



Luftgütemessungen A2 – Südbahn Herzogberg

7. Juli bis 15. August 1999

Lu-10-01

Autor

Mag. Andreas Schopper

Messtechnik

Manfred Gassenburger

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 1a,
Referat Luftgüteüberwachung
Landhausgasse 7,
8010 Graz

Dieser Bericht ist im Internet unter folgender Adresse verfügbar:

http://www.stmk.gv.at/umwelt/luis/umweltschutz/luftreinhaltung/MOBILE_MESSUNGEN/Herzogberg/Herzogberg.htm

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung

1. Einleitung	1
2. Ausstattung und Messmethoden	2
3. Gesetzliche Grundlagen und Empfehlungen	3
3.1. Immissionsgrenzwerteverordnung der Steiermärkischen Landesregierung (LGBl. Nr. 5/ 1987)	3
3.2. Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997)	3
3.3. "Luftqualitätskriterien Ozon" der Österreichischen Akademie der Wissenschaften	4
3.4. Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. Nr. 199/ 1984)	4
4. Der Witterungsablauf während der Messungen	4
5. Messergebnisse und Schadstoffverläufe	6
5.1. Schwefeldioxid (SO ₂).....	6
5.2. Schwebstaub	7
5.3. Stickstoffoxide (NO _x)	10
5.4. Kohlenmonoxid (CO).....	15
5.5. Ozon (O ₃)	16
6. Luftbelastungsindex	20
7. Literatur	21
8. Anhang	22

Luftgütemessungen A2 Südbahn - Herzogberg

Zusammenfassung

Die Luftgüteuntersuchungen an der A 2 – Südbahn im Bereich des Ostportals des Herzogbergtunnels wurden auf Ersuchen der Fachabteilung für das Forstwesen durchgeführt. Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation während des Zeitraumes von 7. Juli bis 15. August 1999.

Der geplante Vollausbau des Packabschnittes der A 2 sieht im Bereich Herzogberg zwei getrennte Richtungstrassen vor. Mit der Messung sollten die allgemeinen Schadstoffeinflüsse der Autobahn auf die lokalen Waldgebiete, auch im Hinblick auf Entschädigungsverhandlungen mit örtlichen Waldbesitzern, untersucht werden.

Die Probenahme wurde im unmittelbaren Ostportalbereich des Herzogbergtunnels in rund 950 m Seehöhe, ca. 30 m vom Fahrbahnrand entfernt, vorgenommen.

Die Konzentrationen der primären Luftschadstoffe am Messstandort zeigten für den untersuchten Zeitraum im Vergleich mit Stationen des automatischen Messnetzes der Luftgüteüberwachung Steiermark ein unterschiedliches Belastungsprofil:

Die Werte für **Schwefeldioxid**, **Schwebstaub** und **Kohlenmonoxid** bewegten sich auf einem generell geringen Niveau, wie es für ein solch peripher gelegenes Untersuchungsgebiet auch zu erwarten ist.

Für die **Stickstoffoxide** wurden teilweise höhere Konzentrationen registriert. Die Spitzenbelastungen lagen dabei (speziell bei Stickstoffmonoxid) über dem steirischen Durchschnitt, die Langzeitmittelwerte sind als durchschnittlich bis leicht unterdurchschnittlich zu bezeichnen. Hier machten sich im Gegensatz zu den übrigen Primärschadstoffen die Emissionen der Autobahn doch deutlich bemerkbar. Festzuhalten ist allerdings, dass an diesem peripheren Standort mit keinem nennenswerten Jahrgang der Belastungen zu rechnen ist, während die Stationen in Tallagen im Messzeitraum im Bereich ihres Jahresminimums lagen. Im Winterhalbjahr erreichen dann die Talstationen ihr Jahresmaximum, hier dürften die Konzentrationen der Stickstoffoxide im Bereich Herzogberg dann allgemein unter dem gesamtsteirischen Niveau liegen.

Signifikante Einflüsse durch den sommerlichen Urlaubsreiseverkehr konnten nicht festgestellt werden. Auch an den traditionellen Hauptreisewochenenden (zum

Schulferienbeginn in Ostösterreich) wurden keine höheren Werte registriert. Die Schadstoffbelastungen durch den Reiseverkehr liegen also nicht über denen des regulären Arbeitsverkehrs (vor allem Schwerverkehrs).

Die maximalen Ozonkonzentrationen bleiben in einem der Jahreszeit, dem Witterungsverlauf und der Lage des Standortes entsprechenden Konzentrationsbereich. Wie für Hochsommer zu erwarten, wurden der Grenzwert des Immissionsschutzgesetzes Luft (BGBl. I Nr. 115/1997) sowie der Richtwert der Österreichischen Akademie der Wissenschaften fallweise überschritten, wirklich hohe Ozonbelastungen traten im Messzeitraum jedoch nicht auf.

Vom Tagesgang und damit auch von der Langzeitbelastung liegt der Standort Herzogberg in einem Zwischenbereich zwischen Ballungsgebieten und Höhenmessstationen: zwar peripher gelegen, aber mit vergleichsweise deutlich erhöhtem Angebot an Ozonvorläufersubstanzen.

1. Einleitung

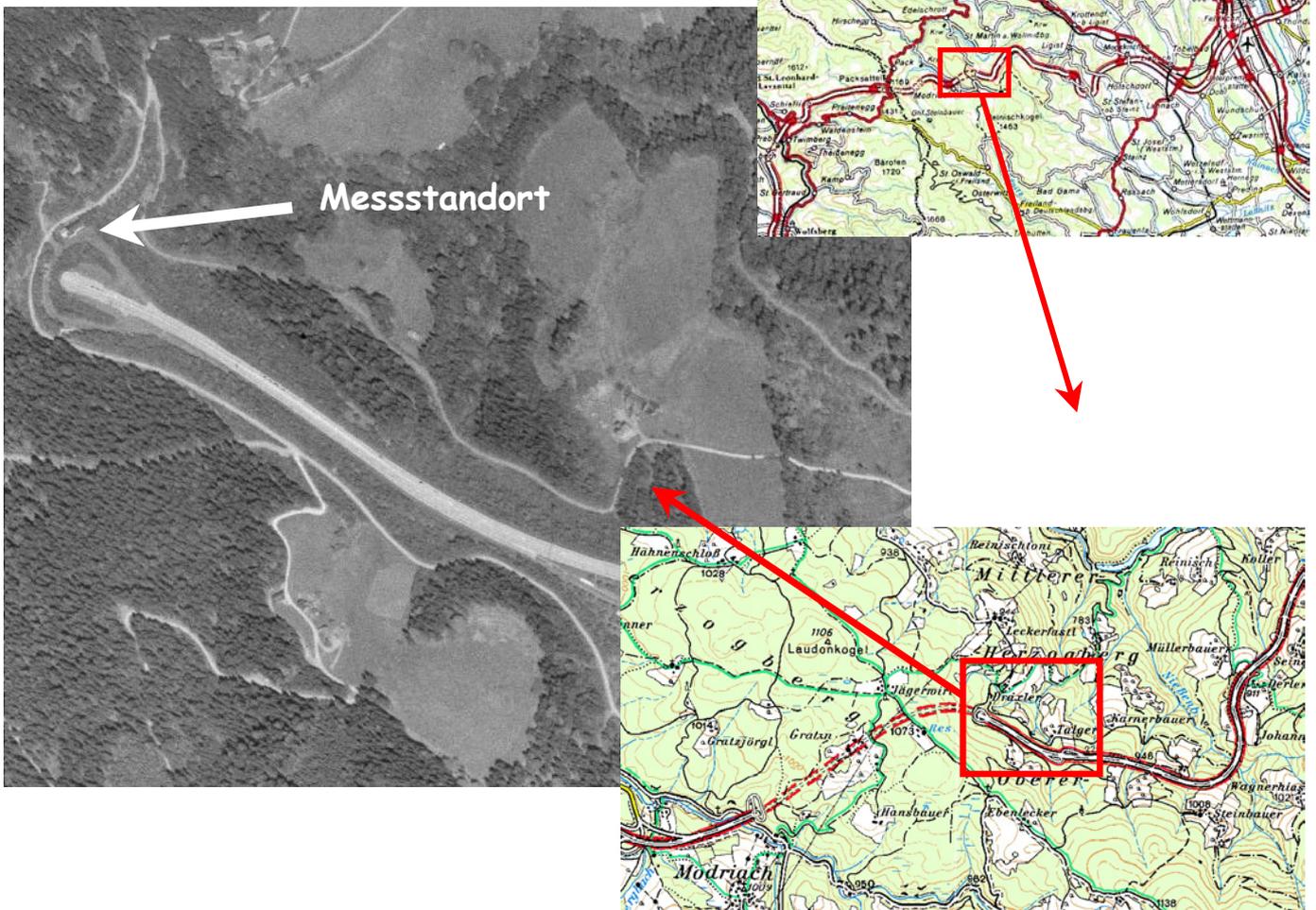
Die Luftgütemessungen an der A 2 – Südbahn im Bereich des Ostportals des Herzogbergtunnels wurden auf Ersuchen der Fachabteilung für das Forstwesen von der Fachabteilung 1a, Referat Luftgüteüberwachung, durchgeführt.

Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation während des Zeitraumes von 7. Juli bis 15. August 1999.

Der geplante Vollausbau des Packabschnittes der A 2 sieht im Bereich Herzogberg zwei getrennte Richtungstrassen vor. Mit der Messung sollten die allgemeinen Schadstoffeinflüsse der Autobahn auf die lokalen Waldgebiete untersucht werden. Zusätzlich sind die Daten für Ablöse- und Entschädigungsverhandlungen mit örtlichen Waldbesitzern von Interesse.

Die Messung wurde im unmittelbaren Bereich des Ostportales des Herzogbergtunnels in rund 950 m Seehöhe, ca. 30 m vom Fahrbahnrand entfernt, vorgenommen.

Der Messstandort am Herzogberg



2. Ausstattung und Messmethoden

Die mobile Luftgütemessstation zeichnet den Schadstoffgang von Schwefeldioxid (SO₂), Schwebstaub, Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂), Kohlenmonoxid (CO) und Ozon (O₃) auf.

Der Messcontainer ist mit kontinuierlich registrierenden Immissionsmessgeräten ausgestattet, die nach folgenden Messprinzipien arbeiten:

Schadstoff	Messmethode	Gerätetyp
Schwefeldioxid SO ₂	UV-Fluoreszenzanalyse	Horiba APSA 350E
Schwebstaub	Beta-Strahlenabsorption	Horiba ABDA 350E
Stickstoffoxid NO, NO ₂	Chemolumineszenzanalyse	Horiba APNA 350E
Kohlenmonoxid CO	Infrarotabsorption	Horiba APMA 350E
Ozon O ₃	UV-Photometrie	Horiba APOA 350E

Neben den Messgeräten für die Schadstofffassung werden am Messcontainer auch die meteorologischen Geber für Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit betrieben.

Eine vollständige Aufzeichnung und Überwachung des Messvorganges erfolgt durch einen Stationsrechner. Automatische Plausibilitätsprüfungen der Messwerte finden bereits vor Ort statt. Die notwendigen Funktionsprüfungen erfolgen ebenfalls automatisch. Die erfassten Messdaten werden in der Regel über Funk in die Luftgüteüberwachungszentrale übertragen, wo sie nochmals hinsichtlich ihrer Plausibilität geprüft werden.

Die Kalibrierung der Messwerte wird gemäß ÖNORM M5889 durchgeführt. Die in Verwendung befindlichen Transferstandards werden regelmäßig an internationalen Standards, bereitgestellt durch das Umweltbundesamt Wien, abgeglichen.

3. Gesetzliche Grundlagen und Empfehlungen

3.1. Immissionsgrenzwerteverordnung der Steiermärkischen Landesregierung (LGBl. Nr. 5/ 1987)

Die Landesverordnung unterscheidet für einzelne Schadstoffe Grenzwerte für Halbstunden- (HMW) und Tagesmittelwerte (TMW) sowie für Sommer und Winter (unterschiedliche Auswirkungen auf die Vegetation). Weiters sind unterschiedliche Zonen (Zone I - "Reinluftgebiete", Zone II - "Ballungsräume") definiert.

Für den Messstandort Herzogberg sind die Grenzwerte für die Zone I relevant (Grenzwerte jeweils in mg/m³):

	Sommer (April – Oktober)		Winter (November – März)	
	HMW	TMW	HMW	TMW
Schwefeldioxid	0,07	0,05	0,15	0,10
Staub	-	0,12	-	0,12
Stickstoffmonoxid	0,60	0,20	0,60	0,20
Stickstoffdioxid	0,20	0,10	0,20*	0,10
Kohlenmonoxid	20	7	20	7

HMW = Halbstundenmittelwert

1 mg/m³ = 1000 µg/m³

TMW = Tagesmittelwert

1 µg/m³ = 0,001 mg/m³

* Drei Halbstundenmittelwerte pro Tag bis zu einer Konzentration von 0,50 mg/m³ gelten nicht als Überschreitung des Grenzwertes.

3.2. Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997)

Das Immissionsschutzgesetz-Luft definiert für einige in EU - Richtlinien festgelegte Schadstoffe Grenzwerte, die vor allem den KFZ - Verkehr betreffen. Diese sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben (Grenzwerte jeweils in mg/m³):

Schadstoff	HMW	TMW	MW8
Stickstoffdioxid	0,20		
Schwefeldioxid	0,20*	0,12	
Schwebestaub		0,15	
Kohlenmonoxid			10
Ozon			0,11

MW8 = maximaler Achtstundenmittelwert

JMW = Jahresmittelwert

* Drei Halbstundenmittelwerte pro Tag bis zu einer Konzentration von 0,50 mg/m³ gelten nicht als Überschreitung des Grenzwertes.

3.3. "Luftqualitätskriterien Ozon" der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

Die von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 1989 veröffentlichten Luftqualitätskriterien für Ozon enthalten unter anderem die folgenden, über das Ozongesetz hinausgehenden Empfehlungen für Vorsorgegrenzwerte zum Schutz des Menschen:

0,120 mg/m ³ als Halbstundenmittelwert (HMW)
0,100 mg/m ³ als Achtstundenmittelwert (MW8)

3.4. Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. Nr. 199/ 1984)

Diese legt unter anderem Grenzwerte für die Schwefeldioxidkonzentrationen für den Sommer und den Winter fest und zwar als 97,5-Perzentil- und als Tagesmittelwerte (mg/m³):

Sommer		Winter	
97,5 Perzentil	TMW	97,5 Perzentil	TMW
0,070	0,050	0,150	0,100

4. Der Witterungsablauf während der Messungen

Der Juli 1999 war in großen Teilen der Steiermark deutlich wärmer als im langjährigen Mittel, die Abweichungen lagen im steirischen Randgebirge im Bereich von rund 1 K. Lediglich in den Nordstaubereichen wurden Temperaturen im Bereich der Erwartungen registriert.

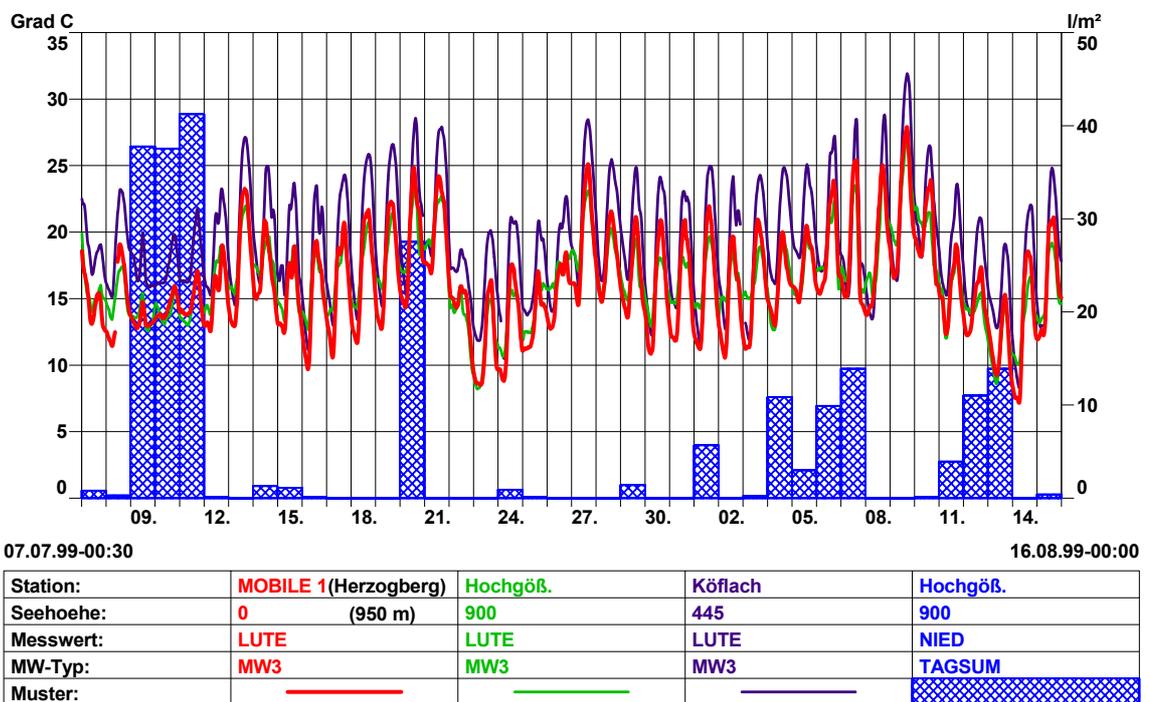
Der Großteil des Landes mit Ausnahme der nördlichen Obersteiermark war überdurchschnittlich beregnet, im Untersuchungsgebiet wurden rund 150% der Juli-Normalniederschlagssumme registriert.

Der Witterungsverlauf zeigte im Juli einen bunten Wechsel unterschiedlichster Wetterlagen, wie man ihn sonst eher im Frühjahr erwartet. Klar zyklonal dominierte Phasen wechselten mit Strömungswetter aus dem Nordwest- bis Südsektor, gradientschwachen Tagen und kurzen Hochdruckphasen. Beständiges Schönwetter machte sich rar.

Auch der August war feuchter als gewohnt, wenn auch neuerlich im überwiegenden Teil des Landes zu warm. Im steirischen Randgebirge lagen die Niederschlagsmengen bei rund 150% des Monatsnormalniederschlags, die Temperaturen blieben um rund 1,5 K über dem langjährigen Augustmittel.

Die Wetterlagenabfolge betreffend war auch der August für Urlauber und Erholungssuchende eher enttäuschend. Wieder fehlten längerdauernde stabile Hochdruckphasen völlig, es dominierten zyklonale Strömungswetterlagen aus Nordwest und Südwest sowie gewitteranfällige gradientschwache Lagen.

Lufttemperatur und Niederschläge im Raum Pack / Voitsberger Becken während der Messung



Die Erklärung der Abkürzungen findet sich im Anhang

Zusammenfassend kann der Witterungsverlauf aufgrund des Fehlens von stabilem sommerlichen Hochdruckwetter als eher untypisch und aus immissionsklimatischer Sicht überdurchschnittlich günstig (gute Durchmischung der Atmosphäre, häufiger

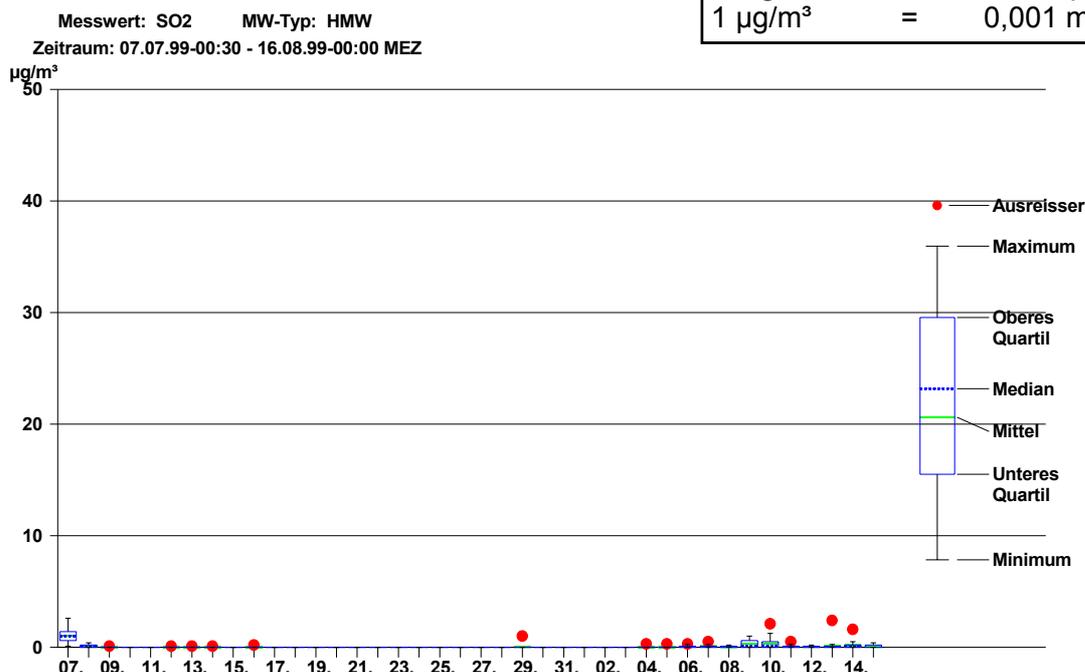
Luftmassenwechsel) bezeichnet werden. Für die vorliegende Fragestellung fallen diese Faktoren aber nicht allzu sehr ins Gewicht. Aufgrund der morphologischen Voraussetzungen (Hangsituation) ist auch bei ungünstigeren klimatischen Bedingungen nur beim Sekundärschadstoff Ozon mit höheren Belastungen zu rechnen. Insgesamt können die Messergebnisse also als repräsentativ und aussagekräftig angesehen werden.

5. Messergebnisse und Schadstoffverläufe

5.1. Schwefeldioxid (SO₂)

7.7.1999 – 14.8.1999	Messergebnisse SO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte SO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
		0,07	LGBI. Nr. 5/1987	3,7%
HMWmax	2,6	0,20	BGBI I Nr. 115/1997	1,3%
97,5 % - Perz.	0,9	0,15	BGBI. Nr. 199/1984	0,6%
MtMax	0,4			
		0,05	LGBI. Nr. 5/1987	2,2%
		0,10	BGBI. Nr. 199/1984	1,1%
TMWmax	1,1	0,12	BGBI I Nr. 115/1997	0,9%
PMW	0,1			

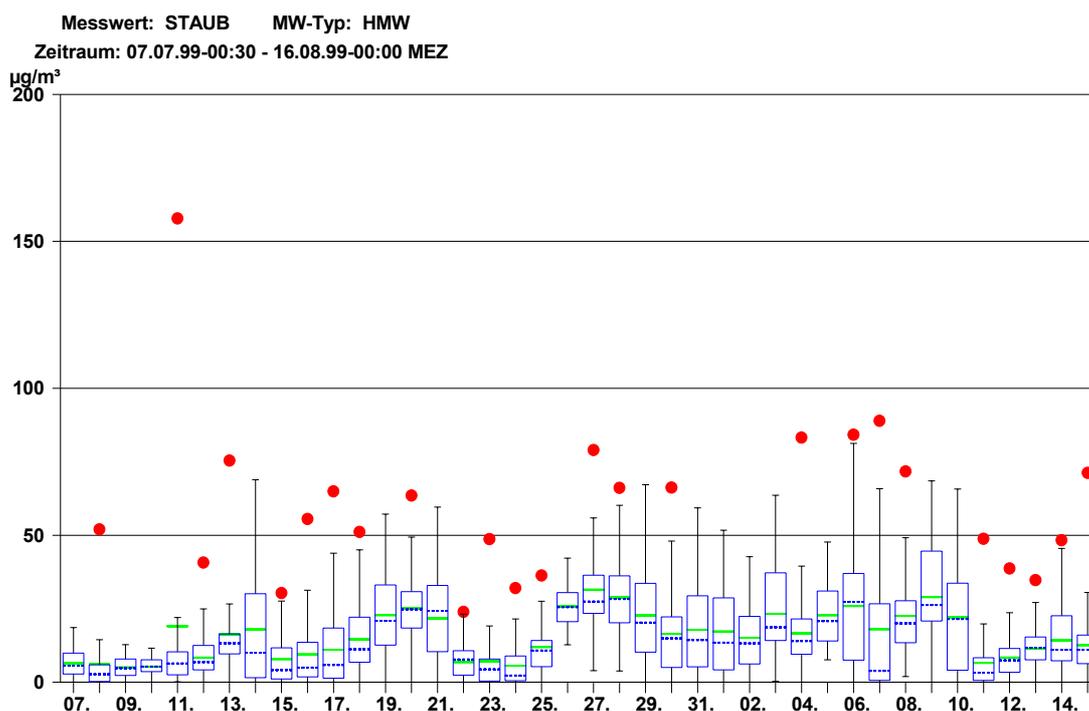
1 mg/m ³	=	1000 µg/m ³
1 µg/m ³	=	0,001 mg/m ³



SO₂ wird unter normalen Bedingungen vorwiegend bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen in den Haushalten und bei der Aufbereitung von Prozesswärme in den Betrieben freigesetzt, Emissionen aus dem Straßenverkehr (vor allem Dieselmotoren) spielen dabei, so es sich nicht um einen Standort mit extrem hoher Verkehrsfrequenz und –nähe handelt, eine eher untergeordnete Rolle. Die Emissionen sind daher insgesamt in der kalten Jahreszeit ungleich höher als im Sommer.

Die SO₂-Konzentrationen während der Messung im Bereich des Herzogberg-Tunnelportals bestätigten das weitestgehend: Sie blieben während der gesamten Messung auf einem ausgesprochen niedrigen Niveau und lagen bei sämtlichen Mittelwerten im Bereich der Nachweisgrenze, also deutlich unter den gesetzlichen Vorgaben. Die Einflüsse der nahen Autobahn blieben weitaus geringer als erwartet, Auswirkungen des Straßenverkehrs waren weder im Tagesgang noch zu Verkehrsspitzenzeiten (Schluss und Ferienreisewelle am 9./10./11.7. in Ostösterreich) nachzuweisen.

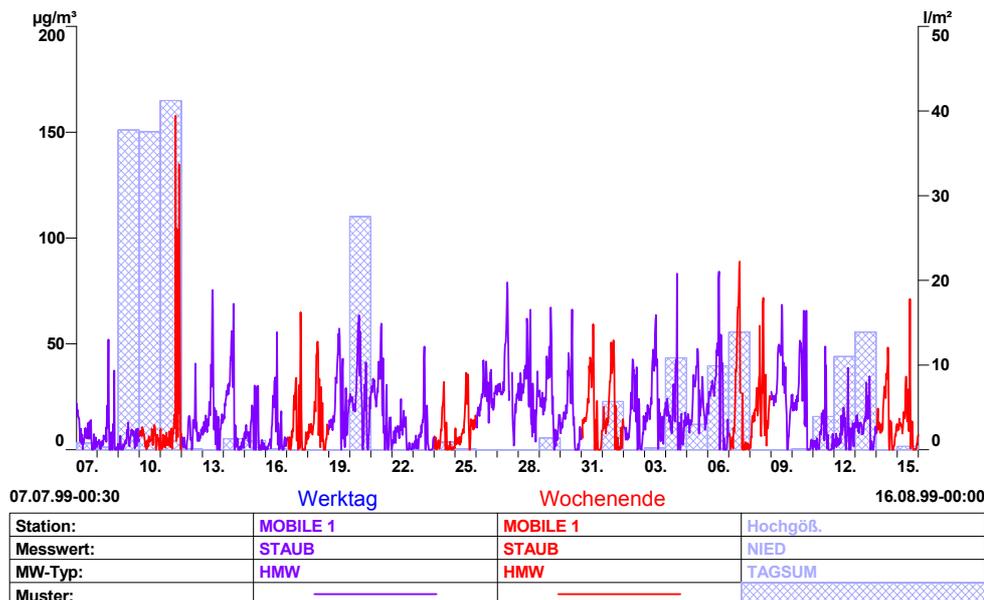
5.2. Schwebstaub



7.7.1999 – 14.8.1999	Messergebnisse Staub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte Staub in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	158			
97,5 % Perz.	56			
MtMax	56			
TMWmax	32	0,12 0,15	LGBI. Nr. 5/1987 BGBL I Nr. 115/1997	26,7 % 21,3 %
PMW	16			

Im Allgemeinen gelten als Verursacher von Staubemissionen die Haushalte durch die Verbrennung von festen Brennstoffen sowie Gewerbe- und Industriebetriebe, aus deren Produktionsabläufen Staub in die Außenluft gelangt. Aber auch der Straßenverkehr kann bei verkehrsnahen Messungen als Emittent durchaus eine Rolle spielen, sowohl durch direkte (z.B. Dieselruß) wie auch diffuse Emissionen (z.B. Aufwirbeln von Straßenstaub, zermahlenem Split oder Streusalz).

Vergleich der Staubkonzentrationen an Werktagen sowie an Wochenenden



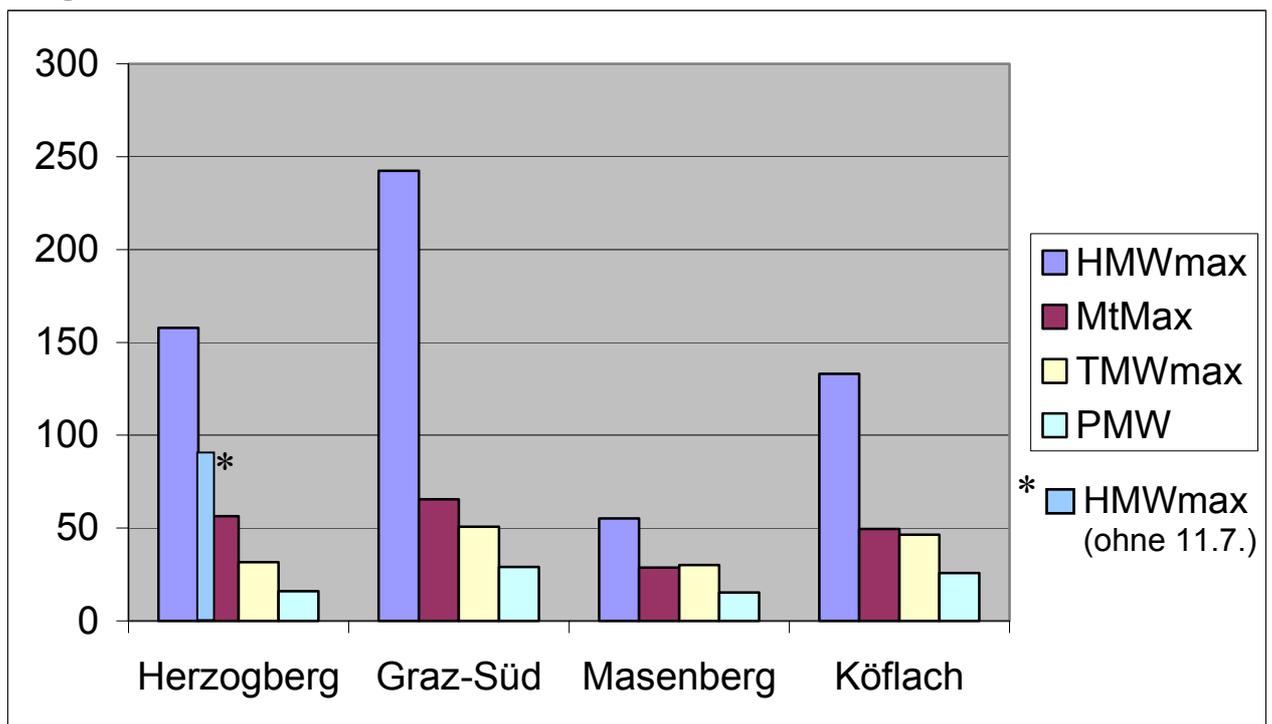
Wie schon beim Schwefeldioxid machten sich auch bei der Staubmessung die Wochenend-Reisewellen zu Ferienbeginn nicht signifikant bemerkbar. Die diesbezüglichen Mehrmissionen wurden offensichtlich durch das Fehlen des Berufsverkehrs aufgewogen. Das erste Ferienwochenende von 9. bis 11. Juli war allerdings durch Schlechtwetter und starke Niederschläge im Packgebiet geprägt, was erfahrungsgemäß die Schadstoffkonzentrationen in der Luft stark reduzierend

beeinflusst (labil geschichtete bodennahe Atmosphäre und „down-wash“-Effekt). Zwar traten am Abend des 11. Juli (Sonntag) Belastungsspitzen auf, diese lassen sich aber nicht eindeutig interpretieren. Der Verkehr ist hier als Verursacher aber eher auszuschließen.

Im Vergleich mit anderen Stationen des steirischen Luftgüteüberwachungsnetzes können die Staubbelastungen am Messstandort als durchschnittlich bis leicht unterdurchschnittlich bezeichnet werden. Dies vor allem, wenn man die einmalig aufgetretenen erhöhten Einzelwerte des 11. Juli nicht berücksichtigt (siehe nachfolgende Graphik).

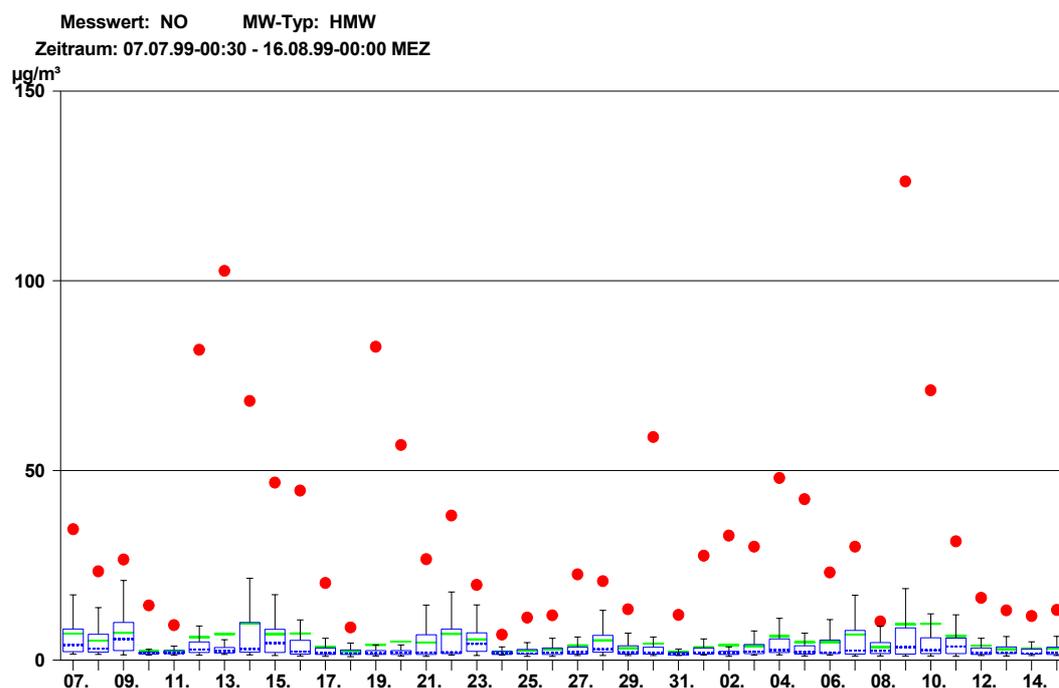
Lediglich die Höhenmessstation auf dem Masenberg bei Hartberg wies im Messzeitraum signifikant geringere Spitzenkonzentrationen auf, die Grundbelastung blieb am Herzogberg doch deutlich unter der in steirischen Ballungsgebieten und entsprach eher dem einer Hintergrundstation.

Vergleich der Staubkonzentrationen an der A2 mit anderen steirischen Stationen

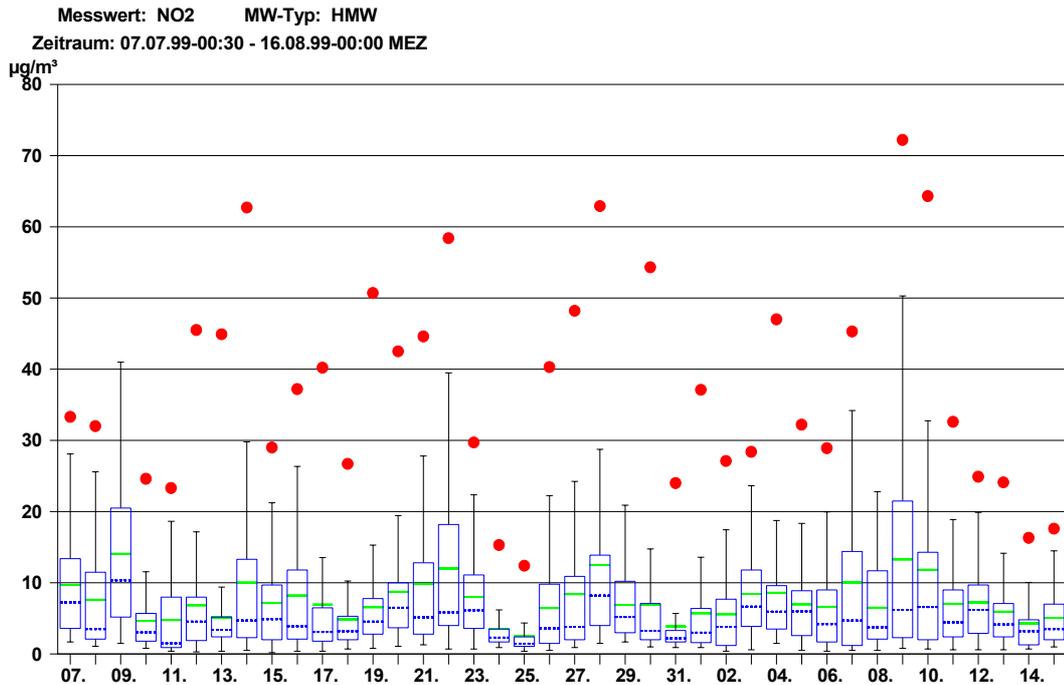


5.3. Stickstoffoxide (NOx)

7.7.1999 – 14.8.1999	Messergebnisse NO in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte NO in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	126	0,600	LGBl. Nr. 5/1987	21 %
97,5 % Perz	28			
MtMax	35			
TMWmax	10	0,200	LGBl. Nr. 5/1987	5 %
PMW	5			

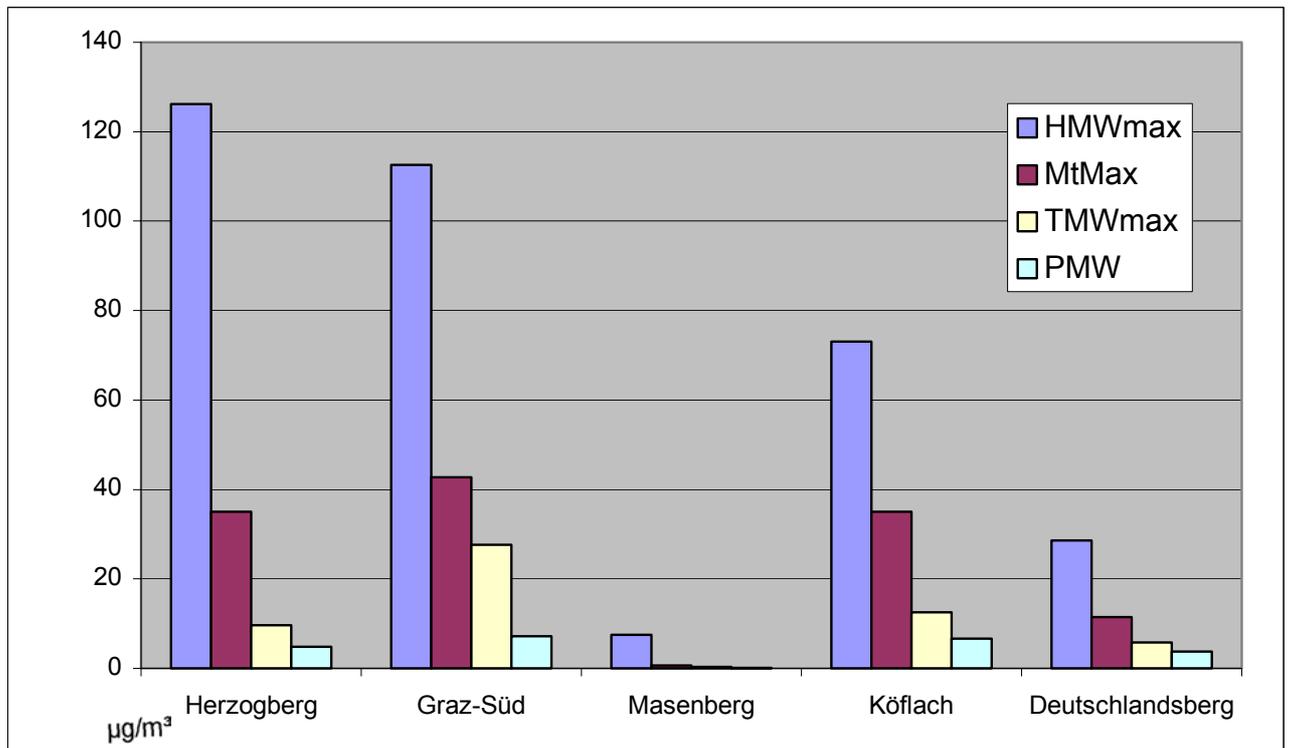


7.7.1999 – 14.8.1999	Messergebnisse NO ₂ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte NO ₂ in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	72	0,200	LGBl. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	36 % 36 %
97,5 % Perz	34			
MtMax	37			
TMWmax	14	0,100	LGBl. Nr. 5/1987	14 %
PMW	7			



Als Hauptverursacher der Stickstoffoxidemissionen (NO_x) gilt vorwiegend der Kfz-Verkehr. Dabei macht der NO-Anteil aus dem Straßenverkehr etwa 95% des NO_x-Ausstoßes aus. Die Bildung von NO₂ erfolgt durch luftchemische Vorgänge, indem sich das NO mit dem Luftsauerstoff (O₂) oder mit Ozon (O₃) zu NO₂ verbindet.

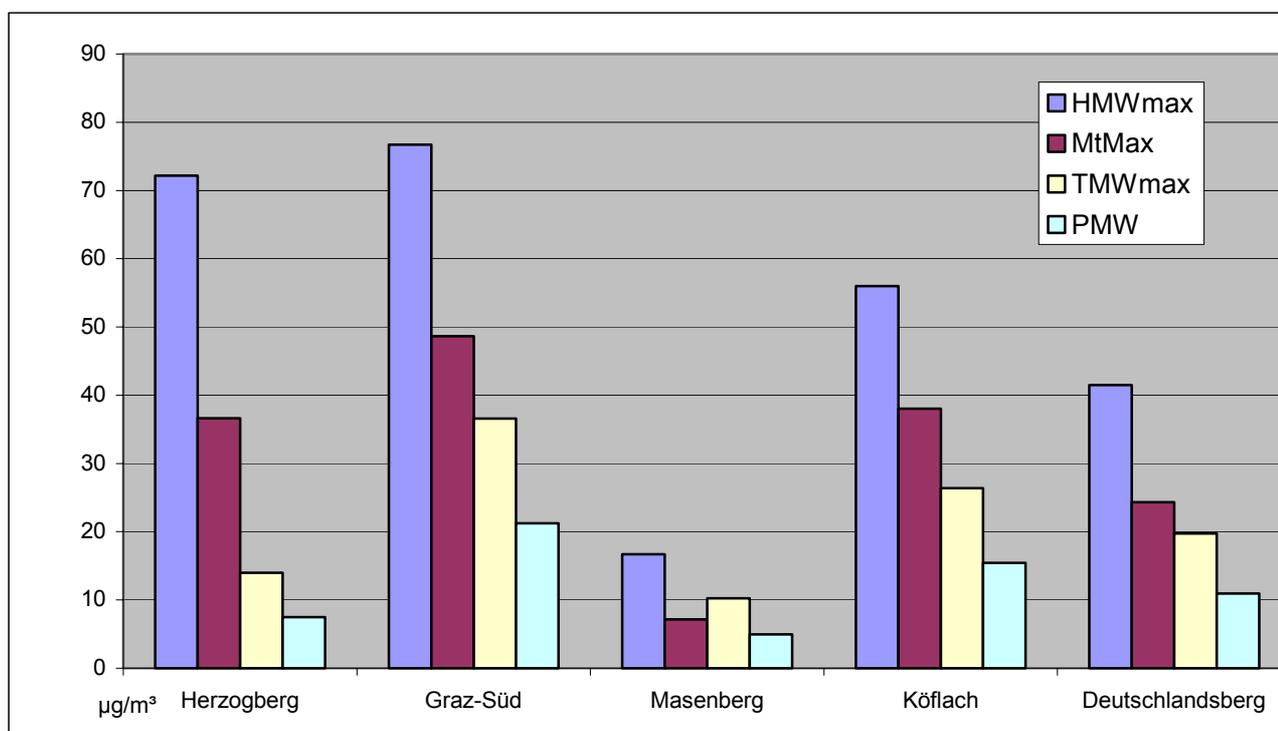
Vergleich der Stickstoffmonoxidkonzentrationen an der A2 mit anderen steirischen Stationen



Aufgrund der großen Verkehrsnähe wurden am Herzogberg den Erwartungen entsprechend vergleichsweise hohe Stickstoffoxidkonzentrationen gemessen. Die gesetzlichen Grenzwerte wurden zwar durchwegs klar unterschritten, im steiermarkweiten Vergleich müssen jedoch vor allem die Stickstoffmonoxidbelastungen als deutlich überdurchschnittlich bezeichnet werden. Dies gilt sowohl für die Grundbelastung als auch für die Belastungsspitzen und entspricht auch weitgehend den oben erläuterten Bildungsbedingungen der Stickstoffoxide.

Auch die Stickstoffdioxidbelastungen liegen bei den Kurzzeitspitzen etwas über dem steirischen Schnitt, die Grundbelastung bleibt aber doch unter den Vergleichswerten z.B. der Stationen Köflach und Deutschlandsberg.

Vergleich der Stickstoffdioxidkonzentrationen an der A2 mit anderen steirischen Stationen

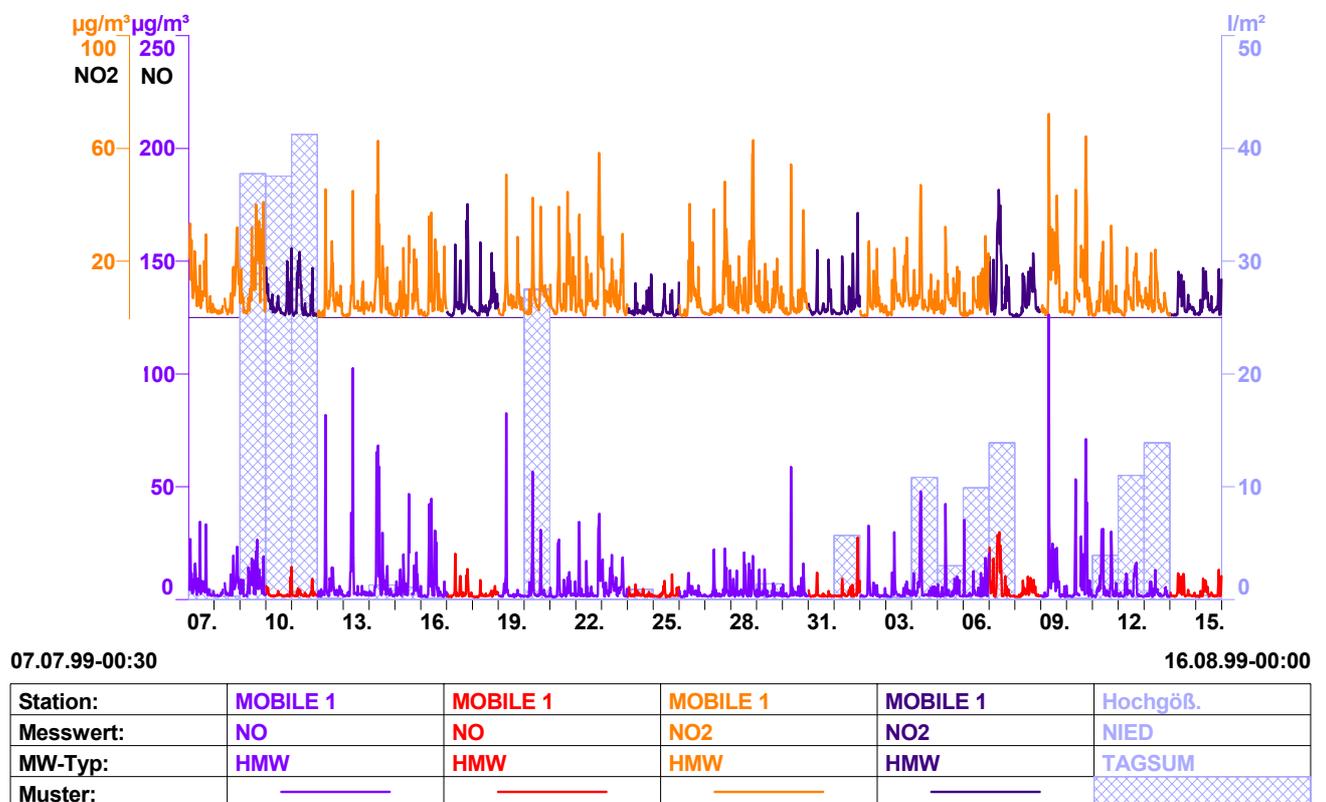


Die vergleichsweise hohen Konzentrationen sind natürlich auch durch die Jahreszeit zu erklären. Im Sommer herrschen in den Ballungszentren insgesamt gute immissionsklimatische Bedingungen, die Schadstoffe werden rasch verdünnt und abtransportiert. Im Winter dagegen ist in den Tälern und Becken aufgrund inversionsbedingt schlechter Ausbreitungsbedingungen von weit höheren Belastungen auszugehen. Für den Messstandort A2-Herzogbergtunnel ist dagegen kein nennenswerter Jahresgang der NO_x-Konzentrationen zu erwarten, da die Ausbreitung

der Schadstoffe auch im Winterhalbjahr nicht nennenswert beeinträchtigt wird. Im Winter sind hier daher im steirischen Vergleich eher unterdurchschnittliche Belastungen zu erwarten.

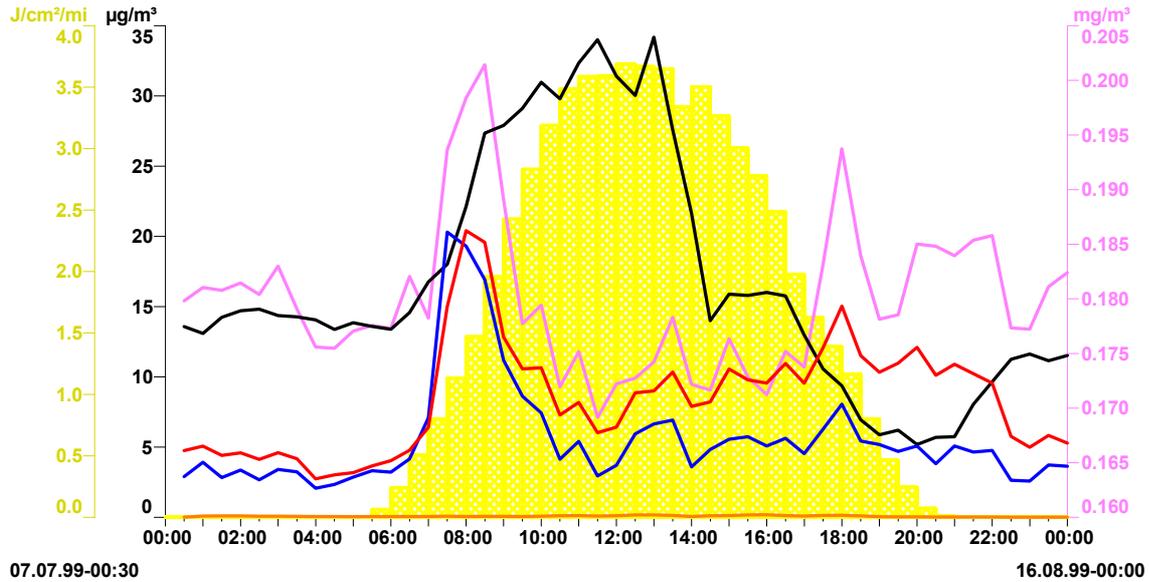
Auch bei den Stickstoffoxiden sind die Konzentrationen wochentags insgesamt höher als an den Wochenenden. Auch hier kann daher ein generell höheres Emissionsvolumen durch den Arbeitsverkehr, und hier aufgrund des wohl nicht allzu intensiven Pendlerverkehrs besonders durch die Schwerfahrzeuge, angenommen werden.

Vergleich der Stickstoffoxidkonzentrationen an Werktagen sowie an Wochenenden



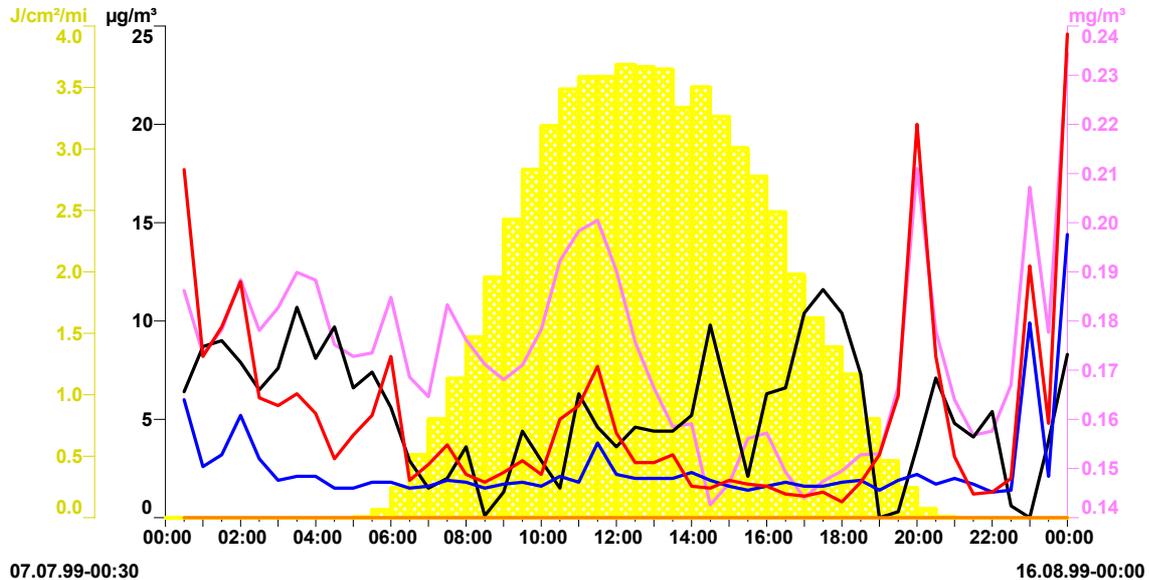
Ein Vergleich der mittleren Tagesgänge an Werktagen sowie an Wochenenden zeigt deutliche Unterschiede: Während an den Wochentagen der Berufsverkehr ein ausgeprägtes Morgenmaximum der Schadstoffe NO_x und CO sowie Schwebstaub und eine schwächere Sekundärspitze am Abend nach sich zog, verursachte der Ausflugs- und Urlaubsverkehr am Wochenende keinen nennenswerten Tagesgang.

Mittlerer Schadstofftagesgang an der A2 an Werktagen



Station:	MOBILE 1	Arnfels				
Messwert:	SO2	NO2	NO	STAUB	CO	SOEIN
MW-Typ:	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG
Muster:						

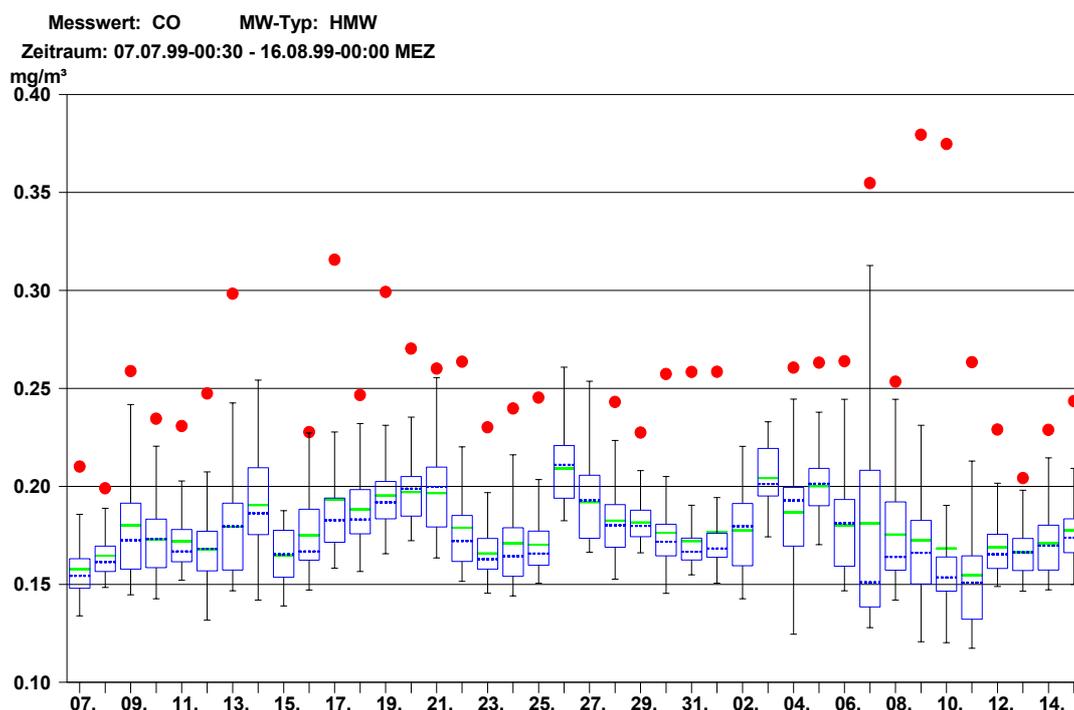
Mittlerer Schadstofftagesgang an der A2 an Wochenenden



Station:	MOBILE 1	Arnfels				
Messwert:	SO2	NO2	NO	STAUB	CO	SOEIN
MW-Typ:	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG
Muster:						

5.4. Kohlenmonoxid (CO)

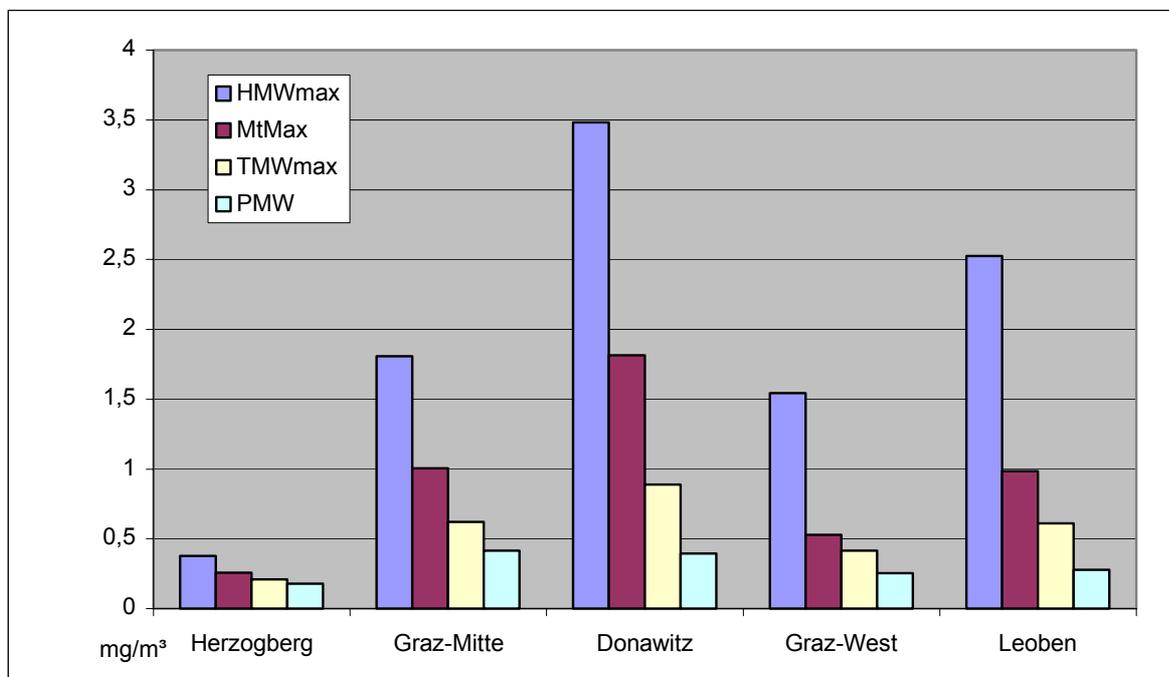
7.7.1999 – 14.8.1999	Messergebnisse CO in mg/m ³	Grenzwerte CO in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	0,380	20	LGBl. Nr. 5/1987	1,9 %
97,5 % Perz.	0,250			
MtMax	0,260			
MW8max	0,250	10	BGBl. I Nr. 115/1997	2,5 %
TMWmax	0,210	7	LGBl. Nr. 5/1987	3,0 %
PMW	0,180			



Auch beim Kohlenmonoxid gelten generell der KFZ-Verkehr und die Industrie als Hauptverursacher. Die Höhe der Konzentrationen nimmt mit der Entfernung zu den Emittenten jedoch im Allgemeinen stärker ab als bei den Stickstoffoxiden. Zudem entsteht Kohlenmonoxid durch unvollständige Verbrennungsvorgänge, die beim Verkehr auf Autobahnen (hohe Geschwindigkeit – hohe Verbrennungstemperatur) nur in vergleichsweise geringem Maße auftreten. Die registrierten Konzentrationen blieben daher während der Messungen klar unter den gesetzlichen Immissionsgrenzwerten. Die Kohlenmonoxidkonzentrationen werden in der Steiermark nur an einigen neuralgischen Punkten sowie an den beiden mobilen Messstationen erhoben. Die gemessenen Konzentrationen blieben erwartungsgemäß im Vergleich zu den Fixmessstellen in Graz und Leoben-Donawitz auf einem klar unterdurchschnittlichen

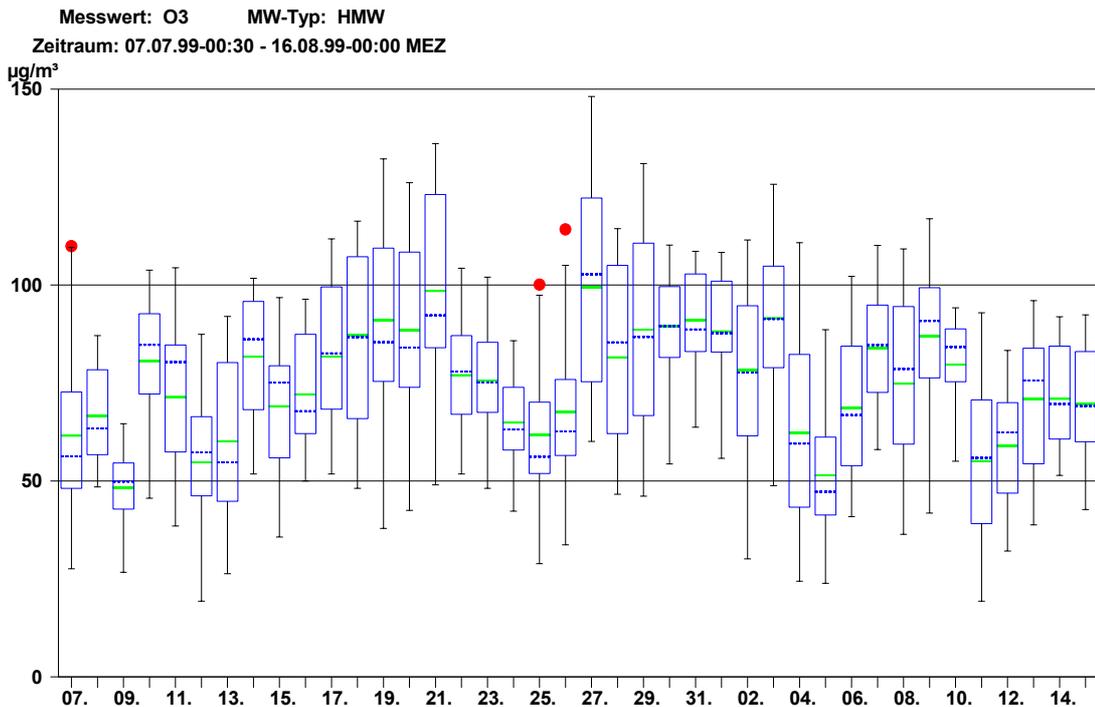
Niveau. Wie auch bei den bereits erläuterten Schadstoffen waren keine signifikanten Unterschiede zwischen der Immissionssituation an Werktagen bzw. an Wochenenden zu bemerken.

Vergleich der Kohlenmonoxidkonzentrationen an der A2 mit anderen steirischen Stationen



5.5. Ozon (O3)

7.7.1999 – 14.8.1999	Messergebnisse O ₃ in µg/m ³	Grenzwerte O ₃ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	148	0,120	ÖAW-Vorsorgewert	123,3 %
97,5 % Perz.	120			
MtMax	105			
MW8max	123	0,11	BGBI. I Nr. 115/1997	111,8 %
TMWmax	99			
PMW	75			



Obwohl die vorliegende Fragestellung weniger die Ozonproblematik betrifft, werden im Folgenden die O₃-Daten kurz dargestellt:

Die Ozonbildung in der bodennahen Atmosphäre erfolgt in der wärmeren und sonnenstrahlungsreicheren Jahreszeit wesentlich stärker als in den Herbst- und Wintermonaten. Eine wesentliche Rolle kommt dabei den meteorologischen Rahmenbedingungen sowie den Vorläufersubstanzen (Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe) zu, auf deren Emittenten bereits hingewiesen wurde. Für das Entstehen von Ozon in der Außenluft sind dabei die luftchemischen Umwandlungsbedingungen entscheidend:

In den Siedlungsgebieten beginnt in den Vormittagsstunden bei entsprechender UV-Strahlung durch das Sonnenlicht und mit zunehmender Lufttemperatur Stickstoffmonoxid (NO) mit dem Luftsauerstoff (O₂) Stickstoffdioxid (NO₂) zu bilden. Dabei bleibt ein Sauerstoffradikal (O*) übrig. Dieses bindet sich in der Folge mit dem Luftsauerstoff (O₂) zu Ozon (O₃).

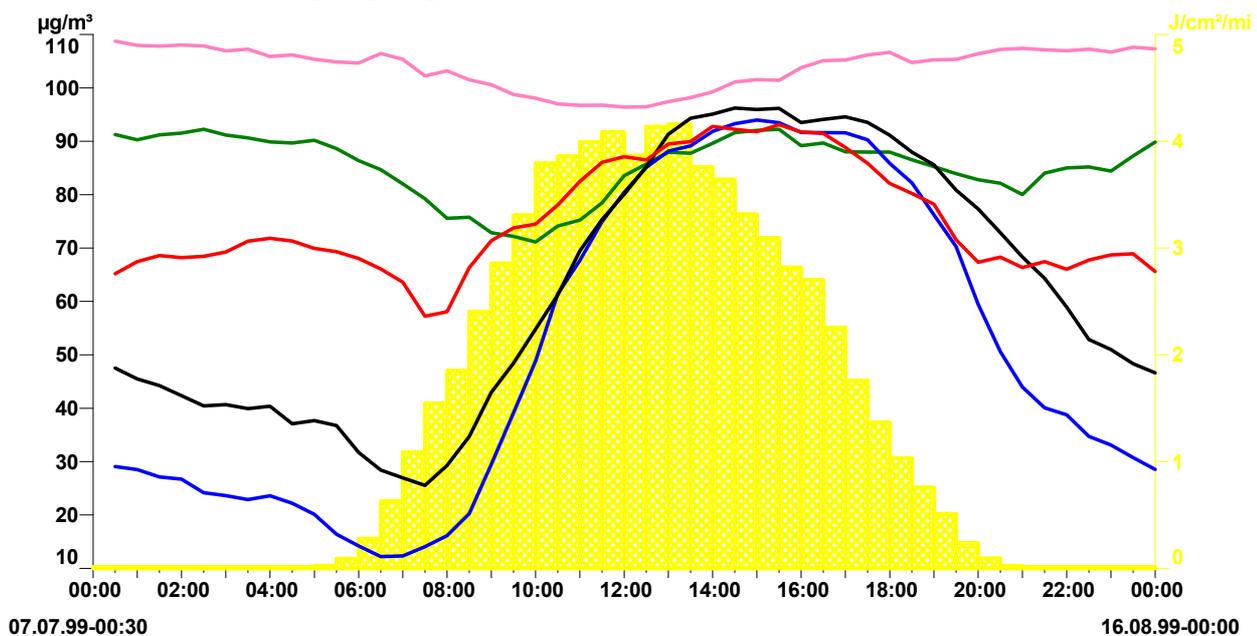


In den Nachmittagsstunden kommt es durch nachlassende Sonneneinstrahlung und Abnahme der Temperatur dann zu einem Wiederabbau des Ozons, der sich nach Sonnenuntergang noch verstärkt. Das Stickstoffmonoxid reagiert mit dem Ozon zu Stickstoffdioxid (NO + O₃ = NO₂ + O₂).

Die erwähnten siedlungsnahen Talregionen mit höherer Grundbelastung an Ozonvorläufersubstanzen weisen daher einen typischen Tagesgang der Ozonbelastung auf: Signifikant ist das Belastungsminimum in den frühen Morgenstunden (Sonnenaufgang), ein rasches Ansteigen der Konzentrationen in den Vormittagsstunden, die dann ihr Maximum am Mittag und frühen Nachmittag erreichen. Der Rückgang setzt mit spätem Nachmittag ein und verstärkt sich mit dem Sonnenuntergang.

In weiterer Folge ist der Ozontagesgang aber auch stark von der Höhenlage sowie von der Nähe zu Ballungszentren abhängig. Mit zunehmender Seehöhe und Entfernung zu größeren Siedlungszentren glättet sich dieser signifikante Tagesgang, bei durchaus vergleichbaren Maximalkonzentrationen verschwindet die Phase der nächtlichen Ozonabsenkung und die Ozonkonzentrationen bleiben gleichmäßig hoch.

Mittlerer Ozontagesgang an der A2 und an anderen steirischen Stationen

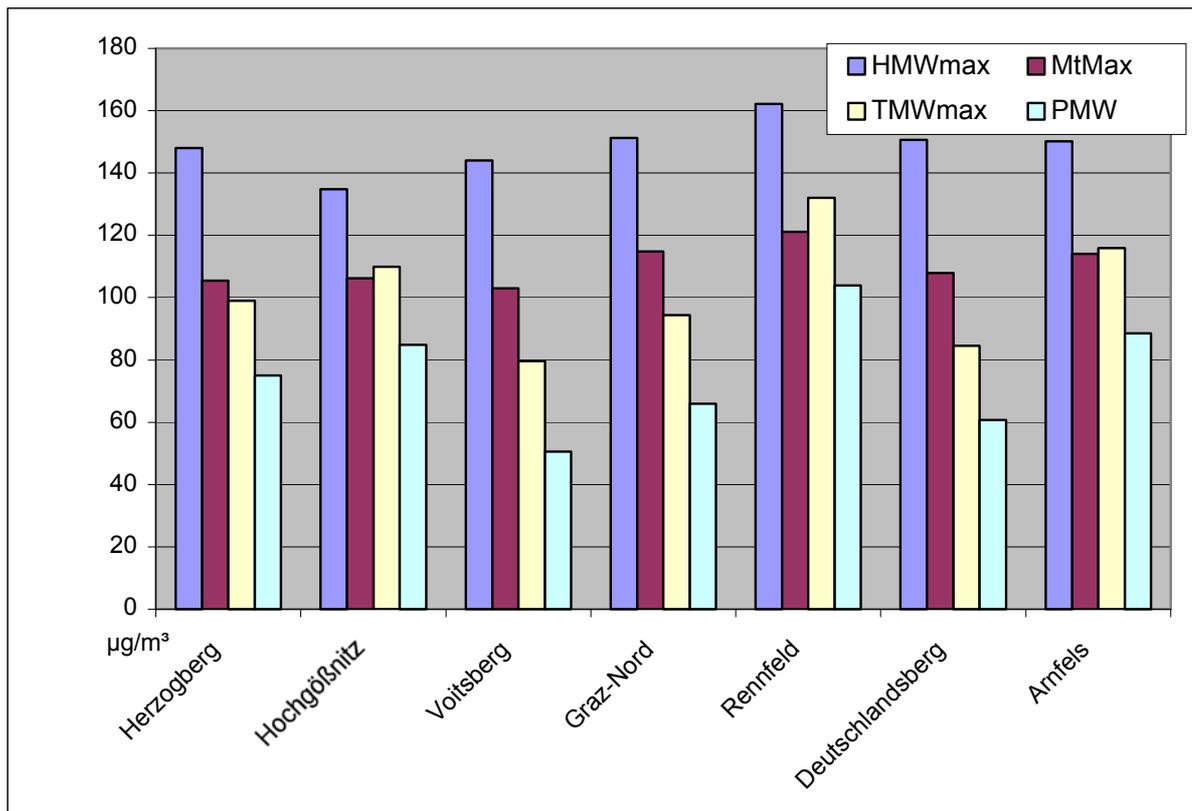


Station:	MOBILE 1	Graz-W	Voitsbg.	Hochgöß.	Rennfeld	Graz-N
Messwert:	O3	O3	O3	O3	O3	SOEIN
MW-Typ:	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG
Muster:						

Während also die Spitzenkonzentrationen von Ozon über größere Gebiete recht homogen nachweisbar sind, treten deutlichere Unterschiede dagegen bei längeren Mittelungszeiträumen (Tagesmittel, Monatsmittel) auf, in denen sich die unterschiedlichen Tagesgänge bemerkbar machen. Dies zeigt auch der nachfolgende Vergleich unterschiedlicher Stationen und Mittelungszeiträume. Während sich die

Spitzen an allen Stationen auf einem vergleichbaren Niveau bewegten, blieben die Tages- und die Messperiodenmittel in den Ballungszentren (Graz, Voitsberg, Deutschlandsberg) klar unter denen der peripheren bzw. Höhenstationen (Hochgößnitz, Arnfels, Rennfeld). Die Messung Herzogberg bewegte sich hier in einem Zwischenbereich, zwar peripher gelegen, aber mit vergleichsweise deutlich erhöhtem Angebot an Ozonvorläufersubstanzen.

Vergleich der Ozonkonzentrationen an der A2 mit anderen steirischen Stationen



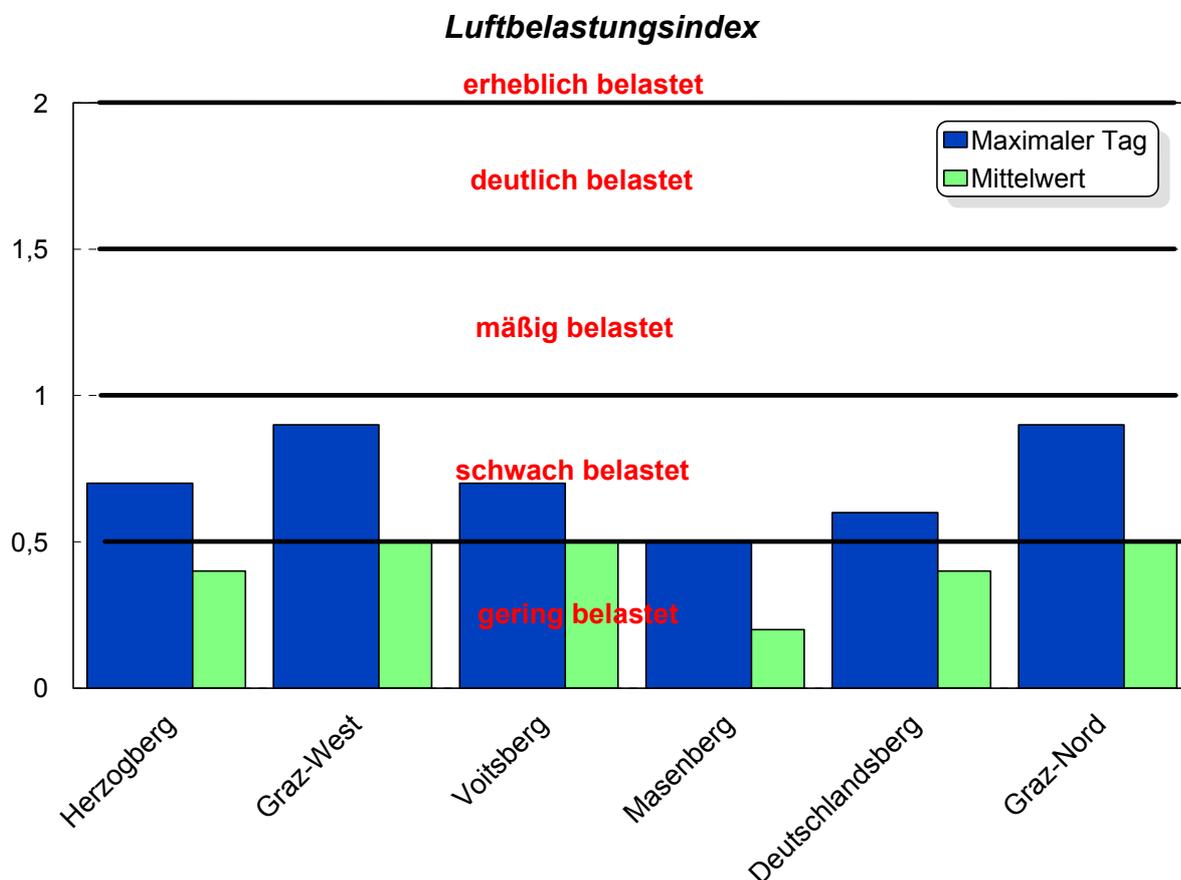
Der Verlauf der Ozonkonzentrationen zeigte die zu erwartende Übereinstimmung mit dem Witterungsverlauf. Erhöhte Werte wurden bei Hochdruck- und gradientschwachen Lagen registriert, die gesetzlichen bzw. empfohlenen Grenzwerte wurden, wie für die Jahreszeit zu erwarten, fallweise überschritten.

6. Luftbelastungsindex

Der Luftbelastungsindex ermöglicht eine relativ einfache Bewertungs- und Vergleichsmöglichkeit der Luftbelastung verschiedener Messstationen.

Angelehnt an die von J. Baumüller (VDI-Kommission Luftreinhaltung 1988, S. 223 ff) vorgeschlagene Berechnungsmethode werden die Tagesmittelwerte und maximalen Halbstundenmittelwerte der Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Schwebstaub in Verhältnis zum jeweiligen Grenzwert des Immissionsschutzgesetzes-Luft gesetzt und die Ergebnisse anschließend aufsummiert. Mit Hilfe der aus der Abbildung ersichtlichen Skala können die so gebildeten Indexzahlen für einen Messzeitraum bewertet und verglichen werden.

In nachfolgender Abbildung wird der Luftbelastungsindex für den Messstandort und ausgewählte steirische Standorte dargestellt. Wie auf Grund der Jahreszeit (sommerliches Belastungsminimum der Primärschadstoffe) zu erwarten, blieben die Indices insgesamt auf einem eher tiefen Niveau. Die Messungen in Herzogberg lagen dabei in einem durchschnittlichen Bereich zwischen den Ballungsgebieten und der geringbelasteten Höhenstation Masenberg.



7. Literatur

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1997:

115. Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden (Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L).
BGBl. I Nr.115 vom 30.9.1997.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1984:

199. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 24. April 1984 über forstschädliche Luftverunreinigungen (Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen).
BGBl.Nr.199 vom 22.5.1984.

Landesgesetzblatt für die Steiermark, 1987 :

Immissionsgrenzwertverordnung der Steiermärkischen Landesregierung
LGBl.Nr.5 vom 21.10.1987.

Österreichische Akademie der Wissenschaften, 1989:

Photooxidantien in der Atmosphäre - Luftqualitätskriterien Ozon.
-Kommission für Reinhaltung der Luft. Wien.

VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (Hrsg.), 1988:

Stadtklima und Luftreinhaltung
Ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung, Berlin

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 1999:

Monatsübersicht der Witterung in Österreich,
Juli, August 1999, Wien.

8. Anhang

8.1. Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen

8.1.1. Tabellen

In den Tabellen zu den einzelnen Schadstoffkapiteln wird versucht, anhand der wesentlichsten Kennwerte einen Überblick über die Immissionsstruktur zu vermitteln. Diesen Kennwerten werden die einschlägigen Grenzwerte aus den Gesetzen und Verordnungen gegenübergestellt.

Für die Immissionsgrenzwerteverordnung des Landes (LGBl. Nr.5/1987) und des Immissionsschutzgesetzes-Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997) sind die Kennwerte als maximale Tages- und Halbstundenmittelwerte, für den von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften empfohlenen Vorsorgegrenzwert der maximale Ozon - Halbstundenmittelwert angegeben.

Messperiodenmittelwert (PMW)

Der Messperiodenmittelwert gibt Auskunft über das mittlere Belastungsniveau während der Messperiode. Dieser Wert stellt den arithmetischen Mittelwert aller Tagesmittelwerte dar.

Mittleres tägliches Maximum (MtMax)

Das mittlere tägliche Maximum wird aus den täglich höchsten Halbstundenmittelwerten gebildet. Es stellt somit ebenfalls einen über den gesamten Messabschnitt berechneten Mittelwert dar, der für den betreffenden Standort die mittlere tägliche Spitzenbelastung angibt.

Maximaler Tagesmittelwert (TMWmax)

Das ist der höchste Tagesmittelwert während einer Messperiode. Die Tagesmittelwerte werden als arithmetisches Mittel aus den 48 Halbstundenmittelwerten eines Tages berechnet.

Maximaler Achtstundenmittelwert (MW8max)

Im Immissionsschutzgesetz-Luft sind Grenzwerte für Kohlenmonoxid als gleitende Achtstundenmittelwerte festgelegt. Sie werden aus sechzehn hintereinanderliegenden Halbstundenmittelwerten gleitend gebildet.

Maximaler Halbstundenmittelwert (HMWmax)

Er kennzeichnet für jeden Schadstoff den höchsten Halbstundenmittelwert während der gesamten Messperiode. Er berücksichtigt die kürzeste Zeiteinheit und stellt daher die Belastungsspitze dar.

Abkürzungen von meteorologischen Parametern und Messwerttypen

LUTE	Lufttemperatur
WIGE	Windgeschwindigkeit
WIRI	Windrichtung
NIED	Niederschlag
MW3	Dreistundenmittelwert
TAGSUM	Tagessumme

8.1.2. Diagramme

Die Diagramme dienen dazu, einen möglichst raschen Überblick über ein bestimmtes Datenkollektiv zu erhalten. Da pro Messtag rund 900 Halbstundenmittelwerte aufgezeichnet werden, ist es notwendig, einen entsprechenden Kompromiss zu finden, um die Luftgütesituation eines Ortes prägnant und übersichtlich darzustellen.

Zeitverlauf

Die Zeitverläufe stellen alle gemessenen Werte (Halbstunden-, maximale Halbstunden- oder Tagesmittelwerte) eines Schadstoffes an einer Station für einen bestimmten Zeitraum dar.

Mittlerer Tagesgang

In der Darstellungsweise des mittleren Tagesganges stellt die waagrechte Achse die Tageszeit zwischen 00:30 Uhr und 24:00 Uhr dar. Die Schadstoffkurve wird derart berechnet, dass, zum Beispiel, sämtliche Halbstundenmittelwerte, die täglich um 12:00 Uhr registriert wurden, über eine gesamte Messperiode gemittelt werden. Das Ergebnis ist ein mehrtägiger Mittelwert für die Mittagsstunde. Wird diese Berechnung in der Folge dann für alle Halbstundenmittelwerte durchgeführt, lässt sich der mittlere Schadstoffgang über einen Tag ablesen.

Box Plot

Die statistische, hochauflösende Darstellungsform des Box Plots bietet die beste Möglichkeit, alle Kennzahlen des Schadstoffganges mit dem geringsten Informationsverlust in einer Abbildung übersichtlich zu gestalten.

Auf der waagrechten Achse sind die einzelnen Tage einer Messperiode aufgetragen. Die senkrechte Achse gibt das Konzentrationsmaß der Schadstoffe wieder.

Die Signaturen innerhalb der Darstellung berücksichtigen das gesamte täglich registrierte Datenkollektiv eines Schadstoffes. Der arithmetische Mittelwert (Arith.MW) entspricht dem Tagesmittelwert. Er wird als arithmetisches Mittel aus den 48 Halbstundenmittelwerten eines Tages gebildet.

Das Minimum und das Maximum stellen jeweils den niedrigsten bzw. den höchsten Halbstundenmittelwert eines Tages dar. Dabei gibt es allerdings eine Ausnahme, die als Ausreißer bezeichnet wird. Werden in der Grafik die so genannten Ausreißer dargestellt, dann handelt es sich hierbei um den höchsten Halbstundenmittelwert des Tages.

Für die Berechnung des Medians und des oberen und unteren Quartils werden alle 48 Halbstundenmittelwerte eines Messtages nach ihrer Wertgröße aufsteigend gereiht.

Dann wird in dieser Wertreihe der 24. Halbstundenmittelwert herausgesucht und als Median (= 50 Perzentil) festgelegt. Für die Berechnung der oberen und unteren Quartilsgrenzen sind der 12. Halbstundenmittelwert (= 25 Perzentil) bzw. der 36. Halbstundenmittelwert (= 75 Perzentil) maßgebend.