



Luftgütemessungen Graz - Liebenau

23. September 2000 bis 6. November 2000

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.: 0316 / 81 45 51

Projektleitung

Mag. Andreas Schopper

Messtechnik

(mobile Messstation)

Gerhard Schrempf

Herausgeber

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

© Juli 2002

Dieser Bericht ist im Internet unter folgender Adresse verfügbar:

http://www.stmk.gv.at/LUIS/UMWELTSCHUTZ/LUFTREINHALTUNG/MOBILE_MESSUNGEN/Graz-Liebenau/Graz-Liebenau.htm

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)	9
2.3. "Luftqualitätskriterien Ozon" der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.....	9
3. Die immissionsklimatische Situation in Graz Liebenau	10
3.1. Allgemeine klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet.....	10
3.2. Der Witterungsablauf während der mobilen Messungen	10
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.....	14
4.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)	16
4.2.4 Stickstoffdioxid (NO ₂)	20
4.2.5 Kohlenmonoxid (CO).....	21
4.2.6 Ozon (O ₃)	23
4.3. Luftbelastungsindex.....	26
5. Literatur	27
6. Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen	28
6.1. Tabellen.....	28
6.2. Diagramme	29

Zusammenfassung

Die **Luftgüteuntersuchungen Graz - Liebenau** wurden auf Ansuchen der Stadt Graz aufgrund von Beschwerden der Anrainer des Stadions Liebenau bezüglich erhöhter Schadstoffbelastungen im Zuge von Großveranstaltungen im Stadion Liebenau durchgeführt. Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation im Zeitraum vom 23. 09. bis 06.11.2000.

Der Messstandort wurde im Bereich der Conrad von Ulrich Liechtenstein - Gasse nördlich des Haupteingangsbereiches des Stadions ausgewählt, um die vorherrschenden lufthygienischen Bedingungen zu erheben und beurteilen zu können.

Bezüglich der einzelnen Schadstoffe wurden während der Messperioden keine Überschreitungen gesetzlicher Grenzwerte registriert.

Hinsichtlich der Primärschadstoffe **Schwefeldioxid**, **Schwebstaub** und **Kohlenmonoxid** wurde sowohl für die Grundbelastung (längerfristige Mittelwerte) als auch die Spitzenkonzentrationen ein im innerstädtischen Vergleich durchschnittliches Konzentrationsniveau festgestellt

Bei den vornehmlich verkehrsrelevanten Luftschadstoffen **Stickstoffmonoxid** und **Stickstoffdioxid** wurden aufgrund der Lage des Messstandortes an einer stark befahrenen Hauptverkehrsstraße im Vergleich mit anderen Grazer Stationen überdurchschnittliche Belastungen registriert.

Die **Ozon**werte blieben in einem der Jahreszeit und der Lage des Standortes entsprechenden Konzentrationsbereich. Sowohl der im Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. I Nr. 115/1997) festgelegte maximale Achtstundenmittelwert als auch der von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften empfohlene Vorsorgegrenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert wurden nicht überschritten.

Die Beurteilung der Messergebnisse hinsichtlich zusätzlicher Schadstoffbelastungen im Zuge von Veranstaltungen im Stadion Liebenau erbrachte für den Regelfall keine nachvollziehbaren Auswirkungen. Bei lufthygienisch ungünstigen Witterungsverhältnissen (windschwache Hochdrucklagen) und besonders großem Besucherandrang konnten jedoch bei den verkehrsrelevanten Schadstoffen Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Kohlenmonoxid kurzfristig höhere Konzentrationen nachgewiesen werden.

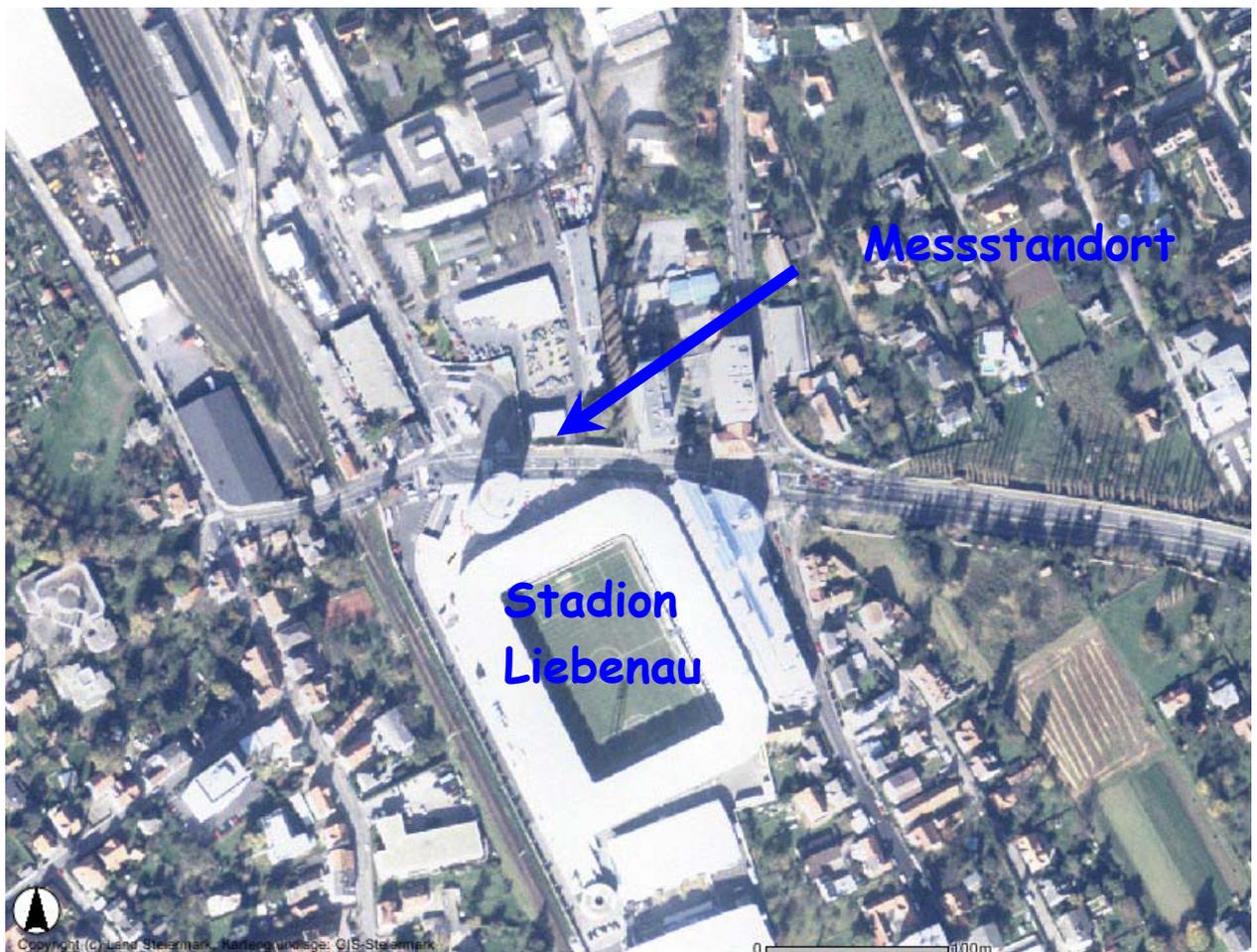
1. Einleitung

Die Luftgütemessungen Graz - Liebenau wurden auf Ansuchen der Stadt Graz von der ehemaligen Fachabteilung 1a, nunmehr Fachabteilung 17C, Referat Luftgüteüberwachung, durchgeführt. Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation im Zeitraum vom 23. 09. bis 06.11.2000.

Den Anlass für die Messungen stellten Beschwerden der Anrainer des Bundesstadion Liebenau bezüglich erhöhter Schadstoffbelastungen im Zuge von Großveranstaltungen im Stadion dar.

Für den mobilen Messcontainer wurde ein Standort im Bereich der Ulrich Liechtenstein-Gasse östlich der Wendestelle der Straßenbahnlinie 4 und nördlich des Haupteingangsbereiches des Stadions ausgewählt, um die vorherrschenden lufthygienischen Bedingungen zu erheben und beurteilen zu können.

Der mobile Messstandort in Liebenau



Der Messstandort vom Stadiondach aus gesehen.



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 Liebenau 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)

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

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

MW8 = Achtstundenmittelwert

JMW = Jahresmittelwert

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

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 Liebenau

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 - Liebenau 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 am Messstandort 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 von murtalaufwärts gerichteten Winden 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 durch nördliche Richtungen beherrscht. Diese Talauströmung hebt allerdings über dem Stadtzentrum von Graz meist ab und ist am Standort Liebenau daher in Bodennähe selten spürbar. An seine Stelle treten stadteinwärts gerichtete 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

Während der ersten Woche der Messungen herrschte ab 23. September unter Hochdruckeinfluss meist sonniges frühherbstliches Schönwetter mit Tageshöchstwerten bis über 20°C.

Am 30. September erreichte eine Störung aus Südwest Österreich und verursachte südlich des Alpenhauptkammes ergiebige Niederschläge.

In der Folge blieb der zyklonale Witterungscharakter während der ersten beiden Oktoberdekaden erhalten. Wiederholt überquerten, von meist nur kurzer Zwischenbesserung unterbrochen, Störungsausläufer und Tiefdruckzellen den Alpenraum. Dabei erwiesen sich vor allem die Durchgänge von Tiefdruckgebieten um den 10. und den 19. Oktober

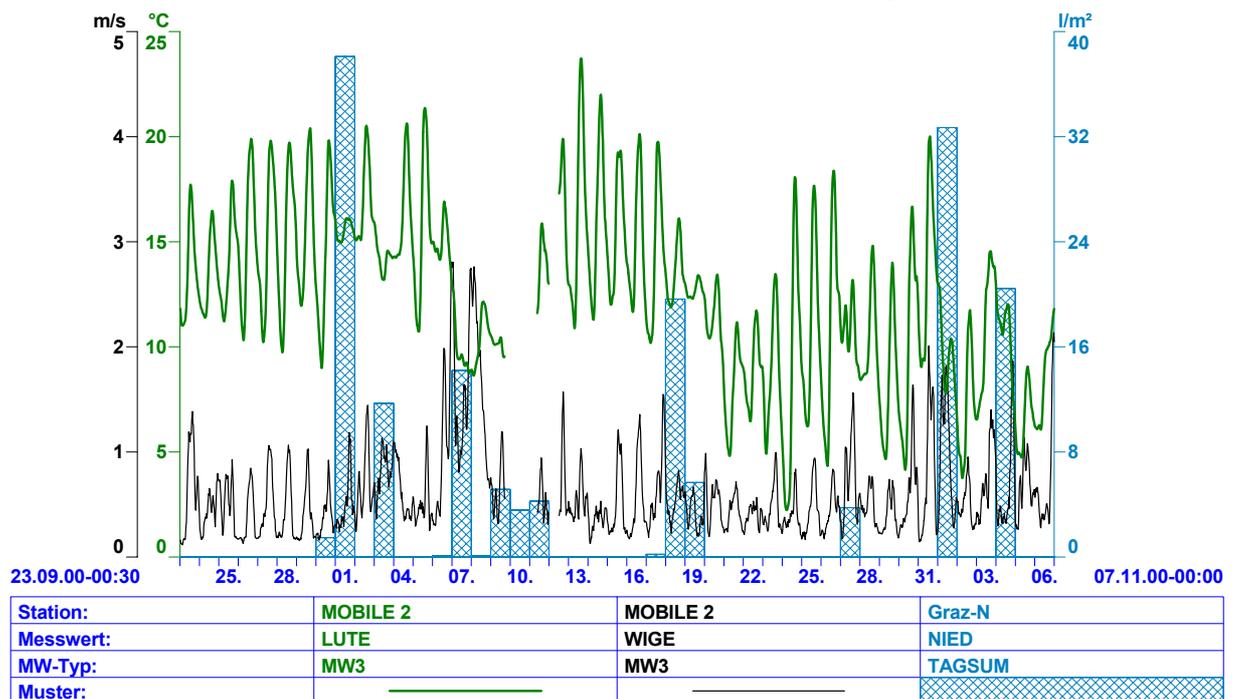
als besonders wetterwirksam und verursachten bei teils lebhaftem Wind und stark gedämpften Temperaturen verbreitet ergiebige Niederschläge.

Mit Beginn der letzten Oktoberdekade ließ der Störungseinfluss allmählich nach und ein Hoch mit Zentrum über Osteuropa wurde wetterbestimmend. Die lokalen Hochnebeldecken, die südlich des Alpenhauptkammes zunächst noch sehr beständig waren, lösten sich zusehends auf, sodass sich ruhiges herbstliches Schönwetter mit Tageshöchstwerten bis über 18°C einstellen konnte.

Nach dem raschen Durchzug einer Kaltfront am 27.10. verstärkte sich wiederum Hochdruckeinfluss mit Zufuhr milder Luft aus Südwest, der bis zum Monatsende bestimmend blieb.

Zum Monatswechsel leitete der Durchzug einer Kaltfront, die neben einem markanten Temperaturrückgang auch intensive Niederschläge bewirkte, erneut eine längere, bis über das Ende der Messperiode hinaus andauernde zyklonale Witterungsphase ein. Ausgehend von einem nahezu ortsfesten mächtigen Tiefdruckgebiet bei den Britischen Inseln gelangte mit südwestlicher Strömung feuchtmilde Mittelmeerluft nach Österreich, die vor allem im Süden immer wieder für teils ergiebige Niederschläge sorgte.

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



Die Erklärung der Abkürzungen findet sich im Anhang

Der Witterungsverlauf während der Messungen in Graz - Liebenau erwies sich für diese Jahreszeit als deutlich 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. Dennoch traten speziell zu Messbeginn und in der zweiten Oktoberhälfte auch ausreichend Hochdrucklagen auf, die eine Beurteilung der lufthygienischen Situation bei austauschärmerer autochthoner Witterung ermöglichen.

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.

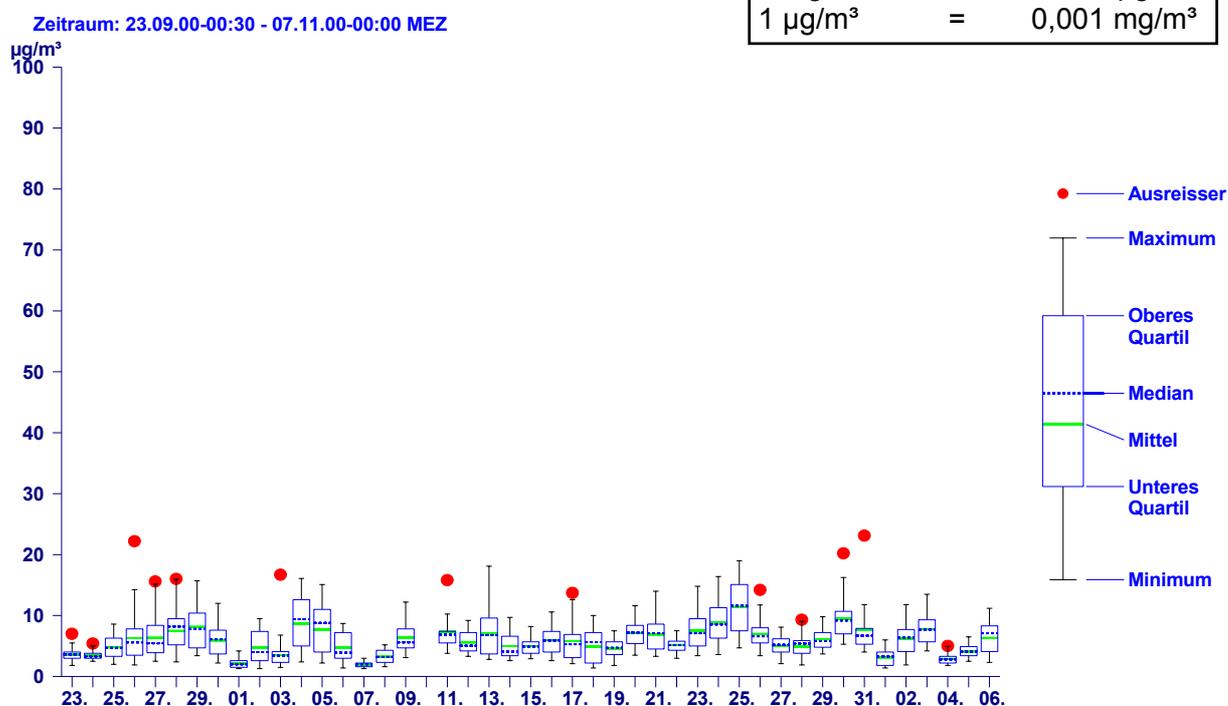
Die Kalibrierung der Messwerte wird gemäß ÖNORM M5889 durchgeführt. Die in Verwendung befindlichen Transferstandards werden regelmäßig an internationalen Standards, bereitgestellt durch das Umweltbundesamt Wien, abgeglichen.

4.2. Messergebnisse und Schadstoffverläufe

4.2.1 Schwefeldioxid (SO₂)

23.09.2000 - 06.11.2000	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	11	0,05 0,12	LGBI. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	22 % 9 %
PMW	6			

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



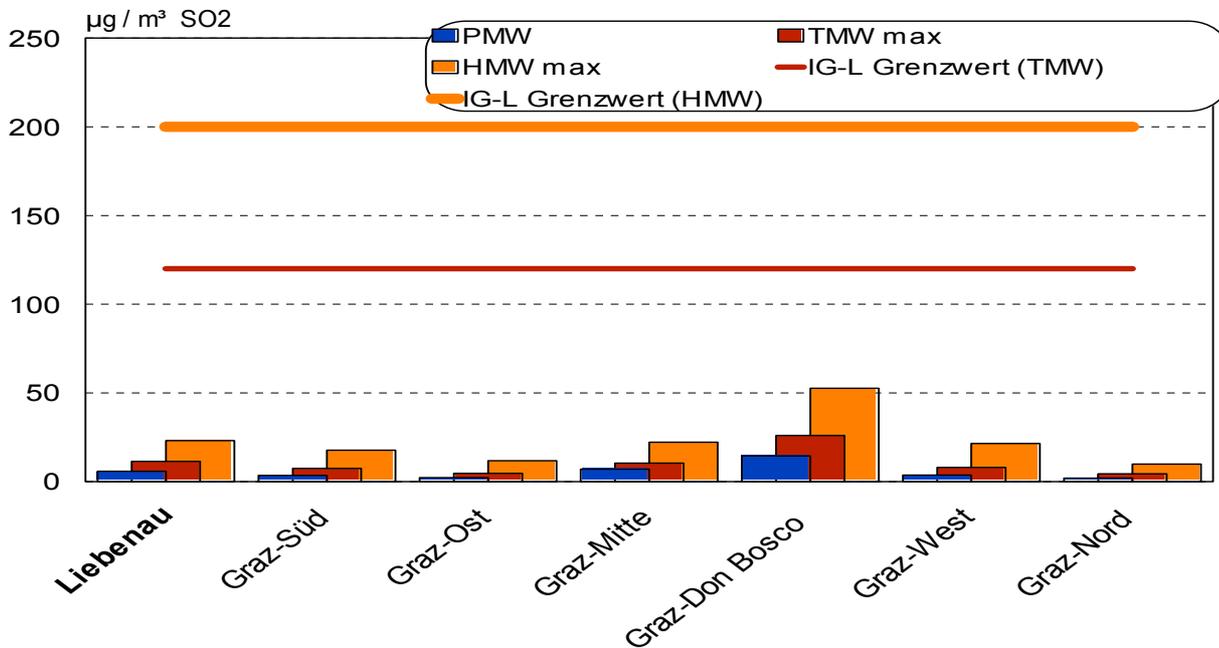
SO₂ wird vorwiegend bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen in den Haushalten und in den Betrieben bei der Aufbereitung von Prozesswärme freigesetzt, Emissionen aus dem Straßenverkehr spielen dabei eine untergeordnete Rolle. Die Emissionen sind daher in der kalten Jahreszeit ungleich höher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

Der Verlauf der Immissionskonzentrationen zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem Witterungsgeschehen. Während windschwacher und austauschärmerer Wetterlagen lagen die Konzentrationen etwas über den Werten, die bei lufthygienisch günstigeren Witterungsbedingungen (Tiefdrucktätigkeit in der ersten Oktoberhälfte) registriert wurden.

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

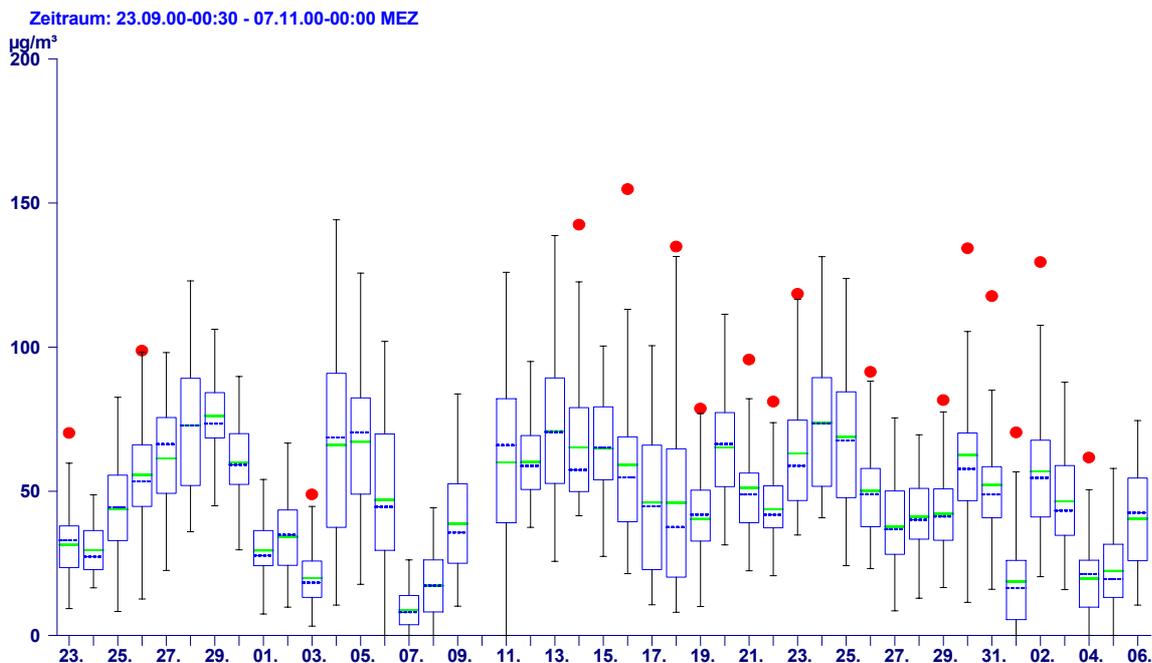
Im Vergleich mit anderen Messstationen in Graz zeigte sich beim Luftschadstoff Schwefeldioxid am Messstandort in Liebenau eine durchschnittliche bis leicht überdurchschnittliche Belastungssituation.

Vergleich der SO₂-Konzentrationen während der Messperiode



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

4.2.2 Schwebstaub



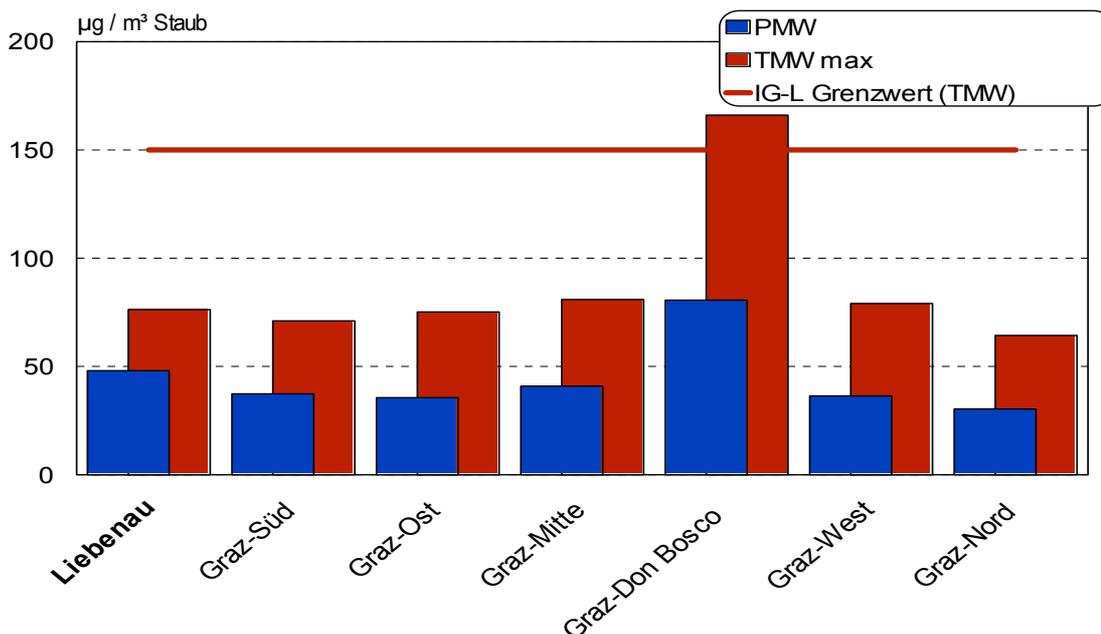
23.09.2000 - 06.11.2000	Messergebnisse Staub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte Staub in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	155			
Mtmax	95			
TMWmax	76	0,12 0,15	LGBl. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	63 % 51 %
PMW	48			

Als Verursacher der Staubemissionen gelten einerseits die Haushalte durch die Verbrennung von festen Brennstoffen, andererseits Gewerbe- und Industriebetriebe, aus deren Produktionsabläufen Staub in die Außenluft gelangt. An verkehrsnahen Messstellen ist auch der Anteil von Dieselruß gerade bei den feinen Staubteilchen nicht unbedeutend. Dementsprechend sind auch beim Schwebstaub im Winter ähnlich wie beim SO_2 höhere Konzentrationen zu erwarten. Die Luftgütemesspraxis zeigt aber, dass auch den diffusen Quellen eine ganz wesentliche Bedeutung zukommt. Als diffuse Quellen sind beispielsweise der Straßenstaub (Streusplitt und Streusalz), Blütenstaub, das Abheizen von Gartenabfällen und das Abbrennen von Böschungen zu nennen.

Der Verlauf der Staubkonzentrationen spiegelt ebenfalls die Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen wider. Bei feuchter Witterung, wie etwa bei den Niederschlagsereignissen Anfang Oktober sinken im Vergleich zu den Verhältnissen bei trockenem Wetter die Konzentrationen rasch und deutlich ab.

Am Messstandort in Liebenau wurden keine Überschreitungen von Grenzwerten festgestellt. Im Vergleich mit anderen Grazer Messstellen lagen die Schwebstaubkonzentrationen in Liebenau auf einem durchschnittlichen Niveau.

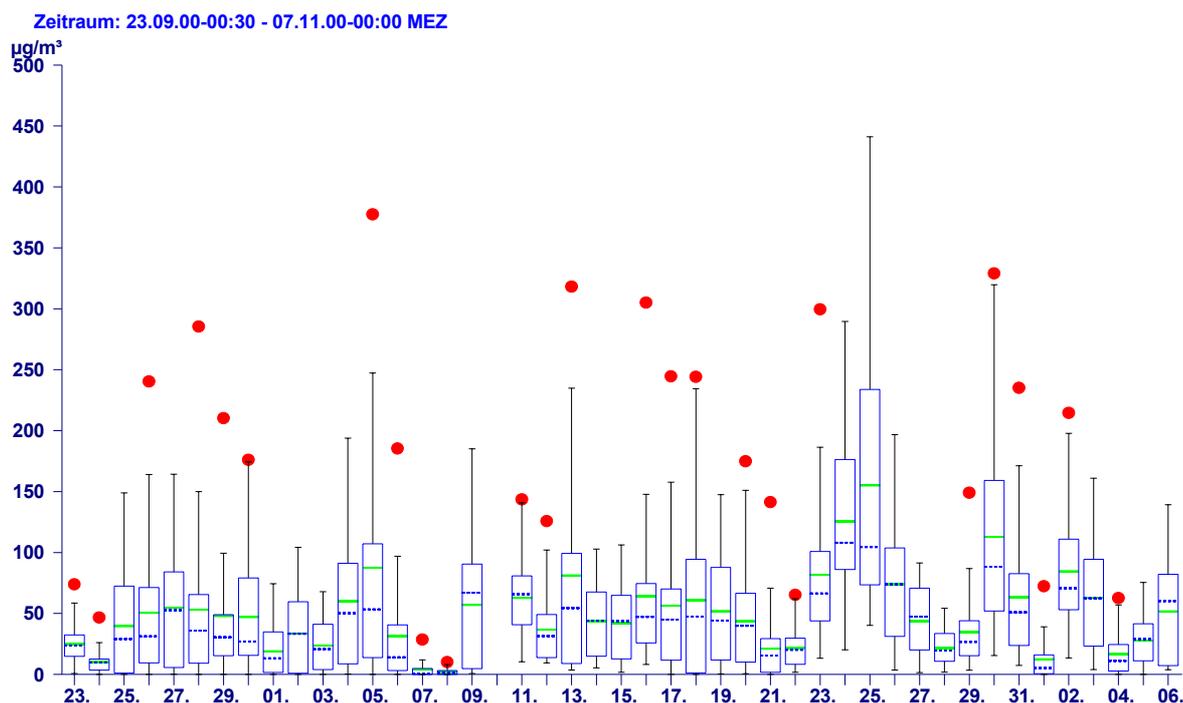
Vergleich der Staubkonzentrationen während der Messperiode



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

4.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)

23.09.2000 - 06.11.2000	Messergebnisse NO in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte NO in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	441	0,60	LGBI. Nr. 5/1987	74 %
Mtmax	172			
TMWmax	155	0,20	LGBI. Nr. 5/1987	77 %
PMW	50			



Als Hauptverursacher der Stickstoffoxidemissionen (NO_x) gelten der Kfz-Verkehr sowie Gewerbe- und Industriebetriebe. Dabei macht 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.

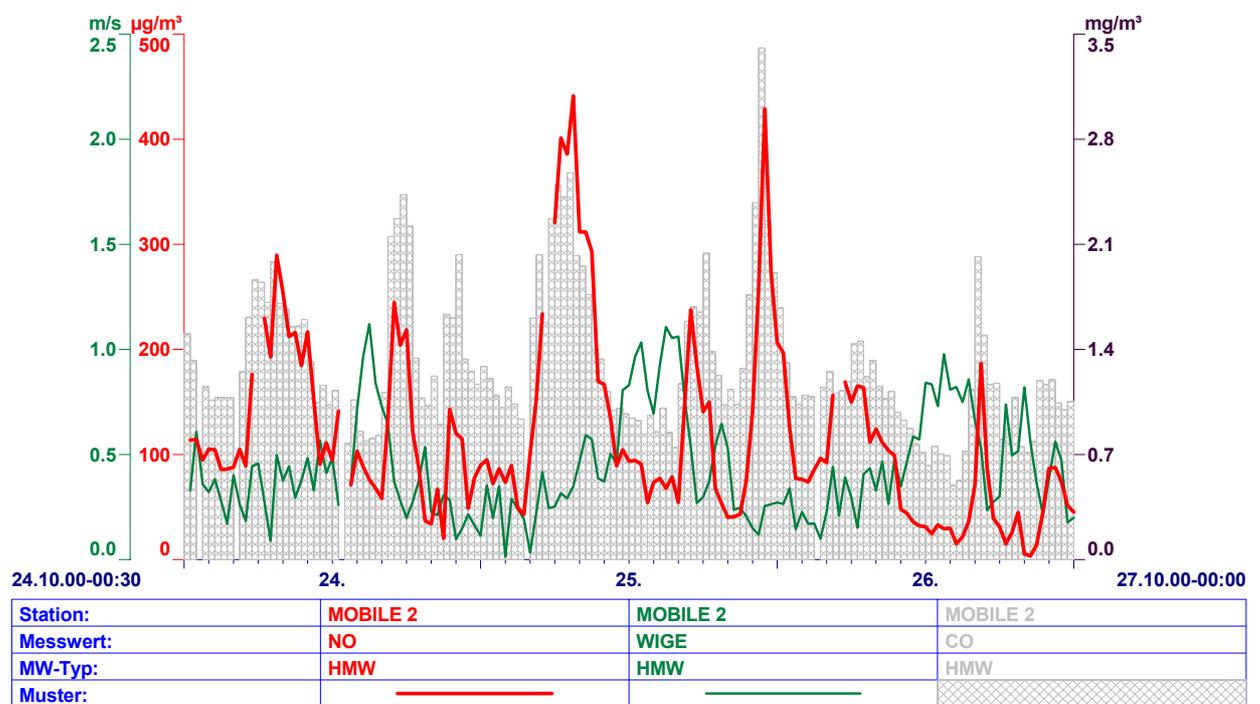
Eine Analyse der Konzentrationsverläufe in Hinblick auf die Immissionsverhältnisse bei Veranstaltungen im Stadion Liebenau ergab in den meisten Fällen keine auffälligen Konzentrationsanstiege durch die an- bzw. abfahrenden Besucher, was zum einen auf einen nicht übermäßigen Anstieg des Verkehrsaufkommens, zum anderen aber auch auf die im Messzeitraum zumeist günstigen lufthygienischen Bedingungen (zyklonal beeinflusste Witterung mit ausreichender Durchlüftung) zurückzuführen ist.

Bei lufthygienisch ungünstigen Verhältnissen und entsprechend großem Besucherandrang, lässt sich jedoch eine Beeinträchtigung der Luftqualität durch erhöhte Verkehrsemissionen nachweisen.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der verkehrsrelevanten Schadstoffe Stickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid für den Zeitraum 24. bis 26.10. dargestellt, wobei am Abend des 25.10. im Stadion Liebenau eine Großveranstaltung (Fußball – Champions-League - Spiel) abgehalten wurde.

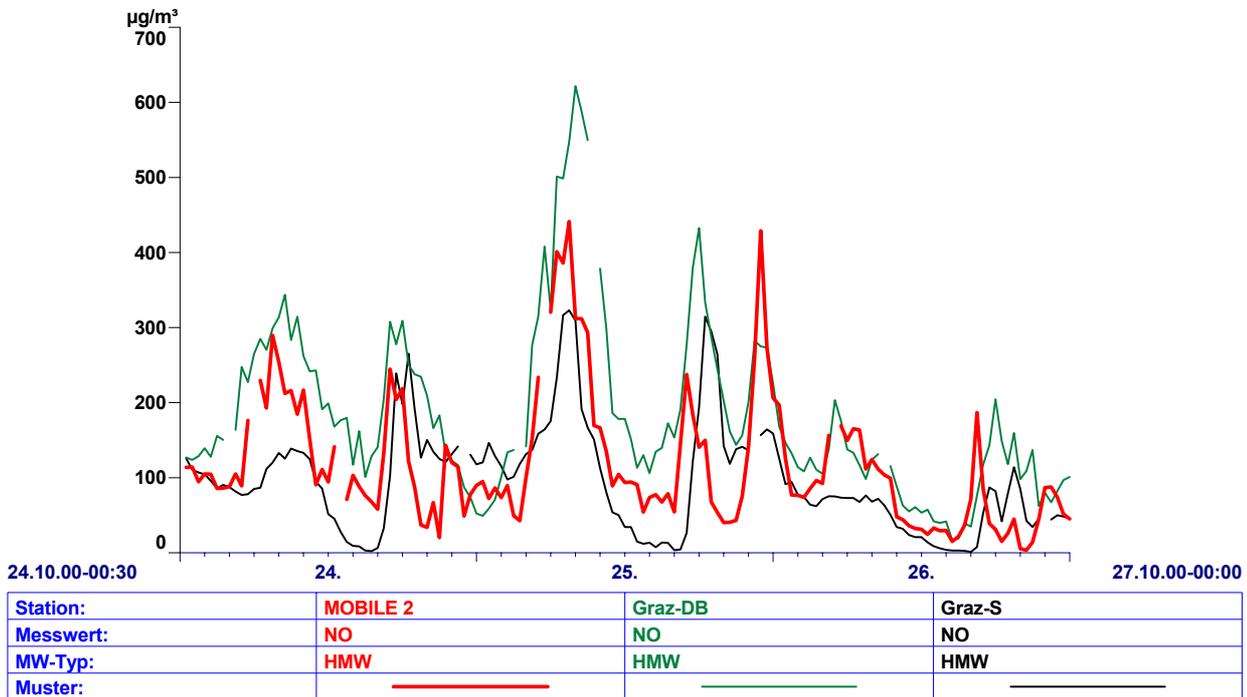
Bei herbstlichem Hochdruckwetter zeigten die Schadstoffverläufe ein ausgeprägtes Morgenmaximum zur Frühverkehrsspitze und ein sekundäres Maximum am Abend. Ein kurzzeitiger, aber wesentlich markanterer Konzentrationsanstieg ergab sich gegen 23 Uhr nach Ende der Veranstaltung (Abfahrtsverkehr) bei sehr geringen Windgeschwindigkeiten und einem Windrichtungswechsel mit dem Einsetzen von Flurwinden aus südlicher Richtung.

Verlauf der NO- und CO-Konzentrationen im Zeitraum 24. bis 26.10.2000

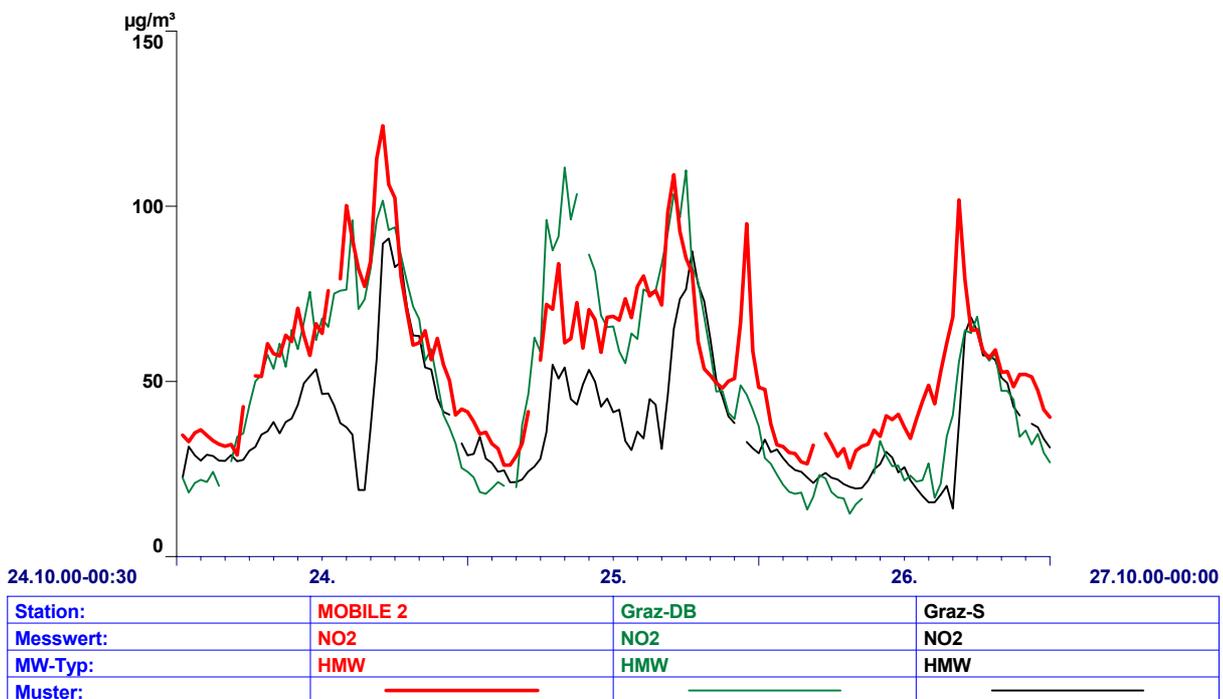


Der in den nachfolgenden Abbildungen dargestellte Vergleich der verkehrsrelevanten Schadstoffe NO, NO₂ und CO an den Messstellen in Liebenau, Graz Süd und Don Bosco zeigt, dass mit dem Einsetzen der Flurwinde jeweils auch ein leichter Anstieg der Immissionskonzentrationen einhergeht, jedoch in einem deutlich geringeren Ausmaß als an der Messstelle in Liebenau.

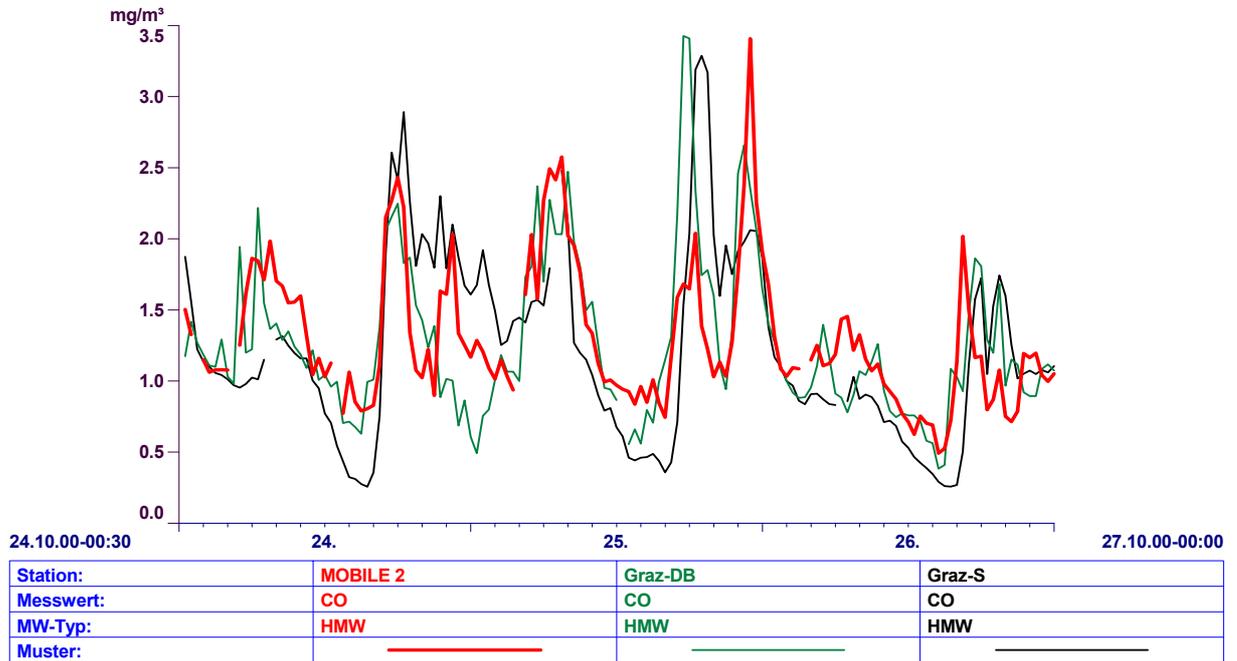
Vergleich der NO-Konzentrationen an den Messstellen Graz Süd, Liebenau und Don Bosco im Zeitraum 24. bis 26.10.2000



Vergleich der NO₂-Konzentrationen an den Messstellen Graz Süd, Liebenau und Don Bosco im Zeitraum 24. bis 26.10.2000

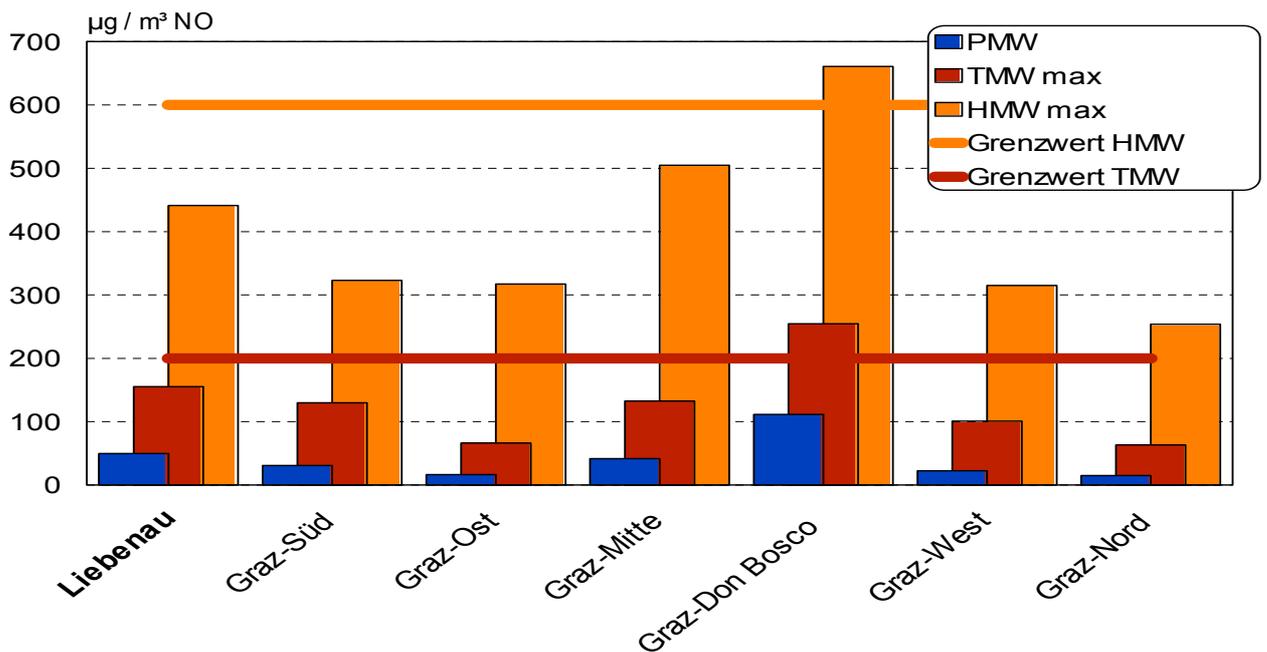


Vergleich der CO-Konzentrationen an den Messstellen Graz Süd, Liebenau und Don Bosco im Zeitraum 24. bis 26.10.2000



Für den gesamten Messzeitraum ergibt der Vergleich der Stickstoffmonoxidkonzentrationen mit anderen Messstellen in Graz am Standort in Liebenau aufgrund des höheren Emissionspotentials durch die Lage an einer stark befahrenen Hauptverkehrsader insgesamt eine überdurchschnittlich Belastung. Dies gilt sowohl für die Grundbelastung als auch für die Belastungsspitzen.

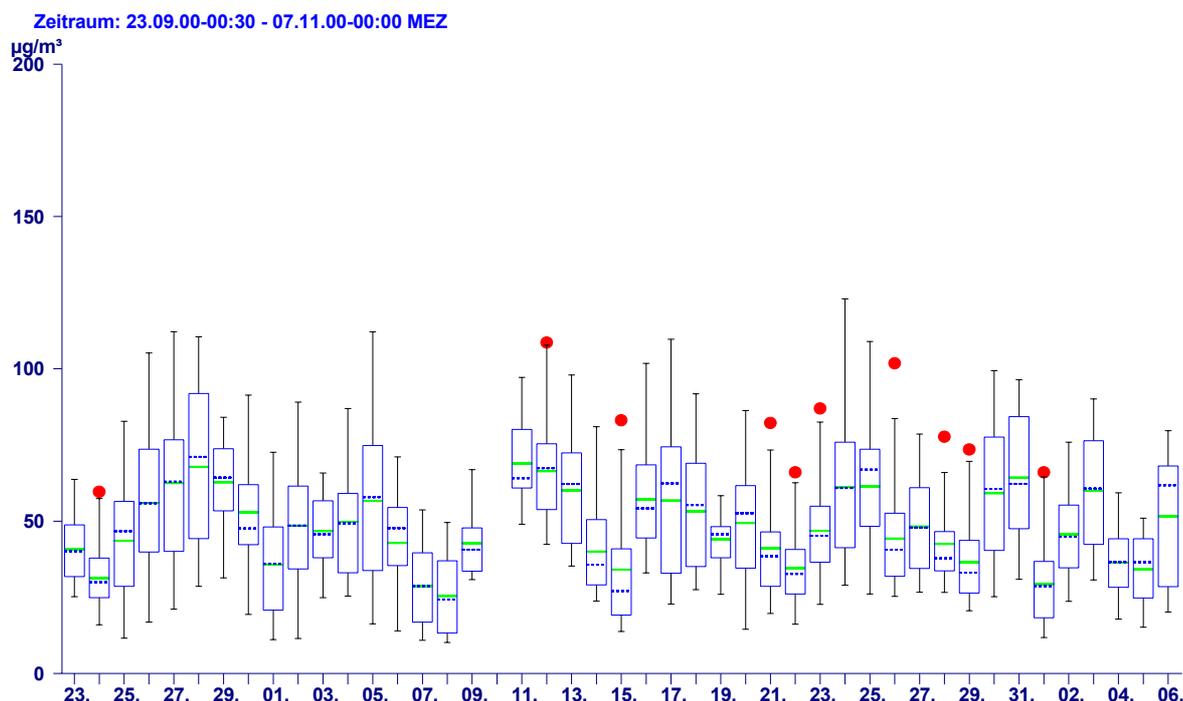
Vergleich der NO-Konzentrationen während der Messperiode



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

4.2.4 Stickstoffdioxid (NO₂)

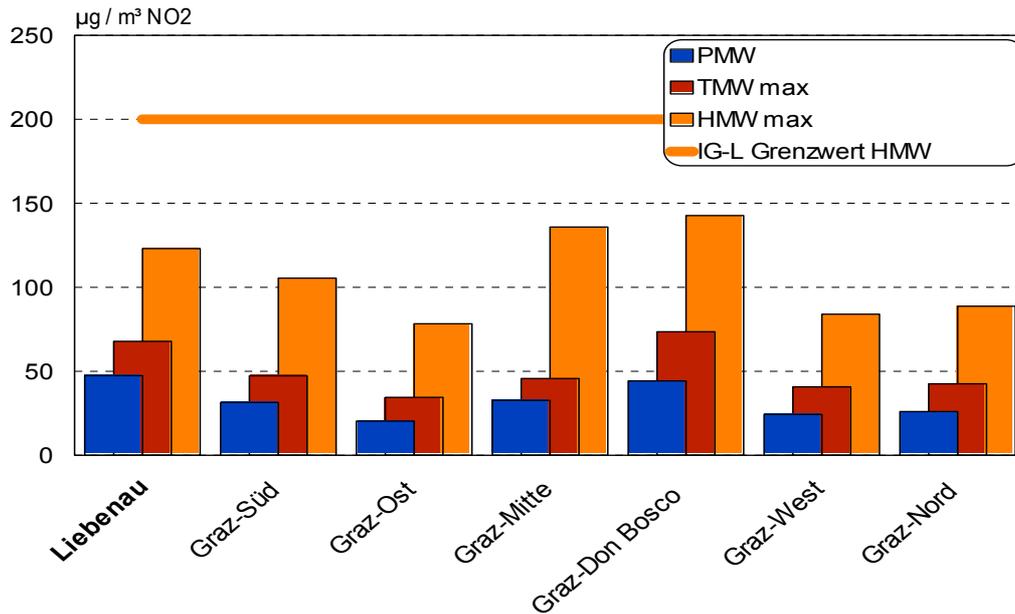
23.09.2000-06.11.2000	Messergebnisse NO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte NO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	123	0,20 0,20	LGBl. Nr. 5/1987 BGBl I Nr. 115/1997	61 % 61 %
Mtmax	84			
TMWmax	68	0,10	LGBl. Nr. 5/1987	68 %
PMW	47			



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

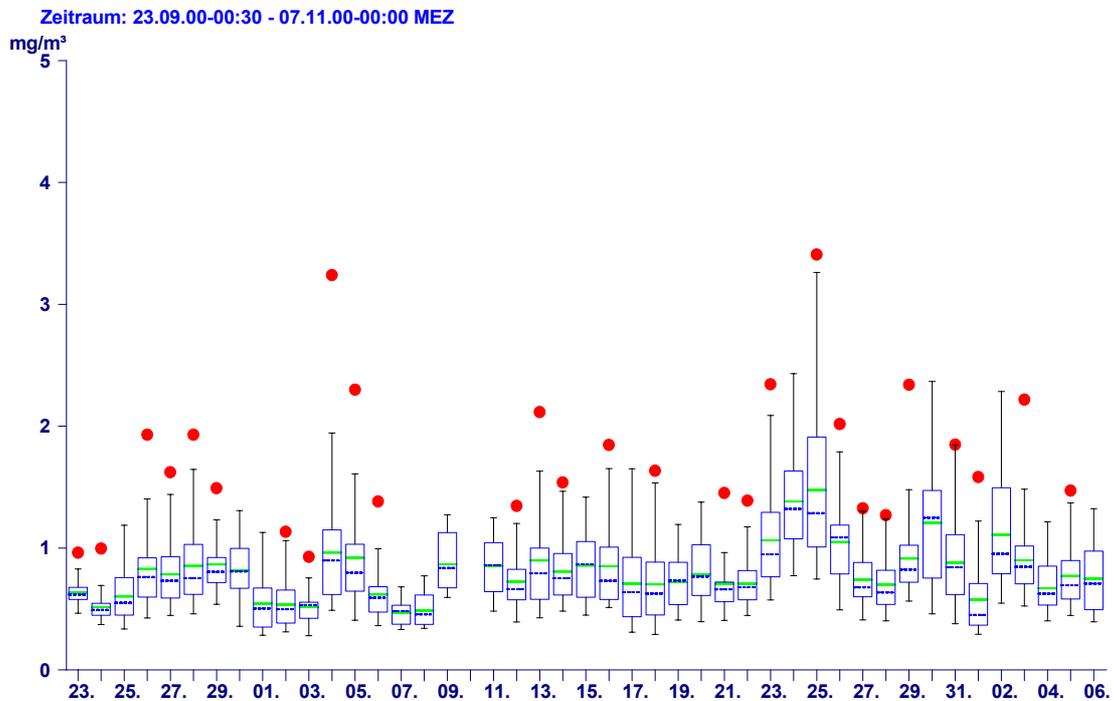
Bei den NO₂-Konzentrationen wurde keine Verletzung gesetzlicher Grenzwerte registriert, wobei allerdings im Vergleich mit den anderen Grazer Messstationen wie beim Stickstoffmonoxid aufgrund der hohen Verkehrsemissionen im Nahbereich des Messstandortes eine überdurchschnittliche Belastung sowohl hinsichtlich kurzfristiger Belastungsspitzen als auch längerfristiger Mittelwerte festgestellt wurde.

Vergleich der NO₂-Konzentrationen während der Messperiode



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

4.2.5 Kohlenmonoxid (CO)



23.09.2000 - 06.11.2000	Messergebnisse CO in mg/m ³	Grenzwerte CO in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	3,41	20	LGBl.Nr. 5/1987	17 %
Mtmax	1,66			
MW8max	1,77	10	BGBl. I Nr. 115/1997	18 %
TMWmax	1,47	7	LGBl.Nr. 5/1987	21 %
PMW	0,80			

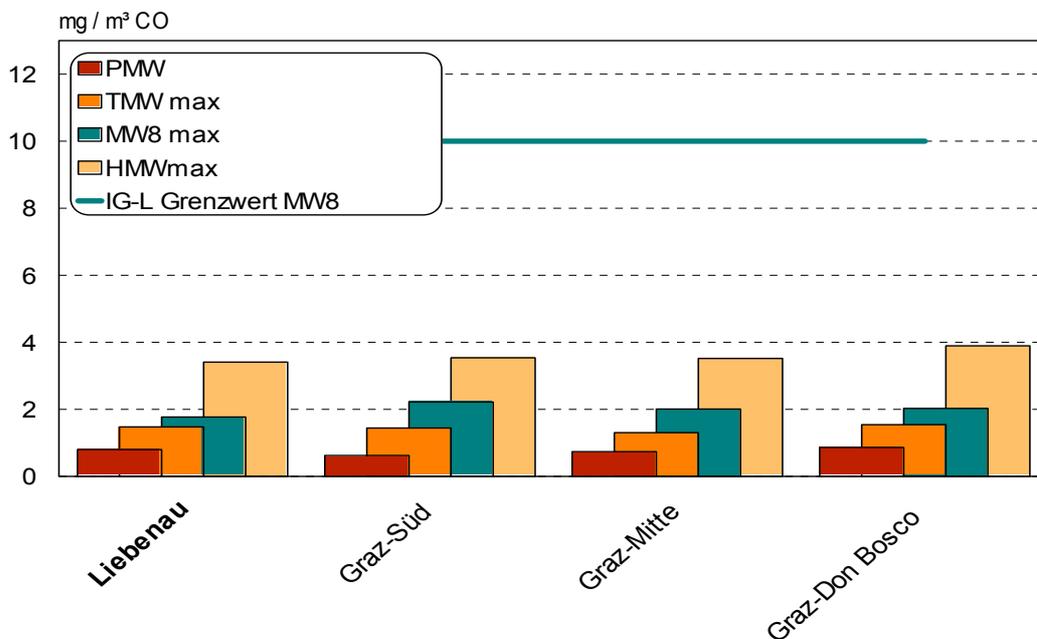
Auch beim Kohlenmonoxid gilt der Kfz-Verkehr als Hauptverursacher. Die Höhe der Konzentrationen nimmt mit der Entfernung zu den Hauptverkehrsträgern jedoch im Allgemeinen stärker ab als bei den Stickstoffoxiden.

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.

Im Vergleich mit den Fixmessstellen in Graz weisen die Ergebnisse der Immissionsmessungen im Gegensatz zu den Stickstoffoxiden keine überdurchschnittlichen Belastungen auf.

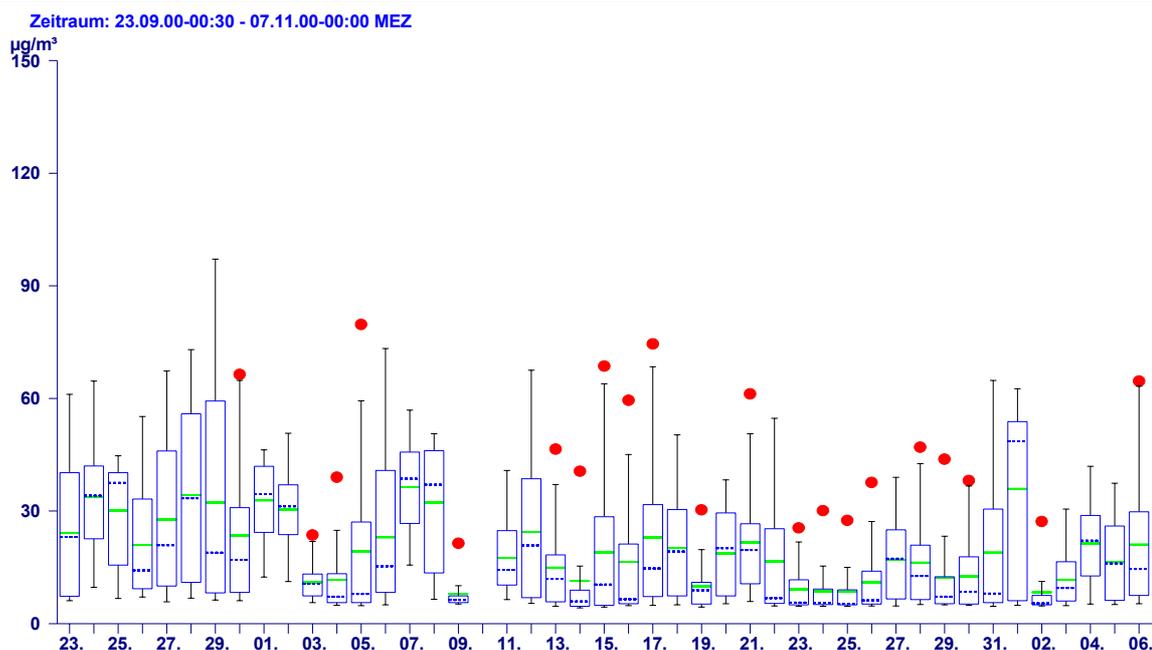
Vergleich der CO-Konzentrationen während der Messperiode



Grenzwerte nach der Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten und dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.2.6 Ozon (O₃)

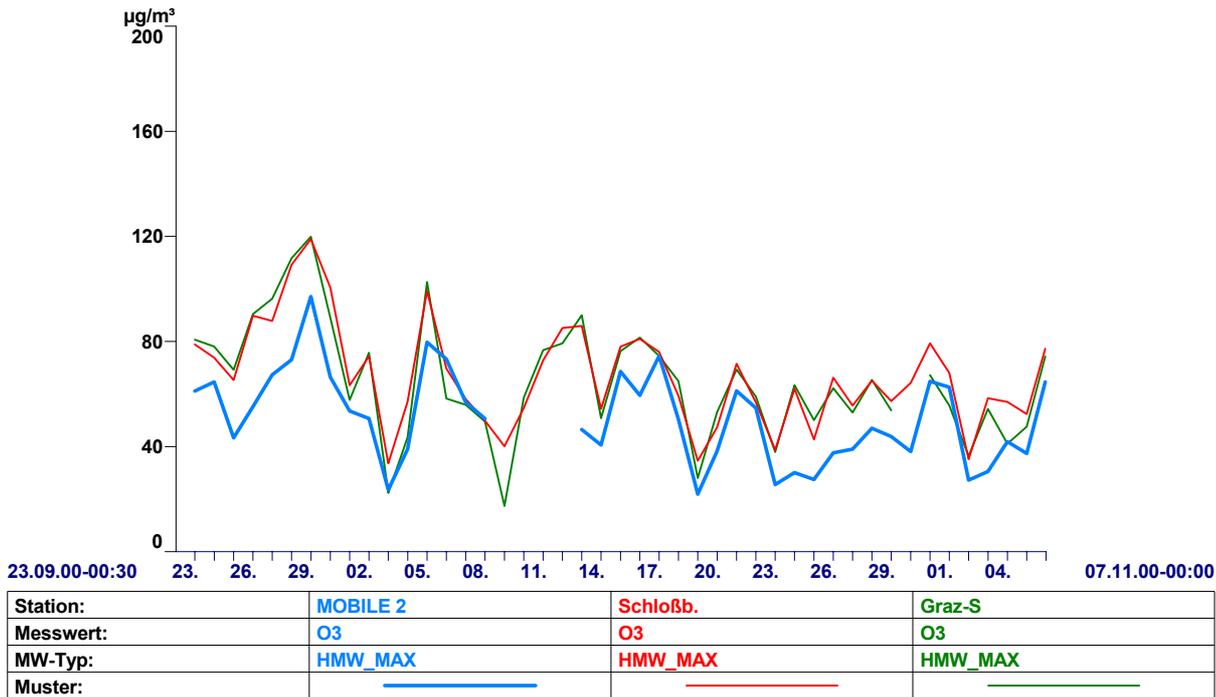
23.09.2000 - 06.11.2000	Messergebnisse O ₃ in µg/m ³	Grenzwerte O ₃ in µg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	97	0,120	ÖAW-Vorsorgewert	81 %
Mtmax	51			
MW8max	70	0,110	BGBI. I Nr. 115/1997	64 %
TMWmax	36			
PMW	20			



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 - Liebenau im Allgemeinen etwas unter den Größenordnungen wie sie an den benachbarten Stationen Schloßberg und Graz Süd 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



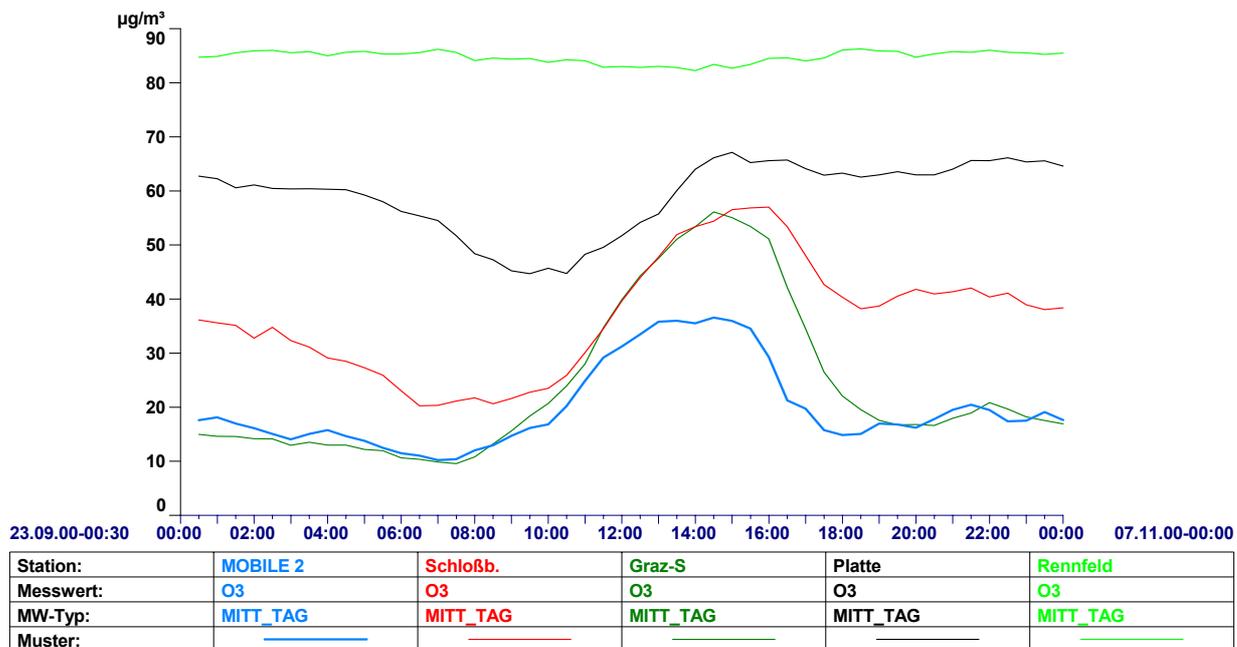
Der Ozontagesgang ist ebenfalls stark von der Höhenlage sowie von der Nähe zu Ballungszentren abhängig. Siedlungsnahе Talregionen mit höherer Grundbelastung an Ozonvorläufersubstanzen sind durch ein Belastungsminimum in den frühen Morgenstunden gekennzeichnet. In den Vormittagsstunden erfolgt ein rasches 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 - Liebenau mit den Stationen Schloßberg und Graz Süd.

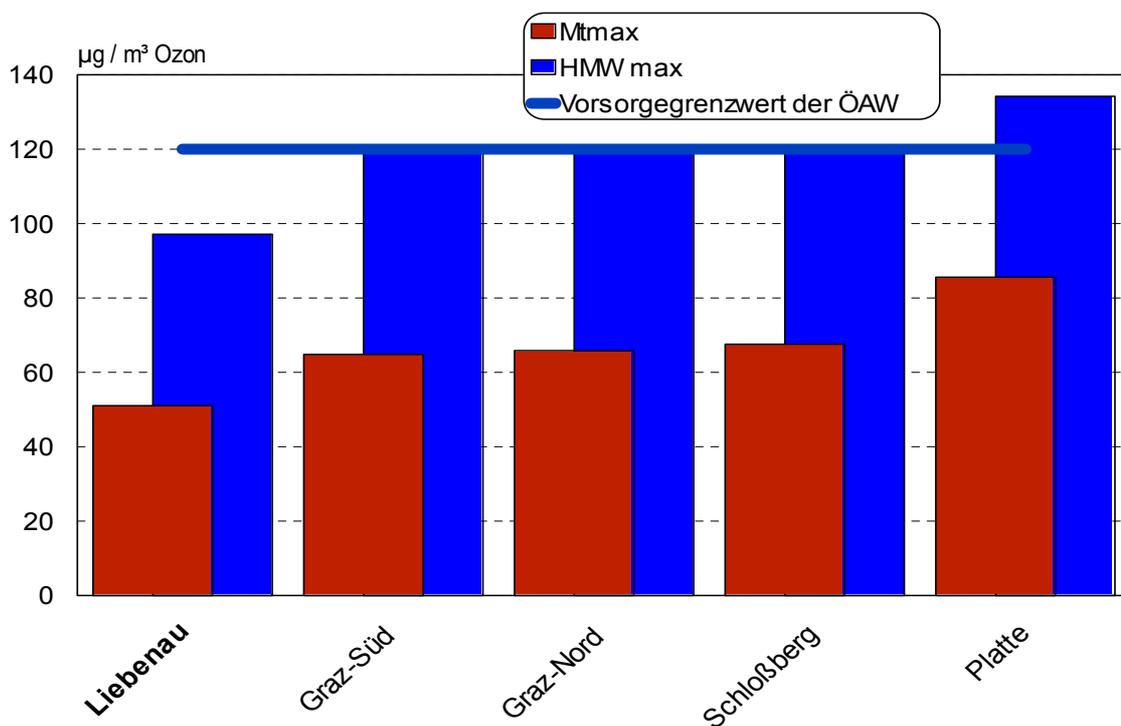
Die Grazer Stationen weisen allgemein einen für Tallagen typischen ausgeprägten Tagesgang der Ozonkonzentrationen mit einem Konzentrationsmaximum am Nachmittag auf, wobei die nächtliche Konzentrationsabsenkung an den höher gelegenen Messstellen Schlossberg und Platte schon deutlich geringer ausfällt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



Der Verlauf der Ozonkonzentrationen zeigt die zu erwartende Übereinstimmung mit den Witterungsverhältnissen. Bei strahlungsintensiven Hochdrucklagen wurden höhere Werte registriert, als bei Hochnebellagen (20. bis 23. Oktober) und wolkenreichem Tiefdruckwetter.

Sowohl der maximale Achtstundenmittelwert nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. I Nr. 115/1997) als auch der empfohlene Vorsorgegrenzwert der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für den maximalen Halbstundenmittelwert wurde während der Messungen nicht überschritten.

Vergleich der Ozonkonzentrationen während der Messperiode



4.3. Luftbelastungsindex

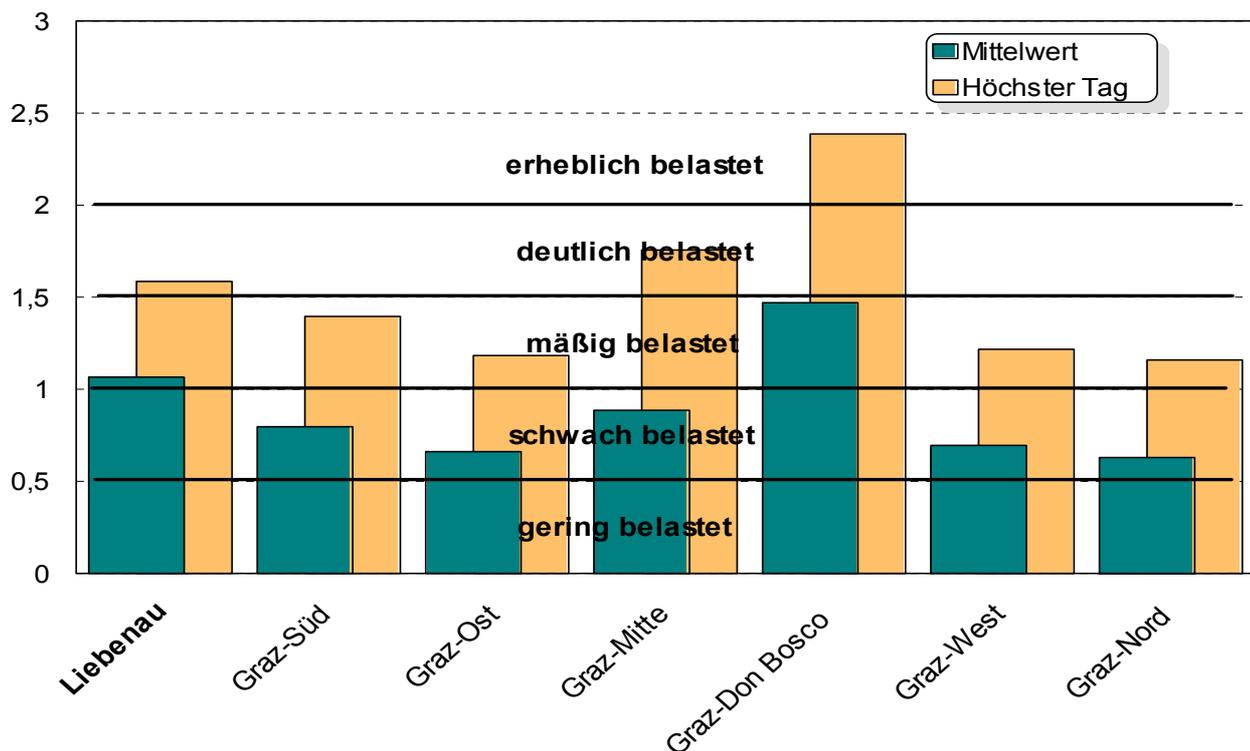
Eine relativ einfache Bewertungs- und Vergleichsmöglichkeit der Luftbelastung verschiedener Messstationen wird durch den Luftbelastungsindex ermöglicht.

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 dargestellt.

Demnach wiesen die lufthygienischen Verhältnisse in Graz - Liebenau im Vergleich mit den Grazer Messstellen 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.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1992:

210. Bundesgesetz über Maßnahmen zur Abwehr der Ozonbelastung und die Information der Bevölkerung über hohe Ozonbelastungen, mit dem das Smogalarmgesetz, BGBl.Nr.38/1989, geändert wird (Ozongesetz). BGBl.Nr.210 vom 24.4.1992.

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, 2000:

Monatsübersicht der Witterung in Österreich,
September, Oktober, November 2000. 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 Immissionsgrenzwertverordnung 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 Kurortrichtlinie 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 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 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.