

Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial

Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial

Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)

Impressum

Rechtlicher Stellenwert

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmter Rechtsbegriffe und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Martin Tschan (BAFU)

Christoph Bilger (Bilger+Partner AG)

Antonio Bauen (Consaba GmbH)

Aliénor von Roten (BAFU)

David Hiltbrunner (BAFU)

Begleitung

Carsten Beck (cemsuisse), Cécile Bonnet (BAV), Satenig Chadoian (Abteilung Recht, BAFU), Stefan Eberhard (ARV/VBSA), Adrian Gloor (ASTRA), Peter Hartmann (CHGeol), Andy Lancini (Cercle déchets, Zentralschweiz), Dejan Lukic (Infra Suisse), Laure Müller (CIRTD), Thierry Pralong (CIRTD), Andreas Roth (FSKB), Guido Schmid (Cercle déchets, Ostschweiz/FL), Yves Spring (Cercle déchets, Nordwestschweiz), Volker Wetzig (FSKB)

Zitierung

BAFU (Hrsg.) 2021: Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial. Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1826: 36 S.

Layout

Cavetti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild

David Hiltbrunner, BAFU

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/1826-d

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5	4	Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial	13
1.1	Ziel	5	4.1	Allgemeines	13
1.2	Geltungsbereich	5	4.2	Baustoff auf Baustellen	14
1.3	Rechtliche Grundlagen	5	4.3	Baustoff auf Deponien	14
			4.4	Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen	14
			4.5	Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen	14
			4.6	Bewilligte Terrainveränderungen	15
2	Begriffe	6	5	Tunnelausbruchmaterial	16
2.1	Bauabfälle	6	5.1	Bedeutung des Entsorgungskonzepts bei Tunnelprojekten	16
2.2	Mineralische Bauabfälle	6	5.2	Grundlagen des Entsorgungskonzepts	16
2.3	Aushub- und Ausbruchmaterial	6	5.3	Einteilung des Tunnelausbruchmaterials	16
2.4	Lockergestein	7	5.4	Vermeidung von anthropogenen Verschmutzungen des Ausbruchmaterials	16
2.5	Fels, Festgestein	7	5.5	Baubegleitende Untersuchungen	17
2.6	Tunnelausbruchmaterial	7	5.6	Verwertung von Tunnelausbruchmaterial	17
2.7	Terrainveränderungen	7			
2.8	Export	7	6	Verzeichnisse	19
2.9	Arten der Verschmutzung	7	6.1	Abbildungen	19
2.9.1	Verschmutzung durch chemische Stoffe aufgrund menschlicher Tätigkeiten	7	6.2	Tabellen	19
2.9.2	Verschmutzung durch mineralische Bauabfälle	7	6.3	Literaturverzeichnis	19
2.9.3	Verschmutzung durch andere Fremdstoffe	7			
2.9.4	Geogene Belastung	8	Anhänge		21
2.9.5	Belastung durch invasive gebietsfremde Organismen (z. B. Neophyten)	8	A1	Anlagen zur Behandlung von Aushub- und Ausbruchmaterial	21
2.10	Verschmutzungskategorien	8	A2	Verwertungsmöglichkeiten für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	23
			A3	Vorgehen Tunnel-Entsorgungskonzept	24
3	Vorgehen und Beurteilung	9			
3.1	Übersicht der Regelung	9			
3.2	Abklären von Verschmutzungen im Rahmen des Entsorgungskonzepts	9			
3.3	Materialprüfung während der Bauarbeiten	9			
3.4	Empfehlungen zum Umgang mit geogen belastetem Material	9			
3.4.1	Abklärung der Gefährdung der Schutzgüter am Entsorgungsstandort	11			
3.5	Umgang mit von invasiven Neophyten belastetem Aushub- und Ausbruchmaterial	11			
3.6	Probenahmeprogramm für Untersuchungen zur Ermittlung der Materialeigenschaften bei Grossprojekten	11			

1 Einführung

1.1 Ziel

Art. 19 der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600) fordert die möglichst vollständige Verwertung von unverschmutztem und schwach verschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial. Eine Ablagerung im immer knapper werdenden Deponieraum soll es nur geben, wenn aufgrund von Materialeigenschaften eine Verwertung nach dem Stand der Technik nicht möglich ist. Der vorliegende Vollzugshilfemodulteil konkretisiert die Anforderungen für die spezifischen Entsorgungsmöglichkeiten.

1.2 Geltungsbereich

Dieser Vollzugshilfemodulteil betrifft die umweltgerechte Verwertung von unverschmutztem und verschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial gemäss Art. 19 VVEA. Der Vollzugshilfemodulteil ersetzt die Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial (Aushubrichtlinie, 1999). Die Verwertung von mineralischen Rückbaumaterialien wird in einem eigenen Teil des Moduls Bauabfälle der *VVEA-Vollzugshilfe* behandelt. Die Entsorgung von Gleisaushub wird in der Gleisaushubrichtlinie (2018) geregelt. Die Verwertung von abgetragenen Boden wird in Art. 18 VVEA geregelt und ist Thema der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen», Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf dessen Verwertung» (2021). Die Ablagerung von Aushub- und Ausbruchmaterial wird im Modul «Deponien» der *VVEA-Vollzugshilfe* behandelt.

1.3 Rechtliche Grundlagen

Für die umweltgerechte Verwertung und Entsorgung von unverschmutztem und verschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial sind folgende Gesetze und Verordnungen massgebend:

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG, SR 814.01), das Bundesgesetz

über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20) sowie die VVEA enthalten die grundsätzlichen Vorschriften für einen umweltverträglichen Umgang mit Bauabfällen.

Die VVEA enthält technische und organisatorische Vorschriften zur Vermeidung, zur Verwertung, zur Behandlung und zur Ablagerung von Abfällen. Sie hat zum Ziel, die Umwelt vor schädlichen und lästigen Einwirkungen durch Abfälle zu schützen. Zudem ist die nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen zu fördern.

Die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) regelt insbesondere den Verkehr mit Sonderabfällen und anderen kontrollpflichtigen Abfällen in der Schweiz sowie den grenzüberschreitenden Verkehr mit Abfällen.

Art. 15 Abs. 2 der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV, SR 814.911) regelt unter anderem den Umgang mit invasiven gebietsfremden Organismen nach Anh. 2 FrSV. In Art. 15 Abs. 3 FrSV wird die Entsorgung (einschliesslich die Verwertung) von abgetragenen, mit derartigen Organismen biologisch belastetem Boden geregelt.

2 Begriffe

Begriffe, die zum Verständnis der Vollzugshilfe wichtig sind, sind hier definiert. Weitere Begriffe sind im *Abfallglossar des BAFU* zu finden. Anlagen zur Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial sind im Anhang A1 aufgelistet.

2.1 Bauabfälle

Abfälle, die bei Neubau-, Umbau- oder Rückbauarbeiten von ortsfesten Anlagen anfallen (Art. 3 Bst. e VVEA).

2.2 Mineralische Bauabfälle

Abfälle gemäss 2.1 mit mineralischer Zusammensetzung, also mineralisches Rückbaumaterial (z. B. Betonabbruch,

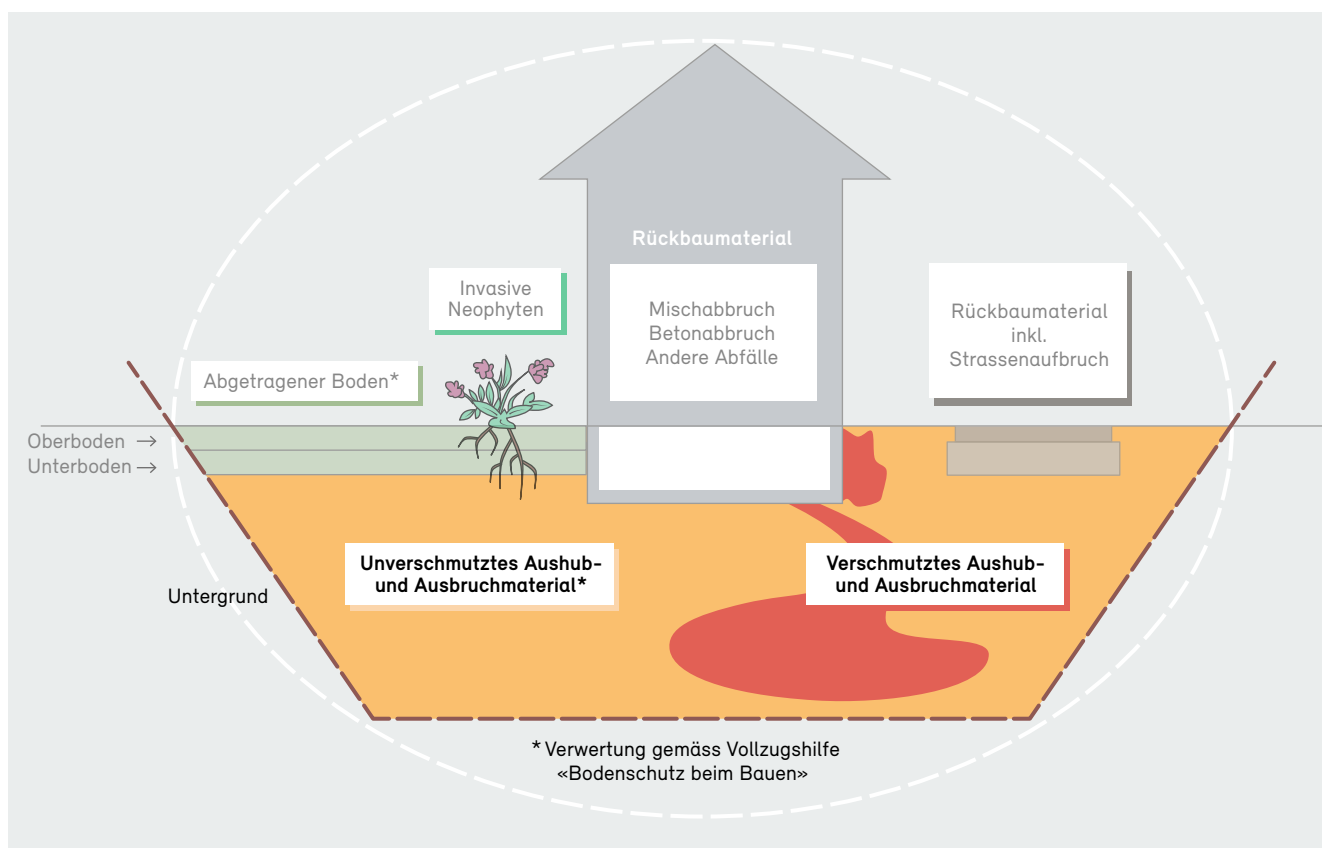
Ausbauasphalt, Strassenaufbruch), Aushub- und Ausbruchmaterial und abgetragener Boden (vgl. Anhang 1 VVEA, Klasse 4).

2.3 Aushub- und Ausbruchmaterial

Als Aushub- und Ausbruchmaterial gilt Material, das bei Bautätigkeiten – wie Hoch- und Tiefbauarbeiten oder Tunnel-, Kavernen- und Stollenbauten – ausgehoben respektive ausgebrochen wird. Ausgenommen davon sind abgetragener Ober- und Unterboden. Ebenfalls ausgenommen sind ungebundene Kiesfundationen (Strassenaufbruch), welche legal als Teil eines Bauwerkes eingebaut wurden (vgl. Abbildung 1, für Details siehe Kapitel 2.2 «Anwendungsbereich» des Moduls Bauabfälle der *VVEA-Vollzugshilfe*).

Abbildung 1

Geltungsbereich von Art. 19 VVEA, Aushub- und Ausbruchmaterial



Aushub- und Ausbruchmaterial umfasst insbesondere:

- a. Lockergestein wie Steine, Kies, Sand, Silt oder Ton und Gemische davon;
- b. gebrochenen Fels;
- c. ausgehobenes Material, welches nicht nur natürliche Bestandteile, sondern auch Rückstände von früheren Bautätigkeiten (z. B. Schüttungen und Hinterfüllungen) oder früheren Ablagerungsstandorten enthält.

Aushub- und Ausbruchmaterial setzt sich erfahrungsgemäss mehrheitlich aus mineralischen Bestandteilen zusammen. Es kann aber auch Fremdstoffe (siehe Kapitel 2.9) und organisches Material enthalten, welches aus Torfschichten, aus der darüber liegenden Bodenschicht oder von tief wurzelnden Pflanzen stammt.

Neben den anthropogenen Verschmutzungen kann Aushub- und Ausbruchmaterial auch geogene Belastungen aufweisen. Da diese nicht auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen sind, müssen die geogenen Schadstoffe gemäss Anhang 3 VVEA bei der Klassierung des Aushubmaterials nicht berücksichtigt werden. Empfehlungen zum Umgang mit geogen belastetem Material werden in Kapitel 3.4 detaillierter erläutert.

2.4 Lockergestein

Gemenge von Gesteins- und Mineralkörnern, gelegentlich auch mit organischen Festsubstanzen, welche nicht oder nur wenig zusammengehalten werden. Lockergesteine bestehen aus Festsubstanzen und Poren, die mehr oder weniger mit Luft, Gas oder Wasser gefüllt sind (Definition gemäss SIA 199 [2015]).

2.5 Fels, Festgestein

Verband von Gesteinen einschliesslich Diskontinuitäten und Hohlräumen aller Art (Definition gemäss SIA 199 [2015]).

2.6 Tunnelausbruchmaterial

Material, das während des Erstellens eines Untertagbauwerks anfällt und das durch Sprengvortrieb, durch eine Tunnelbohrmaschine oder ein anderes Ausbruchverfahren gewonnen wurde. Als Untertagbauwerk gelten Kavernen, Schächte, Schrägschächte, Stollen und Tunnel gemäss SIA 198 (2004).

2.7 Terrainveränderungen

Terrainveränderungen gelten als Anlagen im Sinne von Art. 7 Abs. 7 USG. Das Errichten und Ändern von Anlagen ist bewilligungspflichtig (Art. 22 Raumplanungsgesetz [RPG, SR 700]).

2.8 Export

Der Export von Aushub- und Ausbruchmaterial ist in der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) geregelt. Wer Aushub- und Ausbruchmaterial ausführt, benötigt eine Notifikation. Die Bedingungen für einen Export sind in der Mitteilung des BAFU an Gesuchsteller (2017) erläutert.

2.9 Arten der Verschmutzung

2.9.1 Verschmutzung durch chemische Stoffe aufgrund menschlicher Tätigkeiten

Das Aushub- und Ausbruchmaterial ist durch chemische Stoffe verunreinigt, welche auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen sind, z. B. auf Industriearealen.

2.9.2 Verschmutzung durch mineralische Bauabfälle

Das Aushub- und Ausbruchmaterial ist durch mineralische Bauabfälle (z. B. Bruchstücke von Beton, Asphaltbelag, Keramik, Gips oder Ziegelsteine) verschmutzt.

2.9.3 Verschmutzung durch andere Fremdstoffe

Das Aushub- und Ausbruchmaterial ist durch andere Fremdstoffe (z. B. nicht mineralische Bauabfälle, biogene Abfälle oder Siedlungsabfälle) verschmutzt.

2.9.4 Geogene Belastung

Eine geogene Belastung bedeutet, dass das Aushub- und Ausbruchmaterial eine Belastung (Schwermetalle, Asbest etc.) aufweist, die nicht auf menschliche Tätigkeit, sondern auf die mineralische Zusammensetzung des Muttergesteines, auf hydrothermale Bildungen oder auf ölhaltige Schichten zurückzuführen ist.

Wenn derartige Material im Rahmen der Aufbereitung (z. B. Brechen, Sieben) so behandelt wird, dass eine Aufkonzentration von Schadstoffen in bestimmten Materialfraktionen erfolgt, können diese Fraktionen nicht mehr als geogen belastet betrachtet werden. Dies gilt insbesondere für die Rückstände aus der Aufbereitung (z. B. Feinanteil, Schlämme). Durch diese menschliche Tätigkeit geht von diesem Material eine erheblich grössere Gefährdung für die Umwelt aus.

2.9.5 Belastung durch invasive gebietsfremde Organismen (z. B. Neophyten)

Von invasiven gebietsfremden Organismen (Organismen mit einem natürlichen Verbreitungsgebiet ausserhalb EU- und EFTA-Gebiet ohne Überseegebiete) ist bekannt oder

muss angenommen werden, dass sie sich in der Schweiz ausbreiten und eine so hohe Bestandsdichte erreichen können, dass dadurch die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt oder Mensch, Tier oder Umwelt gefährdet werden können (vgl. Art. 3 Abs. 1 Bst. f und h FrSV). In Anh. 2 FrSV sind die invasiven gebietsfremden Organismen aufgelistet, mit denen der direkte Umgang (Art. 15 Abs. 2 FrSV) verboten ist. Aushub- und Ausbruchmaterial kann durch Wurzelteile invasiver Pflanzen (Neophyten) belastet sein. Invasive Neophyten sind in der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen», Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf dessen Verwertung (2021)» aufgelistet.

2.10 Verschmutzungskategorien

Aushub- und Ausbruchmaterial kann unter Berücksichtigung der Vorgaben von Anh. 3 und Anh. 5 VVEA und der LVA¹ in die Verschmutzungskategorien gemäss Tabelle 1 unterteilt werden.

¹ Verordnung des UVEK (Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation) über Listen zum Verkehr mit Abfällen (LVA, SR 814.610.1)

Tabelle 1

Verschmutzungskategorien von Aushub- und Ausbruchmaterial

Bezeichnung und Codierung	Kriterien						
Kategorie gemäss LVA	VVEA-Code Anhang 1	LVA-Code VeVA	Anteil Gewichtsprozent Lockergestein oder lockerer Fels	Anteil Gewichtsprozent andere mineralische Bauabfälle	Fremdstoffe*	Anforderungen gemäss VVEA	Praxisbezeichnung
Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	4301	17 05 06	> 99%	< 1%	Keine	Anhang 3 Ziff. 1 eingehalten	A-Material
Schwach verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	4302	17 05 94	> 95%	< 5%	So weit wie möglich entfernt	Anhang 3 Ziff. 2 eingehalten	T-Material
Wenig verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	4201	17 05 97 ak	–	–	–	Anhang 5 Ziff. 2.3 eingehalten	B-Material
Stark verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	4201	17 05 91 akb	–	–	–	Anhang 5 Ziff. 5.2 eingehalten	E-Material
Aushub- und Ausbruchmaterial, das durch gefährliche Stoffe verunreinigt ist	4101	17 05 05 S	–	–	–	Anhang 5 Ziff. 5.2 überschritten	S-Material

* Fremdstoffe wie Siedlungsabfälle, biogene Abfälle oder nicht mineralische Bauabfälle

3 Vorgehen und Beurteilung

3.1 Übersicht der Regelung

In Abbildung 2 ist der Prozess zur Beurteilung von Aushub- und Ausbruchmaterial dargestellt. Die spezifischen Kriterien des Prozesses werden in den nachfolgenden Kapiteln genauer beschrieben. Wenn das Material einer Verschmutzungskategorie zugeordnet ist, kann es gemäss den Angaben in Tabelle 2 verwertet oder, falls keine Verwertung möglich ist, abgelagert werden.

3.2 Abklären von Verschmutzungen im Rahmen des Entsorgungskonzepts

Im Vollzugshilfemodulteil «Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen» der VVEA-Vollzugshilfe ist die Pflicht zur Erstellung eines Entsorgungskonzeptes und zur Ermittlung von Schadstoffen in Bauabfällen – und somit auch in Aushub- und Ausbruchmaterial – gemäss Art. 16 VVEA konkretisiert. Die Vorgaben richten sich an die Bauherrschaft und gelten für alle bewilligungspflichtigen Bauvorhaben, bei welchen voraussichtlich

- mehr als 200 m³_(fest) Bauabfälle anfallen *oder*
- Bauabfälle mit umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Stoffen zu erwarten sind.

Besteht ein Verdacht auf eine Verschmutzung des Untergrundes (als Verdachtsmoment gilt beispielsweise ein Eintrag im KbS oder auf Hinweiskarten zur Bodenbelastung, für Details siehe Vollzugshilfemodulteil «Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen» der VVEA-Vollzugshilfe), muss dieser im Rahmen der Schadstoffermittlung detailliert mittels chemischer Analysen abgeklärt und die Resultate im Entsorgungskonzept dokumentiert werden. Sind weitere Untersuchungen resp. chemische Analysen während der Bauarbeiten vorgesehen, ist dies im Entsorgungskonzept festzuhalten.

3.3 Materialprüfung während der Bauarbeiten

Wenn kein Verdacht auf eine Verschmutzung des Untergrundes vorliegt, muss während der Bauarbeiten laufend geprüft werden, ob:

- a. das Aushub- und Ausbruchmaterial mineralische Bauabfälle und/oder Fremdstoffe (wie biogene Abfälle, Siedlungsabfälle, andere Bauabfälle, alte Schlacken, Metalle, Kunststoffe etc.) enthält;
- b. das Aushub- und Ausbruchmaterial verfärbt ist;
- c. das Aushub- und Ausbruchmaterial auffällig riecht;
- d. das Aushub- und Ausbruchmaterial nicht durch die Aushubarbeiten selbst verunreinigt wird.

Trifft keiner dieser Punkte zu und besteht kein anderer Verdacht auf eine Belastung, kann das Aushub- und Ausbruchmaterial als unverschmutzt betrachtet werden.

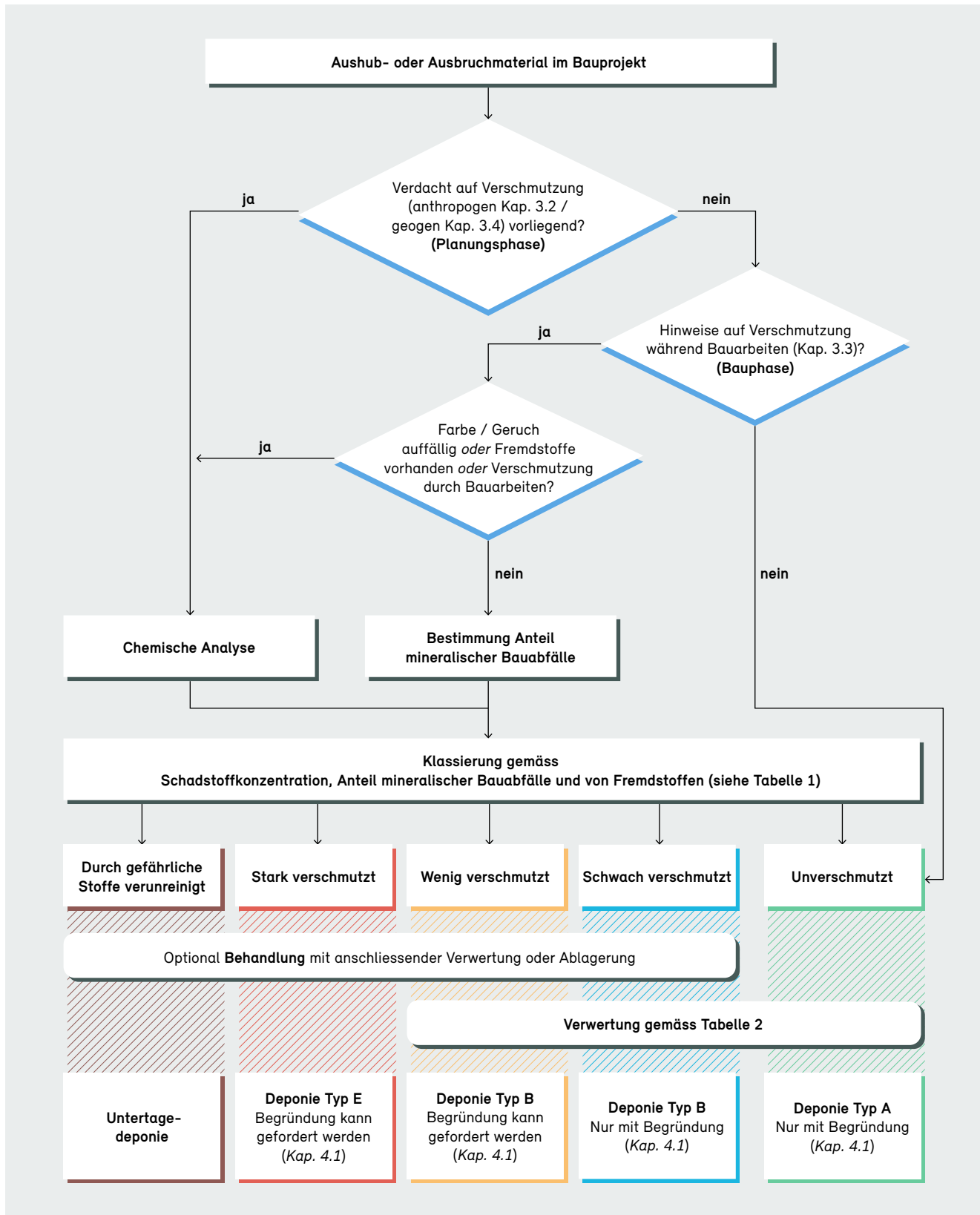
Entsteht während der **Bauarbeiten der Verdacht**, dass das anfallende Material verschmutzt sein könnte, oder entspricht das Material nicht den Angaben im Entsorgungskonzept, veranlasst die Bauherrschaft, in Absprache mit der zuständigen Behörde, zusätzliche chemische Untersuchungen zur Bestimmung der Materialqualität und der Entsorgungswege. Dabei kann sich das Untersuchungsprogramm mit Zustimmung der zuständigen Behörden auf die für den Einzelfall relevanten Parameter beschränken. Gegebenenfalls ist das Entsorgungskonzept den neuen Erkenntnissen anzupassen.

3.4 Empfehlungen zum Umgang mit geogen belastetem Material

Werden Grenzwerte gemäss Anhang 3 Ziff. 1 VVEA ausschliesslich aufgrund einer nachgewiesenen geogenen Belastung überschritten, gilt das Material gemäss Abfallgesetzgebung als unverschmutzt². Dennoch können geogene Belastungen für die Gefährdung von Schutz-

² Vgl. die Formulierung in Anh. 3 Ziff. 1 Bst. c VVEA und Anh. 3 Ziff. 2 Bst. c VVEA: «die in ihm enthaltenen Stoffe die nachfolgenden Grenzwerte (Gesamtgehalte) nicht überschreiten *oder eine Überschreitung nicht auf menschliche Tätigkeiten zurückzuführen ist*».

Abbildung 2
 Beurteilung und Entsorgung von Aushub- und Ausbruchmaterial



gütern (Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden und Luft) relevant sein. Neben den Vorgaben der VVEA gelten das Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes (Art. 1 Abs. 2 USG) wie auch die Sorgfaltspflicht des Gewässerschutzgesetzes (Art. 3 GschG), nach welchen Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen bzw. gänzlich zu vermeiden sind. Um diese Schutzansprüche zu gewährleisten, können für geogene Belastungen die Grenzwerte von Deponie Typ B³ (Anh. 5 Ziff. 2.3 VVEA) als Handlungsschwelle herangezogen werden. Diese Grenzwerte sind so festgelegt, dass die Konzentrationen im Eluat von Typ B Deponien im Bereich des einfachen K-Wertes⁴ nach Altlastenverordnung (AltIV, SR 814.680) liegen (vgl. Vollzugshilfe des BAFU «Herleitung von Konzentrationswerten und Feststoff-Grenzwerten» [2013]).

Besteht ein Verdacht auf eine geogene Belastung des Materials (Erfahrungswerte, Belastungskarten, Analyseresultate), kann nach dem Schema in Abbildung 3 vorgegangen werden. Zudem sollen, falls vorhanden, die kantonalen Regelungen zum Umgang mit geogenen Belastungen berücksichtigt werden.

Falls der Verdacht besteht, dass das Material geogen mit Uran oder anderen radioaktiven Elementen kontaminiert ist, muss für Anweisungen zum Arbeitnehmerschutz die Suva und für Anweisungen zu Verwertung und Ablagerung die Abteilung Strahlenschutz des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) beigezogen werden. Im Zusammenhang mit Asbest ist die Arbeitssicherheit ebenfalls zu beachten.

3.4.1 Abklärung der Gefährdung der Schutzgüter am Entsorgungsstandort

Wenn die Grenzwerte nach Anh. 5 Ziff. 2.3 VVEA aufgrund der geogenen Belastung nicht eingehalten werden, kann die Behörde von der Bauherrschaft zusätzliche Abklärungen fordern, um eine umweltgerechte Entsorgung des geogen verschmutzten Materials zu gewährleisten. Die Bauherrschaft kann die Auswirkungen der vorgeschlagene

nen Entsorgungslösung auf die relevanten Schutzgüter am geplanten Standort durch Berücksichtigung folgender Punkte nachweisen:

- Totalgehalt der geogenen Schadstoffe im Aushub- und Ausbruchmaterial (mg/kg);
- Löslichkeit der geogenen Schadstoffe im Aushub- und Ausbruchmaterial mittels Eluattest (mg/l);
- Auswirkungen auf relevante Schutzgüter (Grundwasser, Boden etc.) am Entsorgungsstandort;
- Vergleich der Zusammensetzung und der Gehalte der geogenen Schadstoffe im abzulagernden Material mit dem Untergrund am Entsorgungsstandort (Gleiches zu Gleichem).

Die vorgeschlagene Entsorgungslösung soll mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden. Die Behörde kann beispielsweise eine Terrainveränderung oder eine Wiederauffüllung einer Kiesgrube im Gewässerschutzbereich A_v mit geogen belastetem Aushub- und Ausbruchmaterial vorsorglich untersagen.

3.5 Umgang mit von invasiven Neophyten belastetem Aushub- und Ausbruchmaterial

Ist Aushub- oder Ausbruchmaterial mit invasiven gebietsfremden Organismen belastet, die in der Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen», Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf dessen Verwertung (2021)» aufgelistet sind, stützen sich die Einschränkungen der Verwertung auf die Vorgaben in der FrSV (Art. 15). Der Umgang mit belastetem Aushub- oder Ausbruchmaterial entspricht jenem mit belastetem Boden gemäss dem oben genannten Vollzugshilfemodul.

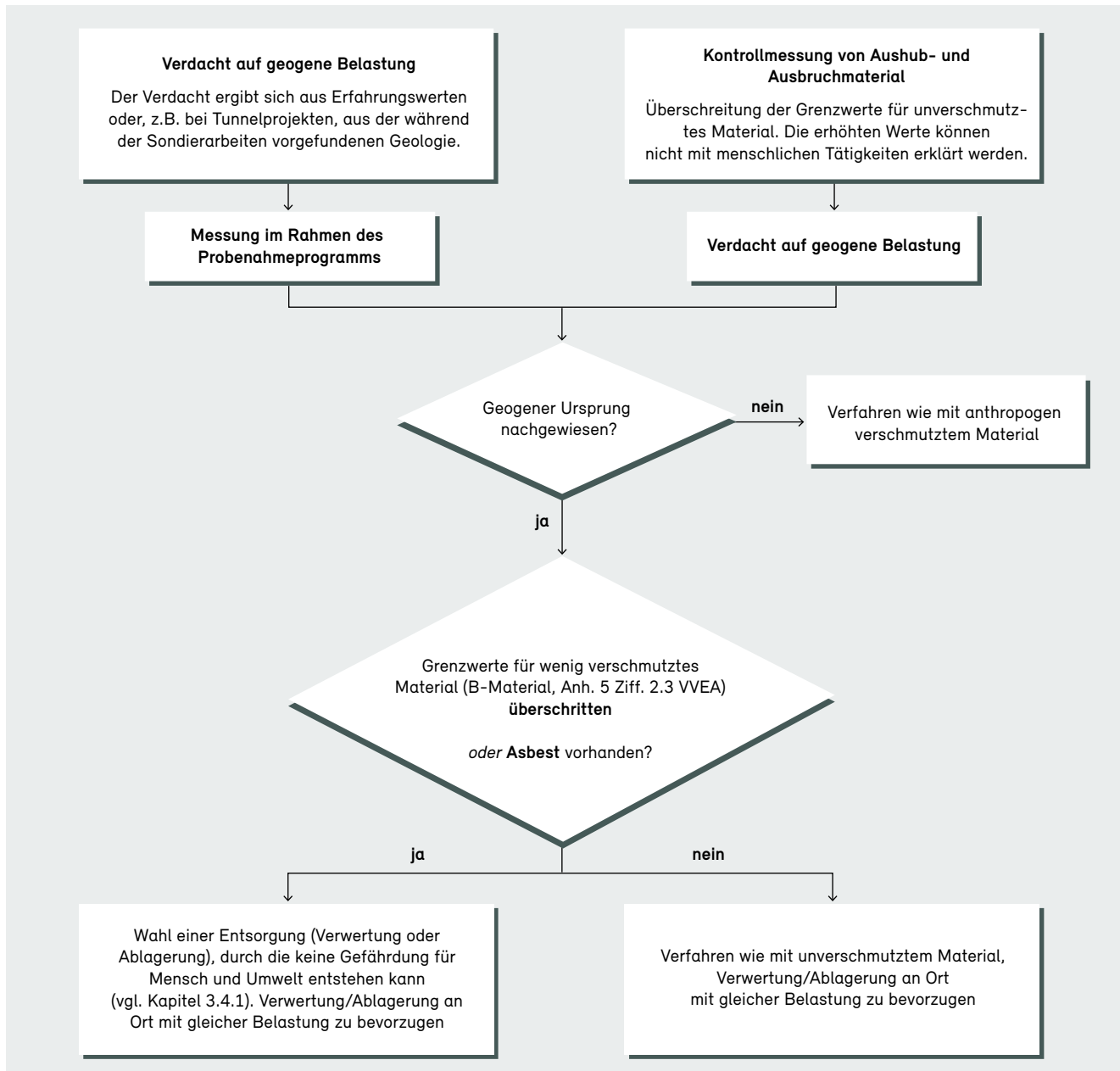
3.6 Probenahmeprogramm für Untersuchungen zur Ermittlung der Materialeigenschaften bei Grossprojekten

Um bei Grossprojekten den korrekten Umgang mit dem Material und eine kostenoptimierte Entsorgung zu gewährleisten, sind vorgängige detaillierte Untersuchungen unerlässlich. Diese umfassen einerseits eine detaillierte Abklärung allfälliger Verdachtsmomente bezüglich

³ Für geogene Kohlenwasserstoffe kann aufgrund des hohen Emissionspotentials (Geruch) und der hohen Löslichkeit der Grenzwert von Deponie Typ A als Handlungsschwelle herangezogen werden.

⁴ Die K-Werte der Altlastenverordnung basieren auf humantoxikologischen Basisdaten kombiniert mit einem festgelegten Expositionsszenario (Aufnahme des Schadstoffs durch den Körper via Trinkwasser). Die K-Werte entsprechen somit einem (human-)toxikologisch begründeten Trinkwasserwert.

Abbildung 3
Empfehlung zum Vorgehen beim Verdacht auf geogene Belastungen



einer Verschmutzung des Untergrundes (siehe Modulteil «Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen» der VVEA-Vollzugshilfe). Andererseits müssen die geologische Situation, inklusive allfälliger geogener Schadstoffe, sowie die durch den Bauprozess eingetragenen Verschmutzungen (Sprengstoffrückstände, Beton, Schmiermittel etc.) berücksichtigt werden (für Details siehe Kapitel 5 und Anhang A3).

Beprobung und Analysen haben gemäss dem Modul «Probenahme fester Abfälle» der VVEA-Vollzugshilfe und der Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich (2017)» zu erfolgen.

4 Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial

4.1 Allgemeines

Für unverschmutztes und schwach verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial gilt eine Verwertungspflicht gemäss Art. 19 VVEA mit dem Ziel, Rohstoffkreisläufe zu schliessen. Ist eine Verwertung im Ausnahmefall nicht möglich, muss die **Ablagerung** von unverschmutztem und schwach verschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial im Entsorgungskonzept **begründet** werden. Aber auch stärker verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial soll nach dem Stand der Technik behandelt werden, um verwertbare Anteile anschliessend verwerten zu können.

Um die Behandlungsmöglichkeiten von stärker verschmutztem Aushubmaterial zu beurteilen, sind nebst den Schadstoffen gemäss VVEA je nach Behandlungsvariante zusätzliche Untersuchungen (z. B. Korngrössenverteilung und Materialzusammensetzung) nötig. Im Entsorgungskonzept sind Angaben hierzu zu machen (für Details siehe Vollzugshilfemodulteil «Ermittlung von Schadstoffen und Angaben zur Entsorgung von Bauabfällen» der VVEA-Vollzugshilfe).

Die bestehenden Verwertungsmöglichkeiten werden in Tabelle 2 aufgezeigt.

Tabelle 2
Verwertungsmöglichkeiten (zulässige Verwertung / ** Verwertung nicht erlaubt)

Verwertung	Verschmutzungs-kategorie	Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	Schwach verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	Wenig verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	Stark verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial	Aushub- und Ausbruchmaterial, das durch gefährliche Stoffe verunreinigt ist
		A-Material	T-Material	B-Material	E-Material	S-Material
Optionale Behandlung			In Abfallanlage gemäss Art. 26ff VVEA mit anschliessender Verwertung oder Ablagerung			
Als Baustoff vor Ort			(a)	(b)	**	**
Als Baustoff auf Deponie	(c)	(c)	(c)	(c)	**	
Als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen			Nur hydraulisch oder bituminös gebunden	**	**	**
Als Rohmaterial im Zementwerk				Gemäss Vorgaben Anh. 4 VVEA	Gemäss Vorgaben Anh. 4 VVEA	Gemäss Vorgaben Anh. 4 VVEA
Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen			**	**	**	**
Terrainveränderungen	Nur mit Bewilligung	**	**	**	**	**
Export		Gemäss VeVA (mit Notifikation)				

a) Gemäss Art. 19 Abs. 2 Bst. d VVEA.

b) Gemäss Art. 19 Abs. 3 Bst. b VVEA.

c) Gemäss den Bestimmungen nach Anhang 2 Ziff. 2.3.1 bis 2.3.3 VVEA resp. Anhang 2 Ziff. 2.3.4 VVEA.

4.2 Baustoff auf Baustellen

Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial wird in der Regel am sinnvollsten als Baustoff direkt auf der Baustelle oder auf Baustellen in der Nähe verwertet, um Transporte mit den einhergehenden Emissionen zu minimieren. Je nach Beschaffenheit (Korngrössenverteilung) kann das Material für verschiedene Zwecke verwendet werden. Geeignete Anwendungen sind beispielsweise (vgl. auch Anhang A2):

- Hinterfüllungen, Verfüllungen
- Schichten mit Trag-, Sicker- oder Fundierungsfunktion
- Geländegestaltung

Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial kann direkt nach dem Aushub oder nach einer Behandlung (Sieben, Brechen etc.) ungebunden als Baustoff verwendet werden. Die konkreten Verwendungsmöglichkeiten sind frühzeitig – allenfalls unter Einbezug von Entsorgungsspezialisten/Geotechnikern/Materialaufbereitern – abzuklären und im Entsorgungskonzept zu dokumentieren.

Für schwach verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial gelten gemäss Art. 19 Abs. 2 VVEA die oben beschriebenen Verwertungsmöglichkeiten unter der Bedingung, dass dieses Material in ungebundener Form ausschliesslich am Ort des Anfalls verwertet werden darf.

4.3 Baustoff auf Deponien

Aushub- und Ausbruchmaterial kann abhängig von seiner bautechnischen Eignung und vom Verschmutzungsgrad als Baustoff auf Deponien eingesetzt werden (Anh. 2 VVEA). In der Regel ist dazu eine vorgängige Behandlung des Materials nötig, um die geforderten technischen Eigenschaften der damit auszuführenden Bauelemente zu erreichen. Material mit hohen geogenen Belastungen ist als Baustoff auf Deponien ungeeignet.

4.4 Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen

Aushub- und Ausbruchmaterial kann, in Abhängigkeit seiner mineralogischen Zusammensetzung und seiner geotechnischen Eigenschaften, als ungebundene Gesteinskörnung, als Gesteinskörnung zur Herstellung von Beton und Asphalt sowie als Rohmaterial oder Zumahlstoff für die Zementproduktion verwertet werden. Für die Verwertung als Gesteinskörnung in der Asphalt- und Betonproduktion sowie als Zumahlstoff für die Zementproduktion müssen die Grenzwerte nach Anhang 3 Ziff. 2 VVEA eingehalten werden. Wenn das Aushub- und Ausbruchmaterial als Rohmaterial in der Zementproduktion verwendet werden soll, dürfen die Grenzwerte in Anhang 4 Ziff. 1 VVEA nicht überschritten werden und der hergestellte Zementklinker darf die Grenzwerte gemäss Anhang 4 Ziff. 1.6 VVEA nicht überschreiten.

Diese Verwertungsmöglichkeiten sind vor allem bei Tunnelbauprojekten mit grossem Materialanfall frühzeitig und sorgfältig abzuklären. Dabei ist für Ausbruchmaterial, welches sich aufgrund seiner Materialeigenschaften nicht als Gesteinskörnung für Beton bzw. Asphalt eignet, immer eine Verwertung im Zementwerk zu prüfen.

4.5 Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen

Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial darf zur Wiederauffüllung von Materialentnahmestellen (z. B. Kies- und Tongruben, Steinbrüche) verwendet werden. Dies gilt, im Gegensatz zur Ablagerung in einer Deponie, als Verwertung. Es ist der Bewilligungsbehörde von Materialentnahmestellen vorbehalten, neben unverschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial in analoger Anwendung von Anhang 5 Ziff. 1 VVEA weitere unverschmutzte Abfälle in Materialentnahmestellen zur Wiederauffüllung zuzulassen. Unverschmutzter Gleisschotter soll aufgrund seiner technischen Eigenschaften zur Herstellung von Baustoffen und nicht für die Wiederauffüllung verwendet werden.

Für geogen belastetes Material ist gemäss Kapitel 3.4 zu beurteilen, ob keine Gefährdung für Mensch und Umwelt entstehen kann.

4.6 Bewilligte Terrainveränderungen

Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial kann im Rahmen eines Bauvorhabens für bewilligte Terrainveränderungen (im Sinne von Art. 7 Abs. 7 USG) verwendet werden, wenn diese einen bestimmten baulichen Zweck erfüllen. Mögliche Beispiele für die Verwendung sind:

- Dämme (Dämme um Schutzgebiete oder für Hochwasserschutz)
- Lärmschutzwälle
- Geländegestaltung aus Gründen des Natur- oder Landschaftsschutzes
- Im Zusammenhang mit Bodenverbesserungsprojekten zur Gestaltung von Siedlungsrändern und siedlungsinternen Grünzügen
- Anhebung von überflutungsgefährdeten Bauzonen
- Gestaltung von Sport- und Erholungsräumen
- Geländemodellierung in innerstädtischen Parks
- Flächige Erhöhung der Grabfelder von Friedhöfen
- Flussverbauungen (Schüttungen im Deltabereich für ökologische Aufwertung oder Landschaftsschutz, Gestaltung von Hochwasserrückhaltebecken)
- Seeschüttungen (Wiederherstellung von Flachwasserzonen für Flora und Fauna, Erosionsschutz)
- Schüttungen zur Wahrung oder Wiederherstellung der Grundwassersicherheit

Massgebend für die verschiedenen Anwendungen sind die bautechnischen Eigenschaften des Materials. Bei diesen Nutzungen ist den Belangen des Boden- und Landschaftsschutzes Rechnung zu tragen, da diese Projekte sonst nicht realisierbar sind.

Eine Schüttung von Aushub- und Ausbruchmaterial in Gewässer darf von kantonalen Behörden nur im Ausnahmefall unter den in Art. 39 Abs. 2 GSchG definierten Voraussetzungen bewilligt werden, insbesondere um eine Flachwasserzone ökologisch aufzuwerten oder eine standortgebundene Baute im überbauten Gebiet zu errichten. Bei Fluss- und Seeschüttungen ist der Gewässerschutz zu beachten und die Schüttungsarbeiten müssen wegen der Gefahr von starken Trübungen des Wassers gemäss den massgebenden Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien und gemäss dem Stand der Technik ausgeführt werden (siehe Mitteilung zum Gewässerschutz «Unver-

schmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial: Schüttung in Seen im Rahmen des GSchG [1999])».

5 Tunnelausbruchmaterial

5.1 Bedeutung des Entsorgungskonzepts bei Tunnelprojekten

Im Rahmen von Tunnelprojekten fallen meist beachtliche Mengen an Ausbruchmaterial an, deren Entsorgung ein wichtiger Bestandteil des Tunnelbauprojekts und des Bewilligungsprozesses ist. Um die umweltgerechte Entsorgung des Ausbruchmaterials im Rahmen der Plangenehmigung beurteilen zu können, muss das Entsorgungskonzept im Umweltverträglichkeitsbericht bereits relativ detailliert dokumentiert werden. Der Schwerpunkt ist dabei auf die möglichen Verwertungswege zu legen. Im Laufe der Projektierung und der Ausführung muss das Entsorgungskonzept von einer spezialisierten Fachperson immer wieder den veränderten Bedingungen angepasst und detaillierter ausgearbeitet werden.

Das Vorgehen zur Erstellung eines Entsorgungskonzepts für ein Tunnelprojekt wird in Anhang A3 ausführlich beschrieben. Analog zu Tunnelprojekten sind Projekte für andere Untertagebauwerke zu behandeln.

5.2 Grundlagen des Entsorgungskonzepts

Die Angaben im Entsorgungskonzept sind eine der Grundlagen für die Ausschreibung der Arbeiten. Die Präzisierung der Materialqualitäten für die jeweiligen Entsorgungswege muss von den Offerierenden verstanden und bei der Projektausführung befolgt werden. Es soll vereinbart werden, welche Verschmutzungen systembedingt und welche vermeidbar sind. Die Übernahme von Mehrkosten, falls die geplanten Entsorgungswege wegen vermeidbarer anthropogener Verschmutzungen durch unsachgemässes Arbeiten nicht eingehalten werden können, soll ebenfalls geregelt werden.

Das gewählte Vortriebsverfahren hat direkten Einfluss auf die systembedingten Verunreinigungen des Ausbruchmaterials und den Materialanfall, also auf den Flächenbedarf für Behandlung und Verwertung. Der Flächenbedarf muss für das Auflageprojekt und Verhandlungen mit Grundeigentümern frühzeitig bekannt sein. Es ist bereits

im Entsorgungskonzept darzulegen, welche Arbeitsweise angewandt wird, um allfällige Verschmutzungen infolge Vortriebstechnik zu reduzieren.

Des Weiteren müssen im Entsorgungskonzept die Behandlung, die Verwertung und die Ablagerung der verschiedenen anfallenden Ausbruchmaterialien aufgeführt werden. Hier ist insbesondere die Verwertung im Projekt als Rohstoff (z. B. für die Beton- oder Zementproduktion) zu berücksichtigen (siehe Anhang A3, Abbildung A3-2).

5.3 Einteilung des Tunnelausbruchmaterials

Für die Verwertung ist es sinnvoll, den Tunnelausbruch gemäss SIA 199 (2015) nach Materialklassen einzuteilen. Diese Klassen beziehen sich auf die technischen Eigenschaften bzw. die Verwertbarkeit des Materials unter Berücksichtigung der notwendigen Aufbereitungstechnik, wobei ökologische und wirtschaftliche Aspekte zu optimieren sind. Die effektive Verwertbarkeit ist aber abhängig von der Korngrößenverteilung bzw. dem gewählten Vortriebsverfahren und der anschliessenden Behandlung.

5.4 Vermeidung von anthropogenen Verschmutzungen des Ausbruchmaterials

Tunnelausbruchmaterial wird durch jede Vortriebstechnik anthropogen verschmutzt. Als Grundsatz gilt jedoch, dass das in grossen Mengen anfallende Ausbruchmaterial (nicht aber Behandlungsrückstände wie Schlämme, Feinmaterial etc.!) als unverschmutzt betrachtet werden kann, wenn seine Verschmutzung während der Bauarbeiten minimiert wird. Dazu sind Verschmutzungen des Tunnelausbruchmaterials mit anderen mineralischen Bauabfällen (Spritzbeton) mit geeigneten technischen Massnahmen gemäss Stand der Technik auf ein Minimum zu beschränken. Des Weiteren muss die Trennung von Ausbruchmaterial und Beton aus der Ortsbrustsicherung und dem Spritzbetonrückprall gemäss allen gegebenen Möglichkeiten der Technik vorgenommen werden.

Material, welches aus der Tunnelsohle stammt, kann nicht als unverschmutzt betrachtet werden.

Vortriebs-, Sicherungs-, Schutter-, Brecher- und gegebenenfalls Sortierarbeiten sind so sorgfältig vorzunehmen, dass der mineralische und übrige Fremdstoffanteil (Spritzbetonreste, Metalle etc.) im Ausbruchmaterial möglichst gering ist. Auch die baubedingten chemischen Kontaminationen wie Chrom(VI), aliphatische Kohlenwasserstoffe ($KW_{C_{10}-C_{40}}$) sowie Ammonium und Nitrit müssen durch eine sorgfältige Arbeitsweise, einen regelmässigen Unterhalt der Maschinen und Geräte sowie händische Aussortierung der Fremdstoffe minimiert werden.

Die Vermeidung von anthropogenen Verschmutzungen verbessert die Möglichkeiten zur Verwertung von Tunnelausbruchmaterial und ist durch geeignete Massnahmen zu fördern. Der Ausbruchprozess und die Behandlung sollen so optimiert werden, dass das Ausbruchmaterial möglichst vollständig verwertet werden kann. Die dafür nötigen Massnahmen sollen in den Verträgen zwischen der Bauherrschaft und den Unternehmen (Baunternehmung, Ingenieur-/Umweltbüro) geregelt werden.

5.5 Baubegleitende Untersuchungen

Während des Vortriebs ist das ausgebrochene Material regelmässig zu beproben, um die Qualität der Arbeiten und den damit verbundenen Schadstoffeintrag zu überprüfen. Dazu ist ein Standardmessrhythmus (mindestens alle $10\,000\text{ m}^3$ (fest) eine Stichprobe zur Qualitätskontrolle des Ausbruchmaterials) einzuplanen. Zusätzliche Proben sind vorzusehen, wenn Hinweise auf einen erhöhten anthropogenen Schadstoffeintrag vorliegen oder zur Eingrenzung geogener Belastungen. Das bedeutet, dass zu Beginn eines Vortriebs oder bei häufigen Gesteinswechseln eine grössere Anzahl Proben genommen werden müssen. Folgende Parameter sind im ausgebrochenen Material zu bestimmen (vgl. Kapitel 6.1 im Anhang A3):

anthropogen

- Fremdstoffanteil abhängig von der Masse des eingesetzten Spritzbetons mithilfe einer Massenbilanz. Die Cr(VI)-Konzentration muss nicht direkt gemessen wer-

den, sondern kann aufgrund der Masse des Spritzbetons abgeleitet werden.

- Stickstoffrückstände (NH_4^+ , NO_2^-) abhängig von Art und Menge des eingesetzten Sprengstoffs.
- Aliphatische Kohlenwasserstoffe ($KW_{C_{10}-C_{40}}$) abhängig von der ausgebrochenen Menge.

geogen

- Bei Verdacht auf bestimmte geogene Schadstoffe sind diese im Standardmessprogramm vorzusehen. Die Messungen sollen häufiger erfolgen bei Schichtwechseln und in Schichten, von denen bekannt ist, dass diese Stoffe vermehrt vorkommen.

Die Anzahl gemessener Parameter kann reduziert werden, sobald die Minimierung der anthropogenen Verschmutzung erreicht wurde (z. B. wird nur der Parameter gemessen, der den Entsorgungspfad bestimmt). Bei Unregelmässigkeiten und Verdacht auf stärkere Verschmutzungen sollen alle relevanten Parameter gemessen werden.

Die Aufgaben und Kompetenzen der unterschiedlichen Akteure im Rahmen der Untersuchung der Qualität des Ausbruchmaterials und die Anzahl Proben sollten vertraglich geregelt werden.

5.6 Verwertung von Tunnelausbruchmaterial

Wenn durch die Umsetzung der Vorgaben aus Kapitel 5.5 nachgewiesen werden kann, dass die Verschmutzung des Tunnelausbruchmaterials während des Vortriebs minimiert wurde, kann das Ausbruchmaterial als unverschmutzt klassiert werden und entsprechend den Vorgaben von Kapitel 4 verwertet werden.

Aufgrund der grossen Mengen an Ausbruchmaterial empfiehlt es sich, die Anlagenbetreiber und die zuständigen Behörden (in vielen Fällen die Kantone) frühzeitig mit einzubeziehen, um sinnvolle Entsorgungslösungen zu finden. Dies gilt insbesondere, wenn eine geogene Belastung vorliegt (Kapitel 3.4). Sobald die Verwertungsmöglichkeiten evaluiert wurden oder der Standort für die Ablagerung bekannt ist, können mit der Behörde die spezifischen Anforderungen abgeklärt werden.

Wenn in einer Unternehmervariante neue, nicht im Entsorgungskonzept vorgesehene Entsorgungswege erschlossen werden sollen, müssen diese denselben Anforderungen genügen wie jene im ursprünglich vorgesehenen Entsorgungskonzept. Das Konzept ist entsprechend anzupassen und der zuständigen Behörde erneut vorzulegen.

Die im Entsorgungskonzept vorgesehenen Verwertungskanäle und/oder Deponien müssen bereit und die notwendigen Bewilligungen vorhanden sein, wenn der Vortrieb startet. Die notwendige Vorlaufzeit für die Bereitstellung dieser Entsorgungswege ist abhängig von der jeweiligen Komplexität des Projekts und der daraus folgenden Verwertungsaufgabe.

6 Verzeichnisse

6.1 Abbildungen

Abbildung 1

Geltungsbereich von Art. 19 VVEA

Abbildung 2

Beurteilung und Entsorgung von Aushub- und Ausbruchmaterial

Abbildung 3

Empfehlung zum Vorgehen beim Verdacht auf geogene Belastungen

6.2 Tabellen

Tabelle 1

Verschmutzungskategorien von Aushub- und Ausbruchmaterial

Tabelle 2

Verwertungsmöglichkeiten

6.3 Literaturverzeichnis

BAFU (Hrsg.). (2009). UVP-Handbuch. Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung. Umwelt-Vollzug Nr. 0923. Bern: Bundesamt für Umwelt.

BAFU (Hrsg.). (2013). Herleitung von Konzentrationswerten und Feststoffgrenzwerten. Umwelt-Vollzug Nr. 1333. Bern: Bundesamt für Umwelt.

BAFU (Hrsg.). (2017). Grenzüberschreitender Verkehr mit Abfällen. Mitteilung des BAFU an Gesuchsteller. Umwelt-Vollzug Nr. 1702. Bern: Bundesamt für Umwelt.

BAFU (Hrsg.). (2017). Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich. Umwelt-Vollzug Nr. 1715. Bern: Bundesamt für Umwelt.

6 BAFU (Hrsg.). (2021). Beurteilung von Boden im Hinblick auf dessen Verwertung. Vollzugshilfe Bodenschutz beim Bauen. Bern: Bundesamt für Umwelt.

10 BAV (Hrsg.). (2018). Gleisaushubrichtlinie. Planung von Gleisaushubarbeiten, Beurteilung und Entsorgung von Gleisaushub. Bern: Bundesamt für Verkehr.

12 BUWAL (Hrsg.). (1999). Aushubrichtlinie. Richtlinie für die Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

8 BUWAL (Hrsg.). (1999). Unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial: Schüttung in Seen im Rahmen des GSchG. Vollzug Umwelt. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 32. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

13 BUWAL (Hrsg.). (2001). Empfehlung für die Entsorgung von Aushub-, Abraum- und Ausbruchmaterial, das mit Flockungsmitteln versetzt ist. Vollzug Umwelt. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

Cercle Exotique. (29. März 2016). Umgang mit abgetragenem Boden, der mit invasiven gebietsfremden Pflanzen nach Anhang 2 FrSV belastet ist. Empfehlungen des Cercle Exotique für den Vollzug von Art. 15 Abs. 3 FrSV, Version 2.0. KVU. Abgerufen von https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/200427105222_Empfehlung_Abgetragener_Boden_mit_invasiven_gebietsfremden_Pflanzen_V2_DE_definitiv20200325.pdf

SIA. (2004). SIA 198. Untertagebau – Ausführung. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.

SIA. (2015). SIA 199. Erfassen des Gebirges im Untertagebau. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.

Winzeler, R. (8. März 2018). Umweltrelevante Erfahrungen beim Tunnelbau mit Sprengvortrieb. Zürich: Geo Partner AG. Abgerufen von https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/180409065659_Bericht_WS_Tunnelausbruchmaterial_2017_Stand_2018_03_08.pdf

Anhänge

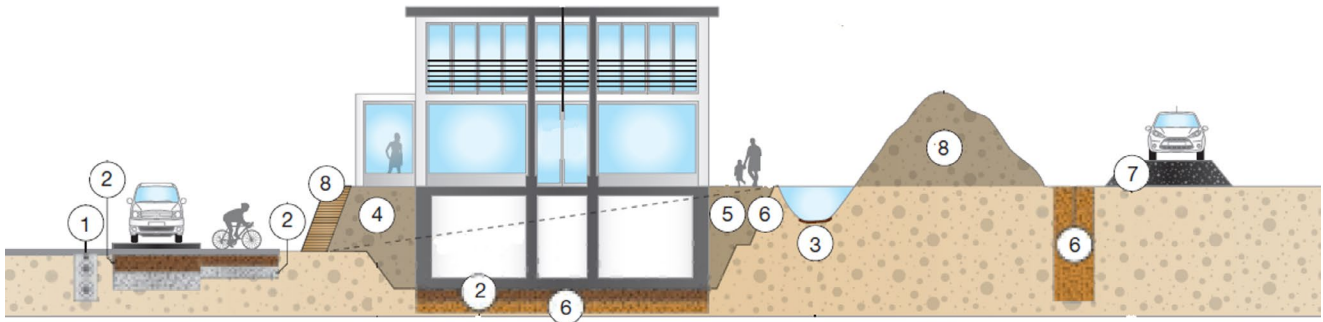
A1 Anlagen zur Behandlung von Aushub- und Ausbruchmaterial

Anlagen zur Behandlung von Aushub- und Ausbruchmaterial (Liste nicht abschliessend)

Anlagentyp	Behandelbare Abfälle	Aggregatzustand Abfall	Behandlungsziel	Anlagenspezifische Informationen			
Thermische Behandlungsanlagen				Eignungs- und Annahmekriterien	Verbr.-Temp.	Temp. Nachverbr.	Output (Anteile ca.)
Zementwerk (Rohmehl-ersatzstoffe)	Mineralische Abfälle ausser Ausbauasphalt	fest	Zerstörung organischer Schadstoffe, Einbindung anorganischer Schadstoffe in der Zementmatrix Thermischer Prozess: oxidativ / Verbrennung	Annahmekriterien: gemäss Anh. 4 VVEA und anlagenspezifisch; SM-Gehalt ~ < Typ B; org. Anteil und Schadstoffe: anlagenspezifisch	Gas 2000 °C (Ofen-einlauf), Klinker 1450 °C		100 % Zement (Filterstäube aus der Herstellung von Zementklinker können als Zumahl-/Zuschlagstoff bei der Zementherstellung verwertet werden)
Thermische Desorption / Pyrolyse	Mineralische Materialien belastet mit flüchtigen Verbindungen	fest	Zerstörung von flüchtigen organischen Schadstoffen, Abtrennung flüchtiger Metalle/Metallverbindungen, Rückgewinnung von Rohmaterialien (Verwertung) oder deponiefähiger Output. Thermischer Prozess: Desorption oder Pyrolyse	Annahmekriterien: anlagenspezifisch festgelegt; Org. Anteil < 20 % SM-Gehalt ~ > Typ B	500–650 °C	950–1200 °C	78 % mineralische Bestandteile (Verwertung oder Deponierung) 22 % Abgas
Weitere relevante Behandlungsanlagen/-möglichkeiten				Eignungs- und Annahmekriterien	Angewendete Prozesse		Output (Anteile ca.)
Trockenmechanische Aufbereitung	Physikalisch trennbare Materialgemische mit unterschiedlicher Schadstoffbelastung	fest	Fraktionierung des Materials aufgrund von Korngrösse, Dichte und Materialzusammensetzung	Eignung für kiesig, sandiges Material mit wenig Feinanteilen zur Fraktionierung und zur anschließenden Verwertung/Behandlung/Ablagerung	Siebung, Windsichtung, Dichtesortierung		Aufgetrennte Fraktionen → zur stofflichen Verwertung, Behandlung, Ablagerung

Anlagentyp	Behandelbare Abfälle	Aggregatzustand Abfall	Behandlungsziel	Anlagenspezifische Informationen		
Nass-mechanische Aufbereitung	Mineralische Abfälle mit verwertbaren Anteilen	fest, suspendiert	Chemisch-physikalische Separation, Reinigung der Input-Fractionen und Anreicherung der Schadstoffe in Feinfraktion (Flotations-schlamm, Filterkuchen) sowie Aussortieren von mit Schadstoffen belasteten Fraktionen aufgrund ihrer Eigenschaft (z. B. Dichtesortierung von Geschossen im Kugelfangmaterial oder organische Schadstoffe im Leichtgut)	Eignung für diverse Materialien zur Fraktionierung mit anschliessender Verwertung / Ablagerung Organischer Anteil vorzugsweise < 25% Geeignet für Schadstoffe wie: SM, KW, BTEX, PAK, PCB, Cyanide, Pestizide etc.	Nassaufschluss, Extraktion, Siebung, Dichtesortierung und Wasseraufbereitung	Verwertbare Komponenten (Kies, Sand, Metallfraktionen) Filterkuchen: Verwertung/ Behandlung oder Ablagerung
Luftabsaugung mit Nachbehandlung	Materialgemische mit flüchtigen organischen Bestandteilen	fest	Entfernung von flüchtigen Schadstoffen aus der Matrix mittels konstant angelegtem Luftstrom	Eignung für kiesig-/sandiges gasdurchlässiges Material Geeignet für Schadstoffe wie: LCKW, KW _{C5-C10} , BTEX	Vacuum-Heap	Verwert- oder deponierbare Komponenten; Luftstrom über Aktivkohle, Verbrennung o. ä.
Biologische Aufbereitung	Materialgemische mit mikrobiell abbaubaren Schadstoffen	fest	Verringerung der Schadstoffbelastung durch deren Mineralisierung	Eignung für eher kiesig-/sandiges Material Geeignet für Schadstoffe wie: KW _{C5-C10}	Dekontamination durch Mikroorganismen	Verwert- oder deponierbare Komponenten
Immobilisierung/Verfestigung	Abfälle mit löslichen anorganischen Anteilen (z. B. Schwermetalle)	fest	Schadstoffe werden durch chemische Reaktion oder Sorption in weniger schädliche oder weniger mobile Verbindungen umgewandelt oder fixiert. Anschliessende Deponierung.	Eignung für feinkörniges Material mit anorganischer Belastung		Ablagerungsfähiges Produkt

A2 Verwertungsmöglichkeiten für unverschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial⁵



1. Hinterfüllung von Sammelgräben
2. Trag- und Fundationsschicht *
3. Abdichtung: Barriere und dichte Hinterfüllung, Abdichtung von Becken
4. Terrainerhöhung
5. Bauwerkhinterfüllung: Gebäude, Stützelemente
6. Drainage, Entwässerung
7. Damm oder Aufschüttung für Strasseninfrastruktur
8. Geländegestaltung und Nutzelemente mit/ohne Stützfunktion: Mauer, Lärmschutzhügel, Hügel

* nach Aufbereitung

⁵ Quelle: Adaptiert von «Guide pour la réutilisation des matériaux d'excavation non pollués» (Kanton Genf / ecomat)

A3 Vorgehen Tunnel-Entsorgungskonzept

*Vorgehen zur Erstellung eines Entsorgungskonzepts
für ein Tunnelprojekt*

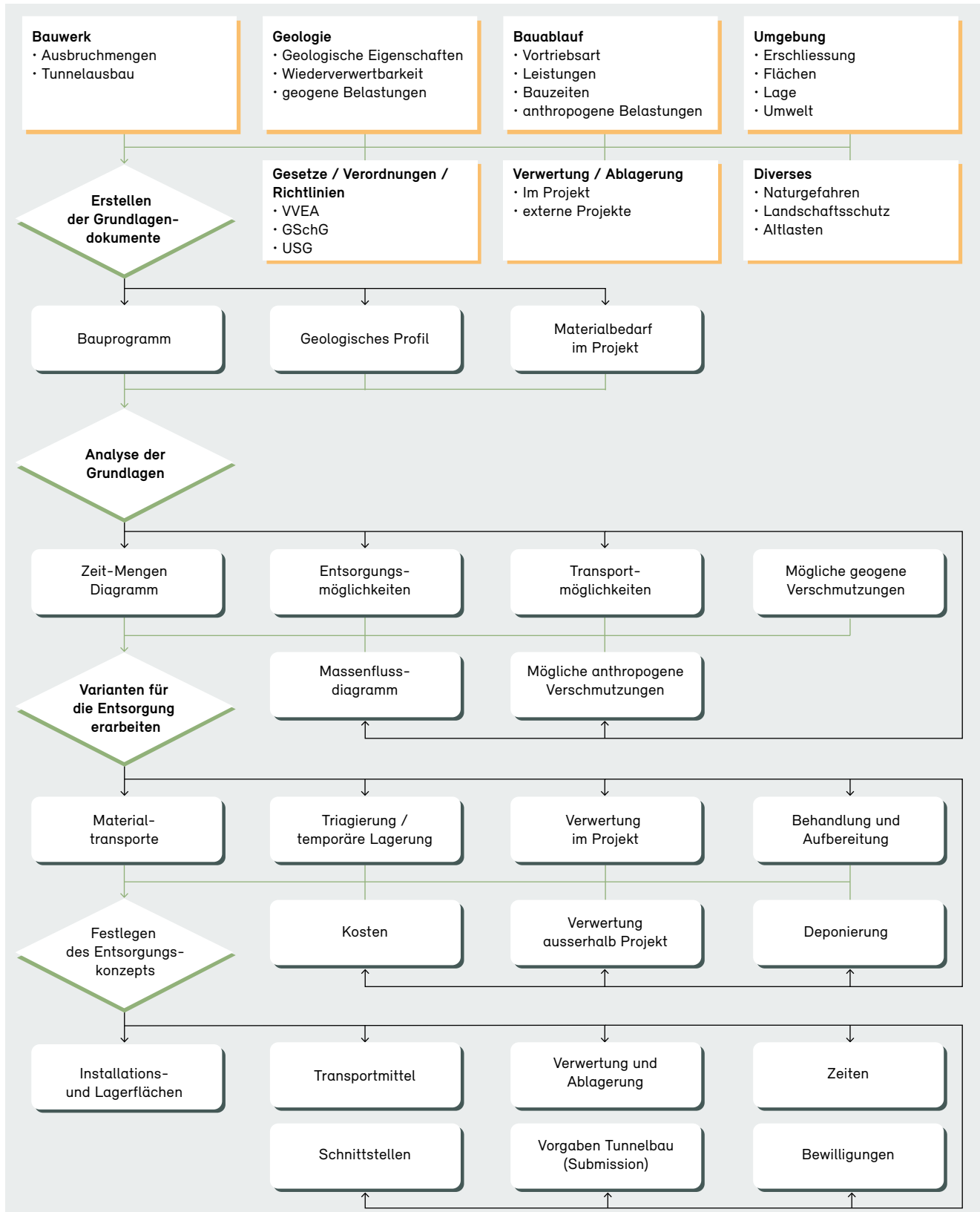
1. Einleitung

Ein plausibles, bewilligungsfähiges Entsorgungskonzept ist zentral für die erfolgreiche Umsetzung eines Tunnelprojekts. Es muss im Rahmen der Plangenehmigung den Behörden genügend Informationen zur Beurteilung und zur Bewilligung des Projektes zur Verfügung stellen. Im Projektverlauf ist das Entsorgungskonzept weiter zu konkretisieren, sodass eine definitive Version rechtzeitig vor dem Vortriebsbeginn zur Verfügung steht. Dazu sind die notwendigen Zusicherungen und Bewilligungen einzuholen, um die Entsorgung des Tunnelausbruchmaterials sicherzustellen.

Im Entsorgungskonzept (und insbesondere auch in den Verträgen) sind die Verantwortlichkeiten und Kompetenzen der Bauherrschaft, der Umweltbaubegleitung (UBB) und der Unternehmung klar zu definieren. Es soll klar sein, wer für welche Grundlagen und Kontrollen zuständig ist.

In Abbildung A3-1 wird die Vorgehensweise zur Erarbeitung eines Entsorgungskonzepts dargelegt und diese nachfolgend erläutert.

Abbildung A3-1
Vorgehensgrafik Entsorgungskonzept für Tunnelausbruchmaterial



2. Grundlagen für ein Entsorgungskonzept

Damit ein plausibles Entsorgungskonzept erstellt werden kann, müssen zuerst Grundlagen erarbeitet werden. Nachfolgend werden die verschiedenen Grundlagen, welche es zu berücksichtigen gilt, aufgelistet.

I. Bauwerk

Das geplante Bauwerk muss definiert werden, d. h., über die Geometrie (Länge, Durchmesser etc.) und den Ausbaustandard des Tunnels werden die folgenden Daten festgelegt:

- Ausbruchmengen (Haupttunnel, Zentralen, Nischen, Querschläge, Rampen etc.)
- Mineralische Baustoffmengen (Beton, Mischkiese, ungebundene Gemische, Schüttmaterialien ohne Anforderungen etc.)

II. Geologie

Um festzulegen, welcher Verwertungs-/Entsorgungsweg für das Ausbruchmaterial infrage kommt, ist es notwendig, die aus der Geologie resultierenden Materialqualitäten zu kennen. Hierfür muss für das Tunnelprojekt im Längsschnitt ein geologisches Profil mit folgenden Angaben erstellt werden:

- Geologie und Petrographie inkl. geogene Belastungen und andere technisch problematische Materialien (z. B. Glimmer, Sulfate, AAR [Alkali Aggregat Reaktion])
- Hydrogeologie

Aus dem geologischen Profil und der aus der Vortriebsmethode resultierenden Korngrößenverteilung und Verschmutzung wird festgelegt, welcher Verwertungs-/Entsorgungsweg für das Ausbruchmaterial möglich ist. Die Einteilung erfolgt nach SIA 199:

- 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 auf Baustelle, Ablagerung in Deponie oder Verwertung im Zementwerk

Bemerkung: In der Regel muss über das gesamte Tunnelquerprofil für die Betrachtung die jeweils schlechteste Materialklasse als massgebend angenommen werden bzw. die im Tunnelquerschnitt schlechteste Qualität definiert die Klassierung nach SIA 199.

III. Bauablauf

Für das Entsorgungskonzept muss man den eigentlichen Bauablauf kennen. Folgende Kenntnisse sind hierbei von Belang:

- Leistungen (Vortriebsleistung, Tunnelausbauleistung etc.)
- Ausbruchmethoden
- Mögliche anthropogene Verschmutzungen (Rückprall Spritzbeton, Kohlenwasserstoffe, Ladeart Sprengstoff)
- Zeitliche Abfolge Vortrieb – Ausbau (gleichzeitig, nacheinander)
- Bauzeiten (einschichtig, zweischichtig, 24 Std. / 7 Tage)
- Schutterung (Förderband – Schiene – Rad – gepumpt)

IV. Umgebung / örtliche Verhältnisse

Ein Entsorgungskonzept soll ins direkte Umfeld des eigentlichen Tunnelbauwerks integriert werden. Es gibt viele Schnittstellen zum Umfeld, die zu berücksichtigen sind. Deshalb sollten die örtlichen Gegebenheiten bekannt sein:

- Erschliessung der Baustelle (Strassen im Raum, Bahnlinien im Raum, Zufahrten, Wasser, Strom etc.)
- Räume, Flächen
- Lage der Baustelle (Stadt, Land, Gebirge, Gewässer, Hanglagen, Gewässerschutzzonen, Naturgefahren)
- Hindernisse (Hochspannungsleitungen, Leitungen, fliessende Gewässer etc.)
- Bodenverhältnisse (Bodentyp, Bodeneigenschaften, Verdichtungsempfindlichkeit, Wasserhaushalt, Grundwasser, Umweltschutz etc.)

V. Verwertung/Ablagerung

Die in der Regel grossen Materialmengen, welche beim Tunnelbau in kurzer Zeit anfallen, sind effizient zu verwerten oder abzulagern. Es kann davon ausgegangen werden,

dass mehrere Möglichkeiten gefunden werden müssen. Diese sind zu prüfen und zu definieren. Oft kann auch über Zwischenlösungen eine ideale Verwertung realisiert werden. Nachfolgend die verschiedenen Möglichkeiten zur Verwertung.

Verwertung im Projekt

Die Verwertung von Tunnelausbruchmaterial im Projekt ist, sofern die Qualität des Ausbruchmaterials geeignet ist, aus ökologischen und in der Regel auch aus ökonomischen Gründen zu favorisieren. Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, das Ausbruchmaterial im Projekt zu mineralischen Baustoffen aufzubereiten und einzubauen (siehe Abbildung A3-2).

Durch die Verwertung des anfallenden Ausbruchmaterials im Tunnelprojekt werden verschiedenste Themen positiv beeinflusst:

- Reduktion der Kosten
- Reduktion des Verkehrs
- Sparen von Ressourcen
- Schonen von Deponievolumen

Demgegenüber werden im Projekt verschiedene Themen anspruchsvoller:

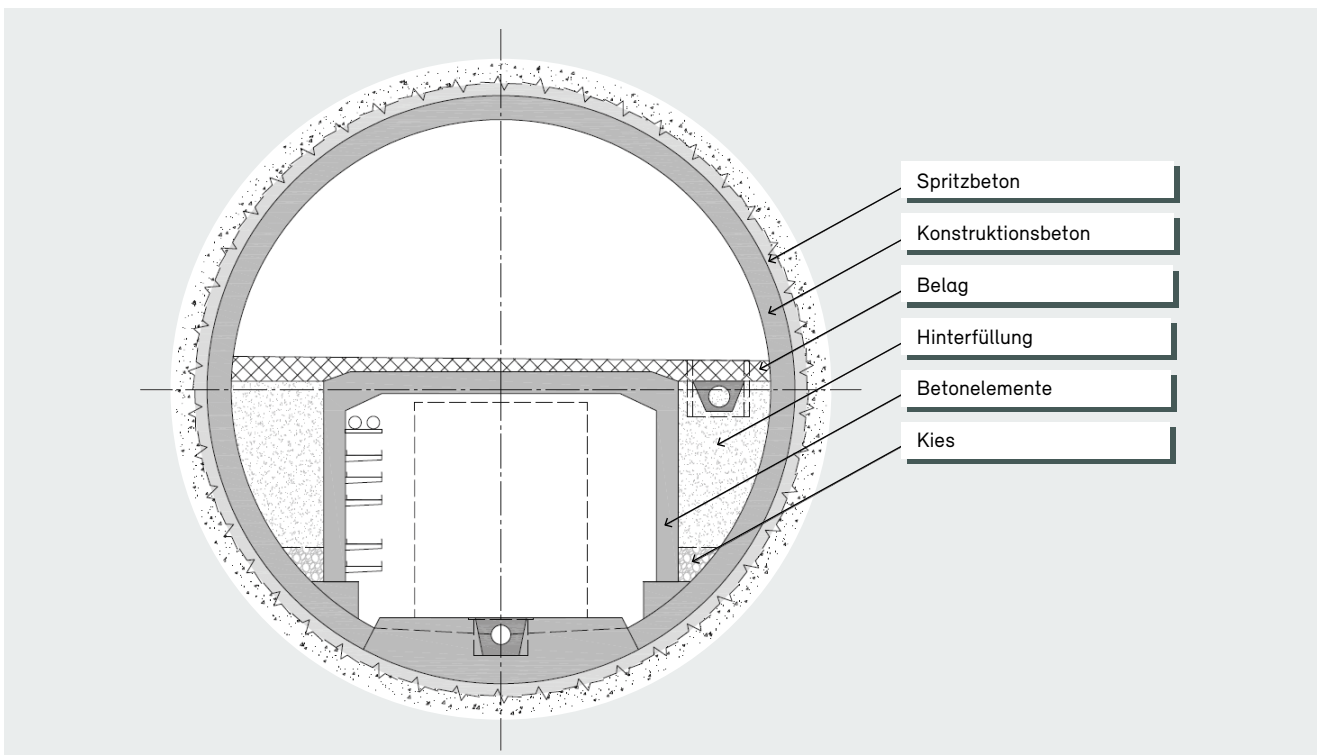
- Qualität im Bauwerk
- Benötigte Lager- und Installationsflächen
- Emissionen (Staub, Lärm)
- Bauprogramm

Externe Verwertung

Möglichkeiten der externen Verwertung sind in Kapitel 4 des vorliegenden Vollzugshilfemodulteils (z. B. andere Projekte, Rohstoff für die Zement- und Betonindustrie, Terrainveränderungen) aufgeführt.

Abbildung A3-2

Verwertungsmöglichkeiten für Ausbruchmaterial im Tunnelbau



3. Erstellung und Analyse der Grundlagen

3.1 Erstellung der Grundlagendokumente

Aus den vorliegenden Kenntnissen sind nun die entsprechenden Grundlagendokumente zu erstellen:

I. Bauprogramm

Ein funktionierendes Entsorgungskonzept ist optimal in die Bauabläufe zu integrieren. Entsprechend sollte für die Planung der Verwertung das Bauprogramm des eigentlichen Tunnelprojekts bekannt sein. Umgekehrt ist ein fertiges, funktionierendes Entsorgungskonzept eine Voraussetzung für den eigentlichen Start der Vortriebsarbeiten. Entsprechend müssen die Entsorgungswege zwingend beim Vortriebsstart eingerichtet sein. Die notwendige Vorlaufzeit für die Aktualisierung des Entsorgungskonzeptes ist im Bauprogramm zu berücksichtigen. Auch wird durch das Bauprogramm der Massenstrom (Materialanfall und Materialverbrauch) definiert, was wiederum einen Einfluss auf die Entsorgungswege hat.

II. Geologisches Profil

Im geologischen Längensprofil wird der voraussichtliche Anfall der unterschiedlichen Materialien über das Tunnelprojekt zusammengefasst und definiert.

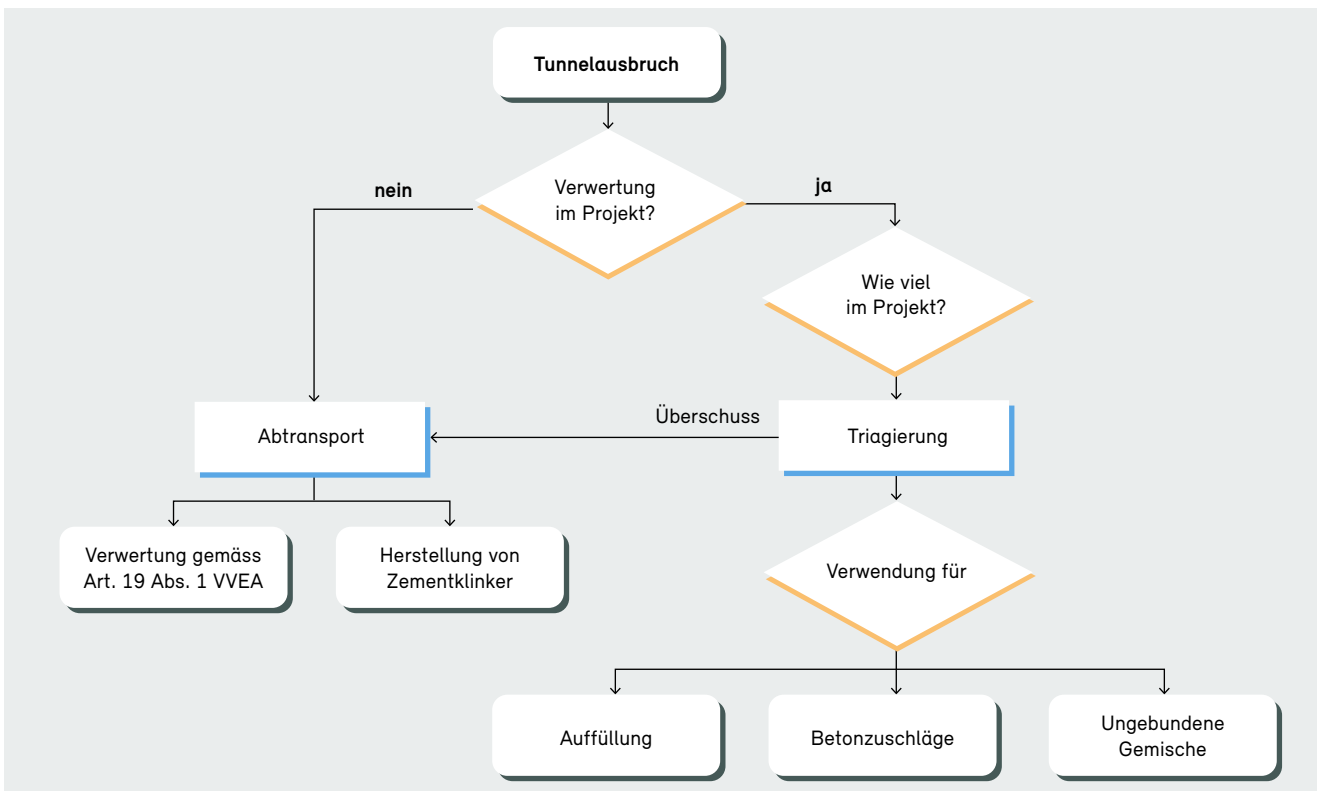
III. Mineralischer Materialbedarf im Projekt

Für die Verwertung im Projekt muss bekannt sein, welche (in welcher Qualität) und wie viel mineralische Baustoffe im Projekt benötigt werden und in welchem zeitlichen Ablauf die Baustoffe eingebaut bzw. benötigt werden.

3.2 Analyse der Grundlagen

Danach gilt es die **Grundlagen zusammenzuführen** und die verschiedenen Möglichkeiten zu konkretisieren. Grundsätzlich ist aus ökologischen und in der Regel auch aus ökonomischen Gründen eine Verwertung des Ausbruchmaterials im Projekt sinnvoll. Entsprechend können nun aufgrund der vorliegenden Grundlagendokumente die **Verwertungsmöglichkeiten** im Projekt nach dem Entscheidungsdiagramm in Abbildung A3-3 definiert werden.

Abbildung A3-3
Entscheidungsdiagramm



Um die logistische Herausforderung der Entsorgung der Massen von Tunnelausbruchmaterial zu bewältigen, ist ein **Zeit-Mengen-Diagramm** mit allen notwendigen Parametern unerlässlich. Das Zeit-Mengen-Diagramm wird über die eigentliche Vortriebs- und Bauzeit erstellt. Ein Monatsraster ist dabei sinnvoll und gibt ausreichend Aufschluss über die Mengenflüsse.

Im Zeit-Mengen-Diagramm werden die folgenden Grundlagen miteinander verbunden:

- Zeitlicher Verlauf des Projekts
- Ausbruchmengen
- Verwertungs-/Materialklassen
- Materialbedarf im Projekt
- Verwertung ausserhalb Projekt
- Entsorgungsmengen

Die folgenden Parameter werden über das Zeit-Mengen-Diagramm errechnet bzw. definiert:

- benötigte Lagerflächen
- benötigte Anlagenleistungen
- benötigte Transportkapazitäten
- benötigte Deponievolumen

Neben der primären Verwertung im Projekt müssen meist zusätzliche Möglichkeiten für die Entsorgung des

überschüssigen Materials gesucht werden. In einem **Massenflussdiagramm** können die unterschiedlichen Entsorgungswege dargestellt werden:

Ausserdem sind die entsprechenden **Transportmöglichkeiten** aufzuzeigen. Der Transport ist ein wichtiger Bestandteil des Entsorgungskonzeptes, da in der Regel die Transportmengen erheblich sind und die Massentransporte je nach Lösung rechtzeitig geplant werden müssen, um ein erfolgreiches Konzept realisieren zu können.

Weiter sind frühzeitig **anthropogene Verschmutzungen**, welche im Rahmen der Vortriebsarbeiten nicht vermeidbar sind (siehe Kapitel 5 nachfolgend) und allfällige **geogene Belastungen** des Ausgangsgesteins (siehe Kapitel 3.4 des vorliegenden Vollzugshilfemodulteils) bei der Analyse zu berücksichtigen.

Abbildung A3-4

Zeit-Mengen-Diagramm (Beispiel)

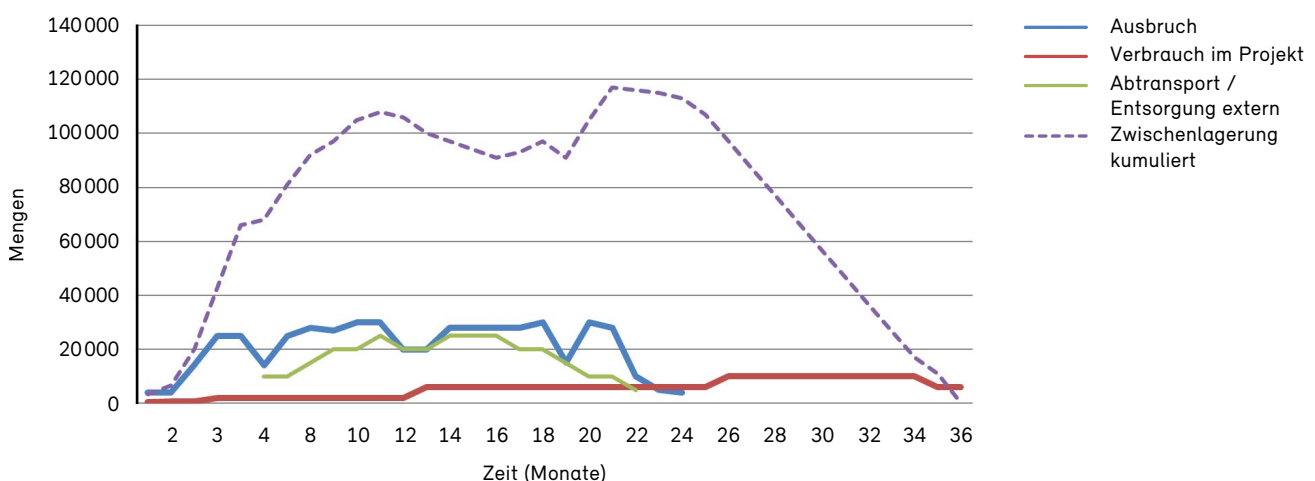
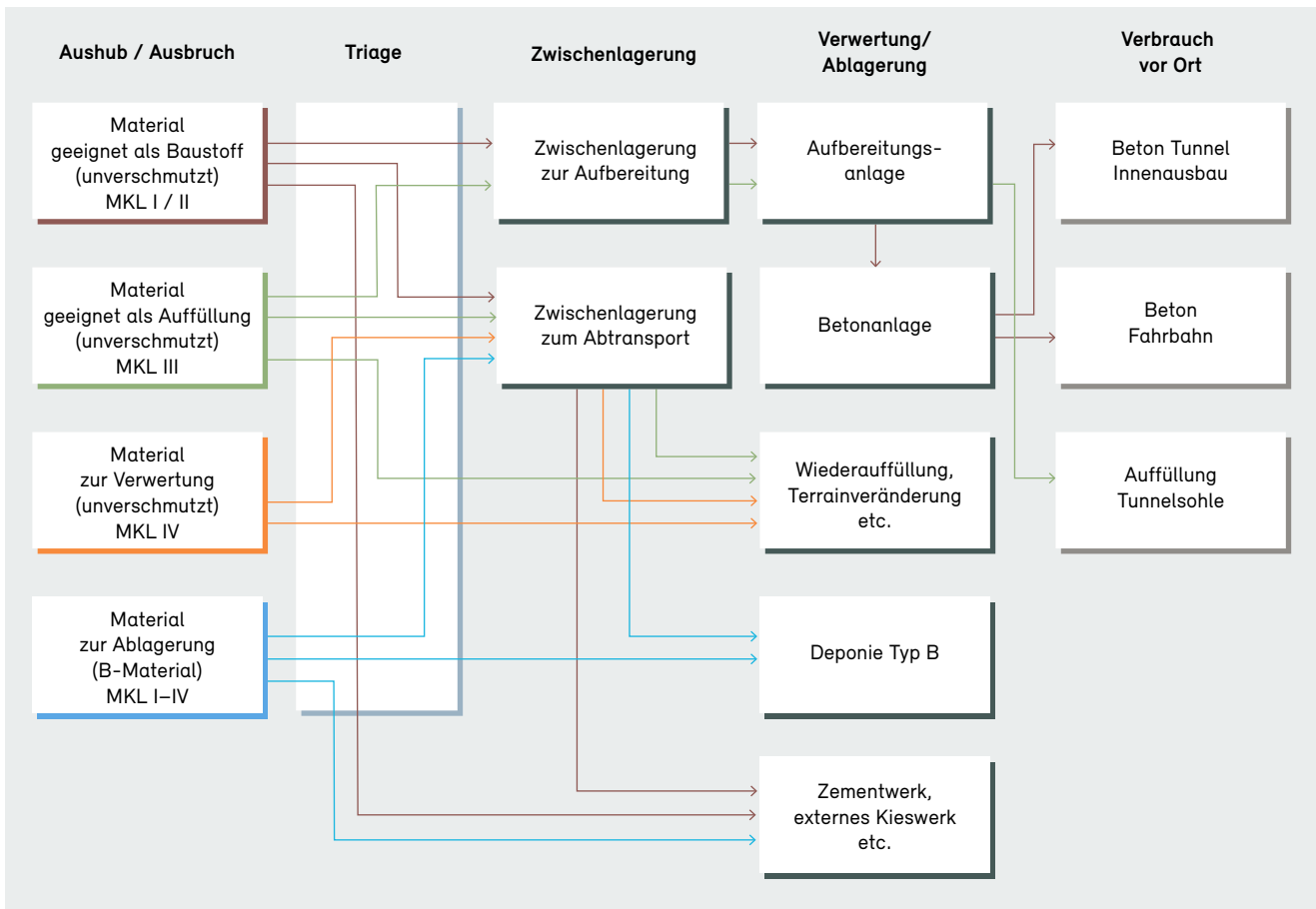


Abbildung A3-5

Beispiel eines Massenflussdiagramms



4. Festlegung des Entsorgungskonzepts

Das Entsorgungskonzept für Tunnelausbruchmaterial ist in der Regel eine komplexe Aufgabe. Es ist unumgänglich, das Konzept über die gesamte Logistikkette in groben Zügen vorzudefinieren, um die richtigen Grundlagen für die eigentliche Ausführung bereits in den frühen Projektphasen (Genehmigungsprojekt, Ausschreibungsprojekt, Detailprojekt) generieren bzw. abklären zu können. Das Entsorgungskonzept muss dabei ständig dem Stand des Bauprojektes angepasst und aktualisiert werden.

Ein Entsorgungsweg kann eine Vielzahl von technischen Installationen beinhalten. Welche Installationen in den einzelnen Bereichen des Entsorgungskonzepts benötigt werden, hängt von verschiedenen Kriterien ab (nicht abschliessend):

- Materialeigenschaften/Geologie (Petrographie, Kornform, Verschmutzungsgrad, Wassergehalt, Korngrösse, Kornspektrum etc.) → Verwertbarkeit → Verfahrenstechnik
- Vortriebsverfahren → kontinuierlicher Vortrieb (TBM) oder diskontinuierlicher Vortrieb (z. B. Sprengvortrieb) → Art und Ausmass systembedingter Verschmutzung des Ausbruchmaterials
- Ausbruchleistung → notwendige Schutterleistung
- Platzverhältnisse im Tunnel (Tunnelquerschnitt) und auf dem Installationsplatz
- Vorhandene Installationsflächen → benötigtes Lagerolumen → Möglichkeit für temporäre Lagerung → Platzbedarf für Aufbereitung
- Bedarf an mineralischen Baustoffen → Aufbereitungsmengen → Kapazität
- Transportdistanzen innerhalb und ausserhalb der Baustelle
- Vorhandene Infrastrukturen (Bahngleise, Strassen, Gewässer etc.)

In der Folge werden die einzelnen Kriterien für die Erstellung des Entsorgungskonzepts detaillierter ausgeführt.

Materialtransporte

Materialtransporte erfolgen sowohl innerhalb wie auch ausserhalb der Baustelle und können mittels verschiedener Transportmittel erfolgen. Der Transport soll nach

Möglichkeit per Bahn oder Schiff erfolgen. Meistens ist der Materialtransport eine Kombination aus den verschiedenen Transportmitteln. Der Ab-/Weitertransport findet oft in andere Räume statt, d. h. ausserhalb der Baustelle. Entsprechend müssen diese Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz erfolgen, wobei die benötigten Kapazitäten (z. B. Fahrplanfenster für Bahnverlad etc.) rechtzeitig reserviert werden müssen. Zum Ab-/Weitertransport gehören auch entsprechende Verladeeinrichtungen.

Transportmittel für den Zwischen-, Weiter- und Abtransport:

- Gurtförderer
- Bahn
- Schiff
- Pneutransport (Dumper, LKW, Pneulader etc.)
- Pumpleitung
- ...

Triage / temporäre Lagerung

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, und es sind entsprechend auch verschiedene systembedingte anthropogene Verschmutzungen zu berücksichtigen. Entsprechend muss das Ausbruchmaterial triagiert und zwischengelagert werden. Für die Lagerung gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Silos
- Boxen
- Offene Halden
- Becken
- ...

Die temporäre Lagerung kann sowohl für das Rohmaterial, aber auch für bereits aufbereitete Materialien ein Thema sein, d. h., nach der Bearbeitung können nochmals Lager benötigt werden. Die benötigten Lager- und Installationsflächen für die erforderlichen Anlagen (Materiallager, Aufbereitungsanlagen, Siloanlagen, Förderbänder, Umschlaganlagen, Verladeanlagen für LKW, Bahn, Schiff etc.) sind zu definieren und im Auflageprojekt bewilligen

zu lassen. Dabei sind in Abhängigkeit der anthropogenen und geogenen Belastung des Ausbruchmaterials auch Angaben zur Platzbefestigung und zum Umgang mit dem Abwasser zu machen.

Behandlung und Aufbereitung auf der Baustelle

Die Behandlung und Aufbereitung auf der Baustelle kann in ihrer Komplexität sehr unterschiedlich sein und hängt im Speziellen von der geplanten Verwertung ab, d. h., die Verfahrenstechnik und auch die Leistung der Aufbereitung müssen spezifisch auf das jeweilige Tunnelprojekt abgestimmt werden. Oftmals wird eine Kombination von verschiedenen Aufbereitungstechniken eingesetzt.

Verwertung/Ablagerung

Die verschiedenen Möglichkeiten für die Verwertung sind in Kapitel 4 des vorliegenden Vollzugshilfemodulteils aufgeführt. Meistens müssen in einem frühen Stadium des Entsorgungskonzeptes mehrere Möglichkeiten für die Verwertung und die Ablagerung geprüft werden. Danach wird festgelegt, welche Wege das Ausbruchmaterial geht bzw. was im Projekt verarbeitet, was ausserhalb des Projekts verwertet und was schlussendlich in einer entsprechenden Deponie abgelagert wird. Folgende Punkte sind zu berücksichtigen:

- Verwertung im Projekt; Mengen
- Verwertung ausserhalb des Projekts; Mengen
- Geländeanpassungen im Rahmen des Projekts
- Seeschüttungen
- Ablagerungen für geogen belastetes Material
- Deponierung; Mengen
- ...

Kostenvergleich

Die Verwertung von Ausbruchmaterial ist für ein Tunnelprojekt in den meisten Fällen von elementarer Bedeutung für Planung und Ausführung und ist bezüglich Kosten nicht zu unterschätzen (in der Regel 10 – 15 % der Baukosten). Es ist deshalb angezeigt, dem Entsorgungskonzept die gebührende Aufmerksamkeit zu schenken und es keinesfalls als Nebenbereich abzutun. Vielmehr muss das Entsorgungskonzept rechtzeitig in Angriff genommen werden, damit dieses beim Start des Tunnelvortriebs zu 100% eingerichtet, getestet und funktionsbereit ist und

auch in einem vernünftigen Kosten-Nutzen-Verhältnis steht.

Zeiten

Das Verwertungs- und Entsorgungskonzept muss für den eigentlichen Vortriebsbeginn funktionsfähig sein. Entsprechend muss genügend Zeit eingerechnet werden oder es müssen entsprechende Übergangslösungen zur Verfügung stehen. Die Vorlaufzeit gegenüber dem Vortriebsbeginn für das Einrichten der Entsorgungswege kann bei grösseren Tunnelprojekten bis zu zwei Jahre in Anspruch nehmen.

Bewilligungen

Sämtliche Bewilligungen sind für das gewählte Verwertungs- und Entsorgungskonzept einzuholen. Je nach Umfang des Verwertungs- und Entsorgungskonzeptes sind solche Bewilligungen mit grossem zeitlichem Aufwand verbunden und müssen mit entsprechendem Vorlauf eingeholt werden, um für das gewählte Projekt Rechtsicherheit zu erlangen.

Aus den Resultaten ergeben sich die einzuholenden Bewilligungen, um die Machbarkeit eines Entsorgungskonzeptes sicherzustellen:

- Installations- und Lagerflächen (Bauperimeter)
- Bahntrassen für Abtransport
- Bewilligungen für Ablagerungen
- Deponietyp
- Seeschüttung
- Terrainveränderungen
- etc.

Angaben/Vorgaben an Tunnelbau (Vortrieb)

Damit ein Entsorgungskonzept optimal funktionieren kann, müssen an der Schnittstelle zum eigentlichen Tunnelbau einige Parameter rechtzeitig definiert werden, damit das Entsorgungskonzept richtig ausgelegt und dimensioniert werden kann. In einzelnen Fällen müssen die folgenden Punkte dem Tunnelbau zwingend vorgegeben werden bzw. in der Ausschreibung formuliert werden:

- max. Leistungen (Vortriebsleistung, Transportleistung, Ausbauleistung etc.)
- max. Korngrösse für Handling und Transport

- spezielle Vorkehrungen im Bauprozess zur Verminderung von anthropogenen Verschmutzungen gemäss dem Stand der Technik nach VVEA (siehe auch Kapitel 5)
- vorgeschriebene Trennung von Materialklassen
- zeitlicher Anfall des Tunnelausbruchs
- zeitlicher Bedarf von mineralischen Baustoffen

Schnittstellen

Neben den Vorgaben an den Tunnelbau empfiehlt es sich, noch weitere Schnittstellen genauer zu definieren bzw. abzustimmen:

- Schnittstellen zur Betonproduktion bzw. zu den Betonanlagen
 - Ausrüstung Betonanlage
 - Leistung
 - Fertiggemische oder Einzelkomponenten
- Schnittstellen zu Deponien und Ablagerungsstandorten
 - Tagesmengen
 - Kapazitäten
 - Qualitäten
- Schnittstellen zu Transporteuren: Zielort / Datum / Zeit
 - Lademengen
 - Materialqualitäten

5. Anforderungen an die Materialbewirtschaftung

In der Folge werden grundsätzliche Anforderungen definiert, welche in der Regel an die Materialbewirtschaftung gestellt werden müssen. Diese Anforderungen können jedoch auch durch spezifische Anforderungen, welche durch das Projekt verursacht werden, ergänzt werden.

Geplante Nutzungsdauer

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

Allgemeine Anforderungen

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

- Die Anlagen müssen wintertauglich betrieben werden können.
- Lärm- und Staubemissionen:
 - Die Anforderungen an Maschinen und Geräte sowie Transportfahrzeuge müssen sich an der Massnahmenstufe B gemäss Baulärmrichtlinie (BAFU, Juni 2006) orientieren.
 - Staubemissionen werden auf ein Minimum reduziert und richten sich nach der BAFU-Richtlinie «Luftreinhaltung auf Baustellen» vom Januar 2016.
- 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.

Materialeigenschaften und anthropogene Verschmutzungen

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

Für die Entsorgung sind entsprechende Qualitäten bzw. Grenzwerte gemäss VVEA einzuhalten. Einen entsprechenden **Prüfplan** gilt es auch hier als Nachweis umzusetzen. Nachfolgend sind relevante Bauprozesse und mögliche Massnahmen zur Minimierung der anthropogenen Verschmutzung beschrieben.

Sprengevvortrieb – Explosionsrückstände

Beim Sprengen entstehen Explosionsrückstände, welche es durch entsprechende Massnahmen zu minimieren gilt. Die folgenden Massnahmen sind beim Sprengen zu berücksichtigen:

- Sensibilisierung der Baustellenverantwortlichen für Kontrollen und eventuelle Korrekturen beim Einsatz vor Ort
- Protokollierte Kontrollen des Equipments in definierten Abständen, je nach Intensität des Einsatzes

Bei korrekter Anwendung von Emulsionssprengstoff sind für das Sprengen keine wesentlichen Nachteile bezüglich Überschreitung der Grenzwerte gegenüber patroniertem Sprengen zu erwarten. Es müssen jedoch mit entsprechenden Massnahmen und Vorgaben die Risiken einer falschen Handhabung reduziert bzw. eliminiert werden.

Kohlenwasserstoffe

Beim Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine werden prozessbedingt immer Schmiermittel eingesetzt, was eine gewisse Verschmutzung des Ausbruchmaterials mit Kohlenwasserstoffen zur Folge hat. Daneben müssen aber für sämtlichen Arbeiten, welche ein zusätzliches Freisetzen von Kohlenwasserstoffen zur Folge haben können, Vorsichtsmassnahmen getroffen werden. Dabei gilt:

- Die Baustellenentwässerung wird gemäss SIA-Empfehlung 431 konzipiert und betrieben.
- Entwässerungen via Absetzbecken mit Ölabscheider.
- Gesicherte Lagerung von wassergefährdenden Flüssigkeiten (100% Auffangvolumen), Beschränkung der Lagermengen, insbesondere keine Überschreitung der Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung.
- Wartungs- und Unterhaltsarbeiten an Maschinen finden nur über Auffangwannen, in gewässerschutzkonformer Werkstatt oder auf befestigten Plätzen statt.
- Einsatz einwandfrei gewarteter Maschinen. Regelmässige Kontrolle der Systeme innerhalb kurzer Intervalle mit entsprechenden Wartungsprotokollen.
- Vorhandensein von Ölwehrbesteck und Bindemittel in ausreichender Dimensionierung und Menge.

Betonabprall (Spritzbeton)

Der Spritzbetonrückprall ist von der Unternehmung gesondert zu erfassen und entsprechend seiner chemischen Zusammensetzung zu verwerten oder abzulagern.

Das Ausbruchmaterial kann in Bezug auf Spritzbetonrückprall gemäss den folgenden kumulativen Kriterien als unverschmutzt klassiert werden, sofern keine anderen Verschmutzungen vorliegen:

- Es handelt sich ausschliesslich um Ausbruchmaterial (keine Behandlungsrückstände wie Schlämme, Feinmaterial etc.).

- Es handelt sich nicht um Material, welches aus der Tunnelsohle stammt.
- Der verwendete Zement hält die Anforderungen gemäss ChemRRV⁶ ein.
- Die Trennung von Ausbruchmaterial und Beton aus der Ortsbrustsicherung und dem Spritzbetonrückprall muss gemäss allen gegebenen Möglichkeiten der Technik vorgenommen werden. Eine minimale Verschmutzung mit anderen mineralischen Bauabfällen kann geduldet werden (siehe Kapitel 5.4 des vorliegenden Vollzugshilfemodulteils).
- Um die Trennung beurteilen zu können, müssen die Massenströme des eingesetzten Betons gemessen und dokumentiert werden. Die Dokumentation muss als Massenbilanz alle Massenströme enthalten (total eingesetzte Menge, entsorgte Menge an Spritzbetonrückprall, abgetrennte Menge von Beton aus dem Ausbruchmaterial nach dem Abschlag und, als Resultat, den Anteil an Beton im Ausbruchmaterial).

Zur Sicherstellung der Einhaltung der oben stehenden Kriterien ist das Führen einer Tabelle zur Bilanzierung der Mengen gemäss nachfolgenden Angaben eine praktikable Möglichkeit:

Spalte [1]: Aufteilung Ausbruchvolumen theoretisch gemäss Plan in Kalotte, Strosse sowie Sohle / Baupiste (variiert je nach Ausbruchquerschnitt).

Spalte [2]: Transporte Ausbruch auf Deponie der Unternehmung gemäss Wiegescheinen (Annahmeschein des Deponiebetreibers).

Spalte [3]: Aufteilung des effektiven Ausbruchvolumens proportional zu den theoretischen Kubaturen (Spalte [1]). Der Transportanteil der Sohle / Baupiste ist noch nicht ausgeführt und daher im Volumenstrom nicht integriert, sondern nur informativ ausgewiesen.

Spalte [4]: Prozentuale Aufteilung des Ausbruchvolumens von Kalotte und Strosse aus Spalte [3].

⁶ Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV, SR 814.81)

Spalte [5]: Informative Angabe der theoretischen Spritzbetonmenge gemäss Plan.

Spalte [6]: Gelieferte Gesamtmenge Spritzbeton (gemäss Lieferscheinen und Betoniertagebuch).

Spalte [7]: Die Rückprallmenge wird auf Basis SIA 118/198 angenommen (20%) oder allenfalls über Rückprallversuche ermittelt.

Spalte [8]: Rapportierte Menge Spritzbeton für die Ortsbrustsicherung (gemäss Lieferschein und Betoniertagebuch).

Spalte [9]: Anteil der Sofortsicherung für die Tunnelaibung (Kopfschutz und Paramente), welcher im Tunnel verbleibt und gleichzeitig mit der Ortsbrustsicherung aufgebracht wird (gemäss Lieferschein).

Spalte [10]: Ermittlung der als Ortsbrustsicherung aufgegebenen Spritzbetonmenge als Festkubatur, welche mit einem Abschlag ausgebrochen wird. Die Berechnung des Rückpralls erfolgt auf Basis SIA 118/198 gemäss Spalte [7]. Die Brustsicherung kann nicht separiert werden und wird zu 100% mit dem Ausbruchmaterial abtransportiert.

Spalte [11]: Theoretische Menge Spritzbeton im Ausbruch als Summe aus Rückprall und Ortsbrustsicherung. Der Rückprall aus dem Vortrieb Strosse/Sohle wird gemäss Vorgehensweise zu 100% in der Baupiste belassen und erst nach Vortriebsende abgeführt. Mit dem Ausbruchmaterial Strosse wird nur die eingebaute Brustsicherung abgeführt.

Spalte [12]: Theoretische Menge Spritzbeton im Ausbruchmaterial in [t].

Spalte [13]: Triagiertes Ausbruchmaterial inkl. Spritzbetonrückprall, welches auf eine Deponie Typ B transportiert wird (gemäss Deponiescheinen).

Spalte [14]: Anteil Spritzbetonrückprall im triagierten Ausbruchmaterial (Annahme 70%).

Spalte [15]: Verbleibender Anteil Spritzbeton im Ausbruchmaterial (Differenz von [11] und [13]).

Spalte [16]: Prozentualer Gewichtsanteil Spritzbeton auf Gesamtgewicht Ausbruchmaterial.

Planung, Unterhalt und Überwachung der Anlagen

Aus den geplanten Materialflüssen ergibt sich eine minimale Dimensionierung der Materialbewirtschaftungsanlagen. Die Bauherrschaft kann diese Auslegung aufgrund ausserordentlicher Auswirkungen auf das Bauprojekt (Verzögerungen Bauprogramm, Stillstandskosten, Vortriebsunterbruch etc.) durch weitere Vorgaben erweitern:

- Reserven
- Redundanz
- Sicherheit

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 verantwortliche Ansprechperson für die Kommunikation an den Schnittstellen jederzeit erreichbar sein.

6. Hinweise zur Submission

Für die Submission ist es wichtig, dass den Anbietenden die entsprechenden Angaben des Entsorgungskonzeptes für die Kalkulation vollständig zur Verfügung stehen. Die Anbietenden sollen verpflichtet werden, das Konzept anzuwenden oder, falls eine Variante vorgeschlagen wird, Angaben im gleichen Umfang im Rahmen der Bearbeitung des Angebotes als Bestandteil der Offerte abzugeben (inkl. notwendiger Bewilligungen).

Die Minimierung von anthropogenen Verschmutzungen verbessert die Möglichkeiten zur Verwertung von Tunnelausbruchmaterial. Allfällige vom Bauverfahren abhängige und damit systembedingte, nicht vermeidbare anthropogene Verschmutzungen des Ausbruchmaterials sind durch geeignete Massnahmen direkt im Bauprozess und durch

die nachträgliche Behandlung des Ausbruchmaterials zu reduzieren.

Die Unternehmung ist bezüglich der Verursachung von vermeidbaren anthropogenen Verschmutzungen in der Ausschreibung klar in die Verantwortung zu nehmen. Grundsätzlich muss die Unternehmung für die Folgekosten aufgrund vermeidbarer anthropogener Verschmutzungen aufkommen.

Es macht Sinn, relevante Bauprozesse, welche Risiken für allfällige anthropogene Verschmutzungen beinhalten, in der Ausschreibung zu erwähnen und entsprechende Massnahmen vorzugeben.

6.1 Nachweise

Zur Kontrolle der Arbeiten sind die notwendigen Kontrollen einzufordern. Der Rhythmus der Beprobung ist abhängig vom Vortriebsverfahren und von den eingesetzten Bauprozessen sowie von den geologischen Schichtwechseln.

Für die grundsätzliche Typisierung bezüglich Materialklasse und allfälliger geogener Belastung beim Ausbruchmaterial muss die Bauherrschaft die notwendigen Prüfungen auf folgende Parameter durchführen:

- Geologische Klassierung
- Geogene Belastung

Das Material ist ausserdem regelmässig auf anthropogene Verschmutzungen zu beproben, um die rechtskonforme Verwertung oder Deponierung des anfallenden Ausbruchmaterials zu gewährleisten.

Es gelten hierbei folgende Vorgaben:

Gemäss Prüfplan wird die Bestimmung des Fremdstoffanteils (in %) im Ausbruchmaterial durchgeführt. Die Ausbruchproben müssen auf folgende Parameter (gemäss Methoden VVEA, sofern nicht anders vereinbart) analysiert werden:

- Aliphatische Kohlenwasserstoffe ($KW_{C_{10}-C_{40}}$)
- Totaler organischer Kohlenstoff (TOC)
- Ammonium/Ammoniak (24-Std.-Eluat gemäss VVEA)
- Nitrite (24-Std.-Eluat gemäss VVEA) bei Sprengvortrieb

- Weitere Parameter aufgrund der durch die Unternehmung vorgesehenen Verwertung

Die Probenahmen sind mit einem Protokoll zu dokumentieren, welches mindestens enthält:

- Probenehmer mit Unterschrift
- Ort, Datum
- Bezeichnung der Proben
- Tm-Abschnitt (ca.)
- Wetterbedingungen (Temperatur, Niederschläge)
- Probenahmeort und ggf. Lagerungsdauer auf der Baustelle
- Beschreibung der Proben (Farbe, Geruch, Materialart)
- Schätzung des Überkornanteils > 10 cm (in %)
- Bemerkungen/Hinweise (Fotos etc.)

Nach jeder Beprobung sind die Proben zeitnah und unaufgefordert gegenseitig und den zuständigen Behörden zuzustellen und mindestens bis nach Ablauf der Bauzeit zu archivieren.

Sowohl durch die Bauherrschaft wie auch durch die Unternehmung sollten periodisch die Resultate des anderen überprüft beziehungsweise eigene Kontrollen und Analysen durchgeführt werden, um die rechtskonforme Verwertung oder Deponierung des anfallenden Ausbruchmaterials zu kontrollieren.

6.2 Abweichungen bei Qualitäten und Mengen

Das geologische Profil basiert in der Regel auf Sondierbohrungen und auf wissenschaftlichen Annahmen und Erkenntnissen über die Geologie der jeweiligen Gegend. Eine exakte Vorhersage ist jedoch schwierig und entsprechend können sich die Qualitäten bzw. Mengen der einzelnen Materialklassen verändern. Da dies Folgen für die Verwertung und die Ablagerung hat, ist es sinnvoll, in einer rollenden Bilanzierung Veränderungen festzuhalten und notwendige Massnahmen rechtzeitig in die Wege zu leiten.