

Cercle Déchets Ost

c/o Baudirektion des Kantons Zürich
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abfallwirtschaft und Betriebe
Weinbergstrasse 34
8006 Zürich

**Kantone GL, GR, SG, SH,
ZH sowie AG**

**Umweltrelevante
Erfahrungen beim
Tunnelbau mit Spreng-
vortrieb**

**mit
Massnahmen zur Optimierung
einer umweltgerechten
Entsorgung und Verwertung
von Tunnelausbruchmaterial**

Bericht

8. März 2018

www.geopartner.ch

CH-8050 Zürich Baumackerstrasse 24 Tel. +41 44 311 27 28 Fax +41 44 311 28 07
CH-4058 Basel Clarastrasse 7 Tel. +41 61 683 20 24 Fax +41 44 311 28 07
CH-3076 Worb Vechigenstrasse 6 Tel. +41 31 550 34 70 Fax +41 44 311 28 07

Auftraggeber:	Cercle Déchets Ost c/o AWEL, Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe
Projektverantwortlicher des Auftraggebers:	Elmar Kuhn (ZH)
Projektgruppe:	Elmar Kuhn (ZH), Jakob Marti (GL), Beat Calonder (GR), Martin Seifert (GR), Niccolò Gaido (SH), Tensing Gammeter (SG), David Schönbächler (AG)
Externer Fachexperte:	Christoph Bilger (bilger+partner)
Auftragnehmer:	GEO Partner AG
Projektleitung und Sachbearbeitung:	Regula Winzeler
Qualitätssicherung:	Katrin Hächler

GEO Partner AG 2018

Inhalt

1. Einleitung	4
1.1 Ausgangslage und Auftrag	4
1.2 Programm Workshop, Teilnehmende und Übersicht über präsentierte Tunnel- und Stollenbauprojekte	4
2. Grundlagen	5
2.1 Problematik des Tunnelbaus mit Sprengvortrieb	5
2.2 Mengen eingesetzter Sprengmittel und Bauchemikalien	5
2.3 Zusammensetzung und Einsatzarten von Sprengstoffen im Tunnelbau	6
2.4 Massgebende Schadstoffe und Fremdstoffe	7
2.5 Verwertungs- und Ablagerungswege von Tunnelausbruchmaterial	9
2.6 Anforderungen an die Ablagerung und Verwertung von Tunnelausbruchmaterial (Grenz- und Höchstwerte)	10
2.7 Vorgaben für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	12
3. Beispiele und Erfahrungen aus der Praxis	13
3.1 Tunnel- und Stollenbauprojekte mit Sprengvortrieb	13
3.1.1 Kanton GL: Stollenbau im Rahmen des Wasserkraftwerks Linth-Limmern	13
3.1.2 Kanton GR: Neat-Tunnelbaustelle Sedrun (GR) und Zwischenlager Malvaglia (TI)	13
3.1.3 Kanton GR: Samnaunertunnel im Val Pischöt (Unterengadin) und Albula-Tunnel	14
3.1.4 Kanton SG: Ruckhaldetunnel (Appenzeller Bahnen) und Tunnel Michelau (Kantonsstrasse) in Bütschwil	14
3.1.5 Kanton SH: Galgenbuckeltunnel in Schaffhausen	15
3.2 Tunnelbauprojekte mit anderen Vortriebsarten	16
3.2.1 Kanton AG: Eppenbergtunnel der SBB zwischen Kanton AG und SO	16
3.3 Schadstoff-Messwerte von Tunnel- und Stollenbauprojekten	17
3.4 Verwertung von Tunnelausbruchmaterial – Erfahrungen zur Materialbewirtschaftung	18
4. Massnahmen zur Optimierung der umweltgerechten Entsorgung und Verwertung	19
4.1 Einflussmöglichkeiten der Kantone	19
4.2 Konkrete Massnahmen während der Bewilligungs- und Planungsphase	20
4.3 Konkrete Massnahmen bei der Umsetzung auf der Baustelle	21
5. Zusammenfassung der Erkenntnisse – Fazit aus dem Workshop	22
6. Empfehlungen für das weitere Vorgehen	23
Anhang 1: Workshop-Programm, Teilnehmende und Übersicht über Kurzreferate zu Tunnel- und Stollenbauprojekten und Materialbewirtschaftung	
Anhang 2: Email BAFU vom 27.7.2016 zum zulässigen Anteil Fremdstoffe (Spritzbeton) in Tunnelausbruchmaterial	
Beilage 1: Grundlagen/Anforderungen Tunnelabwasserbehandlung, 15. Juni 2017	
Beilage 2: Materialbewirtschaftungskonzept Tunnelausbruch, 16. Juni 2017	
Beilage 3: Sprengstoffe bezüglich ihrer Explosionsrückstände im Ausbruchmaterial, 14. Juli 2017	

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage und Auftrag

Gemäss den Sitzungen der KVV Ost vom 10. Juni und 14. September 2016 hat der Cercle Déchets (CD) Ost den Auftrag erhalten, bestehendes Wissen, Erfahrungen und Lösungsansätze zur Qualität und Verwertung von Tunnelausbruchmaterial zusammenzutragen, zu diskutieren und nach Möglichkeit eine diesbezügliche gemeinsame Haltung zu entwickeln. Dafür sollten bestehende Grundlagen aufbereitet, die Erfahrungen aus den betroffenen Kantonen (GL, GR, SG, SH und ZH) aufgenommen und in einem halbtägigen Workshop diskutiert werden. Der Workshop fand mit zusätzlicher Teilnahme des Kantons AG am 15. Mai 2017 in Zürich statt.

Ziel des Workshops war, gemeinsam anhand von gemachten Erfahrungen Lösungen zur Aufbereitung/Verwertung und Entsorgung von Tunnelausbruch zu erörtern. Im Vordergrund stand der Tunnelbau mit Sprengvortrieb und die dabei entstehenden Tunnelausbruchmaterialien, Schlämme und Abwässer, welche oft mit Nitrit, Ammonium und Chromat sowie teilweise mit Kohlenwasserstoffen verschmutzt sind. Die Ausbruchmaterialien können für eine Verwertung ungeeignet sein oder die Abwässer können die Einleitbedingungen für Gewässer nicht einhalten. Die aufbereiteten Grundlageninformationen und die Ergebnisse des Workshops sind im vorliegenden Bericht zusammengestellt.

Seitens CD Ost lag die Federführung bei Elmar Kuhn/AWEL ZH. GEO Partner AG wurde mit der Konzeption, Moderation und Auswertung des Workshops beauftragt. Das AWEL unterstützte das Projekt mittels Beizug eines externen Fachspezialisten Materialbewirtschaftung/-Logistik Tunnelbauten (Christoph Bilger, bilger+partner).

1.2 Programm Workshop, Teilnehmende und Übersicht über präsentierte Tunnel- und Stollenbauprojekte

In Anhang 1 sind das Workshop-Programm, die Teilnehmenden des Workshops und die präsentierten Tunnel- und Stollenbauprojekte aufgeführt. Eine kurze Zusammenfassung der vorgestellten Projekte und gemachten Erfahrungen ist in den Kapiteln 3.1 und 3.2 zu finden.

2. Grundlagen

2.1 Problematik des Tunnelbaus mit Sprengvortrieb

Sprengvortrieb ist ein spezielles Vortriebsverfahren im Tunnelbau, welches mittels Sprengung erfolgt. Durch den Einsatz von Sprengmitteln wird insbesondere Ammonium (NH_4) und Nitrit (NO_2) freigesetzt.

Die heute im Tunnelbau eingesetzten Sprengmittel bestehen aus einem (brisanten) Sprengstoff und einem Zündmittel zum Auslösen der Detonation.

Zur Sicherung der Tunnelbrust wird Spritzbeton eingesetzt. Dabei wird Beton aus einer Spritzdüse aufgetragen und durch die Aufprallenergie verdichtet. Beim Spritzbeton prallt ein Teil des Spritzguts, der sogenannte Rückprall, ab. Je nach Verfahren (Trocken- oder Nassspritzverfahren) kann der Anteil des Betonrückpralls bis 20% oder 25% betragen. Die Rezeptur des Spritzbetons entspricht weitgehend derjenigen von Normalbeton.

2.2 Mengen eingesetzter Sprengmittel und Bauchemikalien

Die Herausforderungen bei Grossbauprojekten entstehen durch den Einsatz grosser Mengen an Sprengmitteln und Bauchemikalien. Je nach Verhältnissen (Geologie sowie Geometrie von Tunnel, Nischen und Kavernen) werden zwischen 0.5 und 4.0 kg anorganische Sprengmittel/ m^3 Fels eingesetzt. Daraus resultieren relevante Mengen an Sprengmittelrückständen (Ammonium, Nitrit, Nitrat). Organische Nitrosprengstoffe in Boostern (Zündverstärkern¹) und Sprengschnüren werden mengenmässig nur untergeordnet eingesetzt (ca. 1 – 5 g/ m^3 Fels)². Zum Einsatz kommen beispielsweise Octogen (HMX), Hexogen (RDX) und Nitropenta (PETN).

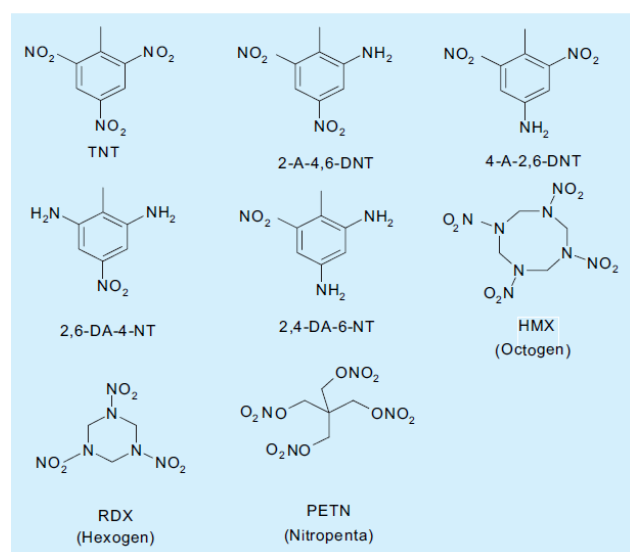


Abbildung 1: Übersicht über organische Nitro-Sprengmittel

Bei den Bauchemikalien sind die Beschleuniger, die als Betonzusatzmittel im Spritzbeton eingesetzt werden, mengenmässig relevant. Sie machen ca. 1% des Betons aus².

¹ auch Verstärkerladung, Übertragungsladung oder Sekundärladung genannt

² Die Reduktion der Risiken von Emissionen verschiedener Sprengrückstände in die Umwelt, Christian Niederer, BMG am 28. August 2015 in Interlaken

2.3 Zusammensetzung und Einsatzarten von Sprengstoffen im Tunnelbau

Es gibt verschiedene Typen von Sprengstoffen, die im Tunnelbau eingesetzt werden³:

- **Gelatinöse Ammonsalpeter-Sprengstoffe (patroniert):** Sprengstoffe auf Basis von Ammonsalpeter. Sie bestehen aus den Hauptkomponenten Sprenggelatine (Sprengöl-Anteil: ca. 15 – 30%) und Ammonsalpeter (NH_4NO_3). Weitere Komponenten sind aromatische Nitroverbindungen, Holzmehl und Farbstoffe. Sie erzeugen giftige Sprengschwaden (aus CO_2 , CO und Stickoxiden (NO und NO_2)), denen vor allem im Tunnelbau zu begegnen ist. Sie verfügen über eine hohe Sprengkraft, sind wasserbeständig und handhabungssicher. Sie werden vor allem im harten Gestein verwendet. Gelatinöse Sprengstoffe werden **patroniert** im Handel angeboten.
- **Emulsionssprengstoffe (pumpbar oder patroniert):** Bei den Emulsionssprengstoffen handelt es sich um eine Wasser-in-Öl-Emulsion. In Wasser gelöster Ammonsalpeter wird mit Mineralöl emulgiert, wodurch sich eine hohe Detonationsfähigkeit ergibt. Eine Sensibilisierung der Emulsionssprengstoffe erreicht man durch Einarbeiten von Mikrohohlkugeln mit Luft- oder Gaseinschlüssen, sodass die Emulsionssprengstoffe mit einer Sprengkapsel sicher zur Detonation gebracht werden können.

Die Konsistenz von Emulsionssprengstoffen lässt sich durch Zugabe von paraffinierten Wachsen beeinflussen. Dadurch lassen sich zähflüssige, pumpbare Systeme (**pumpbare Emulsionssprengstoffe**) bis zu zähfesten Systemen (**patronierte Emulsionssprengstoffe**) erzeugen.

Der pumpbare Emulsionssprengstoff wird vor Ort mit einem Mischsystem produziert. Die Komponenten des Emulsionssprengstoffes, die vor Ort gemischt werden, sind keine Explosivstoffe, was den Transport und die Lagerung auf der Baustelle wesentlich erleichtert. Erst durch die Mischung der Komponenten vor Ort wird der Sprengstoff im Bohrloch gebildet.

Da die einzelnen Emulsionssprengstoff-Komponenten keine Explosivstoffe enthalten, sind sie äusserst handhabungssicher. Sie sind gut lagerbeständig. Ihre Sprengschwaden weisen einen geringen Schadstoffanteil auf. Emulsionssprengstoffe sind aufgrund ihrer Vorteile für die Anwendung im Tunnelbau sehr gut geeignet.

Pulverförmige Ammonsalpeter-Sprengstoffe wie z.B. Donarite oder ANC (Ammonium-Nitrat-Kohlenstoff) = ANFO (Ammonium-Nitrat-Fuel-Oil)-Sprengstoff haben im Tunnelbau keine praktische Bedeutung.

Einteilung in patronierte Sprengstoffe und gepumpte (Emulsions)-Sprengstoffe

Gemäss obiger Beschreibung können die Sprengstoffe auch nach der Art der Herstellung in „patronierte Sprengstoffe“ und „gepumpte (Emulsions-)Sprengstoffe“ unterschieden werden. Erstere werden in der Sprengstofffabrik hergestellt und patroniert. Sie müssen sicher und geschützt gelagert werden. Die pumpbaren Emulsionssprengstoffe hingegen werden erst vor Ort bei der Einfüllung ins Bohrloch aus mehreren nicht explosiven Substanzen gemischt, was die Lagerung sicher macht und logistische Vorteile hat.

Im Tunnelbau werden in der Schweiz ca. 10% patronierte Sprengstoffe und ca. 90% vor Ort produzierte Emulsions-Sprengstoffe eingesetzt⁴.

³ Bernhard Maidl: Tunnelbau im Sprengvortrieb, Springer-Verlag, 1997

⁴ Gemäss Homepage der SSE: <http://www.explosif.ch/sprengstoffe-sse/schweizermarkt.php> (30.6.2017)

Vorteile und Nachteile der Herstellung von Sprengstoffen vor Ort⁵

Herstellung von Sprengstoff vor Ort (im Vergleich zu patronierten Sprengstoffen)	
Vorteile	Nachteile
Transport: • Problemloser Transport der nicht explosiven Komponenten auf öffentlichen Strassen, kein Gefahrgut der Klasse 1 • Somit keine täglichen Sprengstofftransporte auf öffentlichen Strassen mit dichtem Personen- und Güterverkehr	Sprengstoffrückstände im Tunnelausbruchmaterial: • Durch die spezielle Rezeptur der Emulsionssprengstoffe ist der Anfall von Ammonium und Nitrat, welches im Tunnelausbruchmaterial anfällt, unter bestimmten Umständen etwas höher als bei den patronierten Sprengstoffen • Bei unsauberem Handling oder Überfüllen der Bohrlöcher fliesst Sprengstoff in das Sohlenmaterial und kann dieses verschmutzen.
Lagerung auf der Baustelle: • Problemlose Lagerung auf der Baustelle (> 6 Monate, > 15° C) • Kann in einer beheizten Halle gelagert werden. • Grosse Sprengstofflager vor Ort entfallen (Lagerbewilligungen nach Sprengstoffgesetz und Sprengstoffverordnung sind strikte geregelt, und es sind grosse Sicherheitsabstände vorgeschrieben.).	Wirtschaftlichkeit bei kurzen Abschlügen: • Bei kurzen Abschlügen mit Bohrtiefen bis 1.6 m ist die Wirtschaftlichkeit bei den Ladearbeiten gegenüber den patronierten Sprengstoffen in Frage gestellt (bei Abschlügen von 3 – 4 m ist der Aufwand wesentlich geringer).
Chemische Sensibilisierung des Sprengstoffes: • Die chemische Sensibilisierung erfolgt beim Ladevorgang mit dem Mischladefahrzeug vor Ort (erst dann entsteht der explosionsfähige Sprengstoff).	Umsetzung der Emulsionssprengstoffe: • Insbesondere bei kurzen Abschlügen ist eine saubere und vollständige Umsetzung der Emulsionssprengstoffe nur bei sehr sorgfältiger Anwendung und unter fachmännischer Aufsicht⁶ gewährleistet. Es besteht die Gefahr von erhöhten Rückständen im Tunnelausbruchmaterial und im Abwasser.

2.4 Massgebende Schadstoffe und Fremdstoffe

Im Tunnelbau mit Sprengvortrieb sind folgende Schadstoffe und Fremdstoffe relevant:

a) Kritische Schadstoffe

- Nitrit (NO₂-)
- Ammonium (NH₄)
- Chromat (CrVI) und Chrom_{Gesamt}
- Aliphatische Kohlenwasserstoffe (KW, C10-C40)

⁵ Zusammenstellung nach SSE (Société suisse des Explosifs), Brig: Fact Sheet für die Arbeitsgruppe der FGU, Otto Ringgenberg, 22.6.2016, ergänzt

⁶ Professionelles Handling beim Laden der Bohrlöcher, sauberes Einfüllen und kein Überfüllen der Bohrlöcher, kein Nachspülen der Ladeschläuche etc.

Ammonium und **Nitrat** gelangen beim Laden des Sprengstoffes und durch nicht detonierte Sprengstoffreste ins Tunnelausbruchmaterial. **Nitrit** entsteht als Reaktionsprodukt bei der Sprengung und lagert sich aus den Sprengschwaden auf der Oberfläche des Ausbruchmaterials und der Tunnelröhre ab. Auch Sprengmittelverluste beim Lagern, Umfüllen (Flüssigsprengstoffe), Formulieren und Anwenden belasten Ausbruchmaterial und Abwässer⁷. Ammonium, Nitrit und Nitrat sind wasserlöslich. Ammonium und Nitrit sind giftig für Wasserorganismen, insbesondere für Fische. Nitrat trägt zur Stickstoff-Anreicherung von Gewässern bei.

Ammonium und Nitrit können unter aeroben Bedingungen (Anwesenheit von Sauerstoff) durch Bakterien über die Zeit zu Nitrat umgewandelt werden, sofern weitere Umweltbedingungen dies zulassen.

Bei chrom-haltigem Gestein oder bei Verwendung von Chrom-haltigem Spritzbeton kann durch Oxidation von CrIII **CrVI (Chromat)** entstehen. Diese Umwandlung kann auch noch nach der Detonation erfolgen, z.B. im Eluat des Ausbruchmaterials⁶. Chromat ist stark giftig, wassergefährdend und krebserzeugend.

Kohlenwasserstoffe stammen aus den Schmiermitteln von Maschinen und Geräten oder aus nicht detonierten Sprengstoffen und sind ebenfalls toxisch.

Geogen bedingt können auch weitere **Schwermetalle**, **Arsen** (As), **Uran** (U) oder **Kohlenwasserstoffe** auftreten.

b) Fremdstoffe

- Betonrückstände (Betonrückstände stammen von der Tunnelbrust, welche aus Sicherheitsgründen ausbetoniert wird und aus dem dabei erzeugten Spritzbetonrückprall. Beim nächsten Abschlag ist die gesamte Tunnelbrustsicherung wieder im Ausbruchmaterial eingemischt.)

Spritzbeton unterscheidet sich von üblichem Beton in der Armierung. Während bei der Aufbereitung von Betonabbruch zu Betongranulat der Stahl üblicherweise herausfällt, ist Spritzbeton meist mit Stahl- oder anderen Fasern armiert, die bei der Sprengung bzw. dem anschliessenden Brechen im Betongranulat verbleiben. Je nach Zusammensetzung des verwendeten Betons können die Betonrückstände mehr oder weniger Chromat enthalten.

⁷ Société suisse des Explosifs, Brig: Fact Sheet für die Arbeitsgruppe der FGU, Otto Ringgenberg, 22.6.2016

2.5 Verwertungs- und Ablagerungswege von Tunnelausbruchmaterial

Nachfolgende Abbildung zeigt die massgebenden Verwertungs- und Ablagerungswege von Tunnelausbruchmaterial. Die Prozesse zur Aufbereitung von Schlämmen, Abwasser und Tunnelabwasser sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

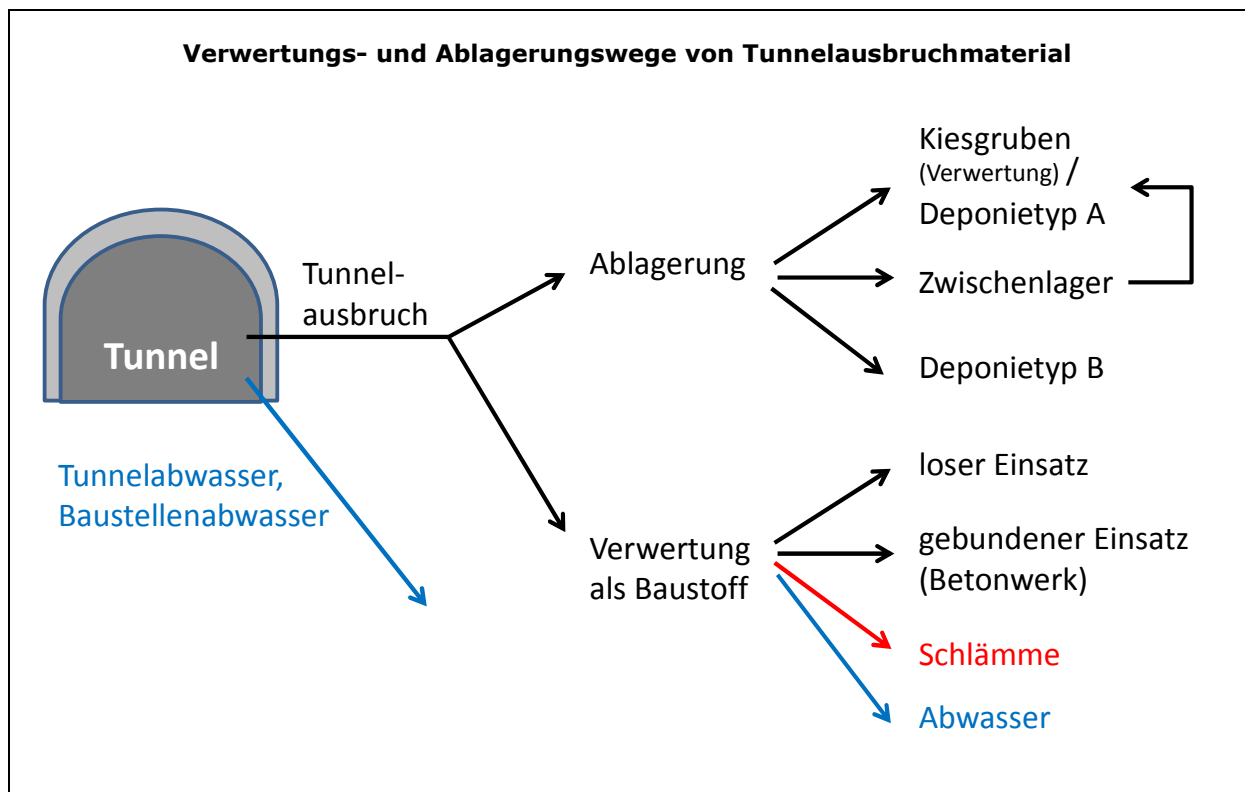


Abbildung 2: Verwertungs- und Ablagerungswege von Tunnelausbruchmaterial

Durch die Aufbereitung von Tunnelausbruchmaterial können Schlämme entstehen, die entsprechend ihrer Belastung aufbereitet und nach genügender Entwässerung deponiert werden können.

Neben dem eigentlichen Tunnelabwasser entstehen im Tunnelbau Baustellenabwässer (Bohrabwasser und Reinigungsabwasser). Bei der Aufbereitung von Tunnelausbruchmaterial entsteht ebenfalls Abwasser. Diese Abwässer werden soweit nötig aufbereitet und in Oberflächengewässer eingeleitet.

2.6 Anforderungen an die Ablagerung und Verwertung von Tunnelausbruchmaterial (Grenz- und Höchstwerte)

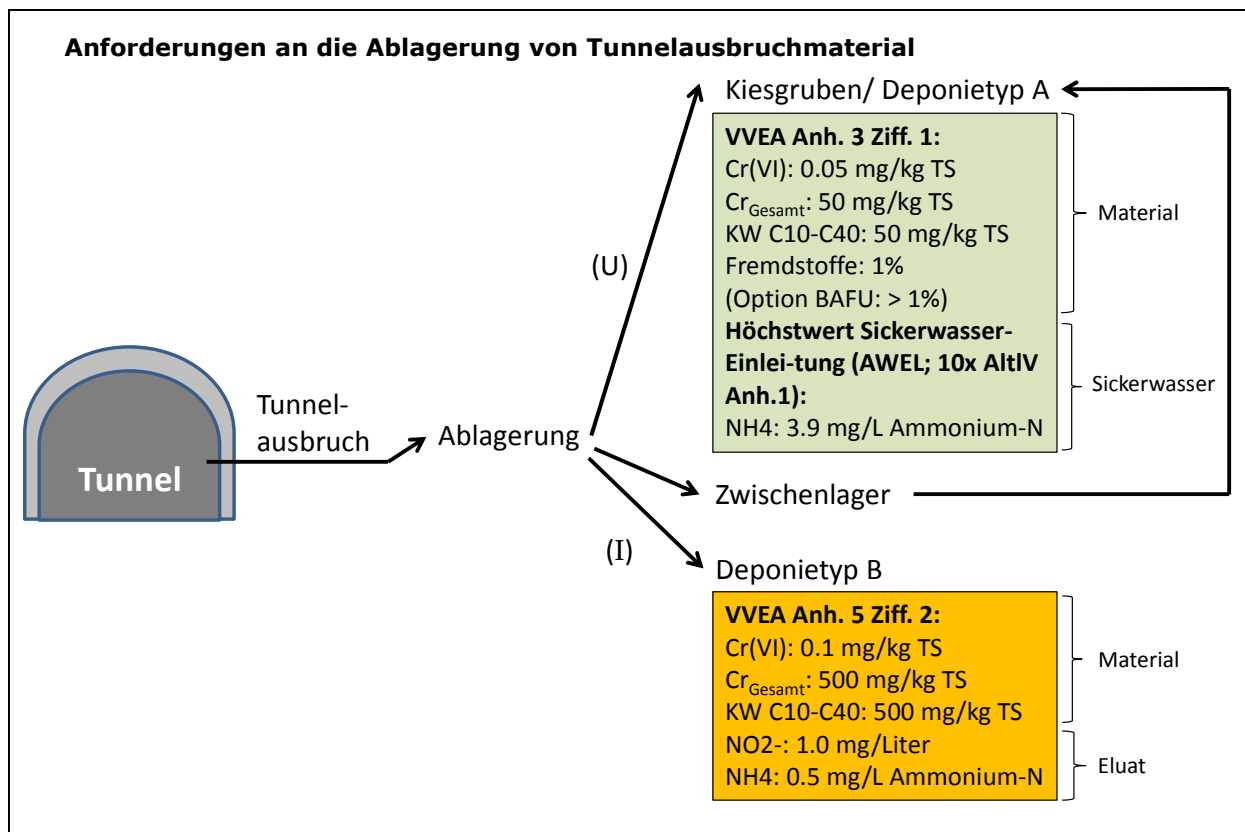


Abbildung 3: Anforderungen an die Ablagerung von Tunnelausbruchmaterial

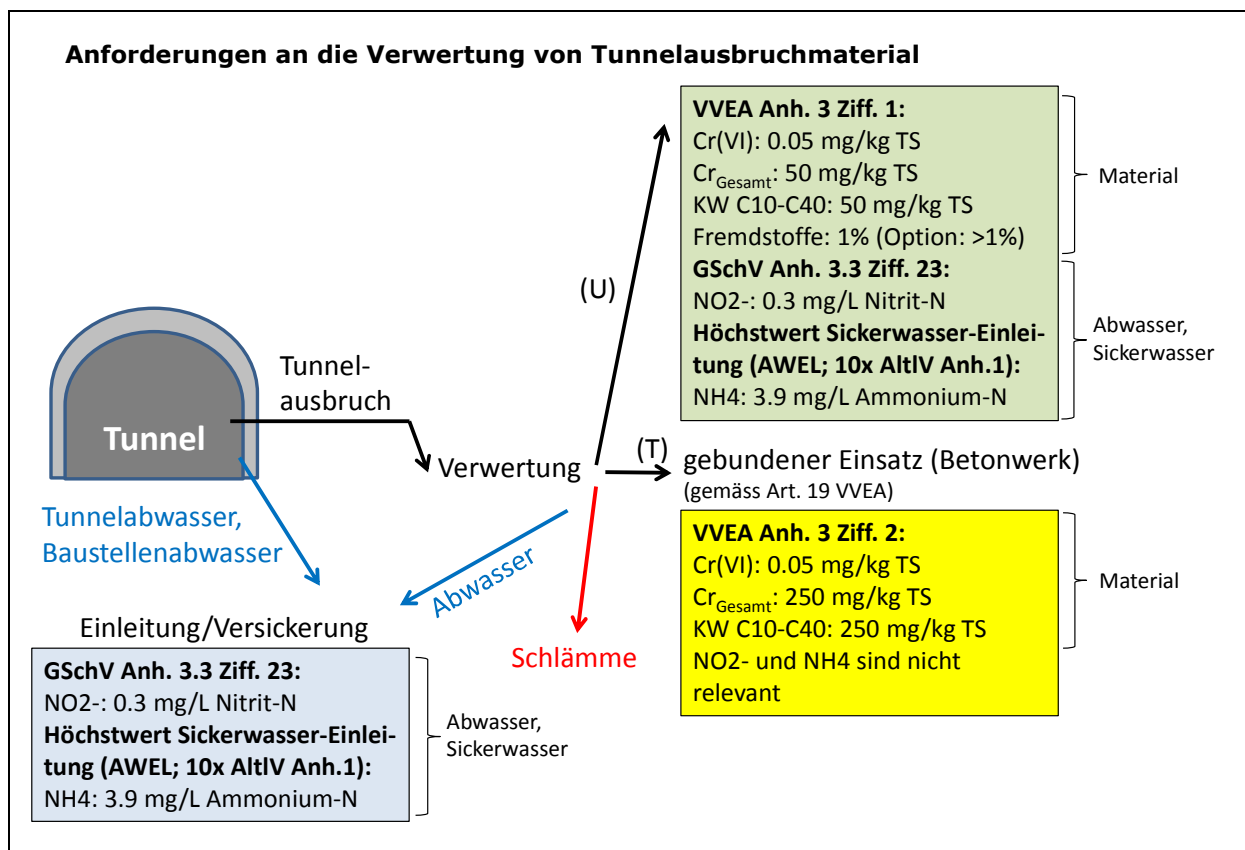


Abbildung 4: Anforderungen an die Verwertung von Tunnelausbruchmaterial

Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) definiert für die Einleitung von Baustellenabwasser einen **Nitrit-Grenzwert** von 0.3 mg/Liter Nitrit-N (entspricht ca. 1 mg/Liter NO₂-). Für Ammonium und Nitrat gibt es keine Einleit-Grenzwerte für Abwasser bzw. Sickerwasser (Emission). Deshalb hat das AWEL einen Höchstwert für die Sickerwasser-Einleitung definiert, der dem 10-fachen Wert gemäss Anhang 1 der Altlasten-Verordnung (AltIV) entspricht⁸. Der entsprechende Wert beträgt für **Ammonium** 3.9 mg/Liter Ammonium-N.

Die GSchV definiert für Ammonium und Nitrat Grenzwerte (Immission) für die Qualität im Oberflächengewässer nach weitgehender Durchmischung:

- **Nitrat:** 5.6 mg/Liter Nitrat-N (entspricht 25 mg/Liter Nitrat) (Anhang 2 Ziff. 11 Abs. 3 GSchV)
- **Ammonium:** 0.2 mg/Liter Ammonium-N (> 10°C; entspricht ca. 0.26 mg/Liter Ammonium) bzw. 0.4 mg/Liter Ammonium-N (< 10°C; entspricht ca. 0.51 mg/Liter Ammonium) für Gewässer, die der Trinkwassernutzung dienen (Anhang 2 Ziff. 12 Abs. 5 GSchV)

Für Nitrit gibt es keinen Immissions-Grenzwert.

Die VVEA gibt einen maximalen **Fremdstoffanteil** von 1% im Ausbruchmaterial vor (Anhang 3 Ziff. 1 VVEA). Gemäss Email des BAFU vom 27.7.2016 wird dieser Wert durch den Spritzbeton-Anteil im Tunnelausbruchmaterial prozessbedingt meist überschritten. In der Praxis kann mit geeigneten Massnahmen ein Spritzbeton-Anteil von 2 – 3% erreicht werden. Ein Spritzbeton-Anteil von > 1% (entsprechend der Praxis 2 – 3%) in Tunnelausbruchmaterialien ist gemäss vorläufiger Beurteilung des BAFU annehmbar, da die Herkunft und die Zusammensetzung des Fremdstoffanteils bekannt ist (vgl. Anhang 2 dieses Berichts). Im Rahmen der Entwicklung einer Vollzugshilfe zur VVEA zur Thematik Tunnelausbruchmaterialien bzw. Tunnelbauten wird dieser Aspekt demnächst diskutiert.

⁸ Baudirektion Kanton Zürich, AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft): Standortsspezifische Einleitbedingungen für Sickerwässer aus Deponien, Februar 2013

2.7 Vorgaben für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial

Vier operative Vorgaben

Die nachfolgenden vier operativen Vorgaben wurden durch das ASTRA nach Rücksprache mit dem BAFU und dem Kanton SH – basierend auf aktuellen Erfahrungen, insbesondere mit dem Galgenbucktunnel – definiert. Dies mit dem Ziel, beim Tunnelausbruch möglichst verwertbares bzw. auf Kiesgruben ablagerbares Tunnelausbruchmaterial zu erhalten und die Überwachungsmassnahmen bzw. die Anzahl der chemischen Analysen in bewältigbarem Rahmen zu halten:

- 1.) Es handelt sich ausschliesslich um Aushub- und Ausbruchmaterial (keine Behandlungsrückstände wie Schlämme, Feinmaterial, Material aus der Fahrpiste etc.).
- 2.) Die Trennung von Aushub- und Ausbruchmaterial und Spritzbeton aus wieder abgebrochener Ausbruchsicherung und Spritzbetonrückprall wird gemäss allen gegebenen Möglichkeiten der Technik vorgenommen.
- 3.) Der für den Spritzbeton verwendete Zement hält die Anforderungen gemäss ChemRRV ein⁹.
- 4.) Bei Sprengvortrieb oder einem emissionsmässig gleichwertigen Verfahren ist die Belastung mit Ammoniumnitrat minimiert.

Anforderungen an chemische Analysen und Verantwortlichkeit

Im Rahmen der Überwachung auf der Baustelle stehen folgende Anforderungen in Diskussion:

- Mindestens alle 4'000 m³ sowie auf Verdacht hin ist eine chemische Analyse des unverschmutzten Aushubmaterials auf der Baustelle durchzuführen. Hierbei sind mögliche Verschmutzungen durch Sprengstoffrückstände, Maschinen- oder Hydrauliköl, Treib- oder Schmierstoffe der Vortriebsgeräte sowie Spritzbetonrückstände im Auge zu behalten.
- Die Wochenmittelwerte müssen die Grenzwerte gemäss Artikel 19 der VVEA einhalten.

Aufgrund der Vor-Ort-Untersuchungen (auf der Baustelle) kann auf die chemischen Analysen auf den Ablagerungsstellen (Kiesgruben, Deponien) verzichtet werden.

Anforderungen bezüglich Fremdstoffe bzw. Spritzbeton – Massenbilanz als 5. Vorgabe

Die Anteile an Spritzbetonverunreinigungen (Fremdstoffe) dürfen gemäss Art. 19 VVEA max. 1% betragen. Erfahrungen des Kantons SH haben gezeigt, dass die Chrom(VI)-Grenzwerte bei Spritzbeton-Anteilen von 2 – 3% eingehalten werden können. Aus Sicht des BAFU sind bei Tunnelausbruchmaterial Fremdstoffmengen in der Grössenordnung von 2 – 3% vertretbar, da in diesem Fall die Herkunft und Zusammensetzung der Fremdstoffe klar sind (vgl. Email BAFU vom 27.7.2016 in Anhang 2).

Um den Nachweis der korrekten Entsorgung zu erbringen, ist im **Entsorgungs-/Verwertungskonzept** auch die Erfassung und Dokumentation der Massenströme des eingesetzten Spritzbetons vorzusehen:

- Total eingesetzte Menge Spritzbeton
- Eingebaute Menge Spritzbeton
- Entsorgte Menge an Spritzbetonrückprall

⁹ Gemäss Anhang 2.16 Ziff. 1.1 ChemRRV darf das lösliche CrVI im Zement bezogen auf die Trockenmasse max. 0.0002 Massen% betragen.

3. Beispiele und Erfahrungen aus der Praxis

3.1 Tunnel- und Stollenbauprojekte mit Sprengvortrieb

3.1.1 Kanton GL: Stollenbau im Rahmen des Wasserkraftwerks Linth-Limmern

Jakob Marti von Umweltschutz und Energie des Kantons GL präsentierte die Erfahrungen aus dem Stollenbau des Kraftwerks Linth-Limmern.

Allgemeine Faktoren mit Einfluss auf das Ausbruchmaterial sind:

- Geogene Belastung des Gesteins (kann z.B. As, CrVI, Uran oder Asbest enthalten)
- Gewähltes Vortriebsverfahren (Bohrvortrieb, Sprengvortrieb, verwendete Sprengstoffe etc.)
- Eingesetzte Verstärkungen (Injektionen mit Zement, Mapejet, Spritzbeton, Tübbing, Betonelemente etc.)

Im Fall des Kraftwerks Linth-Limmern wurde unter Verwendung des Emulsionssprengstoffes „Emulga“, später patroniert gesprengt. Die problematischen Faktoren waren Spritzbeton von der Tunnelbrust (aufgrund von Sicherungsmassnahmen), Spritzbetonrückprall, der verwendete Sprengstoff (welcher das Sohlenmaterial belastet) sowie die geogene Vorbelastung des Gesteins (mit Arsen, CrVI, Uran und Asbest). Speziell zu erwähnen ist die Belastung des Sohlenmaterials, welches neben dem Sprengstoff zusätzlich durch den Verkehr im Tunnel belastet wurde.

Folgendes Vorgehen hat sich bezüglich Probenahme und Analysen als geeignet erwiesen:

- Intensives Beurteilen des Ausbruchmaterials zu Beginn der Arbeiten anhand von chemischen Analysen
- Beim Vorliegen von Risikofaktoren (Sprengvortrieb, geogene Belastung, Spritzbeton): Weiterführen der Beprobung im Rhythmus von 2 – 3 Tagen
- Sohlenmaterial (mit Spritzbeton verschmutzt, durch Befahrung mit Maschinen und Fahrzeugen belastet) und Schlämme: im Einzelfall immer beproben

3.1.2 Kanton GR: Neat-Tunnelbaustelle Sedrun (GR) und Zwischenlager Malvaglia (TI)

Beat Calonder vom Amt für Natur und Umwelt (ANU) des Kantons GR präsentierte die Erfahrungen mit der Verwertung von Tunnelausbruchmaterial und Tunnelabwasser von der NEAT-Baustelle in Sedrun und in Malvaglia.

Es entstanden insgesamt 1.85 Mio. m³ an Tunnelausbruchmaterialien, davon wurden 200'000 m³ mit begleitenden Massnahmen abgelagert (von 2008 – 2011). Die Sprengungen erfolgten mit patronierten Sprengladungen.

Problematisch waren die Nitritwerte im Sickerwasser der Deponie Claus Surrein. Wegen des hohen Nitritgehalts wird das Deponiesickerwasser in den Triebwasserstollen der Kraftwerke Vorderrhein eingeleitet, dort verdünnt und umgewandelt. Die Nitritwerte haben sich im Verlauf von ca. 2 Jahren (von 2009 – 2011) von Höchstwerten bis 60 mg/Liter um etwa den Faktor 10 auf ca. 2 – 4 mg/Liter reduziert, lagen damit aber immer noch über dem Zielwert von 1.0 mg/Liter zur Einleitung in den Triebwasserstollen. Auch heute noch liegt Nitrit im Sickerwasser der Deponie bei viel Niederschlag bei 3 – 4 mg/Liter, bei trockenem Wetter bei ca. 1 mg/Liter. Im Rein da Nalps vor der Mündung in den Vorderrhein (Vorfluter) können die Qualitätsziele eingehalten werden (0.1 mg/Liter Nitrit, 0.5 mg/Liter Ammonium).

Bei Nitritabbauversuchen im Zwischenlager Malvaglia (TI) konnte nach 3 Jahren Zwischenlagerung und aktivem Bewässern der Nitrit- Grenzwert von 1.0 mg/Liter unterboten werden.

Fazit:

- Die Belastung von Tunnelabwasser bzw. Schlämmen ist ein grosses Thema (v.a. bezüglich Nitrit und KW). Schlämme mussten auf Deponietypen B oder E abgelagert werden.
- Es erfolgte keine konsequente Triage des Ausbruchmaterials. Ein Teil des Ausbruchmaterials wurde als Zuschlagstoff für den Tunnelausbau eingesetzt. Das übrige Material (unverschmutztes Ausbruchmaterial und solches mit Inertstoffqualität) wurde gemischt abgelagert. Von den >1.6 Mio m³ an abgelagertem Ausbruchmaterial hätte bei geeigneter Auftrennung ein Teil verwertet oder als Rohstofflager ausgeschieden werden können.
- Nitrit im Sickerwasser einer Ausbruchdeponie ist bei Sprengvortrieb über die ersten paar Jahre problematisch, baut sich üblicherweise asymptotisch erheblich ab. Ob der Zielwert dann erreicht werden kann, muss überwacht werden.

3.1.3 Kanton GR: Samnaunertunnel im Val Pischöt (Unterengadin) und Albula-Tunnel

Martin Seifert vom Amt für Natur und Umwelt (ANU) des Kantons GR präsentierte die Erfahrungen mit der Verwertung von Tunnelausbruchmaterial vom Samnaunertunnel und vom Albula-Tunnel.

Im Samnaunertunnel wurden Emulsionssprengstoffe eingesetzt. Es traten Nitrit- und Ammonium-Belastungen auf. Ammonium stammte dabei vorwiegend aus nicht detoniertem Sprengstoff, welcher bei unsauberem Handling entsteht. Sauberes Laden der Bohrlöcher mit Sprengstoff kann die Menge Restsprengstoff deutlich reduzieren.

Das Tunnelausbruchmaterial wurde gesiebt (Abtrennung der Feststoffe vom Feinanteil). Nitrit und Ammonium wurden vor allem im Feinanteil gefunden, während die Feststoffe mit einer Korngrösse > 22 mm unbelastet waren.

In einem anderen Tunnelbauprojekt (Albula-Tunnel) ist vor allem das Tunnelabwasser (Schlamm) stark mit Kohlenwasserstoffen belastet (Überschreitung des Grenzwertes für Reaktorstoffe). Der Schlamm muss speziell aufbereitet werden.

3.1.4 Kanton SG: Ruckhaldetunnel (Appenzeller Bahnen) und Tunnel Michelau (Kantonsstrasse) in Bütschwil

Tensing Gammeter vom Amt für Umwelt und Energie des Kantons SG informierte über den Ruckhaldetunnel der Appenzeller Bahnen und den Tunnel Michelau (Kantonsstrasse).

Beim **Ruckhaldetunnel** handelt es sich um einen 750 m langen Tunnel, bei dem 250 m im Sprengvortrieb erstellt wurden. Dabei fielen 50'000 m³ Tunnelausbruchmaterial an. Es gab unterschiedlich starke Belastungen, mit Nitrit und Ammonium. Teilweise musste das Material auf einem Deponietyp E abgelagert werden. Um das Material schlussendlich verwerten oder exportieren zu können, wurde es zur Nitrit-Reduktion (im abgedichteten Bereich einer Deponie) zwischengelagert.

Beim **Tunnel Michelau** (Kantonsstrasse in Bütschwil) handelt es sich um einen 250 m langen Tunnel, bei dem ca. 20'000 m³ Tunnelausbruchmaterial anfielen. Das Material wurde vor Ort wieder eingesetzt oder auf Kiesgruben abgeführt. Es gab keine Probleme mit Nitrit oder Ammonium, hingegen einzelne Belastungen mit CrVI, die Reaktorqualität erreichten. Es gab sehr heterogene Belastungen durch den Spritzbeton. Die Probenahmen waren wenig repräsentativ und die Interpretation der Resultate der chemischen Analysen bezüglich Umweltgefährdung demnach schwierig.

Lösungsansätze:

- Frühzeitig ein Entsorgungskonzept erarbeiten und dieses laufend anpassen.

- Intensive Beprobung zu Beginn der Tunnelausbrucharbeiten
- Vorabklären von möglichen Flächen für ev. notwendige Zwischenlager
- Einsetzen von Chromat-armem Zement
- Einsetzen von patronierter Sprengung (kein Flüssigsprengstoff)
- Einsetzen einer Sprengbegleitung (zur Überwachung der Sprengungen)
- Separates Aufnehmen und Entsorgen des Spritzbeton-Rückpralls
- Erstellen einer genauen Materialbilanz

3.1.5 Kanton SH: Galgenbucktunnel in Schaffhausen

Niccolò Gaido vom Interkantonalen Labor und Umweltschutz SH stellte die Tunnelbauarbeiten des Galgenbucktunnels in Schaffhausen vor.

Beim Galgenbucktunnel handelt es sich um ein Tunnelbauprojekt des ASTRA. Der Tunnel ist 1.1 km lang, wurde im Sprengvortrieb erstellt und ergab rund 400'000 t Ausbruchmaterial (Kalkstein).

Im Ausbruchmaterial wurden Belastungen mit CrVI (0.05 – 0.29 mg/kg, im Durchschnitt ca. 0.08 mg/kg) und mit Ammonium (0.015 – 5.05 mg/ Liter Ammonium-N) gefunden. Durch die Umstellung von Emulsionssprengstoff auf patronierte Sprengungen konnte der Ammonium-Gehalt stark reduziert werden.

Bezüglich CrVI gab es keine Hinweise auf eine geogene Belastung durch das Wirtsgestein (Kalkstein). Der Zement entsprach den Anforderungen gemäss ChemRRV. Aufgrund von Sicherheitsanforderungen war der Einsatz von Spritzbeton zwingend notwendig. Um ohne chemische Analysen eine Triage zwischen belastetem und unbelastetem Ausbruchmaterial machen zu können, wurde in Zusammenarbeit mit dem ASTRA und BAFU ein 5-Punkte-Plan für unbelastetes Ausbaumaterial ausgearbeitet. Bei kumulativer Erfüllung aller fünf Vorgaben konnte das Tunnelausbruchmaterial auf einer Materialentnahmestelle oder Deponie Typ A abgelagert werden (vgl. die Vorgaben für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial in Kap. 2.7). Aufgrund dieser Vorgaben konnte der Spritzbetonanteil im Ausbruchmaterial gemäss Berechnung von 4.7% auf ca. 2% reduziert werden. Entsprechend ist auch davon auszugehen, dass sich die CrVI-Belastungen reduziert haben (um wie viel ist unklar, da keine Messungen mehr notwendig waren).

Erfahrungen aus dem Vollzug:

- Zum Zeitpunkt der Umweltverträglichkeitsprüfung ist die Vortriebsart für einen Tunnel in der Regel noch nicht bekannt. Somit sind nur die erwarteten Mengen bekannt, die Qualitäten bzw. möglichen Belastungen des Ausbruchmaterials jedoch nicht. Das Entsorgungskonzept aus dem Umweltverträglichkeitsbericht ist deshalb im Verlauf der Projektierung anzupassen und detaillierter auszuarbeiten.
- Wenn kurzfristig belastetes Tunnelausbruchmaterial anfällt, stehen in der Regel keine Entsorgungsmöglichkeiten bzw. Lagerflächen für Zwischenlager zu Analysezwecken zur Verfügung.
- Reduktionen des Spritzbetonanteils im Tunnelausbruchmaterial sind mit grösseren Anstrengungen bis zu 1% möglich.

Optimierungsmassnahmen:

- Separates Ausführen des Materials der Tunnelkalotte, der Fahrpiste und des Sohlenmaterials
- Separates Rückbauen und Entsorgen des Spritzbetonrückpralls
- Patroniertes Sprengen (anstelle der Verwendung von Flüssigsprengstoff)

Weiter wäre zu prüfen, ob ein Zwischenlager mit Auswaschung zielführend ist und ob das verwertbare Material vermehrt in der Betonproduktion eingesetzt werden könnte.

3.2 Tunnelbauprojekte mit anderen Vortriebsarten

3.2.1 Kanton AG: Eppenbergtunnel der SBB zwischen Kanton AG und SO

David Schönbächler von der Abteilung Umwelt des Kantons AG präsentierte den in Bau befindlichen Eisenbahntunnel Eppenbergtunnel (Vierspurausbau der SBB zwischen Aarau und Olten).

Der Eppenbergtunnel wird 3.1 km lang werden. Er wird im Tagbau sowie mit den Vortriebsverfahren Tunnelbohrmaschine und Mixschild erstellt (keine Sprengungen). Es wird eine Menge an Tunnelausbruchmaterial von ca. 680'000 m³ erwartet. Gemäss Entsorgungskonzept des Unternehmers soll der anfallende Schotter zu 100% verwertet werden, die anfallenden Effingerschichten sollen zu 80% verwertet und zu 20% deponiert werden. 100% der Deckschichten werden deponiert, 100% der Unteren Süsswassermolasse werden auf der Sondermülldeponie Kölliken (SMDK) abgelagert werden.

Auf der Baustelle sind keine chemischen Analysen vorgesehen, sondern am Ort der Ablagerung (Sondermülldeponie Kölliken). Täglich werden bis zu 250 Lastwagen mit Material zur SMDK abtransportiert. Das angelieferte Material wird täglich chemisch analysiert (pro 4'000 – 5'000 m³ eine Probenahme) und sofort eingebaut.

Kürzlich wurden aufgrund natürlicher Ölsandstein-Vorkommen Belastungen mit KW gefunden. Als Sofortmassnahme wurden auf der Baustelle mehrere Flächen für die Triage ausgewiesen und es werden nun auf der Baustelle laufend Schnelltest auf KW-Belastungen durchgeführt, bevor das Material abgeführt wird.

Herausforderungen und offene Punkte:

- Platzbedarf für Vor-Ort-Analytik und Triage
- Zeitbedarf Analytik (2 – 3 Tage)
- Just in Time-Entsorgung
- Redundanzen bei den Entsorgungsanlagen
- Verschiedene Zuständigkeiten im Vollzug (Bund, 2 Kantone, Gemeinden) und Abstimmung untereinander
- Qualitätskontrolle bei der Entsorgungsanlage
- Umgang mit geogenen Belastungen

3.3 Schadstoff-Messwerte von Tunnel- und Stollenbauprojekten

Für ausgewählte Tunnel-/Stollenbauprojekte wurde die Einhaltung der Grenzwerte im Tunnelausbruchmaterial ausgewertet. Es zeigte sich, dass Grenzwertüberschreitungen für verschiedene Schadstoffe vorkommen (CrVI, Nitrit, NH₄), bei unterschiedlichen Vortriebsarten (Sprengung, Bohrung) und bei unterschiedlichen Sprengverfahren (patroniert, emulsionsbasiert). Sohlenmaterial ist relativ stark verschmutzt, da es erst nach Abschluss des gesamten Vortriebs entfernt wird.



Abbildung 5: Schadstoff-Messungen im Tunnelausbruchmaterial von Tunnel-/Stollenbauprojekten

Auch in Tunnelabwasser und Schlämmen der Tunnelabwasseraufbereitung (KW, CrVI, Nitrit), im Baustellenabwasser und im Sickerwasser von Zwischenlagern oder Deponien (Nitrit und NH₄ im Sickerwasser von abgelagertem Tunnelausbruchmaterial) können Grenzwerte überschritten sein.

3.4 Verwertung von Tunnelausbruchmaterial – Erfahrungen zur Materialbewirtschaftung

Christoph Bilger von bilger+partner brachte seine langjährige Erfahrung mit der Materialbewirtschaftung bei Tunnelbauten ein.

Charakteristisch für Tunnelbaustellen ist gemäss seinen Ausführungen, dass während Wochen und Monaten grosse Mengen an Ausbruchmaterial laufend entstehen (bis 10'000 t/24 h bzw. bis 1'200 t/h). Diese sollen möglichst als unverschmutztes Material einer Verwertung zugeführt werden. Raum für eine Zwischenlagerung besteht in der Regel nur für wenige Tage (max. 1 – 2 Wochen).

Die Materialbewirtschaftung ist in der Realität durch folgende Faktoren geprägt:

- Ein funktionierendes Materialbewirtschaftungskonzept liegt selten vor. Die Verwertung des Ausbruchmaterials steht für den Tunnelbauer nicht im Vordergrund, sondern die Vortriebsleistung. Die Materialbewirtschaftung darf nichts kosten.
- Materialbewirtschaftungsanlagen sind in der Regel zu knapp ausgelegt oder entsprechen nicht den Anforderungen.
- Der Anfall des Materials und die Verwertungskapazitäten zum gewünschten Zeitpunkt stimmen selten überein. Ausreichende Flächen für die Zwischenlager stehen selten zur Verfügung.
- Ausbruchmaterialien bzw. die Schutterung werden oft mit Abfällen verschmutzt, da man davon ausgeht, dass das Material ohnehin entsorgt/deponiert wird.

Eine ideale Materialbewirtschaftung genügt folgenden Ansprüchen:

- Bei der Vergabe haben Bauwerk und Materialbewirtschaftungskonzept das gleiche Gewicht.
- Die Materialbewirtschaftung gibt den Takt vor, die Vortriebsleistung richtet sich danach.
- Beim Start der Ausbrucharbeiten ist die Materialbewirtschaftung voll eingerichtet, getestet und funktionsfähig. Die Anlagen sind redundant (doppelt) vorhanden und verfügen über die notwendige Kapazität.
- Der Materialanfall und die Verwertung stimmen zeitlich überein. Für die Zwischenlagerung ist genügend Platz vorhanden. Die Materialklassen sind korrekt bezeichnet und an der Tunnelbrust zweifelsfrei bekannt. Sie werden zeitnah an die Verwertung übermittelt. Die Kapazitäten für den Abtransport sind flexibel bzw. vorhanden.
- Eine anthropogene Verschmutzung durch unsauberes Handling (z.B. beim Laden des Sprengmittels, durch Ablagern von Abfällen) wird soweit möglich vermieden oder dann behoben.

Zusammenfassung der Anliegen aus Sicht Verwertung:

- Im Detailprojekt muss für die Verwertung von Tunnelausbruchmaterial ein plausibles Materialbewirtschaftungskonzept vorliegen, welches bei Bedarf angepasst werden kann.
- Im Bauprogramm muss dem Aufbau einer funktionierenden Materialbewirtschaftung ausreichend Zeit eingeräumt werden.
- Bei grossen Projekten mit einer anspruchsvollen Verwertung ist in der Ausschreibung für die Verwertung ein eigenes Los zu definieren. Dabei muss eine mögliche Wiederverwertung des Ausbruchmaterials direkt beim Tunnel vorgegeben werden (Verwendung von z.B. Kiesschlämmen als Erdbeton wäre als Möglichkeit zu prüfen).

4. Massnahmen zur Optimierung der umweltgerechten Entsorgung und Verwertung

In der Diskussion zu den präsentierten Tunnel- und Stollenbauprojekten und den dabei gemachten Erfahrungen wurden verschiedene Themen erörtert und vertieft. Nachfolgend sind wichtige Optimierungsmassnahmen für eine umweltgerechte Entsorgung und Verwertung von Tunnelausbruchmaterial (nach Art. 16 bis 20 VVEA) aus Sicht der Teilnehmenden aufgelistet.

4.1 Einflussmöglichkeiten der Kantone

Folgende Einflussmöglichkeiten bestehen für die Kantone:

- **Einflussmöglichkeiten der Kantone im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung:** Gemäss Anhang der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) kommen für Tunnelbauprojekte bei Nationalstrassen (Ziffer 11.1) und bei Eisenbahnen (Ziffern 12.1 und 12.2) mehrstufige Verfahren der Umweltverträglichkeitsprüfung zur Anwendung. Im Rahmen des Generellen Projektes und des Plangenehmigungsverfahrens müssen die Kantone Stellungnahmen (Art 14 Abs 2 UVPV).
Weil das BAFU nur beschränkt über Ortskenntnisse verfügt, ist es zweckmässig und seit langem Praxis, dass die Kantone dem BAFU nebst ihrer Gesamtstellungnahme auch die Stellungnahme der kantonalen Umweltschutzfachstellen einreichen. Dadurch werden dem BAFU die Lokalkenntnisse und Fachargumente der kantonalen Umweltschutzfachstelle zugänglich. Diese ermöglicht eine fundierte und effiziente Beurteilung des Vorhabens¹⁰.
Diese Möglichkeit der Kantone zur Stellungnahme sollte auch für die hier im Workshop diskutierten Themen genutzt werden.
- **Umweltbaubegleitung:** Die Umweltbaubegleitung (UBB) ist in der Regel nicht direkt weisungsbefugt, ausser bei unmittelbarer Gefahr. In der Regel erfolgen die umweltrelevanten Entscheide in Absprache zwischen UBB, Gesamt-Projektleitung und Bauherrschaft.
Die UBB kann ihre zentrale Aufgabe einer umweltschonenden und gesetz- bzw. verfügungs-konformen Realisierung des Bauwerks nur erfüllen, wenn sie gegenüber der Bauleitung über ein Weisungsrecht verfügt. Zwar ist die UBB auch ein wichtiger Berater der Bauleitung (und des Bauherrn), aber im Gegensatz zur Bauleitung, die in erster Linie der zeit- und kostengerechten Realisierung des Bauwerks verpflichtet ist, schliesst der Auftrag der UBB eine Gesamtschau auf das Projekt unter Einbezug der Umweltaspekte mit ein. Damit unterstützt die UBB den Bauherrn in der vollständigen Erfüllung seiner Bewilligung¹¹.
Im Rahmen des Projekts sind die Entscheidungskompetenzen der Umweltbaubegleitung zu klären und die Entscheidungsabläufe zu definieren.
- **Bewilligung Entsorgungskonzept:** Für das Entsorgungskonzept sollte es verschiedene Bewilligungsstufen geben. Bereits im Rahmen des Generellen Projektes sollte die Entsorgung thematisiert werden. Damit erhält das Entsorgungskonzept schon früh im Planungsprozess eine angemessene Bedeutung.
- **Entsorgungs-/Verwertungskonzept mit Bewirtschaftungskonzept:** Das im Umweltverträglichkeitsbericht entwickelte Entsorgungskonzept ist für die Ausführung zu ungenau, da zu diesem Zeitpunkt die Vortriebsart und die damit verbundenen Belastungen des Tunnelausbruchmaterials nicht bekannt sind. Im Rahmen des Detailprojektes und des Ausführungsprojektes ist das Entsorgungs- und Materialbewirtschaftungskonzept nach und nach zu konkretisieren. Es muss mehrere, nachvollziehbare und umsetzbare Entsorgungs-/Verwertungswege aufzeigen, die situativ umgesetzt werden können. Die Massenströme sind anzugeben.

¹⁰ Zitat aus UVP-Handbuch. Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung, BAFU 2009, Seite 4

¹¹ Zitat aus Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle, BAFU 2007, Seite 9

- **Sprengbegleitung:** Eine Sprengbegleitung könnte helfen, die Arbeitsanweisungen auf der Baustelle, insbesondere beim Sprengen zu kontrollieren und durchzusetzen. Dadurch könnten anthropogen verursachte Schadstoff-Belastungen vermindert werden. Die Sprengbegleitung ist im Rahmen des Entsorgungs- und Verwertungskonzeptes zu fordern. Wie bei der Umweltbaubegleitung sind auch bei der Sprengbaubegleitung die Entscheidungskompetenzen zu klären und die Entscheidungsabläufe festzulegen. In seinem Bericht (vgl. Beilage 3) vergleicht Christoph Bilger das Sprengen mittels Emulsion mit dem Sprengen mit patronierten Sprengstoffen. Er kommt zum Schluss, dass der Einsatz von Emulsionen wirtschaftlich vorteilhafter ist, dass dabei aber auch ein grösseres Potenzial zur Verschmutzung des Tunnelausbruchmaterials besteht. Eine Sprengbegleitung ist daher insbesondere für den Einsatz von Emulsionen vorzusehen. Da substantielle Verschmutzungen von Tunnelausbruchmaterial auch beim Einsatz von patronierter Sprengung vorkommen, ist auch für diese Anwendung der Einsatz einer Sprengbegleitung zu empfehlen.

4.2 Konkrete Massnahmen während der Bewilligungs- und Planungsphase

- **Mengenmässig und qualitativ verbesserte Verwertung:** Die Verwertung ist sowohl mengenmässig wie auch qualitativ zu verbessern. Die Erfahrungen zeigen, dass grosses Potenzial besteht, welches bei entsprechender Planung und konsequenter Umsetzung auf der Baustelle nutzbar ist. Bereits auf Konzeptstufe ist dies festzuschreiben. Die Nicht-Verwertung sollte begründet werden müssen.
- **Klären von Verwertungsmöglichkeiten:** Bereits in der Planungsphase sollte vorausschauend geklärt werden, ob die zur Verwertung geeigneten Materialien in laufenden Bauprojekten eingesetzt werden können.
- **Materiallogistik:** Der Materiallogistiker hat Erfahrung in der Materialbewirtschaftung von grossen Mengen, wie sie bei Tunnelbauten typischerweise anfallen. Die Erfahrungen eines solchen Spezialisten sollten bei der Erarbeitung des Materialbewirtschaftungskonzeptes (wie auch später bei der Umsetzung) genutzt werden.
- **Platz für Zwischenlager:** Es sollte vor Ort genügend Platz für Zwischenlager vorgesehen (und auch umgesetzt) werden. Die Kantone sollen dies als Teil des Entsorgungskonzeptes fordern. Diese Thematik soll bereits früh in den Planungsprozess integriert werden.
- **Verwertung am Ausbruchort:** Bei einer Verwertung und Wiedereinsetzung von Ausbruchmaterial direkt am Ausbruchort sollte im Materialbewirtschaftungskonzept ein Brecher berücksichtigt werden.
- **Vorgaben in der Submission:** **a) Verwertungspflicht:** Die Pflicht zur Verwertung des Ausbruchmaterials nach Art. 16 VVEA sollte konsequent durchgezogen werden. Dazu gehört, dass die Verwertung bei der Ausschreibung als Vorgabe festgeschrieben wird. Wird die Verwertung als eigenes Los definiert, erhält sie im Projekt die notwendige Bedeutung. **b) Vorgabe von technischen Lösungen/Verfahren in der Submission:** Menschgemachte Verschmutzungen sollten unbedingt (und können durch entsprechende Massnahmen auch) vermieden werden. Dies könnte zum Beispiel durch Vorgaben von geeigneten technischen Lösungen/Verfahren im Rahmen der Ausschreibung erreicht werden. Dabei ist zu beachten, dass dadurch Kostensteigerungen entstehen können. **c) Verwertung als eigenes Los:** Bei grossen Projekten mit anspruchsvoller Verwertung soll diese als eigenes Los definiert werden, damit ihr die notwendige Beachtung zukommt.

4.3 Konkrete Massnahmen bei der Umsetzung auf der Baustelle

- **Rollen der Beteiligten:** Oft ist es schwierig, auf der Baustelle die richtigen Ansprechpartner für ein Problem zu finden. Deshalb sollten die Rollen aller Beteiligten (Kanton, Bauleute etc.) im Projekt klar zugewiesen und die Ansprechpersonen bezeichnet und festgehalten sein.
- **Informationsflüsse:** Die Informationen müssen schneller und nach definiertem Schema fließen. Insbesondere müssen die Kantone über Schadstoffbelastungen der Baustelle zeitnah informiert werden.
- **Sauberes Handling bei Flüssigsprengstoffen/Sprengbegleitung:** Bei der Verwendung von Flüssigsprengstoffen (Emulsionssprengstoffen) spielt die Erfahrung der Mineure im Handling eine grosse Rolle. Durch entsprechende Schulungen und mit dem Einsatz einer Sprengbegleitung kann verhindert werden, dass unerkannt grössere Verschmutzungen entstehen.
- **Spritzbetonrückprall:** Dass beim Sichern der Tunnelbrust mit Spritzbeton ein Rückprall und damit eine Verschmutzung der Tunnelsohle entsteht, ist unvermeidlich. Der Spritzbetonrückprall kann jedoch – direkt nach der Betonierung – sehr gut aufgenommen und entsorgt werden. Zudem kann der Einsatz von Spritzbeton optimiert werden. Eine spätere Abtrennung des Betons aus dem Tunnelausbruchmaterial ist hingegen schwierig.
- **Trennung der Fraktionen:** Die einzelnen anfallenden schadstoffbefrachteten Fraktionen (Sohlenmaterial, Spritzbetonrückprall etc.) und das unverschmutzte Material sollen gemäss Entsorgungs-/Verwertungskonzept sauber triagiert werden. Sauberes Arbeiten ist zentral (klare Arbeitsvorschriften wirken hierbei unterstützend). Der Tunnelbauer sollte für die Arbeiten auf der Baustelle die Verantwortung tragen. Die Umweltbaubegleitung soll die korrekte Trennung der Fraktionen kontrollieren.
- **Platz für Zwischenlager:** Gemäss Bewirtschaftungskonzept vorgesehene Zwischenlagerflächen müssen auf der Baustelle realisiert werden.
- **Klare Arbeitsanweisungen:** Es sollen klare Arbeitsanweisungen für einen korrekten Umgang sowie für die Beurteilung und Triagierung der Materialien vorgegeben und durchgesetzt werden. Dies gilt auch für Vorbereitung und Durchführung der Sprengung.
- **Triage direkt am Ausbruchort:** Die Auftrennung der Ausbruchmaterialien in die unverschmutzten und die verschiedenen verschmutzten Fraktionen sollte direkt am Ausbruchort erfolgen. Eine erste Beurteilung der Materialqualität sollte bereits bei oder möglichst nahe der Tunnelbrust (auf der Baustelle) vorgenommen werden.

5. Zusammenfassung der Erkenntnisse – Fazit aus dem Workshop

Vielfältige Tunnelbauprojekte

Die Diskussionen am Workshop haben gezeigt, dass die Tunnelbauten sehr vielfältig sind und unterschiedliche Herausforderungen bieten. Ein einheitliches Vorgehen ist deshalb nicht möglich. Dennoch gibt es allgemeingültige Lösungsansätze und Optimierungsmöglichkeiten, die genutzt werden können, wie die Zusammenstellung in Kapitel 4 zeigt.

Operative Vorgaben und maximaler Fremdstoff-Anteil

Mit der kumulativen Einhaltung der vier operativen Vorgaben des ASTRA/BAFU und einem Fremdstoffanteil (Betonrückprall) von maximal 2 – 3% kann das Ausbruchmaterial unter bestimmten Voraussetzungen als unverschmutzt gelten. Zentral ist, dass der Betonrückprall direkt nach dem Betonieren der Tunnelbrust aufgenommen und separat entsorgt wird, dass das Sohlenmaterial nicht durch Kohlenwasserstoffe von Maschinen und Fahrzeuge verschmutzt wird und auch keine sonstigen Abfälle/Fremdstoffe abgelagert werden. Auch muss geklärt werden, dass keine geogene Vorbelastung vorliegt. Diese Voraussetzungen müssen vorab bzw. zu Beginn des Tunnelbauprojektes geklärt und durch chemische Analysen abgesichert werden.

Beprobung / chemische Analysen

Zu Beginn der Tunnelbauarbeiten sind Ausbruchmaterial, Schlämme und Abwasser intensiv vor Ort zu beproben (chemische Analysen). Sind die Belastungen bekannt, kann die Intensität der Beprobungen angepasst werden.

Während den Tunnelbauarbeiten sind direkt bei oder nahe der Tunnelbrust erste Analysen durchzuführen und darauf basierend die Triage der anfallenden Materialien vorzunehmen. Klare Vorgaben und Arbeitsanweisungen sowie eine Sprengbegleitung zur Qualitätssicherung ermöglichen sauberes Arbeiten.

Beilage 1 enthält das Papier „Grundlagen/Anforderungen Tunnelabwasserbehandlung“ von bilger+partner vom 15. Juni 2017. Das Papier enthält ein detailliertes Tunnelabwasserbehandlungskonzept mit Messkonzept, definiert die Anforderungen an Betrieb und Nutzung und beschreibt besondere Risiken.

Entsorgungs-/Verwertungskonzept und Materialbewirtschaftungskonzept

Das Entsorgungs-/Verwertungskonzept ist bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Projektierung zu erarbeiten und laufend zu konkretisieren. Es ist durch ein Materialbewirtschaftungskonzept zu ergänzen. Dieses sollte auf die wesentlichen Elemente des Entsorgungs-/Verwertungskonzepts abgestimmt sein. Das Entsorgungs-/Verwertungskonzept ist konsequent umzusetzen und zu vollziehen, auch wenn im Laufe des Projektes Unternehmensvarianten eingebracht werden. Im Entsorgungskonzept wie auch bei der Ausschreibung können Vorgaben zur Verwertung und zu geeigneten technischen Lösungen/Verfahren gemacht werden. Flächen für Zwischenlager und allenfalls Brechanlagen sind einzuplanen. Für die Planung und Umsetzung der Materialbewirtschaftung ist im Bauprogramm genügend Zeit einzuräumen.

Beilage 2 enthält das Papier „Materialbewirtschaftungskonzept Tunnelausbruch“ von bilger+partner vom 16. Juni 2017. Darin ist detailliert ausgeführt, was ein Materialbewirtschaftungskonzept enthalten und welche Anforderungen es erfüllen muss.

Entscheidungskompetenzen auf der Baustelle

Die Entscheidungskompetenzen der Umweltbaubegleitung und der allfälligen Sprengbegleitung sind vor Baubeginn zu klären und zu dokumentieren.

Einflussmöglichkeiten der Kantone

Den Kantonen bieten sich verschiedene Einflussmöglichkeiten:

- Bei Bundesprojekten (Nationalstrassen, Eisenbahnlinien) kann im Rahmen der Genehmigungsverfahren (Generelles Projekt, Plangenehmigungsverfahren) und der darin vorgesehenen Stellungnahme der Kantone Einfluss genommen werden.
- Bei Kantonsstrassenprojekten und Kraftwerken sind die Kantone selbst Bewilligungsbehörde und können damit direkt Einfluss auf die Kontrolle der Baustellen ausüben.

6. Empfehlungen für das weitere Vorgehen**Veröffentlichung der Erkenntnisse**

- Der vorliegende Bericht wird durch die KVO Ost zur Kenntnis genommen und wird allgemein zugänglich gemacht (auf der KVO-Website im Bereich KVO Ost).
- Die Resultate des Berichts werden auch der KVO CH unterbreitet.

Kompetenz in den Kantonen

- Die Kantone sollten sich untereinander verstärkt vernetzen.
- Sie führen eine Liste von Ansprechpersonen, die über Erfahrung im Umgang mit Tunnelbauten aus materialspezifischer Sicht verfügen.
- Es sollen Textbausteine für die mehrstufigen Verfahren der UVP bei Nationalstrassen und Eisenbahnen erarbeitet werden.
- Die Rollen, Verantwortlichkeiten und Abläufe/Prozesse in den einzelnen Tunnelbauprojekten sind zu definieren und zu institutionalisieren.
- Neu auftretende fachliche Fragen sollen mit Vertretern des BAFU besprochen werden.

Mitarbeit Vollzugshilfe VVEA

- Die Erfahrungen der Kantone, die am Workshop präsentiert und diskutiert worden sind, sollen in der zu erarbeitenden Vollzugshilfe zur VVEA geeignet Eingang finden.
- Die Mitwirkung von ASTRA und BAFU ermöglicht die Entwicklung einer konsolidierten Regelung.
- Die Vollzugshilfe soll bei Bedarf zeitnah neuen Erkenntnissen angepasst werden.

Anhang 1: Workshop-Programm, Teilnehmende und Übersicht über Kurzreferate zu Tunnel- und Stollenbauprojekten und Materialbewirtschaftung

Programm des Workshops

Zeit	Was	Durch wen
13.30 – 13.35	Begrüssung und Ausgangslage	Elmar Kuhn (AWEL ZH)
13.35 – 13.45	Einleitung zum Workshop und Grundlagen: • Workshop-Ziele, Inhalt und Programm • Input mit Grundlagen (Stofffluss-Schema „Entsorgung und Verwertung von Tunnelausbruchmaterial“, kritische Schadstoffe, Fremdstoff-Anteil)	Regula Winzeler (GEO Partner AG)
13.45 – 14.45	Kurzreferate aus den betroffenen Kantonen (GL, GR, SH, SG, ZH) à je max. 10 Min. (inkl. Fragen der Teilnehmer) • Materialbilanz • Erfahrungsberichte zu vollzogenen Massnahmen Referat „Materialbewirtschaftung in der Praxis“ • Materialhandling im Rahmen „Masse, Zeit, Raum / Anlagen“ anhand von praktischen Beispielen (10 Min.)	Referenten: Vertreter der Kantone GL, GR, SH, SG, ZH Christoph Bilger, bilger+partner
14.45 – 15.00	Pause	
15.00 – 16.20	Gemeinsame Diskussion mit Gliederung der vollzogenen Massnahmen und Bewertung: • Übersicht über Anzahl Kontrollen und Analysen der fünf Tunnelbauprojekte (Basis: Von den Kantonsverantwortlichen ausgefüllte Tabelle) • Gliederung anhand der wesentlichen Prozesse • Bewertung bezgl. Einhaltung der Umweltvorgaben	R. Winzeler Moderation: R. Winzeler, Alle
16.20 – 16.50	Gemeinsames Ziehen der Schlussfolgerungen • Beantworten der Fragestellungen	Moderation: R. Winzeler, Alle
16.50 – 17.00	Weiteres Vorgehen und Schlusswort	Elmar Kuhn
17.00	Ende der Veranstaltung	

Ort: AWEL, Zürich (Weinbergstrasse 34, Sitzungszimmer 1. Stock; siehe Anfahrtsplan)

Teilnehmende des Workshops:

Jakob Marti/GL, Beat Calonder/GR, Martin Seifert/GR, Niccolò Gaido/SH, Tensing Gammeter/SG, Elmar Kuhn/ZH, Dominik Oetiker/ZH, David Schönbächler/AG, David Hiltbrunner/BAFU, Christoph Bilger (bilger+partner)

Regula Winzeler (GEO Partner AG): Moderation/Auswertung Workshop und Bericht

Übersicht Kurz-Referate zu den Tunnel-/Stollenbauprojekten der Kantone

Tunnel-/Stollenbauprojekte	Referenten/Kantonsvertreter
Zugangsstollen Kraftwerk Linth Limmern (GL)	Jakob Marti, GL
NEAT, Sedrun (GR) und Malvaglia (TI)	Beat Calonder, GR
Samnaunertunnel (Engadin)	Martin Seifert, GR
Galgenbuckeltunnel (SH)	Niccolò Gaido, SH
Ruckhaldetunnel, Tunnel Michelau in Bütschwil (SG)	Tensing Gammeter, SG
Eppenbergtunnel der SBB zwischen Kanton AG und SO	David Schönbächler, AG
Materialbewirtschaftung	Referent
Erfahrungen aus der Materialbewirtschaftung	Christoph Bilger, bilger+partner

Anhang 2: Email BAFU vom 27.7.2016 zum zulässigen Anteil Fremdstoffe (Spritzbeton) in Tunnelausbruchmaterial

(Auszug aus dem Email von David Hiltbrunner, BAFU an Elmar Kuhn, AWEL vom 27.7.2016)

Ausgangslage und Fragstellung Kanton ZH ans BAFU:

Mit der Inkraftsetzung der VVEA wurde der Grenzwert für Fremdstoffe in Bauabfällen auf 1% festgelegt. Beim Sprengvortrieb entstehendes Tunnelausbruchmaterial kann bis zu 3% Beton (Spritzbetonrückstände) enthalten. Damit wird der Grenzwert in unverschmutztem Material wohl häufig überschritten. Aus Sicht der Kantone SH und ZH ist eine Ablagerung von solchem Material auf Kiesgruben jedoch verantwortbar, und eine Ablagerung auf Deponietyp B wird aus Umweltsicht nicht als notwendig erachtet (bisherige Praxis). Das BAFU wird zu diesem Punkt um eine Stellungnahme gebeten.

Antwort BAFU:

„Ich möchte die Meinung unserer Sektion zum Punkt B Deiner Anfrage noch etwas präzisieren. Die Zusammensetzung von Ausbruchmaterial aus Tunnelarbeiten und dessen Verunreinigungen sind relativ genau bekannt und natürlich abhängig vom Vortriebsverfahren.

Auf die Stickstoffrückstände möchte ich hier nicht vertieft eingehen. Ammonium und Nitrit werden relativ schnell durch Nitrifikation in Nitrat umgewandelt und sind somit in unseren Augen eher ein untergeordnetes Problem bei Tunnelausbruchmaterial, wenn mit dem Material korrekt umgegangen wird. Dies haben auch Untersuchungen aus dem Bau der NEAT gezeigt.

Der Anteil von Beton im Ausbruchmaterial liegt prozessbedingt meist über 1%, das wurde beim Galgenbuck und bei weiteren Projekten festgestellt. Der Grund dafür ist einerseits der Spritzbetonrückprall, welcher jedoch vor der Sprengung entfernt und somit minimiert werden kann. Andererseits muss die Tunnelbrüst aus Arbeitsschutzgründen ausbetoniert werden. Nach der Sprengung ist dieser Beton mit dem Ausbruchmaterial vermischt und kann nicht mehr 100% getrennt werden.

Da man aber in diesem Fall Herkunft und Zusammensetzung des Fremdanteils im Ausbruchmaterial genau kennt, ist ein Fremdstoffanteil von > 1% bei Tunnelausbruchmaterial zu vertreten. Die heutige Praxis einer Verwertung dieses Materials zur Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen erachten wir – genau wie das AWEL aus Umweltsicht als problemlos. Zudem ist dies die einzige praktikable Möglichkeit, solch grosse Mengen an Ausbruchmaterial zu entsorgen, eine Ablagerung in Deponien ist nur schon aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Als Kontrolle muss ja mittels Stoffflussanalysen nachgewiesen werden, dass der Betoneintrag wirklich minimiert worden ist.

Die Abweichung vom 1% Grenzwert der VVEA gilt jedoch ausschliesslich für Tunnelausbruchmaterial, da hier die Zusammensetzung der Fremdstoffe bekannt ist. Bei Aushubmaterial sieht die Sache anders aus, hier ist die Zusammensetzung viel heterogener. Daher macht es keinen Sinn, die VVEA generell anzupassen resp. den Fremdstoffanteil zu erhöhen.

Das Thema wird zudem auch noch in der Vollzugshilfe behandelt.“

Grundlagen/Anforderungen Tunnelabwasserbehandlung



bilger+partner
Materiallogistik

Hellgasse 3
6460 Altdorf

Tel. +41 (0)41 872 10 30
Fax +41 (0)41 872 10 31

mail@bilger-partner.ch
www.bilger-partner.ch

15. Juni 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Bemerkungen	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Ziel einer Tunnelabwasserbehandlung	3
2	Grundlagen (Randbedingungen/Anforderungen)	4
2.1	Grundlagen für das Konzept	4
2.2	Resultate	5
3	Tunnelabwasserbehandlungskonzept (TAK)	6
3.1	Wasserbehandlungsprozesse	6
3.2	Messkonzept	8
3.3	Risikoanalyse	9
3.4	Entsorgungskonzept	10
3.5	Störfallkonzept	10
3.6	Notfall- Alarmierungskonzept	10
3.7	Schnittstellen	10
4	Anforderungen an Betrieb und Nutzung	12
4.1	Geplante Nutzungsdauer	12
4.2	Allgemeine Anforderungen	12
4.3	Unterhalt und Überwachung der Anlagen	12
4.4	Anlagenanforderungen	12
5	Schutzobjektive und besondere Risiken	13
5.1	Anprall von Baumaschinen	13
5.2	Brand	13
5.3	Kurzschüsse, atmosphärische Einwirkungen	13
5.4	Steinschlag	13
5.5	Witterungsrisiken	13
5.6	Security	13

1 Allgemeine Bemerkungen

1.1 Aufgabenstellung

Das AWEL des Kanton Zürich möchte im Zusammenhang mit dem Bau der 3. Röhre Gubristtunnel grundsätzliche Anforderungen an eine Tunnelabwasserbehandlung festlegen. Im vorliegenden Papier sollen die notwendigen Grundlagen und daraus resultierenden Anforderungen für ein funktionierendes Tunnelabwasserkonzept definiert werden.

1.2 Ziel einer Tunnelabwasserbehandlung

In der Regel hat eine Tunnelabwasserbehandlung folgende Nutzungsziele zu erfüllen:

- Korrekte Annahme und Ableitung des Tunnelabwassers
 - Rechtskonforme Ableitung des Tunnelabwassers
 - Behandlung des Abwassers so dass die Einleitbedingungen erfüllt sind
 - Abscheiden von ungelösten Stoffen (Sand, und Feinstanteile)
 - Abscheiden und automatische Separation von Kohlenwasserstoffen
 - Neutralisation des alkalischen Wassers
 - Reduktion von Störstoffen (Nitrit, AOX etc.) unter den zulässigen Belastungswert (Grenzwert)
 - Rückhalten von Wassereinbrüchen
 - Ableiten des gereinigten Tunnelwassers in Gewässer
 - Max. Wiederverwertung des gereinigten Tunnelwassers im Projekt
 - Entsorgung von Abfällen (Schlamm, Öl etc.) gemäss VVEA

2 Grundlagen (Randbedingungen/Anforderungen)

2.1 Grundlagen für das Konzept

Damit ein funktionierendes Tunnelabwasserkonzept erarbeitet werden kann, müssen folgende Grundlagen vorliegen bzw. Sachverhalte bekannt sein:

- Bauprogramm
 - o Zeitlicher Ablauf der Baustelle
 - o Was passiert wann?
 - Baubeginn
 - Vortriebsstart
 - Ausbauart Tunnel
- Bauabläufe
 - o Wie erfolgt der Vortrieb
 - o Leistungen (Vortriebsleistung, Tunnelausbauleistung etc.)
 - o Prozesswasseranfall (Kühlung, Reinigung etc.)
 - o Ausbruchmethoden (Sprengen – Schrämmen – TBM (Tübbingausbau, Gripper, Druckschild, Flüssiggestützt))
 - o Zeitliche Abfolge Vortrieb – Ausbau (gleichzeitig, hintereinander)
 - o Wie erfolgt die Wasserhaltung im Tunnel (offen, verrohrt)
 - o Beim Bau eingesetzte Erzeugnisse (Beton, Zusatzmittel, Öle, Fette, Abdichtungsmittel, Triebstoffe etc.)
 - o Bauzeiten (einschichtig, zweischichtig, 24 h/7 Tage?)
 - o Sicherheitsmassnahmen
- Geologie
 - o Was für Materialien werden ausgebrochen
 - o Karstsysteme
 - o geogene Verunreinigungen
 - o geologische Verunreinigungen (z.B. Glimmer, AAR, Sulfate, etc.)
- Hydrogeologie
 - o Bergwasseranfall stationär/initial
 - o geogene Verunreinigungen im Wasser
- Platzverhältnisse / örtliche Verhältnisse
 - o Erschliessung der Baustelle
 - o Plätze, Räume
 - o Wasser
 - o Lage der Baustelle (Gebirge, Gewässer, Hanglagen, Gewässerschutzbereiche)
 - o Stromversorgung
 - o Zufahrten
 - o Hindernisse (Hochspannungen, Leitungen, fliessende Gewässer etc.)
 - o Bodenverhältnisse (Grundwasser, Bodenfestigkeit, Umweltschutz etc.)
 - o Nachbarschaft

- Möglichkeiten zur Einleitung
 - o Fließende Gewässer
 - o See
 - o Versickerung
 - o Meteorwasserleitung
 - o Öffentliches Abwassersystem
- Mögliche Störfälle
- Gesetze / Vorschriften
- Spezielle Anforderungen aus GP und AP
 - o Gestaltung
 - o Emissionen
 - o Flächennutzung
 - o etc.
- Diverses
 - o Naturgefahren
 - o Landschaftschutz
 - o etc.

2.2 Resultate

Aus den vorhandenen Grundlagen können nun verschiedene Ausgangspapiere erstellt werden:

- Bauprogramm
- Hydrogeologisches Profil
- Hydrogeologischer Bericht
- Mengenanalyse
- Möglichkeiten für Tunnelabwasserkonzept
 - o Entsorgung
 - o Wiederverwendung im Projekt
 - o Beides
- Situationsplan (Lageplan Wasserbehandlung und Einleitpunkt(e))

3 Tunnelabwasserbehandlungskonzept (TAK)

Im Folgenden werden die Elemente definiert, welche für ein funktionierendes TAK durch die Bauherrschaft und durch den Unternehmer erarbeitet werden müssen.

Da nicht für jedes Tunnelprojekt die Tunnelabwasserbehandlung gleich umgesetzt werden kann, muss in einem ersten Schritt festgelegt werden, was für das jeweilige Projekt der voraussichtliche Rahmen ist, bzw. welche Schritte das Konzept beinhalten muss und wie weit diese relevant sind.

Eine Objektanalyse kann hierbei zielführend sein. Auch ist zu empfehlen mit den zuständigen Behörden das Gespräch zu suchen. Ohnehin ist mit den zuständigen Behörden (Amt für Umwelt, BAFU) bzgl. Nachweis zur Einhaltung der Einleitbedingungen ein für beide Seiten gangbarer Weg zu vereinbaren.

3.1 Wasserbehandlungsprozesse

Auf Grund der vorliegenden Resultate aus den Grundlagen und der Objektanalyse kann nun ein entsprechendes Behandlungskonzept geplant werden. Die Reinigungsprozesse sind entsprechend der verschiedenen möglichen Belastungen zu gestalten und entsprechende Prozesse sind vorzusehen. Die Behandlungsleistung muss selbstverständlich auf den zu erwartenden stationären Wasseranfall ausgelegt werden.

In der Folge sind die möglichen Behandlungsschritte für eine Tunnelabwasserbehandlung aufgelistet:

Minimale Behandlung:

- Abscheiden von Feststoffen
- Sedimentation von ungelösten Stoffen (GUS); anschliessend Schlammbehandlung
- Abscheiden von Kohlenwasserstoffen
- Neutralisation
- Retention von Initialereignissen

Erweiterte Behandlung:

- Nitritoxidation
- AOX-Behandlung
- Kühlung
- Weitere Behandlungen auf Grund möglicher Belastungen

Im nachfolgenden Flussdiagramm sind die klassischen Behandlungs- und Messschritte dargestellt.

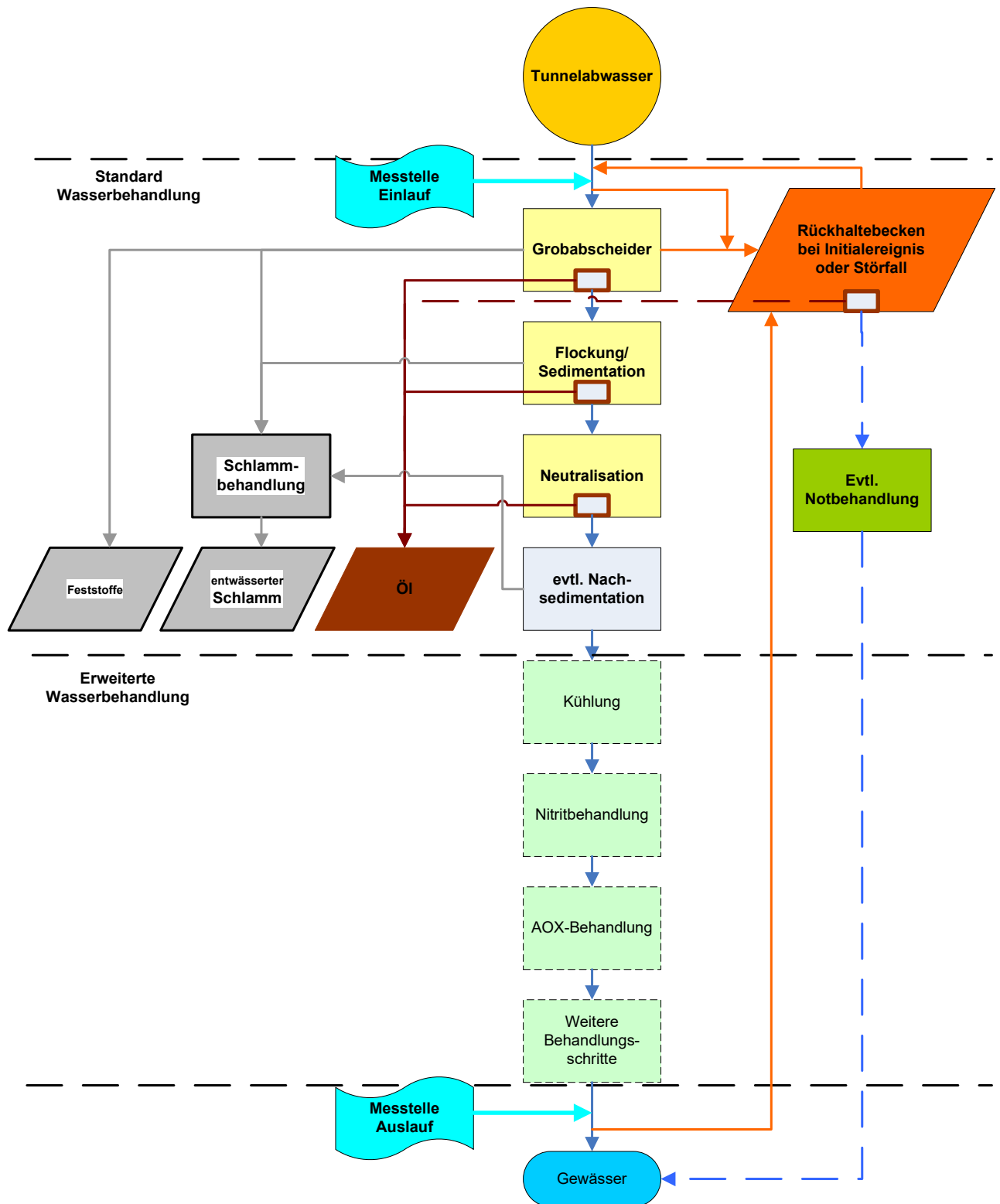


Abb. Flussdiagramm Tunnelabwasserbehandlung

Minimal braucht es Messungen im Zulauf (vor der Wasserbehandlung) und im Auslauf der Wasserbehandlungsanlage für die Beurteilung der Wirksamkeit der Wasserbehandlung. Zusätzliche Messungen dienen allenfalls der Steuerung und Optimierung der Anlage. Die relevanten Werte des gereinigten Prozesswassers müssen in irgendeiner Form protokolliert werden.

In speziellen Fällen kann es Sinn machen, mit einem automatischen Probennehmer zur Beweissicherung regelmässige Rückstellproben zu entnehmen und über eine gewisse Zeit aufzubewahren.

Nachfolgend ein Beispiel eines Messkonzepts:

Messtelle Einlauf

Parameter	Art der Messung	Messbereich	Genauigkeit
Q	kontinuierlich	1 – 20 l/s	+/- 1 l/s
Temperatur T	kontinuierlich	10 – 30 °C	+/- 1.0 °C
pH	kontinuierlich	5.0 – 13.0	+/- 0.1
Trübung	kontinuierlich	0 – 100 TE/F	+/- 5 TE/F
El. Leitfähigkeit	kontinuierlich	0 – 5000 µS/cm	+/- 10 µS/cm

Messtelle Auslauf

Parameter	Art der Messung	Messbereich	Genauigkeit
Q	kontinuierlich	1 – 20 l/s	+/- 1 l/s
pH	kontinuierlich	5.0 – 13.0	+/- 0.1
Trübung	kontinuierlich	0 – 100 TE/F	+/- 5 TE/F
Gesamte ungelöste Stoffe	alle *1000 m ³ (im Labor)	-	-
Kohlenstoffe	alle *1000 m ³ (im Labor)	-	-
Nitrit	alle *1000 m ³ (im Labor)	-	-
AOX	alle *1000 m ³ (im Labor)	-	-

Abb.: Auszug Messkonzept (Beispiel)

3.3 Risikoanalyse

Um mögliche Risiken und Herausforderungen für das TAK zu kennen, ist es notwendig eine Risikoanalyse durchzuführen. Mögliche Zwischenfälle müssen eruiert und gemäss Eintretenswahrscheinlichkeit entsprechende Massnahmen vorbereitet werden. Folgende Risiken sind üblicherweise zu untersuchen:

- Wassereinbruch
- Brand
- Stromausfall

- Anlagenausfall
- etc.

3.4 Entsorgungskonzept

Restmaterialien welche die Anforderungen an unverschmutztes Material nicht erfüllen, müssen gemäss VVEA entsorgt werden.

Mit einem entsprechenden Konzept müssen die voraussichtlich anfallenden Reststoffe deklariert und die dazugehörigen Entsorgungswege formuliert werden. Solche Reststoffe können sein:

- Kohlenwasserstoffe (Öle, Fette etc.)
- Entwässerter Schlamm
- Benutzte Aktivkohle
- Filter
- etc.

3.5 Störfallkonzept

Die aus der Risikoanalyse formulierten Störfälle müssen in einem Störfallkonzept mit konkreten, umsetzbaren Massnahmen behandelt werden. Nachfolgend ein Auszug aus einem Störfallkonzept:

Massgebende Gefahren	Massnahmen/Instrumente	Verantw.	Nachweis
Betriebsunterbruch durch grosse Revisionsarbeiten	- Regelmässige Wartung der relevanten Komponenten - Ersatzsysteme während der Revisionszeit - Koordination - PQM Kap. 3.1 (Verantwortlichkeiten) - PQM Kap. 3.7 (Führungsrhythmus)	Bst-Chef	Checklisten Revisionsplan Protokolle Q-Dok.

Abb.: Auszug Störfallkonzept

3.6 Notfall- Alarmierungskonzept

Bei aller Vorsicht ist ein Zwischenfall nicht auszuschliessen und kann zu einer Verschmutzung führen. In solchen Fällen ist ein Alarmierungskonzept unabdingbar und muss den Personen vor Ort bekannt sein. Es ist sogar zu empfehlen, das Notfall- Alarmierungskonzept regelmässig auf die Wirksamkeit zu überprüfen. Ein Notfall- Alarmierungskonzept beinhalten in der Regel die folgenden Punkte:

- Alarmierung (Stellen, Telefonnummern, Rangliste)
- Massnahmen (Eindämmung, Hilfsmittel etc.)
- Weitere?

3.7 Schnittstellen

Es ist festzulegen wo die Schnittstellen für das TAK sind und wie Sie definiert werden können.

Mögliche Schnittstellen:

- Schnittstellen zum Tunnelbauer
 - Mengen
 - Mögliche Belastungen
 - Alarmierung bei Störfällen

- Schnittstellen zum öffentlichen Gewässer
 - Mengen
 - Grenzwerte
 - Alarmierung bei Störfällen

4 Anforderungen an Betrieb und Nutzung

In der Folge werden grundsätzliche Anforderungen definiert, welche in der Regel an den Betrieb und die Nutzung eines TAK gestellt werden sollten. Diese Anforderungen können jedoch auch durch spezifische Anforderungen, welche durch das Projekt verursacht werden, ergänzt werden.

4.1 Geplante Nutzungsdauer

Für die Auslegung und Planung der Tunnelabwasserbehandlung ist entsprechend der Projektanforderungen die voraussichtliche Betriebsdauer zu definieren bzw. die Dauerhaftigkeit der Anlage an die Nutzungsdauer anzupassen.

4.2 Allgemeine Anforderungen

Neben den eigentlichen Anforderungen bzgl. Wasserbehandlung können noch weitere Anforderungen an den Betrieb und die Anlagen notwendig sein, wie z.B.:

- Die Anlagen müssen wintertauchlich bis -5°C noch betrieben werden können.
- Lärm- und Staubemissionen:
 - o Die Anforderungen an Maschinen und Geräte sowie Transportfahrzeuge müssen sich an der Massnahmenstufe B gemäss Baulärmrichtlinie (BUWAL, Juni 2006) orientieren.
 - o Staubemissionen werden auf ein Minimum reduziert und richten sich nach BUWAL Richtlinie „Luftreinhaltung auf Baustellen“ vom Januar 2009.
- Die Anlagekapazitäten sind so auszulegen, dass ein Unterbruch von 24 h keine Auswirkungen auf den Projektfortschritt hat.
- Sämtliche Anlagen müssen nach den gültigen Gesetzen und Vorschriften (Maschinenrichtlinie, SUVA, EKAS, KIGA etc. geplant und gebaut werden.
- Alle Anlagenteile müssen eingehaust (isoliert) sein.

4.3 Unterhalt und Überwachung der Anlagen

Im Pflichtenheft des Betreibers ist ein sorgfältiger Unterhalt der Anlagen zu beschreiben und die Überwachung der Anlagen während der Betriebszeiten sicherzustellen. Ausserhalb der Betriebszeiten ist das Gelände abzusperren. Im Notfall muss das Personal des Betreibers über einen Piktettdienst erreicht werden können.

Das verantwortliche Betriebspersonal muss über entsprechende Fähigkeiten für den Betrieb einer Wasserbehandlung verfügen. Eine vom Betreiber bestimmte Fachperson ist als verantwortliche Ansprechperson für die Kommunikation an den Schnittstellen jederzeit ansprechbar.

4.4 Anlagenanforderungen

Aus den Grundlagen ergibt sich eine minimale Dimensionierung einer Wasserbehandlungsanlage. Der Bauherr kann diese Auslegung auf Grund ausserordentlicher Auswirkungen auf die Umwelt durch weitere Vorgaben erweitern:

- Reserven
- Redundanz
- Sicherheit

5 Schutzobjektive und besondere Risiken

5.1 Anprall von Baumaschinen

Die Anlagen und im speziellen die Tragstrukturen der Wasserbehandlungsanlagen müssen vom zufälligen Anprall von Fahrzeugen durch z.B. geeignete Blöcke und Schranken geschützt werden.

5.2 Brand

Die Anlage der Wasserbehandlung (Flockungsmittelstation, Pumpenraum etc.) sowie empfindliche elektro-mechanische Anlagen müssen durch geeignete Dispositionen und Massnahmen gegen Brand geschützt werden. Hierzu wird auf die entsprechenden Brandschutzgesetze verwiesen.

5.3 Kurzschüsse, atmosphärische Einwirkungen

Grössere Stahlstrukturen und Steuerungen sind auf atmosphärische Einflüsse sehr empfindlich. Sie sind dementsprechend nach den Richtlinien und Anweisungen des eidgenössischen Starkstrominspektorates auszulegen und zu erden.

5.4 Steinschlag

Das zufällige herunterfallen von Steinen oder Gesteinskörnungen auf Personen oder Fahrzeuge ist mit physikalischen Schutz- und Überwachungsmassnahmen zu vermeiden (Überfüllsonden bei Silos, Überkopfschutz bei Transportbändern).

5.5 Witterungsrisiken

Die Risiken der tiefen Temperaturen (Winterbetrieb) beim Behandeln und Pumpen sind gebührend zu berücksichtigen.

5.6 Security

Das unberechtigte Eindringen von Personen in das Areal und vor allem in Behandlungs- und Steuerungsanlagen sollte durch Einzäunung, Videoüberwachung und zweckmässiges Abschliesen vermieden werden.

Materialbewirtschaftungskonzept Tunnelausbruch



bilger+partner
Materiallogistik

Hellgasse 3
6460 Altdorf

Tel. +41 (0)41 872 10 30
Fax +41 (0)41 872 10 31

mail@bilger-partner.ch
www.bilger-partner.ch

16. Juni 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Bemerkungen	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Ziel einer Materialbewirtschaftung	3
1.3	Gewichtung der Materialbewirtschaftung	3
2	Grundlagen (Randbedingungen/Anforderungen)	4
2.1	Grundlagen für das Konzept	4
2.2	Resultate	6
3	Materialbewirtschaftungskonzept [MBK]	7
3.1	Gestaltung des MBK	8
3.2	Grundsätze für die Gestaltung eines MBK	8
3.3	Vorgaben an Tunnelbau (Vortrieb)	8
3.4	Schnittstellen	9
3.5	Technische Installationen (siehe Schema 17.239.601)	9
3.5.1	Materialtransport ab Tunnelausbruch	9
3.5.2	Triagierung / Zwischenlagerung	10
3.5.3	Interne Transporte	11
3.5.4	Be-/Verarbeitung auf der Baustelle	11
3.5.5	Ab-/Weitertransport	12
3.5.6	Weiterverwendung / Ablagerung	12
4	Anforderungen an Betrieb und Nutzung	14
4.1	Geplante Nutzungsdauer	14
4.2	Allgemeine Anforderungen	14
4.3	Qualitäten	14
4.4	Unterhalt und Überwachung der Anlagen	14
4.5	Anlagenanforderungen	15
4.6	Entsorgung von Abfällen	15
5	Schutzobjektive und besondere Risiken	15
5.1	Anprall von Baumaschinen	15
5.2	Brand	15
5.3	Kurzschüsse, atmosphärische Einwirkungen	15
5.4	Steinschlag	16
5.5	Witterungsrisiken	16
5.6	Security	16

1 Allgemeine Bemerkungen

1.1 Aufgabenstellung

Das AWEL des Kanton Zürich möchte als Grundlage für zukünftige Tunnelprojekte und im Rahmen der neuen VVEA ein abstraktes Materialbewirtschaftungskonzept erarbeiten bzw. vorgeben.

Das vorliegende Papier soll aufzeigen, wie für ein Tunnelprojekt ein Materialbewirtschaftungskonzept erarbeitet werden kann. Einerseits sollen die wichtigsten Grundlagen formuliert werden, welche vorliegen müssen, um daraus die Anforderungen an eine MBK definieren zu können. Andererseits soll mittels eines abstrakten MBK aufgezeigt werden, was ein MBK beinhaltet bzw. wie ein MBK ausgestaltet werden kann und welche Bereiche in der Regel über ein MBK behandelt werden müssen.

1.2 Ziel einer Materialbewirtschaftung

In der Regel hat ein Materialbewirtschaftungskonzept folgende Nutzungssziele zu erfüllen:

- Störungsfreie Abwicklung der Materialströme in Bezug auf das Ausbruchmaterial.
 - o Abnahme der Ausbruchmaterialien an definierten Übergabestellen
 - o Zwischenlagerung und Triagierung von Ausbruchmaterial.
 - o Max. Wiederverwertung des Ausbruchmaterials im Projekt.
 - o Abtransport von überschüssigen Materialien gemäss VVEA.
- Versorgung der Baustelle mit aufbereiteten Ausbruchmaterial
 - o Aufbereiten von Ausbruchmaterial in entsprechende Aufbereitungsanlagen zu Produkten nach Norm.
 - o Zwischenlagerung von aufbereiteten Produkten.
 - o Abgabe von aufbereiteten Produkten an definierten Übergabestellen in vereinbarter Qualität.

1.3 Gewichtung der Materialbewirtschaftung

Die Materialbewirtschaftung für ein Tunnelprojekt ist in den meisten Fällen ein Schlüsselobjekt für Planung und Ausführung und ist bzgl. Kosten nicht zu unterschätzen (in der Regel 10 – 15 % der Baukosten). Es ist deshalb angezeigt, der Materialbewirtschaftung die gebührende Aufmerksamkeit zu geben und keinesfalls als Nebenbereich abzutun. Vielmehr muss die Materialbewirtschaftung rechtzeitig in Angriff genommen werden, damit diese beim Start des Tunnelvortriebs zu 100% eingerichtet, getestet und funktionsbereit ist.

2 Grundlagen (Randbedingungen/Anforderungen)

2.1 Grundlagen für das Konzept

Damit ein plausibles MBK erarbeitet werden kann, müssen folgende Grundlagen vorliegen bzw. Sachverhalte bekannt sein:

- Bauprogramm
 - o Zeitlicher Ablauf der Baustelle
 - o Was passiert wann?
 - Baubeginn
 - Vortriebsstart
 - Ausbauart Tunnel (Bedarf an Produkten: Zuschlagstoffe für Betonherstellung, ungebundene Gemische für Fundierungen, Auffüllmaterialien für Geländegestaltungen, Kiese und Kiesgemische etc.)
- Bauabläufe
 - o Wie erfolgt der Vortrieb
 - o Leistungen (Vortriebsleistung, Tunnelausbauleistung etc.)
 - o Ausbruchmethoden (Sprengen – Schrämmen – TBM)
 - o Anthropogene Verschmutzung
 - o Zeitliche Abfolge Vortrieb – Ausbau (gleichzeitig, hintereinander)
 - o Bauzeiten (einschichtig, zweischichtig, 24 h/7 Tage?)
 - o Wie erfolgt die Schutterung (Förderband – Schiene – Rad – gepumpt)
 - o Wassergehalt Rohmaterial (fest – flüssig)
 - o Sicherheitsmassnahmen
- Bauwerke
 - o Ausbruchmengen
 - o Wie sieht der Tunnelausbau aus (Mengen, Qualitäten)
 - o Was für zusätzliche Bauwerke werden erstellt (Zentralen, Nischen, Querschläge Rampen etc.) (Mengen, Qualitäten)
 - o Was für Materialien/Baustoffe werden benötigt
 - Beton, Spritzbeton
 - Mischkiese
 - Ungebundene Gemische
 - Schüttmaterialien ohne Anforderungen
- Geologie
 - o Was für Materialien werden ausgebrochen (geologische Eigenschaften)
 - Petrographie
 - Kornform, max. Korngrösse
 - Kornverteilung
 - o Anzahl Materialklassen/Mengen/zeitlicher Anfall
Materialklassen: (oft angewandtes Bezeichnungskonzept)

- MKL1: geeignet als Rohstoff für die Steine- und Erdenindustrie (z.B. Zement, Klinker oder Hartschotterproduktion)
 - MKL2: geeignet als Gesteinskörnungen (früher Betonzuschlagstoff) oder für anspruchsvolle Schüttungen
 - MKL3: geeignet für anspruchslose Schüttungen, für Hinterfüllungen oder Auffüllungen
 - MKL4: nicht verwertbar (zu deponieren)
 - geogene Verunreinigungen
 - geologische Verunreinigungen (z.B. Glimmer, AAR, Sulfate, etc.)
 - Wasser (Wassergehalt Rohmaterial)
- Platzverhältnisse / örtliche Verhältnisse
 - Erschliessung der Baustelle
 - Plätze, Räume
 - Lage der Baustelle (Gebirge, Gewässer, Hanglagen, Gewässerschutzzonen)
 - Stromversorgung
 - Zufahrten
 - Hindernisse (Hochspannungen, Leitungen, fliessende Gewässer etc.)
 - Bodenverhältnisse (Grundwasser, Bodenfestigkeit, Umweltschutz etc.)
 - Nachbarschaft
- Transportmöglichkeiten
 - Strassen im Raum
 - Bahn
 - Förderbänder
 - Gewässer
- Wohin kann überschüssiges Material verbracht werden
 - definitiv/temporär
 - Deponien
 - Externe Aufbereitungsanlagen
 - Andere Projekte
 - Auffüllungen
- Gesetze / Vorschriften
- Spezielle Anforderungen aus GP und AP
 - Gestaltung
 - Emissionen
 - Flächennutzung
 - etc.
- Diverses
 - Naturgefahren
 - Landschaftschutz
 - etc.

2.2 Resultate

Aus den vorhandenen Grundlagen können nun verschiedene Ausgangspapiere erstellt werden:

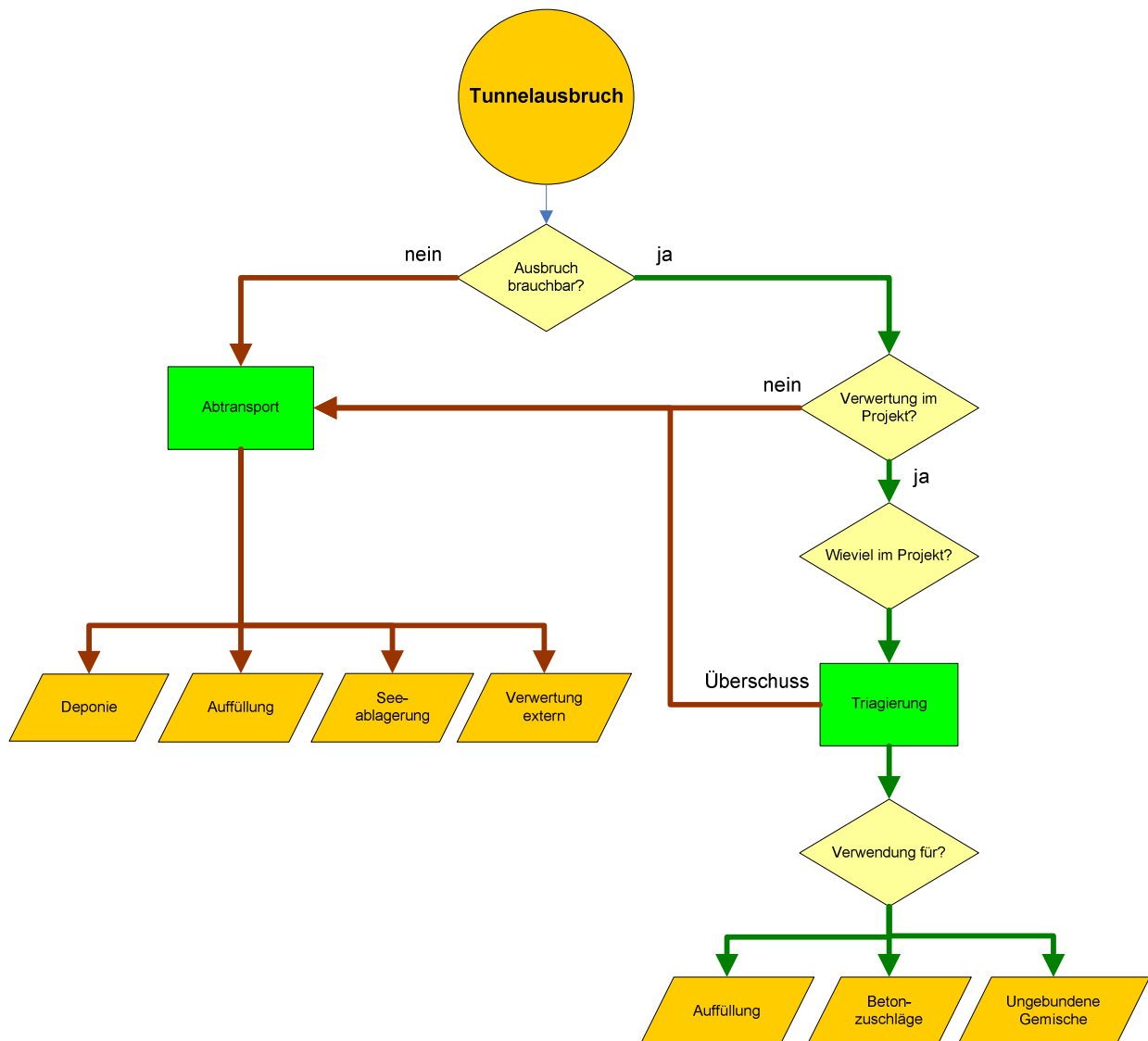
- Bauprogramm
- Geologisches Profil
- Mengenanalyse
 - o Wiederverwendung im Projekt (Deckungsgrad)
 - o Bedarf an Platz für Zwischenlagerung
- Möglichkeiten für MBK
 - o Entsorgung
 - o Wiederverwendung im Projekt
 - o Beides
- Vorhandene Infrastrukturen (Kieswerke, Bahnanschluss, Kiesgruben etc.)
- Möglichkeiten für Verwertung
 - o Seeschüttung
 - o Auffüllung Geländesenken
- Verwendungsmöglichkeiten im Projekt
 - o Normen
 - o Qualität (AAR, Glimmer etc.)
 - o Kornform
 - o Petrographie
 - o Anlagenleistungen
 - o Verfahrenstechnik

3 Materialbewirtschaftungskonzept [MBK]

Im Folgenden wird definiert, was für ein funktionierendes MBK durch die Bauherrschaft und durch den Unternehmer erarbeitet werden muss.

Da nicht für jedes Tunnelprojekt das Materialbewirtschaftungskonzept gleich umgesetzt werden kann, muss in einem ersten Schritt festgelegt werden, was für das jeweilige Projekt der voraussichtliche Rahmen der Materialbewirtschaftung ist, bzw. welche Schritte das Konzept beinhaltet.

Um dies grundsätzlich festzulegen, kann mittels des nachfolgenden Entscheidungsbaums der grundsätzliche Rahmen festgelegt werden.



Es muss dabei festgehalten werden, dass es für das ideale Materialbewirtschaftungskonzept kein absolutes richtig oder falsch gibt. Es ist vielmehr eine Abwägung aus verschiedenen Interessen die schlussendlich zu einem korrekten MBK führen. Die verschiedenen Interessen setzen sich in der Regel wie folgt zusammen:

- Politische Interessen
- Wirtschaftliche Interessen
- Kosten
- Weitere?

Über allem steht der gesetzliche Rahmen, welchen es in Abwägung aller Interessen einzuhalten gilt. In der Regel empfiehlt es sich mehrere Lösungen für ein Materialbewirtschaftungskonzept zu prüfen.

3.1 Gestaltung des MBK

Man kann das MBK in mehrere Abschnitte unterteilen, welche je nach Umfang und Anforderungen entsprechende Tätigkeiten beinhalten können. Wie umfangreich die jeweiligen Abschnitte sind, hängt grundsätzlich von den unter Pkt. 2 beschriebenen Resultaten ab.

Im beiliegenden Schema (Zeichnung Nr. 17.239.601) werden die verschiedenen Abschnitte und die unterschiedlichen Möglichkeiten dargestellt (nicht abschliessend). In der Folge wird nun ein abstraktes MBK formuliert bzw. dargelegt, was es zu beachten gilt und was definiert werden muss.

3.2 Grundsätze für die Gestaltung eines MBK

Neben den projektspezifischen Anforderungen an ein Materialbewirtschaftungskonzept gibt es allgemeine Grundsätze, welche es wenn immer möglich anzuwenden gilt:

- Material direkt zum Endbestimmungsort
- Korngrösse bereits beim Start der Logistikkette auf optimale Grösse konfektionieren
- Schnittstellen zwischen losen klar und einfach gestalten
- Maximale Wiederverwertung des Ausbruchmaterials
- Minimale Umweltauswirkungen
- Günstige Voraussetzungen schaffen für die Aufbereitung von Zuschlagstoffen
- Materialtransporte möglichst per Bahn oder Förderband
- Pneubetrieb ist auf das Notwendigste zu beschränken

3.3 Vorgaben an Tunnelbau (Vortrieb)

Damit ein MBK optimal funktionieren kann, muss an der Schnittstelle zum Tunnelbau das eine und andere klar rechtzeitig definiert und festgelegt werden, damit von Anfang an das MBK richtig ausgelegt und dimensioniert werden kann. In einzelnen Fällen müssen die folgenden Punkte dem Tunnelbau zwingend vorgegeben werden:

- Leistungen (Vortriebsleistung, Transportleistung, Ausbauleistungen etc.)
- Korngrösse
- Sauberkeit
- Mögliche Verunreinigungen
- Trennung von Materialklassen
- Bezeichnungsweise der verschiedenen Materialklassen
- Kommunikation

3.4 Schnittstellen

Neben der Schnittstelle zum Tunnelbau gilt es noch weitere Schnittstellen die zu betrachten und zu definieren sind:

Mögliche Schnittstellen die zu koordinieren sind:

- Schnittstellen zur Betonproduktion bzw. zu den Betonanlagen
 - Ausrüstung Betonanlage
 - Leistungen
 - Fertiggemische oder Einzelkomponenten
- Schnittstellen zu Deponien und Ablagerungsorten
 - Tagesmengen
 - Kapazitäten
 - Qualitäten
- Schnittstellen zu Transporteuren
 - Transportzeiten
 - Kapazitäten
 - Fahrplan
- Daten bei Schnittstellen
 - Zielort / Datum / Zeit / Fahrzeug-Nr.
 - Ladegewicht
 - Materialqualitäten

3.5 Technische Installationen (siehe Schema 17.239.601)

Ein Materialbewirtschaftungskonzept kann eine Vielzahl von technischen Installationen beinhalten, kann aber auch aus einem einzelnen Pneulader bestehen, welcher das Ausbruchmaterial auf einen LKW aufladet und durch diesen zum Ablagerungsort transportiert wird.

Welche Installationen in den einzelnen Bereichen des MBK benötigt werden, hängt von verschiedenen Kriterien ab. In der Folge werden die wichtigsten technischen Installationen und die dazugehörigen Kriterien jeweils pro Bereich behandelt:

3.5.1 Materialtransport ab Tunnelausbruch

Der Materialtransport ab Vortrieb kann mittels verschiedener Transportmittel erfolgen:

- Förderband
- Schienentransport
- Transport auf Pneu (Dumper, LKW)
- Pumpleitung

Welches Transportmittel zum Einsatz kommt wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Tunnelquerschnitt
- Ausbruchleistung
- Tunnellänge
- Vortriebsart
- Materialeigenschaften (Wassergehalt, Korngrösse)

Es kann sein, dass bereits im Tunnel ein erster Behandlungsschritt vorgenommen werden muss, damit ein spezifisches Transportmittel eingesetzt werden kann (z.B. Vorbrechen von Ausbruchmaterial für Förderbandtransport).

3.5.2 Triagierung / Zwischenlagerung

Das Ausbruchmaterial kann oft nicht unmittelbar weiterverarbeitet oder abtransportiert werden. Auch wird in der Regel nicht nur eine Materialklasse ausgebrochen, sondern der Tunnel durchfährt verschiedene Materialklassen. Entsprechend muss das Ausbruchmaterial triagiert und zwischengelagert werden. Für die Zwischenlagerung gibt es folgende Möglichkeiten:

- Silos
- Boxen
- Offene Halden
- Becken

Welche Art der Zwischenlagerung bzw. Triagierung die Richtige ist wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Transportart aus dem Tunnel
- Anzahl Materialklassen
- Vorhandene Flächen
- Bauablauf
- Benötigtes Lagervolumen
- Nachfolgende Verarbeitung/Transportart
- Materialeigenschaften (Wassergehalt, Korngrösse)

Die Zwischenlagerung kann sowohl für das Rohmaterial aber auch für bereits aufbereitete Materialien ein Thema sein, d.h. nach der Bearbeitung kann es nochmals Zwischenlager benötigen.

3.5.3 Interne Transporte

Die Materialbewirtschaftungsanlagen bestehen in der Regel aus verschiedenen Bereichen innerhalb welcher das Material transportiert werden muss. Diese Transporte können auf verschiedene Arten erfolgen:

- Förderbänder
- Pneulader
- Dumper
- etc.

Welche Transportmittel zum Einsatz kommen, wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Lagerungsart
- Transportdistanzen
- Gelände
- Transportmengen
- Kapazitäten
- Nachfolgende Verarbeitung/Transportart
- Materialeigenschaften (Wassergehalt, Korngrösse)

Oftmals ist der interne Transport eine Kombination aus den verschiedenen Transportmitteln.

3.5.4 Be-/Verarbeitung auf der Baustelle

Die Be-/Verarbeitung auf der Baustelle kann in ihrer Komplexität sehr unterschiedlich sein:

- Vorbrecher
- Aufbereitungsanlagen (verschiedene Verfahrenstechniken)
 - Nassaufbereitung (Waschen von Materialien) inkl. Wasseraufbereitung
 - Trockenaufbereitung
- Entwässerungsanlage
- etc.

Welche Aufbereitungsanlagen zum Einsatz kommen, wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Geologie (Verwertbarkeit, Petrographie, Kornform)
- Aufbereitungsmengen
- Bedarf an aufbereitetem Materialien
- Kapazitäten

- Vorhandene Flächen
- Nachfolgende Weiterverwendung
- Nachfolgende Transportmittel
- Materialeigenschaften (Wassergehalt, Korngrösse, Kornspektrum)

Auch bei der Be-/Verarbeitung ist es oftmals eine Kombination von verschiedenen Aufbereitungstechniken.

3.5.5 Ab-/Weitertransport

Der Ab-/Weitertransport findet oft in andere Räume statt, d.h. ausserhalb der Baustelle. Entsprechen müssen diese Transportmittel über das öffentliche Verkehrsnetz erfolgen. Da aber auch innerhalb des Projektes Material verwendet werden kann, können für den Ab-/Weitertransport wieder die internen Transportmittel verwendet werden. Zum Ab-/Weitertransport gehören auch entsprechende Verladeeinrichtungen. Nachfolgend mögliche Transportmittel für den Ab-/Weitertransport :

- Förderbänder
- Bahn
- LKW
- Schiff

Welche Transportmittel für den Ab-/Weitertransport zum Einsatz kommen, wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Ziel
- Transportdistanzen
- Gelände
- Transportmengen
- Kapazitäten
- Vorhandene Infrastrukturen (Bahngleise, Strassen)
- Nachfolgende Weiterverarbeitung / Ablagerung
- Materialeigenschaften (Wassergehalt, Korngrösse)

3.5.6 Weiterverwendung / Ablagerung

Das MBK wird abgeschlossen durch die Weiterverwendung oder Ablagerung des Ausbruchmaterials. Nachfolgend die verschiedenen Möglichkeiten:

- Wiederverwendung im Tunnelprojekt
- Aufbereitung extern

- Auffüllung (Geländegestaltung, Auffüllung Kiesgrube etc.)
- Ablagerung im See
- Ablagerung in Deponie

Welche Art der Weiterverwendung/Ablagerung erfolgt, wird durch folgende Parameter beeinflusst:

- Geologie (Verwertbarkeit, Petrographie, Kornform)
- Materialklasse
- Mengen
- Kapazitäten
- Distanzen
- Verschmutzung
- Materialeigenschaften (Wassergehalt, Korngrösse, Kornspektrum)

Meistens gibt es mehrere Zielorte in einem Materialbewirtschaftungskonzept.

4 Anforderungen an Betrieb und Nutzung

In der Folge werden grundsätzliche Anforderungen definiert, welche in der Regel an den Betrieb und die Nutzung eines MBK gestellt werden sollten. Diese Anforderungen können jedoch auch durch spezifische Anforderungen, welche durch das Projekt verursacht werden, ergänzt werden.

4.1 Geplante Nutzungsdauer

Für die Auslegung und Planung der Materialbewirtschaftung ist entsprechend der Projektanforderungen die voraussichtliche Betriebsdauer zu definieren bzw. die Dauerhaftigkeit der Anlage an die Nutzungsdauer anzupassen.

4.2 Allgemeine Anforderungen

Neben den eigentlichen Anforderungen bzgl. Materialbewirtschaftung können noch weitere Anforderungen an den Betrieb und die Anlagen notwendig sein, wie z.B.:

- Die Anlagen müssen wintertauglich bis -5°C noch betrieben werden können.
- Lärm- und Staubemissionen:
 - o Die Anforderungen an Maschinen und Geräte sowie Transportfahrzeuge müssen sich an der Massnahmenstufe B gemäss Baulärmrichtlinie (BUWAL, Juni 2006) orientieren.
 - o Staubemissionen werden auf ein Minimum reduziert und richten sich nach BUWAL Richtlinie „Luftreinhaltung auf Baustellen“ vom Januar 2009.
- Die Anlagekapazitäten sind so auszulegen, dass ein längerer Unterbruch keine Auswirkungen auf den Projektfortschritt hat.
- Sämtliche Anlagen müssen gemäss den gültigen Gesetzen und Vorschriften (Maschinenrichtlinie, SUVA, EKAS, KIGA etc.) geplant und gebaut werden.
- Alle Anlagenteile müssen eingehaust (isoliert) sein.

4.3 Qualitäten

Die durch das MBK produzierten Komponenten/Produkte für die Wiederverwendung im Projekt müssen alle Anforderungen nach den gültigen Normen SN EN erfüllen können. Mit einem entsprechenden Prüfplan muss dies nachgewiesen werden.

Auch für die Ablagerung sind entsprechende Qualitäten bzw. Grenzwerte bei Belastungen gemäss VVEA einzuhalten. Ein entsprechender Prüfplan gilt es auch hier als Nachweis umzusetzen.

4.4 Unterhalt und Überwachung der Anlagen

Im Pflichtenheft des Betreibers ist eine sorgfältige Überwachung der Anlagen während der Arbeitszeiten vorzuschreiben. Ausserhalb der Arbeitszeiten ist das Gelände abzusperren. Im Notfall muss das Personal des Betreibers über einen Pikettdienst erreicht werden können.

Das verantwortliche Betriebspersonal muss über entsprechende Fähigkeiten für den Betrieb einer Materialbewirtschaftung verfügen. Eine vom Betreiber bestimmte Fachperson muss als ver-

antwortliche Ansprechperson für die Kommunikation an den Schnittstellen jederzeit ansprechbar sein.

4.5 Anlagenanforderungen

Aus den Grundlagen ergibt sich eine minimale Dimensionierung der Materialbewirtschaftungsanlagen. Der Bauherr kann diese Auslegung auf Grund ausserordentlicher Auswirkungen auf das Bauprojekt (Verzögerungen Bauprogramm, Stillstandskosten, Vortriebsunterbruch etc.) durch weitere Vorgaben erweitern:

- Reserven
- Redundanz
- Sicherheit

4.6 Entsorgung von Abfällen

In einem Tunnelprojekt können durch Bauabläufe und Anwendung von Hilfsmitteln anthropogene Verunreinigungen entstehen. Einerseits bei der Ablagerung aber auch bei der Verwertung kann es entsprechend zu Belastungen kommen, welche entsprechende Kosten und auch Umstände zur Folge haben. Diese gilt es wenn immer möglich zu verhindern. Bei der Aufbereitung müssen entsprechende Massnahmen zur Behandlung der Schlämme vorgesehen werden:

- Nitrit-Nitrat-Umwandlung
- pH-Regulierung

5 Schutzobjektive und besondere Risiken

5.1 Anprall von Baumaschinen

Die Tragstrukturen der Produktionsanlagen, Silos und Transportbänder müssen vom zufälligen Anprall von Fahrzeugen durch Massnahmen geschützt werden.

5.2 Brand

Die Tragstrukturen der Produktionsanlagen, Silos, Transportbänder sowie empfindliche elektromechanische Anlagen müssen durch geeignete Dispositionen und Massnahmen gegen Brand geschützt werden. Hierzu wird auf die entsprechenden Brandschutzgesetze verwiesen.

5.3 Kurzschüsse, atmosphärische Einwirkungen

Grössere Stahlstrukturen und Steuerungen sind auf atmosphärische Einflüsse sehr empfindlich. Sie sind dementsprechend nach den Richtlinien und Anweisungen des eidgenössischen Starkstrominspektorates auszulegen und zu erden.

5.4 Steinschlag

Das zufällige herunterfallen von Steinen oder Gesteinskörnungen auf Personen oder Fahrzeuge ist mit physikalischen Schutz- und Überwachungsmassnahmen zu vermeiden (Überfüllsonden bei Silos, Überkopfschutz bei Transportbändern).

5.5 Witterungsrisiken

Die Risiken der tiefen Temperaturen (Winterbetrieb) beim Transport, Umschlag, Zwischenlagern und Aufbereiten von Gesteinskörnungen, Zement und Beton sind gebührend zu berücksichtigen.

5.6 Security

Das unberechtigte Eindringen von Personen in das Areal und vor allem in die Silo- und Produktionsanlagen muss durch Einzäunung, Videoüberwachung und zweckmässiges Abschliessen vermieden werden.

Sprengstoffe bzgl. ihrer Explosionsrückstände im Ausbruchmaterial



bilger+partner
Materiallogistik

Hellgasse 3
6460 Altdorf

Tel. +41 (0)41 872 10 30
Fax +41 (0)41 872 10 31

mail@bilger-partner.ch
www.bilger-partner.ch

14. Juli 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Bemerkungen	3
1.1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen	3
2.1	Unterschiede	4
2.2	Vorteile/Nachteile	5
2.2.1	Effizienz	6
2.2.2	Anwendung	6
2.2.3	Sicherheit	7
2.2.4	Explosionsrückstände	7
2.3	Kosten	8
3	Fazit	9
4	Massnahmen	9

1 Allgemeine Bemerkungen

1.1 Aufgabenstellung

Die 3. Röhre Gubristtunnel wird im Sprengvortrieb erstellt. Hierbei stellt sich grundsätzlich die Frage, wie die Explosionsrückstände auf ein Minimum reduziert und entsprechend die Grenzwerte Ammonium/Nitrit/Nitrat soweit eingehalten werden, dass die Ausbruchsmaterialien auf Deponien für unverschmutztes Material verbracht werden können. Das AWEL des Kantons Zürich möchte in diesem Zusammenhang wissen, welche Kostenunterschiede bei den unterschiedlichen Sprengverfahren anfallen. Im vorliegenden Papier sollen die notwendigen Grundlagen und daraus resultierenden Erkenntnisse dargelegt werden.

2 Grundlagen

Beim Sprengen Untertage können grundsätzlich zwei Sprengverfahren zur Anwendung kommen:

- Patroniertes Sprengen, z.B. Tovex Se:



Abb. 1: patronierter Sprengstoff

- Sprengen mit Emulsionssprengstoffen z.B. Emulga:

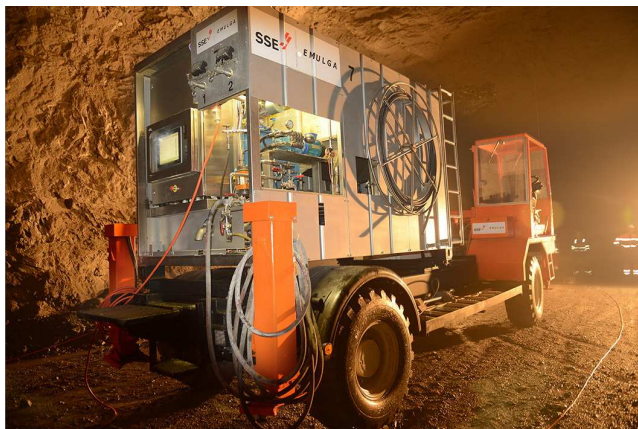


Abb. 2: Emulsionssprengstoff

2.1 Unterschiede

	Patr. Sprengstoff Tovex Se	Emulsionssprengstoff Emulga
Zusammensetzung*	• Methylammoniumnitrat-Lösung (PRM) • Ammoniumnitrate (~30%) • Natriumnitrat, Glasperlen, Geliermittel, Tracer (WP) • Aluminium • Perlit	• Salzlösung-Öl Emulsion (Matrix) • Ammoniumnitrat, Natriumnitrat (~70%) ◦ Natriumthiocyanat ◦ Mineralöl, Emulgatoren • Reaktiv 1 (40% Essigsäure) • Reaktiv 2 (Natriumnitrit-Lsg)
Anwendung	Die einzelnen Patronen werden händisch vom Mineur ins Bohrloch eingebracht und mit einem Ladestock nachgeschoben.	Emulsion (Matrix, Reaktiv 1 und Reaktiv 2) wird auf Fahrzeug gemischt und ab Fahrzeug mit Schlauch ins Bohrloch gepumpt. Der Schlauch wird vom Mineur ins Bohrloch geschoben und beim Füllvorgang wird der Schlauch selbständig wieder nach draussen gedrückt.
Explosionsrückstände**	• Sprengschwade ◦ Kohlenstoffdioxid (CO₂) ◦ Kohlenstoffmonoxid (CO) ◦ Stickstoffdioxid (NO₂) ◦ Stickstoffmonoxid (NO) ◦ Nitrit ◦ Weiter Schadstoffe (untergeordnet) • Nicht detonierter Sprengstoff	• Sprengschwade ◦ Kohlenstoffdioxid (CO₂) ◦ Kohlenstoffmonoxid (CO) ◦ Stickstoffdioxid (NO₂) ◦ Stickstoffmonoxid (NO) ◦ Nitrit ◦ Weiter Schadstoffe (untergeordnet) • Nicht detonierter Sprengstoff
Sicherheit	Patronierter Sprengstoffe ist ab Herstellung im Werk fertiger detonationsfähiger Sprengstoff und muss entsprechend behandelt werden. Es gelten bzgl. Handhabung, Transport und Lagerung das Sprengstoffgesetz, SprstG.	Emulsionssprengstoff wird erst durch den Mischvorgang im Bohrloch zu detonationsfähigem Sprengstoff und ist entsprechend bis zu diesem Zeitpunkt ungefährlich.
Transport	Wird in Kartons à 25 kg auf LKW als Gefahrenklasse 1 transportiert.	Wird in Transportbehälter (Normcontainer zu max. 1'400 kg) als Emulsion auf LKW als Gefahrenklasse 5 transportiert.

Tab. 1: Unterschiede patronierter Sprengstoff und Emulsionssprengstoff

* abhängig vom Lieferant, obenstehende Daten von SSE

** Im Rahmen der Sprengarbeiten für den Gotthardbasistunnel wurden bzgl. der Explosionsrückstände im Material Versuche durchgeführt, um festzustellen, welche Sprengverfahren bzgl. der Rückstände in Bezug auf die Einhaltung der Grenzwerte am unproblematischsten sind. Die Resultate haben gezeigt, dass bei korrekter Handhabung die Belastungen beim patroniertem Sprengen und beim Sprengen mit Emulsion nicht wesentliche auseinanderliegen bzw. unter dem Grenzwert.

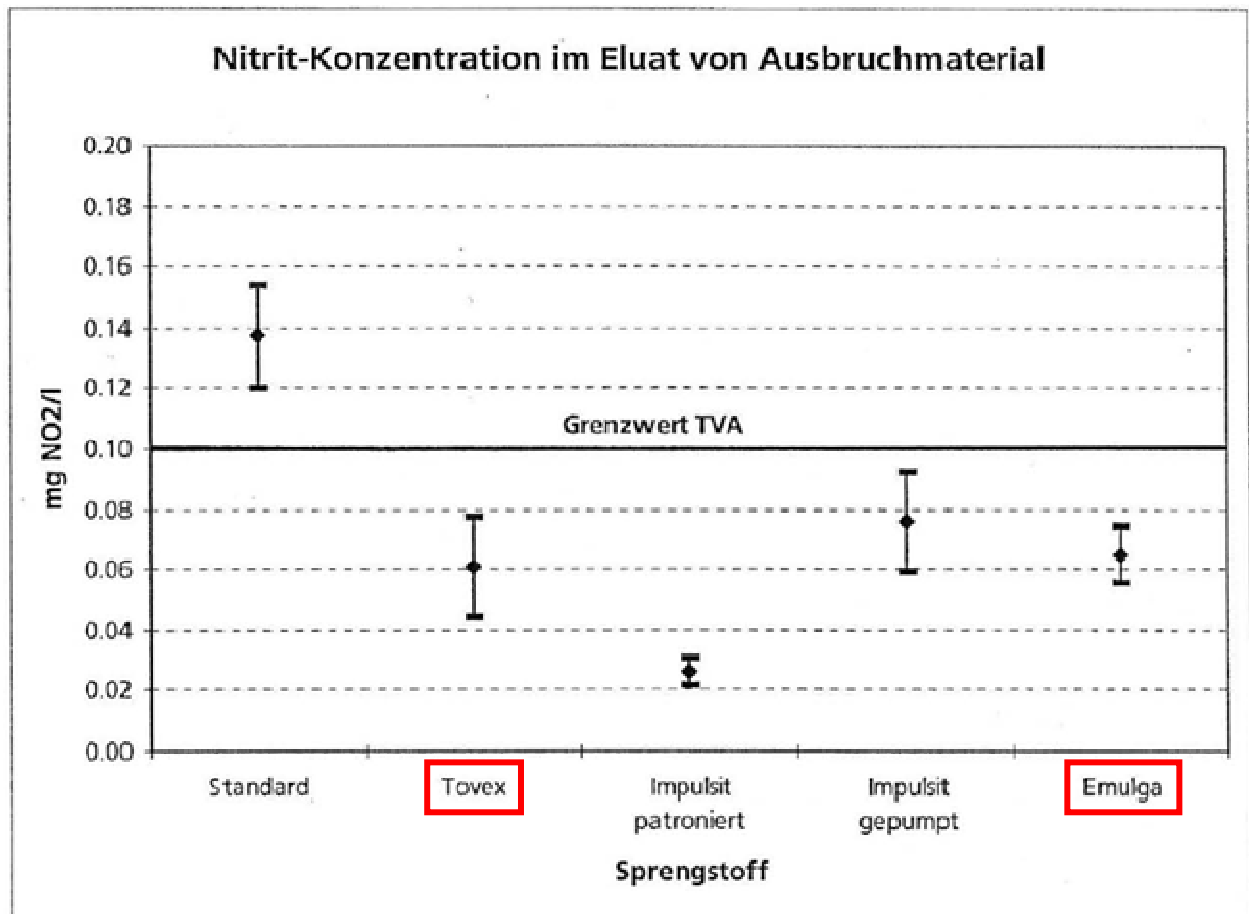


Abb. 3: Mittelwerte der Nitritkonzentrationen im Eluat des Ausbruchmaterials

2.2 Vorteile/Nachteile

Die verschiedenen Vor- und Nachteile können nicht absolut bezeichnet bzw. gemessen werden. Auch können selbstverständlich je nach Lieferant gewisse Punkte bzgl. Bewertung bei unterschiedlichen Lieferanten unterschiedliche Resultate zur Folge haben. Die nachfolgende Bewertung bezieht sich auf die Produkte der SSE und soll die wahrscheinlichen Tendenzen aufzeigen. In der nachfolgenden Tabelle wird eine qualitative Bewertung vorgenommen und nachfolgend mit Worten erläutert/begründet.

	Patronierter Sprengstoff	Emulsionssprengstoff
Effizienz	-	+
Anwendung	-	++
Sicherheit	--	++
Explosionsrückstände	+	-

Tab. 2: Qualitative Bewertung patronierter Sprengstoff und Emulsionssprengstoff

2.2.1 Effizienz

Beim Sprengen mit Emulsion wird das Bohrloch komplett verfüllt und die Energieübertragung erfolgt unmittelbar d.h. optimal. Entsprechend kann die Sprengstoffmenge pro m³ Fels um ca. 10 – 15 % reduziert werden.

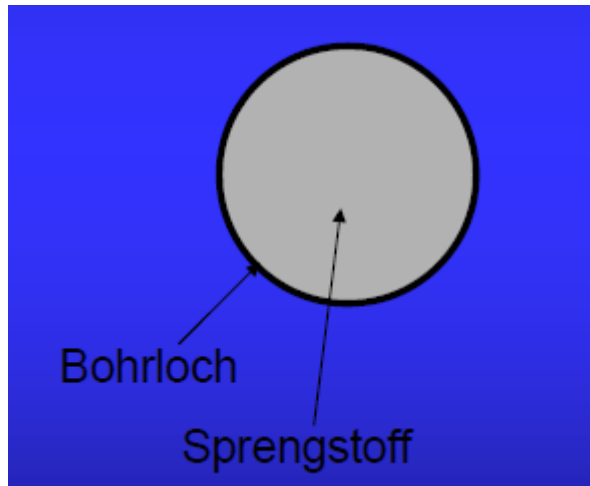


Abb. 5: Bohrlochquerschnitt mit Emulsionssprengstoff

Beim patronierten Sprengen entsteht um die eigentliche Sprengpatrone ein Luftraum welcher die Wirkung des Sprengstoffs etwas hemmt.

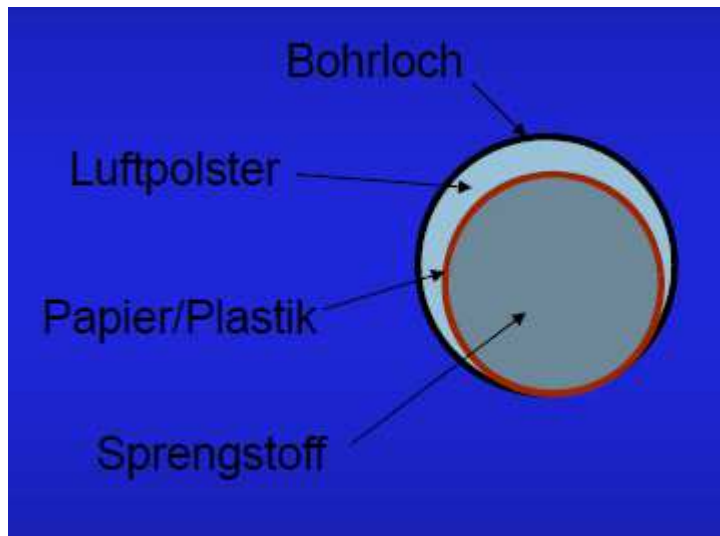


Abb. 4: Bohrlochquerschnitt mit patroniertem Sprengstoff

2.2.2 Anwendung

Durch das Pumpen des Sprengstoffs beim Emulsionssprengstoff wird einerseits die anstrengende körperliche Arbeit des händischen Einbringens der Patronen eliminiert und andererseits die Ladegeschwindigkeit bei Reduktion der dazu notwendigen Personen erreicht. Gemäss SSE wird der Arbeitsaufwand beim Laden von Abschlüssen ab 3.00 – 4.00 m um die Hälfte reduziert.

2.2.3 Sicherheit

Der Emulsionssprengstoff hat den grossen Vorteil, dass dieser erst im Bohrloch zu eigentlichem Sprengstoff wird und entsprechend bis dorthin als nicht explosiv gilt und auch nicht ist. Daraus resultieren folgende Vorteile:

- die Transporte sind einfach und unproblematisch
- bei der Lagerung gelten keine besonderen Vorschriften bzgl. Sicherheit
- beim Handling sind bis vor dem Bohrloch keine besonderen Vorsichtsmassnahmen bzgl. Sicherheit notwendig

2.2.4 Explosionsrückstände

Bei korrekter Anwendung und einem idealen Sprengvorgang sind die Belastungen bei patroniertem Sprengen und Sprengen mit Emulsionssprengstoff in etwa gleich, mit einer leicht höheren aber nicht kritischen Mehrbelastung bei Emulsionssprengstoff (siehe Abb. 3). Emulsionssprengstoff hat im Ausgangsmaterial einen höheren Anteil an Ammoniumnitraten, demgegenüber steht die höhere Effizienz dieses Sprengstoffs.

Bei der Handhabung der beiden Sprengstoffe ist jedoch das Risiko für eine Mehrbelastung beim Emulsionssprengstoff höher:

- Bohrlochüberfüllung
- Nachspülen des Ladeschlauchs
- Eindringen in grosse Spalten
- Allgemeines Handling mit den Ladeschläuchen

Beim patronierten Sprengstoff kann dies selten passieren.

Weitere Risiken einer Mehrbelastung durch nicht detonierten Sprengstoff sind bei beiden Sprengstoffen in etwa gleich und müssen ebenfalls für eine Reduktion der Belastungen beachtet bzw. vermieden werden:

- Abscheren resp. Unterbrechen der Ladesäule bei schlechter Geologie
- Totpressen der Sprengstoffe
- Abgeschlagene Sprengschnüre im Profil
- Zündversager infolge schlechten Verbindungen mit der Bündeltechnik
- Nicht richtig verteilte Zündstufen

Bei chromhaltigem Gestein oder bei Verwendung von chromhaltigem Spritzbeton könnte die Reaktion von Nitrat mit Chrom(III) zum giftigen Cr(VI) (Chromat) führen. Diese Umwandlung kann auch noch nach der Detonation erfolgen, beispielsweise im Eluat des Ausbruchmaterials.

2.3 Kosten

Auch bei den Kosten kann nicht einfach ein absoluter Frankenbetrag festgelegt werden, da verschiedenen Faktoren mitspielen und im Endeffekt auch der Markt bei der Kostenfrage eine Rolle spielt. Gewisse Werte wurden uns durch SSE mitgeteilt müssen aber mit Vorsicht genossen werden, da dies spezifische Angaben sind und natürlich je nach Lieferant oder den Umständen (Abschlagslänge, Tunnelquerschnitt, Geologie etc.) entsprechend ändern können.

Die untenstehende Tabelle soll für den Gubristtunnel 3. Röhre eine Grössenordnung angeben, welche lediglich eine tendenzielle Aussage machen soll. Neben den direkten Kosten (Sprengstoff, Personal, Transport etc.) können auch durch die resultierende Bauzeitverlängerung beim patronierten Sprengen Mehrkosten entstehen, welche in der nachfolgenden Tabelle nicht berücksichtigt werden.

Kostenfaktoren	Patronierter Sprengstoff	Emulsionssprengstoff
Materialkosten: - Sprengstoff pro kg - Ø Sprengstoffmenge pro m ³ Fels 1 – 4 kg/m ³	+ 0.70 Fr./kg + 0.70 bis 2.80 Fr./m³(fest)	
Personalkosten (Mineure): Annahme (Gubristtunnel 3. Röhre): Abschlagslänge 4 m, Tunnelquerschnitt 175 m ² , Anzahl Bohrlöcher pro Abschlag 190, Tunnellänge 2'945 m, Ausbruchmasse ca. 500'000 m ³ (fest) (ohne Berücksichtigung von eventuellen Erschütterungsproblemen) - Ladekosten pro Abschlag - Ladekosten pro m ³ Fels	Verdoppelung + 720.- Fr./Abschlag + 1.- Fr/m³(fest)	ca. 300 Minuten (2 Mann à 75 Fr/h) = 720.- Fr./Abschlag
Transportkosten: - Mehrkosten pro Trsp à 10 t	+ 500 Fr./Trsp + 0.05 Fr./kg + 0.05 bis 0.20 Fr./m³(fest)	
Lagerkosten: - Lagereinrichtung für Baustelle	+ 100'000 Fr.	
Mehrkosten: Gubristtunnel 3. Röhre mit patroniertem Sprengstoff	+ ca. 1'550'000 Fr.	

Verwertung/Ablagerung: - Material geht in Deponie Typ B/C an Stelle Deponie Typ A	+ 25 Fr./t + 65 Fr./m³(fest)	+ 25 Fr./t + 65 Fr./m³(fest)
Mehrkosten: bei Grenzwertüberschreitung Gubristtunnel 3. Röhre	+ ca. 32'500'000 Fr.	+ ca. 32'500'000 Fr.

Tab. 3: Mehrkosten

3 Fazit

- Bei korrekter Anwendung ist das Emulsionssprengen im Tunnelbau auf Grund der verschiedenen Kriterien in der Regel zu bevorzugen.
- Es ist nicht richtig und auch nicht sinnvoll, dass auf Grund von Grenzwertüberschreitungen eine moderne Technik nicht zugelassen oder durch die Ausschreibung verunmöglicht wird, obwohl bei korrekter Anwendung keine wesentlichen Nachteile bzgl. Grenzwerten zu erwarten sind.
- Das Sprengen mit Emulsionssprengstoff muss weiterhin möglich sein. Es müssen jedoch mit entsprechenden Massnahmen und Vorgaben die Risiken einer falschen Handhabung reduziert bzw. eliminiert werden.

4 Massnahmen

In der Folge werden mögliche Massnahmen aufgelistet (nicht abschliessend) welche im Rahmen der Vollzugsrichtlinien angewendet werden könnten, um nicht einer modernen, sicheren Sprengtechnik wegen menschlichem Unvermögen eine Chance zu nehmen:

- Ausbildung des Bedienungspersonals (Mineure) auf der Baustelle durch qualifiziertes Schulungspersonal und Abgabe eines entsprechenden Zertifikates nach Überprüfung der Kenntnisse (schriftliche/praktische Prüfung).
- Vorschrift bzgl. Ausbildungsnachweises des Bedienungspersonals (Mineure).
- Unterschriebene Abschlagsprotokolle mit Ablagepflicht über einen gewissen Zeitraum mit mind. folgenden Inhalten:
 - o Verantwortliche (Sprengmeister, Mineure)
 - o Anzahl Bohrlöcher pro Abschlag, Bohrschema
 - o Anzahl Bohrmeter
 - o Lademengen
 - o besondere Ereignisse und Massnahmen

- Sensibilisierung der Baustellenverantwortlichen zu Kontrollen und eventuellen Korrekturen beim Einsatz vor Ort.
- Protokollierte Kontrollen des Equipments in definierten Abständen, je nach Intensität des Einsatzes.
- Interne Kontrollen bei den Ladevorgängen mit schriftlichen Protokollen.
- Externe Kontrollen/Stichproben durch den Bauherrn bei den Ladevorgängen mit allfälligen Penalen bei Nichteinhalten der Vorschriften für die Handhabung von Sprengstoff.
- Verursacherprinzip bei den Folgekosten, d.h. die Verwertung wird in Deponien Typ A ausgeschrieben und der Unternehmer hat entsprechend die Mehrkosten zu tragen, falls durch sein Verschulden/Unvermögen das Ausbruchmaterial in Deponien Typ B/C verbracht werden muss.
- Reduktion der Risiken von Emissionen verschiedener Sprengrückstände in die Umwelt durch Risiko-Priorisierung in einer möglichst frühen Projektphase mittels Conceptual Site Model.
- Klare saubere Ausschreibungsunterlagen mit klaren Vorgaben bzgl. der Emissionen im Zusammenhang mit dem Sprengen. Durch diese Vorgaben sollen smarte Lösungen, welche eine Balance schaffen zwischen Emissionen von Rückständen in die Umwelt, Transporten von grossen Material- Kubaturen und den damit verbundenen Kosten, ermöglicht werden.