Erschütterungsüberwachung Tunnel Crapteig – Auswertung der Messdaten aus Sicht des Sprengmeisters

H. Berni, Implenia Schweiz AG, Dietlikon, CH

Abstract

Erhöhung Tunnelsicherheit Infolge der aufgetretenen Brandunfälle in Tunnels sind europaweit Massnahmen zur Erhöhung der Tunnelsicherheit eingeleitet worden. Neben vielen technischen Verbesserungen sind auch bauliche Massnahmen erforderlich geworden. Insbesondere müssen Tunnels, welche im Gegenverkehr betrieben werden, über einen Fluchtweg nach aussen verfügen. Als zentrale Erkenntnis aus den Brandunfällen in den Tunnels gilt, dass die Selbstrettung der Verkehrsteilnehmer an oberster Stelle steht.

SiSto Crapteig Der SiSto Crapteig befindet sich auf der Nordrampe der A13 - Achse zwischen Chur und Bellinzona. Mit 2 km Länge ist er der längste SiSto auf dieser Achse. Die lichte Distanz zwischen dem Autobahntunnel und dem SiSto beträgt rund 17 m. Der Autobahntunnel hat eine Zwischendecke, oberhalb welcher die Zuluft und die Abluft geführt werden.

Erschütterungsmessung Im Bereich des laufenden Vortriebs im SiSto sind rund 20 Erschütterungsmessgeräte im Fahrraum des Autobahntunnels installiert. Für den gesamten Tunnel Crapteig (exkl. Zwischendecke) sind 90 mm/s Erschütterung zulässig. Die Zwischendecke ist sensibler und dort sind nur noch 30 mm/s Erschütterung zulässig. Um die Erschütterungen tief zu halten, ist es zentral, dass nur immer maximal ein Bohrloch pro Zündstufe ausgelöst wird. Das Bohren ist wohl fast die wichtigste und heikelste Arbeit. Es ist äusserst wichtig, dass die Lage, die Parallelität, der Abstand der Bohrlöcher genau sind. Diese Arbeit setzt eine grosse Erfahrung des Bohrmeisters voraus. Die Verteilung der Zünder, sowie die Lademengen, müssen genau nach dem Zündplan erfolgen.

Ausbruch der Querverbindung In einem Längsschnitt muss der genaue Stand der Ortsbrust vor jedem Abschlag eingezeichnet und nachgeführt werden. So dass zu jeder Zeit eine lückenlose Dokumentation über den jeweils aktuellen Vortriebsstand vorliegt. Die richtige Interpretation der Daten aus den SMS und / oder den Diagrammen ist wichtig, um den nächsten Abschlag korrekt zu planen und die richtige Lademenge festzulegen. Ganz entscheidend ist, dass der Bohrmaschinist beim letzten Abschlag in der Lage ist, den Übergang vom schwarzen Schiefer auf den grauen Beton des Gewölbes vom Autobahntunnel am Wechsel der Bohrwasser-Farbe zu erkennen!!

Erschütterung Sehr wichtig ist jedoch, dass, im Voraus, eine Bestandesaufnahme an Nachbarobjekten durch eine beglaubigte Amtsperson (Bezirksgericht) durchgeführt wird. Von zentraler Bedeutung sind Probesprengungen! Auf diese Weise kann man sich an gewisse Unsicherheiten im Untergrund herantasten, sie frühzeitig erkennen und reagieren. Wenn bei der ersten Sprengung die Grenzwerte um ein Vielfaches überschritten werden, ist natürlich viel wertvolles Geschirr zerschlagen!

Der frühzeitige Kontakt mit Anliegern (privaten wie öffentlichen) ist sehr wichtig! Diese müssen von Anfang an mit ins Boot geholt werden! Die Grenzwerte der Normen müssen erklärt werden. Es gibt oft „Würdenträger“ bis in die höchsten Amtsstuben, welche aus Unkenntnis der Materie, aus Angst, oder anderen subjektiven Gründen, die normativ zulässigen Grenzwerte auf einen Bruchteil runtersetzen wollen.

Es gibt nur wenige Gründe, weshalb die gültigen Grenzwerte noch weiter herabgesetzt werden sollen. Ab und zu verlaufen Sprengungen nicht wie gewünscht und dementsprechend sind einzelne Ausschläge auf dem Diagramm zu sehen. Wichtig ist, sofort zu reagieren um den Fehler zu eliminieren.

Trotz aller Vorsichtsmassnahmen kann es immer wieder zu Zwischenfällen kommen. Ein kleines Beispiel: ein Eigentümer hat sich gemeldet, dass sich bestehende Risse im Haus vergrössert hätten und zusätzlich noch Risse auf dem Vorplatz entstanden seien… Die Auswertung, des im Haus angebrachten Sensors, hat ergeben, dass die Erschütterungen weit unterhalb der zulässigen Werte lagen. Die Erklärung der Schäden lässt sich wie folgt herleiten: Die Tatsache, dass das Haus halb auf Fels (im rückwärtigen Teil) und halb auf geschüttetem Untergrund (vorderer Gebäudeteil) fundiert ist, hat sich denkbar schlecht auf die Stabilität bezüglich Erschütterungen ausgewirkt. Wir gehen davon aus, dass es zu leichten differentiellen Setzungen im vorderen Teil (Lockermaterial) gekommen ist. Dem Bauherrn bleibt wohl nichts anderes übrig, als sich an den Sanierungskosten zu beteiligen, respektive diese zu übernehmen.

Es ist meiner Meinung nach Pflicht des Bauherrn / Bauherrnvertreters die Tabelle „Beurteilung des Schadensrisikobereichs“ zu verlangen. So ist allen Beteiligten von Beginn weg klar in welchem Risikobereich man sich befindet. Die Experten des Sprengstoff Lieferanten (SSE, in Brig) können äusserst wertvolle Hilfe während der Projektierung, der AVOR, oder auch während der Ausführung zur Verfügung stellen.

Fazit Sprengen ist KEINE Methode von gestern!

Objekt

Symposium Für Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen

Berichtstitel

Erschütterungsüberwachung Tunnel Crap – teig - Auswertung der Messdaten aus Sicht des Sprengmeisters

Datum

14. Juni 2019

Inhaltsverzeichnis

1. Sicherheitsstollen, wozu? ... 3

2. Erhöhung Tunnelsicherheit ... 3

2.1 Ursachen der Unfallhäufigkeitszunahme ... 3

2.2 Prioritäten der Erhöhung der Tunnelsicherheit ... 4

2.2.1 Technische Massnahmen ... 4

2.2.2 Massnahmen bei Verkehrsteilnehmern und Fahrzeugen ... 4

2.2.3 Bauliche Massnahmen ... 4

2.2.4 Selbstrettung ... 4

2.3 Temperaturentwicklung eines Brandes ... 4

2.4 Funktion des Sicherheitsstollens ... 5

3. SiSto Crapteig ... 5

4. Erschütterungsmessung ... 6

4.1 Standort der Sensoren ... 6

4.2 Gültige Normen ... 7

5. Sprengen ... 7

5.1 Bohr- / Zündschema im Tunnelbau ... 7

5.2 Bohren ... 8

5.3 Laden ... 8

6. Ausbruch der Querverbindung ... 8

6.1 Vorbereitungen ... 8

6.2 Vortrieb in der QV ... 9

7. Erschütterung ... 10

7.1 Einflussfaktoren auf Erschütterung ... 10

7.2 Bestandesaufnahme ... 10

7.3 Auswertung Erschütterung ... 10

7.3.1 Gute Beispiele ... 11

7.3.2 Schlechtes Beispiel ... 12

7.3.3 Ganz schlechtes Beispiel ... 13

7.4 Beurteilung Schadensrisiko ... 14

7.5 Technische Unterstützung ... 15

8. Risiken beim Sprengen ... 15

9. Alternative Methoden ... 15

1. Sicherheitsstollen, wozu?

In den vergangenen rund 20 Jahren sind fast auf allen wichtigen Transitachsen durch die Alpen schwere Unfälle in Tunnels geschehen, welche in einer Brandkatastrophe endeten.

Auf der A13 - Achse ist vor allem der schwere Unfall mit anschliessendem Brand vom 16. September 2006 in Erinnerung geblieben.

Abbildung 1: Reisebus nach der Brandkatastrophe im Viamala Tunnel

Obwohl die Strassentunnels dem aktuellen Stand der Technik, bezüglich Sicherheit entsprachen, sind bei diesen Bränden mehrere Dutzend Personen ums Leben gekommen.

Das hat auf europäischem Niveau zu grossen Diskussionen und schliesslich zu europaweiten Anpassungen, resp. Erhöhung der Tunnelsicherheit, geführt.

Grundsätzlich gelten Tunnels als sehr sichere Strassenabschnitte, weil es keine gefährlichen äusseren Randbedigungen wie: Schneeglätte, Regen, Nebel, usw. gibt

2. Erhöhung Tunnelsicherheit

2.1 Ursachen der Unfallhäufigkeitszunahme

Einerseits kann man die enorme Verkehrszunahme während der letzten 40 Jahre, auch auf der A13 - Achse, anführen.

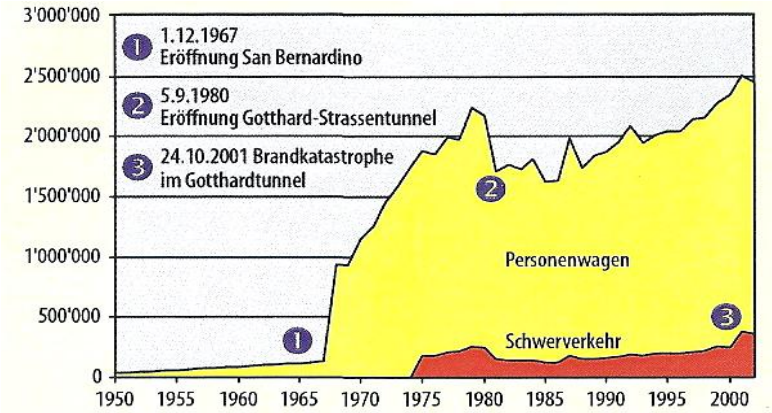

Abbildung 2: Entwicklung der Verkehrsmenge am San Bernardino Tunnel

Anderseits muss man sich im Klaren sein, dass in Folge der grossen Verkehrszunahme auch das Risiko eines Zwischenfalls, einer Panne, eines Unfalls überproportional ansteigen.

Fahrzeugbrände in Tunnels sind aus diesem Grund keine seltenen Ereignisse mehr. Bei einer Gesamtlänge von rund 170 km aller Nationalstrassen - Tunnels in der Schweiz (Stand 1. Januar 1999), und einem Verkehr von etwa 40'000 Fahrzeugen pro Tag und einer mittleren Häufigkeit von drei Bränden auf 100 Millionen Fahrzeugkilometer, **ist etwa alle vier Tage mit einem Fahrzeugbrand in einem Strassentunnel zu rechnen!**

Die meisten Brände laufen jedoch glimpflich ab. Meistens können die Fahrzeuglenker den Brand frühzeitig selber löschen.

2.2 Prioritäten der Erhöhung der Tunnelsicherheit

Aufgrund der in den letzten Jahren im In– und Ausland aufgetretenen (schweren) Tunnelbrände wurden die Forderungen nach zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen sehr laut.

2.2.1 Technische Massnahmen

Bei den technischen Massnahmen sind eine ganze Palette von Massnahmen aufzuführen:

- Beleuchtung, Videoüberwachung, Strahlventilatoren, Brandklappen, Fluchtausgänge, Windgeschwindigkeitsmessung, CO – und Sichttrübungsmessung, GSM / UMTS – Antennen, Brandnotleuchten, Brandmeldekabel, Lichtsignale, SOS Nischen, Hydranten

2.2.2 Massnahmen bei Verkehrsteilnehmern und Fahrzeugen

- Schulung der Verkehrsteilnehmer durchführen
- Strengere Kontrollen der Fahrzeuge insbesondre der Lkw's durchführen
- Schulung der Einsatzkräfte

2.2.3 Bauliche Massnahmen

- Fluchtstollen
- Schutzräume
- Querschläge
- Lüftungssystem

2.2.4 Selbstrettung

Eine ganz zentrale Erkenntnis aus den Brandunfällen in den Tunnels war, dass die Selbstrettung der Verkehrsteilnehmer an oberster Stelle steht.

2.3 Temperaturentwicklung eines Brandes

Anhand von Brandversuchen konnte gemessen werden, dass zum Beispiel bei einem Reisebus, welcher in Brand geraten ist, nach ca. 8 Min eine Temperatur von 800 Grad Celsius erreicht wird. Die Feuerwehr benötigt aber mindestens 10 bis 15 Min bis sie im Tunnel beim Brandobjekt vor Ort ist. …..

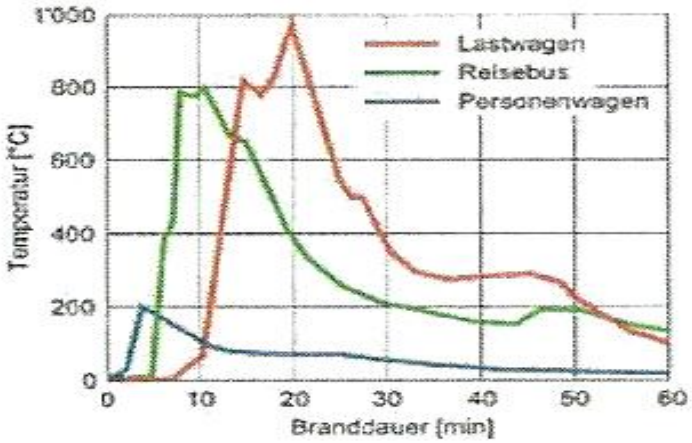

Abbildung 3: Temperaturentwicklung während eines Brandes im Tunnel

2.4 Funktion des Sicherheitsstollens

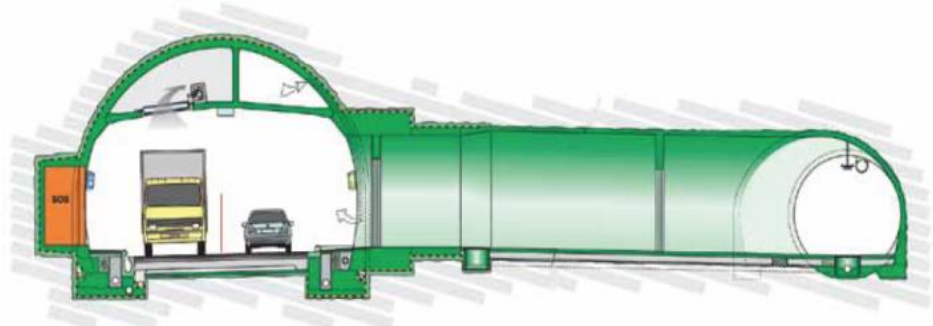

Abbildung 4: Schema eines Sicherheitsstollens

Der SiSto ist immer in Betrieb... das heisst er ist permanent beleuchtet und er steht ständig unter einem kleinen Überdruck. Durch den ständigen Überdruck können keine Rauchgase vom Autobahntunnel in den SiSto gelangen.

Zwischen den beiden Tunnels befinden sich 2 Schleusentüren, welche einen Druckabfall verhindern.

Ein Sicherheitsstollen wir nur von flüchtenden Personen begangen! Er wird NIE von Blaulichtorganisationen befahren!

3. SiSto Crapteig

Der SiSto Crapteig befindet sich auf der Nordrampe der A13- Achse zwischen Chur und Bellinzona. Er ist einer von 4 SiSto's, welche sich im Bau befinden, oder soeben fertig gestellt worden sind. Mit 2 km Länge ist er der mit Abstand längste SiSto auf dieser Achse.

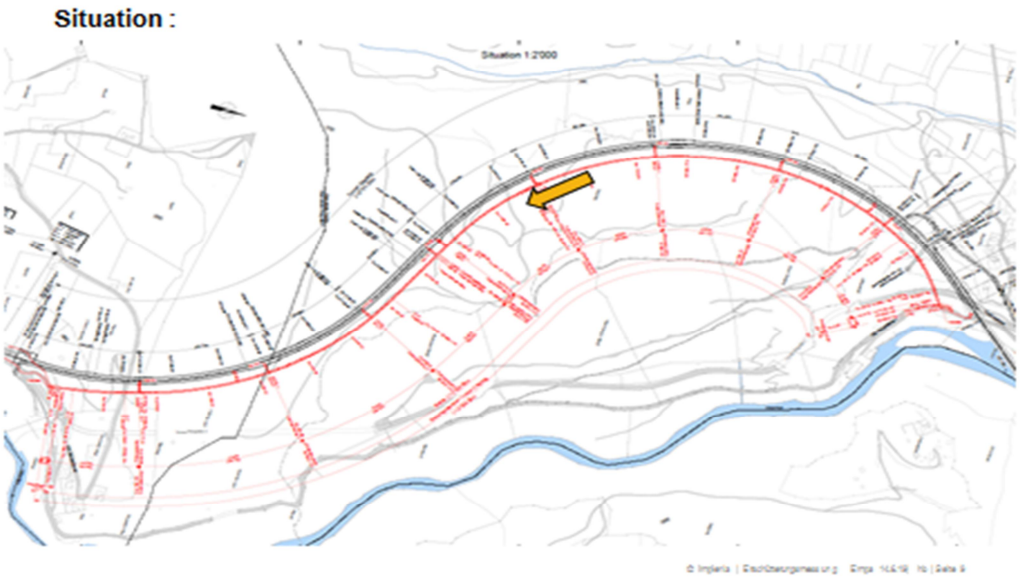

Abbildung 5: Grundriss des Crapteigtunnel, Pfeil markiert den Vortriebsstand

Der Tunnel weist eine Steigung von gut 7 % auf. Weitsichtig wurde schon während der Projektierungsphase in den 80iger Jahren ein 3- spuriger Tunnel geplant. Der Crapteig Tunnel weist 2 Bergspuren auf. Aus heutiger Sicht ist das sicherheitstechnisch von grossem Vorteil.

Die lichte Distanz zwischen dem Autobahntunnel und dem SiSto beträgt rund 17 m.

Der Autobahntunnel hat eine Zwischendecke, oberhalb welcher die Zuluft und die Abluft geführt werden.

4. Erschütterungsmessung

4.1 Standort der Sensoren

Im Bereich des laufenden Vortriebs im SiSto sind rund 20 Erschütterungsmessgeräte im Fahrraum des Autobahntunnels installiert. Die Messgeräte werden 1- bis 2-mal jährlich umgesetzt und so dem aktuellen Stand der Baustelle angepasst.

Die meisten Sensoren sind auf der Zwischendecke installiert. Ihr Abstand beträgt rund 45 m. Ca. 10m neben jedem Fluchtausgang ist ein Sensor am Parament montiert.

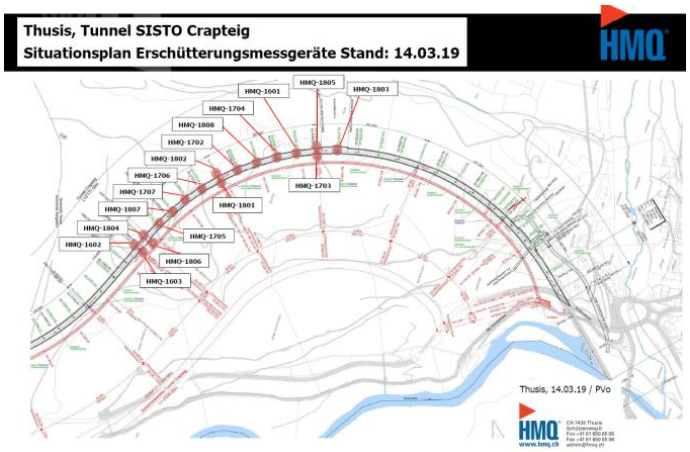

Abbildung 6: Beispiel : Standort der Sensoren

4.2 Gültige Normen

In den „Besonderen Bestimmungen" des Werkvertrags wurde definiert, dass die Erschütterungsgrenzwerte gemäss SN 640 312 a Gültigkeit haben.

Den einzelnen Elementen / Bauteilen des Crapteig – Autobahntunnels werden dabei max. zulässige Grenzwerte zugeordnet.

Der gesamte Tunnel Crapteig (exkl. Zwischendecke) ist folgender Empfindlichkeitsklasse zugeordnet:

- Sehr wenig empfindlich, Häufigkeitsklasse: gelegentlich.

Das heisst, im „Normalfall", wenn die Frequenz höher als 60 Hz liegt, sind 90 mm/s Erschütterung zulässig.

Die Zwischendecke ist natürlich sensibler. Sie hat folgende Empfindlichkeitsklasse:

- Normal empfindlich. Häufigkeitsklasse: gelegentlich.

Das heisst, im „Normalfall", wenn die Frequenz höher als 60 Hz liegt, sind 30 mm/s Erschütterung zulässig.

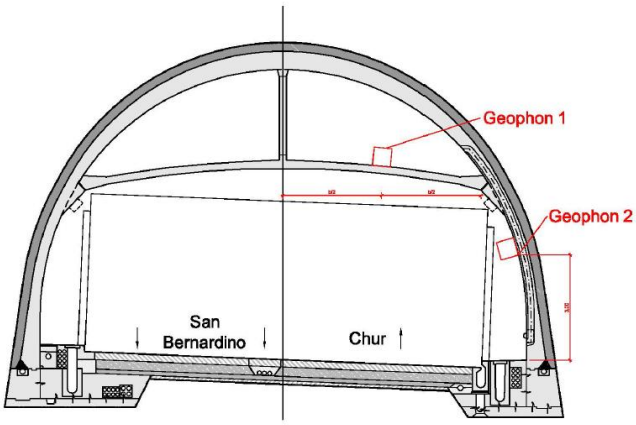

Abbildung 7: Anordnung der Sensoren im Querschnitt

In der Regel sind die Frequenzen beim Sprengen im Crapteigtunnel, oder früher im Viamala Tunnel, kein Problem. Diese Aussage kann aber nicht verallgemeinert werden. Die Frequenzen sind von vielen Faktoren abhängig: Geologie, Trennflächen, Schichtübergänge, usw.

Deshalb ist es sehr wichtig und entscheidend sich anhand von Probesprengungen an die örtlichen Gegebenheiten und die Grenzwerte heran zu tasten.

Die Erschütterungsmessungen wurden durch den Bauherren separat beauftragt. – Hier in diesem Fall sind es die beiden Büros HMQ AG, Thusis und ZC ZIEGLER CONSULTANTS AG, Zürich, welche den Zuschlag zur Erfassung und Dokumentierung der Erschütterungen erhalten haben.

5. Sprengen

5.1 Bohr- / Zündschema im Tunnelbau

Um die Erschütterungen tief zu halten, ist es zentral, dass nur immer maximal ein Bohrloch pro Zündstufe ausgelöst wird. (Kranzlöcher können eine Ausnahme bilden). Dabei ist eine sehr gute AVOR ist unerlässlich.

Falls nicht genug Zünder im Lieferprogramm verfügbar sind, ist das Prinzip der „Sektor Zündung" die Lösung. Hier werden die Bohrlöcher in Sektoren eingeteilt. Die einzelnen Sektoren werden mit denselben Zündern geladen, jedoch werden die einzelnen Sektoren um 50 ms verzögert ausgelöst. Auf diese Weise können

doppelt, oder 3-fach so viele Zünder pro Sprengung eingesetzt werden, immer die Auflage einhaltend, dass nur max. ein Zünder pro Stufe detoniert.

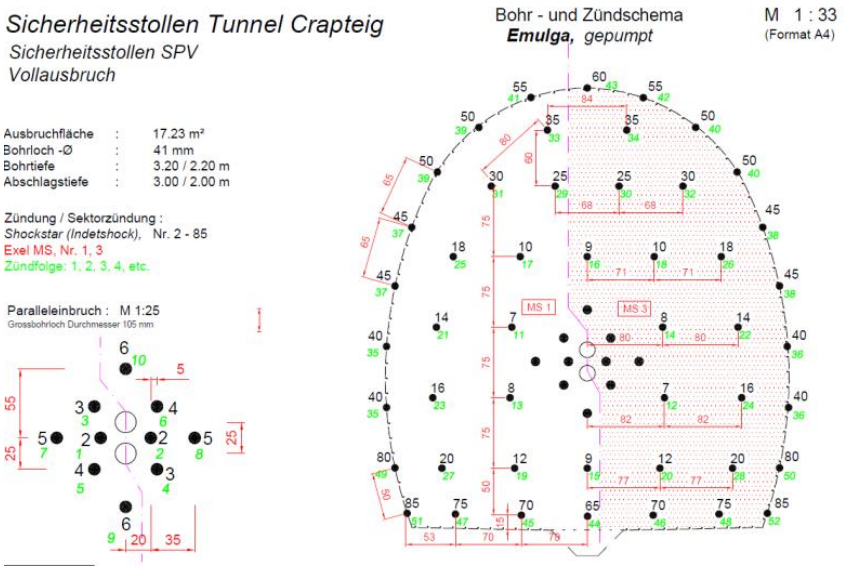

Abbildung 8: Beispiel : Bohr- / Zündschema

5.2 Bohren

Das Bohren ist die wichtigste und heikelste Arbeit. Es ist äusserst wichtig, dass die Lage, die Parallelität und der Abstand der Bohrlöcher genau sind. Bei einem Bohrlochabstand von zum Beispiel 70 cm und einer Bohrlänge von 3 m muss die Parallelität genau stimmen, damit auch im Bohrlochende der Abstand stimmt.

Diese Arbeit setzt eine grosse Erfahrung des Bohrmeisters voraus.

5.3 Laden

Die Verteilung der Zünder muss genau nach dem Zündplan erfolgen. Ebenfalls müssen die Lademengen genau nach Plan stimmen.

6. Ausbruch der Querverbindung

6.1 Vorbereitungen

Der Geometer bestimmt die exakte theoretische Länge der Querverbindung nochmals anhand von effektiven Aufnahmen im Autobahntunnel und im SiSto.

In einem Längsschnitt muss der genaue Stand der Ortsbrust vor jedem Abschlag eingezeichnet und nachgeführt werden. So dass zu jeder Zeit eine lückenlose Dokumentation über den jeweils aktuellen Vortriebsstand vorliegt.

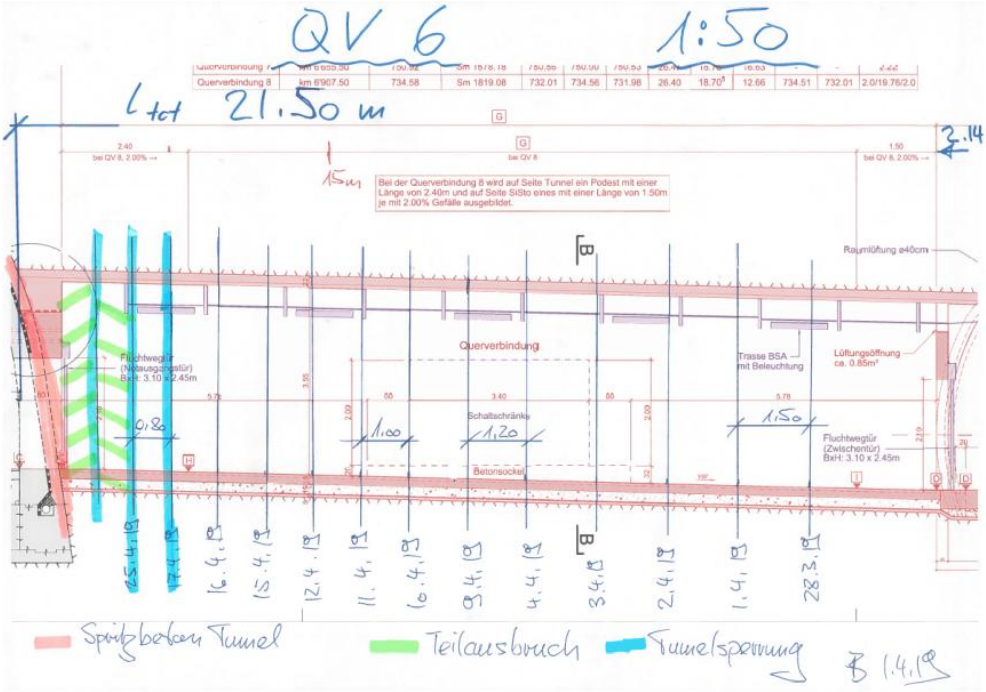

Abbildung 9: Einzeichnen der einzelnen Abschläge in der QV

6.2 Vortrieb in der QV

Der Vortrieb wird mit einer Abschlaglänge von 1.5 m gestartet. Erfahrungsgemäss liegen die Resultate der Erschütterungen so im „grünen" Bereich. Mit fortlaufendem Vortrieb gegen den Autobahntunnel, werden die Erschütterungen höher. Als Folge dessen reduzieren wir die Abschlagslängen von 1.5 m auf 1.2 m, auf 1.0 m, bis auf 0.80 m. Die richtige Interpretation der Daten aus den SMS und / oder den Diagrammen ist wichtig, um den nächsten Abschlag korrekt zu planen und die richtige Lademenge festzulegen.

Die letzten rund 2 m werden mittels Teilausbrüchen ausgebrochen. Das heisst, die Bohrlochabstände sind nur noch rund 50 cm gross. Entsprechend niedrig fällt dann die Lademenge pro Zündstufe aus. Sie liegt noch bei rund 300 gr. pro Zündstufe.

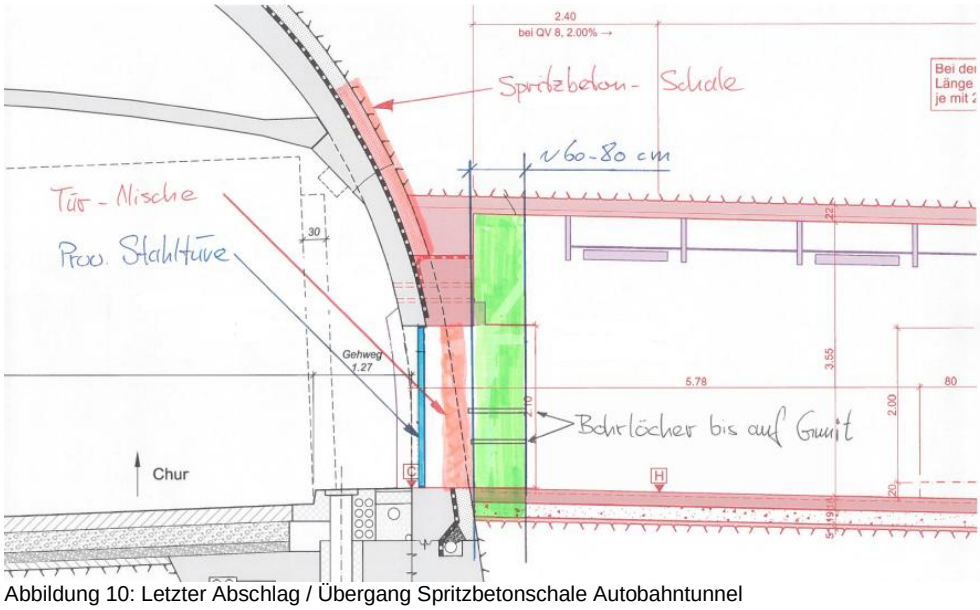

Abbildung 10: Letzter Abschlag / Übergang Spritzbetonschale Autobahntunnel

Ganz entscheidend ist, dass der Bohrmaschinist beim letzten Abschlag in der Lage ist, den Übergang vom schwarzen Schiefer auf den grauen Beton des Gewölbes vom Autobahntunnel am Wechsel der Bohrwasser – Farbe zu erkennen!!

Selbstverständlich wird beim Sprengen auf den letzten rund 3 m der Autobahntunnel gesperrt.

Selbstverständlich ist am Schluss ein Nacharbeiten mit dem Hydraulik Hammer unerlässlich.

7. Erschütterung

7.1 Einflussfaktoren auf Erschütterung

Die Einflussfaktoren auf die Höhe der Erschütterung sind vielfältig:

- Distanz zum Sensor
- Bohrschema
- Anzahl Zünder pro Stufe
- Lademenge pro Stufe
- Abschlagslänge
- Felsart, Geologie, Schichtung, Plastizität des Gebirges, Schichtübergänge
- Brisanz des Sprengstoffs
- Allenfalls Verwendung elektronischer Zünder

7.2 Bestandesaufnahme

Ganz wichtig ist jedoch, dass, eine vorgängige Bestandesaufnahme an Nachbarobjekten durch eine beglaubigte Amtsperson (Bezirksgericht) durchgeführt wird. Diese Massnahme erhöht das Vertrauen von Nachbarn und liefert im Streitfall Fakten. Der menschliche Körper ist äusserst sensibel auf Erschütterungen und verbindet dies rasch mit einem Angstgefühl. Auf jeden Fall werden Erschütterungen subjektiv stärker wahrgenommen, als sie effektiv gemessen werden.

Der frühzeitige Kontakt mit Anliegern (privaten wie öffentlichen) ist sehr wichtig! Es ist von grossem Vorteil, diese von Anfang an mit ins Boot zu holen!

Die Grenzwerte der Normen sind zu erklären. Es gibt oft „Würdenträger“ bis in die höchsten Amtsstuben, welche aus Unkenntnis der Materie, aus Angst, oder anderen subjektiven Gründen, die normativ zulässigen Grenzwerte auf einen Bruchteil runtersetzen wollen.

Es gibt wenige Gründe, weshalb die gültigen Grenzwerte noch weiter herabgesetzt werden sollen.

Von zentraler Bedeutung ist, dass mit Probesprengungen begonnen wird! Auf diese Weise kann man sich an gewisse Unsicherheiten im Untergrund und an die Erschütterungen herantasten, sie frühzeitig erkennen und reagieren.

7.3 Auswertung Erschütterung

Eine erste Mitteilung der Erschütterungen erfolgt in der Regel, unmittelbar nach der Sprengung, als SMS an Bauleitung, Sprengmeister und Poliere in Form von absoluten Zahlen.

Auf dem PC können später, je nach Anbieter, verschiedene Diagramme via Internet oder Mail ausgewertet werden.

7.3.1 Gute Beispiele

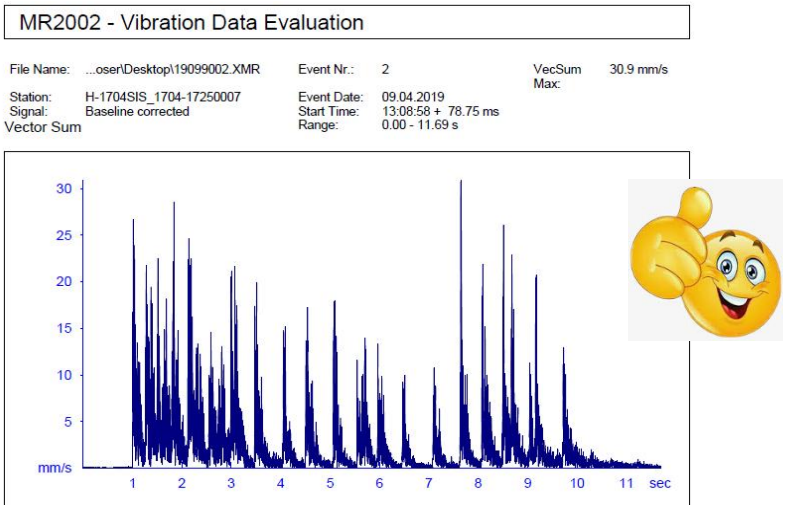

Abbildung 11: Diagramm Erschütterung Vektor R,

Gut ersichtlich ist, dass eigentlich im Normalfall der Einbruch bez. dessen Erschütterung, nicht mehr das Problem ist. Die erneute Zunahme im obenstehenden Bild der Erschütterungen im Bereich von 7 bis 9 sec ist darauf zurück zu führen, dass diese Sohllöcher leicht überladen worden sind, weil sich im Pumpschlauch noch Sprengstoff befunden hat, welcher auf die Sohllöcher verteilt worden ist…..

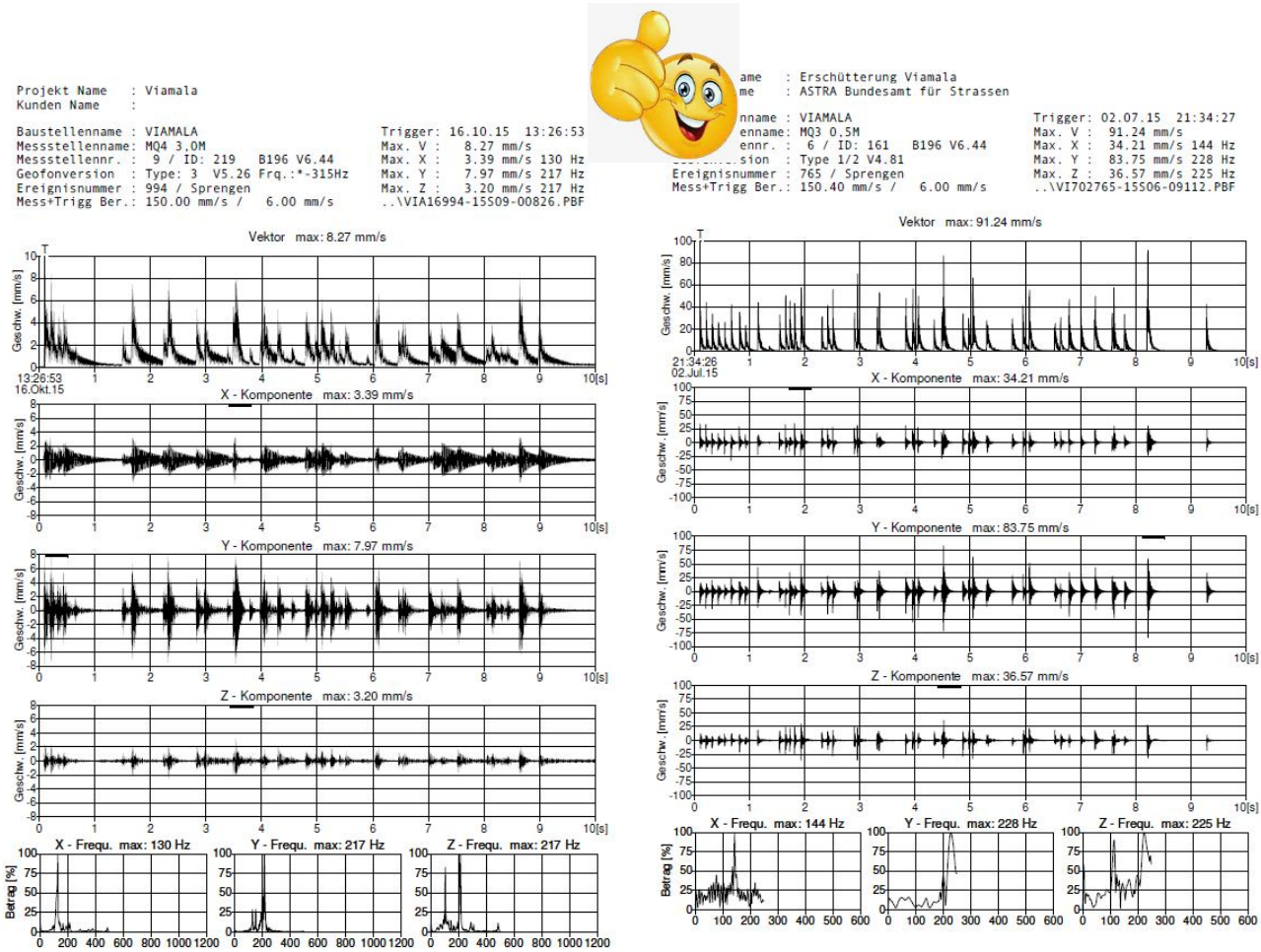

Abbildung 12: Kompakte Darstellung , x, y, z , Vektor, Frequenzen

Auf den obenstehenden beiden Darstellungen sind auf einem Blatt alle wichtigen Daten ersichtlich: resultierender Vektor, Frequenzen, maximale Peaks.

Diese beiden Sprengungen haben sehr regelmässige Peaks und sind, so gesehen, fast perfekt verlaufen. Bei der linken Auswertung lag der Grenzwert bei 10 mm/s, rechts bei 90 mm/s.

7.3.2 Schlechtes Beispiel

Es gibt ab und zu auch wieder Sprengungen, welche nicht wie gewünscht verlaufen und dementsprechend einzelne Ausschläge auf dem Diagramm zu sehen sind.

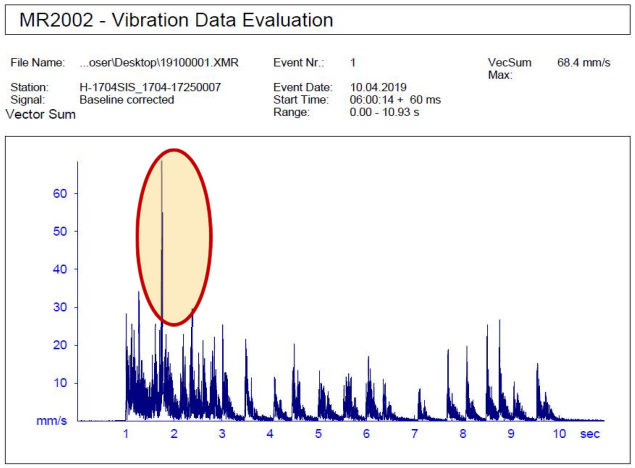

Abbildung 13: Schlechtes Beispiel : einzelner Peak als Ausreisser

Dieses Resultat kann verschiedene Ursachen haben:

- die Bohrlöcher sind schlecht (nicht parallel) gebohrt worden… dadurch sind allenfalls 2 Ladungen gleichzeitig detoniert.
- Der Vorarbeiter hat die Zünder falsch in die Bohrlöcher verteilt und dadurch war die Detonation „blockiert“ ….
- das Bohrloch hat eine Kluft im Fels getroffen und der Sprengstoff von 2 Bohrlöchern hat sich vereint. …
- usw…

7.3.3 Ganz schlechtes Beispiel

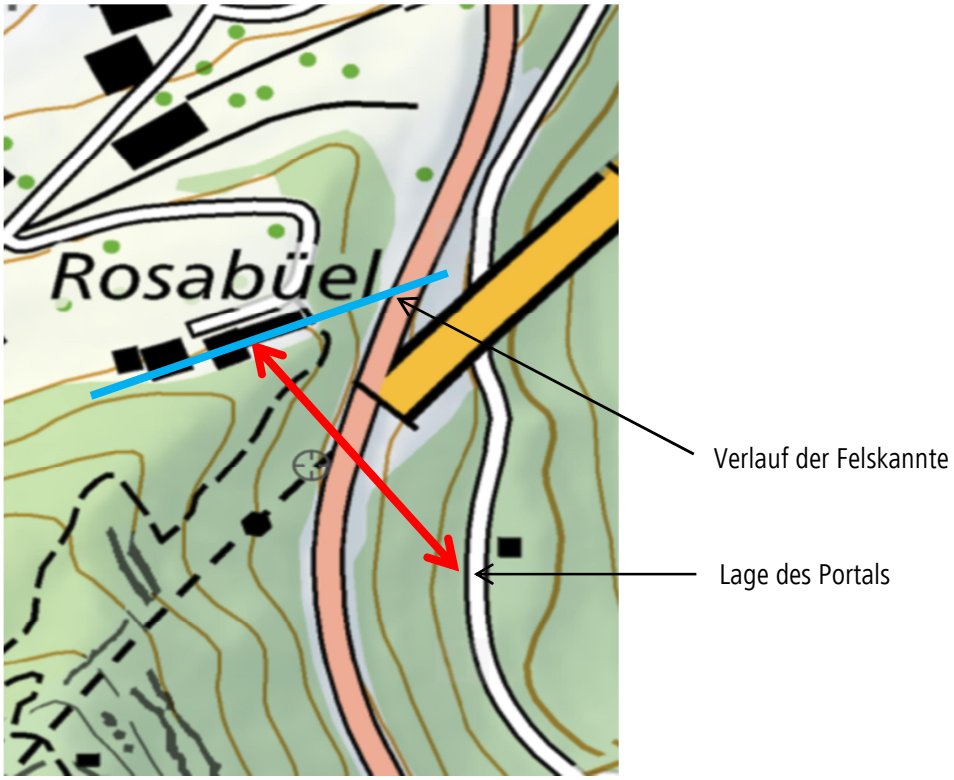

Abbildung 14: geschädigte Liegenschaft

Trotz aller Vorsichtsmassnahmen kann es zu „unerfreulichen" Ereignissen kommen. In diesem Beispiel ist, kurz nach dem Start des Sprengvortriebs, eine Schadenmeldung eingetroffen.

Die geschädigte Liegenschaft befindet sich, in Luftdistanz gemessen, in gut 100 m Entfernung, und sie ist ca. 50 m über dem Tunnelprotal auf einer Kuppe gelegen. Die Bestandsaufnahme der Liegenschaft wurde ordnungsgemäss, auf Wunsch der Unternehmung, durch den Bauherrn in Auftrag gegeben. und durch das Bezirksgericht ausgeführt. Der Vorplatz wurde aus finanziellen Gründen nicht durch eine Bestandes Aufnahme dokumentiert.

Nach rund einem Monat hat sich der Eigentümer gemeldet, dass sich bestehende Risse im Haus vergrössert haben und zusätzlich noch Risse auf dem Vorplatz entstanden sind……

Die Auswertung des im Haus angebrachten Sensors hat ergeben, dass die Erschütterungen weit unterhalb der zulässigen Werte lagen.

Die Erklärung der Schäden lässt sich wie folgt herleiten:

Die Tatsache, dass das Haus halb auf Fels (im rückwärtigen Teil) und halb auf geschüttetem Untergrund (vorderer Gebäudeteil) fundiert ist, hat sich denkbar schlecht auf die Stabilität bezüglich Erschütterungen ausgewirkt. Wir gehen davon aus, dass es zu leichten differentiellen Setzungen im vorderen Teil (Lockermaterial) gekommen ist.

Dem Bauherrn bleibt nichts anderes übrig, als sich an den Sanierungskosten zu beteiligen, respektive sie zu übernehmen.

7.4 Beurteilung Schadensrisiko

5 Tabelle «Schadenrisiko»

Gruppen / Positionen	Positionswert	Risikowert	Bemerkungen
A Art der Sprengung			
1. Holz/Wurzelstöcke	1 - 2		
2. Aufleger	2 - 4		
3. Freistein gebohrt	2 - 5		
4. Abtrag/Graben/Schacht	3 - 8		
5. Eis	2 - 5		
6. Abbruch	5 - 10		
7. Untertag	5 - 10		
8. Unterwasser	4 - 8		
9. Lawinen	2 - 7		
10. Metall	8 - 10		
B Sprengobjekt			
1. Holz	1 - 2		
2. Schiefer/Sandstein/Mergel	2 - 5		
3. Granit/Gneis/Kalk/Eis	3 - 7		
4. Nagelfluh	3 - 8		
5. Bausteinmauerwerk	2 - 6		
6. Beton unarmiert	3 - 5		
7. Beton armiert	5 - 8		
8. Schnee	1 - 2		
9. Metall	8 - 10		
C Abdeckung 1)			
1. minimale	7 - 10		
2. mittlere	4 - 7		
3. maximale	1 - 4		
D Topographie			
1. flach	1 - 3		
2. geneigt	3 - 6		
3. steil (über 50 %) / überhängend	6 - 10		
E Objekt 2)	1 - 3		
E1 Bauwerke (bis 300m)			
1. Typ I 3)	1 - 3		
2. Typ II 3)	3 - 6		
3. Typ III 3)	5 - 8		
4. Typ IV 3)	7 - 10		
E2 Verkehrswege (bis 200 m)			
5. Fuss-/Feldweg/Skipiste	1 - 3		
6. schwach befahr. Strasse	2 - 4		
7. stark befahr. Strasse	4 - 7		
8. Autobahn/-strasse	5 - 10		
9. Luftseilbahn 4)	1 - 3		
10. Bahnanlagen	4 - 8		
F Distanz			
F1 zu Bauwerk (E1)			
1. über 150 m	0 - 3		
2. 30 bis 150 m	3 - 8		
3. unter 30 m	8 - 10		
F2 zu Verkehrswegen (E2)			
4. über 50 m	0 - 3		
5. 10 bis 50 m	3 - 8		
6. unter 10 m	7 - 10		
Total Risikowert:			

1) Sofern notwendig.
2) Bei Lawinensprengungen in oder über der Schneedecke sind nur oberirdische Bauwerke einzubeziehen.
3) Siehe Tabelle «Empfindlichkeitsklassen der Bauwerke».
4) Diese Position gilt nur bei Lawinensprengungen.

Risikowert		Schadenrisiko-Bereich		Sprengberechtigung
bis 18	➔	geringes Schadenrisiko	➔	A, B, C
18 - 39	➔	erhöhtes Schadenrisiko	➔	B, C
39 - 60	➔	hohes Schadenrisiko	➔	C, + *ausgewiesene Fachperson*

Toleranz der Grenzwerte (Grenzbereich): ± 10 %

Abbildung 15: Tabelle Beurteilung Schadenrisiko

Es gibt 3 verschiedene Sprengberechtigungen: A, B, C. Der Inhaber des Eintrages „A" kann maximal 5 kg Sprengstoff verwenden. Der Inhaber des Eintrages „B" kann bis 25 kg Sprengstoff selbständig verwenden, oder unter Überwachung eines Inhaber „C" auch grössere Sprengstoffmengen einsetzen. Der Eintrag „C" ermächtigt den Inhaber allgemeine Sprengarbeiten mit erhöhtem Schadensrisiko selbständig zu planen und auszuführen, oder ausführen zu lassen. Er kann ebenfalls Sprengarbeiten mit hohem Schadensrisiko in Zusammenarbeit mit einer ausgewiesenen Fachperson planen und ausführen.

Meiner Meinung nach ist es Pflicht des Bauherrn / Bauherrnvertreters diese Tabelle „Schadenrisiko" zu verlangen, falls sie vom Sprengmeister nicht vorgelegt wird.

7.5 Technische Unterstützung

Unser Sprengstoff Lieferant (SSE, in Brig) unterhält eine selbstständige Tochterfirma (Explosiv Service SA, in Brig) welche namhafte Experten beschäftigt. Diese Experten können äusserst wertvolle Hilfe in der Projektierung, in der AVOR oder auch während der Ausführung zur Verfügung stellen.

8. Risiken beim Sprengen

- Schleuderwirkung: bis 300 m! => Probesprengung, genaue Ladungsberechnung, optimale Abdeckung
- Schalldruck: (Knall-, Schall-, Luftstosswelle) => 5 kg freie Ladung kann bis 300m zum Bruch von Fensterglas führen. Wichtig: KEINE offenen Ladungen !!
- Erschütterung: Rissbildung, Schäden an Geräten und Maschinen, Versiegen von Wasserquellen
- Sprengschwaden: (Rauch, Gas) CO, CO_2 , NO, NO_2 . Gefährlich im UT, Schächten und Gruben. Kann zum Tod führen
- Staub: (Silikose) bei quarzhaltigem Gestein
- Ammonium (NH_4 mg / l), => Wenn Sprengstoff nicht vollständig umsetzt
- Nitrit (NO_2 mg / l) => nach Detonation, wasserlöslich, toxisch

9. Alternative Methoden

Ganz klar gibt es auch eine ganze Menge sogenannter alternativer Methoden zum Sprengen:

- Bagger mit Hydraulikhammer, spitzen
- Rippern
- Expansivzement
- Darda – Gerät
- Schrämen

Jede dieser Methoden hat im richtigen Fall seine Berechtigung, um zum Einsatz zu kommen. Wie immer hat jede Methode jedoch auch ihre Nachteile

	Sprengen	Spitzen	Rippern	E-Zement
Leistung	gross	klein	mittel	sehr klein
Erschütterungen	kurzzeitig steuerbar	andauernd stark	andauernd mittel	keine
Lärm	kurzzeitig mittel	andauernd stark	andauernd stark	keine

Abbildung 16: Vergleich verschiedener Abbaumethoden

Es wäre jedoch ein Fehler, beim Variantenvergleich im vornherein die Variante Sprengen auszuschliessen. Häufig bestehen gegen Sprengen Vorurteile, welche oft mangels besseren Wissens, unhaltbar sind. Deshalb ist es sehr wichtig in der Projektierungsphase alle Möglichkeiten offen zu lassen, um eine möglichst optimale Lösung für den Abbau, den Ausbruch zu erhalten.

Gute Beispiele von erfolgreich ausgeführten Objekten gibt es viele. Im Folgenden sind einige Baustellen aus jüngster Zeit aufgeführt:

Felsaushub in der Gerstenegg am Grimsel

Bild: GFAG, A. Gasser

Abbildung 17: Grimsel

Felsaushub zwischen Gebäuden unter engsten Verhältnissen in Küssnacht a. R.

Bild: Gasser Felstechnik

Abbildung 18: Küssnacht a.R.

Anspruchsvoller Felsaushub beim Bahnhof Stalden (VS) mitten im Siedlungsgebiet nahe der Bahn

Bild: Explosiv Service, A. Gasser

Abbildung 19: Stalden

Abbildung 20: Grabenaushub im Kellergeschoss einer Psychiatrischen Klinik

Fazit: Sprengen ist KEINE Methode von gestern!