

**TRANSMISSIONSMESSUNGEN
VON STICKSTOFFOXIDEN
PLABUTSCHTUNNEL/GRAZ**



Transmissionsmessungen von Stickstoffoxiden Plabutschunnel/Graz

Klaus RADUNSKY
Andreas REISENHOFER
Wolfgang SPANGL

UBA-BE-009

Wien, Mai 1994

Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie



Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, Mai 1994

**Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-162-3**

1. Einleitung

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie führte das Umweltbundesamt am 15. und 16. Dezember 1992 sowie am 2. und 3. Februar 1993 in Graz, Bereich Plabutschunnel, Transmissionsmessungen, die zur Erfassung der Emissionen von Stickstoffoxiden der Plabutschunnelentlüftung dienen sollten, durch.

In den vergangenen Jahren wurden häufig Beschwerden über die Verschlechterung der Luftqualität im Westen von Graz laut; dies wurde unmittelbar mit den Emissionen aus den Abluftkaminen des Plabutschunnels in Zusammenhang gebracht.

Auf Initiative der Umweltschutzgesellschaft des Landes Steiermark wurde in Zusammenarbeit mit dem Hygieneinstitut der Universität Graz und der Fachabteilung Ia des Amtes der Stmk. Landesregierung das Österreichische Forschungszentrum Seibersdorf (ÖFZS) beauftragt, die Ausbreitungen der Abgasfahnen aus den Tunnellüftungsöffnungen des Plabutschunnels mittels der SF₆-Tracer Methode (SF₆=Schwefelhexafluorid) empirisch zu bestimmen.

Diese Methode wurde deshalb gewählt, weil in dem hügeligen Gelände die Anwendung von konventionellen Ausbreitungsmodellen zu Berechnungsergebnissen führen, welche von den tatsächlichen Immissionskonzentrationen zu stark abweichen.

Zur Unterstützung der Messungen des Forschungszentrums Seibersdorf wurden vom Umweltbundesamt Transmissionsmessungen zur Erfassung von Stickstoffoxidekonzentrationen durchgeführt. Gefahren wurde mit einem Meßbus, der mit einem Stickstoffoxideanalysator des Typs Monitor Labs ML8840 ausgerüstet war.

2. Meßgeräte, Meßmethode

Zur Analyse der Stickstoffoxide wurde ein Chemilumineszenzanalysator verwendet. Das Verfahren basiert auf der Chemilumineszenz der angeregten NO_2 -Moleküle, die aufgrund der Reaktion zwischen NO und O_3 in einer Vakuumkammer entsteht. Die Chemilumineszenz aus der Reaktionszelle wird unterbrochen und alternierend auf einen Lichtverstärker 87mal pro Sekunde durch einen optischen Chopper übertragen. Ein phasensensitiver Verstärker wandelt das Signal des Photomultiplier in eine Spannung um, die mittels eines Schreibers aufgezeichnet wird. Der Chemilumineszenzanalysator wurde mit NO -Eichgas kalibriert, die Effizienz des Konverters mittels Gasphasentitration überprüft. Die Einstellzeit des Gerätes beträgt ca. 2 Min, die Nachweisgrenze liegt bei 3ppb.

Der Chemilumineszenzanalysator registrierte während der Fahrt des Meßwagens die aktuellen Konzentrationen von Stickstoffoxiden entlang der Fahrtstrecke. Die Meßluft wurde in einer Höhe von 2,7m über der Fahrbahn angesaugt. Die Fahrtgeschwindigkeit lag zwischen 0 und 40 km/h, die Fahrtstrecke führte an allen 4 Meßtagen rund um den Plabutsch, im speziellen rund um die Tunnelentlüftungen im Westen bzw. Norden von Graz, sowie durch das Stadtgebiet von Graz.

3. Transmissionsmessungen

Im folgenden werden die Ergebnisse der Transmissionsmessungen in Zusammenhang zu den vorherrschenden meteorologischen Gegebenheiten gebracht und diskutiert.



• Tunnelöffnung III

• Tunnelöffnung I

GRAZ STADT
WEINITZER

Ob-Weinberg

XII

Unterweizbach

Unterandritz

XIII

ROSTING

Krotendorf

WEBLING

MANFSCHA

RUDERSDORF

XVII

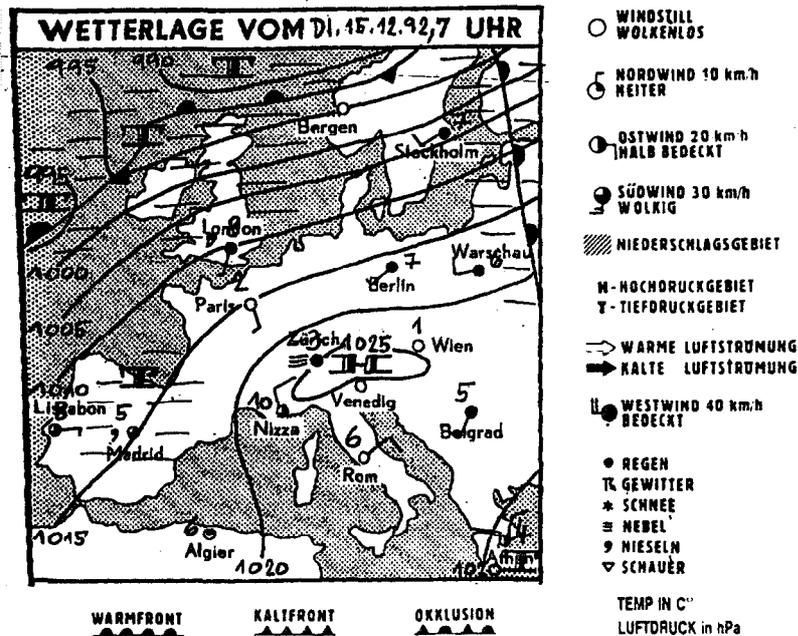
PUNITIGAM

STRAßENBILD

3.1 Meßserie 1

Meßtag: 15. Dezember 1992

Meßzeit: 11.45 - 22.15 Uhr



Wetterlage: Der Alpenraum liegt im Randbereich eines ost-europäischen Hochdruckgebietes; über der Stadt Graz liegt eine ausgeprägte Inversion.

Wetterwerte: Graz Thalerhof

MEZ	Temp. (°C)	Windrichtung Windgeschwindigkeit	Bewölkung
07.00	- 4	drehend; 0,6 m/s	wolkenlos
13.00	+ 4	drehend; 1,1 m/s	wolkenlos
19.00	0	drehend; 0,6 m/s	wolkenlos

Die Transmissionsmessungen an diesem Meßtag konzentrierten sich auf das Gebiet um die Tunnelentlüftung im Südwesten von Graz, unweit des Schlosses St. Martin. (Die Entlüftung wird auf beiliegender Karte und in folgendem kurz als Entlüftung I bezeichnet).

Ausgangspunkt für die Messung bei der Entlüftung I war über den Zuluftöffnungen ca. 50 m unter dem Abgaskamin, es ist dies der nächstmögliche Meßpunkt für den Auslaß, da dieser etwas erhöht im Wald über den Zuluftöffnungen steht, ein näheres Zufahren daher nicht möglich ist.

Im folgenden sind nun in tabellarischer Form die Momentanwerte der NO und NO₂-Konzentrationen entlang der Fahrstrecke angeführt. Die Straßenbezeichnungen in den Klammern bezeichnen jeweils den Kreuzungsbereich der befahrenen Straße mit jener in Klammern bezeichneten. Es wird darauf hingewiesen, daß es sich bei diesen Werten um Momentanwerte handelt, die mit den Konzentrationen, die an den Grazer Meßstationen zu diesem Zeitpunkt gemessen wurden, in dieser Form nicht vergleichbar sind!

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Kärntnerstraße	0,523	0,111	11:44 h
Weblingerstraße	0,567	0,128	
Straßgangerstraße	0,673	0,128	
(Trattfelderstraße)	0,690	0,119	
(Dr. Kamnikerstr.)	0,801	0,153	
Grottenhofstraße	0,556	0,144	
Parkplatz Schloß	0,278	0,102	11:53 h

In der Zeit von 11:54 bis 12:40 wurden am Ausgangspunkt für die Messung bei der Entlüftung I Werte von $0,167 \text{ mg NO/m}^3$ - $0,278 \text{ mg NO/m}^3$, sowie $0,085 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ - $0,119 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ gemessen. Diese Stickstoffoxidekonzentrationen, die in etwa im Bereich der zuvor am Parkplatz des Schlosses St. Martin gemessenen liegen, kann man zu diesem Zeitpunkt als "Grundbelastung" für diesen Ort annehmen; zusätzliche Konzentrationsspitzen an NO an diesem Standort durch die Tunnelentlüftung waren also nicht meßbar. Anschließend wurde die Messung fortgesetzt, die Fahrtstrecke führte rund um die Tunnelentlüftung I.

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m^3)	Meßwerte NO ₂ (mg/m^3)	Zeit	
Kehlbergstraße	0,145	0,085	12:41 h	
(Krottendorferstr.)	0,156	0,085		
(Bründlgasse)	0,156	0,085		
(Grottenhofstr.)	0,250	0,102		
Steinbergstr.	0,334	0,012		
1. Kehre	0,478	0,127		
2. Kehre	0,512	0,110		
Mantschastraße	0,145	0,068		12:54 h
Mantscha-Waldweg	0,028	0,051		
(Am Buchkogel)	0,100	0,076		
(Greifenweg)	0,145	0,093		
(Gradlbauerweg)	0,145	0,093		
Höhe Schloß St. Martin	0,122	0,085		
(Martinhofstraße)	0,111	0,076		
(Grottenhofstr.)	0,211	0,102		
Steinbergstraße	0,323	0,085		
1. Kehre	0,679	0,136		
2. Kehre	0,612	0,119		

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
(Thalерseestr.)	0,401	0,102	
Mantschastraße	0,423	0,093	
(Am Buchkogel)	0,061	0,059	
(Greifenweg)	0,289	0,093	
Salfeldstraße	0,178	0,093	
Martinhofstr.	0,156	0,085	
Krottendorferstr.	0,134	0,068	
(Bründlgasse)	0,128	0,076	
(Grottenhofstr.)	0,134	0,085	
(Loewegasse)	0,267	0,093	
Steinbergstr.	0,401	0,102	
1. Kehre	0,367	0,110	
2. Kehre	0,317	0,102	
(Thalерseestr.)	0,139	0,076	
Mantschastr.	0,067	0,059	
(Am Buchkogel)	0,039	0,051	
(Greifenweg)	0,106	0,076	
(Gradlbauerweg)	0,134	0,076	
Salfeldstraße	0,128	0,076	
Straßgangerstr.	0,211	0,076	
(Dr. Kamnikerstr.)	0,389	0,110	
(Am Jägergrund)	0,389	0,119	
(Grottenhofstr.)	0,534	0,136	
Peter Roseggerstr.	0,484	0,102	
(Loewegasse)	0,512	0,127	
(Lisäckerstr.)	0,517	0,127	
(Wetzelsdorferstr.)	0,478	0,110	
Karl-Morrestr.	0,562	0,153	
(Hauseggerstr.)	0,478	0,119	
(Eckertstr.)	0,501	0,153	
Alte Poststraße	0,423	0,144	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
(Laudongasse)	0,367	0,136	
(Rochelgasse)	0,334	0,127	
(Peter Tunnergasse)	0,523	0,153	
(Dr. Karl Luegerstr.)	0,300	0,110	
(Grafenbergstr.)	0,134	0,076	
(Exerzierplatzstr.)	0,250	0,102	
Plabutscherstraße	0,256	0,102	
(Anton Gerstlstraße)	0,423	0,136	
Georgigasse	0,245	0,102	
Baiernstraße	0,195	0,085	
(Grasbergerstr.)	0,167	0,085	
(Richard Straußstr.)	0,167	0,085	
(Gritzenweg)	0,167	0,085	
(J. Paestionstr.)	0,167	0,085	
Steinbergstr.	0,200	0,093	
Krottendorferstr.	0,323	0,110	
(P. Roseggerstr.)	0,245	0,102	
(Martinhofstr.)	0,195	0,093	
(Schloß St. Martin)	0,083	0,076	
In der Kell	0,078	0,076	
Salfeldstr.	0,111	0,076	
Straßgangerstr.	0,205	0,076	
Weblingerstr.	0,801	0,119	
Kärntnerstr.	2,781	0,510	
Tunnelwarte	1,502	0,340	
Tunneleinfahrt	0,779	0,212	
Tunneldurchfahrt	MW: 6,642	MW: X	Fahrdauer ca. 8 min

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Abfahrt Graz Andritz	0,401	0,110	
(Körösistr.)	0,423	0,119	
(Muchargasse)	0,634	0,153	
Parkstraße	0,946	0,161	
Glacisstraße	0,912	0,178	
Elisabethstr.	0,846	0,187	
(Merangasse)	0,912	0,204	
Ragnitzstraße/Stop	0,734	0,153	16:05 h
Leonhardstr.	0,534	0,153	16:50 h
(Merangasse)	0,779	0,127	
(Glacisstr.)	0,946	0,178	
(Girardigasse)	0,768	0,187	
(Wielandg.)	>1,110	0,212	
Griesplatz	0,812	0,170	
(Rösselmühlgasse)	>1,110	0,204	
Weblinger-Gürtel	>1,110	0,272	
Kärntnerstr.	>1,110	0,212	
Harterstr.	1,024	0,204	17:12 h
(Gutenbergstr.)	0,712	0,144	
Anton Mellweg	0,723	0,153	
Am Jägergrund	0,745	0,136	
Straßgangerstr.	0,634	0,119	
Weblingerstr.	0,768	0,161	
Kärntnerestr.	0,773	0,187	
Tunnelwarte/Stop	0,312	0,085	17:40 h
=====			
Harterstr.	0,634	0,102	20:34 h
Unterer Bründelweg	0,590	0,093	
Straßgangerstr.	0,523	0,093	
(Harterstr.)	0,345	0,085	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
(Seebergstr.)	0,256	0,076	20:46 h
OT Pirka	0,234	0,068	
Ukpkt Pirka	0,312	0,051	
OT Seiersberg	0,267	0,051	
Kärntnerstr.	0,401	0,076	
Straßgangerstr.	0,406	0,102	
(Trattfelderstr.)	0,378	0,085	
(Grottenhoferstr.)	0,562	0,102	
(Peter Roseggerstr.)	0,512	0,102	
Wetzelsdorferstr.	0,490	0,076	
Steinbergstr.	0,484	0,093	
1. Kehre	0,312	0,068	
2. Kehre	0,306	0,068	
(Thalerseestraße)	0,334	0,051	
Mantschastr.	0,200	0,059	
(Am Buchkogel)	0,011	0,042	
(Greifenweg)	0,045	0,051	
(Gradlbauerweg)	0,100	0,059	
In der Kell	0,111	0,042	
Am Winhang	0,128	0,076	
Ukpkt Tunnelent- lüftung I	0,028	0,059	
Kehlbergstraße	0,095	0,068	
(Martinhofstr.)	0,089	0,059	
(Bründlweg)	0,106	0,059	
(Grottenhofstr.)	0,100	0,059	21:21 h
Steinbergstr.	0,178	0,051	
1. Kehre	0,178	0,051	
2. Kehre	0,206	0,051	
(Thalerseestr.)	0,200	0,051	
Mantschastr.	0,100	0,042	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
(Am Buchkogel)	0,017	0,034	
(Greifenweg)	0,022	0,042	
(Gradlbauerweg)	0,072	0,051	
Salfeldstraße	0,117	0,059	
Straßgangerstr.	0,156	0,051	
Weblingerstr.	0,217	0,051	
Kärntnerstr.	0,217	0,051	
(Bäckerweg)	0,501	0,085	
(Am Lindenkreuz)	0,523	0,102	
(Lazarettgasse)	0,456	0,085	
Elisabethstraße	0,300	0,068	
(Josefsgasse)	0,189	0,076	
Lendplatz	0,234	0,059	
Wienerstr.	0,278	0,085	
(Schipfingerstr.)	0,423	0,093	
(Ibererstr.)	0,228	0,051	
Europaplatz	0,312	0,068	
Keplerstr.	0,401	0,076	
Mur	0,367	0,085	
Jahngasse	0,601	0,085	
Parkstr.	0,556	0,068	
Glacisstraße	0,701	0,102	
Elisabethstr./Stop	0,645	0,051	22:10 h

Interpretation der Meßergebnisse

Im folgenden wurde versucht, eine Interpretation der Meßergebnisse im Bezug zur vorherrschenden Wetterlage vorzunehmen;

Im Tagesverlauf der Temperaturen in verschiedenen Seehöhen ergab sich Abb.3.1.1. (Es waren dies: Graz West: 379 m, Schloßberg: 450 m, Graz Platte: 661 m, Plabutsch: 785 m sowie Schöckl: 1480 m).

Es ist für den gesamten Meßtag eine anhaltende Inversion zwischen dem Talboden bzw. dem Plabutsch und dem Schöckl zu erkennen. Es herrschen mithin großräumig stabile Ausbreitungsbedingungen; die nächtlich ausgeprägte Bodeninversion hebt sich tagsüber, wobei im Bereich zwischen Talboden und Plabutsch leicht labile Verhältnisse auftreten.

Daraus geht hervor, daß die Tunnelabgase an und für sich nur in einem relativ kurzen Zeitraum von ca. 10.00 h bis ca. 15.30 h in Bodennähe gelangen konnten, also auch nur in diesem Zeitraum meßbar waren.

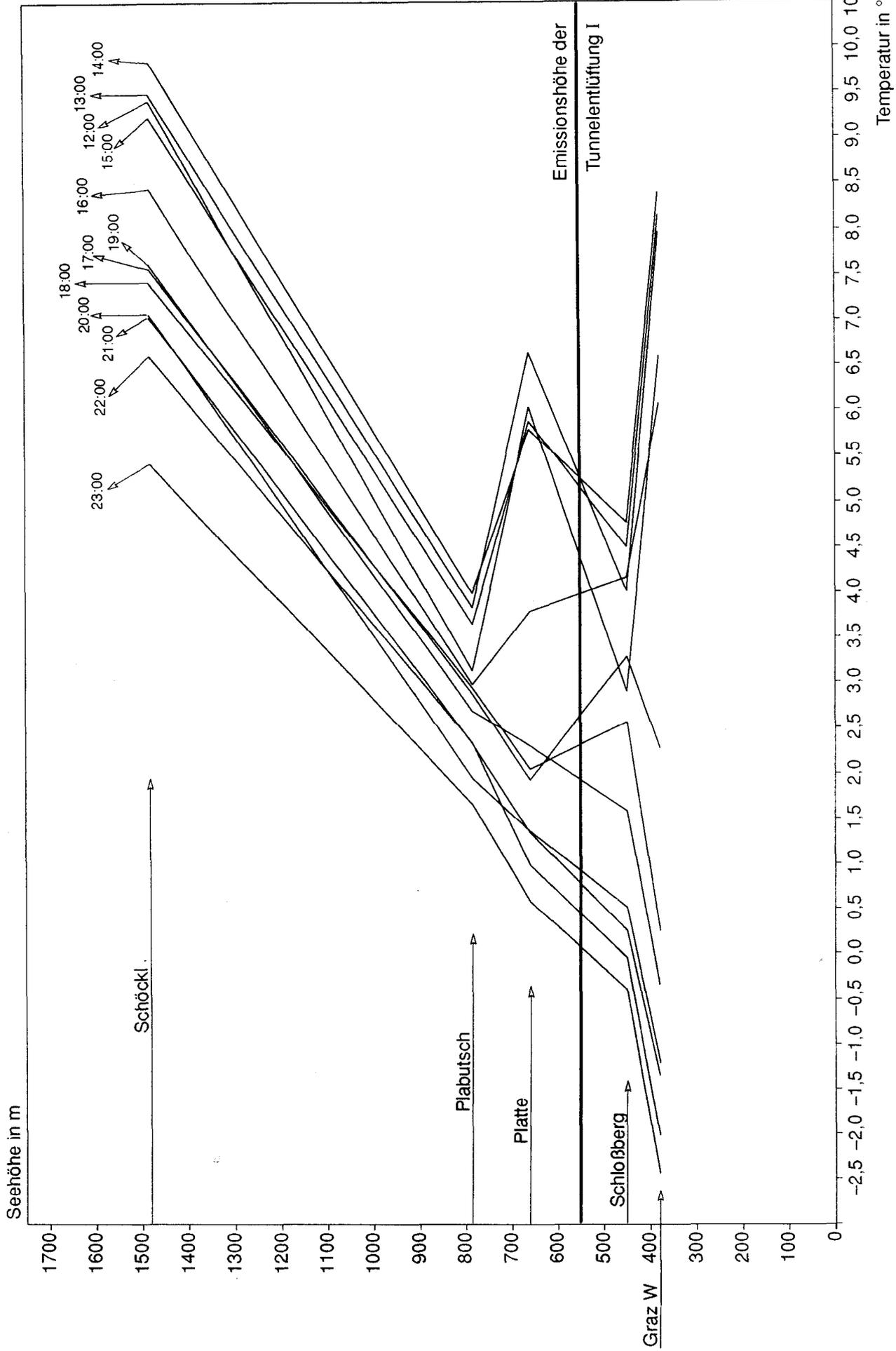


Abb. 3.1.1: Die Temperaturverteilung an den Grazer LG-Meßstellen vom 15.12.1992, 12:00 bis 23:00 Uhr.

Bei näherer Betrachtung der Meßwerte ergibt sich folgendes: Es war eine deutliche Abnahme der NO-Belastung mit zunehmender Höhe zu beobachten, d.h. westlich der Straßgangerstraße wurden die NO-Konzentrationen geringer, währenddessen östlich der Straßgangerstr. konstant höhere Werte gemessen wurden.

Im Bereich der 1. und 2. Kehre der Steinbergstraße wurden Konzentrationserhöhungen von NO um $0,150 - 0,350 \text{ mg NO/m}^3$ festgestellt; bedingt durch die räumliche Enge dieser NO-Peaks, müssen lokale Einflüsse als Verursacher angenommen werden. Im Kreuzungsbereich der Steinbergstraße mit der Thalerseestraße sanken die Konzentrationen jeweils stark ab, um auf der Ostseite des Buchkogels, Bereich Mantschawaldweg/Buchkogel die Konzentrationsminima zu bilden.

Im Bereich der oberen Kehlbergstraße/Salfeldstraße stiegen die Konzentrationen jeweils wieder auf etwa ähnliche Werte wie auch im Bereich der Tunnelentlüftung I gemessen wurde. Es konnten auch in diesem Bereich keine signifikanten NO-Peaks erfaßt werden, die auf eine Beeinflussung durch die Tunnelentlüftung rückschließen lassen.

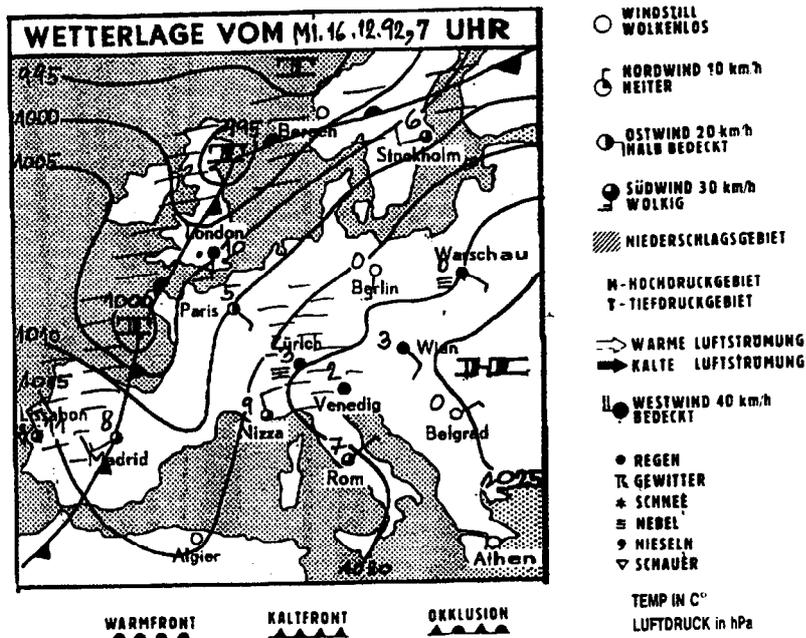
Gegen Abend wurden im Stadtgebiet von Graz sehr hohe NO-Konzentrationen von bis zu $>1.1 \text{ mg/m}^3$ gemessen; auch hier war ein Verlauf des Konzentrationsabfalls in Nord-Süd Richtung einerseits, in Ost-West Richtung andererseits zu erkennen.

Bei der Messung spätabends zeigte sich ein ähnliches Bild: Die NO-Konzentrationen lagen deutlich tiefer, zwischen $0.03 - 0.70 \text{ mg/m}^3$ und es war wieder eindeutig zu erkennen, daß - die NO-Werte mit zunehmender Seehöhe abnahmen (mit Ausnahme der Steinbergstraße, bedingt vermutlich durch lokale NO-Verursacher)

- ein Absinken der NO-Konzentrationen von Ost nach West
- und die NO-Konzentration westlich des Buchkogels am geringsten war (ca. $0.01 - 0.02 \text{ mg/m}^3$).

Meßtag: 16. Dezember 1992

Meßzeit: 08.50 - 12.30 Uhr



Wetterlage: Der Alpenraum befindet sich unter Einfluß eines Hochdruckgebietes; über der Stadt Graz liegt eine ausgeprägte Inversion.

Wetterwerte: Graz Thalerhof

MEZ	Temp. (°C)	Windrichtung Windgeschwindigkeit	Bewölkung
07.00	- 5	drehend; 0,6 m/s	wolkenlos
13.00	+ 1	SE; 1,7 m/s	leicht bewölkt
19.00	- 2	drehend; 1,2 m/s	bewölkt

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Joanneumring	0,656	0,076	
(Burggasse)	0,629	0,051	
(Neutorgasse)	>1,110	0,102	08:21 h
Mur	1,046	0,093	
Grießplatz	>1,110	0,085	
Elisabethinergasse	>1,110	X	
(Idlhofgasse)	>1,110	X	
Eggenbergergürtel	>1,110	0,153	
Kärntnerstraße	>1,110	0,119	
Harterstr.	>1,110	0,178	
(Laboratoriumstr.)	>1,110	0,170	
(Gutenbergstr.)	1,110	0,110	
(Veilchenstr.)	>1,110	0,119	
(Unterer Bründlweg)	>1,110	0,119	
(Am Jägergrund)	>1,110	0,127	
(Trattfelderstr.)	>1,110	0,127	
Straßgangerstr.	>1,110	0,119	
Kärntnerstr.	>1,110	0,144	
Tunnelwarte/Stop	>1,110	0,136	08:45 h

=====

Kärntnerstr.	0,957	0,119	08:50 h
Weblingerstr.	1,279	0,170	
Straßgangerstr.	1,246	0,170	
(Am Jägergrund)	1,246	0,187	
(Grottenhofstr.)	1,268	0,204	
(Peter Roseggerstr.)	1,302	0,221	
Wetzelsdorferstr.	1,713	0,238	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Steinbergstr.	1,213	0,221	
(Krottendorferstr.)	1,024	0,187	
1. Kehre	0,656	0,119	
2. Kehre	0,590	0,119	
(Thalenseestr.)	0,312	0,085	
Mantschastr.	0,200	0,068	
(Am Buchkogel)	0,022	0,042	
(Greifenweg)	0,111	0,051	
(Gradlbauerweg)	0,345	0,068	
In der Kell	0,623	0,119	
Am Weinhang	0,601	0,153	
Entlüftung I/Stop	0,312	0,102	09:15 h
=====			
Standzeit bei Tunnelentlüftung I ca. 7 min; Werte in diesem Zeitraum kontinuierlich von 0,312 mg NO/m ³ auf 0,178 mg NO/m ³ sinkend. NO ₂ : 0,102 auf 0,068 mg NO ₂ /m ³ .			
=====			
Kehlbergstr.	0,367	0,085	09:22 h
(Bründlweg)	0,690	0,136	
(Grottenhofstr.)	0,745	0,153	
(Lissäckerstr.)	0,779	0,170	
Baiernstr.	0,846	0,187	
(Eppensteinerweg)	0,812	0,187	
(Grasbergerstr.)	0,679	0,170	
Göstingerstr.	0,567	0,153	
(Anton Gerstlstr.)	0,501	0,153	
(Vidmarstr.)	0,389	0,136	
(Grafenbergstr.)	0,223	0,102	
(Thalbachweg)	0,234	0,093	
(Aspachgasse)	0,378	0,119	
Exerzierplatzstr.	0,356	0,119	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Wienerstr.	0,590	0,136	
(Schipfingerstr.)	0,723	0,170	
(Lastenstraße)	1,024	0,221	
(Europaplatz)	0,957	0,204	
(Annenstraße)	1,046	0,221	
(Prankergasse)	1,046	0,204	
(J. Hubergasse)	0,968	0,221	
Fabriksgasse	0,890	0,221	
(Karlauerstr.)	0,890	0,204	
Herrgottwiesgasse	0,957	0,187	
(Karlauer Gürtel)	0,979	0,221	
(Auf der Tändelwiese)	0,801	0,187	
(Dornschneidergasse)	0,679	0,170	
(Lauzilgasse)	0,601	0,153	
Meßst. Graz Süd/Stop	0,356	0,102	09:54 h
=====			
Herrgottwiesgasse	0,323	0,085	10:05 h
Lauzilgasse	0,389	0,085	
Triesterstr.	0,490	0,085	
(Wenzelhofstr)	0,690	0,119	
(Schwarzer Weg)	0,757	0,136	
Weblinger Gürtel	0,712	0,153	
(Schwarzer Weg)	0,779	0,136	
Kärntnerstr.	0,734	0,119	
Tunnelwarte/Stop	0,601	0,119	10:14 h
=====			
Kärntnerstr.	0,579	0,136	
Weblingerstr.	0,846	0,187	
Straßgangerstr.	0,834	0,187	
Salfeldstr.	0,645	0,170	
Martinhofstr.	0,478	0,136	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Krottendorferstr.	0,206	0,093	
(Grottenhofstr.)	0,389	0,136	
(Ekkehard Hauerstr.)	0,412	0,144	
(Peter Roseggerstr.)	0,378	0,136	
(Erdbergweg)	0,362	0,136	
Steinbergstraße	0,406	0,136	
1. Kehre	0,612	0,153	
2. Kehre	0,567	0,161	
(Thalerseestr.)	0,345	0,102	
Mantschastr.	0,128	0,051	
(Am Buchkogel)	0,145	0,076	
(Gradlbauerweg)	0,256	0,119	
In der Kell	0,267	0,119	
Am Weinhang	0,317	0,127	
(Entlüftung I)	0,267	0,110	
Kehlbergstr.	0,278	0,136	
(Martinhofstr.)	0,200	0,110	
(Grottenhofstr.)	0,273	0,127	
(Peter Roseggerstr.)	0,289	0,127	
Steinbergstr.	0,295	0,136	
1. Kehre	0,356	0,119	
2. Kehre	0,567	0,136	
(Thalerseestr.)	0,189	0,093	
Mantschastr.	0,139	0,059	
(Am Buchkogel)	0,045	0,051	
(Greifenweg)	0,134	0,093	
(Gradlbauerweg)	0,167	0,093	
Salfeldstr.	0,239	0,119	
(Weblingerstr.)	0,239	0,119	
Weiberfelderweg	0,184	0,110	
Kärntnerstr.	0,339	0,110	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
(Weblingerstr.)	0,534	0,119	
Tunnelwarte/Stop	0,545	0,136	12:07 h
Kärntnerstr.	0,389	0,127	
Auffahrt A2	0,434	0,127	

Interpretation der Meßergebnisse

Im Tagesverlauf der Temperaturen in verschiedenen Seehöhen (analog Abb.3.1.1.) ergab sich Abb.3.1.2..

Für den Beobachtungszeitraum von 08:00 h bis 10:00 h läßt sich zwischen Talboden und Platte eine stark stabile Luftschichtung erkennen, die nach starker Erwärmung am Talboden nach 10:00 h zwischen Schloßberg und Platte bestehen bleibt; die Tunnelabgase können also kaum in Bodennähe gelangen.

An diesem Meßtag zeigt sich folgendes Bild: Die NO-Belastung in der Stadt lag etwas höher als am Vortag, es war jedoch wieder ein deutliches Absinken der Konzentrationen mit zunehmender Höhe zu verzeichnen. Ein Nord-Süd Verlauf konnte an diesem Meßtag jedoch nicht bzw. kaum ausgeprägt festgestellt werden.

Diese höhere Belastung in der Stadt ist darauf zurückzuführen, daß sich die stabilen unteren Inversionsschichten insbesondere durch das starke morgendliche Verkehrsaufkommen weiter mit NO angereichert hatten.

An der Tunnelentlüftung I wurden ca. 0.18 mg NO/m³ gemessen, was in etwa der NO-Belastung des Vortages entspricht.

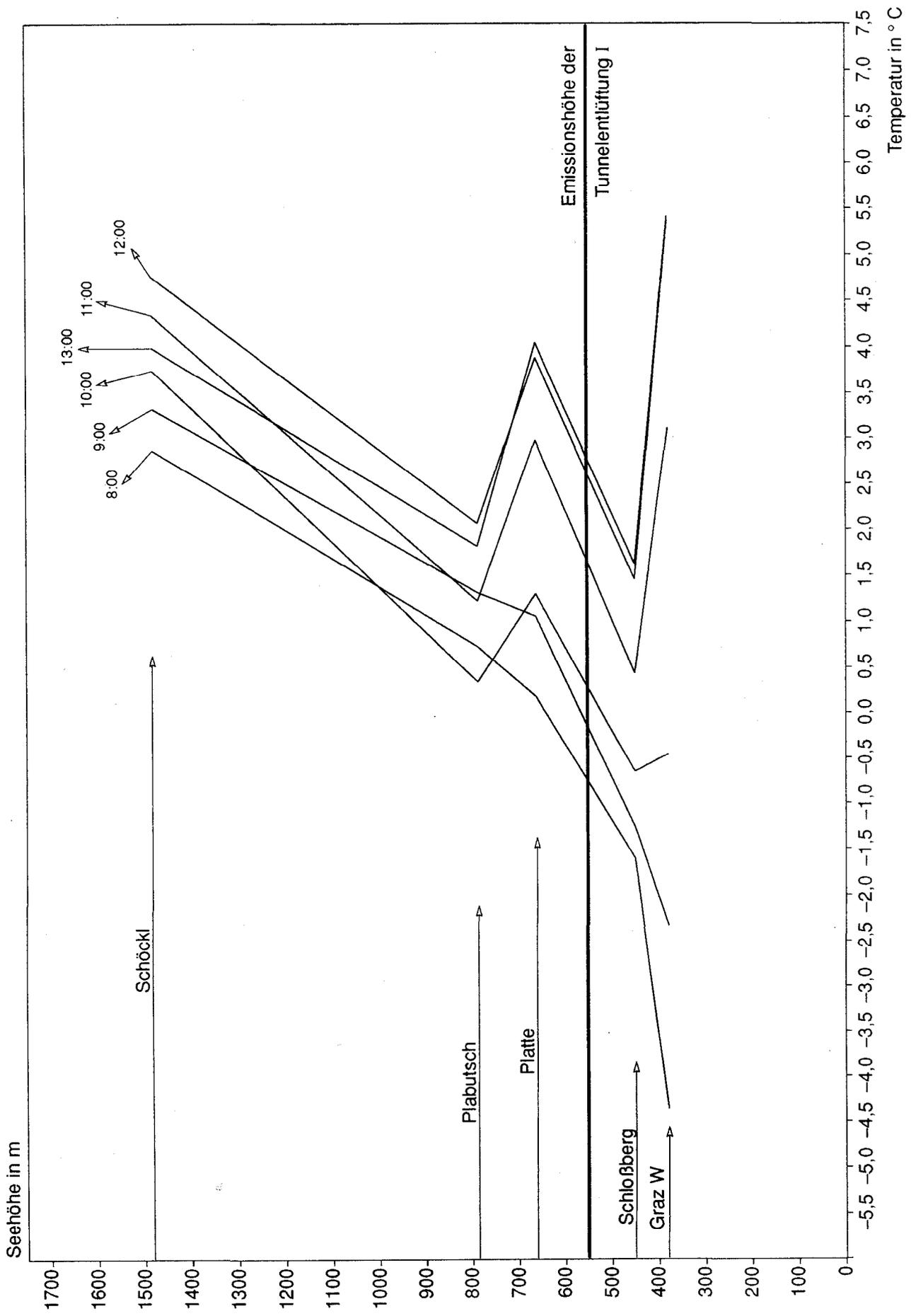
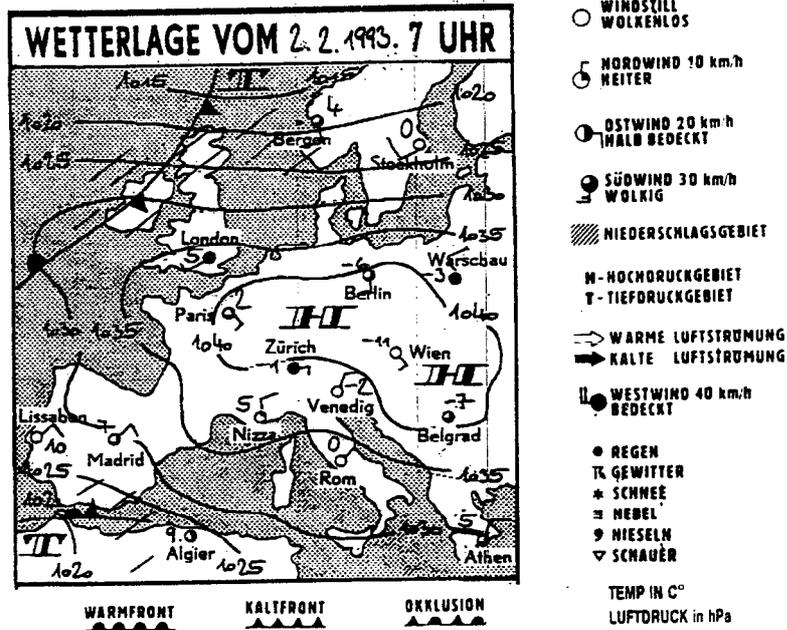


Abb. 3.1.2: Die Temperaturverteilung an den Grazer LG-Meßstellen vom 16.12.1992, 08:00 bis 12:00 Uhr.

3.2 Meßserie 2

Meßtag: 2. Februar 1993

Meßzeit: 14.00 - 19.00 Uhr



Wetterlage: Österreich befindet sich unter Hochdruckeinfluß. Über Graz liegt eine schwach ausgebildete Inversion.

Wetterwerte:

MEZ	Temp. (°C)	Windrichtung Windgeschwindigkeit	Bewölkung
07.00	- 10	N; 1,1 m/s	wolkenlos
13.00	+ 3	SE; 1,1 m/s	leicht bewölkt
19.00	- 1	drehend; 1,1 m/s	leicht bewölkt

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
LG Station Graz Süd	0,031	0,060	14:20 h
Herrgottwiesgasse	0,035	0,060	
Puntigamerstr.	0,114	0,053	
Triesterstr.	0,214	0,067	
Wenzlhofstr.	0,183	0,067	
Alte Poststraße	0,157	0,067	
(Wagner-Jauregstr.)	0,114	0,060	
Alte Poststraße	0,083	0,060	
Kapellenstr.	0,052	0,053	
Kärntnerstr.	0,262	0,047	
Weblingerstr.	0,245	0,060	
Straßgangerstr.	0,144	0,060	
Salfeldstr.	0,079	0,060	
In der Kell	0,057	0,060	
Kehlbergstr.	0,052	0,060	
Am Weinhang	0,044	0,060	
Entlüftung I/Stop	0,044	0,060	14:42 h
=====			
Kehlbergstr.	0,039	0,067	15:51 h
(Martinhofstr.)	0,035	0,060	
(Grottenhofstr.)	0,061	0,053	
Steinbergstraße	0,232	0,047	
1. Kehre	0,218	0,053	
2. Kehre	0,144	0,060	

Beim Versuch, die Tunnelentlüftung Mitte (=Entlüftung II, siehe Karte) zu erreichen, blieb der Meßbus aufgrund der Schneelage stecken; die Entlüftung II konnte nicht erreicht werden, die Aktion kostete ca. 30 min.)

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
2. Kehre	0,183	0,060	
Thalerseestr.	0,122	0,067	
Höhe Thalersee	0,039	0,053	
Thalbachweg	0,070	0,053	
Wienerstr.	0,419	0,027	
Raacherstr.	0,157	0,033	
Raach	0,083	0,033	

Standplatz ca. 100 m nordwestlich der Tunnelentlüftung Nord;
(= Entlüftung III, siehe Karte) ein näheres Zufahren war
aufgrund der wegen der Schneelage gesperrten Straße nicht
möglich. (Die Besichtigung dauerte ca. 25 min).

Mur	0,384	0,033	
(Wr. Straße)	0,350	0,040	
Reichstraße	0,166	0,067	
Körösisstr.	0,319	0,067	
(Schöcklbachweg)	0,384	0,053	
Grabenstraße	0,341	0,060	
(Franckstr.)	0,568	0,020	
Heinrichstr.	0,725	0,013	
(Kraft Elbingerstr.)	0,516	0,033	
Bushaltestelle/Stop	0,419	0,040	16:36 h
(Tannhofweg)	0,183	0,053	16:42 h
(Kirchbergweg)	0,166	0,053	
(Kurzeggerweg)	0,183	0,060	
Riesstraße	0,262	0,060	
(Hilmteichg.)	0,350	0,053	
(Merang.)	0,507	0,033	
(Glacisstr.)	0,594	0,047	
(Girardig.)	0,489	0,040	

(Wielandg.)	0,620	0,047
Rösselmühlg.	0,319	0,040
(Idlhofg.)	0,533	0,020
Eggenbergergürtel	0,625	0,020
Kärntnerstr.	0,625	0,027
unter Südbahn	0,682	0,007
(Michael Kienreichstr.)	0,550	X
(Klusemannstr.)	0,564	0,020
Tunnelwarte/Stop	0,786	X

(X.... kurzfristige Gerätestörung)

Interpretation der Meßergebnisse

Im folgenden wird versucht, eine Interpretation der Meßergebnisse im Bezug zur vorherrschenden Wetterlage vorzunehmen.

Wetterlage: im Tagesverlauf der Temperaturen an den bereits angeführten 5 Stationen ergibt sich Abb. 3.2.1.

Zwischen Schloßberg und Platte bzw. Plabusch herrscht bis ca. 13:00 h und ab 17:00 h eine Inversion; dazwischen kommt es jedoch auch nicht zur Ausbildung labiler Ausbreitungsverhältnisse; eine Durchmischung der Luftschichten und somit eine mögliche Meßbarkeit der Tunnelabgase im Stadtgebiet ist damit nahezu auszuschließen.

Ausgehend von der Luftgütemeßstation Graz Süd in der Herrgottwiesgasse führte die Fahrtroute anfangs quer durch die Randbezirke der Stadt zur Tunnelentlüftung I. Die Konzentra-

tionen lagen außerhalb der stark befahrenen Straßenzüge unter 0,100 mg NO/m³, bei der Entlüftung I wurde ein Wert von 0,044 mg/m³ gemessen. Anschließend lagen die Konzentrationen sowohl von NO als auch von NO₂ an diesem Meßtag deutlich niedriger als an den vorhergegangenen, die höchsten Werte, 0,786 mg NO/m³ wurden am Ende dieses Meßtages bei der Tunnelwarte, also in unmittelbarer Höhe zur stark befahrenen Kärntnerstraße und zum Tunnel gemessen.

Weiters wurde an diesem Meßtag versucht, auch die Tunnelentlüftungen II und III zu erreichen, was aber aufgrund der Schneelage nicht möglich war.

Konzentrationsverläufe wie bei den vorhergegangenen Messungen sind nicht ersichtlich, d.h. daß in den Gebieten, die nur dünn besiedelt sind, bzw. wo das Verkehrsaufkommen am geringsten war, auch die niedrigsten Werte gemessen wurden.

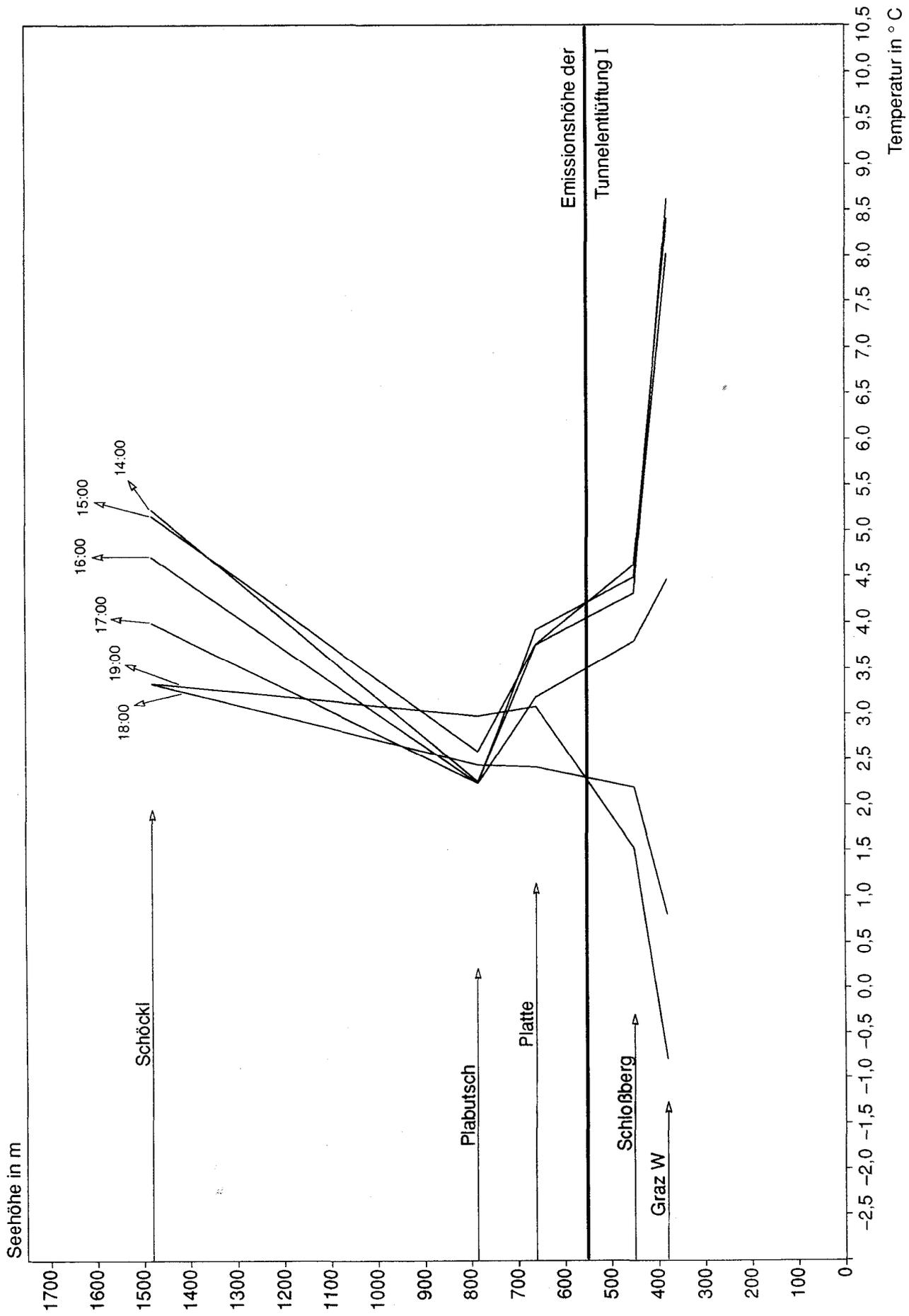
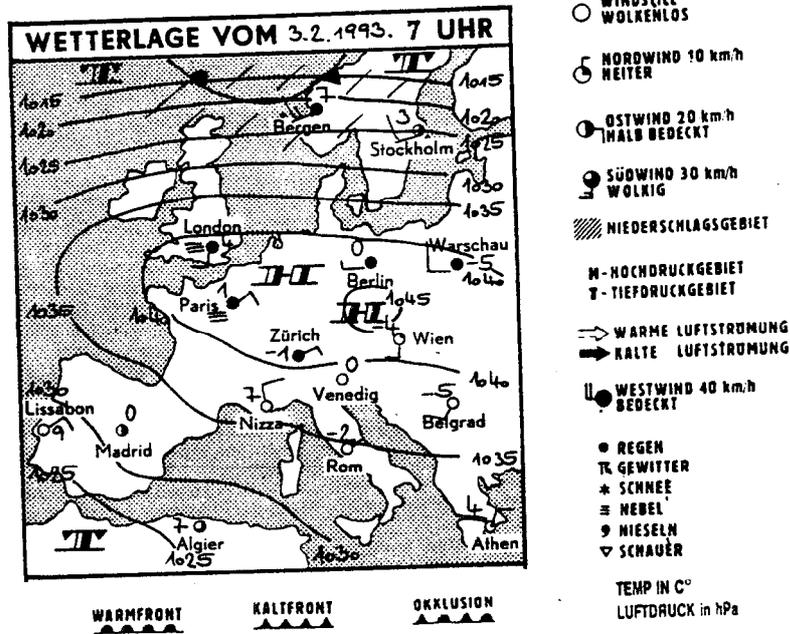


Abb. 3.2.1: Die Temperaturverteilung an den Grazer LG-Meßstellen vom 2.2.1993, 14:00 bis 19:00 Uhr.

Meßtag: 3. Februar 1993
Meßzeit: 09.00 - 12.00 Uhr



Wetterlage: Österreich befindet sich unter Hochdruckeinfluß. Über Graz liegt eine schwach ausgebildete Inversion.

Wetterwerte: Graz Thalerhof

MEZ	Temp. (°C)	Windrichtung Windgeschwindigkeit	Bewölkung
07.00	- 8	drehend; 0,6 m/s	wolkenlos
13.00	+ 7	drehend; 0,6 m/s	wolkenlos
19.00	0	drehend; 0,6 m/s	wolkenlos

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Ragnitzstraße	0,087	0,040	
(Sartorigasse)	0,140	0,040	
Riesstraße	0,166	0,033	
Leonhardstraße	0,227	0,033	
(Hartenaugasse)	0,367	0,040	
(Merangasse)	0,406	0,040	
(Glacisstraße)	0,625	0,060	
(Jakominiplatz)	0,550	0,053	
(Wielandgasse)	0,612	0,053	
Murbrücke	0,524	0,047	
(Griesplatz)	0,555	0,040	
(Elisabethinerstr.)	0,502	0,080	
Eggenberger Gürtel	0,507	0,067	
Kärntnerstr.	0,581	0,067	
Peter Roseggerstr.	0,738	0,087	
Harterstraße	0,642	0,080	
(Haaräckerstr.)	0,411	0,073	
(Klusemannstr.)	0,336	0,067	
(Am Jägergrund)	0,275	0,067	
(Trattfelderstr.)	0,424	0,053	
Straßgangerstr.	0,502	0,060	
(Weblingerstr.)	0,550	0,067	
Ukpkt. Alleegasse	0,472	0,053	
(Gradnerstr.)	0,481	0,040	
Straßgangerstr.	0,481	0,060	
(Weblingerstr.)	0,572	0,067	
(Simonygasse)	0,550	0,073	
(Grottenhofstr.)	0,402	0,060	
(Peter Roseggerstr.)	0,441	0,067	
Wetzelsdorferstr.	0,402	0,060	
Steinbergstr.	0,546	0,060	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
1. Kehre	0,961 *	0,053 *	
2. Kehre	0,961 *	0,060 *	
(Thalerseestr.)	0,961 *	0,027 *	
(Mantschastr.)	0,218	0,040	10:05 h
Krzig. Rainbuch	0,035	0,027	
Steinberg	0,022	0,020	
Thaleben	0,009	0,020	
Thaleck	0,009	0,013	
Wienerstr.	0,122	0,033	
Europaplatz	0,402	0,093	
(Prankergasse)	0,437	0,080	
(Pulverturmstr.)	0,441	0,093	
(Piraäckerstr.)	0,665	0,060	
(Tunnelwarte)	0,524	0,053	
Salfelderstr.	0,218	0,067	
In der Kell	0,197	0,073	
Am Weinhang	0,149	0,080	
Tunnelentlüftung I/Stop	0,079	0,067	10:58 h

* der Meßbus fuhr hinter einem LKW; die Werte sind daher verfälscht.

Die Standzeit bei der Tunnelentlüftung I betrug 15 min. In dieser Zeit blieben die NO Konzentrationen mit ca. 0.08, sowie die NO₂-Konzentration mit ca. 0.06 bis 0.07 mg NO₂/m³ nahezu gleich.

Kehlbergstr.	0,105	0,067	11:14 h
(Martinhofstr.)	0,061	0,053	
Grottenhofstr.	0,083	0,073	
(Straßgangerstr.)	0,149	0,080	
(Grevenbergg.)	0,149	0,080	
Harterstr.	0,197	0,067	

Momentanwerte

Ort	Meßwerte NO (mg/m ³)	Meßwerte NO ₂ (mg/m ³)	Zeit
Harterstr.	0,197	0,067	
Am Lindenkreuz	0,288	0,093	
Franz-Rieplg.	0,201	0,087	
Feldgasse	0,140	0,080	
Vinzenz-Muchitschstr.	0,183	0,093	
(Kapellerstr.)	0,118	0,100	
Triesterstr.	0,249	0,093	
Lauzilgasse	0,253	0,107	
Herrgottwiesgasse	0,214	0,100	
Luftgütemeßstelle			
Graz Süd(Stop	0,144	0,087	11:40 h
Herrgottwiesgasse	0,114	0,100	11:49 h
(Dornschneidergasse)	0,153	0,107	
Rechstraße	0,262	0,113	
Puntigamerstr.	0,389	0,100	
Mitterstr.	0,332	0,080	
Mitterstr. Ukpkt.	0,218	0,067	
Triesterstr.	0,214	0,067	
Kreisverkehr Richtung			
A2	0,489	0,027	12:35 h

Interpretation der Meßergebnisse

Im folgenden wird versucht, eine Interpretation der Meßergebnisse im Bezug zur vorherrschenden Wetterlage vorzunehmen.

Wetterlage: Im Tagesverlauf der Temperaturen an den bereits angeführten 5 Stationen ergibt sich Abb. 3.2.2.

Zwischen 11:00 h und 16:30 h bilden sich am Talboden labile Verhältnisse aus, mit einer stabilen Schicht ca. zwischen Schloßberg und Platte. Die Inversionsschicht zwischen Schloßberg und Platte hält den ganzen Tag, das heißt, daß auch an diesem Meßtag die Abgase der Tunnelabgase kaum in Bodennähe gelangen konnten.

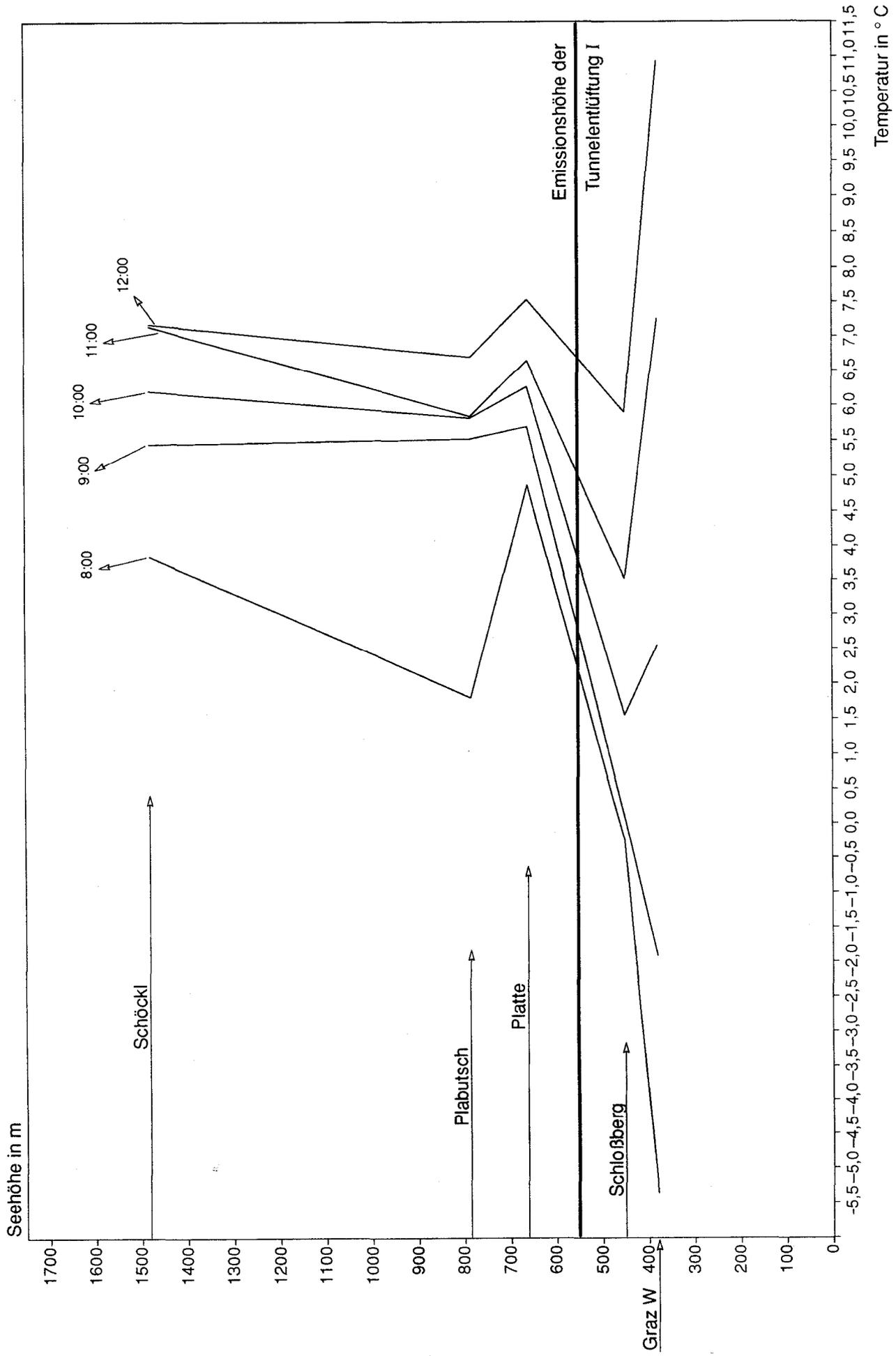


Abb. 3.2.2: Die Temperaturverteilung an den Grazer LG-Meßstellen vom 3.2.1993, 08:00 bis 12:00 Uhr.

Die NO- und NO₂-Konzentrationen bewegten sich an diesem Meßtag etwa in dem Bereich wie am Vortag. Es ist auch an diesem Tag kein ausgeprägter Verlauf der Konzentrationen ersichtlich; allgemein wurden in dichtbesiedelten Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen auch die höchsten Konzentrationen gemessen, wohingegen außerhalb der Stadt Graz die geringsten Werte gemessen wurden.

4. Zusammenfassung

Die Transmissionsmessungen in der Stadt Graz wurden an 4 Tagen durchgeführt, an welchen zumeist eine Temperaturinversion über dem Talboden den vertikalen Schadstoffaustausch unterband und somit zu hohen Schadstoffkonzentrationen im Stadtgebiet von Graz beitrug, die durch Emissionen im gesamten Stadtgebiet bedingt waren.

Die Messungen zeigten, daß der Beitrag der NO_x-Emission durch die Tunnelentlüftungen gerade bei lufthygienisch bedenklichen Inversionswetterlagen kaum bzw. gar nicht nachzuweisen ist, weil die Schadstoffe aufgrund des geringen vertikalen Luftaustauschs die Talsohle nicht erreichen, und weil der Beitrag der NO_x-Emissionen am Talboden jenen der Tunnelentlüftungen bei Weitem überschreitet.

Ein dominierender Einfluß der Emissionen der Tunnelentlüftungen wäre nur in der unmittelbaren Umgebung der Entlüftungen festzustellen; so nahes Zufahren ist mit dem Meßbus allerdings nicht möglich.

Mithin ist es mit der angewandten Methode kaum möglich, den Beitrag der NO_x -Emissionen der Tunnelentlüftungen zur NO_x -Belastung in Graz zu erfassen.

Jedenfalls aber kann aus dem gemessenen Belastungsbild der Schluß gezogen werden, daß NO_x -Emissionen am Talboden den bei Weitem dominierenden Beitrag zur erfaßten NO_x -Belastung darstellen.