
Umweltprobleme beim Tunnelvortrieb aus der Sicht der Österreichischen Bundesbahnen

ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN TUNNEL DRIVING FROM THE AUSTRIAN FEDERAL RAILWAYS' VIEWPOINT

DIPL.-ING. DR. TECHN. HANS WEHR, GENERALDIREKTION DER ÖSTERREICHISCHEN BUNDESBAHNEN, ARBEITSGEBIET UNTERBAU, WIEN

Im Zuge der Errichtung neuer Eisenbahnstrecken wird aus Umweltgründen der Tunnelanteil im Vergleich zu bestehenden Strecken stark zunehmen. Nur so ist für neue Hochleistungsstrecken eine örtliche Akzeptanz zu erreichen.

Während der Bahnbetrieb in einem Tunnel kein Umweltproblem darstellt, steht die Öffentlichkeit dem Vortrieb neuer Tunnels zunehmend skeptisch gegenüber. Sprengerschütterungen, Transporte und Baustellenlärm geben zu verschiedenen Befürchtungen Anlaß.

Auch die Sicherung entsprechender Deponieflächen für das Tunnelausbruchmaterial gestaltet sich zunehmend schwierig. Seit der Einführung des neuen Abfallwirtschaftsgesetzes wird Tunnelausbruch als Abfall definiert und unterliegt dem neuen Gesetz.

Bis jetzt wurde Ausbruch als inertes Material betrachtet. Durch die in Diskussion stehenden strengen Grenzwerte der Richtlinien für die Ablagerung von Abfällen ist diese Betrachtungsweise in Frage gestellt, obwohl diese Richtlinie auf eigentliche Abfälle und nicht auf Ausbruchmaterial hinzielt.

Abfall Experten schließen derzeit über den Grenzwert liegende Kontaminationen des Ausbruchmaterials durch Dieselabgase, Sprengstoffrückstände und Spritzbetonrückprall nicht aus.

Auch eine negative Beeinflussung der Ulmendrainagewässer durch die Verwendung von Spritzbeton wird immer wieder diskutiert.

Compared with the existing railway lines, the importance of tunnels is bound to increase for environmental reasons. This is the only way to gain local acceptance for the new high-speed railway systems.

While the public does not object to existing lines passing through tunnels, it is increasingly critical of new projects. Vibrations due to blasting, motor transport and excessive noise on the construction site give rise to concern.

Moreover, the safe dumping of muck becomes increasingly difficult. Under the new Waste Management Law (Abfallwirtschaftsgesetz), muck is defined as waste and is therefore subject to the new law.

Muck has so far been regarded as inert material. The strict limit values of the guidelines on the dumping of waste products now under discussion call this view in question, even though the guideline is targeted at wastes properly speaking and not at muck.

Waste experts at present do not rule out the possibility that contamination of the muck due to diesel exhaust gas, explosives and shotcrete rebound might exceed the limit value.

Furthermore, the negative effects of shotcrete on the sidewall drainage water have repeatedly been discussed.

1. Einleitung

Zur Befriedigung des immer stärker werden- den Wunsches der Verlagerung von Verkehr - insbesondere Transitverkehr - von der Straße auf die Schiene ist die Vergrößerung der Leistungs- fähigkeit des Hauptstreckennetzes der Österrei- chischen Bundesbahnen eine wesentliche Voraussetzung. Dazu ist die Verdoppelung der Gleisanzahl auf den zumeist eingleisigen Alpen- transversalen (Arlberg, Tauern, Schober), die Errichtung einer viergleisigen Westbahn zwi- schen Wien und Salzburg, ferner die Netzver- stärkung in besonders stark belastenden Stre- kenabschnitten, wie zum Beispiel im Raum Wien und Leoben und die Ausschaltung technischer Barrieren, wie beispielsweise die bestehende Semmeringstrecke, zwingende Voraussetzung.

Während die großen zusammenhängenden Neubaustreckenabschnitte von der eigens dafür eingerichteten Hochleistungsstrecken-AG ge- plant und errichtet werden, konzentrieren sich die Bemühungen des Baudienstes der Österrei- chischen Bundesbahnen neben anderen Aufga- ben derzeit auf den zweigleisigen Ausbau der Gebirgsstrecken und den viergleisigen Ausbau im Raum Leoben.

Die Neuerrichtung von Eisenbahnstrecken im Gebirge erzwingt bereits aus topografischen Gründen einen entsprechend großen Tunnelan- teil; die immer stärker werdende Sensibilität der Bevölkerung in Umweltfragen (hinsichtlich des Eisenbahnwesens in erster Linie Lärm und Erschütterungen) erfordert zusätzliche unterir- disch zu führende Streckenabschnitte.

In den vom Baudienst der ÖBB zu errichten- den Aus- und Neubauabschnitten beträgt nach heutigem Wissensstand die Gesamtlänge der Neubautunnel rund 45 km. In Tabelle 1 sind alle

Tunnel, gegliedert nach Streckenabschnitten, Tunnellängen und Planungsstatus, angeführt.

Umweltprobleme

Wenngleich große Tunnellängen ausschließlich aus Umweltsorgen der entlang der Neubaustreckenabschnitte wohnenden Bevölkerung errichtet werden müssen, wirft auch der Bau und Betrieb von Eisenbahntunnels eigene Umweltfragen auf, die vor allem im Lichte einer immer schärfer werdenden Gesetzeslage im Umweltbereich besondere Aktualität erlangen.

Diese Fragenkomplexe lassen sich wie folgt gliedern:

- Betriebsphase
 - * Erschütterungen aus dem Bahnbetrieb
 - * Entsorgung von Gleiswässern aus dem Tunnel
 - * Einleitung von Ulmendrainagewässern in die Vorflut
- Errichtungsphase
 - * Baustelleneinrichtung, Transporte, Lärmbe- lästigung
 - * Situierung von Deponien
 - * Einleitung von Baustellenwässern
 - * Belästigung durch Sprengerschütterungen
 - * Kontaminierung von Tunnelausbruchmate- rial

3. Betriebsphase

Bezüglich der Umweltfragen im Zuge der Betriebsphase liegen seit der Inbetriebnahme des Schattenburgtunnels in Feldkirch erste prakti- sche Erfahrungen vor. Diese sind von besonders großem Wert, da sich dieser Tunnel im besiedel- ten Stadtbereich befindet und minimale Über- deckungen von nur 20 bis 25 m aufweist.

Tunnel	Planungsstatus				
	Studie	Planung für Trassenvero.	generelle Planung	Ausschreibungsplanung	in Bau
SCHOBERPASS					
Sonnbergtunnel					544 m
Hahnreichtunnel	650 m				
Raum LEOBEN					
Traidersbergtunnel		4.500 m			
Galgenbergtunnel				5.460 m	
INNSBRUCK - BLUDENZ					
Wassertaltunnel		200 m			
Karrertunnel		2.825 m			
Waldeletunnel		255 m			
Ostersteintunnel		780 m			
Arzlertunnel		355 m			
Imsterbergtunnel		3.500 m			
Schoenwiesertunnel		1.550 m			
Kronburgtunnel	320 m				
Zammertunnel				2.335 m	
Landeck Stadttunnel	1.600 m				
Perfuchstunnel	3.100 m				
Tobadilltunnel	920 m				
Ganatschtunnel	2.100 m				
Blisadonatunnel		1.873 m			
Waelditobeltunnel		107 m			
Bingsertunnel	1.830 m				
TAUERNACHSE					
Bereich Werfen	300 m				
Ofenauertunnel	940 m				
Rupertustunnel				331 m	
Klammtunnel	1.800 m				
Kenlachtunnel			295 m		
Birgltunnel			952 m		
Bellvevuetunnel	1.650 m				
Kaponigtunnel			3.809 m		(Stollen)
Ochenigtunnel				694 m	
RAUM WIEN					
Laaertunnel	1.800 m				
Gesamt	17.010 m	15.945 m	5.056 m	8.820 m	544 m

Tab. 1: Tunnellängen und Planungsstatus der von den ÖBB geplanten Neubautunnels

Zur Verhinderung von spürbaren Erschütterungen wurden zwischen Schotterbett und Tunnelsohle Unterschottermatten verlegt. Die behördlich vorgeschriebenen Grenzwerte von $K_b = 0,1$ (Fühlbarkeitsschwelle) hinsichtlich der Erschütterungen bzw. von 30 dB(A) bezüglich des

sekundären Luftschalls können trotz der geringen Überdeckung eingehalten werden; Beschwerden der Bewohner, welche im Behördenverfahren durch eine Fülle von Rechtsmitteln die Bauabwicklung sehr verzögerten, sind bis jetzt ausgeblieben.

Im Bewilligungsverfahren für die Errichtung von Eisenbahntunnels werden von den Amts-sachverständigen Maßnahmen gegen die Einlei-tung von kontaminierten Gleiswässern in die Vorflut verlangt. Im Zuge eines Gefahrgutaus-trittes aus einem Kesselwagen nach einem Unfall kann eine Verschmutzung des Schotterbettes und damit ein Umweltproblem grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, wenngleich beim sicheren Eisenbahnbetrieb die Wahrschein-lichkeit gering ist.

Die Problemlösung liegt in der Trennung der Entwässerungssysteme für Bergwässer und Gleiswässer. Nach den bautechnischen Stan-dards für Eisenbahntunnel, die in der Richtlinie für das Entwerfen von Hochleistungsstrecken verankert sind, wird die Tunnelsohle mulden-förmig und dicht ausgeführt und allfällige Gleiswässer bei den Portalen in Auffangbecken mit einem Volumen von ca. 10 m³ eingeleitet (Bild 1 nächste Seite). Durch die Retensionswir-kung des Schotterbettes im Tunnel ist eine Bela-stung der Umwelt auch bei größeren Gefahr-stoffmengen ausgeschlossen. Da hinkünftig in den Tunnels statt eines Schotteroberbaues feste Fahrbahnen zum Einbau gelangen werden und das Retensionsvermögen nicht im gleichen Um-fang zur Verfügung stehen wird, wird die Spei-cherfähigkeit der Auffangbecken zu vergrößern sein.

Bergwässer werden durch vom Bahnbetrieb völlig getrennte Ulmen- bzw., sofern erforder-lich, Sohledrainagen aus dem Tunnel abgeführt.

Hinsichtlich einer Kontamination von Berg-wässern kommt es durch den Kontakt mit dem frisch eingebrachten Spritzbeton zweifellos zu einer vorübergehenden Veränderung des pH-Wertes, Untersuchungen der Qualität der Ul-mendrainagewässer rund 2 Jahre nach Beendi-gung des Tunnelvortriebes bestätigen die abso-lute Unversehrtheit der Wässer. Die Ergebnisse der chemischen Analyse ist in Tabelle 2 darge-stellt.

4. Errichtungsphase

Fragen der Baustelleneinrichtung bzw. der Einleitung von Baustellenwässern sind weniger Sache des Bauherrn, sondern der ausführenden Baufirmen, weshalb sie im Rahmen dieses Vor-trages keine Behandlung finden.

Erschütterungen

Die Belästigung durch Sprengerschütterungen kann sowohl die Vortriebsdauer als auch die Baukosten erheblich beeinflussen.

Schattenbergtunnel - Drainagewässer		
Ergebnisse der chemischen Untersuchung nach zwei Betriebsjahren		
pH-Wert		7,0
Leitfähigkeit	(mS/cm)	0,573
Gesamthärte	(°dGH)	11,2
Karbonathärte	(°dKH)	11,2
Kaliumpermanganatverbrauch	(mg/l)	2,2
Ges. Kohlenwasserstoffe	(mg/l)	<0,1
Sulfat	(mg/l)	18,0
Nitrat	(mg/l)	9,469
O-Phosphat	(mg/l)	0,016
Aluminium	(mg/l)	<0,5
Geruch		geruchlos
Chlorid	(mg/l)	5,8
Farbe		farblos
Aussehen		klar

Tab. 2: Untersuchung der Drainagewässer - Schattenbergtunnel

Im Falle des Schattenbergtunnels führten un-erhöht strenge und in der Praxis nicht verwirk-lichbare Behördenauflagen bis zur vorüberge-henden Baueinstellung durch den Verwaltungs-gerichtshof (die Vorschreibung einer zulässigen Schwinggeschwindigkeit von max. 4 mm/sec. war in der Praxis nicht einhaltbar, nach einer Hinaufsetzung auf 8 mm/sec. konnte das Vor-haben weitergeführt werden). Es ist zu hoffen, daß realistische Vorschreibungen hinkünftig Fehlentwicklungen durch Rechtsstreitigkeiten vermeiden helfen.

Die Österreichischen Bundesbahnen beschrän-ken daher - gestützt auf die Erfahrungen des Schattenbergtunnels - die Vortriebszeit in sensi-blen Bereichen auf 6.00 - 22.00 Uhr, um Proble-me in den sensiblen Nachtstunden gar nicht entstehen zu lassen.

In kritischen Situationen verbleibt nur die Möglichkeit, die Sprengmittelmenge pro Ab-schlag zu reduzieren. Dies bedeutet einen Vor-trieb in mehreren Teilabschlägen und/oder eine Reduktion der Abschlagslänge. Beim Schatten-bergtunnel mußte beispielsweise der Kalotten-vortrieb in bis zu 6 Teilabschlägen erfolgen.

Deponierung von Tunnelausbruchmaterial

Die Situierung von Deponien ist für den er-folgreichen Abschluß von Genehmigungsver-fahren eine wesentliche Voraussetzung, welche eine Fülle von öffentlichen, leider auch aber divergie-renden Interessen tangiert. Die gebotene Kürze läßt eine allgemeine Abhandlung dieser Frage nicht zu.

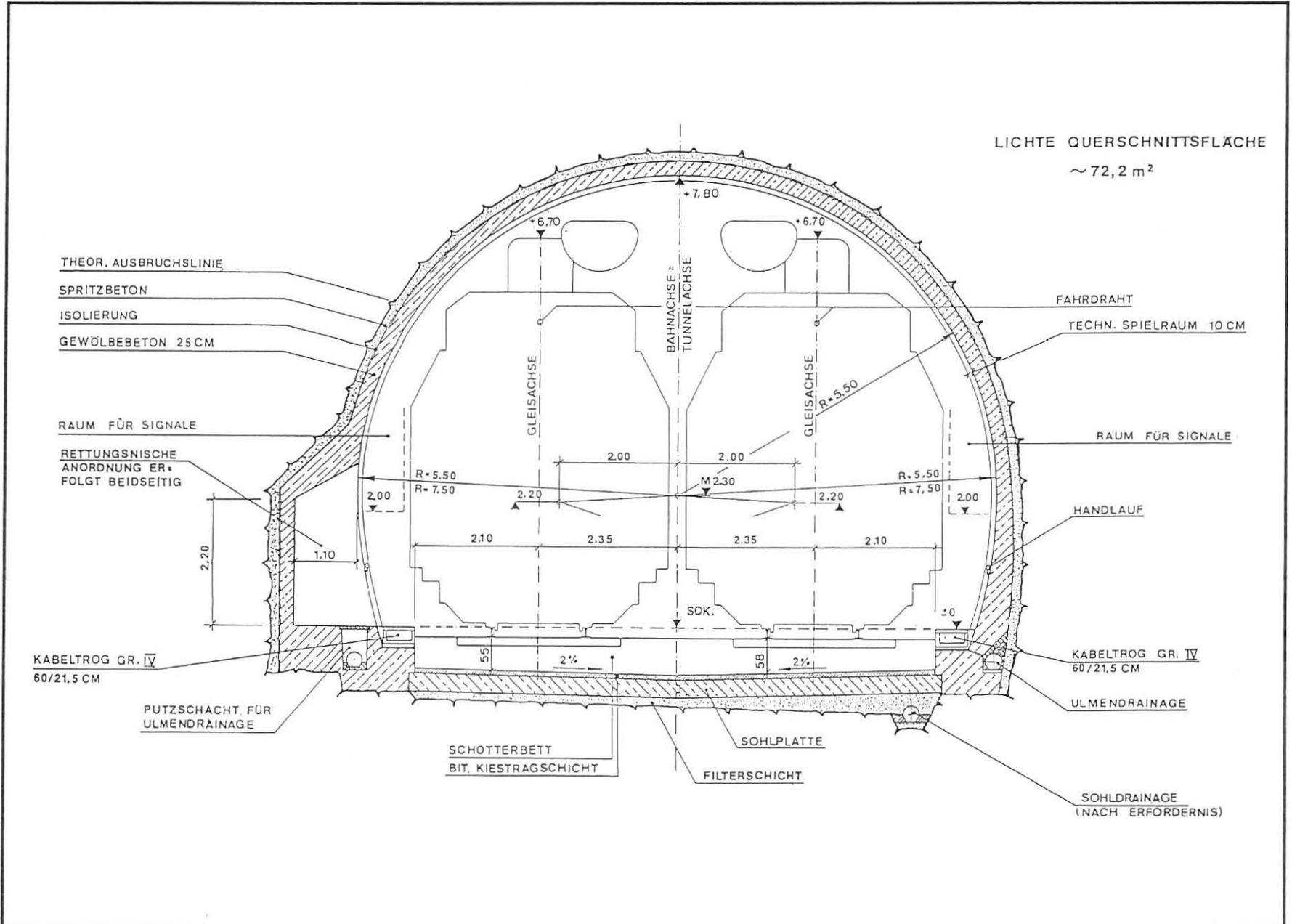


Bild 1: Regelquerschnitt und Führung der Entwässerungen für Neubaununnels

Der Beschluß des Abfallwirtschaftsgesetzes erfordert seit kurzem bei einer zu deponierenden Menge von Tunnelausbruchmaterial von mehr als 100.000 m³ ein eigenes Verfahren nach dem Abfallwirtschaftsgesetz.

Für die zweigleisigen Ausbaumaßnahmen im Raume Landeck wurde eine größere Deponie für Tunnelausbruchmaterial von den Österreichischen Bundesbahnen geplant, welche auch eine Vorsorge für das Straßenbauvorhaben der Landecker Südumfahrung darstellt. Für diese Deponie wurde erstmals ein diesbezügliches Verfahren nach dem Abfallwirtschaftsgesetz bei der Tiroler Umweltbehörde eingeleitet. Grundsätzlich steht im Verfahren außer Streit, daß nur inertes Tunnelausbruchmaterial zur Deponierung gelangen darf, wenn nicht teure und aufwendige Abdichtungsmaßnahmen zusätzlich ausgeführt werden müssen.

Die Frage einer allfälligen Kontamination durch Dieselabgase aus dem Vortriebsbetrieb, durch Spritzbetonrückprall und/oder durch Sprengstoffrückstände und -abgase ist - soweit mir bekannt - weltweit noch nicht gestellt und damit noch nicht beantwortet worden. Die strengen Grenzwerte für Inertstoffdeponien lassen die Prüfung dieser Frage jedoch geboten erscheinen.

Erste Eluierungsversuche mit vorhandenem

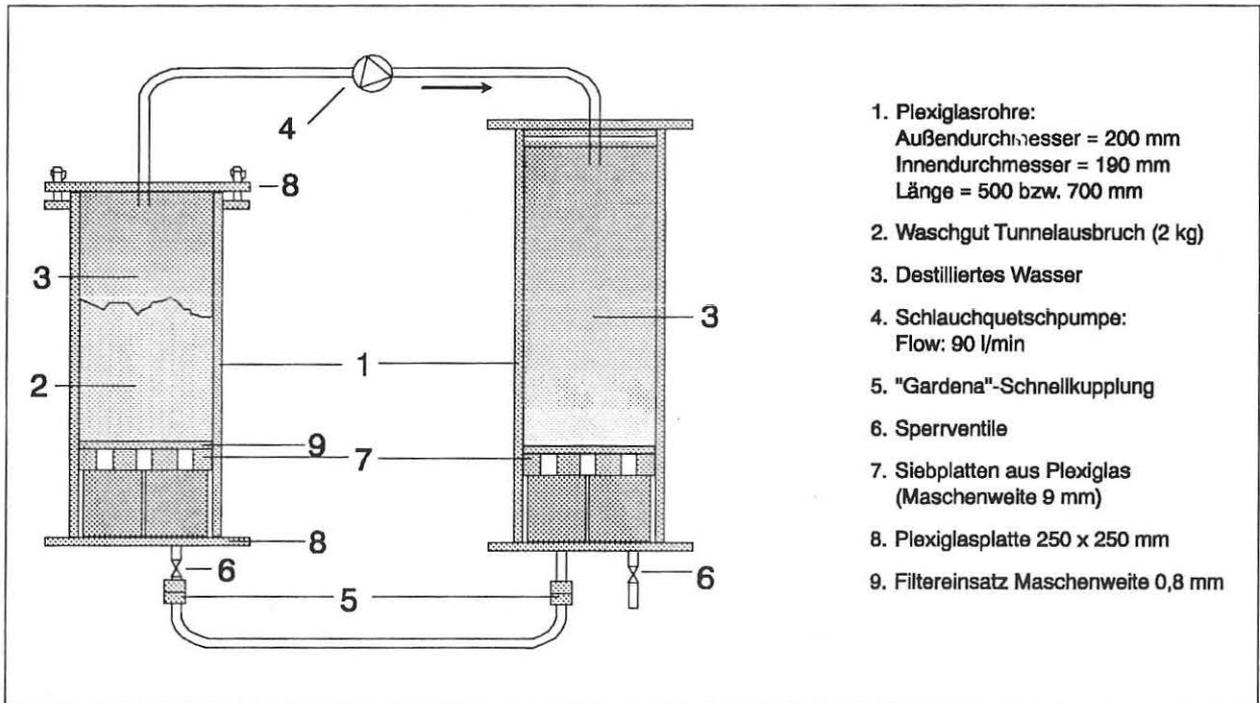
Ausbruchmaterial, welche - wie es die Norm vorschreibt - mit Proben von 100 g und der zehnfachen Wassermenge ausgeführt wurden, ließen eine erhebliche Überschreitung der zulässigen Grenzwerte gemäß ÖNORM S 2072 im Bereich der Stickoxyde und des Ammoniums befürchten.

Durch weiterführende Versuche mit Tunnelausbruch vom Richtstollen für den Kaponigtunnel auf der Tauernstrecke sollten daher drei Fragekomplexe abgeklärt werden /1/:

- Art und Ursache der Schadstoffbelastung.
- Abnahme der Schadstoffbelastung im Zuge von Mehrfachelutionen, da es sich nur um oberflächliche Belastungen auf dem Gestein handeln kann, die abwaschbar sind.
- Vergleich von Versuchsergebnissen in verschiedenen Versuchsmaßstäben, da eine 100 g-Probe für grobstückiges Tunnelausbruchmaterial nicht repräsentativ sein kann.

Die weiterführenden Versuche wurden daher mit Probenmassen von jeweils 2 kg bzw. im Tonnenmaßstab durchgeführt.

Die Versuchsanordnungen bzw. technischen Daten sind im Bild 2 und Bild 3, die Versuchsergebnisse in Bild 4, Tab. 3 und Bild 5 dargestellt.



1. Plexiglasrohre:
Außendurchmesser = 200 mm
Innendurchmesser = 190 mm
Länge = 500 bzw. 700 mm
2. Waschgut Tunnelausbruch (2 kg)
3. Destilliertes Wasser
4. Schlauchquetschpumpe:
Flow: 90 l/min
5. "Gardena"-Schnellkupplung
6. Sperrventile
7. Siebplatten aus Plexiglas
(Maschenweite 9 mm)
8. Plexiglasplatte 250 x 250 mm
9. Filtereinsatz Maschenweite 0,8 mm

Bild 2: Aufbau der Versuchsanlage Technikum

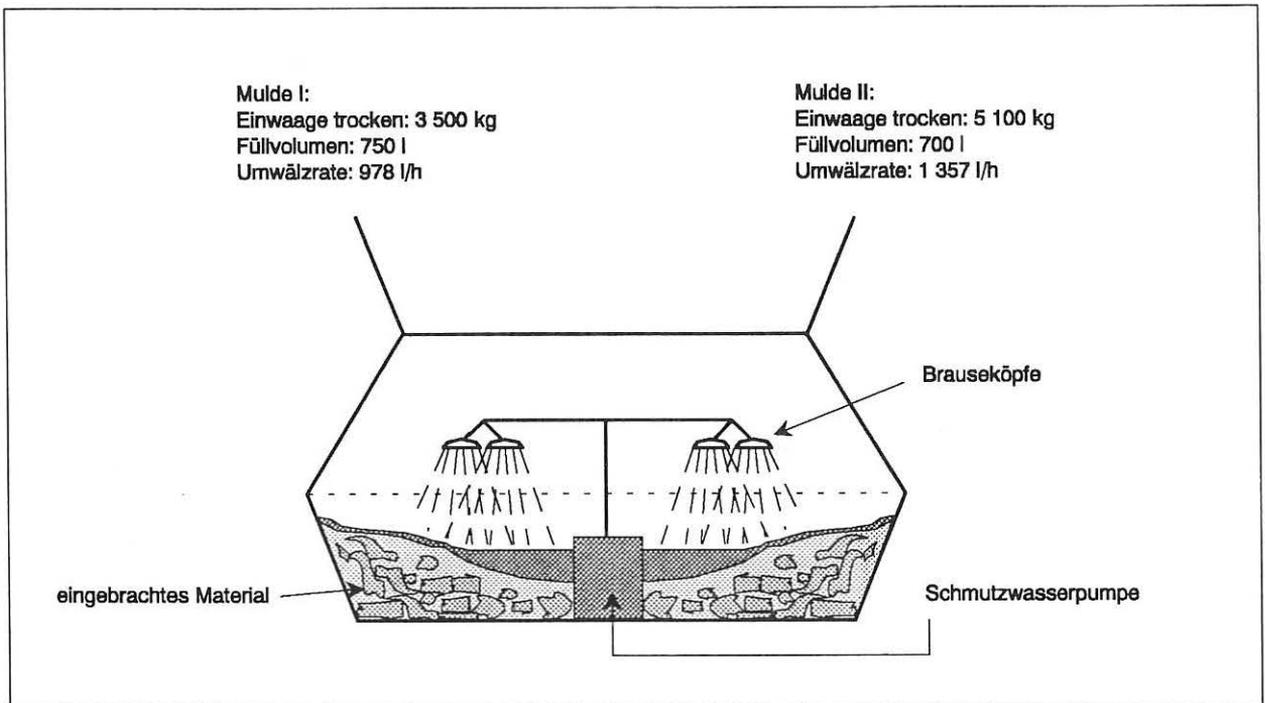


Bild 3: Versuchsanordnung für Proben im Tonnenmaßstab - Berieselungsanlage

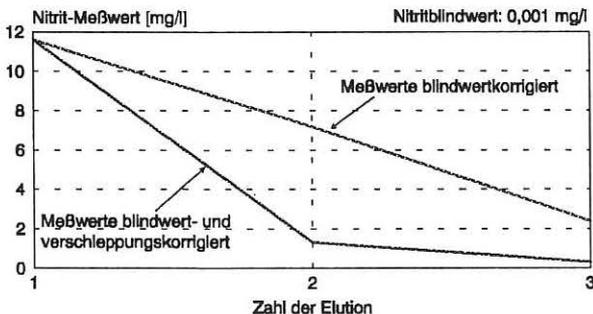


Bild 4: Änderung der Nitritbelastung durch Wiederholung des Elutionsvorganges

Zu den Ergebnissen sind folgende Feststellungen zu treffen:

Auffällig sind die Nitritwerte, welche eindeutig den Sprengabgasen zugeordnet werden können.

Die Verschiebung des pH-Wertes in den basischen Bereich erklärt sich aus dem im Spritzbeton befindlichen Zement; ein Einfluß von dem Spritzbeton zugesetzten Abbindebeschleunigern ist nur in geringem Umfang nachweisbar. Allerdings ist der Anteil des Spritzbetonrückpralls an der gesamten Tunnelausbruchmenge vergleichsweise gering.

Ein Einfluß von baustellenbedingten Dieselabgasen kann gleichfalls aus der NO_x -Belastung

abgeleitet werden, ist jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Die Abnahme der Schadstoffbelastung durch Wiederholung der Elution ist am Beispiel der Nitritbelastung dargestellt (Bild 4).

Die untere Linie stellt die - versuchs- und meßtechnisch bedingt - korrigierte, konkrete Abnahme der Belastung dar; die angegebenen Restwerte einer dritten Elution sind rechnerische Abschätzungen, um auf die Gesamtbelastung schließen zu können. Alle anderen Belastungen (insbesondere Ammonium und Nitrate) zeigen ein ähnliches Verhalten.

Daraus ist zu schließen, daß für die Beurteilung von Tunnelausbruchmaterial nicht unbedingt vom Ergebnis eines Eluierungsversuches, sondern von der Gesamtbelastung auszugehen ist.

In Tab. 3 und Bild 5 sind die Gesamtbelastungen, umgerechnet auf ein Verhältnis Probenmenge/Wasser von 1 : 10 in Abhängigkeit vom Versuchsmaßstab (100 g-, 2 kg-, Tonnenprobenmenge), dargestellt.

Es kann festgehalten werden, daß die Schadstoffbelastung mit kleiner werdendem Maßstab zunimmt. Die innere Oberfläche ist bei den

100 g-Proben wesentlich größer, da diese Proben durch Absiebung von Feinteilen zustande kommen. Versuche in diesem Maßstab entsprechen daher nicht den natürlichen Verhältnissen und liefern ungünstig verfälschte Ergebnisse.

Für eine korrekte abfalltechnische Beurteilung von Tunnelausbruchmaterial ist daher nur die Verwendung einer entsprechend großen Probenmenge repräsentativ.

Insgesamt kann festgehalten werden, daß mit Ausnahme der Nitritbelastung in Einzelfällen die zulässigen Grenzwerte der ÖNORM S 2072 für inertes Material nicht überschritten werden. Allerdings waren die Verhältnisse beim beprobten Tunnelausbruch günstig, da der spezifische Sprengmittelverbrauch nur bei ca. 1 kg/m³ Gestein lag und die Belüftungsverhältnisse außerordentlich gut waren.

Zur Reduzierung der Schadstoffbelastung bieten sich folgende Verbesserungsmöglichkeiten grundsätzlich an /2/, /3/, /4/:

- Verwendung von Emulsionssprengstoffen zur Reduzierung der Nitritbelastung
- Verbesserung der Bewetterung
- weitgehende Umstellung von Diesel- auf Elektroantrieb.

Bezüglich der abfalltechnischen Beurteilung ist die Verwendung von repräsentativen Probenmengen unbedingt erforderlich, auch eine Diskussion des Grenzwertes für die Nitritbelastung von 0,1 mg/l bei einem Verhältnis Probenmenge/Wasser von 1 : 10 erscheint notwendig, da dieser Grenzwert einen reinen Indikatorwert darstellt, durch den auf andere Schadstoffbelastungen im Grundwasser hingewiesen werden soll, welche im Falle von Tunnelausbruch gar nicht zur Debatte stehen (Verunreinigung durch Fäkalien).

Gemäß ÖNORM M 6250 (Anforderungen an die Beschaffenheit von Trinkwasser) ist aus hygienischen Gründen ein Grenzwert für Nitrit von 1,0 mg/l zulässig.

Gegenüberstellung der Ergebnisse der Untersuchungen auf die Leitparameter								
Parameter	Einheit	Mulde 12 Feinanteil 100g/DEV S4	Mulde 15 Feinanteil 100g/DEV S4	Probe I Labor 2 kg	Probe 2 Labor 2 kg	Probe 3 Labor 2 kg	GV I Mulde 12 3 500 kg	GV II Mulde 15 5 100 kg
Ammonium, Nitrat, Nitrit, auf DEV S4- Verhältnis berechnet								
Nitrat	[mg/l]	0,80	6,50	3,80	1,80	2,80	0,14	0,63
Ammonium	[mg/l]	0,17	1,60	0,41	0,27	0,32	0,08	0,11
Nitrit	[mg/l]	0,07	0,50	1,40	0,06	0,70	0,03	0,18
pH-Wert	[mg/l]	9,05	8,95	9,27*)	11,02 *)	9,1 *)	11,61 **)	8,75 **)
Leitfähigkeit	[mS/m]	10,00	10,00	8*)	18 *)	6 *)		

*) bedeutet: Meßwert in der vorliegenden Elution: (1:5 Feststoff/Flüssigkeit)
 **) bedeutet: Meßwert in der vorliegenden Elution:
 GV I: 3 500 kg/750 l Leitungswasser
 GV II: 5 100 kg/700 l Leitungswasser
 Nitrat als NO₃, Nitrit als NO₂, Ammonium als NH₄ berechnet in mg/l

Tab. 3: Zusammenstellung der Versuchsergebnisse - Gesamtbelastung

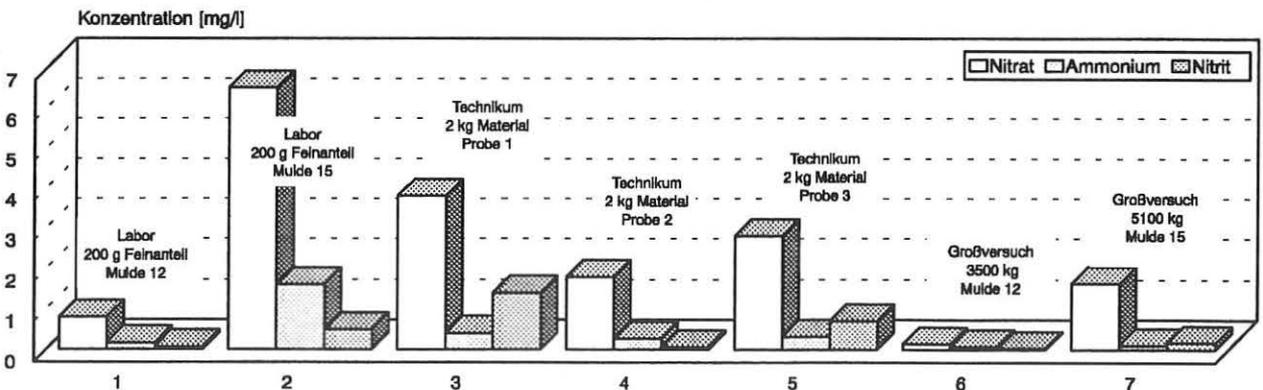


Bild 5: Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse - Gesamtbelastung; Einfluß des Versuchsmaßstabes

5. Literatur

- /1/ **Wruss, W.:**
Untersuchungen von Tunnelausbruch
Kaponig Gutachten, chemischer Teil, un-
veröffentlicht.
- /2/ **Jodl, H. G.:**
Gutachterliche Stellungnahme bezüglich
Maßnahmen zur Verringerung der Auswir-
kungen von Schadstoffemissionen auf Tun-
nelausbruchmaterial, unveröffentlicht.
- /3/ **Bandmann, M.; Schreyer, J.:**
Schadstoffe in der Atemluft beim Tunnel-
bau - Gesundheitsgefährdung und Gefah-
renabwehr; Tagungsband 34 For-
schung+Praxis Seiten 73-79, STUVA-Ta-
gung 1989 in Köln; 1990 Alba Fachverlag
GmbH+Co Kg, Düsseldorf.
- /4/ **Prinz, J.:**
Vergleich von Vortrieben mit schadstoffar-
men Emulsionssprengstoffen und her-
kömmlichen Sprengstoffen; Tagungsband
34 Forschung+Praxis Seiten 80-83, STUVA-
Tagung 1989 in Köln; 1990 Alba Fachverlag
GmbH+Co KG, Düsseldorf.

