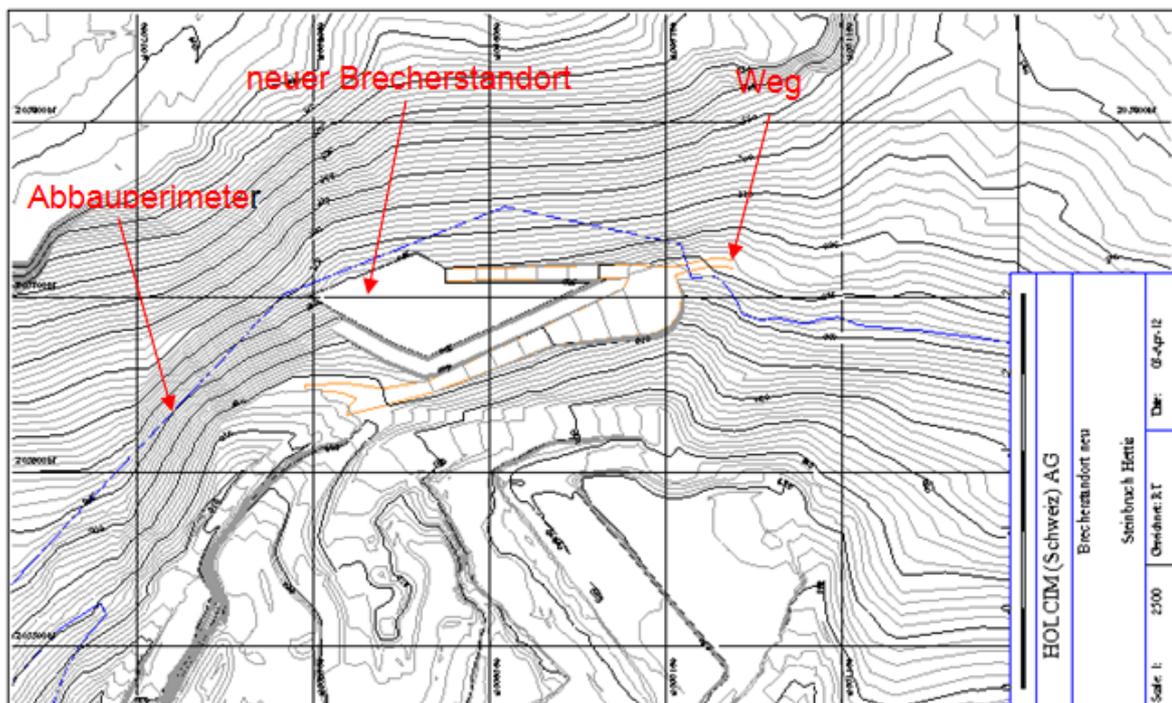
- Bei einer möglichen Erweiterung der Deponie Schönenbuch nach Variante 2 oder 3 kann der Transport des gewonnenen Materials im Steinbruch Hettis nicht mehr über den Sturzschart und den Förderstollen erfolgen.
- Der wie bereits erwähnte schlechte Zustand des Sturzschartes.
- Im Bereich der Süd-West Ecke gibt es einen instabilen Bereich, da sich hier Schichten befinden, die eine ungünstige Neigung und Einfallsrichtung haben. In diesem Bereich können Rutschungen bzw. Steinschläge in Richtung des derzeitigen Brecherstandortes vorkommen (siehe Abbildung 32).



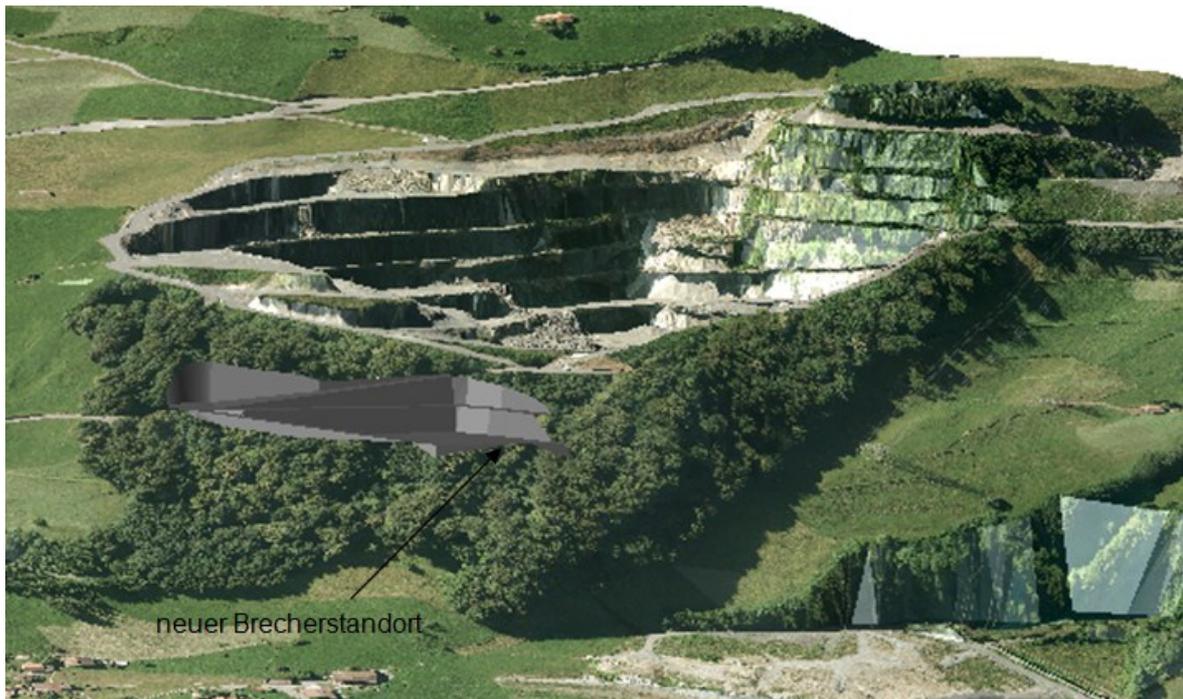
**Abbildung 32: Aktueller Brecherstandort Steinbruch Hettis**

- Aufgrund der für das Zwischenlager benötigten Fläche, welche sich im Bereich des derzeitigen Brecherstandortes befindet.
- Das gesprengte Material wird auf einer Höhe von 600 m auf den Brecher aufgegeben. Durch den fortschreitenden Abbau und die zukünftige Abbauplanung auf eine Höhe von 550 m muss der Brecher innerhalb der nächsten Jahre an einen anderen Standort verlegt werden.
- Um einen möglichst kurzen Förderweg vom Vorebrecher zur Aufbereitungsanlage erhalten zu können.

Durch die Abbauentwicklung auf eine Höhe von 550 m, der Geometrie des derzeitigen Abbaus, einem möglichst geringen Aufwand zur Herstellung und der zukünftigen Tagbauentwicklung Richtung Nord-Osten wurde der Bereich am nördlichen Rand des Abbauperimeters für den neuen Brecherstandort ausgewählt (siehe Abbildung 33).



**Abbildung 33: Grundriss neuer Brecherstandort**



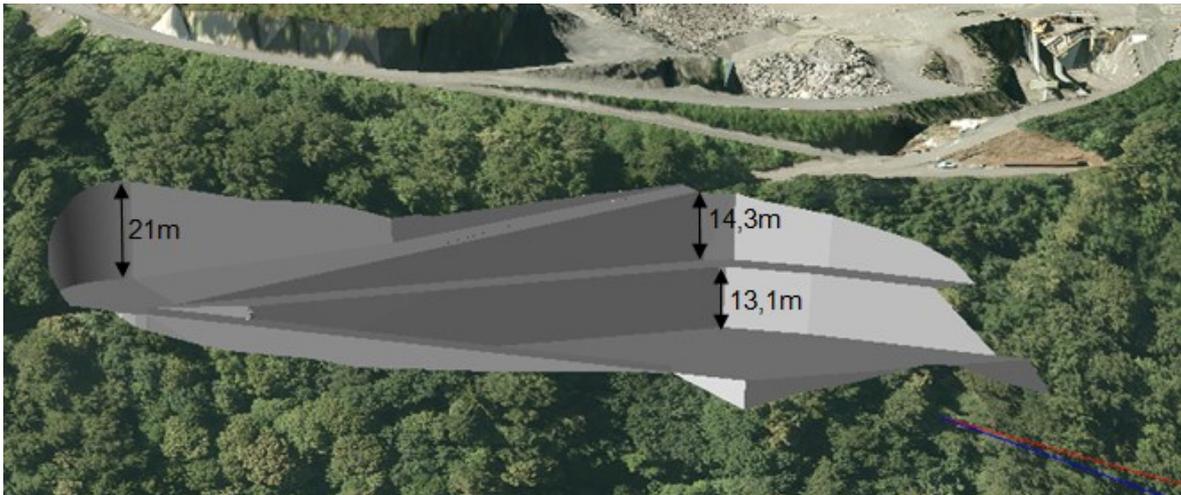
**Abbildung 34: Neuer Brecherstandort**

In der Abbildung 34 ist der neue Brecherstandort bzw. der für den neuen Brecherstandort notwendige Geländeeinschnitt dunkelgrau dargestellt. Der Einschnitt befindet sich Großteils unter dem Zufahrtsweg zum Steinbruch. Dieser Zufahrtsweg bleibt auch weiterhin bestehen.

Im Bereich über dem bestehenden Zufahrtsweg muss ein Einschnitt gemacht werden, um einen großzügigen äußeren Kurvenradius von 22 m zu ermöglichen, da dieser für die derzeit vorhandenen Transportmittel (S-LKW) benötigt wird. Dieser Einschnitt hat eine max. Höhe von ca. 21 m und eine Wandneigung von 80° (siehe Abbildung 35).

Unterhalb des bestehenden Zufahrtsweges werden zwei Etagen, eine Rampe mit 12% Steigung und ein Plateau auf 580 m erstellt. Beide Etagen unterhalb des bestehenden Zufahrtsweges zum Steinbruch haben eine max. Höhe von 14,3 bzw. 13,1 m sowie eine Etagenneigung von 80° (siehe Abbildung 35). Die Etagenbreiten und die Zufahrtsstraße zum Steinbruch haben eine minimale Breite von 8 m.

Für den Brecher muss noch ein 10 m tiefer Einschnitt auf eine Höhe von 570 m gemacht werden, von wo aus das Förderband Richtung Kieswerk führt.



**Abbildung 35: Etagenhöhen Brecherstandort neu**

Bei der Realisierung des neuen Brecherstandortes müssten  $71.503 \text{ m}^3$  bzw. 189 kt abgetragen und  $2.364 \text{ m}^3$  bzw. 6 kt aufgefüllt werden. Die  $2.364 \text{ m}^3$  müssen im Bereich der Rampe, die zum Brecher hin führt aufgeschüttet werden.

Es kann wieder derselbe Steilkegelbrecher für die Vorzerkleinerung des gesprengten Materials verwendet werden. Die Aufgabe sollte allerdings im Gegensatz zum jetzigen System vergrößert werden, um einen kleinen Zwischenpuffer in der Größenordnung von 3-4 S-LKW Ladungen zu erhalten. Dieser Zwischenpuffer wird benötigt, um z.B. den Brecher während einer 15 min Pause weiterhin beschicken zu können. Zusätzlich ist auf dem neuen Plateau genügend Platz für Siebschutt bzw. für ein kleines Zwischendepot vorhanden.

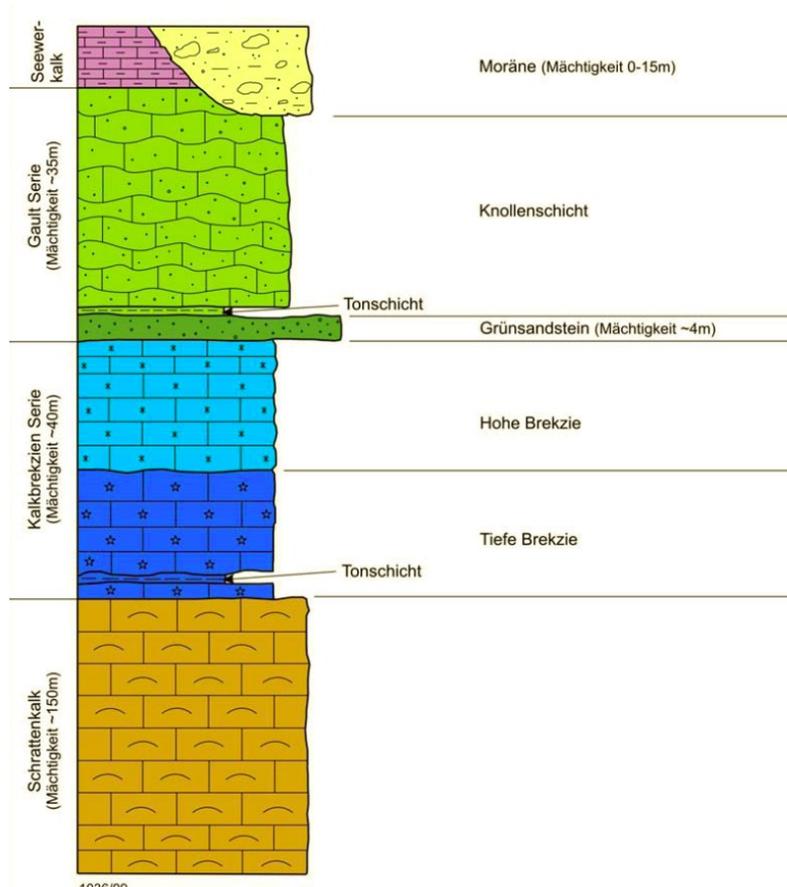
Aufgrund der vorliegenden Schichtneigungen und Einfallsrichtungen im Bereich des neuen Brecherstandortes wird im Kapitel 6.1.1 im Detail auf die Geologie und Geotechnik eingegangen.

---

## 6.1.1 Geologie und Geotechnik

---

Im Steinbruch Hettis sind die in Abbildung 36 und Abbildung 37 dargestellten Schichten vorhanden.



**Abbildung 36: Lithologische Abfolge Steinbruch Hettis (Patrick Ebeling, 2009)**

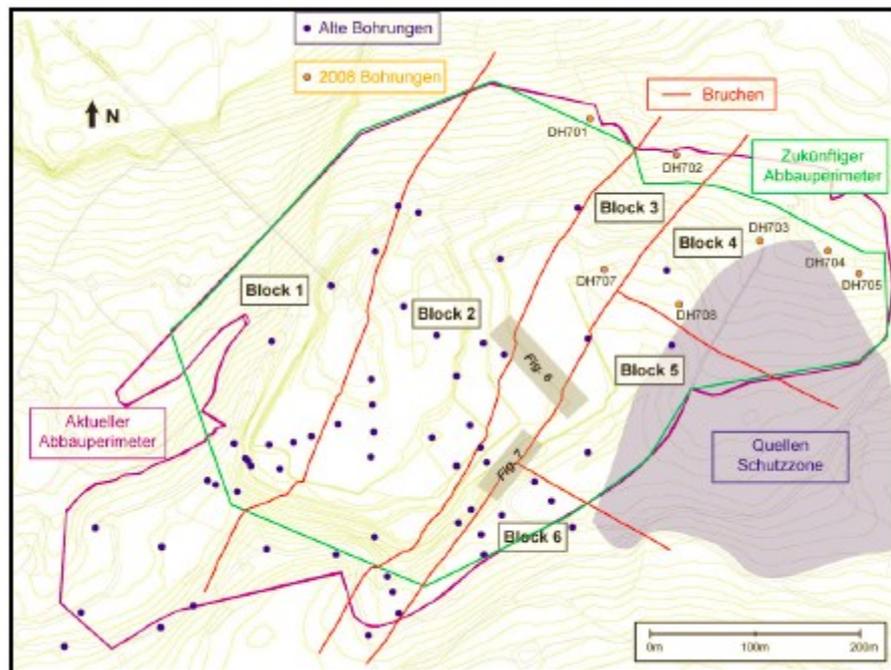
Derzeit werden die Schichten Gault, Grünsandstein und die tiefe Brekzie aufgrund der Gesteinseigenschaften für die Splittproduktion verwendet. Die restlichen Schichten hohe Brekzie und Schrattenkalk werden für die Schotterproduktion verwendet.



**Abbildung 37: Schichten im Steinbruch Hettis**

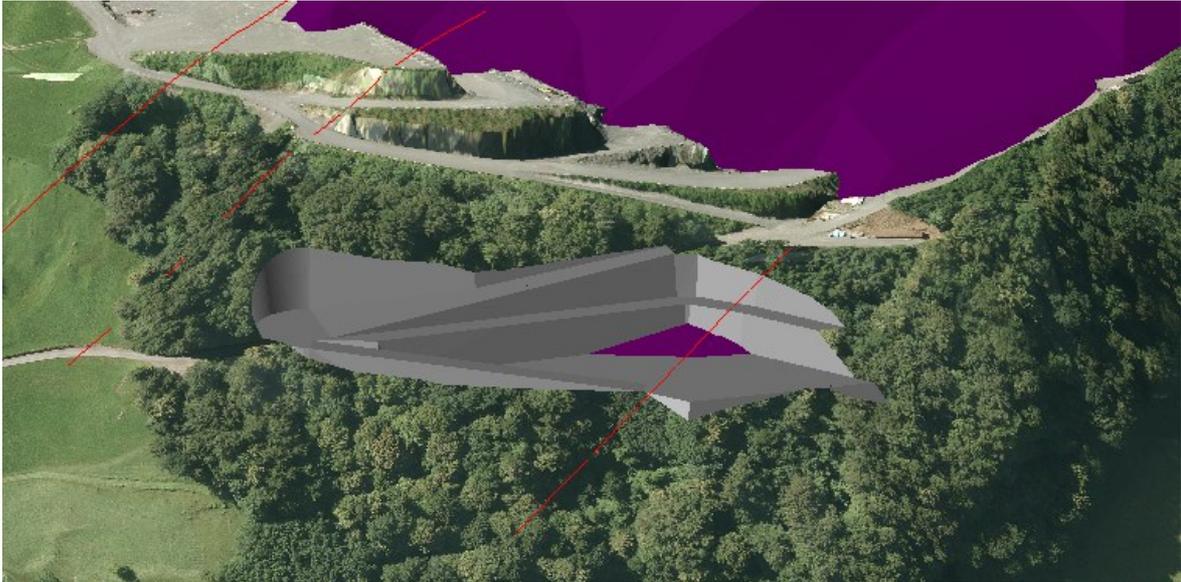
Im Westen fallen die Schichten mit  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  Richtung N-NW ein, während im N-NNE der Konzession Fallrichtungen Richtung N-NE gemessen wurden. Im Norden ist das Einfallen der Konzession ca.  $3^{\circ}$ - $5^{\circ}$  steiler als im Süden.

Die Lagerstätte wurde tektonisch sehr schwer beansprucht und weist mehrere Störungen mit einem Versatz von mehreren Metern auf, die in der Abbildung 38 als rote Linien dargestellt sind. (Patrick Ebeling, 2009)



**Abbildung 38: Verwerfungen im Steinbruch Hettis (Patrick Ebeling, 2009)**

In der Abbildung 39 ist die Schichtgrenze zwischen dem Gault und dem Grünsandstein lila dargestellt. Im Bereich des neuen Brecherstandortes kommt der Grünsandstein und die zwischen dem Gault und dem Grünsandstein liegende Tonschicht nur in einem kleinen Bereich vor. Dadurch ist kein Risiko für ein Abgleiten der Gaultschicht vorhanden. Dies wurde auch von einem Geotechniker der Firma HOLCIM (Schweiz) AG bestätigt. Im Bereich des neuen Brecherstandortes befindet sich zudem eine Verwerfung, die in der Abbildung 39 als rote Linie dargestellt ist.



**Abbildung 39: Schichtgrenze (Gault-Grünsandstein) Brecherstandort neu**

Wie in Abbildung 39 zu sehen ist, befindet sich der für den neuen Brecherstandort erforderliche Einschnitt zum Großteil in der Gault-Schicht.

Oberhalb des Zufahrtsweges zum Steinbruch konnten mehrere Schichtflächen in der Gaultschicht festgestellt werden. Die Schichten weisen Neigungen zwischen  $34^\circ$  und  $39^\circ$  auf und haben eine Einfallsrichtung zwischen  $338^\circ$  und  $345^\circ$ .

Sollten beim Einschnitt über dem Zufahrtsweg instabile Bereiche auftreten, könnten diese mittels Anker gesichert werden, welche die Reibung zwischen den Schichten erhöhen und somit ein Abgleiten von Felsblöcken verhindern.



**Abbildung 40: Schicht im Gault**

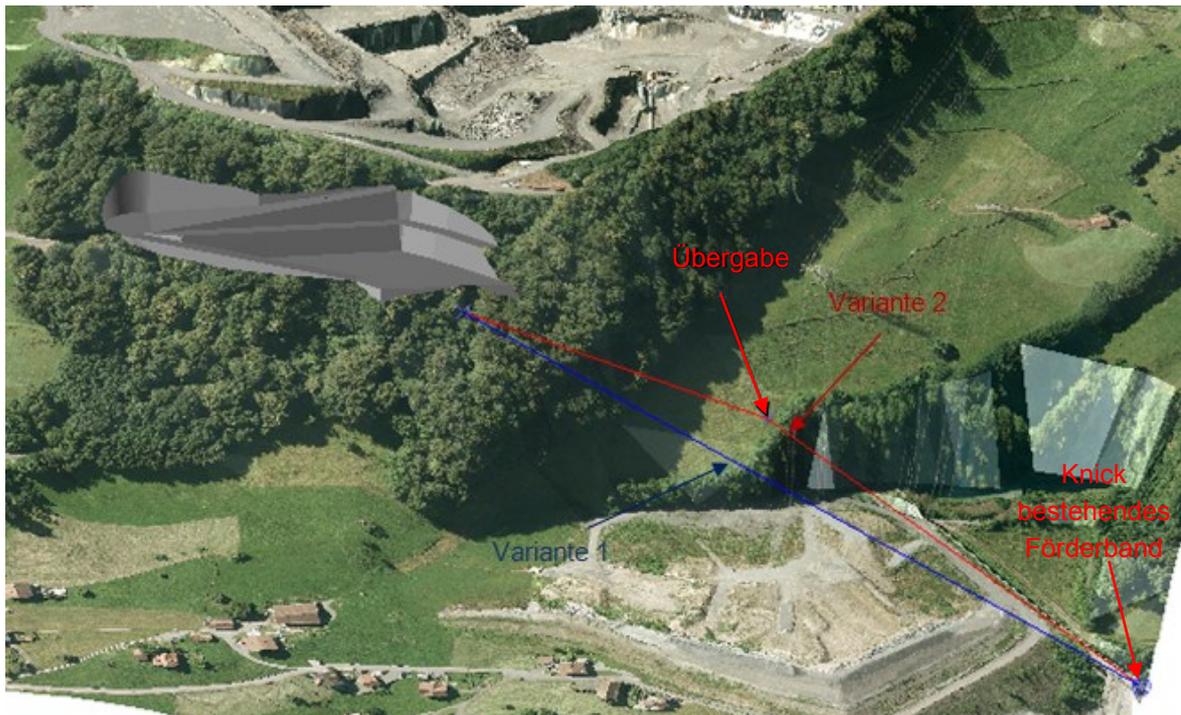
Dadurch, dass die Zufahrtsstraße zum Steinbruch durchgehend befahrbar sein muss, sollten beim Einschnitt oberhalb des Zufahrtsweges nur kleine Sprengungen durchgeführt werden. Die Sprengungen sollten zudem rechtwinklig zum Zufahrtsweg gemacht werden, da somit der größte Teil des Haufwerkes nicht auf dem Zufahrtsweg zu liegen kommt.

---

## 6.1.2 Trassenführung Fördersystem

---

Durch die geplante Verlegung des Brecherstandortes muss ein neues Fördersystem im Bereich der Deponie Schönenbuch erstellt werden. In der Abbildung 41 sind zwei Varianten eines neuen Fördersystems dargestellt.



**Abbildung 41: Förderbandvarianten**

### **Förderbandvariante 1:**

Bei der Förderbandvariante 1 führt das Förderband vom Brecher und schließt an das bestehende Förderband beim Knick an (siehe Abbildung 41). Das neue Förderband hat eine Länge von 440 m und eine Neigung von  $14,5^\circ$  bzw. 26,3 %.

Die geringste Distanz zwischen dem Förderband und der Hochspannungsleitung beträgt 18 m. Die Firma ATEL hat einen Mindestabstand zwischen der Schüttoberfläche und der Hochspannungsleitung von 12,5 m vorgegeben.

Um eine Spannweite von 440 m überwinden zu können, müssen Stützen mit einer max. Höhe von 40 m gebaut werden. Wenn auf der halben Länge des Förderbandes (bei 220 m) eine Stütze gebaut wird, kann diese auf 27 m reduziert werden.

Da diese Stütze(n) auf der bestehenden Deponie Schönenbuch errichtet werden muss und noch Setzungen auftreten können, wird ein spezielles Fundament benötigt. Zwischen der Stütze und dem Förderband muss ein flexibles Lager eingebaut werden, da die Stütze beim fortschreitenden auffüllen der Deponie sukzessive zugeschüttet wird.

Während der Auffüllung der Deponie Schönenbuch muss darauf geachtet werden, dass das Material gleichmäßig um die Stütze eingebaut wird, um größere Schiefstellungen der Stütze zu vermeiden.

Wenn die Deponie Schönenbuch nach einer der drei geplanten Varianten aufgefüllt wird, kann das Förderband nach Fertigstellung der Deponie auf der äußeren Ecke der Deponie, wie in Abbildung 42 und Abbildung 43 dargestellt ist, gelagert werden.

### **Förderbandvariante 2:**

Bei der Förderbandvariante 2 führt das Förderband vom Brecher auf eine Geländekante, bei der eine Übergabestelle errichtet werden muss und führt von dort aus weiter zum Knick beim bestehenden Förderband (siehe Abbildung 41).

Das obere Förderband hat eine Länge von 163 m und eine Steigung von 16,4° bzw. 29,8 %. Das untere Förderband ist 300 m lang und hat eine Steigung von 12,4° bzw. 26,3 %.

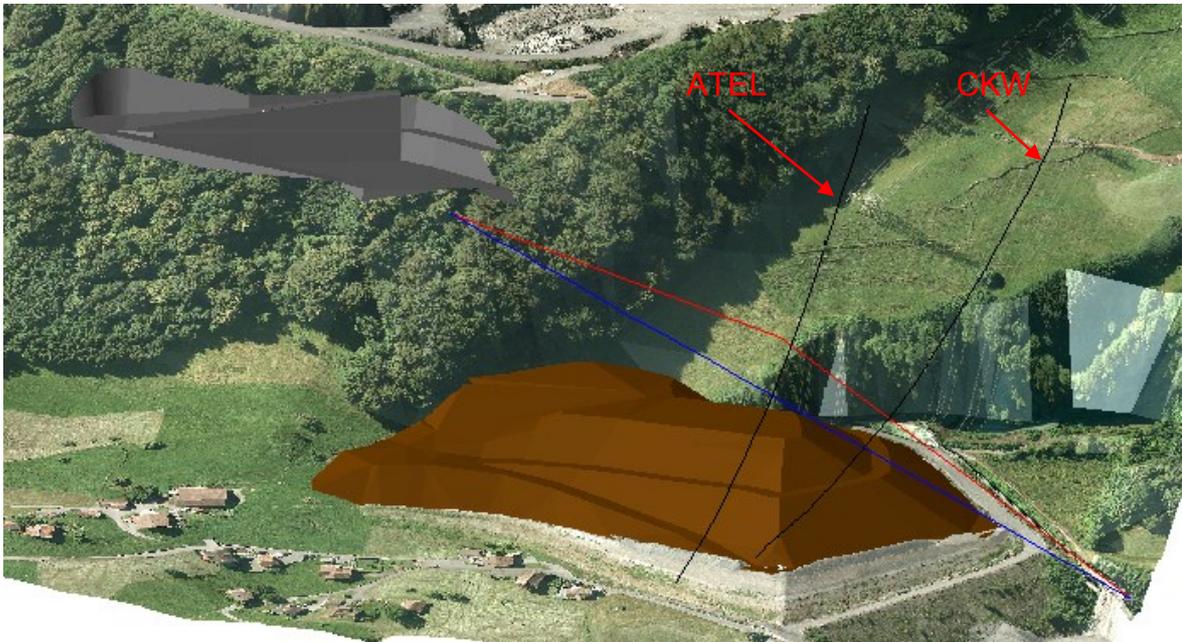
Um eine Spannweite von 300 m überwinden zu können muss eine Stütze mit einer max. Höhe von ca. 27 m erstellt werden. Wenn eine Stütze in der Hälfte des unteren Förderbandes (bei 150 m) errichtet wird, kann diese auf 15 m reduziert werden.

Das Fundament sowie die flexible Lagerung zwischen Stütze und Förderband muss wie bei der Förderbandvariante 1 beschrieben ist, erstellt werden.

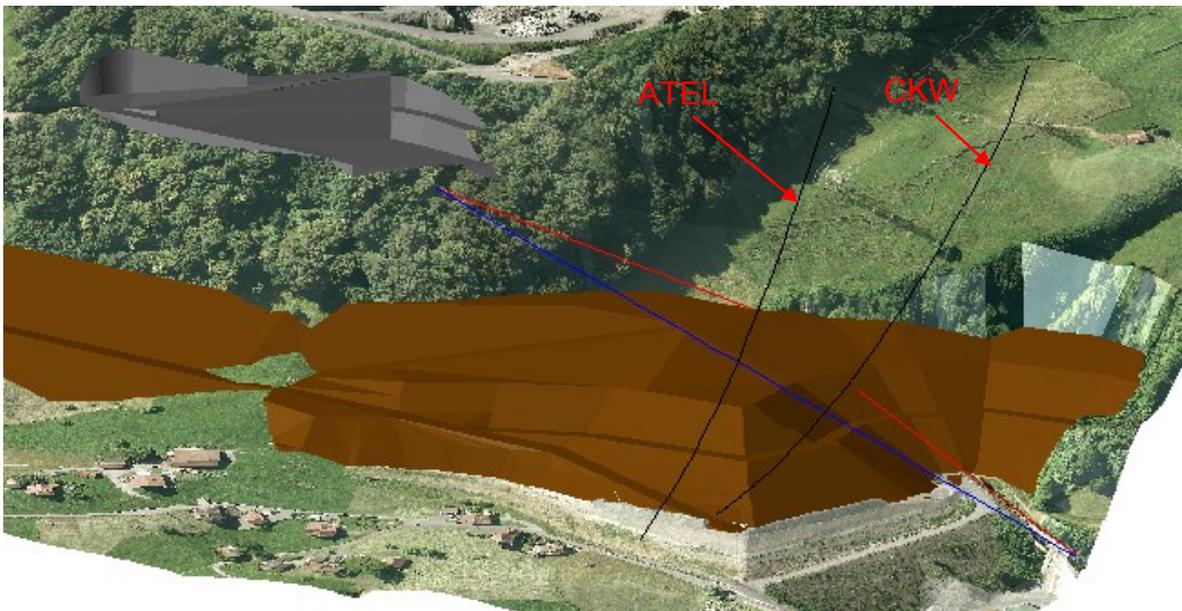
Die minimale Entfernung zwischen Förderband und Hochspannungsleitung beträgt ca. 28,4 m.

Nach der Auffüllung der Deponie Schönenbuch nach Variante 1 muss entweder eine Stütze beim unteren Förderband bestehen bleiben, bzw. ein neues Förderband über die Deponie errichtet werden (siehe Abbildung 42). Sollte eine

der Varianten 2 oder 3 genehmigt und ausgeführt werden, muss ein Einschnitt bzw. ein neues Förderband über die Deponie errichtet werden (siehe Abbildung 43).



**Abbildung 42: Förderbandvarianten und Deponievariante 1**



**Abbildung 43: Förderbandvarianten und Deponievariante 2 bzw. 3**

---

## 7 Literaturverzeichnis

---

AKP Verkehrsingenieure: Installationsplatz Morschachertunnel – Erschließungsvarianten, o.V., 2010

Bundesamt für Umwelt BAFU: Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (Aushubrichtlinie), <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00446/index.html?lang=de>, (01.05.2012)

Google: GoogleMaps, <http://maps.google.at/maps?hl=de&tab=wl>, (01.05.2012)

Henauer Gugler Ingenieure und Planer: [http://www.hegu.ch/projekte/auswahl/projekt/210-n4-ingenbohl-gumpisch/bild\\_2.html](http://www.hegu.ch/projekte/auswahl/projekt/210-n4-ingenbohl-gumpisch/bild_2.html), (01.05.2012)

Kanton Uri: Medienkonferenz 20.August.2007, o.V., 2007

SUVA: Abbau von Gestein, Kies und Sand (nur Download möglich), [https://extra.suva.ch/suva/b2c/catalog/setCurrentItem/%28layout=6\\_5\\_54\\_52\\_10\\_6&uiarea=1&next=seeltem&care=4CA34A2B35B501D6E10080000A63035B&cit em=4CA34A2B35B501D6E10080000A63035B4BE3893936148016E10080000A630387%29/.do;jsessionid=%28I70A010\\_C55\\_50%29ID2135812850DB9ed3c9712244d38dbc2e9c19acd87b27ab712700End;saplb\\_\\*=%28I70A010\\_C55\\_50%29504017850](https://extra.suva.ch/suva/b2c/catalog/setCurrentItem/%28layout=6_5_54_52_10_6&uiarea=1&next=seeltem&care=4CA34A2B35B501D6E10080000A63035B&cit em=4CA34A2B35B501D6E10080000A63035B4BE3893936148016E10080000A630387%29/.do;jsessionid=%28I70A010_C55_50%29ID2135812850DB9ed3c9712244d38dbc2e9c19acd87b27ab712700End;saplb_*=%28I70A010_C55_50%29504017850), (01.05.2012)

Bsp ingenieure + planer AG: Übersichtsplan Messpunkte und Inclinometer, o.J.

Bsp ingenieure + planer AG: Messpunkt 100 und 200, o.J.

Ebeling, P.: Geologische und geotechnische Untersuchung des Steinbruches Hettis, Brunnen, 2009

KCH Kuratli Calörtscher Hirner: Endgestaltung Deponie Schönenbuch, 2006

---

## 8 Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Standort Holcim Brunnen (GoogleEarth, 2012) .....	1
Abbildung 2: Aufbau der Masterarbeit .....	2
Abbildung 3: Übersichtsplan Tunnelprojekt Ingenbohl-Gumpisch (Henauer Gugler Ingenieure und Planer, 2011) .....	3
Abbildung 4: Zeitplan Tunnelprojekt Axenstraße N4 (AKP Verkehrsingenieur, 2010) .....	4
Abbildung 5: Daten Tunnelprojekt Axenstraße N4 (Kanton Uri, 2007) .....	4
Abbildung 7: Ausbruchsmengen Variante Sprengvortrieb .....	8
Abbildung 8: Tunnelprofil Sprengvortrieb .....	9
Abbildung 9: Profil Sicherheitsstollen TBM Vortrieb .....	9
Abbildung 10: Benötigtes Material für den Tunnelausbau .....	10
Abbildung 11: Benötigte Gesteinskörnungen Variante Sprengvortrieb .....	10
Abbildung 12: Jährliche Produktionsmengen bei der Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019) .....	11
Abbildung 13: Lagerbestandsveränderung Variante Sprengvortrieb .....	12
Abbildung 14: Ausbruchsmengen Variante Tunnelbohrmaschine .....	14
Abbildung 15: Tunnelquerschnitt TBM Vortrieb .....	14
Abbildung 16: Profil Sicherheitsstollen Sprengvortrieb .....	15
Abbildung 17: Benötigtes Material für den Tunnelausbau .....	16
Abbildung 18: Benötigte Gesteinskörnungen Variante Tunnelbohrmaschine .....	17
Abbildung 19: Jährliche Produktionsmengen bei der Variante Tunnelbohrmaschine (Juli 2014 – August 2019) .....	18
Abbildung 20: Lagerbestandsveränderung Variante Tunnelbohrmaschine .....	19
Abbildung 21: Zwischenlager Werksgelände .....	20
Abbildung 22: Zwischenlager Steinbruch Hettis .....	21
Abbildung 23: Beurteilung und Entsorgung von Aushubmaterial (Bundesamt für Umwelt, 1999) .....	25
Abbildung 23: Übersicht Deponie Schönenbuch .....	27
Abbildung 25: Genehmigte Deponie Schönenbuch (KCH Kuratli Calörtscher Hirner, 2006) .....	28

Abbildung 26: Aktuell genehmigte Deponie Schönenbuch .....	29
Abbildung 27: Übersichtsplan Messpunkte und Inclinometer (bsp ingenieure + planer AG) .....	30
Abbildung 28: Messpunkt 100 und 200 (bsp ingenieure + planer AG) .....	30
Abbildung 29: Ermittlung der Bermbreite (Meier, 2006) .....	32
Abbildung 30: Deponie Schönenbuch Variante 1 .....	33
Abbildung 31: Deponie Schönenbuch Variante 2 .....	34
Abbildung 32: Deponie Schönenbuch Variante 3 .....	35
Abbildung 33: Aktueller Brecherstandort Steinbruch Hettis .....	38
Abbildung 34: Grundriss neuer Brecherstandort .....	39
Abbildung 35: Neuer Brecherstandort .....	40
Abbildung 36: Etagenhöhen Brecherstandort neu .....	41
Abbildung 37: Lithologische Abfolge Steinbruch Hettis (Patrick Ebeling, 2009) ...	42
Abbildung 38: Schichten im Steinbruch Hettis .....	43
Abbildung 39: Verwerfungen im Steinbruch Hettis (Patrick Ebeling, 2009) .....	44
Abbildung 40: Schichtgrenze (Gault-Grünsandstein) Brecherstandort neu .....	45
Abbildung 41: Schicht im Gault .....	46
Abbildung 42: Förderbandvarianten .....	47
Abbildung 43: Förderbandvarianten und Deponievariante 1 .....	49
Abbildung 44: Förderbandvarianten und Deponievariante 2 bzw. 3 .....	49

---

## 9 Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: Materialqualitäten Morschacher Tunnel.....	6
Tabelle 2: Materialqualitäten Sisikoner Tunnel.....	6
Tabelle 3: Querschnitte und Längen .....	8
Tabelle 4: Produktionsmengen bei der Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019) .....	11
Tabelle 5: Lagerbestandsveränderung Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019) .....	12
Tabelle 6: Produktionsmengen bei der Variante Sprengvortrieb (Juli 2014 – August 2019) .....	17
Tabelle 7: Lagerbestandsveränderung Variante Tunnelbohrmaschine (Juli 2014 – Dezember 2018).....	18
Tabelle 8: Zwischenlager Steinbruch Hettis .....	22
Tabelle 9: Vergleich verfügbare und benötigte Zwischenlagerkapazität.....	22
Tabelle 10: aktuell genehmigte Einbaumenge.....	29
Tabelle 11: Volums- und Mengenerrechnung Variante 1 .....	33
Tabelle 12: Volums- und Mengenerrechnung Variante 2 .....	34
Tabelle 13: Volums- und Mengenerrechnung Variante 3 .....	35
Tabelle 14: verfügbares und benötigtes Deponievolumen .....	36
Tabelle 15: Richtwerte U für unverschmutztes Aushubmaterial (Gesamtgehalte) (Bundesamt für Umwelt, 1999).....	I
Tabelle 16: Richtwerte T für tolerierbares Aushubmaterial (Gesamtgehalte) (Bundesamt für Umwelt, 1999).....	II

---

## 10 Abkürzungsverzeichnis

---

cm...Zentimeter

km...Kilometer

kt...1.000 Tonnen

LA-Wert...Los Angeles Wert

m...Meter

m ü.M....Meter über Meeresspiegel

m/d...Meter pro Tag

m<sup>2</sup>...Quadratmeter

m<sup>3</sup>...Kubikmeter

Mio....Millionen

mm...Millimeter

PSV...Polish stone value

SPV...Sprengvortrieb

t...Tonnen

t/h...Tonnen pro Stunde

t/m...Tonnen pro Meter

t/m<sup>3</sup>...Tonnen pro Kubikmeter

TBM...Tunnelbohrmaschine

# Anhang

## Anhang 1: Richtwerte U für Unverschmutztes Aushubmaterial

Parameter	U-Wert (mg/kg)
Arsen	15
Blei	50
Cadmium	1
Chrom gesamt	50
Chrom (VI)	0.05
Kupfer	40
Nickel	50
Quecksilber	0.5
Zink	150
Cyanid, leicht freisetzbar	0.05
Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW)*	0.1
Polychlorierte Biphenyle (PCB)**	0.1
Aliphatische Kohlenwasserstoffe C <sub>5</sub> bis C <sub>10</sub> ***	1
Aliphatische Kohlenwasserstoffe >C <sub>10</sub>	50
Monocyclische aromatische Kohlenwasserstoffe BTEX****	1
Benzol	0.1
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)*****	1
Benzo[a]pyren	0.1
Methyl-tert-butylether (MTBE)	0.1

\*  $\Sigma 7$  LCKW: Methylenechlorid, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, cis-1,2-Dichlorethylen, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethylen, Perchlorethylen

\*\*  $\Sigma 6$  PCB-Kongenere x 4.3: Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180

\*\*\*  $\Sigma C_5$ - bis  $C_{10}$ -KW: Fläche FID-Chromatogramm zwischen n-Pentan und n-Decan, multipliziert mit dem Response Faktor von n-Hexan, minus  $\Sigma$ BTEX

\*\*\*\*  $\Sigma$ BTEX: Benzol, Toluol, Ethylbenzol, o-Xylol, m-Xylol, p-Xylol

\*\*\*\*\*  $\Sigma 16$  EPA-PAK: Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren

Tabelle 15: Richtwerte U für unverschmutztes Aushubmaterial (Gesamtgehalte)  
(Bundesamt für Umwelt, 1999)

## Anhang 2: Richtwerte T für tolerierbares Aushubmaterial

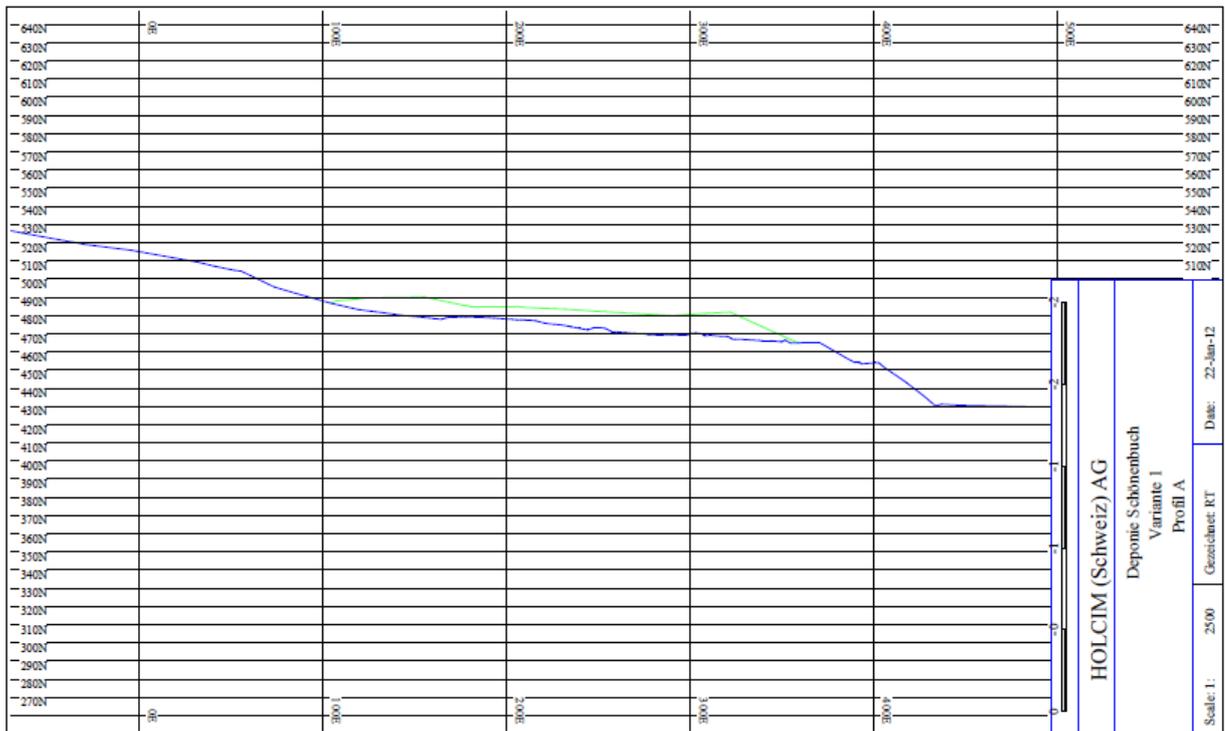
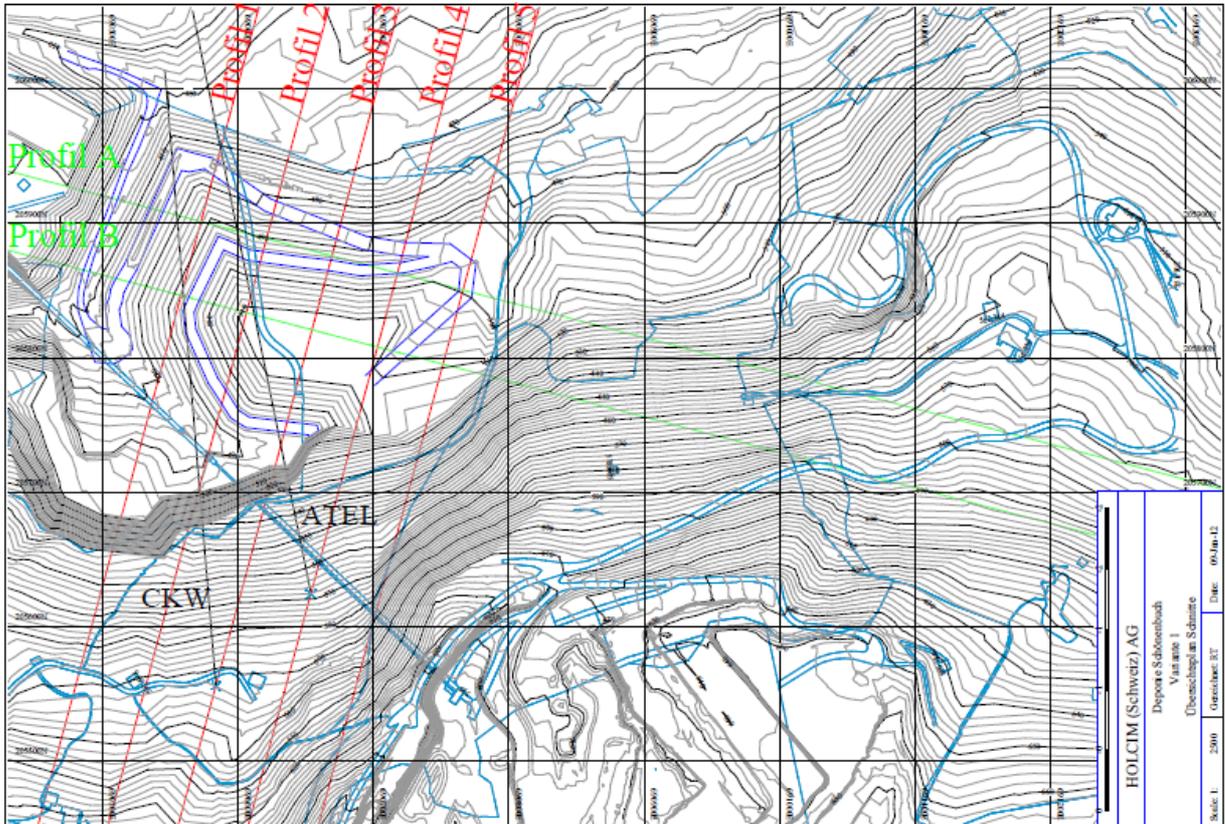
Parameter	T-Wert (mg/kg)
Arsen	40
Blei	250
Cadmium	5
Chrom gesamt	250
Chrom (VI)	0.05
Kupfer	250
Nickel	250
Quecksilber	1
Zink	500
Cyanid, leicht freisetzbar	0.1
Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW)*	0.2
Polychlorierte Biphenyle (PCB)**	0.1
Aliphatische Kohlenwasserstoffe C <sub>5</sub> bis C <sub>10</sub> ***	5
Aliphatische Kohlenwasserstoffe >C <sub>10</sub>	250
Monocyclische aromatische Kohlenwasserstoffe BTEX****	5
Benzol	0.5
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)*****	15
Benzo[a]pyren	1
Methyl-tert-butylether (MTBE)	0.1

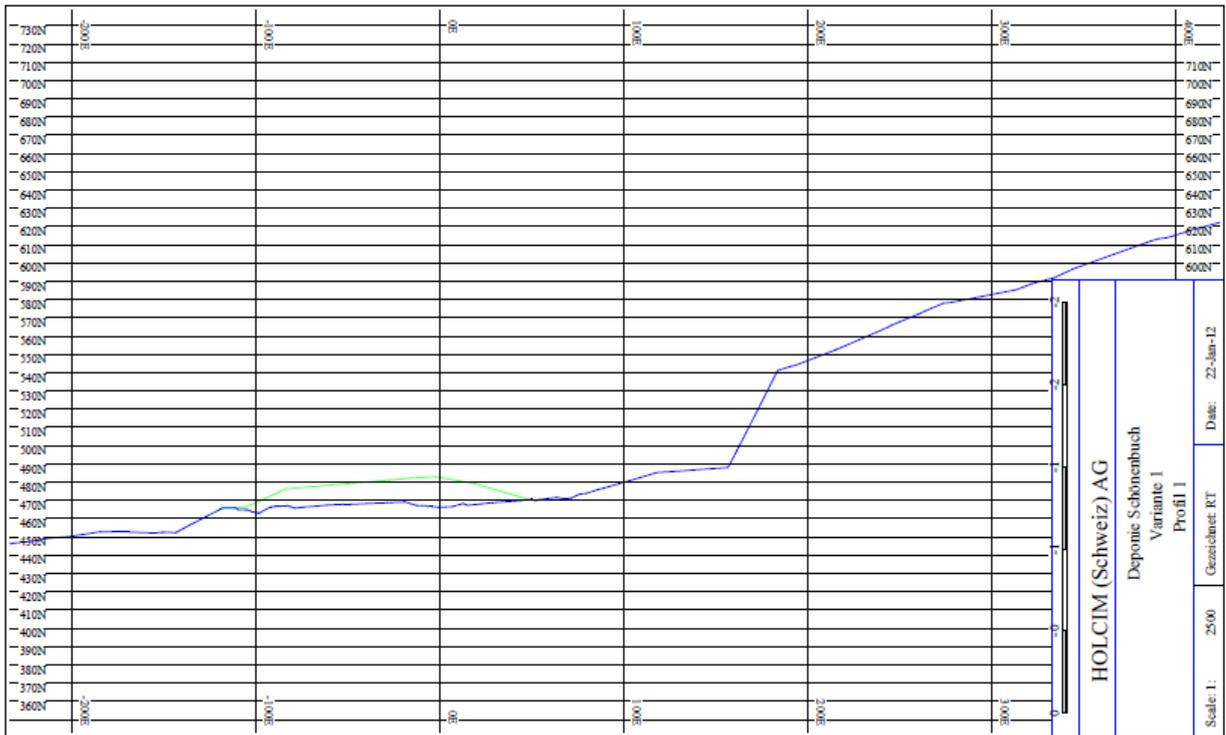
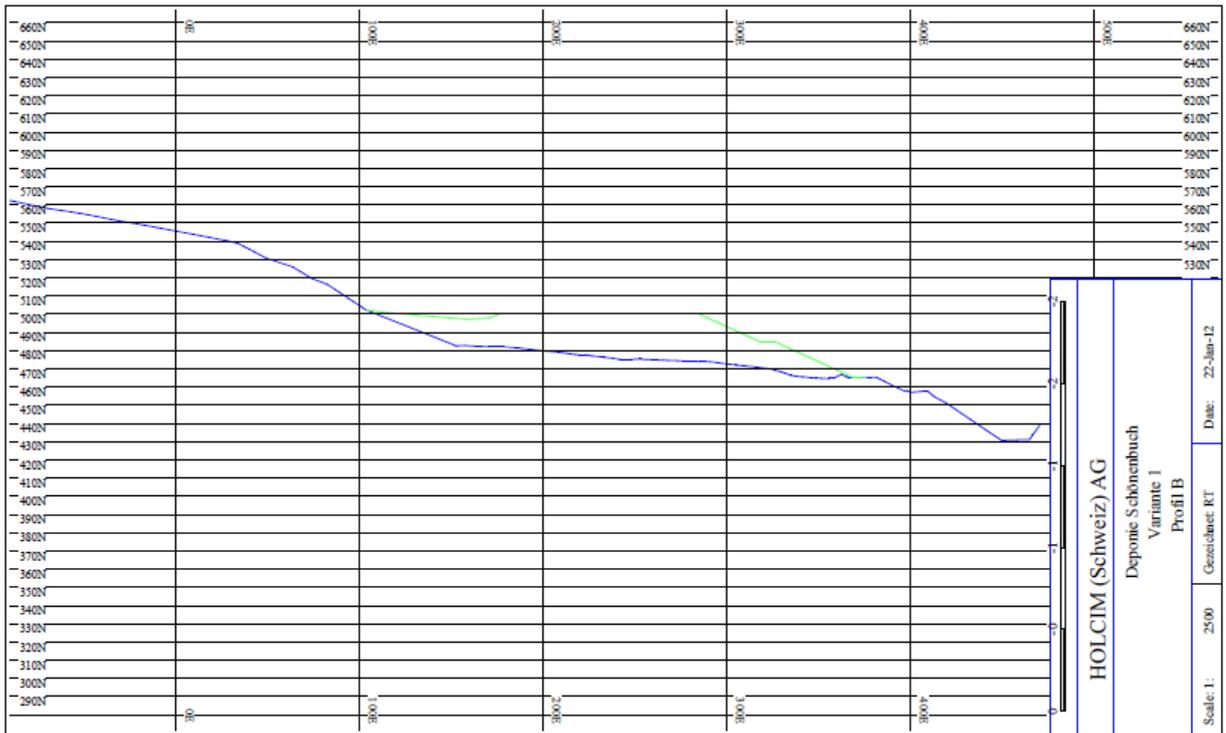
  

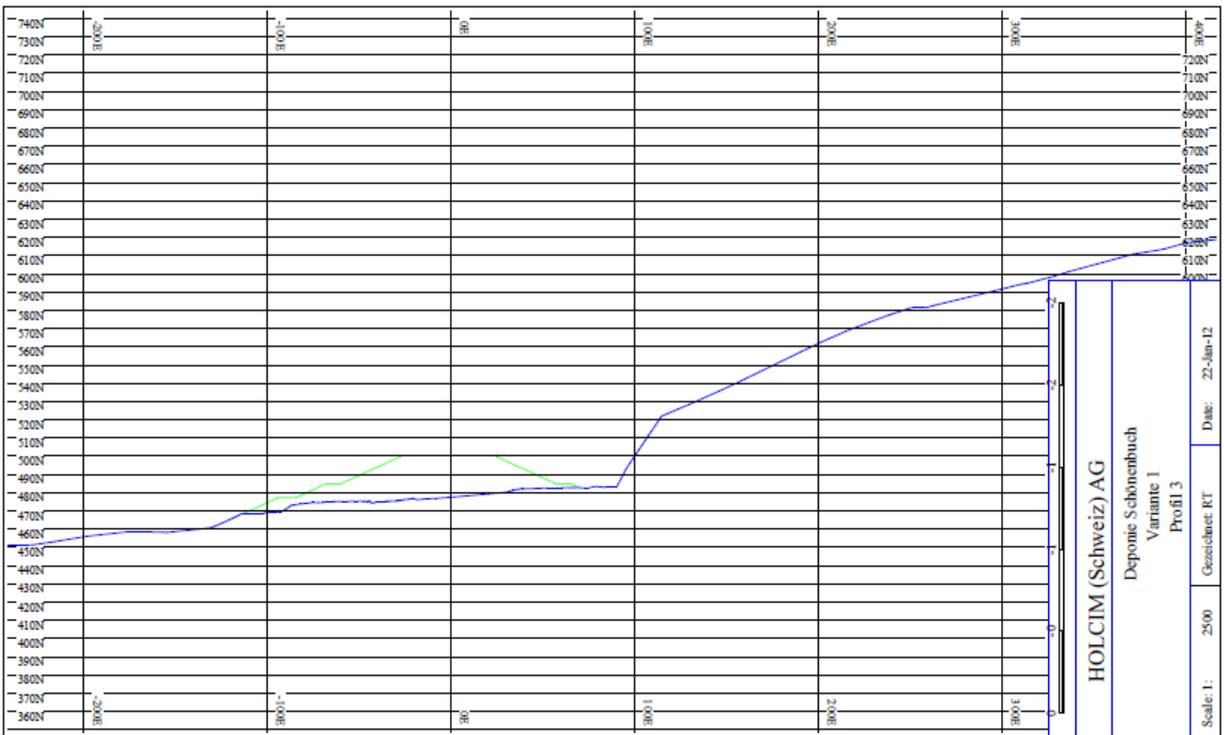
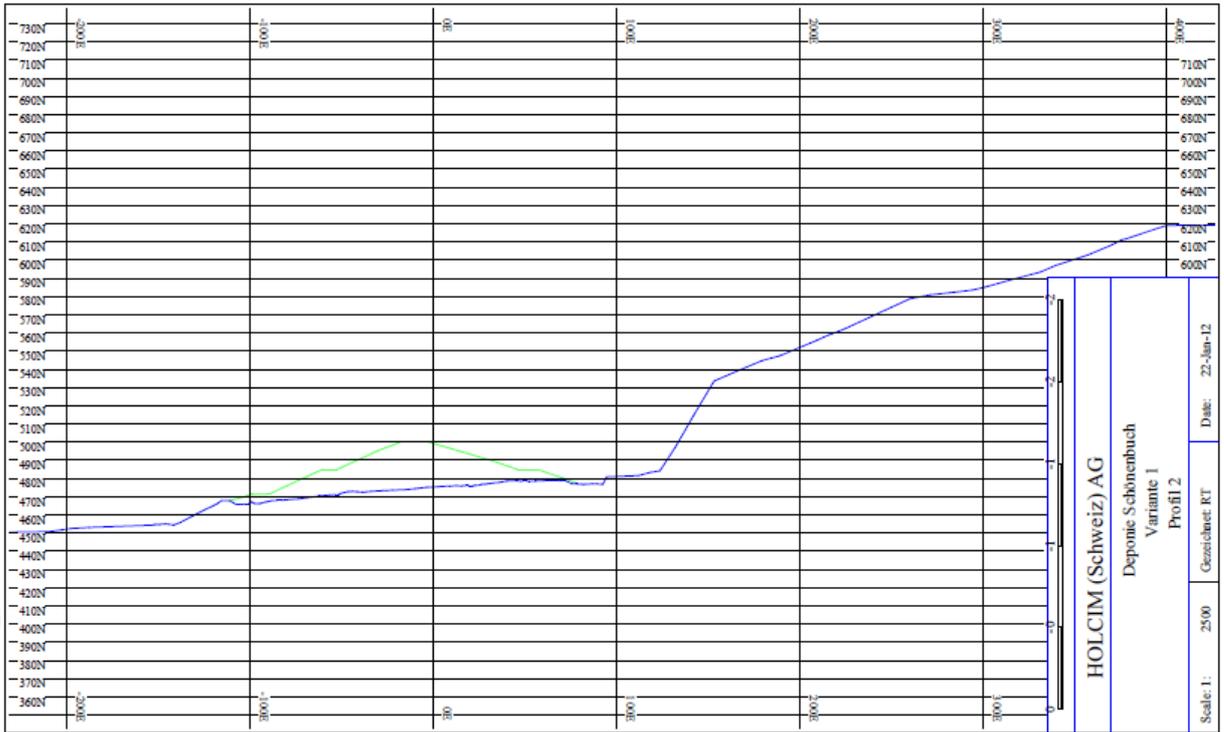
*	Σ7 LCKW: Methylenchlorid, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, cis-1,2-Dichlorethylen, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethylen, Perchlorethylen
**	Σ6 PCB-Kongenere x 4.3: Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180
***	ΣC <sub>5</sub> - bis C <sub>10</sub> -KW: Fläche FID-Chromatogramm zwischen n-Pentan und n-Decan, multipliziert mit dem Response Faktor von n-Hexan, minus ΣBTEX
****	ΣBTEX: Benzol, Toluol, Ethylbenzol, o-Xylol, m-Xylol, p-Xylol
*****	Σ16 EPA-PAK: Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-c,d]pyren

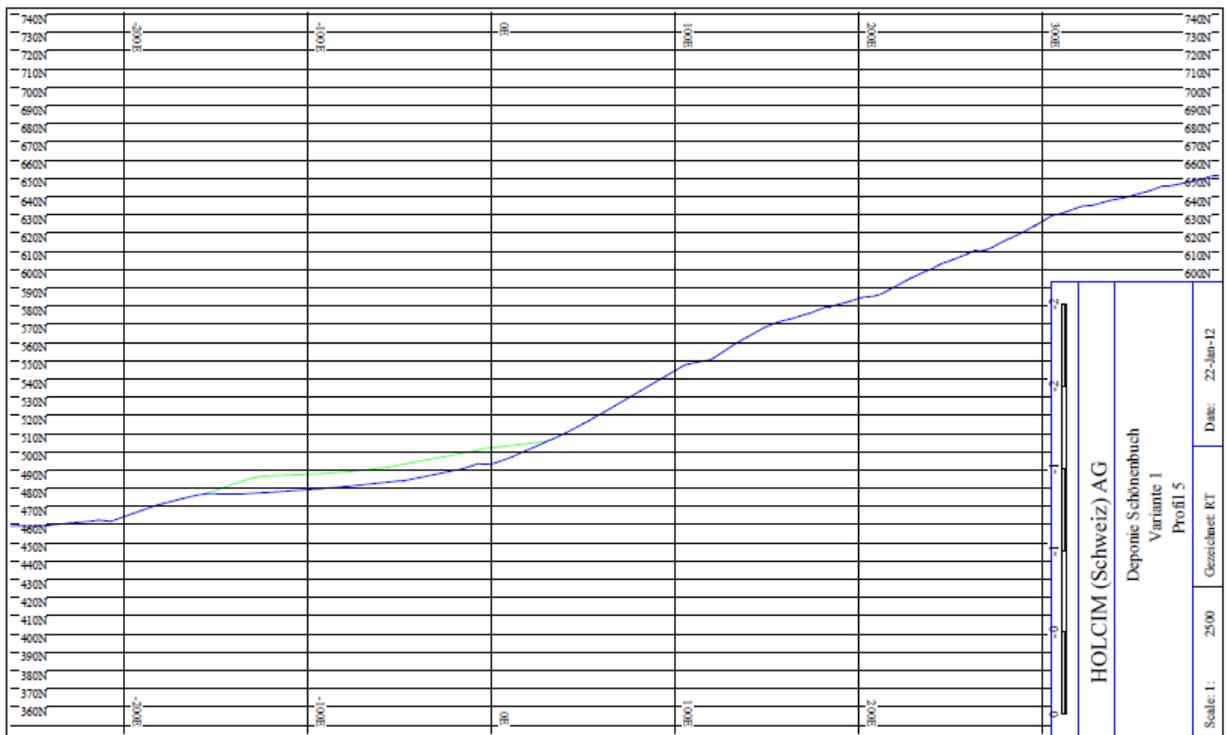
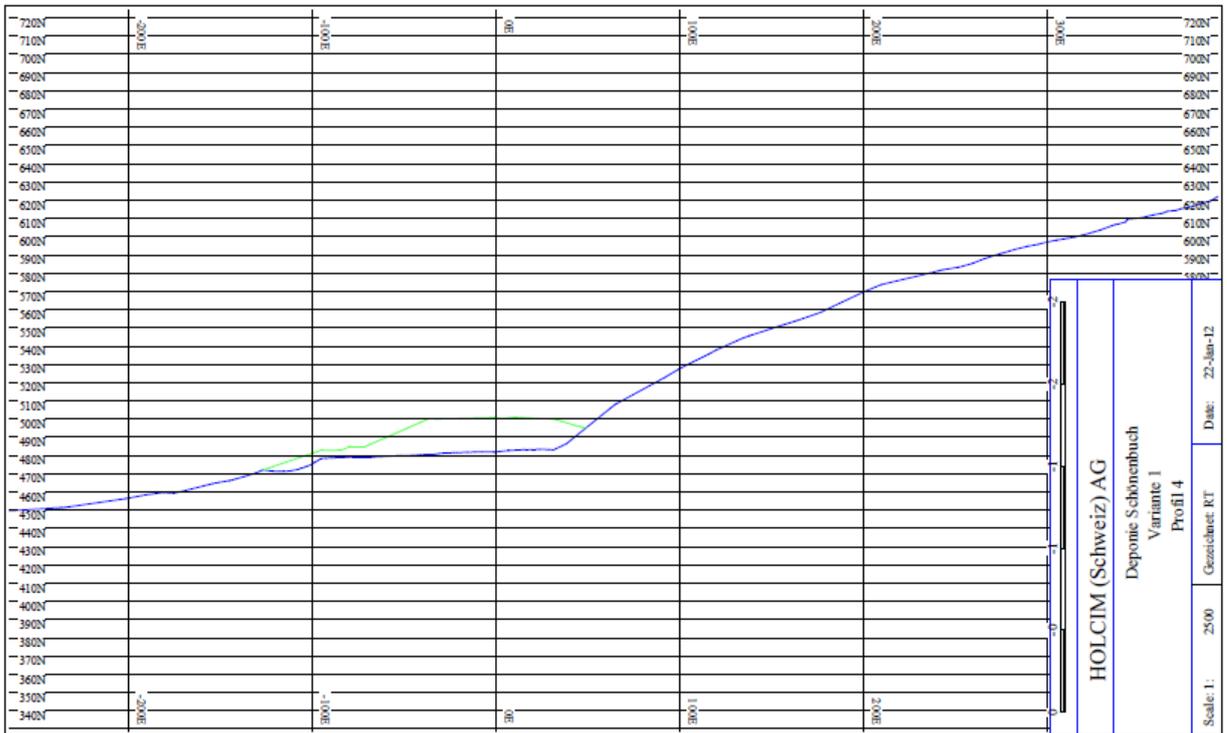
Tabelle 16: Richtwerte T für tolerierbares Aushubmaterial (Gesamtgehalte)  
(Bundesamt für Umwelt, 1999)

### Anhang 3: Höhengschichtlinienplan und Schnitte Deponie Schönenbuch Variante 1

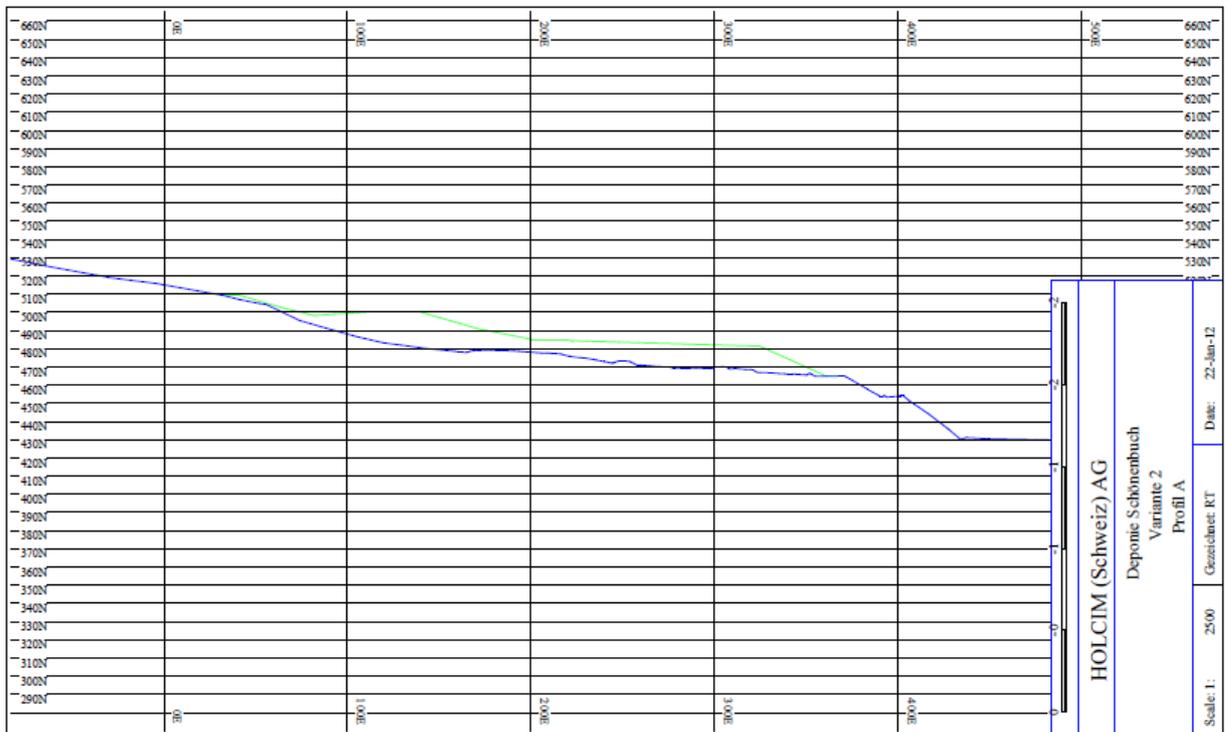
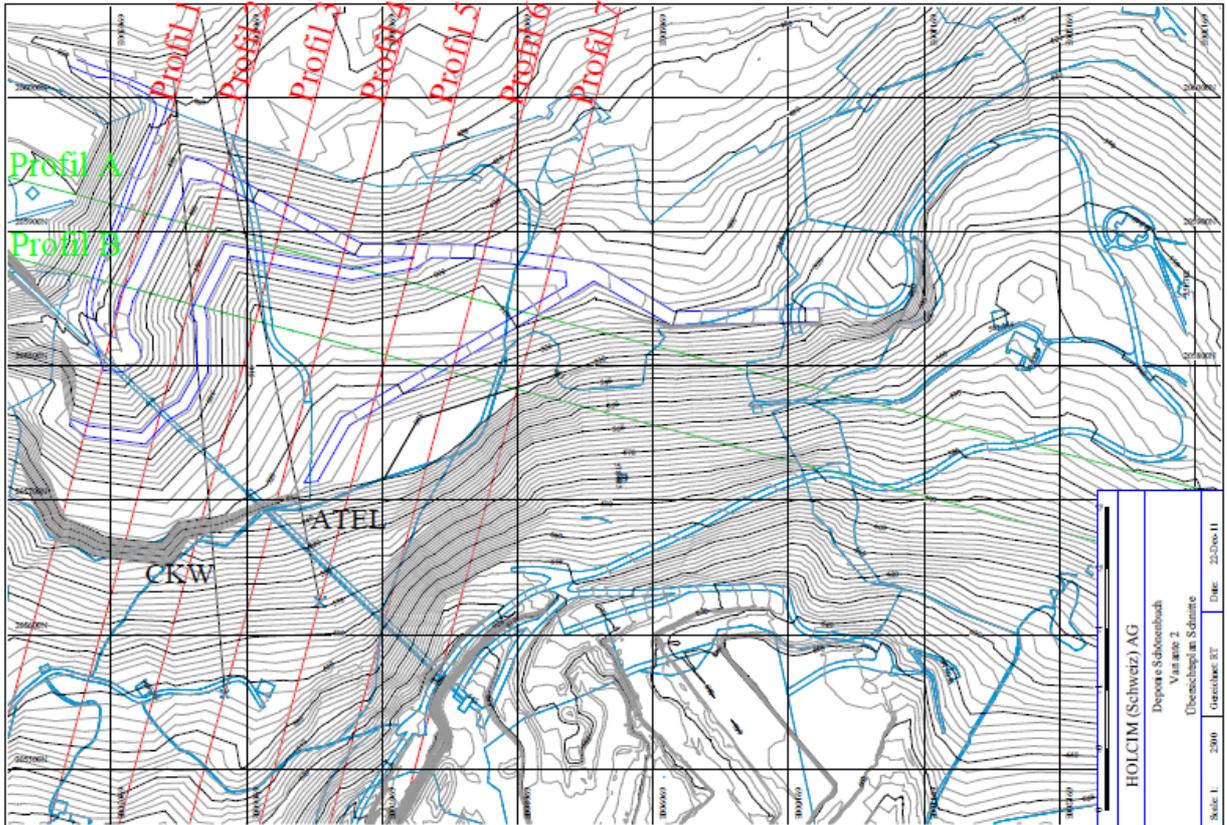


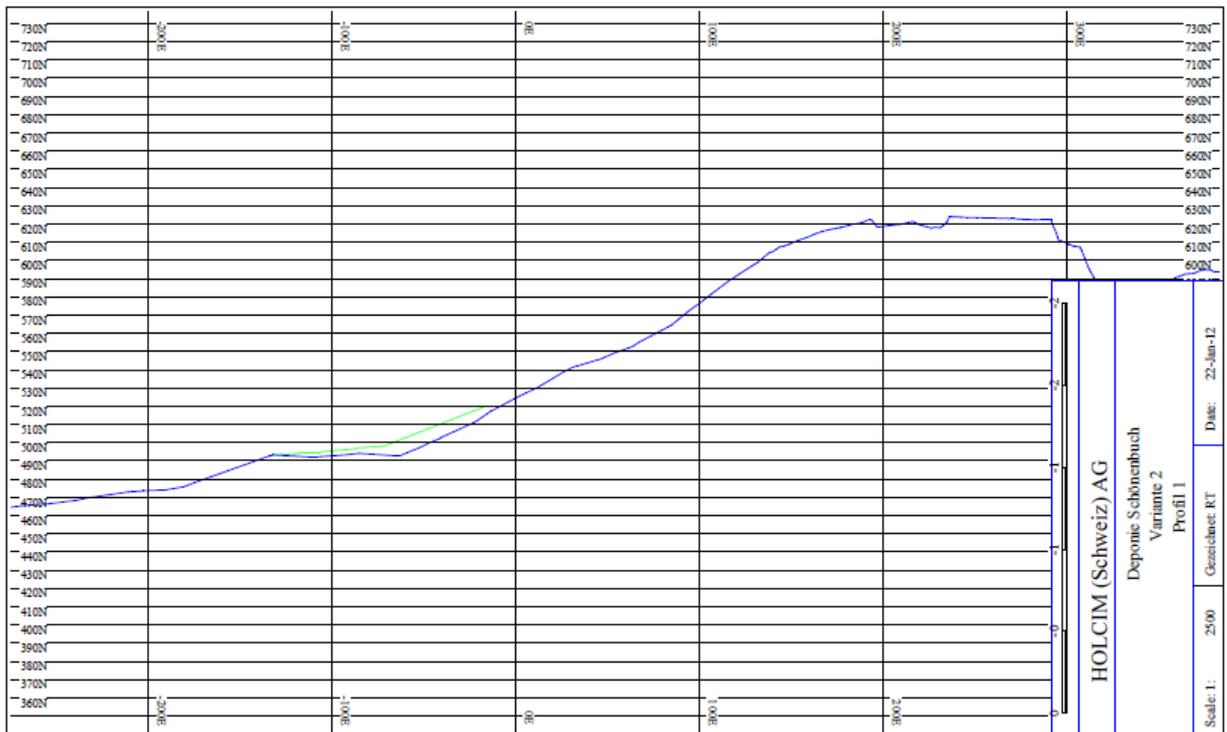
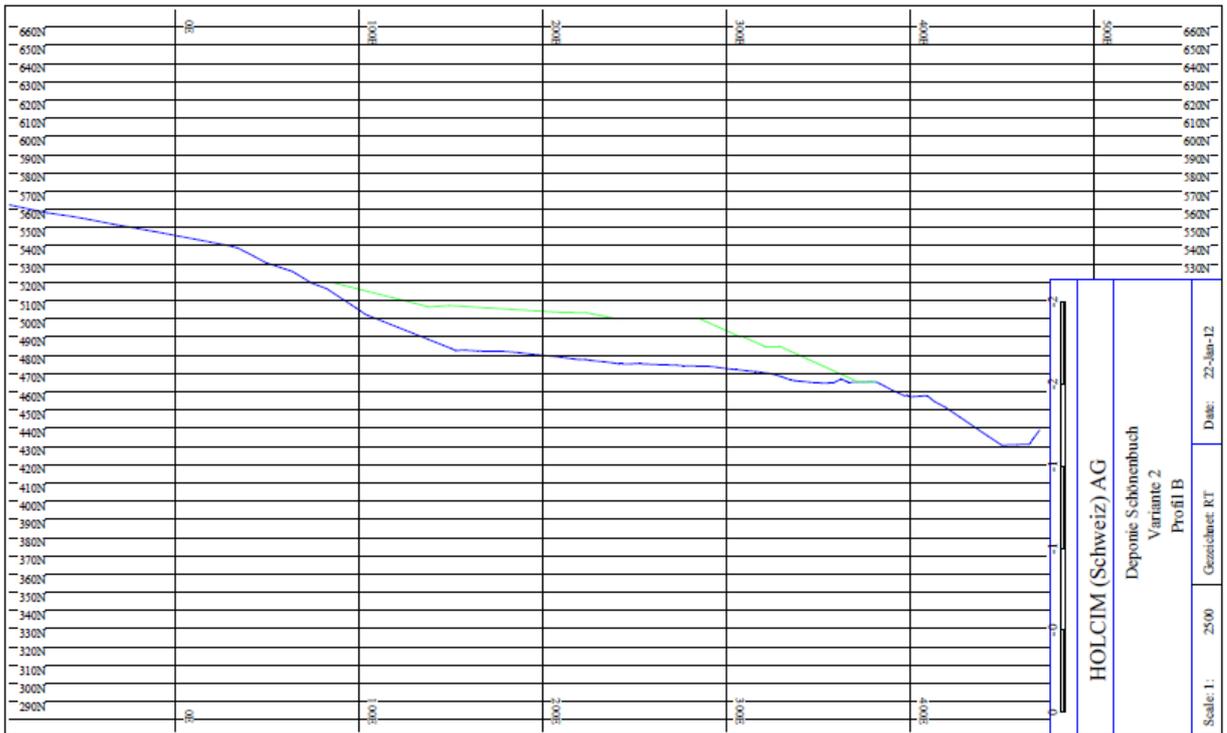


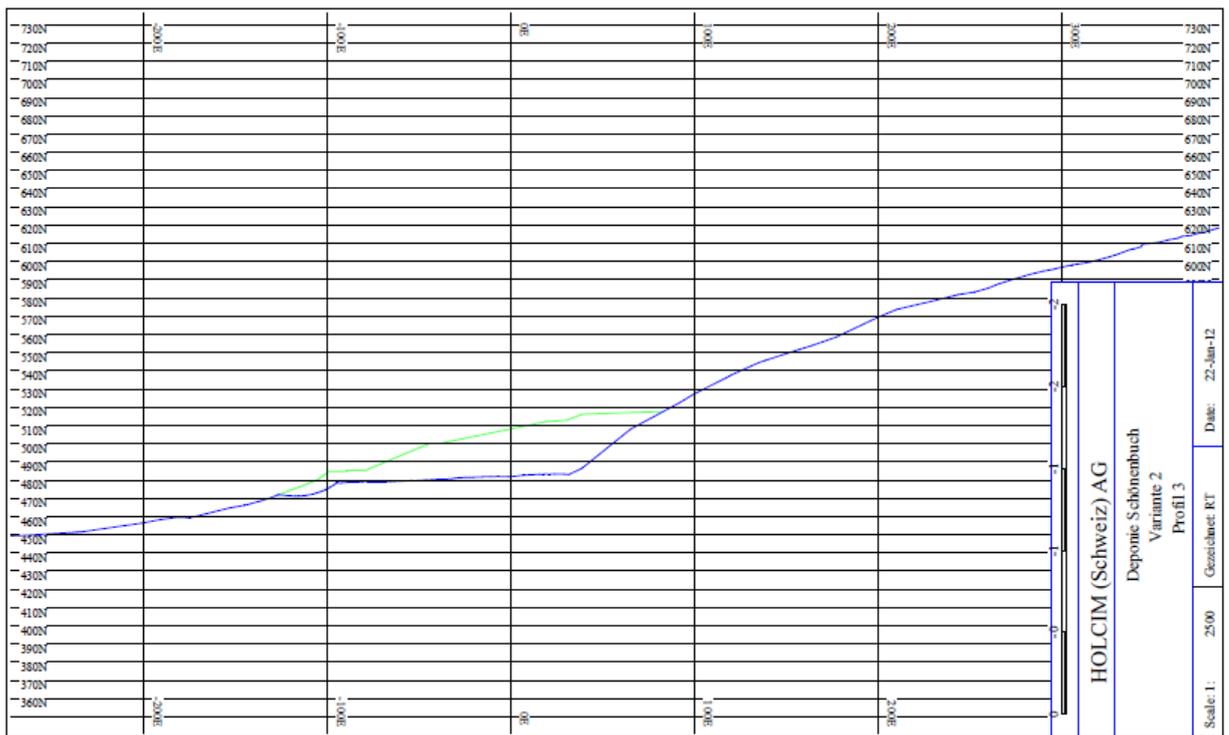
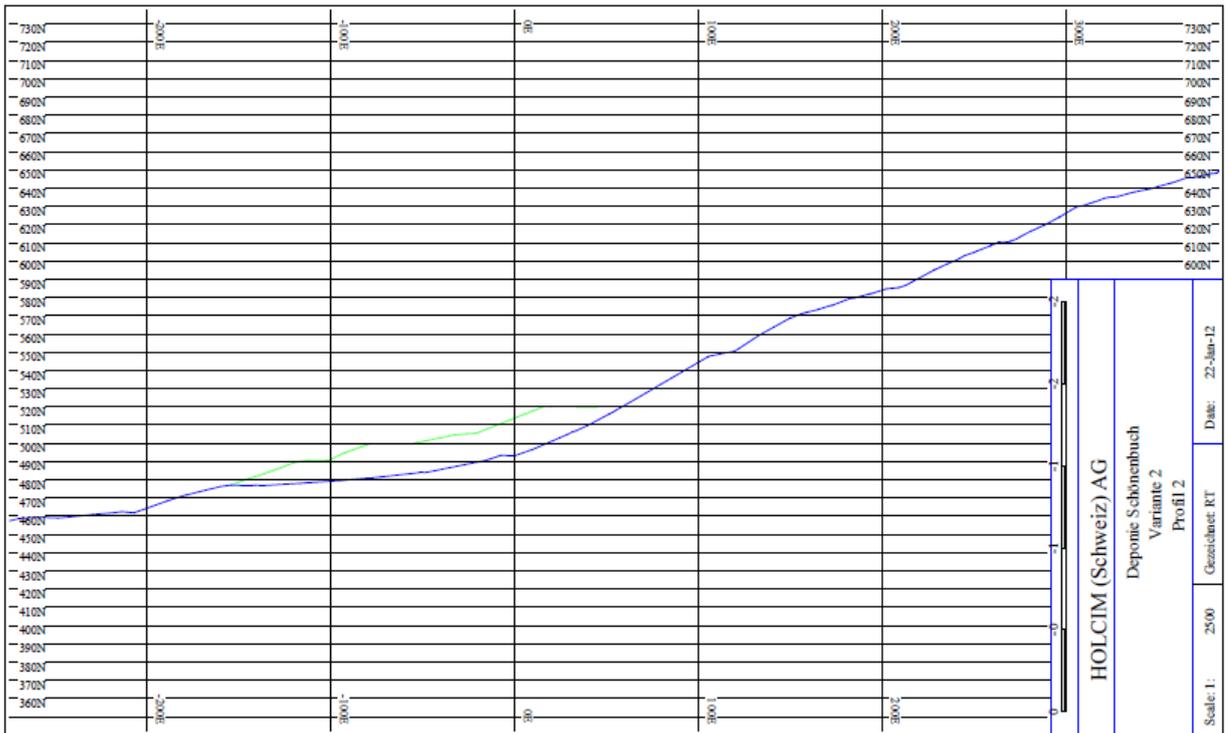


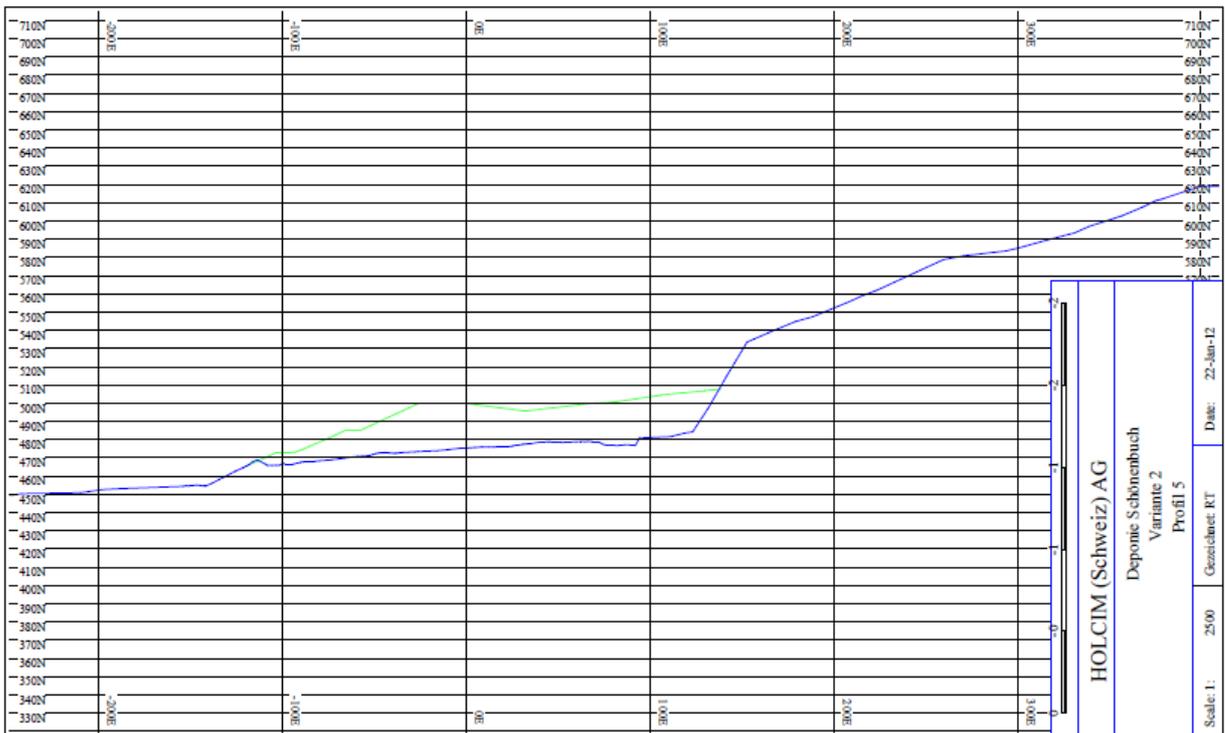
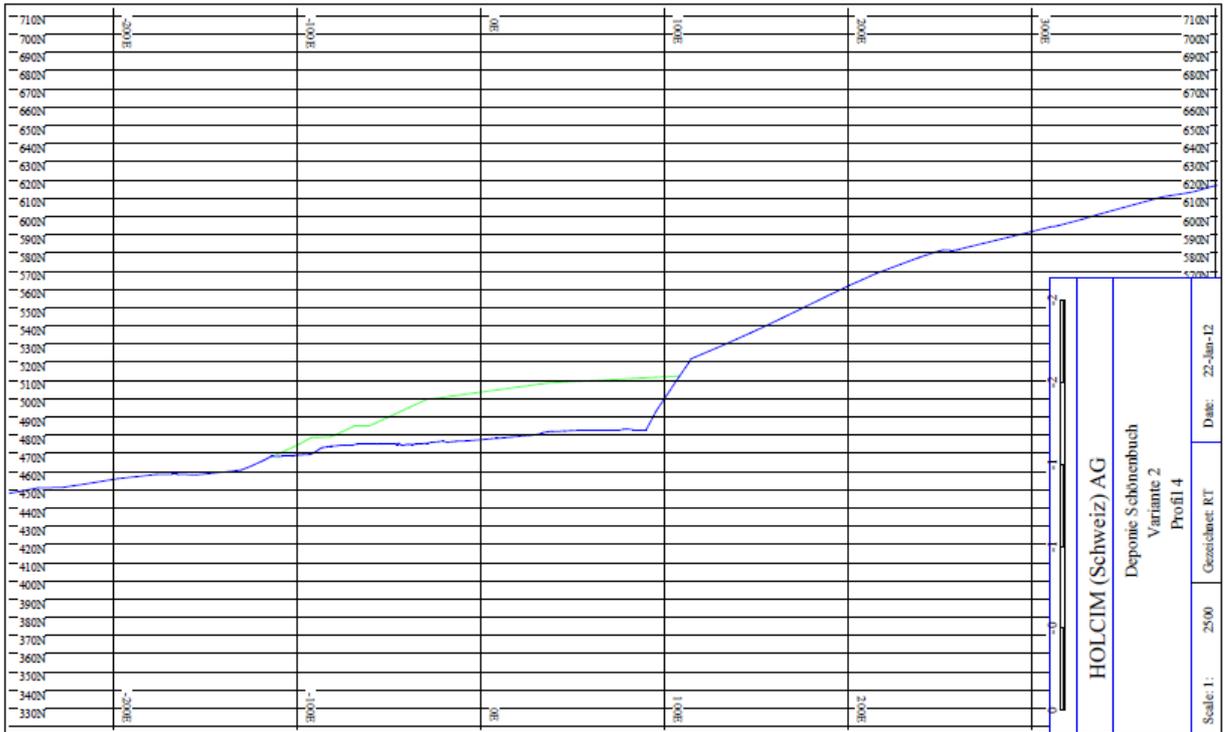


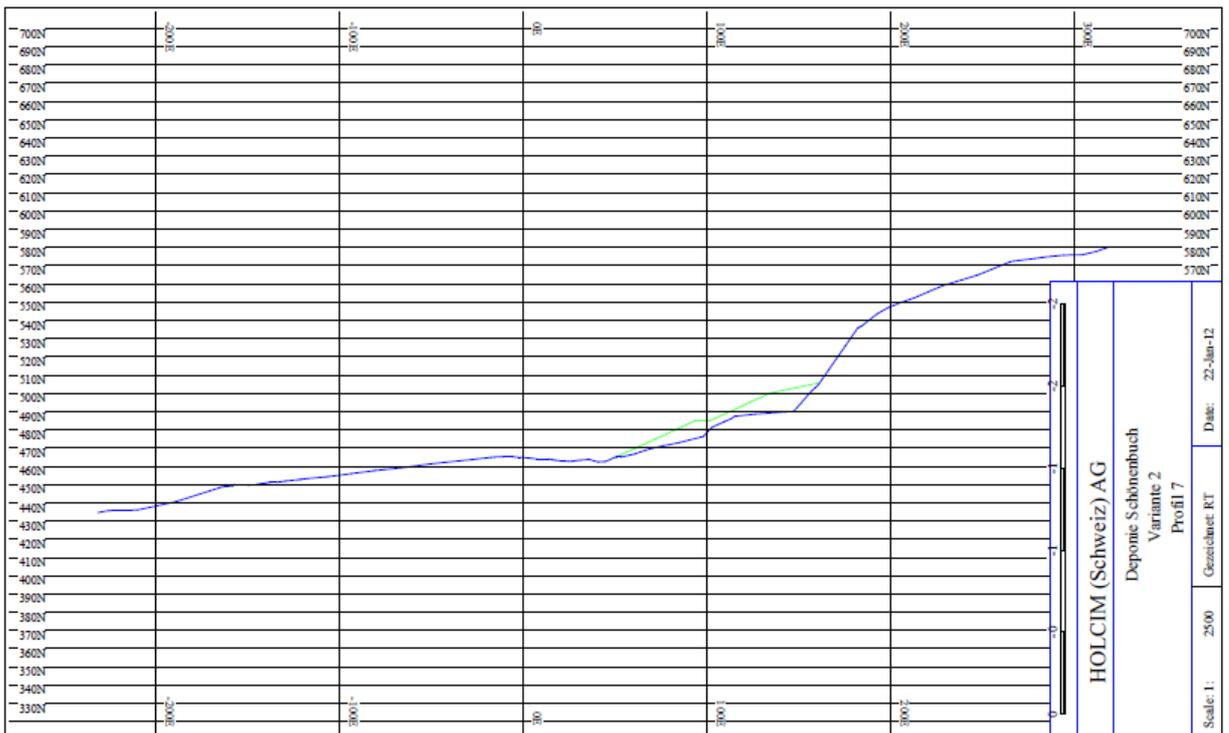
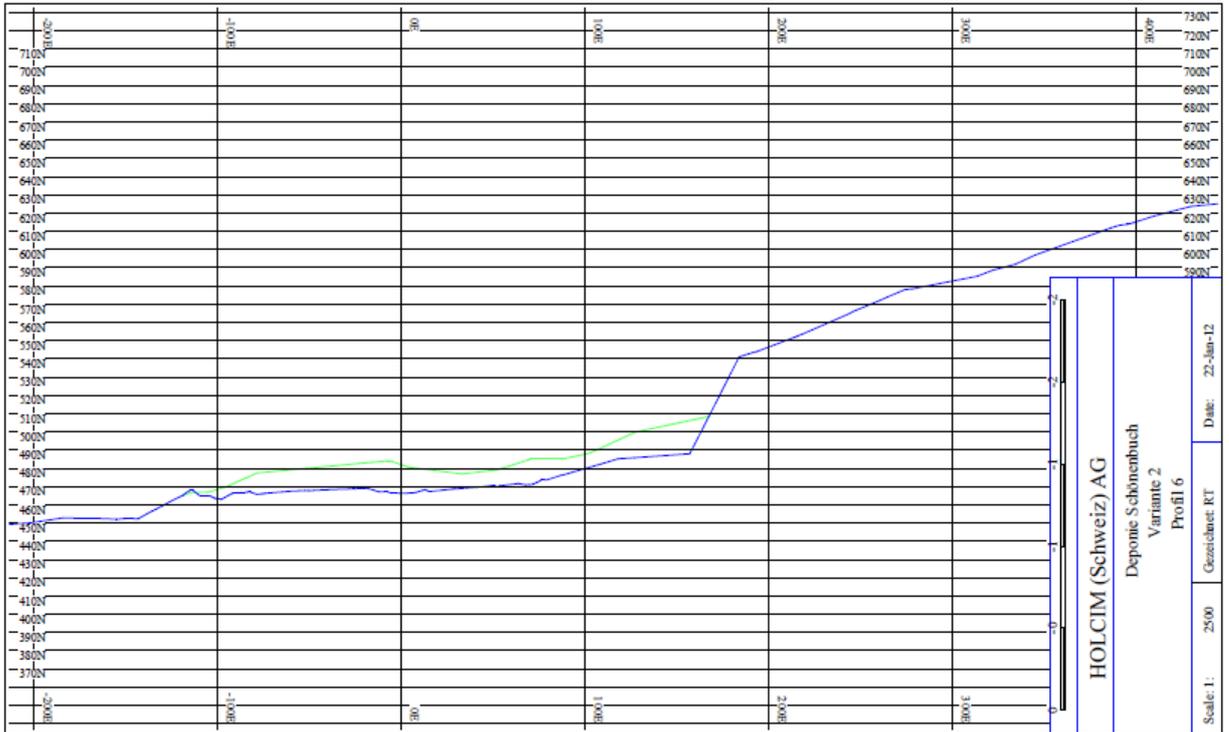
# Anhang 4: Höhengichtlinienplan und Schnitte Deponie Schönenbuch Variante 2











# Anhang 5: Höhengichtlinienplan und Schnitte Deponie Schönenbuch Variante 3

