

2. S-Bahn-Stammstrecke München

Planfeststellung

Gutachten (nachrichtlich)

Lüftungssituation Straßentunnel Laimer Unterführung

Planfeststellungsabschnitt 1

München, den 31.01.2005

Erstellt im Auftrag der
DB AG

Vorhabenträger:



Die Bahn 

DB ProjektBau GmbH
Niederlassung Süd

Gutachterliche Stellungnahme zur künftigen Lüftungssituation im Straßentunnel Laimer Unterführung ohne die geplante Umweltverbundröhre

DB Projektbau GmbH, München

Dieser Bericht umfasst 25 Seiten

München, 31. Januar 2005

Bearbeiter



i.V. Dr.-Ing. Günther Liersch

gez.

i. A. Dipl.-Ing. Eva Barany

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABE UND ZIELSETZUNG	3
2	RANDBEDINGUNGEN	4
2.1	TUNNELSITUATION HEUTIGER BESTAND	4
2.2	VERKEHRSSITUATION OHNE DIE GEPLANTE UMWELTVERBUNDRÖHRE	7
3	LÜFTUNG DES STRAßENTUNNELS	8
3.1	AUßENLUFTBEDARF	8
3.2	VARIANTEN BERECHNUNG	8
4	ENTRAUCHUNG DES STRAßENTUNNELS	10
5	BELEUCHTUNG	11
6	EINHAUSUNG BZW. ABHÄNGDECKE	12
7	ZUSAMMENFASSUNG	13
	ANHANG.....	14

1 Aufgabe und Zielsetzung

Der Straßentunnel Laimer Röhre, Wotanstrasse, besteht de facto aus 2 getrennten Gleisunterführungen, nämlich einer S-Bahn/Fernbahn Unterführung und im nördlichen Teil einer Gleisunterführung des ehemaligen Rangierbahnhofs Laim. Dazwischen befindet sich im Bereich des Fußgängertunnels ein Lichthof. Der Zwischenraum ist im Bereich des Straßentunnels mit einer Einhausung geschlossen. An dieser Einhausung sind die bestehenden Strahlventilatoren montiert.

Im Zuge der Planungen für die 2. S-Bahn Stammstrecke ist vorgesehen, diesen Zwischenraum mit der neuen S-Bahntrasse zu überbauen. Hierfür werden sowohl der Lichthof als auch die Einhausung samt Strahlventilatoren demontiert.

Im Auftrag der DB Projektbau GmbH wird in dieser gutachterlichen Stellungnahme die Lüftungssituation für die Unterführung der neuen S-Bahn Überbauung untersucht. Auf Basis der zu erwartenden Verkehrsströme und der sich daraus ergebenden Emissionen werden die sich einstellenden Schadstoffimmissionen ermittelt, um Aussagen über die Notwendigkeit einer mechanischen Belüftung für den Straßentunnel zu erhalten. Im Unterschied zu der bereits erstellten gutachterlichen Stellungnahme zur Lüftungssituation Stand 22.12.04 wird in dieser Untersuchung ausgegangen, dass die geplante Umweltverbundröhre entfällt und der gesamte Busverkehr wie bisher durch den Straßentunnel Laimer Unterführung geführt wird.

Zusätzlich wird die Entrauchungssituation untersucht und mit den Anforderungen gem. RABT verglichen. Hierzu wird eine Empfehlung abgegeben.

Eventuelle Änderungen der Beleuchtungssituation werden ebenfalls kurz beschrieben.

2 Randbedingungen

2.1 Tunnelsituation heutiger Bestand

Die heutige Laimer Unterführung besteht aus 2 getrennten Röhren: einer Straßenunterführung und einem reinen Fußgänger- / Fahrradfahrerunterführung. Wie bereits beschrieben, bestehen die Röhren aus 2 Gleisunterführungen, welche im Bereich des Fußgängertunnels mit einem Lichthof versehen sind, von dem es einen Treppenaufgang und Aufzug zu den S-Bahngleisen gibt. Der Zwischenraum im Bereich des Verkehrstunnels ist eingehaust, siehe Abb. 1.

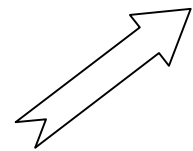
Die Tunnel haben eine Länge von je ca. 227 m. Der mittlere Tunnelquerschnitt des Verkehrstunnels im Hauptteil der Röhre (Fernbahn-Unterführung) beträgt ca. 29 m², der mittlere Tunnelumfang beträgt 26m, die Höhenlage über Normal Null 520 m. Die Orientierung des Tunnel verläuft in Nord-Süd Richtung. Der Fußgängertunnel verläuft westlich des Straßentunnels.

Im Straßentunnel herrscht Gegenverkehr. Die Höhe ist auf 3,2 m begrenzt, wodurch Schwerlastverkehr ausgeschlossen wird. Die Geschwindigkeit ist auf 30 km/h begrenzt.



Abb. 1: Ansicht des Lichthofs und Einhausung des Straßentunnels von oben.

Lüftungssituation im Straßentunnel Laimer Röhre ohne UVR
31. Januar 2005



Östlicher Treppenaufgang zur S-Bahn



Abb. 2: Einhausung der Strecke zwischen den Gleisunterführungen und Detail Strahlventilatoren.

Links auf den Photos ist die seitliche westliche Einhausung bzw. Abtrennung des Verkehrstunnels zum Lichthof erkennbar. Die Benutzung des Gewegs ist nicht vorgesehen, da ein eigener Fußgängertunnel vorhanden ist.

Auf der rechten Seite ist diese Abtrennung offen, hier ist ein Treppenaufgang zu den S-Bahngleisen vorhanden. Der östliche Gehweg des Tunnels wird also von Fußgängern benutzt, die von oder zur S-Bahn kommen.

2.2 Verkehrssituation ohne die geplante Umweltverbundröhre

Im Gegensatz zu der bereits erstellten gutachterlichen Stellungnahme zur Lüftungssituation vom Stand 22.12.2004 geht diese Untersuchung von dem hypothetischen Fall aus, dass die UVR nicht realisiert wird. Somit wird der gesamte Busverkehr durch den Straßentunnel Laimer Unterführung geführt.

Aus der Anzahl der Buslinien und den Fahrplänen ergibt sich eine Anzahl von insgesamt 40 Bussen pro Stunde durch die Umweltverbundröhre (20 Busse pro Fahrtrichtung und Stunde).

Bezogen auf den gesamten Verkehrsstrom in dem Straßentunnel Laimer Unterführung ergibt dies einen Anteil von ca. 2 % je Fahrtrichtung. Die Circa-Angabe ergibt sich durch die wechselnde Geschwindigkeit je nach betrachteter Variante.

Bei der Berechnungseingabe sind Busse und LKWs gleichgesetzt, d.h. es wurde der LKW-Anteil von 2% auf 4% erhöht.

3 Lüftung des Straßentunnels

3.1 Außenluftbedarf

Die Lüftung im Tunnel dient zur Versorgung der Verkehrsteilnehmer im Tunnel mit Frischluft und zur Sicherstellung genügender Sichtverhältnisse in der belasteten Tunnelluft.

Die Berechnung erfolgte nach den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln - RABT 2003- und den Verkehrsprognosen für das Jahr 2015.

3.2 Varianten Berechnung

Für die Belüftung der Tunnelröhre mit Gegenverkehr und einer Länge von ca. 227 m wurden folgende Varianten untersucht:

Variante 1	Verkehrssituation Flüssig	Windgeschwindigkeit 0 km/h Verkehrszahlen gemäß Prognose 2015 Geschwindigkeit 30km/h in beiden Fahrtrichtungen
Variante 2	Verkehrssituation Stockend 1	Windgeschwindigkeit 0 km/h Verkehrszahlen gemäß RABT, Verkehr stockend Geschwindigkeit 10km/h in beiden Fahrtrichtungen
Variante 3	Verkehrssituation Stockend 2	Windgeschwindigkeit 0 km/h Verkehrszahlen gemäß RABT, Verkehr stockend in einer Richtung, flüssig in der anderen Fahrtrichtung Geschwindigkeit 30 km/h bzw. 10 km/h
Variante 4	Verkehrssituation Stockend 3	Windgeschwindigkeit 0 km/h Verkehrszahlen gemäß RABT, Verkehr flüssig in einer Richtung, Stau der anderen Fahrtrichtung Geschwindigkeit 30 km/h bzw. 0 km/h

Bei den Berechnungen wurde jeweils von der ungünstigeren Situation ohne Windeinfluss ausgegangen.

Bei stockendem Verkehr wird anstelle der Zahlen aus der Verkehrsprognose die nach RABT gültige Maximalzahl von Fahrzeugen eingesetzt.

Der Staufall wurde nicht berechnet. Hier liegt eine über die Zeit ansteigende Konzentration der Abgase vor. Um dies zu vermeiden, müssen Hinweisschilder zum Abstellen der Motoren bei Stau installiert werden.

Die Ergebnisse der Berechnungen (siehe Anhang) haben ergeben, dass eine mechanische Belüftung nicht erforderlich ist. In 3 der o.g. 4 Verkehrsfällen reicht die natürliche Strömung, die sich aufgrund des Fahrzeugdrucks, des Windes und des thermischen Druckunterschieds ergibt aus, um unterhalb der Grenzwerte für CO-Restkonzentration und Ruß-Restkonzentration zu verbleiben.

Der einzige Fall, in dem die von den Fahrzeugen induzierte Strömung im Tunnel nicht ausreicht, ist der Verkehrsfall Stockend 1 mit absolut symmetrischem stockendem Verkehr in beiden Richtungen. Dieser Fall ist jedoch eher hypothetisch. Gemäß der durchgeführten Verkehrszählung bzw. deren Hochrechnung auf das Jahr 2015 liegt eindeutig eine asymmetrische Verkehrssituation mit Morgen- und Abendspitzen vor.

Sollte sich für den Fall einer künftigen Bebauung der Grundstücke entlang der Bahnlinien eine Verschiebung der Verkehrsbelastung und Verkehrsströme ergeben, so wäre die Abgassituation durch den Einsatz von 1 bzw. 2 Ventilatoren zu beherrschen. Der Platzbedarf für einen erforderlichen Schaltschrank in der Betriebszentrale beträgt ca. 2-3 m².

Anmerkung:

Somit zeigen die Berechnungen für die Lüftungssituation dieselben Ergebnisse wie die vorangegangene Studie mit UVR, d.h. ohne Berücksichtigung des Busverkehrs.

Der Grund hierfür liegt an dem geringen Verkehrsanteil der Busse von 2% und an dem fortschrittlichen Emissionsverhalten des Fahrzeugkollektivs im Jahre 2015.

4 **Entrauchung des Straßentunnels**

Das Ziel des Auftraggebers ist es, eine Situation zu schaffen, die Lüftungs- und Entrauchungstechnisch keine Verschlechterung gegenüber dem heutigen Bestand darstellt.

Entrauchung

Bezogen auf die Entrauchung ist festzustellen, dass die vorhandenen Strahlventilatoren nicht für die Entrauchung vorgesehen sind, da sie nicht für den Brandfall ausgelegt sind und keine Anforderungen an Temperaturbeständigkeit erfüllen. Die Entrauchung erfolgt über die natürliche Längslüftung über die Portale.

Dies ist konform mit den Anforderungen gem. Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln RABT 2003, die Entrauchung über natürliche Längslüftung bis zu einer Tunnellänge von 400 m vorsieht.

Insofern stellt die Überbauung und der Wegfall der Einhausung samt Strahlventilatoren keine wesentliche Änderung der Entrauchungssituation der Verkehrsröhre dar.

Fluchtwege

Die heute bestehende Einhausung des Zwischenraums zwischen den beiden Gleisunterführungen schließt den Tunnelraum ab, bis auf den östlichen Treppenaufgang zu den S-Bahngleisen.

Eine Entfluchtung des Fahrzeugtunnels über den Lichthof ist nicht vorgesehen. Die Glasabtrennung ist zwar seitlich offen, die südliche Öffnung ist jedoch durch Schaltschränke und eine zusätzliche Türe verschlossen, die nördliche Öffnung ist durch eine Barrikade abgesperrt.

Bei einer künftigen Überbauung des Lichthofs sollte die Wand zwischen Verkehrstunnel und Fußgängertunnel (heutigem Lichthof) entrauchungstechnisch geschlossen werden, um ein eventuelles Übertreten des Rauchs vom Verkehrstunnel in den Fußgängertunnel zu vermeiden.

5 Beleuchtung

Abb. 3 zeigt die heutige Beleuchtungssituation im Tunnel auf. Der seitliche Lichteinfall vom Lichthof in den Tunnel ist durch die starke Verschmutzung der Scheiben (Rußablagerungen) gering. Dies ist aber positiv zu bewerten, da Hell-Dunkel Übergänge innerhalb des Tunnel vermieden werden sollen und idealer Weise nur an den Portalen stattfinden.

Die Überbauung bringt insofern eine sogar eine Vereinheitlichung der Beleuchtungssituation im Straßentunnel. Die Beleuchtung bei einer geschlossenen Verbindungswand muss der restlichen Tunnelbeleuchtung angepasst werden. Unter Umständen muss die Steuerung, d.h. die Helligkeitsanpassung an die Umgebungshelligkeit ebenfalls angepasst werden.

Es ist selbstredend, dass die Beleuchtungssituation im Fußgängertunnel bei Wegfall des Lichthofs entsprechend ergänzt werden muss.



Abb. 4: Beleuchtung durch Lichthof

6 Einhausung bzw. Abhängdecke

Es wurde die Frage aufgeworfen, ob nach der Überbauung durch die 2. S-Bahn Stammstrecke eine Einhausung bzw. Abhängdecke, wie sie heute vorhanden ist, entfallen kann.

Hierzu folgendes:

Die heutige Abhängdecke ist im Wesentlichen eine strömungstechnische Unterstützung der Luftströmung hinein in den niedrigeren nördlichen Unterföhrungsbereich. Da die Ventilatoren entfallen können, ist auch diese Abhängdecke prinzipiell nicht mehr erforderlich. Die Konstruktion der Überbauung lässt jedoch einen Zwischenraum zu dem bestehenden nördlichen Teil der Unterföhrung offen. Hier müssen konstruktiv folgende Voraussetzungen geschaffen werden:

- Es muss verhindert werden, dass Abgase über diesen offenen Zwischenraum auch bei ungünstigen Windsituationen (Verwirbelungen) in den Fußgängertunnel übertreten können.
- Es muss ebenfalls verhindert werden, dass Personen auf dem darüber liegenden Bahnsteig durch die Abgase belästigt werden.
- Es muss vermieden werden, dass Regenwasser (und Schneefall) durch diesen Zwischenraum eindringt
- Eine Blendung der Verkehrsteilnehmer durch eine Öffnung muss vermieden werden, da die Augen sich im Tunnel an die dunkle Beleuchtungssituation adaptiert haben.

Diese Gründe implizieren das Schließen des Zwischenraums als die beste Lösung.

Im Falle des Einbaus / Nachrüstung von Ventilatoren (s. Kap. 3.2) könnte die Strömung über Leitbleche in den niedrigeren nördlichen Teil des Tunnels geleitet werden. Somit wird die Bahnsteigunterföhrung für Bauwerksüberprüfungen freigehalten.

7 Zusammenfassung

Für die Lüftung des Straßentunnels Laimer Unterführung ist entsprechend den Berechnungen auf Grundlagen der RABT 2003 für das Bezugsjahr 2015 auch keine mechanische Lüftung erforderlich, wenn die UVR entfallen sollte, und der Busverkehr wie heute durch die Laimer Unterführung geführt wird. Dies zeigt die Berechnung von 4 unterschiedlichen Verkehrssituationen gemäß Verkehrsprognose und RABT.

Ebenso sind für die Entrauchung des Tunnels mit Gegenverkehr und eine Länge von 227 m nach RABT keine Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich. Da der Zwischenraum zwischen den beiden Gleisunterführungen schon heute komplett eingehaust ist, ändert sich die künftige Situation bezüglich der Entrauchung nicht wesentlich. Auch die Fluchtwegesituation ändert sich nicht.

Die Beleuchtung im Verkehrstunnel wird durch die zukünftige Lösung eher homogener als heute und bedeutet weniger Adaptionsvorgänge für das Auge. Der Entfall des Lichthofs im Fußgängertunnel muss natürlich durch eine entsprechende künstliche Beleuchtung ersetzt werden.

Unter Berücksichtigung bestimmter konstruktiver Randbedingungen kann die Einhausung / Abhängdecke des Raumes unter der S-Bahnüberbauung entfallen.

Anhang

Anhang 1: Verkehrszählung 11/03 + Verkehrsprognose 2015

Anhang 2: Ergebnis Tunnelberechnung ohne UVR, d.h. mit Busverkehr
(11 Seiten)

Hinweis: Bei der Tunnelberechnung entspricht die Verkehrsrichtung von links nach rechts dem Tunnelverkehr von Süd nach Nord (und umkehrt).

Lüftungssituation im Straßentunnel Laimer Röhre ohne UVR
 31. Januar 2005

Knotenpunkt Landsberger-Straße - Fürstenrieder Straße

Analyse (Zählung vom 05.11.2003)					
Strom	errechneter Tagesverkehr	Morgenspitze (07:45-08:45)	Anteil Ge-samtverkehr	Abendspitze (16:45-17:45)	Anteil Ge-samtverkehr
1-2	1150	93	8%	110	10%
1-3	8560	594	7%	802	9%
1-4	3240	204	6%	363	11%
2-1	1070	82	8%	114	11%
2-3	3150	179	6%	362	11%
2-4	13800	833	6%	1240	9%
3-1	8860	819	9%	643	7%
3-2	3520	361	10%	240	7%
3-4	5930	466	8%	482	8%
4-1	3570	349	10%	274	8%
4-2	16510	1600	10%	1027	6%
4-3	4630	338	7%	384	8%
QS1	26450	2141	8%	2306	9%
QS2	39200	3148	8%	3093	8%
QS3	34650	2757	8%	2913	8%
QS4	47680	3790	8%	3770	8%

QS 1: Wotanstraße

QS 2: Landsberger Straße Ost

QS 3: Fürstenrieder Straße

QS 4: Landsberger Straße West

Prognose 2015 (mit Westtangente)					
Strom	errechneter Tagesverkehr	Morgenspitze (07:45-08:45) gerundet in 50ern	Anteil Ge-samtverkehr	Abendspitze (16:45-17:45) gerundet in 50ern	Anteil Ge-samtverkehr
1-2	1500	100	10%	150	10%
1-3	9000	650	7%	850	9%
1-4	3200	200	6%	350	11%
2-1	1000	100	10%	100	10%
2-3	3000	200	7%	350	12%
2-4	15200	900	6%	1350	9%
3-1	8900	850	10%	650	7%
3-2	3200	350	11%	200	6%
3-4	7000	550	8%	550	8%
4-1	3700	350	9%	300	8%
4-2	16600	1600	10%	1050	6%
4-3	5100	400	8%	450	9%
QS1	26300	2200	8%	2300	9%
QS2	39500	3200	8%	3100	8%
QS3	36200	3000	8%	3050	8%
QS4	50800	4000	8%	4050	8%

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

GEOMETRISCHE DATEN DES UNTERSUCHTEN TUNNELS

Anmerkung: Der Tunnel wird von links nach rechts betrachtet. Aus dieser Betrachtungsweise ergibt sich das Vorzeichen der Steigung und der Luftgeschwindigkeit (positiv = von links nach rechts).

Gesamtlänge des Tunnels	227 m
mittlere Steigung	0 %
mittlerer Tunnelquerschnitt	29 m ²
mittlerer Tunnelumfang	26 m
Höhenlage über Normal Null	520 m
Wandreibungsbeiwert	0,025
LKW-Masse	10 t
Bezugsjahr	2015
Für dieses Jahr gelten folgende Basiswerte:	
Benzin-PKW (CO)	0,029 m ³ /h,Fz
Benzin-PKW (Trübe)	0 m ² /h,Fz
Diesel-PKW (CO)	0,009 m ³ /h,Fz
Diesel-PKW (Trübe)	7,3 m ² /h,Fz
LKW (CO)	0,019 m ³ /h,Fz
LKW (Trübe)	8,9 m ² /h,Fz

Die maximale Anzahl der Fahrspuren im Tunnel beträgt:

von links nach rechts (>>>>>)	1
von rechts nach links (<<<<<)	1

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

VENTILATORDATEN

Für die Berechnungen wurde folgender Ventilator benutzt.

Name/Typ	1
Volumenstrom	11 m ³ /s
Austrittsgeschwindigkeit	32 m/s
Nischenkoeffizient	0,5
Wirkungsgrad	0,7

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

VERKEHRSSITUATION 1: Flüssig

Spur	Fahrt- richtung	Verkehrs- menge [PWE/h]	Diesel- PKW [%]	LKW [%]	mittlere Geschw. [km/h]
1	>>>>>	900	15	4	30
1	<<<<<	1300	15	4	30

Bei dieser Verkehrssituation gelten folgende Schadstoffgrenzwerte:

zulässige CO-Konzentration	70 ppm
zulässige Rußkonzentration	0,005 1/m

Es entsteht eine Schadstoffemission von:

CO-Emission	0,38 m ³ /h
Rauchproduktion	26,87 m ³ /h

Um die geforderten Grenzwerte von CO- und Rauchgehalt nicht zu überschreiten, werden folgende Frischluftmengen benötigt:

zur CO-Verdünnung	1,5 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,05 m/s
zur Rauchverdünnung	1,49 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,05 m/s

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

NATÜRLICHE LÜFTUNG

Bei folgenden Witterungsbedingungen

Windgeschwindigkeit	0 m/s
mittlere Tunnellufttemperatur	283 K
Lufttemperatur am unteren Portal	283 K

ergibt sich aufgrund des Fahrzeugdruckes, des Windes und des thermischen Druckunterschiedes eine

natürliche Lüftung von	-0,56 m/s
------------------------	-----------

Darurch stellen sich folgende Schadstoffrestgehalte ein

CO-Restkonzentration	11,46 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0005 1/m

MECHANISCHE LÜFTUNG

1. Ventilatoren blasen von links nach rechts

benötigte Anzahl	0
resultierende Luftgeschwindigkeit	-0,56 m/s
CO-Restkonzentration	11,46 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0005 1/m

2. Ventilatoren blasen von rechts nach links

benötigte Anzahl	0
resultierende Luftgeschwindigkeit	-0,56 m/s
CO-Restkonzentration	11,46 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0005 1/m

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

VERKEHRSSITUATION 2: Stockend

Spur	Fahrt- richtung	Verkehrs- menge [PWE/h]	Diesel- PKW [%]	LKW [%]	mittlere Geschw. [km/h]
1	>>>>>	850	15	4	10
1	<<<<<	850	15	4	10

Bei dieser Verkehrssituation gelten folgende Schadstoffgrenzwerte:

zulässige CO-Konzentration	70 ppm
zulässige Rußkonzentration	0,005 1/m

Es entsteht eine Schadstoffemission von:

CO-Emission	0,77 m ³ /h
Rauchproduktion	43,22 m ³ /h

Um die geforderten Grenzwerte von CO- und Rauchgehalt nicht zu überschreiten, werden folgende Frischluftmengen benötigt:

zur CO-Verdünnung	3,04 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,1 m/s
zur Rauchverdünnung	2,4 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,08 m/s

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

NATÜRLICHE LÜFTUNG

Bei folgenden Witterungsbedingungen

Windgeschwindigkeit	0 m/s
mittlere Tunnellufttemperatur	283 K
Lufttemperatur am unteren Portal	283 K

ergibt sich aufgrund des Fahrzeugdruckes, des Windes und des thermischen Druckunterschiedes eine

natürliche Lüftung von	0 m/s
------------------------	-------

Darurch stellen sich folgende Schadstoffrestgehalte ein

CO-Restkonzentration	116,46 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0066 1/m

MECHANISCHE LÜFTUNG

1. Ventilatoren blasen von links nach rechts

benötigte Anzahl	1
resultierende Luftgeschwindigkeit	1,22 m/s
CO-Restkonzentration	11,02 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

2. Ventilatoren blasen von rechts nach links

benötigte Anzahl	1
resultierende Luftgeschwindigkeit	-1,22 m/s
CO-Restkonzentration	11,02 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

VERKEHRSSITUATION 3: Stockend

Spur	Fahrt- richtung	Verkehrs- menge [PWE/h]	Diesel- PKW [%]	LKW [%]	mittlere Geschw. [km/h]
1	>>>>>	1300	15	4	30
1	<<<<<	850	15	4	10

Bei dieser Verkehrssituation gelten folgende Schadstoffgrenzwerte:

zulässige CO-Konzentration	70 ppm
zulässige Rußkonzentration	0,005 1/m

Es entsteht eine Schadstoffemission von:

CO-Emission	0,61 m ³ /h
Rauchproduktion	37,49 m ³ /h

Um die geforderten Grenzwerte von CO- und Rauchgehalt nicht zu überschreiten, werden folgende Frischluftmengen benötigt:

zur CO-Verdünnung	2,41 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,08 m/s
zur Rauchverdünnung	2,08 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,07 m/s

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

NATÜRLICHE LÜFTUNG

Bei folgenden Witterungsbedingungen

Windgeschwindigkeit	0 m/s
mittlere Tunnellufttemperatur	283 K
Lufttemperatur am unteren Portal	283 K

ergibt sich aufgrund des Fahrzeugdruckes, des Windes und des thermischen Druckunterschiedes eine

natürliche Lüftung von	1,11 m/s
------------------------	----------

Darurch stellen sich folgende Schadstoffrestgehalte ein

CO-Restkonzentration	10,23 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

MECHANISCHE LÜFTUNG

1. Ventilatoren blasen von links nach rechts

benötigte Anzahl	0
resultierende Luftgeschwindigkeit	1,11 m/s
CO-Restkonzentration	10,23 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

2. Ventilatoren blasen von rechts nach links

benötigte Anzahl	0
resultierende Luftgeschwindigkeit	1,11 m/s
CO-Restkonzentration	10,23 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

VERKEHRSSITUATION 4: Stockend

Spur	Fahrt- richtung	Verkehrs- menge [PWE/h]	Diesel- PKW [%]	LKW [%]	mittlere Geschw. [km/h]
1	>>>>>	1300	15	4	30
1	<<<<<	165	15	4	0

Bei dieser Verkehrssituation gelten folgende Schadstoffgrenzwerte:

zulässige CO-Konzentration	70 ppm
zulässige Rußkonzentration	0,005 1/m

Es entsteht eine Schadstoffemission von:

CO-Emission	0,54 m ³ /h
Rauchproduktion	45,3 m ² /h

Um die geforderten Grenzwerte von CO- und Rauchgehalt nicht zu überschreiten, werden folgende Frischluftmengen benötigt:

zur CO-Verdünnung	2,16 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,07 m/s
zur Rauchverdünnung	2,52 m ³ /s
bei Tunnelluftgeschwindigkeit	0,09 m/s

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

NATÜRLICHE LÜFTUNG

Bei folgenden Witterungsbedingungen

Windgeschwindigkeit	0 m/s
mittlere Tunnellufttemperatur	283 K
Lufttemperatur am unteren Portal	283 K

ergibt sich aufgrund des Fahrzeugdruckes, des Windes und des thermischen Druckunterschiedes eine

natürliche Lüftung von	1,46 m/s
------------------------	----------

Darurch stellen sich folgende Schadstoffrestgehalte ein

CO-Restkonzentration	8,57 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

MECHANISCHE LÜFTUNG

1. Ventilatoren blasen von links nach rechts

benötigte Anzahl	0
resultierende Luftgeschwindigkeit	1,46 m/s
CO-Restkonzentration	8,57 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

2. Ventilatoren blasen von rechts nach links

benötigte Anzahl	0
resultierende Luftgeschwindigkeit	1,46 m/s
CO-Restkonzentration	8,57 ppm
Ruß-Restkonzentration	0,0003 1/m

Projektname: Laimer ST
Projektnummer: 15512.35
Datum: 31.01.2005

FESTE PARAMETER

Für die Berechnung wurden folgende Parameter verwendet:

CO-Konzentration der Frischluft	5 ppm
Rußkonzentration der Frischluft	0 1/m ²
mittlere NO-Emission KFZ	0,001 m ³ /h
Widerstandsfläche PKW	0,3 m ²
Widerstandsfläche LKW	4 m ²
Luftdichte	1,2 kg/m ³
Eintrittsverlustkoeffizient	0,5
Windeinflußfaktor	0,4
Verkehrsdichte bei Stau	150 KFZ/km
Verkehrsdichte bei Brandfall	0 KFZ/km