

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 114 (1996)  
**Heft:** 29

**Artikel:** Materialbewirtschaftung  
**Autor:** Feuchter, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79007>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Walter Feuchter, Zürich

## Materialbewirtschaftung

**Beim Bau eines Tunnels ist die Vortriebsleistung von entscheidender Bedeutung. Dabei gilt: je grösser desto besser. Als Folge davon fällt in kurzer Zeit viel Ausbruchmaterial an, das aufbereitet, abtransportiert oder deponiert werden muss. Grosse Zwischendeponien sind kostenintensiv und der Abtransport mit Lastwagen in der Regel ökologisch nicht vertretbar. So wird beim Bau der Vereinalinie darauf geachtet, dass möglichst alle Transporte über den Schienenweg erfolgen – dies gilt insbesondere auch für den Abtransport von Ausbruchmaterial.**

Der Vereinatunnel weist eine Länge von rund 19 km auf. Davon werden 11,5 km von Norden her aufgeföhren. Die ersten 2,1 km Zwei-Spur-Tunnel wurden sprengtechnisch ausgebrochen. Die dabei angefallene Ausbruchmenge von 150 000 m<sup>3</sup> (fest) wurden in Selfranga als Schüttung für den künftigen Autoverladebahnhof eingebaut. Seit Anfang Mai 1995 wird der Vereinatunnel vom Norden her im Ein-Spur-Profil mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) des Durchmessers 7,64 m aufgeföhren, wobei diese bis zur Losgrenze eine Strecke von 9400 m zu bewältigen hat.

Anschliessend wird der Ein-Spur-Tunnel von km 8,0 bis km 10,4 zu einer Kreuzungsstation (Zwei-Spur-Tunnel) sprengtechnisch ausgeweitet. Total entspricht dies einer Ausbruchmenge von 485 000 m<sup>3</sup> (fest). Die folgenden Überlegungen und Betrachtungen beziehen sich auf den Vortrieb der TBM von Norden und die Ausweitung der Kreuzungsstation, also auf 485 000 m<sup>3</sup> im Festmass gemessenen Ausbruchmaterials.

### Wichtigste Annahmen

Messungen in der bisher mit der TBM aufgeföhrenen Strecke haben einen Auflockerungsfaktor von 1,81 ergeben. Die Durchschnittsleistung der TBM betrug bis Juni 1996 rund 10 m/Arbeitstag (AT). Für die Materialbewirtschaftung dagegen wurde sie mit 20 m/AT angenommen. Zu beachten gilt es aber, dass der Tunnel 1995 grösstenteils in gebrächen, sehr druckhaften Gneisen aufgeföhren wurde. Seit Anfang 1996 wird nun vermehrt Amphibolit angegriffen, so dass auch die mittleren monatlichen Vortriebsleistungen um 20 m/AT betragen, Spitzentagesleistungen sogar über 40 m/AT. Gearbeitet wird im 4/3 Schichtbetrieb, d.h. 24 Stunden pro Tag, 7 Tage die Woche. Der Durchschlag bei km

11,5 ist auf Anfang 1997 geplant. Die nachfolgende Ausweitung der Kreuzungsstation wird bis Ende 1997 abgeschlossen sein. Der Eigenbedarf an Material für Beton und Koffermaterial (Strassen) wird aus Ausbruchmaterial aufbereitet. Gemäss geologischer Prognose sind 10% des anfallenden Ausbruchmaterials für die Aufbereitung ungeeignet.

Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Annahmen kurz zusammen.

Vortriebsleistung	20 m/AT $\pm$ 920 m <sup>3</sup> (fest)
Durchschlag (km 11,5)	Anfang 1997
Ausweitung	
Kreuzungsstation	1997
Auflockerungsfaktor	1,81
Vortrieb TBM+	485 000 m <sup>3</sup> (fest)
Kreuzungsstation	$\pm$ 880 000 m <sup>3</sup> (lose)
für Aufbereitung ungeeignet (10%)	90 000 m <sup>3</sup> (lose)
Eigenbedarf	130 000 m <sup>3</sup> (lose)

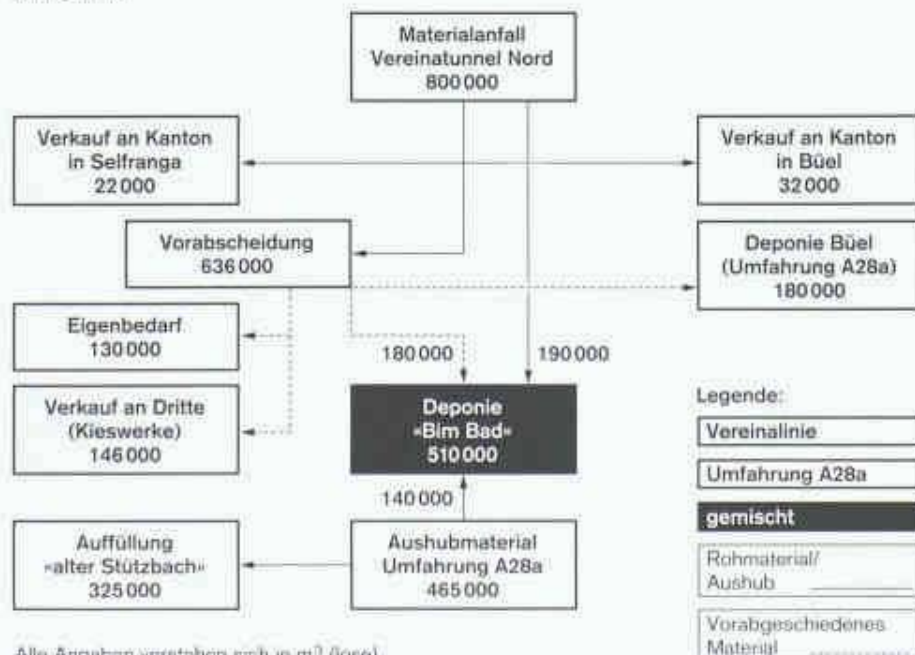
### Dispositiv (Materialfluss)

Neben dem Eigenbedarf kommen für die Verwertung und Deponierung der 880 000 m<sup>3</sup> losen Ausbruchmaterials im Fall des Vereina Nord folgende Möglichkeiten in Frage:

- Abgabe an Dritte
- Deponien

Im Dispositiv wurde ebenfalls der Bau der Umföhrungsstrasse Klosters A28a, die teilweise bereits 1996 in Angriff genommen wird, berücksichtigt. So war beispielsweise als Variante vorgesehen, für die Voreinschnitte der A28a im Raume Selfranga etwa 140 000 m<sup>3</sup> (lose) Aushubmaterial nach Büel (unterhalb Klosters) abzutransportieren. Geplant waren diese Arbeiten nach dem Jahr 2000, also nach der Inbetriebnahme der Vereinalinie, d.h. ohne die Möglichkeit eines Verlaides und Transports auf der Schiene. Die Folge wäre gewesen, dass die 140 000 m<sup>3</sup> eventuell per LKW nach Büel hätten abtransportiert werden müssen. Diese Überlegungen führten dazu, dass nun 180 000 m<sup>3</sup> Vereinausbruch per Bahn nach Büel transportiert werden, und so für den Kanton in Selfranga bzw. in der Vereina-Deponie «Bim Bad» Platz für weiteres Aushubmaterial entsteht (1).

1  
Materialfluss Vereina Nord (mechanischer Vortrieb Ein-Spur-Strecke und Ausweitung Kreuzungsstation)



Alle Angaben verstehen sich in m<sup>3</sup> (lose).

### Eigenbedarf

Für die Gewölbesicherung, den Tunnelausbau (Gewölbe, Sohle, Bankette usw.) sowie für die Erstellung des Autoverladebahnhofes Selfranga werden rund 130 000 m<sup>3</sup> (lose) Kiessand, Split, Sand usw.

benötigt. Dieses Material wird aus Ausbruchmaterial aus dem Vereinatunnel direkt auf der Baustelle aufbereitet, die sich damit selbst versorgt. Zu beachten gilt es aber, dass für  $1 \text{ m}^3$  aufbereitetes Material rund  $2 \text{ m}^3$  Rohmaterial benötigt werden. Somit ergeben sich aus den  $260\,000 \text{ m}^3$  Rohmaterial  $130\,000 \text{ m}^3$  aufbereitete Komponenten, wie auch  $150\,000 \text{ m}^3$  Unterkorn.

### Abgabe an Dritte

Um den Materialüberschuss und somit teure Abtransporte möglichst tief zu halten, wird auch Ausbruchmaterial (TBM-Chips) an umliegende Kieswerke sowie an den Kanton Graubünden für die Erstellung der A28a verkauft. Für die Kieswerke wird das Ausbruchmaterial  $>16 \text{ mm}$  abgiebt und per RhB geliefert.

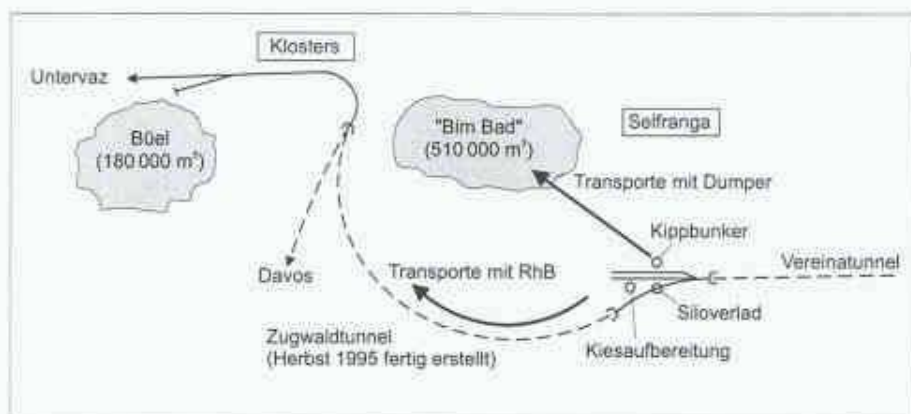
Dem Kanton wird das Rohmaterial direkt abgegeben und kommt als Koffermaterial für den Strassenbau zum Einsatz. Untersuchungen haben ergeben, dass schon das Rohmaterial alleine im allgemeinen den Anforderungen des Kantons an einen Kiessand II (KS II) genügen wird.

### Deponien

Für die Deponierung von Ausbruchmaterial dient in erster Linie die Deponie «Bim Bad», welche sich im Raum Selfranga befindet und nach dem Kippen der Schuttermenge in den Kippbunker direkt mit Dumpfern erreicht werden kann (2).

Auf diese Deponie wird die zukünftige Umfahrungsstrasse A28a bzw. deren Zufahrt zur Vereinalinie zu liegen kommen, was eine einwandfreie Qualität der Verdichtung voraussetzt. Verschiedene Schüttversuche haben gezeigt, dass das anfallende Ausbruchmaterial bzw. das vorabgeschiedene Unterkorn diese Anforderung erfüllt.

Das Gesamtvolumen der Schüttung «Bim Bad» beträgt  $510\,000 \text{ m}^3$  (lose), wobei, wie bereits beschrieben,  $140\,000 \text{ m}^3$  (lose) für die Erstellung der A28a (Voreinschnitte usw.) reserviert sind. Der Vereinalinie verbleiben somit noch  $370\,000 \text{ m}^3$  (lose) Deponievolumen (3). Im Gegenzug kann die Vereinalinie  $180\,000 \text{ m}^3$  (lose) in die Deponie Büel, welche ebenfalls für die Erstellung der A28a benötigt wird, per RhB abtransportieren. Zu diesem Zweck mussten im Bereich Büel ein Abzweiggleis sowie eine Kippwand erstellt werden (4). Weitere Deponien (z.B. Untervaz) stehen zwar ebenfalls zur Verfügung, sind jedoch mit relativ hohen Abtransportkosten verbunden und werden wenn möglich nicht beansprucht.



2  
Übersichtsplan Vereina Nord

3  
Deponie «Bim Bad» (Foto: Fotostudio Oberli)



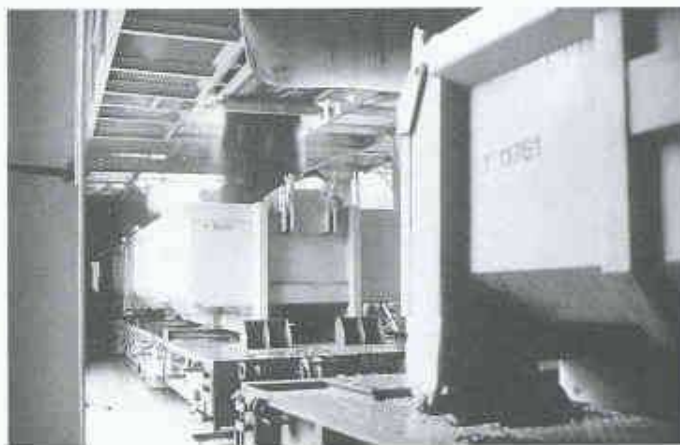
4  
Kippwand Büel / 2 Fau- und 1 Fad-Wagen beim Entleeren (Foto: Bauleitung Nord)





5

Gabelstapler mit ACTS-Mulden (Foto: EWI)



6

Siloverlad in Selfranga (Foto: RhB)

### RhB-Transporte

Wie generell beim Bau der Vereinalinie wird auch in diesem Fall darauf geachtet, dass möglichst kein Material über die Strasse, sondern mit der Bahn abtransportiert wird. Je nach Zielort bzw. Entlademöglichkeit setzt die RhB Kippwagen (sog. Fad- oder Fau-Wagen) oder aber R-Wagen mit ACTS-Mulden, welche mit Hilfe eines Gabelstaplers abgeladen werden können, ein (5). Dabei wird das anfallende Material direkt in Selfranga mehrheitlich via Sikos bahnverladen (6) und von da durch den bereits erstellten, ca. 2 km langen Zugwaldtunnel abtransportiert. So kann die RhB je nach Zielort bis zu 1700 m<sup>3</sup> Material pro Tag abführen (7). Dies entspricht in etwa der Ausbruchkubatur/AT bei einer Vortriebsleistung von 20 m/AT. Um nun

möglichst keine teuren Zwischendeponien anlegen zu müssen, wird, wann immer möglich, auch über das Wochenende Material per Bahn abtransportiert. Zudem ist natürlich auch die Kiesaufbereitungsanlage sieben Tage die Woche in Betrieb.

### Sensitivitätsbetrachtung

Materialbewirtschaftungskonzepte sind normalerweise von verschiedenen Faktoren abhängig wie:

- Auflockerungsfaktor
- Verdichtungsfaktor (beim Wiedereinbau in die Deponie)
- Gesteinszusammensetzung (Geologie/Petrographie)
- Vortriebsleistung
- Abtransportkapazität

- Witterung (Sommer/Winter) um nur einige der wichtigsten zu nennen.

Schon sehr kleine Änderungen dieser Faktoren können einen beachtlichen Einfluss haben. Steigt beispielsweise der Auflockerungsfaktor von 1,81 auf 1,86, so erhöht sich die Ausbruchmenge (lose) um bis zu 40 000 m<sup>3</sup>. Ein weiteres Problem stellen die Witterungseinflüsse dar. So kann z.B. über die Wintermonate (Dezember bis April) wegen Frost kein Eigenmaterial aufbereitet werden. Damit Material auch in dieser Zeit abtransportiert werden kann, müssen die Transporte mit R-Wagen erfolgen. Dies setzt wiederum voraus, dass ein Gabelstapler beim Abladen eingesetzt werden kann. Abnehmer, die normalerweise mit Fad- oder Fau-Wagen (Kippwand) Material entgegennehmen, können in dieser Zeit nicht beliefert werden. Und selbst bei den R-Wagen besteht die Gefahr, dass das Material gefriert und damit eventuell Mehrkosten verursacht werden. Der Vortrieb dagegen läuft auch über die Wintermonate weiter. Dies bedingt einerseits, dass das Material möglichst direkt in die Deponie «Bim Bad» eingebaut werden muss und andererseits, dass für den Eigengebrauch bereits aufbereitetes Material zwischendeponiert wird.

Diese Randbedingungen und Einflüsse setzen bei allen Beteiligten immer wieder grösste Flexibilität voraus. Nur so kann gewährleistet werden, dass ein optimaler Arbeitsablauf eingehalten werden kann.

Adresse des Verfassers:  
Walter Feuchter, Bauingenieur HTL, Elektrowatt  
Ingenieurunternehmung AG, Postfach, 8034  
Zürich

7

Transportkapazität der RhB (Materialabtransporte)

	1996												
	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Verkauf an Dritte				400 m <sup>3</sup> / AT								720 m <sup>3</sup> / AT	
				50 000 m <sup>3</sup>						30 000 m <sup>3</sup>			
Deponie Büel				1 200 m <sup>3</sup> / AT									
				180 000 m <sup>3</sup>									
	1997												
	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Verkauf an Dritte				400 m <sup>3</sup> / AT		720 m <sup>3</sup> / AT							
				12 000 m <sup>3</sup>		86 000 m <sup>3</sup>							
Verkauf an Kanton in Büel				1 200 m <sup>3</sup> / AT									
				32 000 m <sup>3</sup>									