

2. S-Bahn-Stammstrecke München

Planfeststellung

Erläuterungsbericht

Schadstoff- und Emissionsgutachten

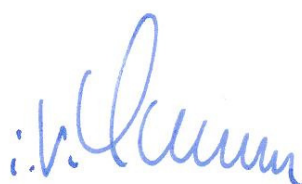
Umweltverbundröhre Laim

Planfeststellungsabschnitt 1

München, den 17.12.2004

Erstellt im Auftrag der
DB AG

Vorhabenträger:



Die Bahn



DB ProjektBau GmbH
Niederlassung Süd

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABE UND ZIELSETZUNG	3
2	RANDBEDINGUNGEN	4
2.1	TUNNELGEOMETRIE	4
2.2	FUHRPARK UND NUTZUNGSPARAMETER	5
3	EMISSIONEN UND ERMITTLUNG DES ERFORDERLICHEN LUFTVOLUMENSTROMS	6
3.1	EMISSIONEN IM TUNNEL	6
3.2	Studie zur Schadstoffbelastung und Entlüftung	8
4	ZUS	12
	der Laimer Umweltverbundröhre	

Landeshauptstadt München
Baureferat Tiefbau

Abbildungsverzeichnis

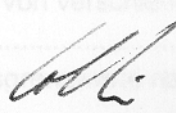
Abb. 1	Luftdurchsatz in Abhängigkeit der Vorbelastung der zugeführten Luft (NO _x - Emission bei 30 Busfahrten / Stunde)	10
Abb. 2	Schematische Luftführung im Tunnel	11

Dieser Bericht umfasst 12 Seiten

München, 03. November 2004

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Ergebnisse im Tunnel	7
Tab. 2	Zusatzbelastung der Tunnelabluft aus den im Tunnel freigesetzten Schadstoffen in Abhängigkeit von verschiedenen Frischluftvolumenströmen belasteter Frischluft	8
Tab. 3	Immissionsgrenzen 22. BImSchV (vereinf.)	9


i. V. Dr. rer. nat. Andreas Colli


i. A. Albrecht Sinz

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABE UND ZIELSETZUNG	3
2	RANDBEDINGUNGEN	4
2.1	TUNNELGEOMETRIE.....	4
2.2	FUHRPARK UND NUTZUNGSPARAMETER.....	5
3	EMISSIONEN UND ERMITTLUNG DES ERFORDERLICHEN LUFTVOLUMENSTROMS	6
3.1	EMISSIONEN IM TUNNEL.....	6
3.2	SCHADSTOFFKONZENTRATION DER TUNNELABLUFT	8
4	ZUSAMMENFASSUNG	12

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Luftdurchsatz in Abhängigkeit der Vorbelastung der zugeführten Luft (NO_x – Emission bei 30 Busfahrten / Stunde)	10
Abb. 2	Schematische Luftführung im Tunnel.....	11

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Emissionen im Tunnel	7
Tab. 2	Zusatzbelastung der Tunnelabluft aus den im Tunnel freigesetzten Schadstoffen in Abhängigkeit von verschiedenen Frischluftvolumenströmen bei unbelasteter Frischluft	8
Tab. 3	Immissionsgrenzwerte nach 22. BImSchV (vereinfachte Darstellung).....	9

1 Aufgabe und Zielsetzung

Im Auftrag der Landeshauptstadt München wurden die zu erwartenden Schadstoffbelastungen in der neu zu errichtenden Laimer Umweltverbundröhre (UVR) im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens untersucht.

Die Laimer Umweltverbundröhre dient dem verbesserten Anschluss des Busverkehrs an die S-Bahnhaltestelle sowie einer verbesserten fußläufigen und Fahrradseitigen Erschließung. Die bisher außerhalb des bestehenden Tunnels gelegenen Bushaltestellen werden dazu in den neuen Tunnel verlegt.

Auf Basis des zu erwartenden Busverkehrs und der sich daraus ergebenden Emissionen werden die sich einstellenden Schadstoffimmissionen ermittelt, um Aussagen über die Notwendigkeit einer mechanischen Belüftung für die Umweltverbundröhre zu erhalten.

2 Randbedingungen

2.1 Tunnelgeometrie

Der Tunnel hat eine Länge von ca. 198 m. Der Tunnelquerschnitt an den Portalen beträgt ca. 77 m² am Südportal und ca. 83 m² am Nordportal.

Im Bereich des S-Bahnsteigs sind zwei Entrauchungsöffnungen angeordnet, die durch den Bahnsteig über das Dach geführt werden. Die Querschnittsflächen dieser beiden Öffnungen beträgt jeweils ca. 2,5 m². Darüber hinaus sind Entrauchungsöffnungen in Höhensprung der Deckenplatte angeordnet.

In der derzeitigen Planung sind im nördlichen Tunnelbereich zwei großflächige Öffnungen in der Tunneldecke im Bereich der Gleisanlagen vorgesehen. Durch diese Öffnungen kann ein Luftaustausch stattfinden.

Die Bahn behält sich jedoch vor, im Laufe der weiteren Planung diese Öffnungen auch entfallen zu lassen. Für die Betrachtungen wurde daher die volle Tunnellänge angesetzt.

Im Verbindungsgang zwischen der Tunnelröhre und der Treppenanlage zu den Bahnsteigen ist ein Kiosk oder kleiner Laden vorgesehen. Der Verbindungsgang ist zum Tunnel hin offen und durch eine 0,5 m hohe Rauchschräge vom Tunnel getrennt.

Der Tunnel ist mit verschiedenen Funktionen belegt. Neben der Busfahrspur sind östlich ein Radweg und ein Gehweg, sowie eine Bushaltestelle angeordnet. Westlich befindet sich die Haltestelle der Gegenfahrbahn sowie ein Randstreifen bzw. ein Fluchtweg.

Die Fahrbahn senkt sich im ihrem Verlauf unter die Bahntrasse ab und steigt zum Portal hin wieder an. Die Höhendifferenz der Fahrbahn vom Tiefpunkt beträgt zum Südportal 2,7 m und zum Nordportal 0,4 m. Die Haltestelle beginnt in etwa im Tiefpunkt und erstreckt sich von dort aus nach Süden.

2.2 Fuhrpark und Nutzungsparameter

Seitens der Stadtwerke München (MVG) werden der Busfuhrpark und die jeweiligen Emissionsstandards, die zum Jahr 2009 Gültigkeit haben werden, wie folgt eingeschätzt:

Gelenkbusse Bj. 2000, Euro II	ca. 25 Fzg.
Gelenk- und Normalbusse Bj. 2001, Euro III	ca. 40 Fzg.
Gelenkbusse Bj. 2004, Euro III	ca. 40 Fzg.
Gelenk- und Normalbusse Bj. 2005, Euro IV	ca. 30 Fzg.
Gelenk- und Normalbusse Bj. 2006, Euro IV	ca. 30 Fzg.

Der Anteil der Normalbusse am Fuhrpark beträgt ca. 25%. Diese Aufteilung wird für die Berechnung angesetzt.

Die Linien 51 und 151 fahren jeweils im 10 Minutentakt um 5 Minuten verschoben. Die neu hinzukommende Linie 168 wird dazwischenliegend im 10 Minutentakt verkehren. Die folgende Anzahl von Bussen wird an normalen Werktagen über die UVR verkehren:

06:00 Uhr – 22:00 Uhr

Linie 51	94 Fahrtenpaare = 188 Busse
Linie 151	56 Fahrtenpaare = 112 Busse
Linie 168	91 Fahrtenpaare = 182 Busse

22:00 Uhr – 06:00 Uhr

Linie 51	14 Fahrtenpaare = 28 Busse
Linie N41	werktags keine Fahrten, nur am Wochenende
Linie 168	11 Fahrtenpaare = 22 Busse

3 Emissionen und Ermittlung des erforderlichen Luftvolumenstroms

Der für die ausreichende Belüftung eines Straßentunnels erforderliche Luftvolumenstrom \dot{V} [m³/s] hängt insbesondere von den folgenden Größen ab,

- die im Tunnel pro Zeiteinheit emittierte Schadstoffmasse \dot{E} [g/h],
- der Schadstoffkonzentration, der zugeführten Luft C_{zu} [µg/m³]
- und der einzuhaltenen Schadstoffkonzentration der abgeführten Luft C_{ab} [µg/m³].

Nachfolgend soll auf die o.g. Aspekte eingegangen werden.

3.1 Emissionen im Tunnel

Die im Tunnel pro Zeiteinheit freigesetzte Schadstoffmasse \dot{E} [g/h] errechnet sich nach der folgenden Gleichung:

$$\dot{E} = s \cdot \sum_i q_i \cdot EFA_i$$

Hierbei bedeuten:

- s Länge des Tunnels [km]
q_i das stündliche Verkehrsaufkommen einer Fahrzeugkategorie (z.B. Pkw, leichte/ schwere Nutzfahrzeuge, Busse)
EFA_i auf die Fahrsituation bezogener Emissionsfaktor einer Fahrzeugkategorie [g/km]

Die Berechnung der Emissionsfaktoren von Linienbussen erfolgt für die Verkehrssituation „Kernstadt mit kleinem Haltestellenabstand“ gemäß der aktuell verfügbaren Datenbasis des HBEFA 2.1 (Stand: Feb. 2004)¹. Bei der Ermittlung der EFA wird die Zusammensetzung der Busflotte aus Fahrzeugen, die den Abgasvorschriften gemäß Euro II, III und IV entsprechen (Angaben MVG) sowie ein Verhältnis von Gelenk- zu Standardbussen von 75% zu 25% berücksichtigt. Es wird unterstellt, dass bis zum Zeitpunkt der Realisierung der UVR die gesamte Busflotte mit Partikelfiltern ausgerüstet sein wird.

¹ Umweltbundesamt Berlin: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 2.1. Feb. 2004

Gemäß Betriebsprogramm der MVG ist während der Tagesstunden (06 bis 22 Uhr) mit 241 Fahrtenpaaren, während der Nachtstunden mit 25 Fahrtenpaaren) zu rechnen. Durchschnittlich ergeben sich im Tagesdurchschnitt somit rund 15 Fahrtenpaare pro Stunde bzw. 30 Fahrten pro Stunde. Die Tunnellänge s beträgt knapp 200 m.

Für die Bestimmung der Emissionen wurde die Anzahl von 30 Fahrzeugen pro Stunde zugrunde gelegt.

Für die UVR ergeben sich unter den o.g. Randbedingungen die in der Tab. 1 angegebenen Schadstoffmassenströme \dot{E} .

Emissionsermittlung Tunnel	EFA [g/km]	E[g/h]
HC	0.78	4.68
CO	3.31	19.85
NOx	12.80	76.78
PM10 (Auspuff+Abrieb+Aufwirbelung)	0.46	2.74
SO2	0.27	1.63
Benzol	0.01	0.08

Tab. 1 Emissionen im Tunnel

Die Partikelemission (PM_{10}) setzt sich zusammen aus den Emissionen des Auspuffs (Partikelemission gemäß HBEFA 2.1) sowie den Emissionsanteilen durch Abrieb (Reifen, Bremsbelege etc.) und Aufwirbelung. Gemäß einer mündlichen Mitteilung des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Referat 1/6, kann für schwere Nutzfahrzeuge bzw. Busse für Aufwirbelung und Abrieb im Tunnel ein zusätzlicher Wert von 0.2 g/km angesetzt werden. Im Falle der Busse mit Partikelfilter liegt der Anteil aus Abrieb und Aufwirbelung somit fast in der gleichen Größenordnung wie die Partikelemissionen der Motoren (Auspuff).

3.2 Schadstoffkonzentration der Tunnelabluft

In Abhängigkeit vom durchgesetzten Luftvolumenstrom \dot{V} [m³/s] betragen die maximalen **Zusatzbelastungen** aus der Tunnelemission (die Ausgangskonzentration der Zuluft ist hierbei noch nicht berücksichtigt) an den Austrittsquerschnitten:

Konzentration (Zusatzbelastung) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tunnelluftstrom [m³/s]						
	25	50	100	150	200	250	300
HC	52.0	26.0	13.0	8.7	6.5	5.2	4.3
CO	220.6	110.3	55.1	36.8	27.6	22.1	18.4
NO_x	853.1	426.6	213.3	142.2	106.6	85.3	71.1
PM10	30.4	15.2	7.6	5.1	3.8	3.0	2.5
SO₂	18.1	9.1	4.5	3.0	2.3	1.8	1.5
Benzol	0.9	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

Tab. 2 Zusatzbelastung der Tunnelabluft aus den im Tunnel freigesetzten Schadstoffen in Abhängigkeit von verschiedenen Frischluftvolumenströmen bei unbelasteter Frischluft

Die o.g. Konzentrationen beziehen sich auf die angegebene Auslastung der Röhre von 30 Fahrten während einer Tagesstunde. Da sich in der Tunnelröhre für eine begrenzte Zeit Menschen aufhalten (Nutzer der Fuß- /Radwege, Umsteigevorgänge etc.), sind an die Luftqualität im Inneren der Röhre höhere Ansprüche zu stellen, als für reine Straßentunnel. Als Vergleichsmaßstab für die Schadstoffbelastung in der Röhre bieten sich Kurzzeitgrenz- / Richtwerten an (insbesondere der 1-Stunden-Grenzwert der 22. BImSchV² für NO₂ zum Schutz der Gesundheit; siehe Tab. 3).

Die Vorgaben der „Richtlinie für die Ausstattung von Straßentunneln“ (RABT 2003) sind hier nicht anzuwenden. Die Aufgabe der RABT ist die Sicherstellung einer sicheren Verkehrsführung und dem Schutz der Tunnelnutzer insbesondere im Unglücksfall.

Die EFA der Stickoxide werden im HBEFA als NO_x, das heißt als Summenwert aus NO und NO₂ angegeben. Unter atmosphärischen Bedingungen laufen Umwandlungsreaktionen zwischen NO und NO₂ ab. Grenz- und Richtwerte beziehen sich zumeist auf Stickstoffdioxid NO₂, da von diesem Schadstoff das höhere Gesundheitsrisiko ausgeht. Nach Auskunft des LfU Bayern ist bei schweren Nutzfahrzeugen mit Partikelfilter von einer sehr weitgehenden Umwandlung von NO_x → NO₂ auszugehen. Im Sinne einer worst-case-Abschätzung wird deshalb unterstellt, dass die gesamte NO_x-Konzentration als NO₂ vorliegt.

² 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV). 12.06.2002.

Im Vergleich mit den in der Tab. 3 benannten Beurteilungswerten werden die Anforderungen an das Lüftungssystem ausschließlich durch die NO₂ – Belastung definiert. Um den Wert von 200µg/m³ NO₂ an den Tunnelportalen einzuhalten, ist somit – ohne Berücksichtigung der Vorbelastung der angesaugten Luft – tagsüber ein Luftvolumenstrom \dot{V} von über 100 m³/s erforderlich.

Schadstoff/ Schutzobjekt	Mittelungszeitraum	Grenzwert	Erlaubte Über- schreitun- gen pro Jahr	Toleranz	Grenzwert gültig ab (Monat-Jahr) (erhöht um Tole- ranzwert teilweise früher)
SO ₂ Gesundheit	1 Stunde	350 µg/m ³	24	34 %	01-2005
SO ₂ Gesundheit	24 Stunden	125 µg/m ³	3	keine	01-2005
SO ₂ Ökosystem	Kalenderjahr / Win- ter	20 µg/m ³	keine	keine	07-2001
NO ₂ Gesundheit	1 Stunde	200 µg/m ³	18	45 %	01-2010
NO ₂ Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³	keine	45 %	01-2010
NO _x Vegetation	Kalenderjahr	30 µg/m ³	keine	keine	07-2001
Partikel (PM ₁₀) Gesundheit	24 Stunden	50 µg/m ³ (Stufe 1)	35	40 %	01-2005
Partikel (PM ₁₀) Gesundheit	Kalenderjahr	40 µg/m ³ (Stufe 1)	keine	16 %	01-2005
Blei Gesundheit	Kalenderjahr	0.5 µg/m ³	keine	80 %	01-2005
Benzol Gesundheit	Kalenderjahr	5 µg/m ³	keine	100 %	01-2010
CO Gesundheit	8 Stunden gleitend	10 mg/m ³	keine	60 %	01-2005

Tab. 3 Immissionsgrenzwerte nach 22. BImSchV (vereinfachte Darstellung).
 Toleranz = maximal zulässige Überschreitung bei Inkrafttreten der Richtlinie,
 davon ausgehend lineare Abnahme der Toleranz bis auf 0% bis zum Jahr der
 Gültigkeit des Grenzwertes

Hieraus ergibt sich ganz klar die Notwendigkeit einer künstlichen Tunnelbelüftung. Auf Grund der insgesamt relativ geringen Fahrzeugbewegungen in der Röhre wird die fahrzeug-induzierte Strömung den gewünschten Luftaustausch nicht sicherstellen. Eine nennenswerte fahrzeuginduzierte Strömung (Selbstlüftung) bildet sich zumeist bei mehreren hundert Kfz-Fahrten pro Stunde aus.

Aus den Immissionsgrenzwerten in Tab. 3 und den und den Emissionsfaktoren aus Tab. 1 bzw. den Zusatzbelastungen aus der Tab. 2 ergibt sich, dass die übrigen Luftschadstoff-Emissionen für die Bemessung des Luftvolumenstromes nicht weiter relevant sind.

Die Abb. 1 gibt an, welcher Luftvolumenstrom \dot{V} in Abhängigkeit von der NO_2 - Konzentration der zugeführten Luft erforderlich ist, um den Zielwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ an den Auftrittsquerschnitten der Tunnelabluft einzuhalten.

Zur Einhaltung des Zielwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ erforderlicher Luftdurchsatz

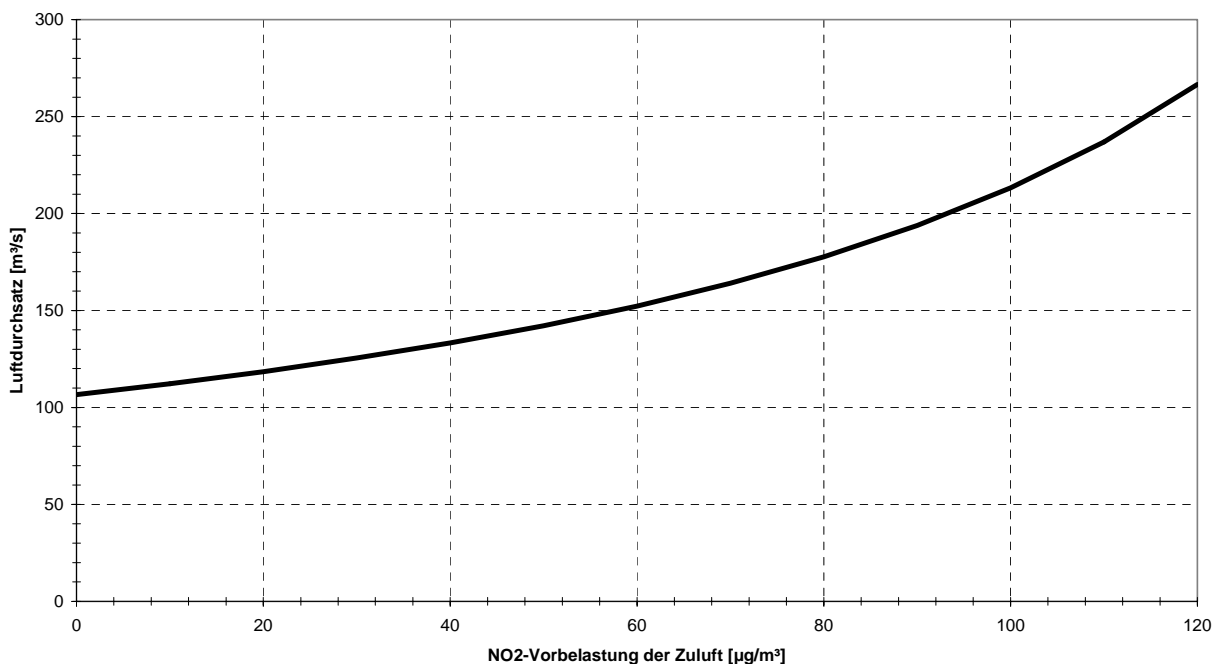


Abb. 1 Luftdurchsatz in Abhängigkeit der Vorbelastung der zugeführten Luft (NO_x - Emission bei 30 Busfahrten / Stunde)

Die Schadstoff-Vorbelastung der zugeführten Luft unterliegt deutlichen Schwankungen (Abhängigkeit von der Nähe zu starken Emittenten; tageszeitliche und jahreszeitliche Schwankungen etc.). Es ist vorgesehen, die zugeführte Luft aus dem im Vergleich zu den Tunnelportalen deutlich geringer belasteten Bereich des Gleisfeldes der S-Bahn anzusaugen und über die beiden Portale abzuführen (Abb. 2). Die Luft über den Gleisen ist aufgrund der Entfernung zu den Straßen und durch den guten Luftaustausch entlang der ost-/west-orientierten Bahntrasse in der vorherrschenden Westströmung erheblich weniger belastet.

Für eher gering durch Luftschadstoffe belastete Großstadtbereiche liegt die „typische“ NO_2 -Vorbelastung im Jahresmittel bei rund $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und als 98-Perzentilwert bei ca. $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Unterstellt man für den Bereich der Luftansaugung im Gleisfeld der S-Bahn eine Vorbelastung der zugeführten Luft von maximal $80 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so ergibt sich bei der angesetzten Tunnelauslastung ein maximal erforderlicher Luftvolumenstrom \dot{V} von knapp $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

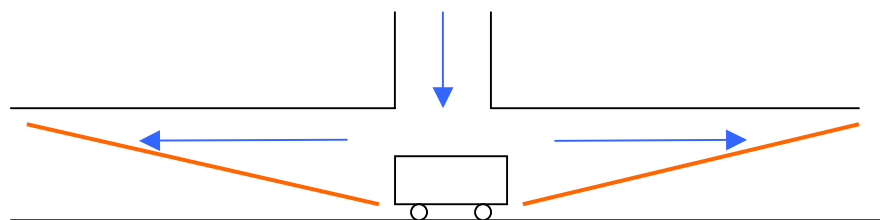


Abb. 2 Schematische Luftführung im Tunnel
(— schematischer Konzentrationsverlauf)

Die o.g. Konzentrationen beziehen sich auf den Austritt der Abluft (höchste Werte). Durch das Lüftungskonzept (Luftführung) kann erreicht werden, dass die Konzentrationen im Bereich der Haltestellen bzw. des Übergangs zur S-Bahn (Tunnelmitte; höchste Aufenthaltsdauer der Fahrgäste) deutlich unterhalb der o.g. Werte liegen.

Im Betrieb soll der Volumenstrom in Abhängigkeit der Schadstoffkonzentration geregelt werden.

Es muss sichergestellt werden, dass ein Einströmen der Tunnelluft in geplante Verkaufsbereiche, die dem langfristigen Aufenthalt des Verkaufspersonals dienen, durch das Lüftungskonzept wirksam verhindert werden.

4 Zusammenfassung

Unter den derzeit bekannten Rahmenbedingungen für die Nutzungen (Fahrtenpaare Fuhrpark) und die Hintergrundbelastung ist eine mechanische Belüftung der Laimer Umweltverbundröhre aufgrund der NO_x-Emissionen erforderlich.

Der maximal erforderliche Frischluftvolumenstrom beträgt ca. 200 m³/s.

Die Frischluft soll aus dem Gleisbereich angesaugt werden und in der Tunnelmitte im Bereich der Bushaltestelle eingebracht werden.

Der Volumenstrom wird in Abhängigkeit der Schadstoffkonzentration geregelt.

Die Verkaufsflächen sind durch die Luftführung von Schadstoffen aus der Tunnelröhre frei zu halten.