



Luftgütemessungen Graz - Puntigam

9. August 2002 bis 17. September 2002

Autor

Norbert Braun

ARGE LÖSS Ges.b.R

Arbeitsgemeinschaft f. Landschafts- u. Ökosystemanalysen Steiermark

BADER BRAUN SCHLEICHER SULZER

Schillerstraße 52 / I; A-8010 Graz

Tel/Fax.: 0316 / 81 45 51

e-mail: arge.loess@aon.at

Projektleitung

Mag. Andreas Schopper

Messtechnik

(mobile Messstation)

Manfred Gassenburger

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C – Technische Umweltkontrolle und Sicherheitswesen
Referat Luftgüteüberwachung
Landhausgasse 7,
8010 Graz

© Juli 2003

Dieser Bericht ist im Internet unter folgender Adresse verfügbar:

<http://www.umwelt.steiermark.at>**Bei Wiedergabe unserer Messergebnisse ersuchen wir um Quellenangabe!**

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1. Einleitung	7
2. Beurteilungsgrundlagen	8
2.1. Immissionsgrenzwerteverordnung der Steiermärkischen Landesregierung (LGBl. Nr. 5/ 1987).....	8
2.2. Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.F. BGBl. I Nr.102/2002).....	9
2.3. "Luftqualitätskriterien Ozon" der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.....	10
3. Die immissionsklimatische Situation in Graz - Puntigam	10
3.1. Allgemeine klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet.....	10
3.2. Der Witterungsablauf während der mobilen Messung	11
4. Mobile Immissionsmessungen	12
4.1. Ausstattung und Messmethoden	12
4.2. Messergebnisse und Schadstoffverläufe	13
4.2.1 Schwefeldioxid (SO ₂)	13
4.2.2 Schwebstaub (TSP)	14
4.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)	16
4.2.4 Stickstoffdioxid (NO ₂)	19
4.2.5 Kohlenmonoxid (CO).....	22
4.2.6 Ozon (O ₃)	24
4.3. Luftbelastungsindex.....	27
5. Literatur	29
6. Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen	29
6.1. Tabellen.....	29
6.2. Diagramme	30

Zusammenfassung

Die **Luftgüteuntersuchungen Graz - Puntigam** wurden auf Ansuchen des dortigen Bezirksrates als Istzustandserhebung zur Beurteilung der örtlichen Immissionssituation im stark frequentierten Kreuzungsbereich Triester Straße - Puntigamer Straße - Weblinger Gürtel durchgeführt, der hinsichtlich des großen Verkehrsaufkommens und der daraus resultierenden Immissionssituation mit der Fixmessstelle im Kreuzungsbereich Don Bosco vergleichbar ist.

Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation im Zeitraum vom 09.08. bis 17.09.2002.

Der **Witterungsverlauf** während der Messungen war im August durch überdurchschnittlich rege Tiefdrucktätigkeit gekennzeichnet, während er im September den Erwartungen entsprach. Immissionsklimatisch können daher die Bedingungen in der zweiten Hälfte der Messperiode als für das Sommerhalbjahr repräsentativ bezeichnet werden.

Bezüglich der einzelnen Schadstoffe wurden während der Messperioden keine Überschreitungen gesetzlicher Grenzwerte registriert. Da die Messungen jedoch im Sommerhalbjahr durchgeführt wurden, ist eine Beurteilung der Immissionssituation ausschließlich im Vergleich mit anderen Grazer Stationen sinnvoll, da bei ungünstigeren Verhältnissen mit schlechteren Ausbreitungsbedingungen, wie es im Winterhalbjahr häufig der Fall ist, mit höheren Immissionen gerechnet werden muss.

Hinsichtlich der Primärschadstoffe **Schwefeldioxid** und **Schwebstaub (TSP)** wurde sowohl für die Grundbelastung (längerfristige Mittelwerte) als auch für die Spitzenkonzentrationen ein im innerstädtischen Vergleich leicht bis mäßig überdurchschnittliches Konzentrationsniveau festgestellt.

Bei den vornehmlich verkehrsrelevanten Luftschadstoffen **Stickstoffmonoxid**, **Stickstoffdioxid** und **Kohlenmonoxid** wurden aufgrund der Lage des Messstandortes an der Kreuzung sehr stark befahrener Hauptverkehrsstraßen im Vergleich mit anderen Grazer Stationen über die gesamte Messperiode hinweg andauernde deutlich überdurchschnittliche Belastungen registriert.

Die **Ozonwerte** blieben in einem der Jahreszeit und der Lage des Standortes entsprechenden Konzentrationsbereich. Der im Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. I Nr. 115/1997) festgelegte maximale Achtstundenmittelwert wurde nicht erreicht, der von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften empfohlene Vorsorgegrenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert wurde jedoch an vier Messtagen überschritten.

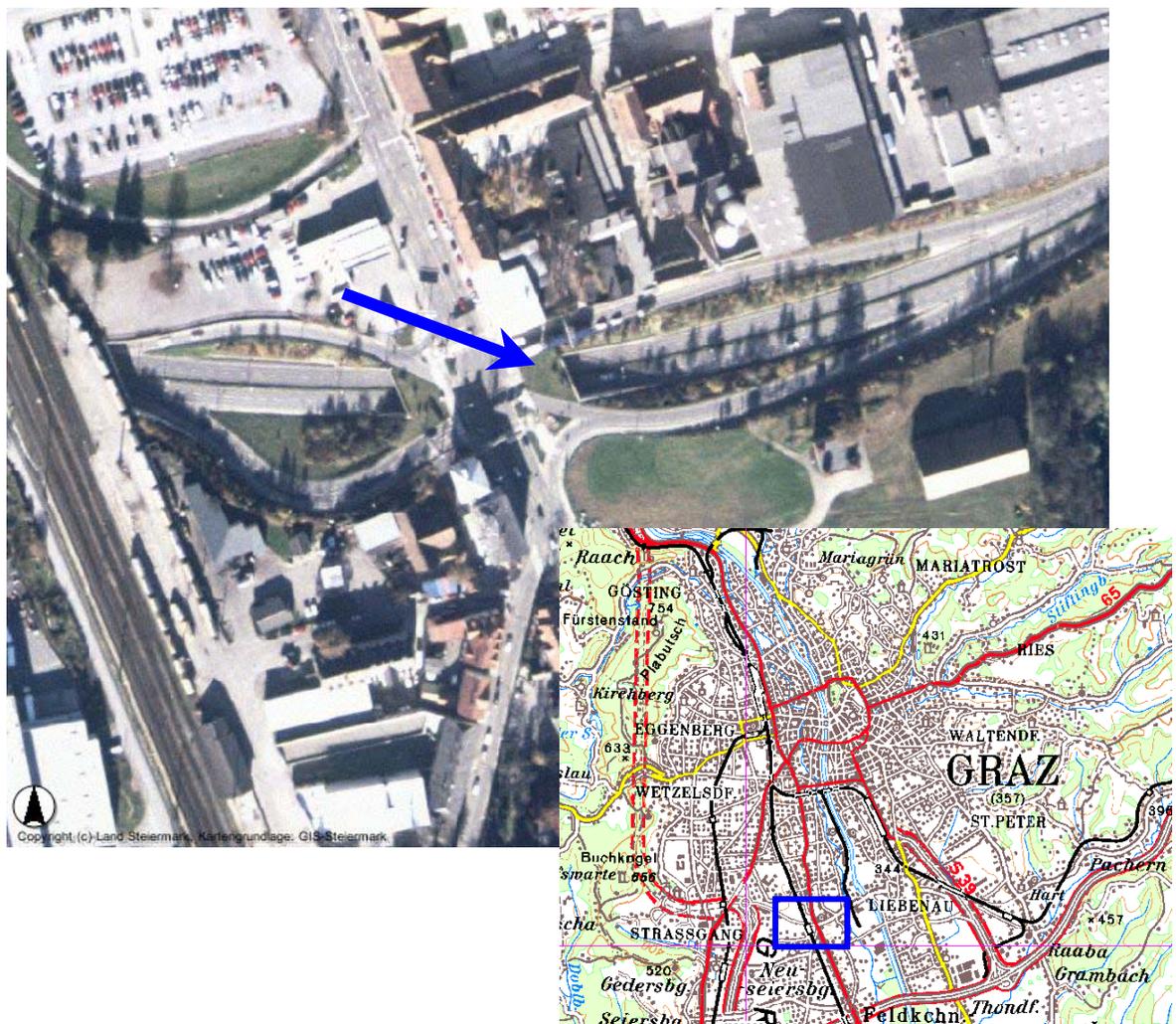
1. Einleitung

Die Luftgütemessungen im Grazer Stadtbezirk Puntigam wurden auf Ansuchen des Bezirksrates von Puntigam von der Fachabteilung 17C, Referat Luftgüteüberwachung, durchgeführt. Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation im Zeitraum vom 09.08. bis 17.09.2002.

Den Anlass für die Messungen stellte eine Zustandserhebung der örtlichen Immissions-situation dar.

Für den mobilen Messcontainer wurde ein Standort im stark frequentierten Kreuzungsbereich Triester Straße - Puntigamer Straße - Weblinger Gürtel ausgewählt, um die in einem potentiell stark belasteten Bereich des Bezirkes vorherrschenden lufthygienischen Bedingungen beurteilen zu können.

Lage des mobilen Messstandortes in Puntigam



Der Messstandort



2. Beurteilungsgrundlagen

2.1. 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 Puntigam sind die Grenzwerte für die Zone II relevant (Grenzwerte jeweils in mg/m^3):

	Sommer (April – Oktober)		Winter (November – März)	
	HMW	TMW	HMW	TMW
Schwefeldioxid	0,10	0,05	0,20*	0,10
Staub	-	0,12	-	0,20
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

TMW = Tagesmittelwert

* Drei Halbstundenmittelwerte pro Tag bis zu einer Konzentration von 0,40 mg/m³ gelten nicht als Überschreitung des Grenzwertes.

2.2. Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.F. BGBl. I Nr.102/2002)

Neben allgemeinen Festlegungen zur Immissionsüberwachung definiert das IG-L in Erfüllung der EU - Rahmenrichtlinie sowie der dazu in Kraft getretenen Tochterrichtlinien bundesweit gültige Immissionsgrenzwerte, von denen die für diese Messung relevanten in der folgenden Tabelle wiedergegeben sind (Grenzwerte jeweils in mg/m³):

Immissionsgrenzwerte (**Alarmwerte**, *Zielwerte*) in µg/m³ (für CO in mg/m³)

Luftschadstoff	HMW	MW3	MW8	TMW
Schwefeldioxid	200 ¹⁾	500		120
Kohlenstoffmonoxid			10	
Stickstoffdioxid	200	400		80
Schwebestaub				150
Ozon			110 ²⁾	

MW3 = Dreistundenmittelwert

MW8 = Achtstundenmittelwert

¹⁾ Drei Halbstundenmittelwerte SO₂ pro Tag, jedoch maximal 48 Halbstundenmittelwerte pro Kalenderjahr bis zu einer Konzentration von 350 µg/m³ gelten nicht als Überschreitung

²⁾ Der Zielwert für Ozon wird viermal täglich anhand der Achtstundenwerte (0 - 8 Uhr, 8 - 16 Uhr, 16 - 24 Uhr, 12 - 20 Uhr) berechnet.

2.3. "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. Die immissionsklimatische Situation in Graz - Puntigam

3.1. Allgemeine klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet

Der Witterungsablauf und die geländeklimatischen Gegebenheiten spielen eine wesentliche Rolle für die Ausbreitung der Luftschadstoffe.

Die Lage des Messstandortes in Graz - Puntigam entspricht nach H. Wakonigg der Klimalandchaft der „Talböden des Vorlandes“ und kann als sommerwarmes und winterkaltes, schwach kontinentales Klima charakterisiert werden (H. Wakonigg 1978, 378).

Das Jahresmittel der Lufttemperatur beträgt im langjährigen Mittel (1951-1970) rund 9°C, das Jännermittel etwa -3 bis -4°C und das Julimittel 18 bis 19°C. Der Jahresgang der Niederschläge weist ein Winterminimum (Jänner ca. 30mm) und ein breiteres Sommermaximum (Juni und Juli jeweils über 130mm) auf, die Jahresniederschlagsmenge beträgt rund 880mm, die an zirka 100 Tagen pro Jahr fällt. Die mittleren Windgeschwindigkeiten sind eher gering (1 bis 2m/s) und weisen im Jahresgang ein Frühjahrsmaximum und ein Herbstminimum auf. Die Hauptwindrichtungssachse verläuft Nord - Süd, da sich aufgrund der Abschirmung von Störungseinflüssen aus West bis Nord durch die Alpen verstärkt lokale Windsysteme ausbilden können.

Das dominierende Windsystem für den Standort ist das Murtalwindssystem, das tagsüber durch murtalaufwärts gerichtete Winde aus Süd in Erscheinung tritt, die bei ungestörter Entwicklung (keine Gewittertätigkeit bzw. einstrahlungshemmende Bewölkung) Geschwindigkeiten von 3 bis 5m/s erreichen können.

In den Abend- und Nachtstunden wird das Windfeld im Raum Graz durch nördliche Richtungen beherrscht. Diese Murtalauswindströmung hebt allerdings über dem Stadtzentrum von Graz meist ab und ist am Standort Puntigam daher in Bodennähe selten spürbar. An seine Stelle treten stadteinwärts gerichtete geringmächtige Flurwinde aus Süd mit geringen Windgeschwindigkeiten (0,5 bis 1,5m/s), wodurch auch die Nebelbildung begünstigt wird (vom Zentrum bis zum südlichen Stadtrand von 60 auf 90 Tage/Jahr zunehmend).

Aufgrund der häufigen autochthonen Wetterlagen wird die Ausbildung von Inversionen gefördert, die zumeist als Bodeninversionen entwickelt sind, im Winter aber auch als freie Inversionen mit Mischungsschichthöhen von nur etwa 200 bis 300m mit den daraus resultierenden ungünstigen Ausbreitungsbedingungen ausgebildet sein können (R. Lazar, 1989, 1994).

3.2. Der Witterungsablauf während der mobilen Messung

Zu Beginn der Messungen verstärkte sich der Einfluss eines von Oberitalien nordostwärts ziehenden Tiefs, das mit seinem Durchzug sehr heftige Niederschläge auslöste und speziell in Ober- und Niederösterreich schwere Überschwemmungen verursachte.

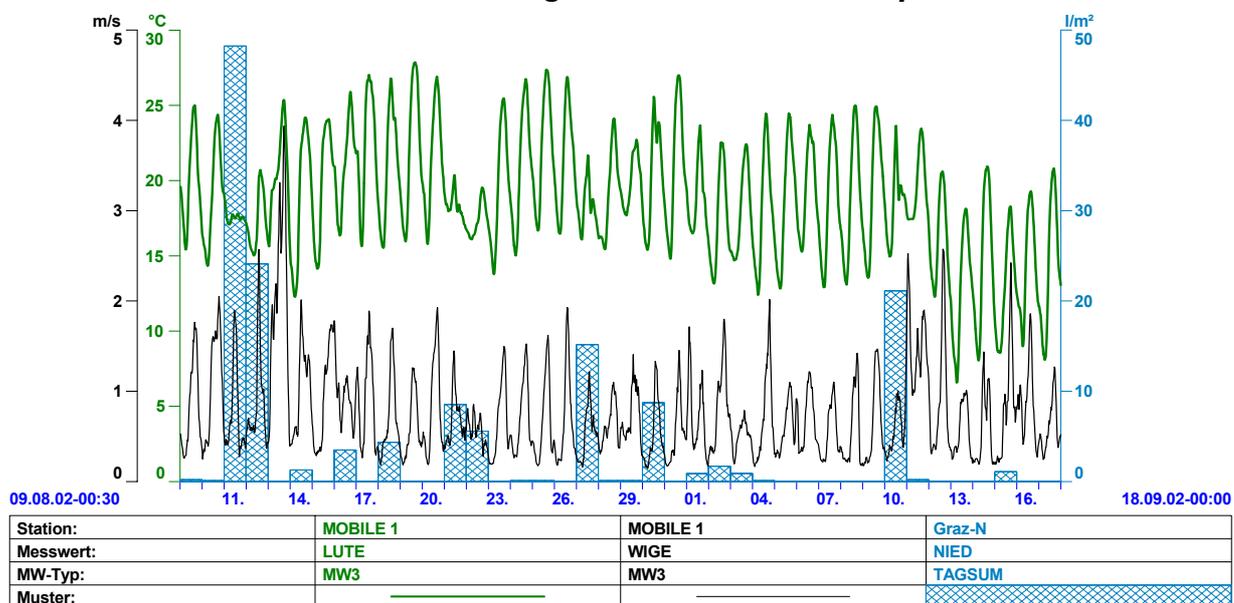
Danach setzte sich bei nordwestlicher Strömung schwacher Hochdruckeinfluss mit einem allmählichen Temperaturanstieg durch, wobei das in Richtung Ukraine abgewanderte Tief nach wie vor Wolkenfelder mit teilweise gewittrigen Regenschauern nach Ostösterreich steuerte.

Ein neuerlicher Frontdurchzug aus West bewirkte zu Beginn der dritten Augustdekade einen spürbaren Temperaturrückgang und mäßige Niederschläge. Danach stellte sich bei flacher Druckverteilung für einige Tage wieder sommerliches Schönwetter ein.

Um den Monatswechsel begann unter Einfluss eines Tiefdruckgebietes ein dynamischerer Witterungsablauf. Unterbrochen von meist nur schwachem und kurzem Zwischenhocheinfluss überquerten mehrfach niederschlagswirksame Frontsysteme den Alpenraum. In der Folge verstärkte sich Hochdruckeinfluss und bescherte warmes sonniges Spätsommerwetter, ehe am 10.9. eine atlantische Störungszone verbreitet kräftige Niederschläge auslöste.

Nach kurzer Wetterberuhigung wurden mit einer Nordwestströmung, die bis zum Ende der Messungen wetterbestimmend blieb, kühlere Luftmassen herangeführt.

Lufttemperatur, Niederschläge und Windgeschwindigkeit im Raum Graz - Puntigam während der Messperiode



Die Erklärung der Abkürzungen findet sich im Anhang

Der Witterungsverlauf während der Messungen in Graz - Puntigam erwies sich im August als etwas zu warm und zu feucht, was vornehmlich auf die im Vergleich zum langjährigen Mittel überdurchschnittlich rege Tiefdrucktätigkeit mit Zufuhr zumeist milder

Luftmassen aus West bis Südwest zurückzuführen ist. Der September hingegen brachte bei durchschnittlichen Temperaturen auch die erwarteten Niederschlagsmengen.

4. Mobile Immissionsmessungen

4.1. Ausstattung und Messmethoden

Die mobile Luftgütemessstation zeichnet den Schadstoffgang von Schwefeldioxid (SO₂), Schwebstaub (TSP), 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 (TSP)	Beta-Strahlenabsorption	Horiba ABDA 350E
Stickstoffoxide 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, Luftfeuchte, Windrichtung und Windgeschwindigkeit, fallweise auch für Luftfeuchtigkeit und Luftdruck, 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.

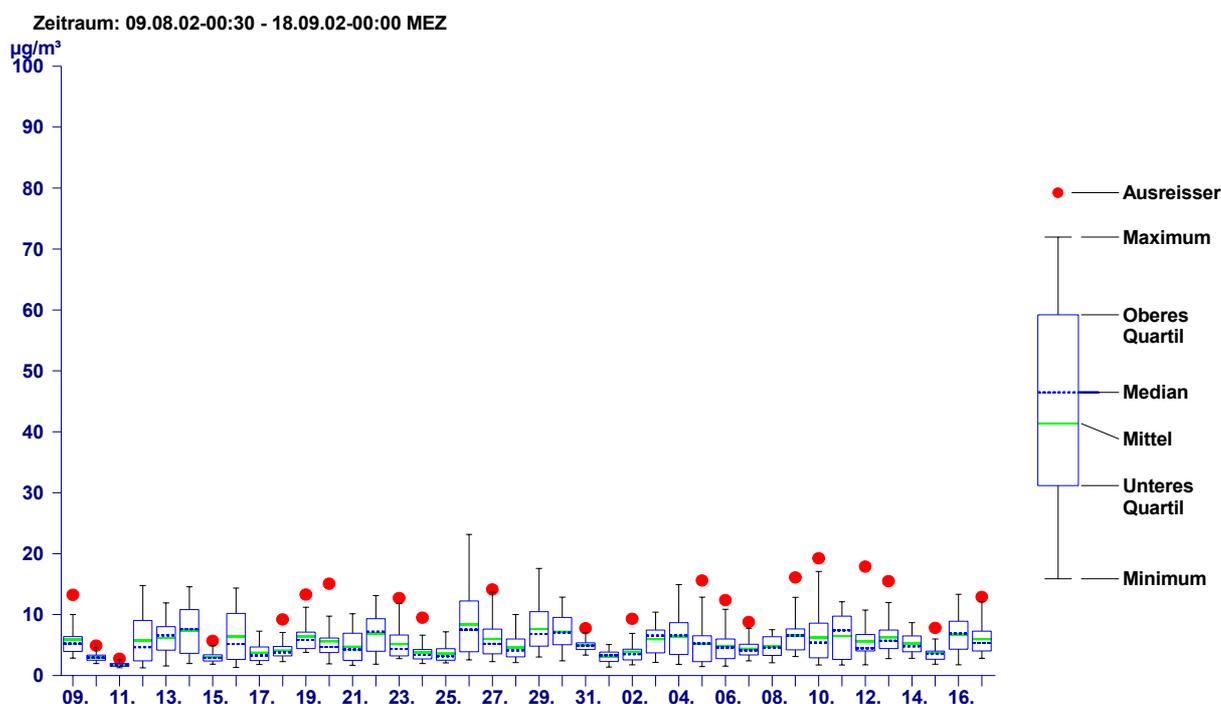
Die Kalibrierung der Messwerte wird gemäß ÖNORM M5889 durchgeführt. Die in Verwendung befindlichen Transferstandards werden regelmäßig an internationalen Standards, bereitgestellt durch das Umweltbundesamt Wien, abgeglichen.

4.2. Messergebnisse und Schadstoffverläufe

4.2.1 Schwefeldioxid (SO₂)

09.08.2002 - 17.09.2002	Messergebnisse SO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte SO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	23	0,10 0,20	LGBI. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	23 % 12 %
Mtmax	12			
TMWmax	8	0,05 0,12	LGBI. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	16 % 6 %
PMW	5			

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

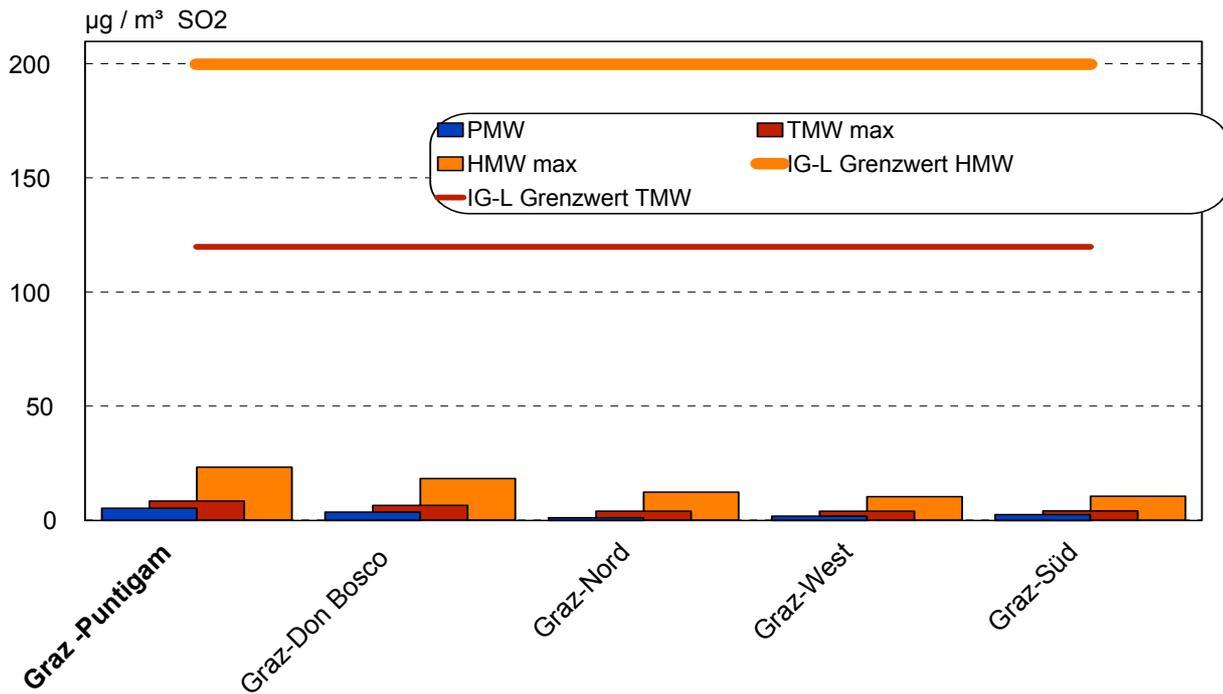


SO₂ wird vorwiegend bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen in den Haushalten und in den Betrieben bei der Aufbereitung von Prozesswärme freigesetzt, Emissionen aus dem Straßenverkehr spielen dabei eine untergeordnete Rolle. Die Emissionen sind daher in der kalten Jahreszeit ungleich höher als im Sommer.

Die SO₂-Konzentrationen blieben sowohl bei den maximalen Halbstundenmittelwerten als auch bei den Tagesmittelwerten deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten.

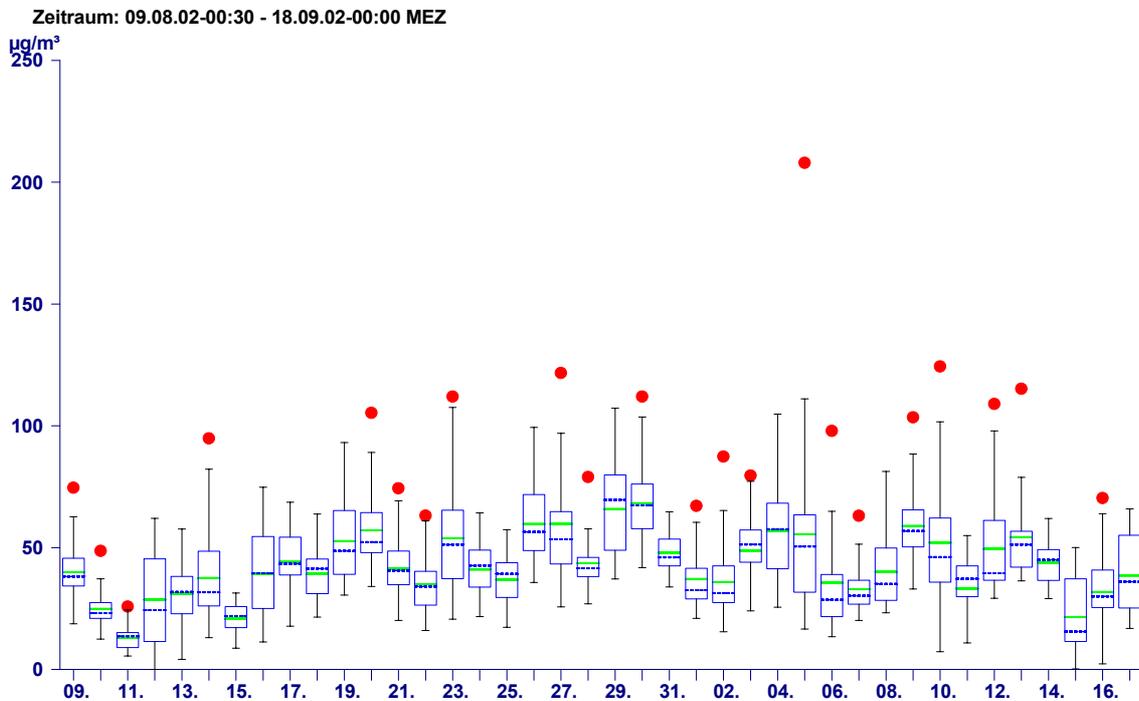
Im Vergleich mit anderen Messstationen in Graz zeigte sich beim Luftschadstoff Schwefeldioxid am Messstandort in Puntigam eine mäßig überdurchschnittliche Belastungssituation.

Vergleich der SO₂-Konzentrationen während der Messperiode



Grenzwerte nach dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.2.2 Schwebstaub (TSP)



09.08.2002 - 17.09.2002	Messergebnisse TSP in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte TSP in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	207			
Mtmax	83			
TMWmax	68	0,12 0,15	LGBl. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	57 % 45 %
PMW	43			

Die Verursacherstruktur von Staubemissionen ist sehr komplex und unterliegt großen räumlichen und zeitlichen Schwankungen. Stäube werden sowohl von den Haushalten durch die Verbrennung fester Brennstoffe als auch von Industrie- und Gewerbebetrieben freigesetzt. Besonders in größeren Ballungsgebieten muss aber vor allem vom Verkehr als Hauptverursacher ausgegangen werden.

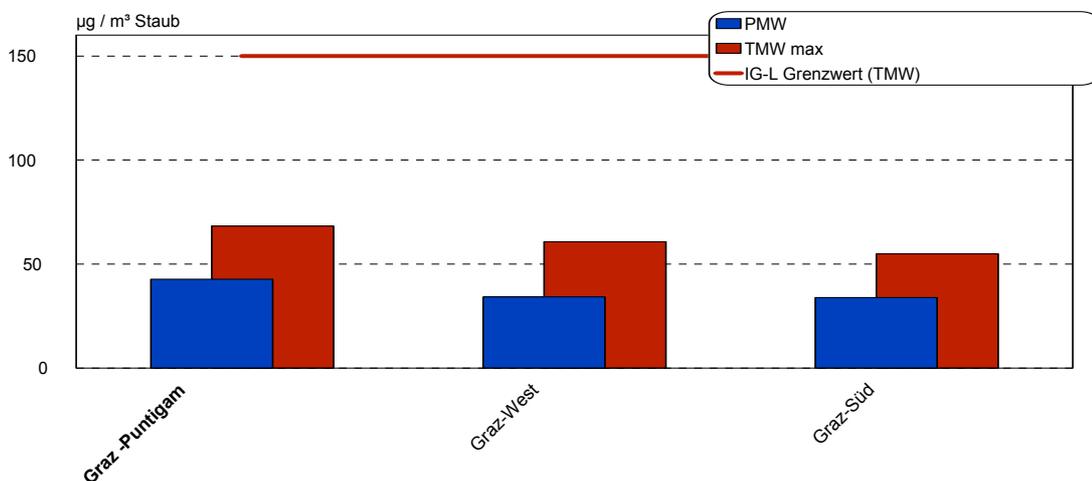
Stäube werden auf unterschiedlichste Weise emittiert:

- Als direkte Emissionen aus Verbrennungsvorgängen (z.B. Ruß, Dieselruß)
- Als diffuse Emissionen (Mechanischer Abrieb, Aufwirbelung)
- Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Staubimmissionen entsteht durch chemische Umwandlung von Gasen (NO_2 , SO_2 , Ammoniak) in sekundäre Partikel (Nitrat, Sulfat, Ammonium)

Das Problem ist dabei vor allem die Quantifizierung der beiden letzteren Punkte sowie die Abschätzung, welcher Teil der Staubimmissionen lokal verursacht wird bzw. als regionale Grundbelastung (natürlicher Hintergrund, verfrachtete anthropogene Emissionen) anzusehen ist. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass in urbanen Räumen der Verkehr als klar dominanter Verursacher anzusehen ist.

Neben einem klaren Jahrgang der Staubkonzentrationen spiegelt der kurzfristige Verlauf die Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen wider. Bei feuchter, austauschreicher Witterung sinken die Immissionen im Vergleich zu den Verhältnissen bei stabil-trockenem Wetter rasch und deutlich ab.

Vergleich der Staubkonzentrationen während der Messperiode

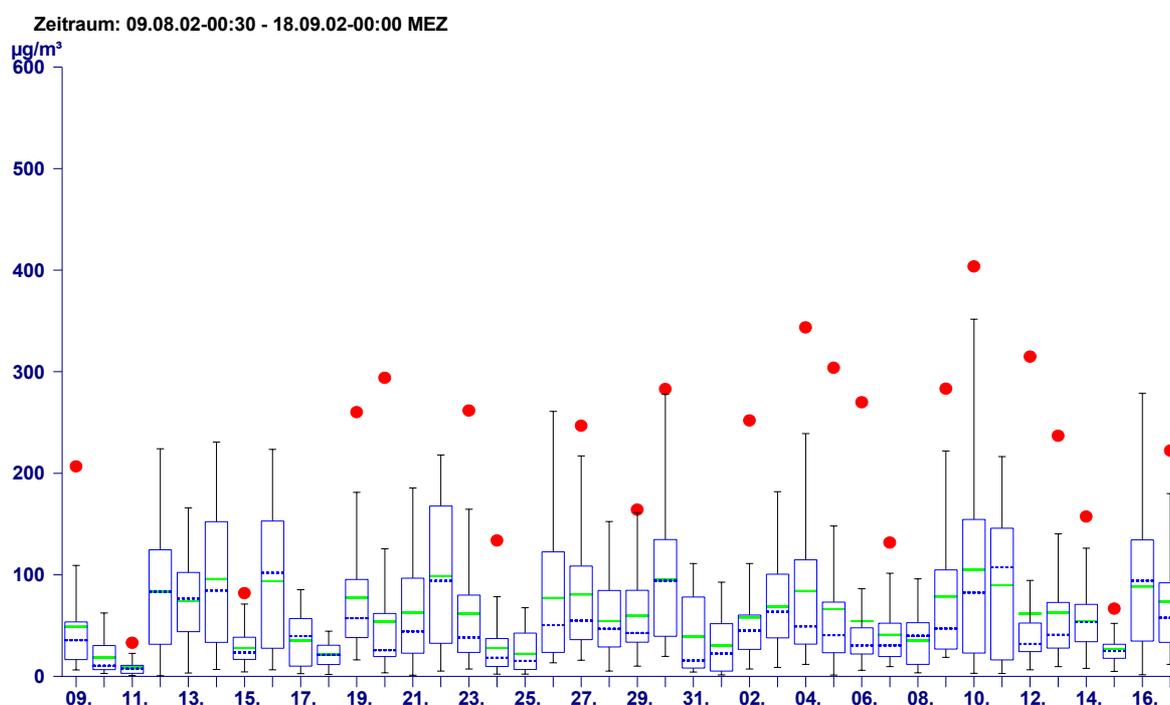


Grenzwert nach dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

Am Messstandort in Puntigam wurden keine Überschreitungen von Grenzwerten festgestellt. Im Vergleich mit anderen Grazer Messstellen lagen die Schwebstaubkonzentrationen auf einem nur leicht überdurchschnittlichen Niveau.

4.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)

09.08.2002 - 17.09.2002	Messergebnisse NO in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte NO in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	404	0,60	LGBI. Nr. 5/1987	67 %
Mtmax	196			
TMWmax	105	0,20	LGBI. Nr. 5/1987	53 %
PMW	60			

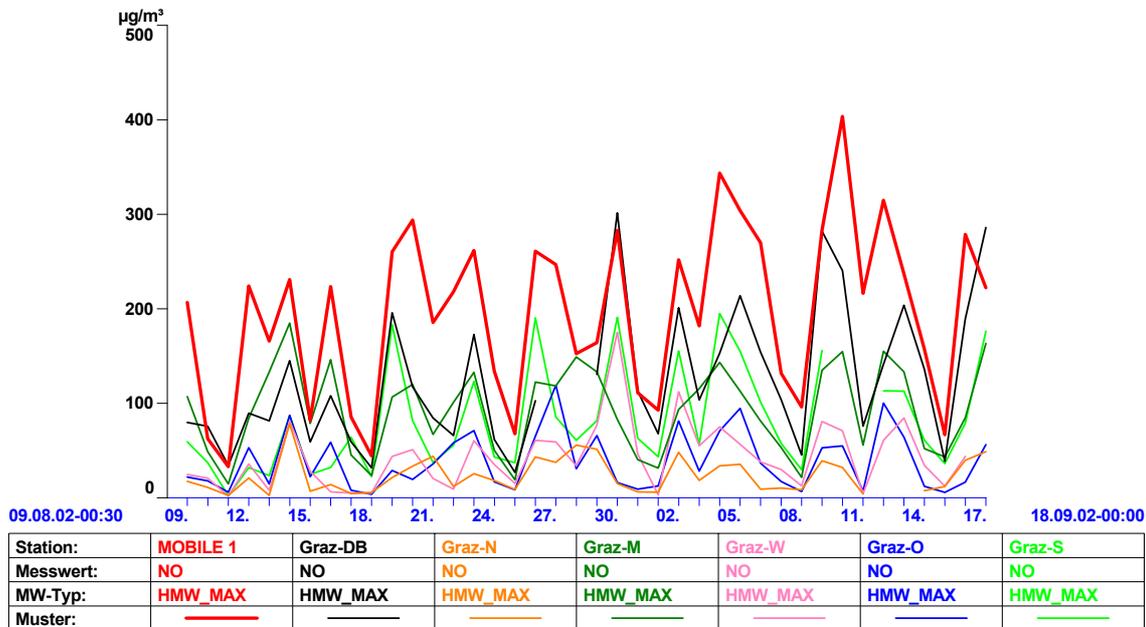


Als Hauptverursacher der Stickstoffoxidemissionen (NO_x) ist ebenfalls klar der Verkehr anzusehen, weiters können noch Gewerbe- und Industriebetriebe nennenswerte NO_x -Mengen freisetzen. Dabei macht beim KFZ-Verkehr der NO-Anteil etwa 95% des NO_x -Ausstoßes aus. Die Bildung von NO_2 erfolgt durch luftchemische Vorgänge, indem sich das NO mit dem Luftsauerstoff (O_2) oder mit Ozon (O_3) zu NO_2 verbindet.

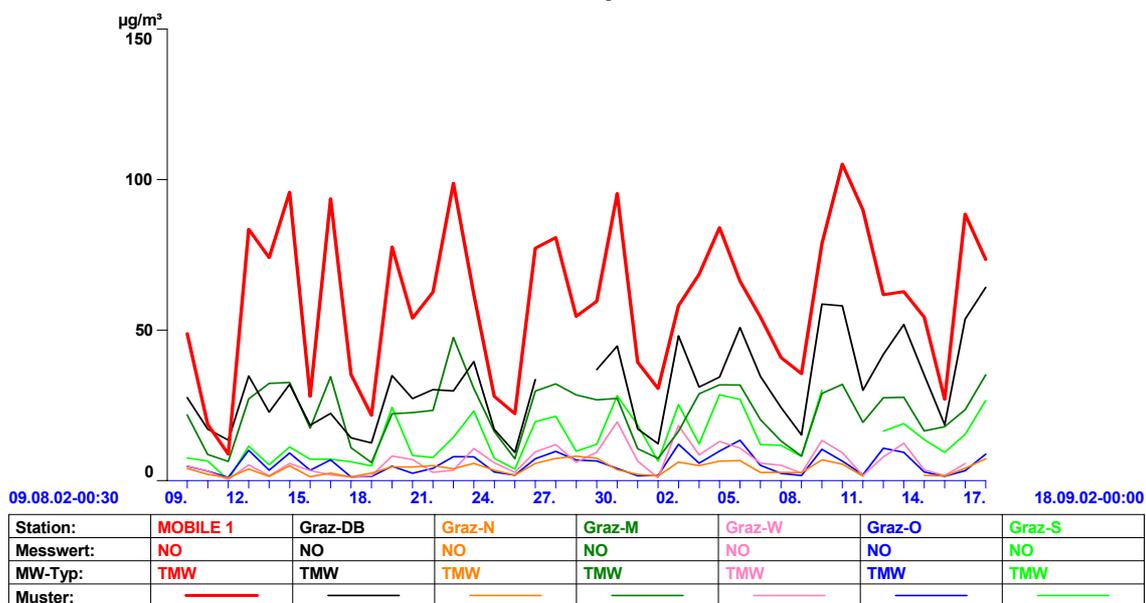
Die Grenzwerte der Steiermärkischen Immissionsgrenzwerteverordnung (LGBI. Nr. 5/1987) für die Stickstoffmonoxidkonzentrationen wurden bei den Messungen nicht erreicht. Dies war für diese Jahreszeit aber auch nicht zu erwarten.

Ein Vergleich der täglichen Maximalwerte (HMWmax) mit den übrigen Grazer Messstellen ergibt für den Messstandort in Puntigam zumeist die höchsten Konzentrationswerte, gefolgt von den ebenfalls verkehrsbeeinflussten Messstellen Don Bosco, Graz-Mitte und Graz-Süd.

Vergleich der maximalen Halbstundenmittelwerte der NO-Konzentrationen während der Messperiode



Vergleich der Tagesmittelwerte der NO-Konzentrationen während der Messperiode

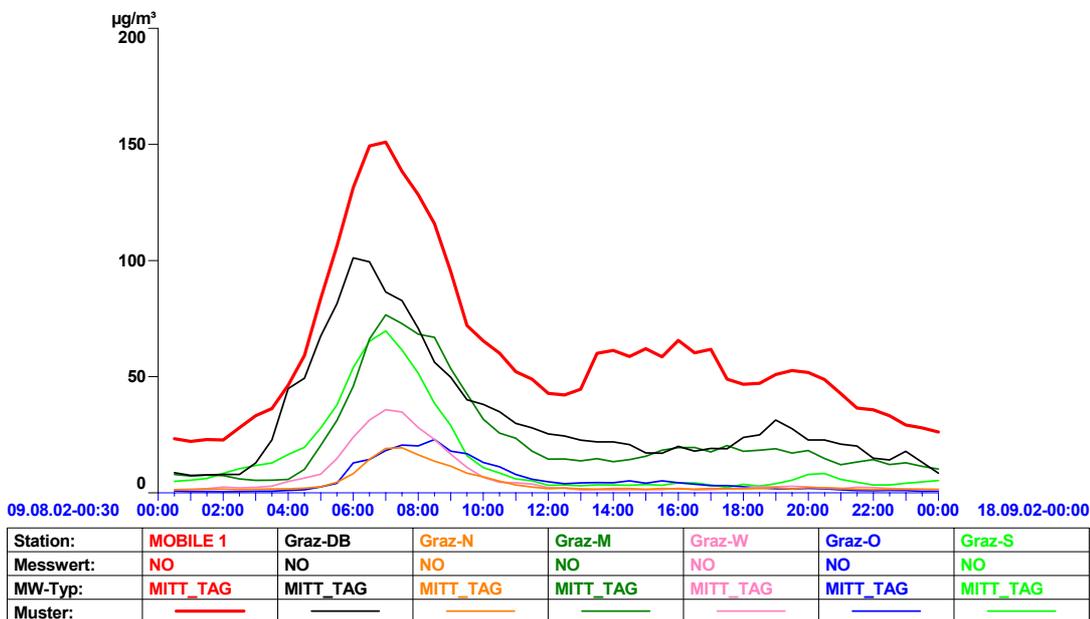


Noch deutlicher unterstreicht ein Vergleich der Tagesmittelwerte die Ungunstsituation an der Kreuzung Triester Straße – Puntigamer Straße. Dabei treten die Konzentrationsdifferenzen zu des Messstellen Don Bosco und Graz Mitte noch deutlicher in Erscheinung.

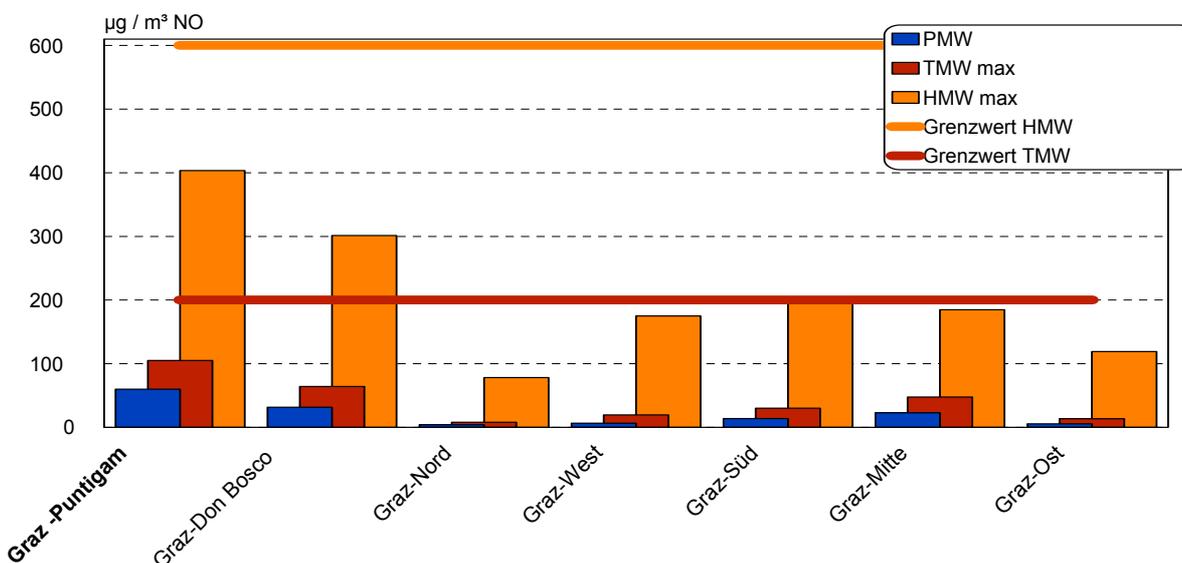
nung, was darauf hindeutet, dass nicht nur sehr hohe kurzfristige Konzentrationsspitzen auftreten (wie dies z.B. für die Station Graz-Süd kennzeichnend ist), sondern das Belastungsniveau gantztägig als hoch einzustufen ist.

Der mittlere Tagesgang der NO-Konzentrationen weist ein markantes Morgenmaximum zur Frühverkehrsspitze auf, das vor allem an den von Verkehrsemissionen beeinflussten Messstellen Don Bosco, Graz-Mitte, Graz-Süd und im speziellen am Messstandort in Puntigam auffallend ausgeprägt ist. Am Nachmittag tritt in Puntigam zusätzlich ein schwach ausgeprägtes sekundäres Maximum auf, so dass die durchschnittlichen Belastungen gantztägig deutlich höher sind als an den anderen Grazer Stationen.

Vergleich der mittleren Tagesgänge der NO-Konzentrationen während der Messperiode



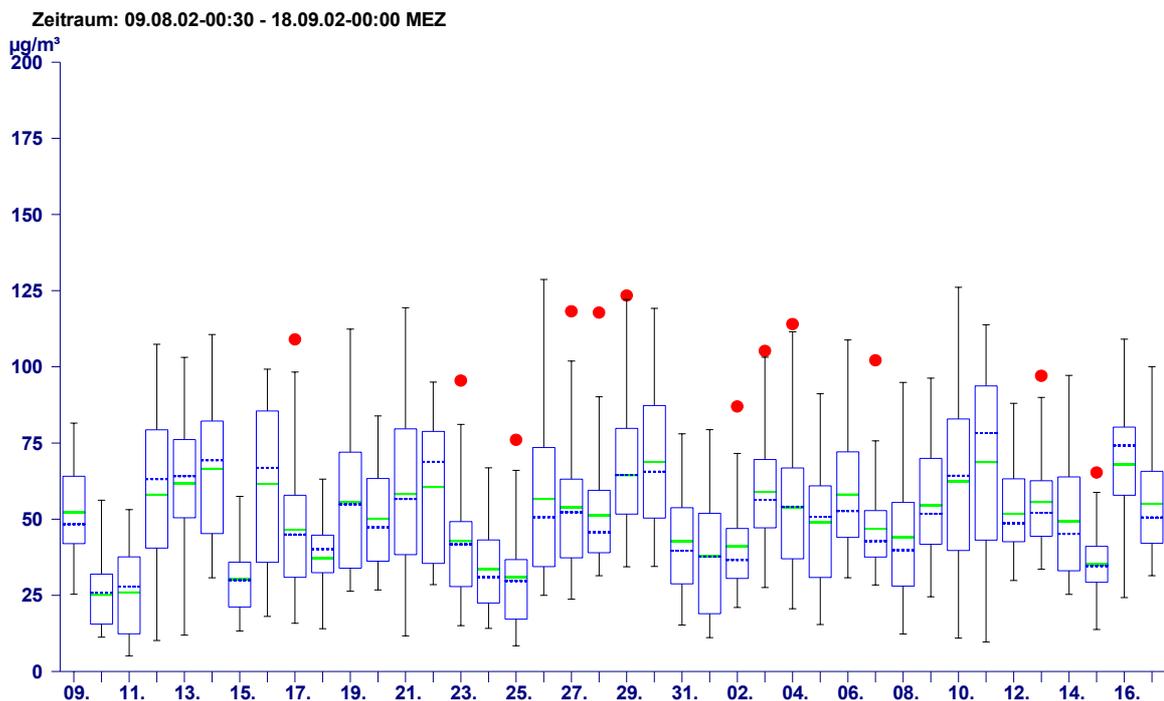
Vergleich der NO-Konzentrationen während der Messperiode



Grenzwerte nach der Steiermärkischen Immissionsgrenzwerteverordnung (LGBl. Nr. 5/1987)

4.2.4 Stickstoffdioxid (NO₂)

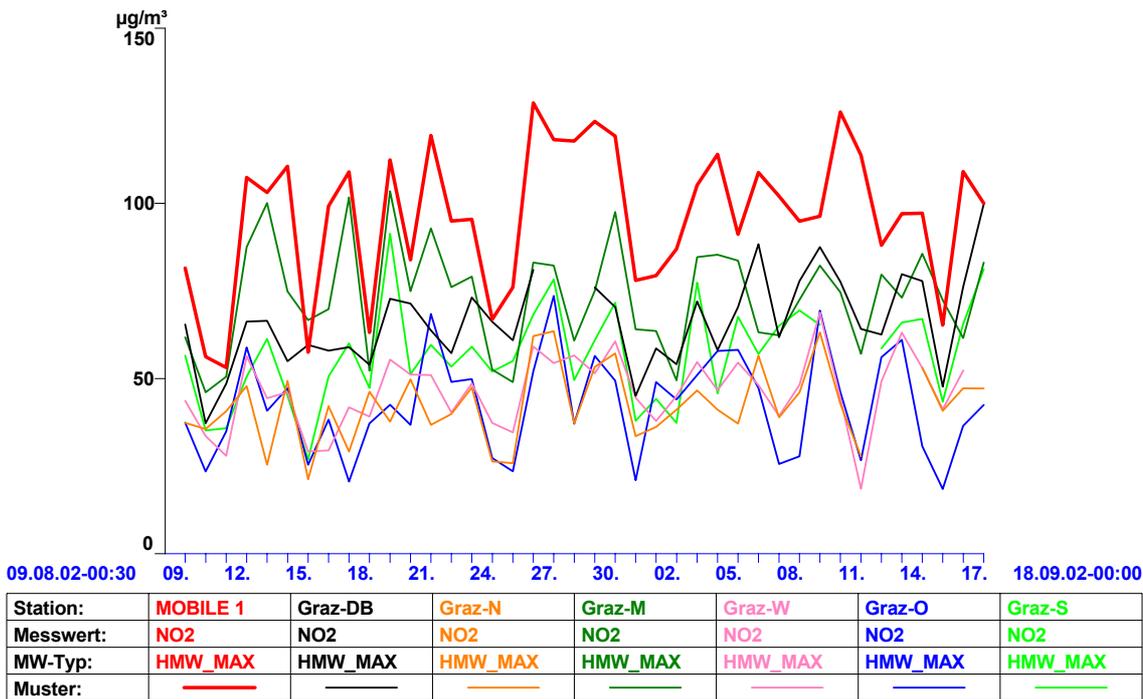
09.08.2002- 17.09.2002	Messergebnisse NO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte NO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenz- wertes
HMWmax	129	0,20 0,20	LGBl. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	65 % 65 %
Mtmax	96			
TMWmax	69	0,10	LGBl. Nr. 5/1987	69 %
PMW	51			



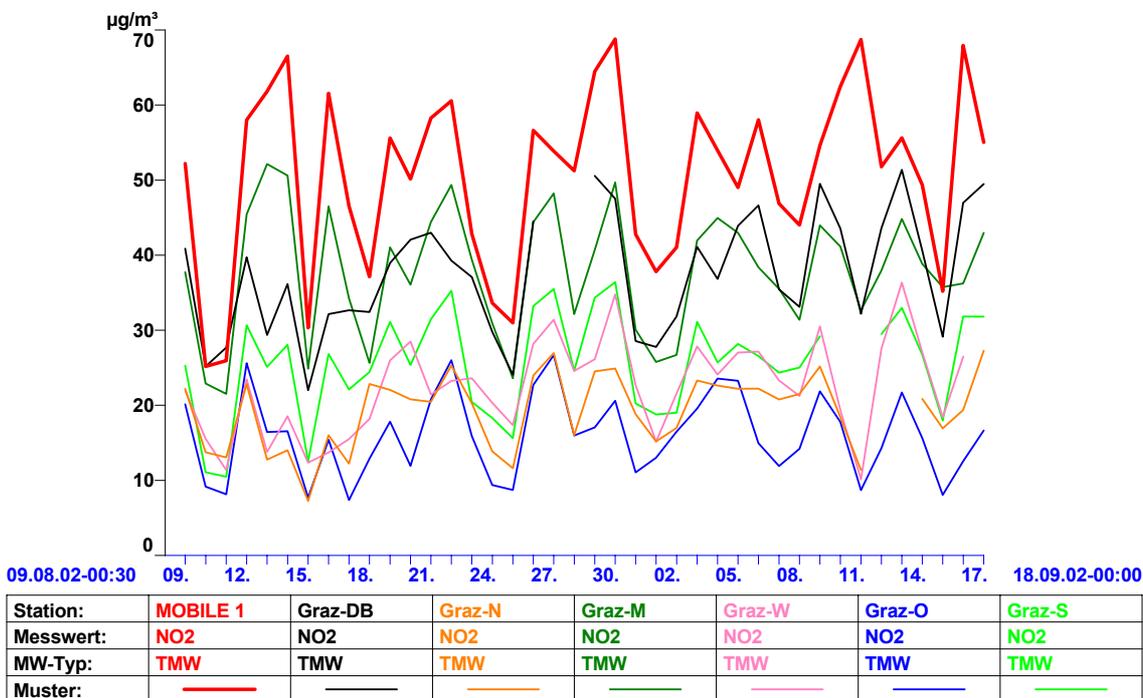
Die Emissionssituation wurde bereits beim Schadstoff Stickstoffmonoxid erläutert. Immissionsseitig stellt sich im Allgemeinen der Schadstoffgang beim Stickstoffdioxid ähnlich wie beim Stickstoffmonoxid dar.

Bei den NO₂-Konzentrationen wurde keine Verletzung gesetzlicher Grenzwerte registriert, wobei allerdings im Vergleich mit den anderen Grazer Messstationen ähnlich wie beim Stickstoffmonoxid aufgrund der hohen Verkehrsemissionen eine überdurchschnittliche Belastung sowohl hinsichtlich kurzfristiger Belastungsspitzen als auch der Tagesmittelwerte festgestellt wurde. Besonders auffällig ist dabei, dass die Konzentrationen auch über jenen der Station Don Bosco liegen, die in einem vergleichbar stark frequentierten Kreuzungsbereich situiert ist.

Vergleich der maximalen Halbstundenmittelwerte der NO₂-Konzentrationen während der Messperiode



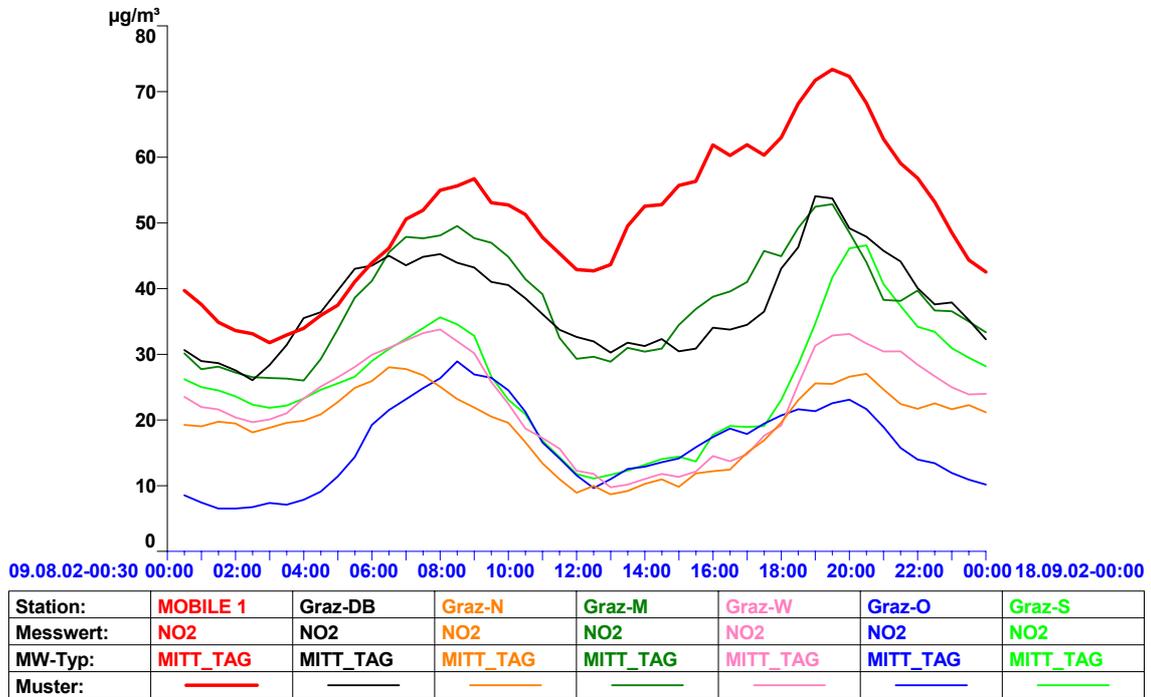
Vergleich der Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentrationen während der Messperiode



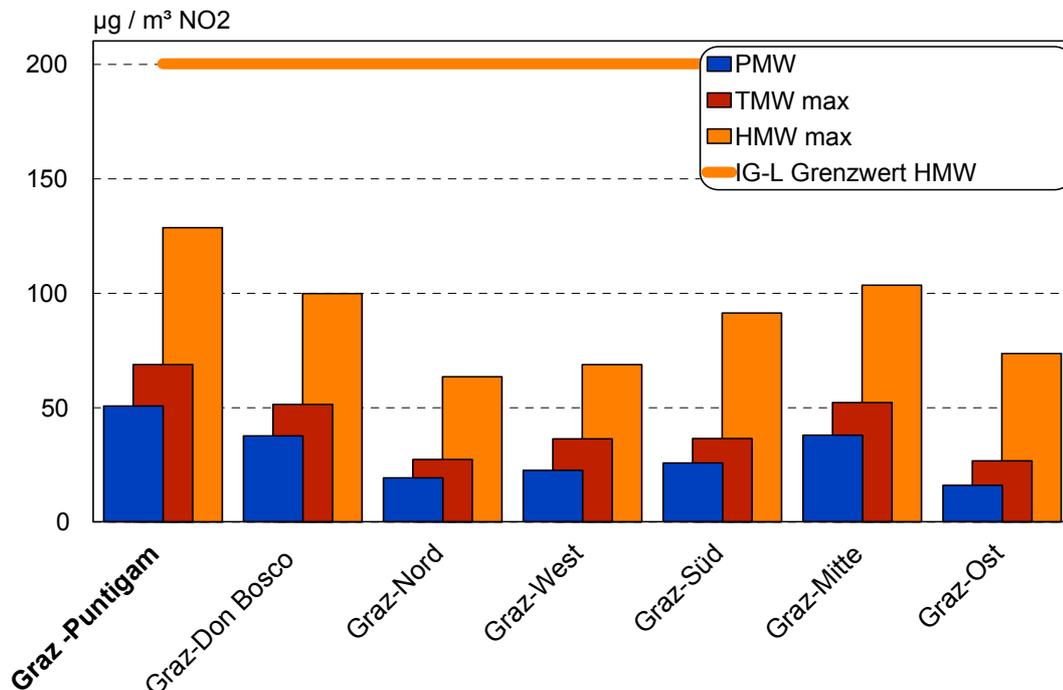
Der mittlere Tagesgang der NO₂-Konzentrationen weist ein erstes Maximum in den Morgen- und Vormittagsstunden und, bedingt durch die Bildungsmechanismen, in Puntigam ein zweites, wesentlich deutlicher ausgeprägtes Abendmaximum um ca. 19 - 20

Uhr auf, wodurch sich die speziell in der zweiten Tageshälfte deutlich überdurchschnittlichen Belastungen manifestieren.

Vergleich der mittleren Tagesgänge der NO₂-Konzentrationen während der Messperiode



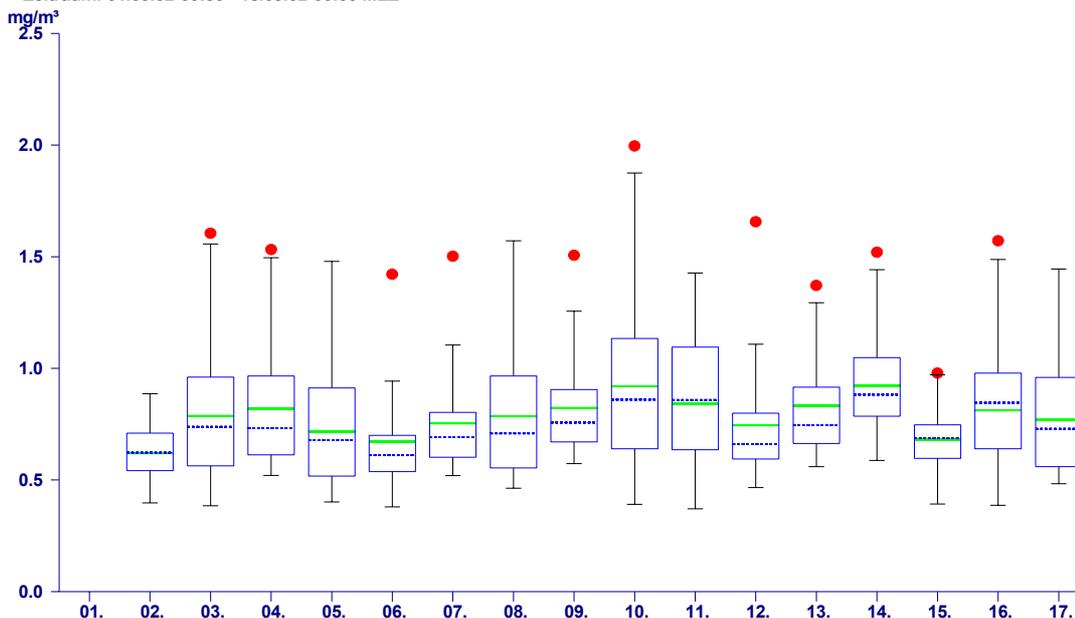
Vergleich der NO₂-Konzentrationen während der Messperiode



Grenzwert nach dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.2.5 Kohlenmonoxid (CO)

Zeitraum: 01.09.02-00:30 - 18.09.02-00:00 MEZ



02.09.2002 – 17.09.2002	Messergebnisse CO in mg/m ³	Grenzwerte CO in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	2,00	20	LGBl.Nr. 5/1987	10 %
Mtmax	1,54			
MW8max	1,51	10	BGBl. I Nr. 115/1997	15 %
TMWmax	0,92	7	LGBl.Nr. 5/1987	13 %
PMW	0,79			

Auch beim Kohlenmonoxid gilt der Kfz-Verkehr als Hauptverursacher, jedoch können lokal auch Industrieanlagen eine Rolle spielen. Die Höhe der Konzentrationen nimmt mit der Entfernung zu den Hauptverkehrsträgern bzw. Emittenten jedoch im Allgemeinen stärker ab als bei den Stickstoffoxiden.

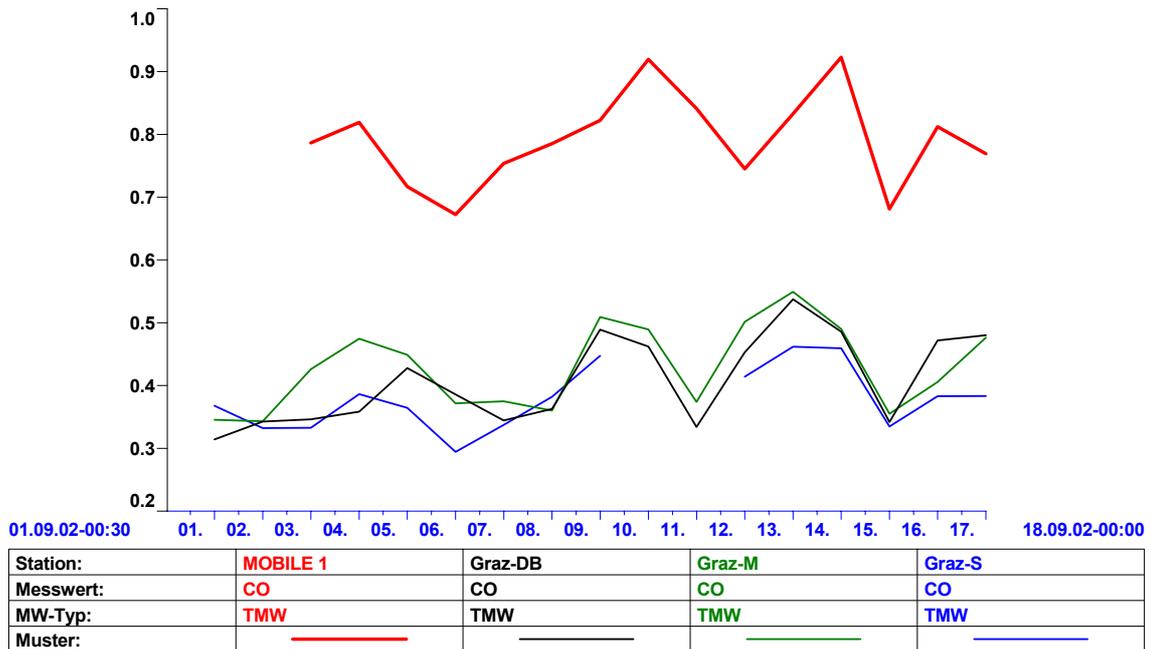
Aufgrund eines technischen Defekts des Messgerätes stehen lediglich Messdaten vom 2. bis 18. 9. 2002 zur Verfügung.

Die registrierten Konzentrationen blieben während der Messungen deutlich unter den gesetzlichen Immissionsgrenzwerten sowohl der Steiermärkischen Landesverordnung (LGBl. Nr. 5/1987) als auch des Immissionsschutzgesetzes-Luft (BGBl. I Nr. 115/1997).

Die Kohlenmonoxidkonzentrationen werden in der Steiermark nur an einigen neuralgischen Punkten sowie an den beiden mobilen Messstationen erhoben.

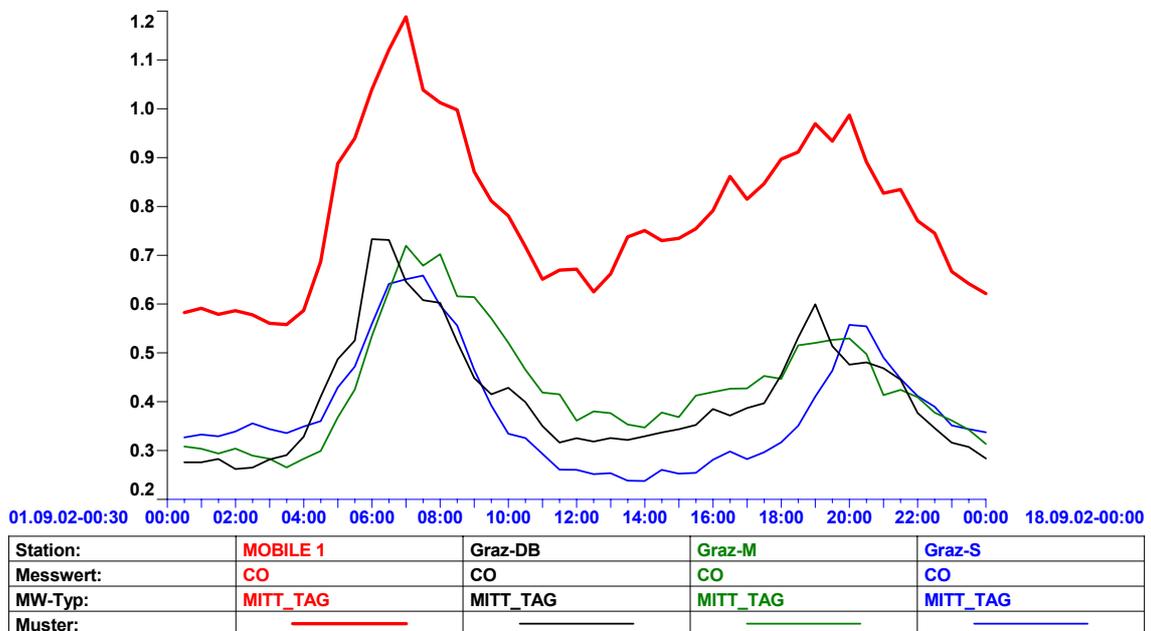
Wie bei den Stickstoffoxiden weisen die Ergebnisse der Immissionsmessungen für Kohlenmonoxid im Vergleich zu den Fixmessstellen in Graz sowohl hinsichtlich der kurzfristigen Spitzenkonzentrationen als auch der Grundbelastung markant höhere Belastungen auf.

Vergleich der Tagesmittelwerte der CO-Konzentrationen während der Messperiode

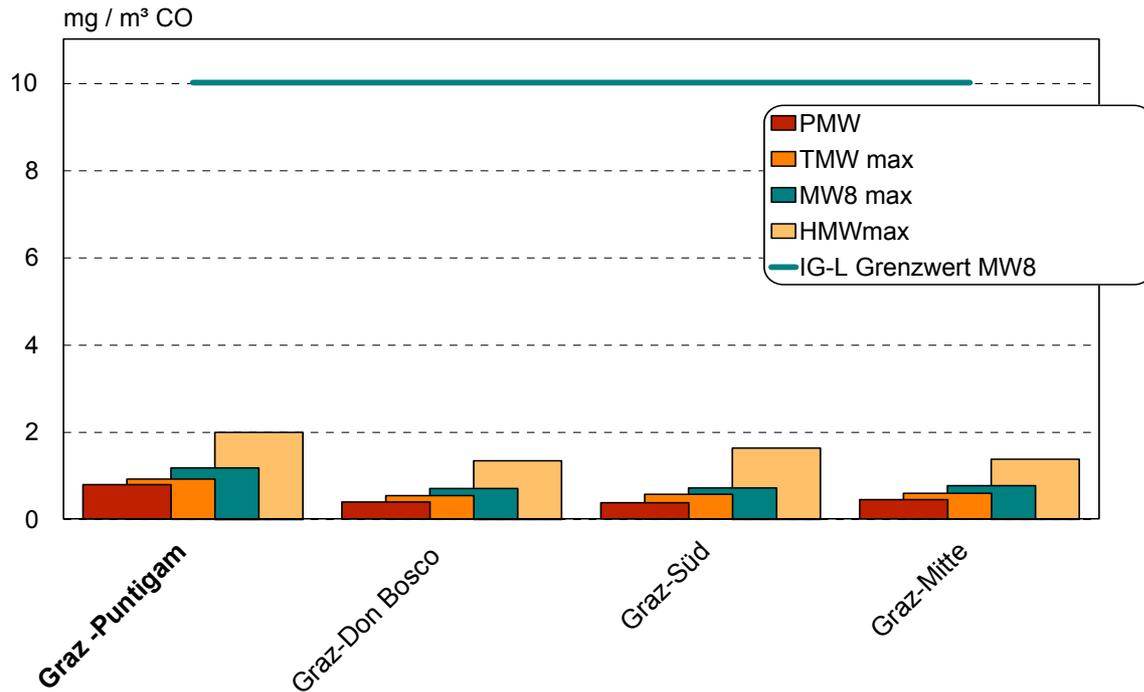


Der mittlere Tagesgang der CO-Konzentrationen mit seinem ausgeprägten Morgenmaximum und dem Sekundärmaximum in den frühen Abendstunden bestätigt auch im Vergleich zu den stark verkehrsbeeinflussten Messstellen Don Bosco und Graz Mitte eine ganztäglich überdurchschnittliche Belastung.

Vergleich der mittleren Tagesgänge der CO-Konzentrationen während der Messperiode

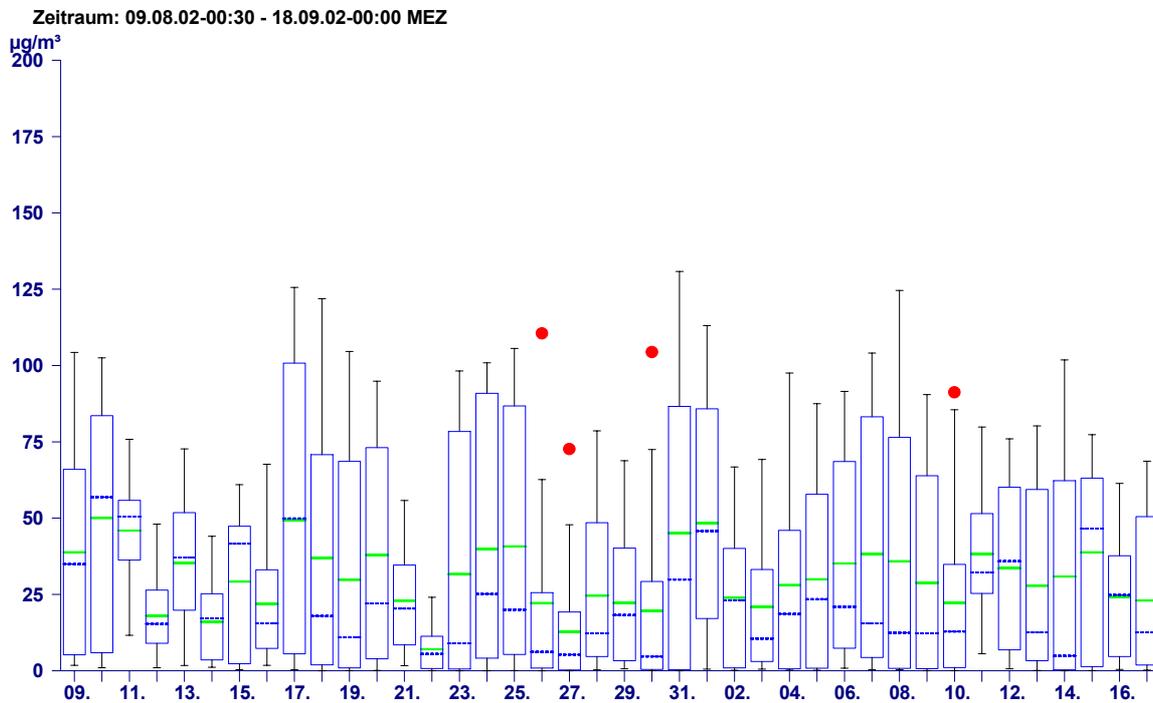


Vergleich der CO-Konzentrationen während der Messperiode



Grenzwerte nach dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.2.6 Ozon (O₃)

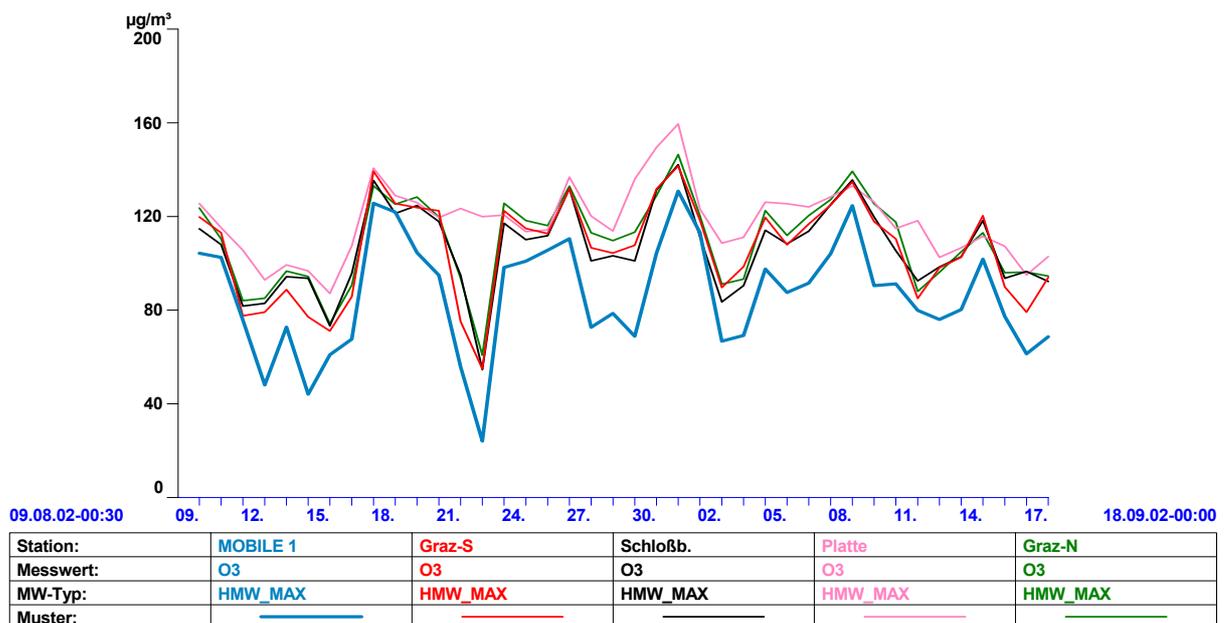


09.08.2002 – 17.09.2002	Messergebnisse O ₃ in µg/m ³	Grenzwerte O ₃ in µg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	131	0,120	ÖAW-Vorsorgewert	109 %
Mtmax	86			
MW8max	107	0,110	BGBI. I Nr. 115/1997	97 %
TMWmax	50			
PMW	31			

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 Vorläufersubstanzen wie den Stickstoffoxiden und den Kohlenwasserstoffen zu, auf deren Emittenten bereits hingewiesen wurde. Für das Vorkommen von Ozon in der Außenluft sind daher die luftchemischen Umwandlungsbedingungen entscheidend.

Eine weitere Eigenheit der Ozonimmissionen liegt darin, dass die Konzentrationsgrößen über große Gebiete relativ homogen in den Spitzenbelastungen nachweisbar sind. Das gesamte österreichische Bundesgebiet wurde daher im Ozongesetz (1992) in 8 Ozon-Überwachungsgebiete mit annähernd einheitlicher Ozonbelastung eingeteilt. Graz liegt im Ozon-Überwachungsgebiet 2 "Süd- und Oststeiermark und südliches Burgenland".

Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass sich die täglichen Ozonspitzenkonzentrationen am Standort in Graz - Puntigam im Allgemeinen etwas unter den Größenordnungen wie sie an den übrigen Grazer Stationen gemessen werden, bewegen. Dies ist an einem verkehrsnahen Messstandort aber auch zu erwarten, da es zu einem verstärkten Abbau des Ozons durch das hohe Angebot an Vorläufersubstanzen kommt. Verstärkte Ozonproduktion und daher auch erhöhte Konzentrationen treten erst mit einigem Abstand zu den Emissionsquellen auf.



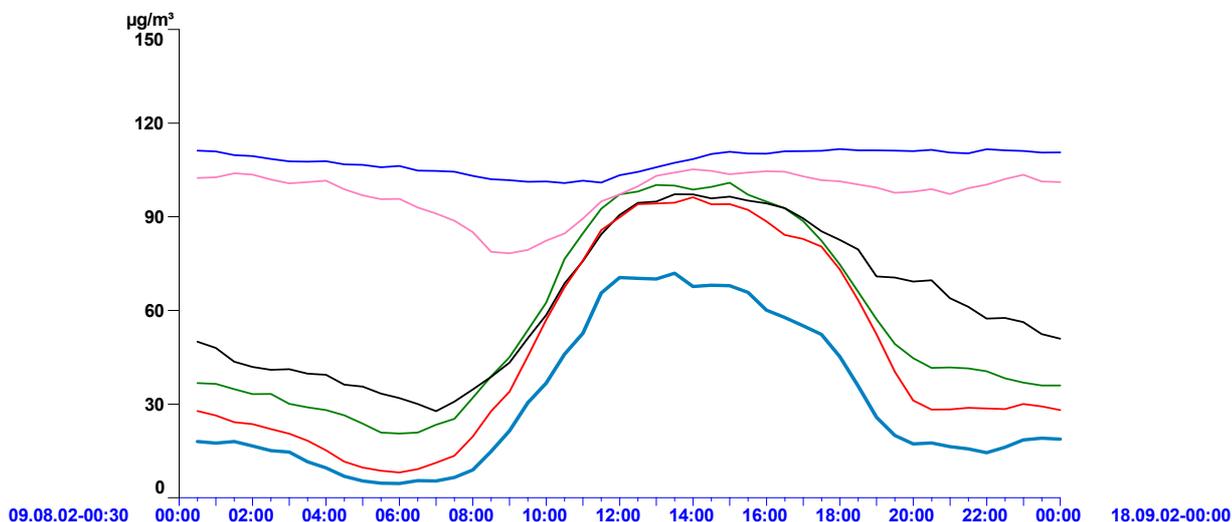
Der Ozontagesgang ist ebenfalls stark von der Höhenlage sowie von der Nähe zu Ballungszentren abhängig. Siedlungsnahе Talregionen mit höherer Grundbelastung an Ozonvorläufersubstanzen sind durch ein Belastungsminimum in den frühen Morgenstunden gekennzeichnet. In den Vormittagsstunden erfolgt ein rasches Ansteigen der Konzentrationen, die dann am Nachmittag konstant hoch bleiben. Ein Rückgang setzt erst mit Sonnenuntergang ein. Mit zunehmender Seehöhe verschwindet die Phase der nächtlichen Ozonabsenkung und die Ozonkonzentrationen bleiben gleichmäßig hoch. Diese Unterschiede sind auf luftchemische Bedingungen zurückzuführen:

In den Siedlungsgebieten reagiert nach Sonnenuntergang das Stickstoffmonoxid mit dem Ozon zu Stickstoffdioxid ($\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$). In den Vormittagsstunden laufen dagegen bei entsprechender UV-Strahlung durch das Sonnenlicht folgende Prozesse ab: Stickstoffmonoxid (NO) bildet mit dem Luftsauerstoff (O_2) Stickstoffdioxid (NO_2), dabei bleibt ein Sauerstoffradikal (O^*) übrig. Dieses bindet sich in der Folge mit dem Luftsauerstoff (O_2) zu Ozon (O_3).



Die folgende Abbildung dokumentiert dies sehr gut anhand eines Vergleichs des mittleren Tagesganges der mobilen Station am Standort in Graz - Puntigam mit den Stationen Graz Süd, Graz Nord, am Schlossberg und auf der Platte sowie der Höhenstation Rennfeld.

Die Grazer Messstellen weisen allgemein einen für Tallagen typischen ausgeprägten Tagesgang der Ozonkonzentrationen mit einem Konzentrationsminimum am Morgen und einem Maximum am Nachmittag auf, wobei die nächtliche Absenkung an der höher gelegenen Messstelle Platte schon deutlich geringer ausfällt und am Rennfeld (1620m Seehöhe) gänzlich verschwindet.

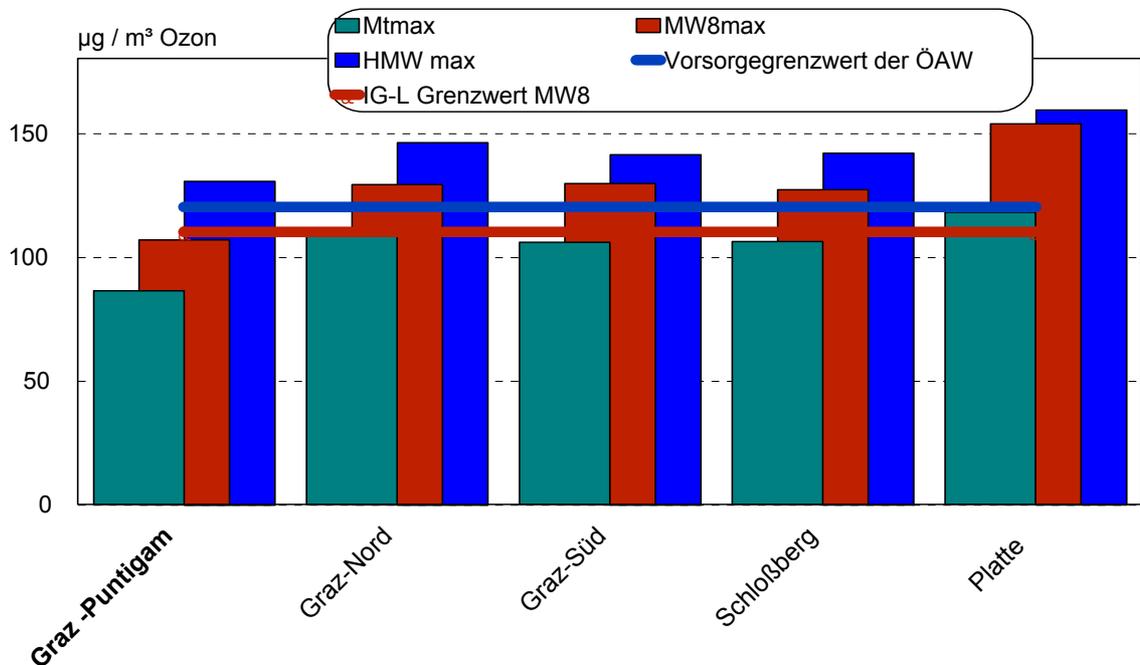


Station:	MOBILE 1	Graz-S	Schloßb.	Platte	Graz-N	Rennfeld
Seehöhe:	0	345	450	661	348	1620
Messwert:	O3	O3	O3	O3	O3	O3
MW-Typ:	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG
Muster:						

Der Verlauf der Ozonkonzentrationen zeigt die zu erwartende Übereinstimmung mit den Witterungsverhältnissen. Bei strahlungsintensiven Hochdrucklagen wurden höhere Werte registriert als bei wolkenreichem Tiefdruckwetter.

Der maximale Achtstundenmittelgrenzwert nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. I Nr. 115/1997) wurde während der Messungen im Gegensatz zu allen anderen Grazer Messstellen nicht erreicht, der empfohlene Vorsorgegrenzwert der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für den maximalen Halbstundenmittelwert wurde jedoch an 4 Tagen überschritten.

Vergleich der Ozonkonzentrationen während der Messperiode



4.3. Luftbelastungsindex

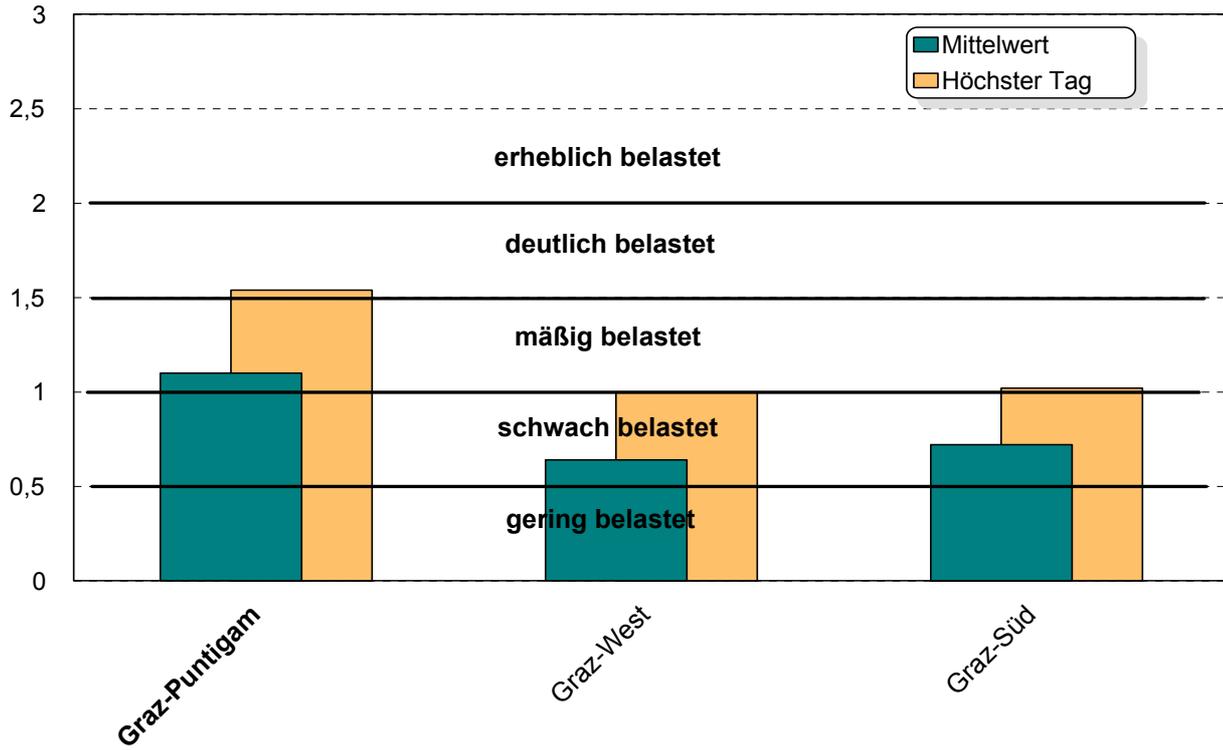
Eine relativ einfache Bewertungs- und Vergleichsmöglichkeit der Luftbelastung verschiedener Messstationen wird durch den Luftbelastungsindex ermöglicht.

Angelehnt an die von J. Baumüller (VDI-Kommission Luftreinhaltung 1988, S. 223 ff) vorgeschlagene Berechnungsmethode wurden 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 den genannten Messzeitraum bewertet und verglichen werden.

In nachfolgender Abbildung wird der Luftbelastungsindex für den Messstandort und weitere Grazer Standorte im Zeitraum der Messungen dargestellt.

Demnach wiesen die lufthygienischen Verhältnisse in Graz - Puntigam auf Grund der Lage des Messstandortes im unmittelbaren Kreuzungsbereich zweier stark befahrener Straßen im Vergleich mit den Messstellen Graz - Süd und Graz - West sowohl hinsichtlich des höchstbelasteten Tages als auch bezüglich der Grundbelastung während der Messperiode überdurchschnittliche Werte auf.

Luftbelastungsindex während der Messperiode



5. 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.

Landesgesetzblatt für die Steiermark, 1987 :

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

Lazar, R. 1989 :

Lokalwindssysteme und zugehörige Temperaturschichtung und ihre Bedeutung für die Ausbreitung von Luftschadstoffen im Südosten von Graz (Köglerweg). Graz 5S.

Lazar, R. et al. 1994 :

Stadtklimaanalyse Graz.
Magistrat Graz, Stadtplanungsamt.
Graz 163S.

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

Wakonigg, H., 1978:

Witterung und Klima in der Steiermark..
- Arb. Inst. Geogr. Univ. Graz 23: 478S.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2002:

Monatsübersicht der Witterung in Österreich,
August, September, 2002. Wien.

6. Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen

6.1. 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 und in der Kurorterichtlinie 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
NIED	Niederschlag
MW3	Dreistundenmittelwert
TAGSUM	Tagessumme

6.2. Diagramme

Die Diagramme dienen dazu, einen möglichst raschen Überblick über ein bestimmtes Datenkollektiv zu erhalten. Da pro Messtag rund 900 Halbstundenmittelwerte aufge-

zeichnet 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 waagrecchten 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.