



Mobile Luftgütemessungen Krakau 2004

Bericht Nr.: Lu-07-08

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C
8010 Graz, Landhausgasse 7, Tel. 877/2172

Dieser Bericht entstand unter Mitarbeit folgender Personen:

Autorin:	Ing. Waltraud Köberl
Für den Inhalt verantwortlich:	Dipl.Ing. Dr. Thomas Pongratz
Projektleitung:	Mag. Andreas Schopper
Messtechnik:	Gerhard Schrempf
Integrale Messungen:	Petra Neumann Andrea Werni

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C – Technische Umweltkontrolle
Referat Luftgüteüberwachung
Landhausgasse 7
8010 Graz
Telefon: 0316/877-2172 Fax: -3995

© Juni 2008

Informationen im Internet: <http://www.umwelt.steiermark.at>
Unter dieser Adresse ist auch dieser Bericht im Internet verfügbar

Bei Wiedergabe unserer Messergebnisse ersuchen wir um Quellenangabe!

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	5
2. Einleitung	7
3. Beurteilungsgrundlagen	10
3.1. Immissionsschutzgesetz - Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.F. von BGBl I 34/2006)	10
3.2. Ozongesetz (BGBl. Nr. 210/1992 i.d.F. von BGBl I 34/2003)	10
3.3. Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten	11
4. Immissionsklimatische Situation - Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe im Hochtal der Krakau	12
4.1. Immissionsklimatische Grundlagen	12
4.2. Der Witterungsablauf während der mobilen Messung	12
5. Mobile Immissionsmessungen	14
5.1. Ausstattung und Messmethoden	14
5.2. Messergebnisse und Schadstoffverläufe	15
5.2.1 Übersicht	15
5.2.2 Feinstaub (PM10)	17
5.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)	22
5.2.4 Stickstoffdioxid (NO ₂)	25
5.2.5 Schwefeldioxid (SO ₂)	28
5.2.6 Kohlenmonoxid (CO)	32
5.2.7 Ozon (O ₃)	35
6. Integrale Messungen	42
6.1. Vorbemerkung	42
6.2. Das Messnetz	43
6.3. Messmethodik	43
6.3.1 Bestimmung des Staubniederschlages nach dem Bergerhoff-Verfahren	43
6.3.2 Messung der Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidkonzentration mit Badge-Sammlern	43
6.4. Beurteilungsgrundlagen	44
6.5. Darstellung der Messergebnisse	45
6.5.1 Gesamtstaubdeposition	45
6.5.2 Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxid –Konzentration	46
6.6. Zusammenfassende Beurteilung	48
7. Literatur	50
8. Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen	51
8.1. Tabellen	51
8.2. Diagramme	52

1. Zusammenfassung

Die Luftgütemessungen in Krakau wurden auf Ersuchen der Gemeinde aus Anlass der gesetzlich vorgeschriebenen periodischen Überprüfungs-messung der Luftgüte in Kurorten durchgeführt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Belastung der Luft durch Schadstoffe in Krakau sehr gering ist. Die **mobilen Messungen** ergaben bezüglich der Schadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Ozon und Kohlenmonoxid während der gesamten Messungen keine Überschreitungen gesetzlicher Grenzwerte (IG-L). Auch die Grenzwerte der für die vorliegende Fragestellung relevanten „Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ (hrsg. vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie) wurden nicht überschritten.

Die **Feinstaub-(PM10)-Konzentrationen** lagen während der gesamten Messungen auf einem niedrigen Niveau, vergleichbar etwa mit der Hintergrundmessstation auf dem Mosenberg. In den Sommermonaten war die Staubbelastung in der gesamten Steiermark sehr gering, mit Herbstbeginn wurden in den Ballungsräumen bereits mehrere Überschreitungen des Grenzwertes gemäß IG-I registriert. In Krakau dagegen blieben die maximalen PM10-Konzentrationen unter diesem Grenzwert, der höchste Tagesmittelwert erreichte 68% des Grenzwertes.

Die Belastung durch **Stickstoffmonoxid (NO)** und **Stickstoffdioxid (NO₂)** war als unterdurchschnittlich einzustufen; während des gesamten Messzeitraumes lagen die Konzentrationen etwas über den Werten an Hintergrund-Messstationen, reichten aber bei weitem nicht an die Konzentrationen in Ballungsräumen wie Liezen, Zeltweg oder Judenburg heran.

Für NO gibt es keine gesetzlichen Grenzwerte; für NO₂ erreichte der maximale Halbstundenmittelwert 32% des Grenzwertes gemäß Kurorte-Richtlinie, der maximale Tagesmittelwert erreichte 16% des Grenzwertes gemäß Kurorte-Richtlinie bzw. 10% des Zielwertes für NO₂ gemäß IG-L.

Die Belastung durch **Schwefeldioxid** war in der gesamten Steiermark sehr gering; in Krakau entsprach die Belastung den Messergebnissen von Hintergrund-Messstationen wie Grundlsee oder Rennfeld. Der höchste Halbstundenmittelwert lag bei 11% des Grenzwertes gemäß Kurorte-Richtlinie, der höchste Tagesmittelwert erreichte 4% des Grenzwertes gemäß Kurorte-Richtlinie.

Auch die **Kohlenmonoxid**-Konzentrationen waren unterdurchschnittlich, wobei hier nur die Messwerte an belasteten Messstationen als Vergleich zur Verfügung standen, da die Belastung in der gesamten Steiermark nur an wenigen, relevanten Stationen erhoben wird.

Die **Ozonkonzentrationen** stellen ein eigenes Thema dar: Ozon wird nicht von Emittenten ausgestoßen, sondern aus Vorläufersubstanzen durch luftchemische Prozesse gebildet. Auch sind die Konzentrationen nicht räumlich beschränkt, sondern bewegen sich über große Gebiete auf ähnlichem Niveau. Während der Wintermonate ist die Ozonbelastung nicht relevant; im Sommer jedoch spielen die verstärkte Sonneneinstrahlung und höhere

Temperaturen eine große Rolle bei der Bildung von Ozon, sodass während länger andauernder Schönwetterperioden die Konzentrationen kräftig ansteigen können.

In Krakau wurde im Sommer 2004 der Zielwert gemäß Ozongesetz erreicht, die derzeit gültige Informationsschwelle nach dem Ozongesetz wurde jedoch nicht überschritten.

Zur Darstellung der flächenhaften Belastung mit Luftschadstoffen wurde zusätzlich ein integrales Messnetz mit sechs Messpunkten betrieben. Die Staubdeposition wurde an allen Stellen erfasst, SO₂ und NO₂ wurde an drei Messpunkten gemessen.

Die **integralen Messungen** ergaben am Messpunkt Kra 6 in Unteretrach beim Gemeindeamt im Jahr 2004/2005 für die Gesamtstaub-Deposition eine Überschreitung des Grenzwertes gemäß Kurorte-Richtlinie. Die Ursache für die doch recht hohen Depositionswerte konnten nicht eruiert werden. Offenbar handelt es sich um ein lokales Phänomen. Im Zuge der Kurorte-Dauermessungen werden am Messpunkt Kra6 weiterhin die Staubdepositionen erfasst. An allen anderen Messpunkten lagen die erhobenen Staubdepositions-Werte deutlich unter diesem Grenzwert. Auch die integral gemessenen Werte für Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid lagen auf einem sehr niedrigen Niveau.

Insgesamt ist die Belastung der Luft durch Schadstoffe in Krakau trotz der erhöhten Depositionswerte am Messpunkt beim Gemeindeamt in Unteretrach (Kra6) als gering einzustufen.

2. Einleitung

Die Luftgütemessungen in Krakau wurden auf Ersuchen der Gemeinden von der Fachabteilung 17C, Referat Luftgüteüberwachung, durchgeführt. Den Anlass für die Messungen stellte die im Steiermärkischen Heilvorkommen- und Kurortegesetz (LGBl. Nr.161/1962) vorgeschriebene periodische Kontrollmessung dar, wobei die letzte Messung mittels mobiler Messstation vom 10. Jänner bis 17. Februar 1997 durchgeführt worden war und zusätzlich ein integrales Messnetz von April 1996 bis März 1997 betrieben worden war.

Die mobilen Immissionsmessungen wurden von 15.07.2004 – 15.11.2004 durchgeführt. Die gesamte Messzeit wurde in eine Sommerperiode (15.07.-30.09.2004) und eine Winterperiode (01.10.-15.11.2004) unterteilt, mit dem Ziel, die im Kurbereich vorherrschenden lufthygienischen Bedingungen zu erheben und beurteilen zu können.

Zusätzlich wurde ein integrales Messnetz mit sechs Messpunkten installiert, um eine flächendeckende Aussage über die Luftqualität im Krakauer Hochtal erhalten zu können. Integrale Dauermessungen sind in der Richtlinie „Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ („Kurorterichtlinie“), herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, für die dauerhafte Überwachung der Luftqualität in Kurorten und die flächenhafte Interpretation der Immissionsbelastungen vorgeschrieben. Das integrale Messnetz wurde von 01.07.2004 – 29.06.2005 betrieben.

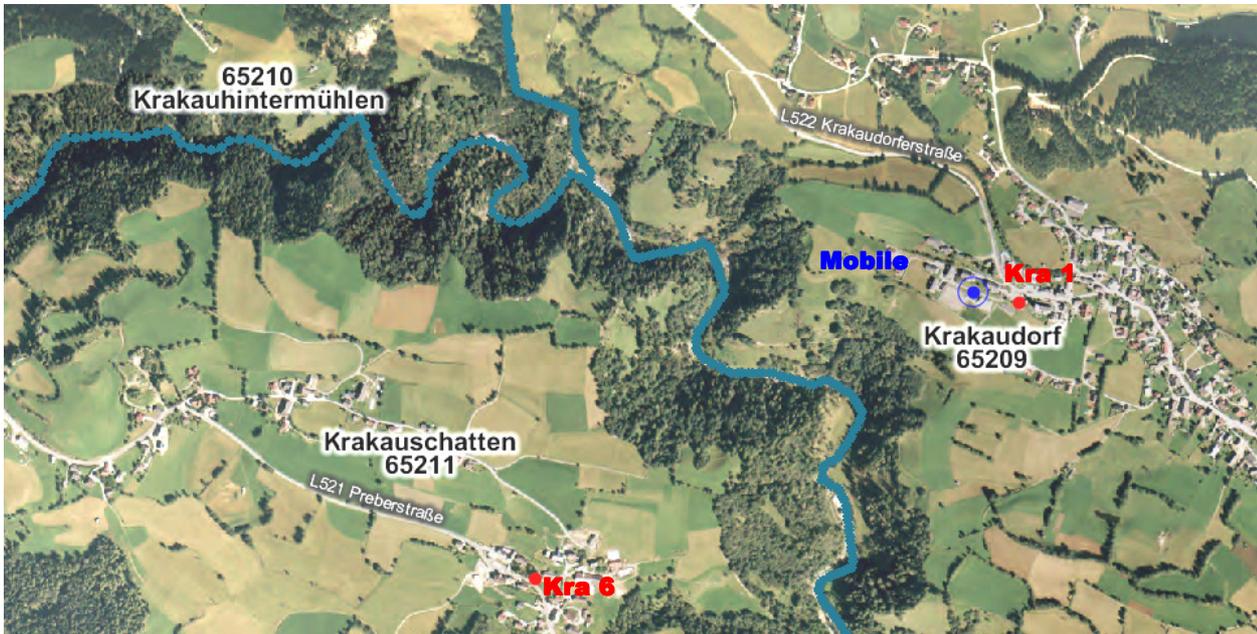
Die Richtlinie über Immissionsmessungen in Kurorten fordert permanente Erhebungen der Schadstoffbelastung in Luftkurorten, daher werden seit Juni 2005 von den Gemeinden Krakaudorf, Krakauhintermühlen und Krakauschatten 3 Messpunkte betreut, an denen die Messungen der Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxid-Konzentrationen mittels Passivsammlern fortgeführt werden. Die Analyse dieser Proben wird von der TU Wien durchgeführt. Seitens der FA 17C wurden die Staubdepositionsmessungen im August 2007 ebenfalls an diesen drei Messpunkten wieder aufgenommen.

Die gewonnenen Messergebnisse stellen eine wesentliche Grundlage für die Beurteilung der Luftgütesituation nach dem Kurortegesetz dar.

Für die mobile Messstation wurde ein Standort beim Gemeindeamt Krakaudorf in etwa 1170m Seehöhe ausgewählt, um die Immissionssituation in der größten Siedlung im Hochtal der Krakau zu erheben.

Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick über den Standort der mobilen Messstation sowie die Lage der integralen Messpunkte:

**Abbildung 1: Standort der Mobilen Messstation
Lage der integralen Messpunkte Kra 1 (Krakaudorf, Kirche)
und Kra 6 (Unteretrach, Gemeindeamt Krakauschatten)**



**Abbildung 2: Lage der integralen Messpunkte Kra 2 (Krakauhintermühlen,
Gemeindeamt) und Kra 5 (Brandstatt)**

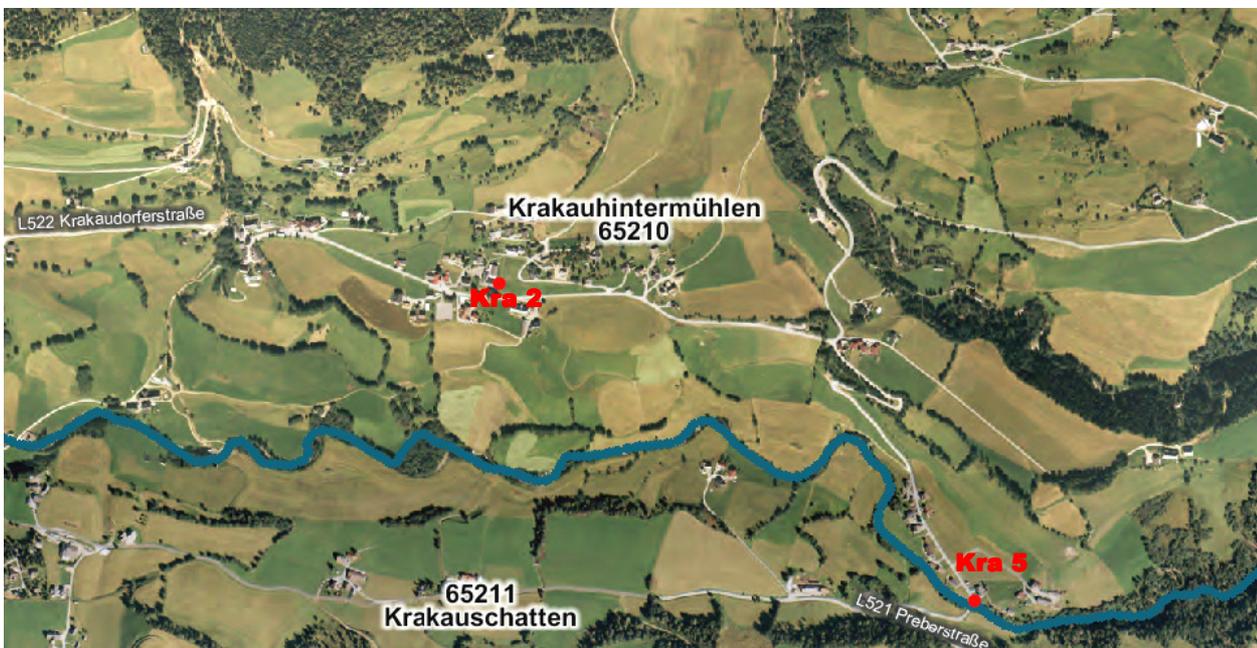


Abbildung 3: Lage der integralen Messpunkte Kra 3 (GH Tauernwirt, Meteorstation) und Kra 4 (Ortsteil Moos)



Abbildung 4: Standort der Mobilen Messstation



3. Beurteilungsgrundlagen

3.1. Immissionsschutzgesetz - Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.F. von BGBl I 34/2006)

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 1 wiedergegeben sind:

Tabelle 1: Grenzwerte gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L)

(Immissionsgrenzwerte, **Alarmwerte**, *Zielwerte* in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, für CO in mg/m^3)

Luftschadstoff	HMW	MW3	MW8	TMW	JMW
Schwefeldioxid	200 ¹⁾	500		120	
Kohlenstoffmonoxid			10		
Stickstoffdioxid	200	400		80	30 ²⁾
PM10				50 ^{3) 4)}	40 (20)

MW3 = Dreistundenmittelwert

MW8 = Achtstundenmittelwert

- 1) Drei Halbstundenmittelwerte SO₂ pro Tag, jedoch maximal 48 Halbstundenmittelwerte pro Kalenderjahr bis zu einer Konzentration von 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gelten nicht als Überschreitung
- 2) Der Immissionsgrenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gilt ab 1.1.2012. Bis dahin gelten Toleranzmargen, um die der Grenzwert überschritten werden darf, ohne dass die Erstellung von Statuserhebungen oder Maßnahmenkatalogen erfolgen muss. Bis dahin ist als Immissionsgrenzwert anzusehen (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$):

2005 - 2009	40
2010 - 2011	35

- 3) Pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig:

bis 2004	35
2005 -2009	30
ab 2010	25

- 4) Als Zielwert gilt eine Anzahl von maximal 7 Überschreitungen pro Jahr

3.2. Ozongesetz (BGBl. Nr. 210/1992 i.d.F. von BGBl I 34/2003)

Mit dem Ozongesetz werden Regeln für den Umgang mit erhöhten Ozonkonzentrationen festgelegt. Es wurden Grenzwerte fixiert sowie die Information der Bevölkerung im Falle erhöhter Ozonbelastungen geregelt. Außerdem wurde hier der Grundstein für einen österreichweiten einheitlichen Datenaustausch von Luftgütedaten gelegt.

Das Bundesgebiet ist in 8 Ozonüberwachungsgebiete eingeteilt, die nicht mit den Bundesländergrenzen übereinstimmen, sondern die sich an österreichischen Großlandschaften orientieren. Das Krakauer Hochtal liegt im Überwachungsgebiet 8 „Lungau und oberes Murtal.“

Tabelle 2: Informations- und Alarmwerte für Ozon

Informationsschwelle	180 µg/m ³ als Einstundenmittelwert
Alarmschwelle	240 µg/m ³ als Einstundenmittelwert

Tabelle 3: Zielwerte für Ozon

	ab 2010
Menschliche Gesundheit	120 µg/m ³ als gleitender Achtstundenmittelwert (MW08_1); im Mittel über 3 Jahre nicht mehr als 25 Tage mit Überschreitung
Vegetation	18.000 µg/m ³ .h als AOT40 *) im Zeitraum Mai bis Juli im Mittel über 5 Jahre

*) AOT40 bedeutet die Summe der Differenzen zwischen den Konzentrationen über 80 µg/m³ als Einstundenmittelwerte und 80 µg/m³ unter ausschließlicher Verwendung der Einstundenmittelwerte zwischen 8 und 20 Uhr MEZ.

3.3. Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten

Für den Vollzug der gesetzlichen Vorgaben an Kurorte nach dem Österreichischen Kurortegesetz (BGBl. Nr. 272/1958) sind in der "Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten" (hrsg. vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie) Grenzwerte definiert. Diese sollen den erhöhten Anforderungen, wie sie an Kurorte gestellt werden, gerecht werden.

Für heilklimatische und Luftkurorte sind demnach folgende Immissionsgrenzwerte einzuhalten:

Tabelle 4: Grenzwerte gemäß Kurorte-Richtlinie

Schwefeldioxid	HMW TMW	100 µg/m ³ 50 µg/m ³
Stickstoffdioxid	HMW TMW	100µg/m ³ 50 µg/m ³
Kohlenmonoxid	Achtstundenmittelwert (MW8)	5 mg/m ³
Feinstaub PM10	TMW	50 µg/m ³
Gesamtstaubdeposition	Jahresmittelwert	165 mg/m ² .d

4. Immissionsklimatische Situation - Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe im Hochtal der Krakau

4.1. Immissionsklimatische Grundlagen

Der Witterungsablauf und die geländeklimatischen Gegebenheiten spielen eine wesentliche Rolle für die Ausbreitung von Luftschadstoffen.

Die Lage des Messstandortes Krakaudorf entspricht nach H. Wakonigg der Klimalandchaft des „Tal- und Beckenklimas im Umkreis des obersten Murtales“. Das Klima kann vereinfacht als „winterstrenges, sommerkühles, relativ niederschlagsarmes und nebelarmes Waldklima“ bezeichnet werden (H. Wakonigg, 1978, 386).

Das Jahresmittel der Temperatur beträgt im langjährigen Durchschnitt (Periode 1951-1970) 5 °C bis über 6 °C, wobei als Monatsmittel im Jänner -4 °C bis -6 °C und im Juli 14 °C bis 16 °C erreicht werden.

Die Jahresniederschlagssumme beläuft sich auf rund 750 - 950 mm, die im Schnitt an etwas über 100 Tagen im Jahr fallen, wobei der Winter (Dezember bis Februar) mit 85 - 120 mm ausgesprochen niederschlagsarm bleibt. Die mittleren Windgeschwindigkeiten bleiben aufgrund der abgeschirmten Lage mit 1 - 2 m/s eher gering, wobei im Jahresgang ein Spätherbstminimum und ein Maximum im Spätwinter/Frühjahr zu verzeichnen ist. Die Windrichtungsverteilung ergibt sich im Krakauer Hochtal vorwiegend aus der tagesperiodischen Ventilation bei Hochdrucklagen mit nächtlichen Talauswinden (NW bis W) und Taleinwinden tagsüber (E bis SE). Aber auch Nordföhn mit böigen, teils heftigen Winden aus W bis NW stellt eine häufige Witterungserscheinung dar („Rückseitenwetter“) (R. LAZAR, 1993).

Hinsichtlich der relativen Sonnenscheindauer und der Nebelgefährdung zählt das Krakauer Hochtal zu den begünstigtesten Gebieten der Steiermark. Bei nur 30 - 40 Tagen/Jahr mit Nebel erreicht die relative Sonnenscheindauer speziell im Herbst (September, Oktober) und im Spätwinter (Februar) mit über 50% der möglichen Dauer überdurchschnittliche Werte.

4.2. Der Witterungsablauf während der mobilen Messung

Der **Juli 2004** war in der Steiermark etwas zu warm und zu trocken, obwohl beinahe der gesamte Juli durch zyklonal geprägtes Strömungswetter mit Neigung zu Gewittern dominiert war. Dabei bildeten sich Stausituationen heraus, die regional sehr differenzierte Niederschlagsmengen brachten. Im alpinen Teil der Steiermark kann der Juli generell als verregnet bezeichnet werden.

Der **August** war in der Steiermark bei unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen generell zu warm. Am relativ kühlfsten blieb es in den Staulagen der westlichen Obersteiermark, hier fielen auch die meisten Niederschläge (rund 1½facher August-Normalniederschlag). Ein markanter Wettersturz im Rahmen eines Kaltfrontdurchganges beendete bereits am 20. den Hochsommer, Hochdruck blieb wie schon im Vormonat Mangelware.

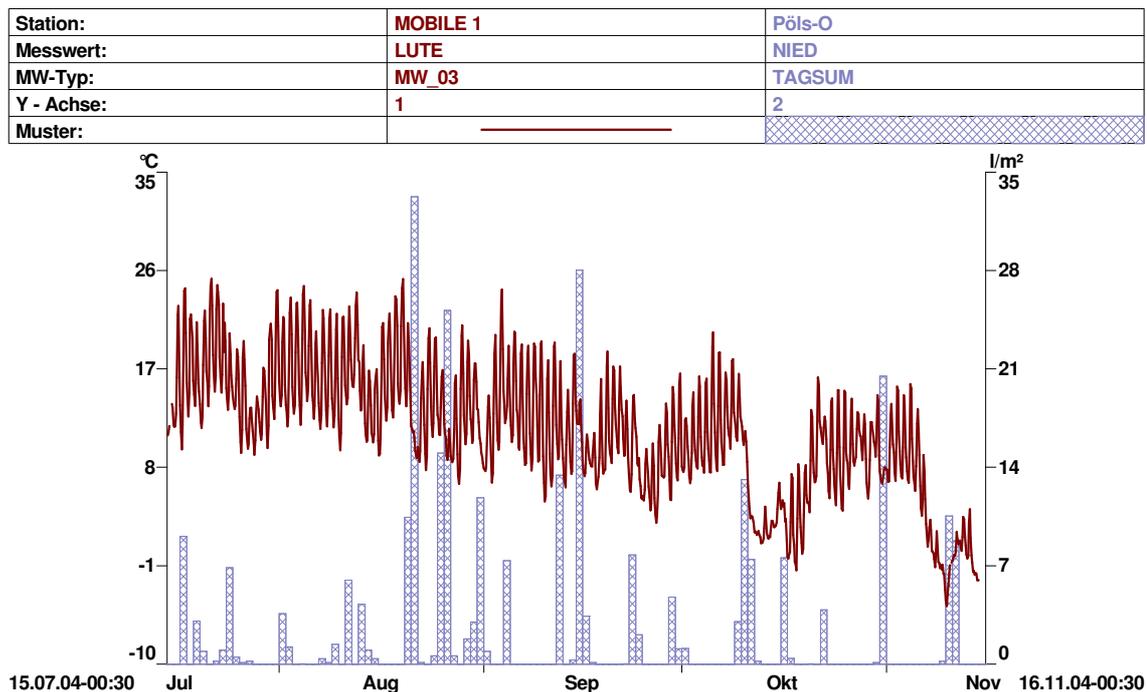
Vom Witterungsverlauf her war der **September** nach dem eher mäßigen Hochsommer ein überwiegend schöner Monat. Auf das verregnete Augustende folgte mit Septemberbeginn ein rascher Luftdruckanstieg und brachte noch einmal sommerliche Temperaturen. Am 21. erreichte ein mächtiges Nordeuropatief das Land und brachte deutlich kältere Luft und mit nordwestlicher Strömung den Nordstaulagen beträchtliche Niederschlagssummen. Hier besserte sich das Wetter bis zum Monatsende trotz zaghafter Erwärmung nicht mehr.

Der **Oktober 2004** war bei ausreichenden Niederschlagsmengen sehr mild. Die erste und die dritte Dekade waren maßgeblich von Hochdruck bestimmt, der noch frühherbstlich-mild ausgeprägt war. Das mittlere Monatsdrittel war eher zyklonal geprägt und durch Kaltluft-Zufuhr aus Nordost auch deutlich kühler.

Vom Witterungsverlauf her war der **November** dominant von Tiefdruckeinfluss bzw. zyklonalem Strömungswetter aus West bis Nord geprägt. Die einzige Hochdruckphase stellte sich erst ab 25. ein.

Wie zu erwarten, wirkten sich diese Witterungsbedingungen auf das lufthygienische Belastungsbild insgesamt günstig aus. Besonders die Steiermark nördlich der Mur-Mürz-Furche profitierte vom austauschreichen, niederschlagsanfälligen Wetter.

Abbildung 5: Lufttemperatur in Krakau während der mobilen Messungen Niederschläge an der Messstation Pöls-Ost



5. Mobile Immissionsmessungen

5.1. Ausstattung und Messmethoden

Die mobile Luftgütemessstation zeichnet den Schadstoffverlauf von Schwefeldioxid (SO₂), Feinstaub (PM10), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂), Kohlenmonoxid (CO) und Ozon (O₃) auf.

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

Tabelle 5: Ausstattung des Messcontainers

Schadstoff	Messmethode	Gerätetyp
Schwefeldioxid SO ₂	UV-Fluoreszenzanalyse	Horiba APSA 350E
Feinstaub (PM10)	Beta-Strahlenabsorption	FH 62 IR
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 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 GSM 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.

5.2. Messergebnisse und Schadstoffverläufe

5.2.1 Übersicht

Tabelle 6: Übersicht Schadstoffbelastung 15.07. – 30.09.2004

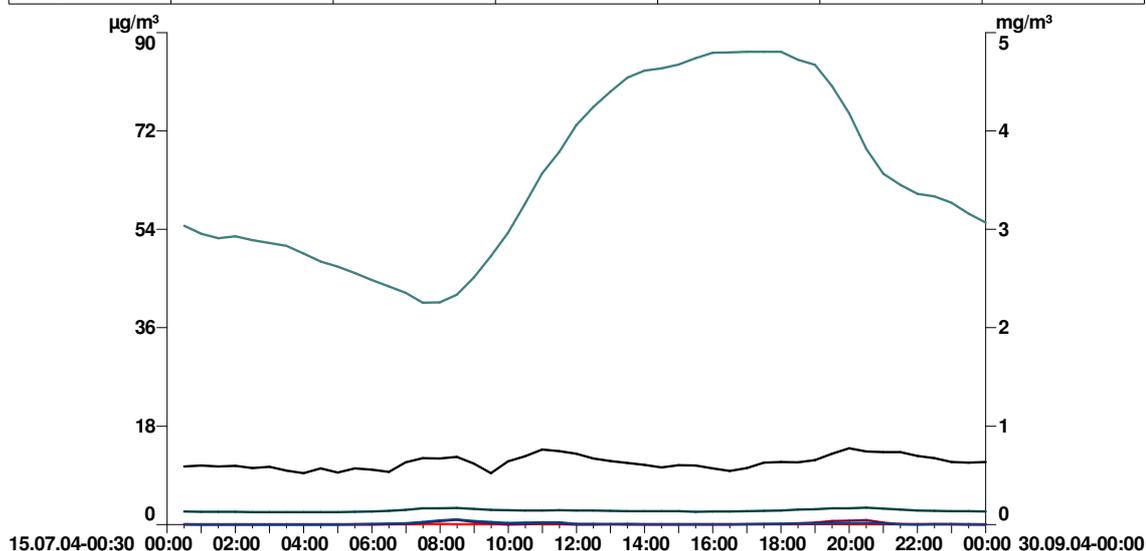
Schadstoff	PM10 [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	SO ₂ [µg/m ³]	SO ₂ [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	CO [mg/m ³]
Messwerttyp	max. TMW	max. HMW	max. TMW	max. HMW	max. TMW	max. MW8_1	max. MW08
Konzentration	29	9	1	11	0	129	0,2
Grenzwert IG-L	50	200	80 ¹⁾	200	120	120 ²⁾	10
Kurorte- Richtlinie	50	100	50	100	50		5
Überschreitungen	0	0	0	0	0	3	0

¹⁾ Zielwert IG-L

²⁾ Zielwert Ozongesetz

Abbildung 6: Mittlerer Tagesgang der Schadstoffbelastung 15.07. – 30.09.2004

Messwert:	STBK 10	NO	NO2	SO2	CO	O3
MW-Typ:	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG
Zeitraum:	1	1	1	1	1	1
Y - Achse:	1	1	1	1	2	1
Muster:	—	—	—	—	—	—



Im Sommer ist vor allem der Tagesgang der Ozonkonzentrationen sehr ausgeprägt; die Sonneneinstrahlung spielt bei der Bildung von Ozon eine große Rolle, wodurch die Belastung über Mittag und Nachmittag bis zu den frühen Abendstunden am höchsten ist. Typisch ist das Absinken der Belastung in den Nachtstunden – durch das erhöhte NO_x-Niveau in Siedlungsgebieten wird Ozon bei fehlender Temperatur und Sonneneinstrahlung abgebaut.

lung verstärkt abgebaut. Andererseits wirken Stickoxide unter Sonneneinstrahlung jedoch als Vorläufersubstanz für die Bildung von Ozon.

Durch die besseren Ausbreitungsbedingungen im Sommer sowie die fehlenden Hausbrandemissionen ist der Tagesgang aller übrigen Schadstoffe nicht so ausgeprägt wie im Winter, die Konzentrationen sind niedriger.

Tabelle 7: Übersicht Schadstoffbelastung 01.10.–15.11.2004

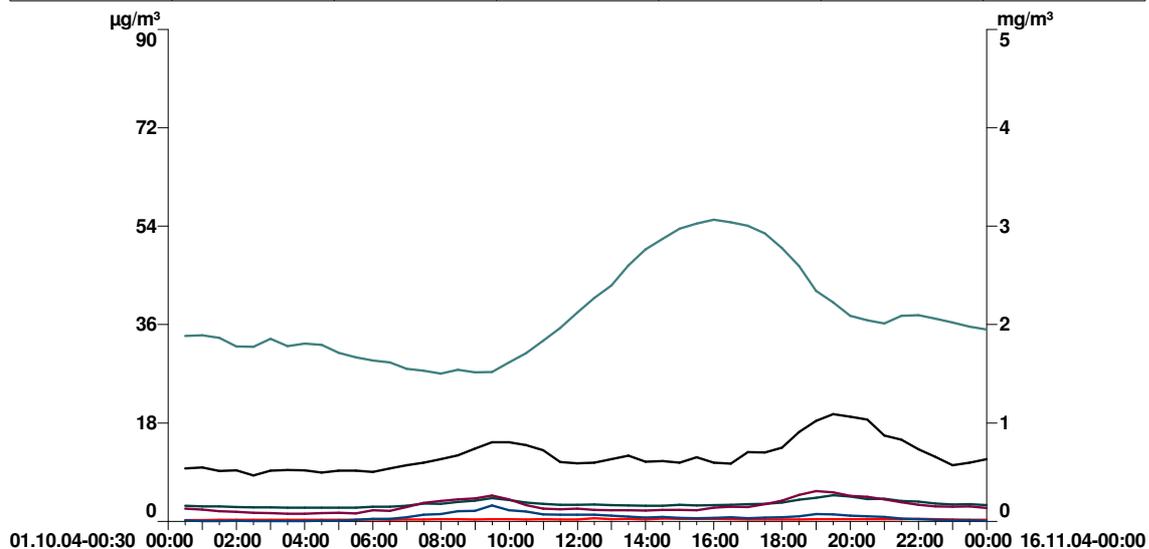
Schadstoff	PM10 [µg/m³]	NO ₂ [µg/m³]	NO ₂ [µg/m³]	SO ₂ [µg/m³]	SO ₂ [µg/m³]	O ₃ [µg/m³]	CO [mg/m³]
Messwerttyp	max. TMW	max. HMW	max. TMW	max. HMW	max. TMW	max. MW8_1	max. MW08
Konzentration	34	26	8	9	2	77	0,4
Grenzwert IG-L	50	200	80 ¹⁾	200	120	120 ²⁾	10
Kurorte-Richtlinie	50	100	50	100	50		5
Überschreitungen	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾ Zielwert

²⁾ Informationsschwelle

Abbildung 7: Mittlerer Tagesgang der Schadstoffbelastung 01.10. – 15.11.2004

Messwert:	STBK 10	NO	NO2	SO2	CO	O3
MW-Typ:	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG	MITT_TAG
Zeitraum:	1	1	1	1	1	1
Y - Achse:	1	1	1	1	2	1
Muster:	—	—	—	—	—	—



Im Winter zeigte sich ein Tagesgang der PM10-Konzentrationen mit einem Anstieg in den Morgen- und Vormittagstunden sowie am Abend. Auch bei den Stickoxiden ist ein leichter Tagesgang erkennbar, die Konzentrationen bewegten sich aber auf sehr niedrigem Ni-

veau. Sowohl die Kohlenmonoxid- als auch die Schwefeldioxid-Konzentrationen bewegten sich auf gleich niedrig bleibendem Niveau. Bei den Ozonkonzentrationen zeigte sich ein Tagesgang mit einem Maximum über Mittag, wobei die Konzentrationen bei weitem unter jenen im Sommer lagen.

Durch alle Messungen wurde bestätigt, dass die Luftqualität in Krakau den strengen Anforderungen, wie sie an Kurorte gestellt werden, gerecht wird. Die Belastung der Luft durch die klassischen Schadstoffe Stickoxide, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid ist in Krakau gering; weder gesetzliche Grenzwerte noch die strengeren Vorgaben der Kurorte-Richtlinie wurden überschritten.

Auch die Feinstaubbelastung war während der Messungen sehr gering, der Grenzwert nach dem IG-L wurde nicht erreicht.

Die Wetterlage wirkte im Sommer 2004 der Bildung von Ozon eher entgegen, sodass sich auch hier die Konzentrationen auf einem unterdurchschnittlichen Niveau bewegten.

5.2.2 Feinstaub (PM10)

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. Die Luftgütemesspraxis zeigt aber auch, dass diffusen Emissionsquellen eine ganz wesentliche Bedeutung zukommt. Als diffuse Quellen sind beispielsweise der Straßenstaub (Streusplitt und Streusalz), Blütenstaub, das Bewirtschaften von Ackerflächen oder die Heuernte in ländlichen Gegenden, das Abheizen von Gartenabfällen und das Abbrennen von Böschungen zu nennen.

In urbanen Räumen und im Nahbereich von stark frequentierten Verkehrsträgern ist der Verkehr als dominanter Verursacher anzusehen, wobei Stäube als direkte Emissionen aus Verbrennungsvorgängen (z.B. Ruß, Dieselruß) oder als diffuse Emissionen (mechanischer Abrieb, Aufwirbelung) freigesetzt werden. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Staubimmissionen beruht auf der Umwandlung von Gasen (NO₂, SO₂, Ammoniak) in sekundäre Partikel (Nitrat, Sulfat, Ammonium). Für das Hochtal der Krakau ist dagegen mit einem überdurchschnittlich hohen relativen Beitrag des Hausbrandes zum lokalen Immissionsniveau auszugehen, da einerseits der Anteil von Festbrennstoffheizungen groß ist, andererseits die Verkehrsimmissionen insgesamt eher gering bleiben.

Das Problem ist generell vor allem die Quantifizierung diffuser Emissionen und der Umwandlungsprodukte sowie die Abschätzung, welcher Teil der Staubimmissionen lokal verursacht wird bzw. als regionale Grundbelastung (natürlicher Hintergrund, verfrachtete anthropogene Emissionen) anzusehen ist.

Tabelle 8: Feinstaub-Konzentrationen 15.07. – 30.09.2004

15.07.2004 - 30.09.2004	Messergebnisse PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Grenzwert PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	100			
97,5-Perzentil	28			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	23			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	29	50	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorte-Richtlinie	58%
MPMW – Messperiodenmittelwert	11			

Abbildung 8: Box-Plot-Darstellung der PM10-Belastung 15.07.-30.09.2004

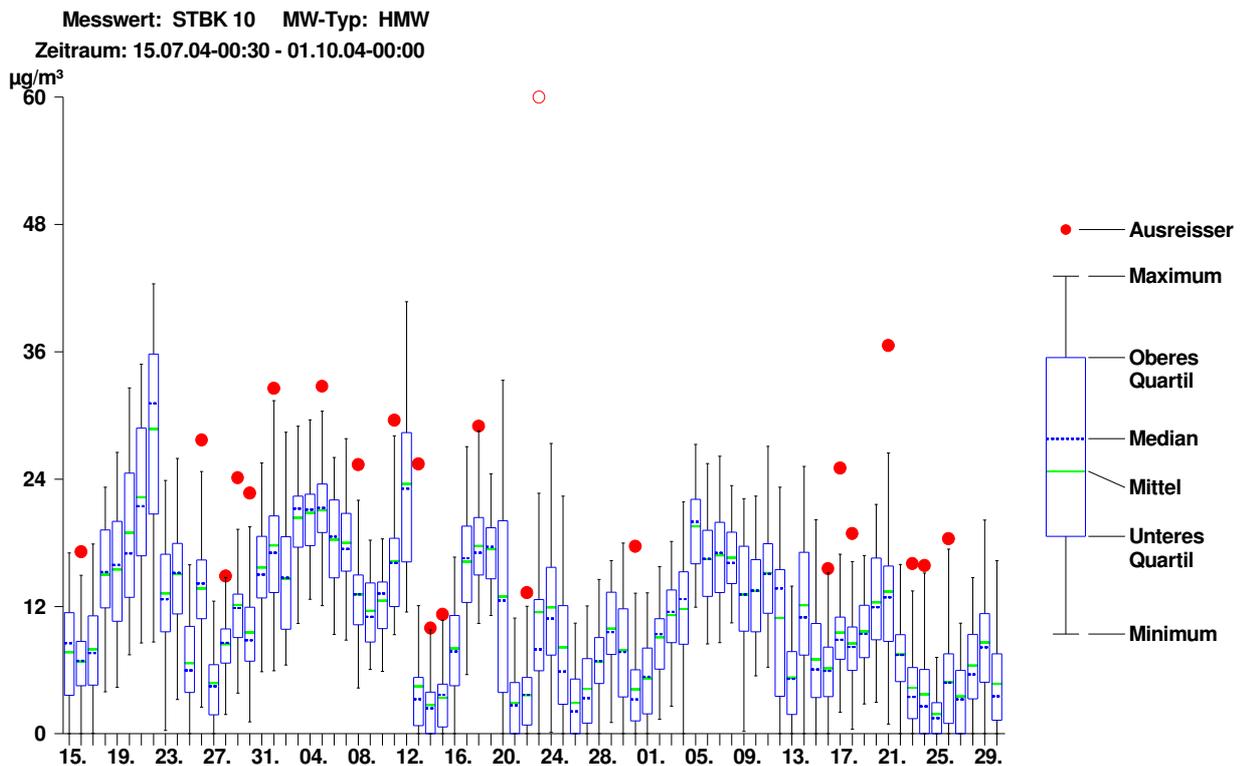


Abbildung 9: Feinstaubkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenz-Messstationen 15.07. – 30.09.2004

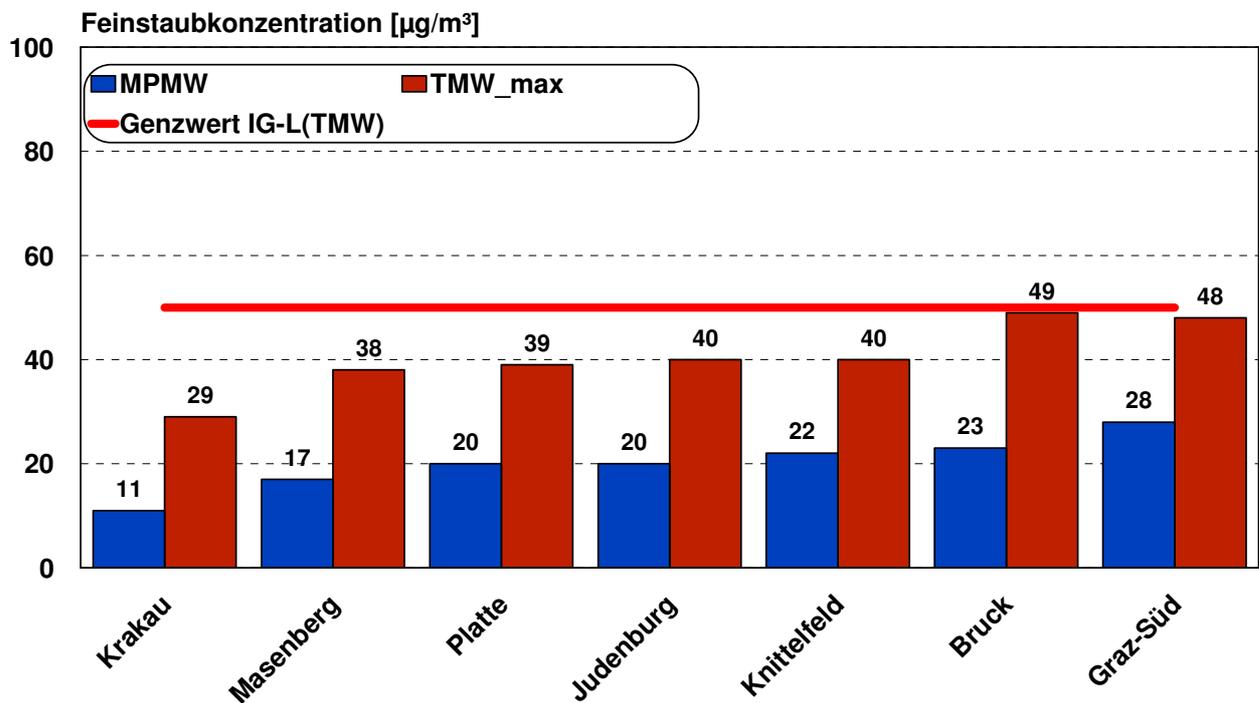


Tabelle 9: Feinstaub-Konzentrationen 01.10. – 15.11.2004

01.10.2004 - 15.11.2004	Messergebnisse PM10 [µg/m³]	Grenzwert PM10 [µg/m³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	54			
97,5-Perzentil	35			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	27			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	34	50	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorte-Richtlinie	68%
MPMW – Messperiodenmittelwert	12			

Abbildung 10: Box-Plot-Darstellung der PM10-Belastung 01.10.-15.11.2004

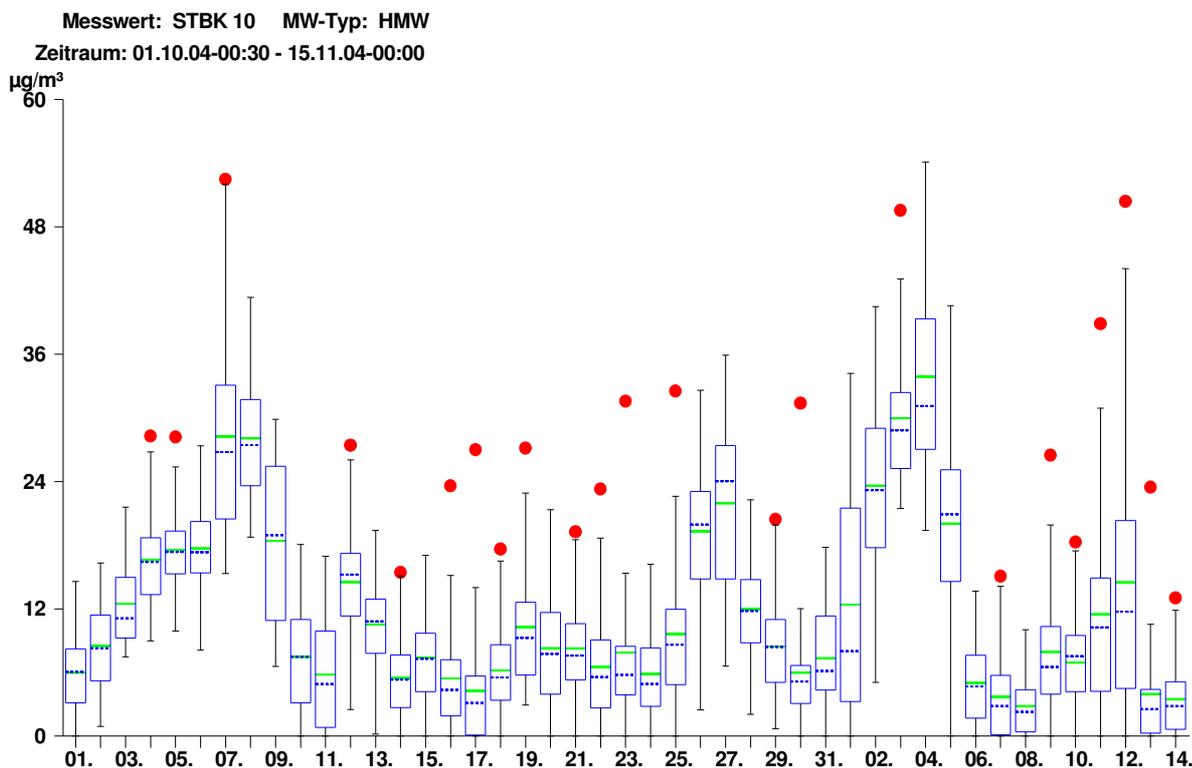
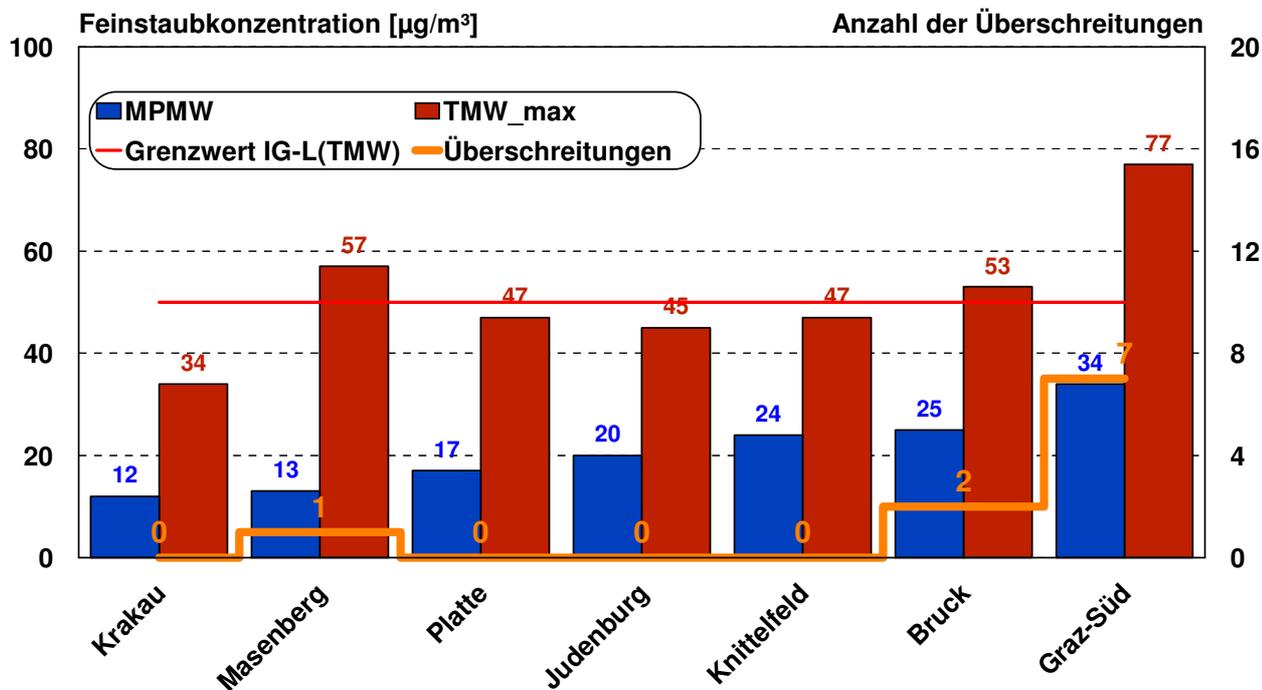


Abbildung 11: Feinstaubkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenz-Messstationen 01.10. – 15.11.2004



Die PM10-Belastung war in den Monaten Juli – September 2004 in der gesamten Steiermark gering, es wurden auch in Ballungsräumen keine Grenzwertüberschreitungen registriert.

riert. Die Feinstaubkonzentrationen lagen in Krakau sogar noch unter jenen an der Hintergrund-Messstation auf dem Masenberg.

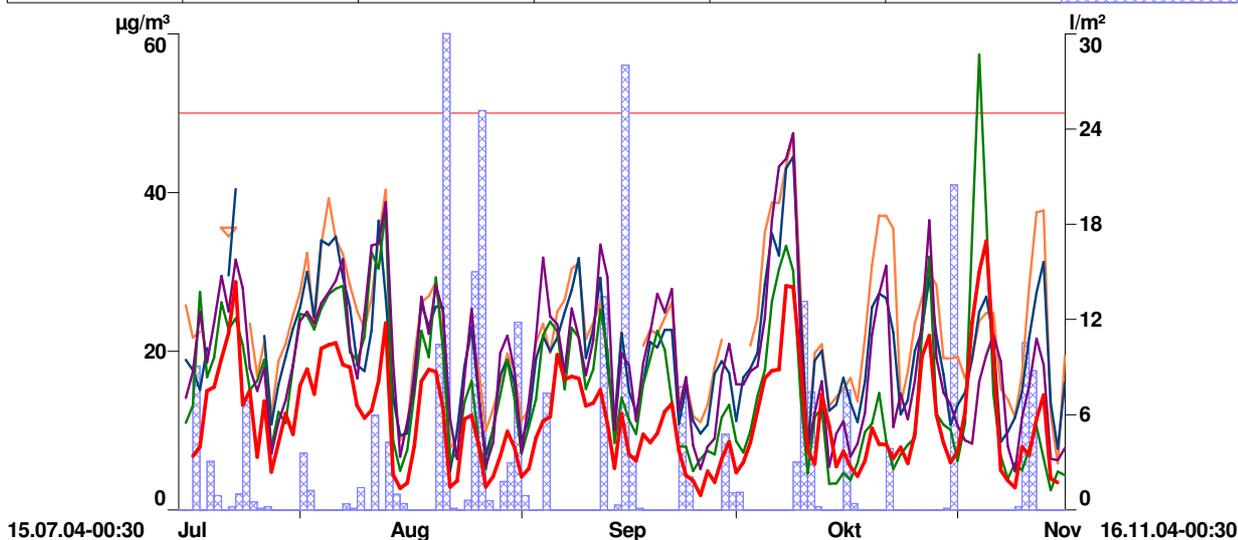
In den Monaten Oktober – November 2004 wurden in größeren Ballungsräumen bereits mehrere Überschreitungen des Grenzwertes gemäß IG-L registriert, während in Krakau weiterhin kaum ein Anstieg der Feinstaubbelastung registriert wurde – außer der bereits erwähnten Periode zwischen 02.11. und 05.11.2004.

Bezüglich Feinstaub kann daher der Messstandort der Mobilien Messungen in Krakau als stark unterdurchschnittlich belastet eingestuft werden, die Messwerte lagen deutlich unter jenen aller zum Vergleich herangezogenen Messstationen.

Die folgende Abbildung zeigt die PM10-Konzentrationen an verschiedenen Messstellen im Vergleich zu den Niederschlägen im Messzeitraum, gemessen an der Messstation Pöls-Ost. Ausgiebiger Regen reinigt die Luft und verringert die Staubbelastung. Zudem ist deutlich zu sehen, dass die PM10-Belastung in Krakau auf niedrigstem Niveau lag. Lediglich in den Tagen zwischen 02.11. und 05.11.2004 stiegen die Konzentrationen überdimensional an, was aber auch an der Hintergrund-Messstation am Masenberg registriert wurde, wo sogar der Grenzwert gemäß IG-L überschritten wurde. Hierbei könnte es sich um eine großräumigere Verfrachtung von Staubemissionen gehandelt haben.

Abbildung 12: Tagesmittelwerte PM10 an steirischen Messstationen im Vergleich zur Niederschlagstätigkeit

Station:	MOBILE 1	Platte	Masenbg.	Judenbg.	Knittel.	Pöls-O
Seehöhe:	375	661	1180	715	635	795
Messwert:	STBK 10	STBK 10	STBK 10	STBK 10	STBK 10	NIED
MW-Typ:	TMW	TMW	TMW	TMW	TMW	TAGSUM
Zeitraum:	1	1	1	1	1	1
Y - Achse:	1	1	1	1	1	2
Muster:						



5.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)

Tabelle 10: Stickstoffmonoxid-Konzentrationen 15.07.-30.09.2004

15.07.2004 - 0.09.2004	Messergebnisse NO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Grenzwerte NO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	20			
97,5-Perzentil	1			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	2			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	1			
MPMW - Messperiodenmittelwert	0			

Abbildung 13: Box-Plot-Darstellung der Stickstoffmonoxidbelastung 15.07.-30.09.2004

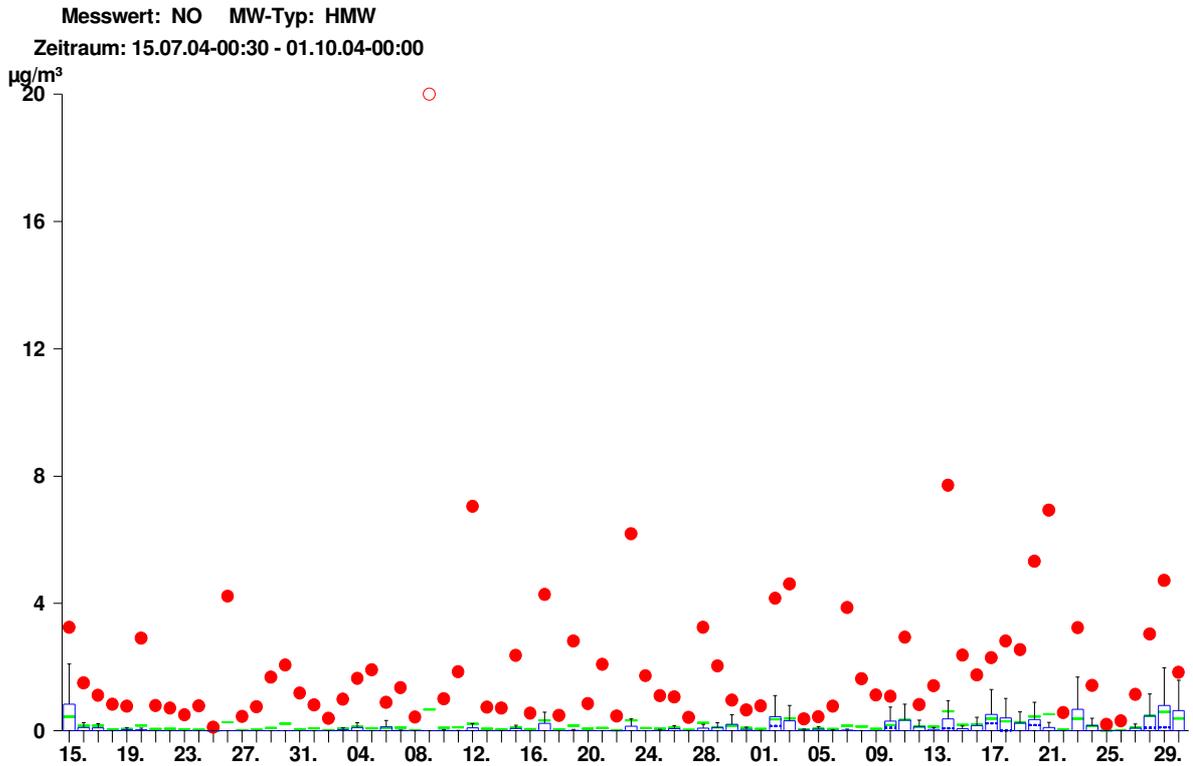


Abbildung 14: Stickstoffmonoxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenz-Messstationen; 15.07.-30.09.2004

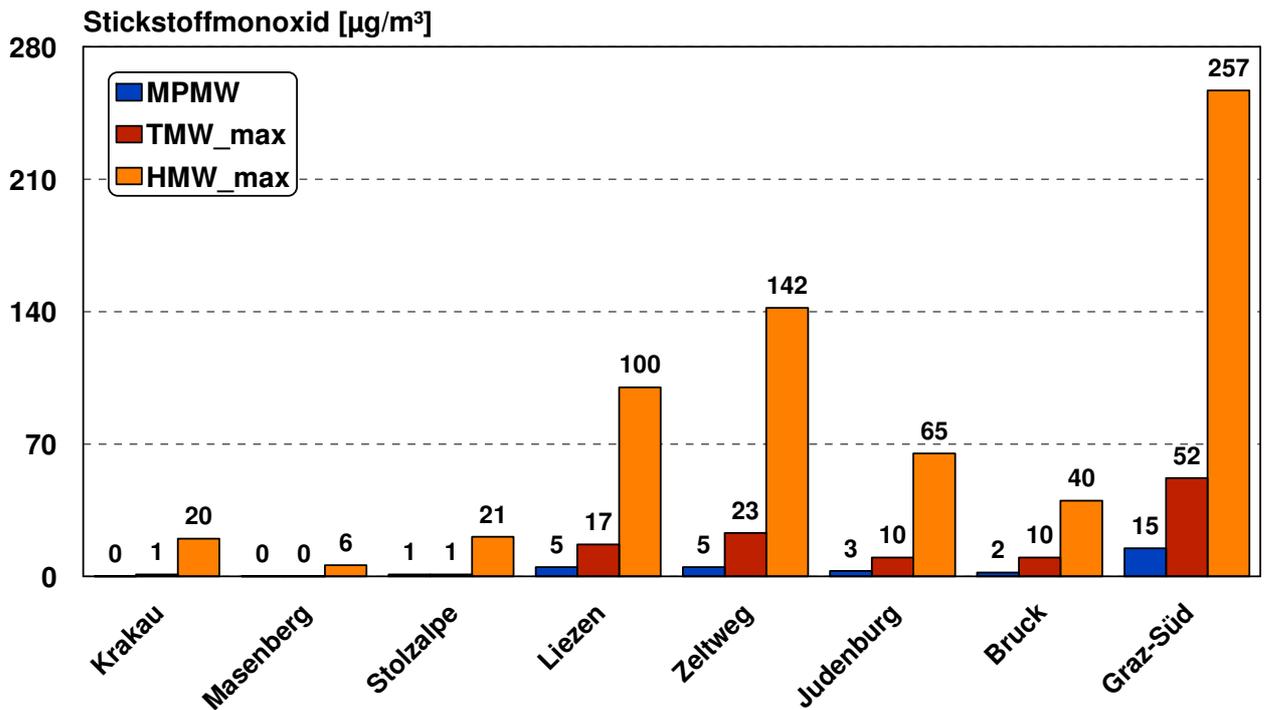


Tabelle 11: Stickstoffmonoxid-Konzentrationen; 01.10.-15.11.2004

01.10.2004 - 15.11.2004	Messergebnisse NO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Grenzwerte NO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	23			
97,5-Perzentil	4			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	5			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	4			
MPMW - Messperiodenmittelwert	1			

Abbildung 15: Box-Plot-Darstellung der Stickstoffmonoxidbelastung; 01.10.-15.11.2004

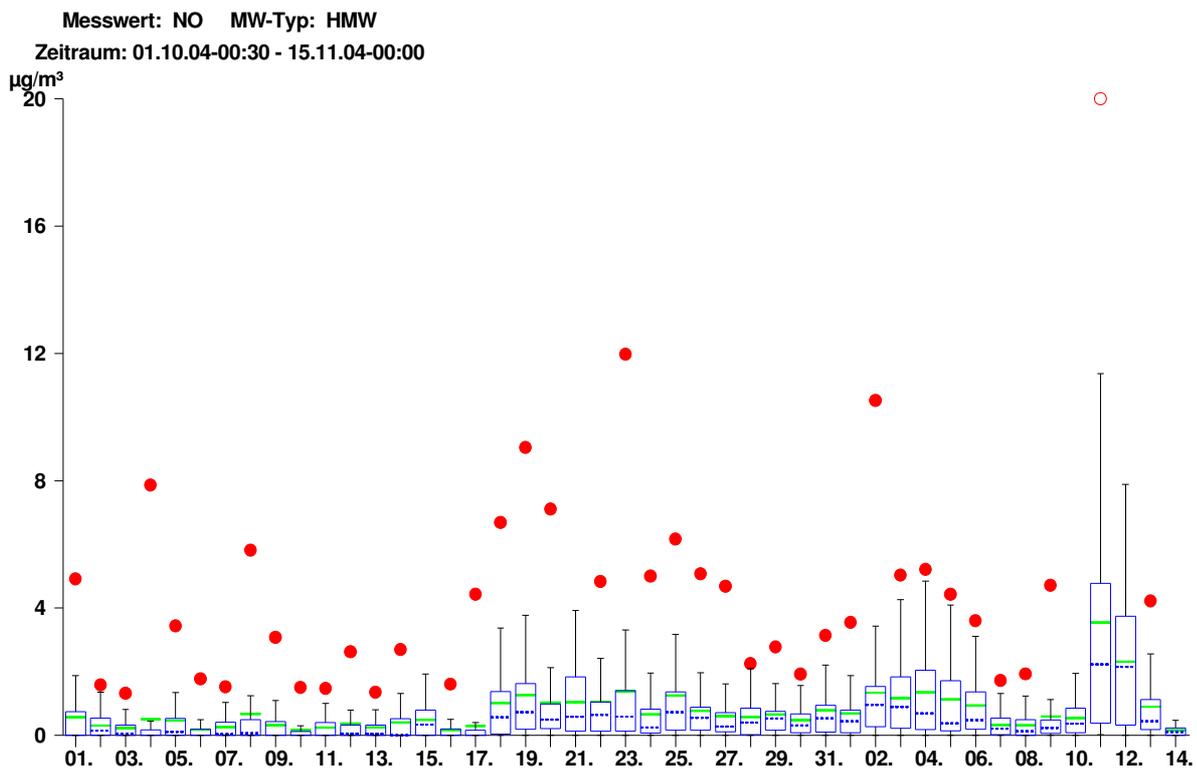
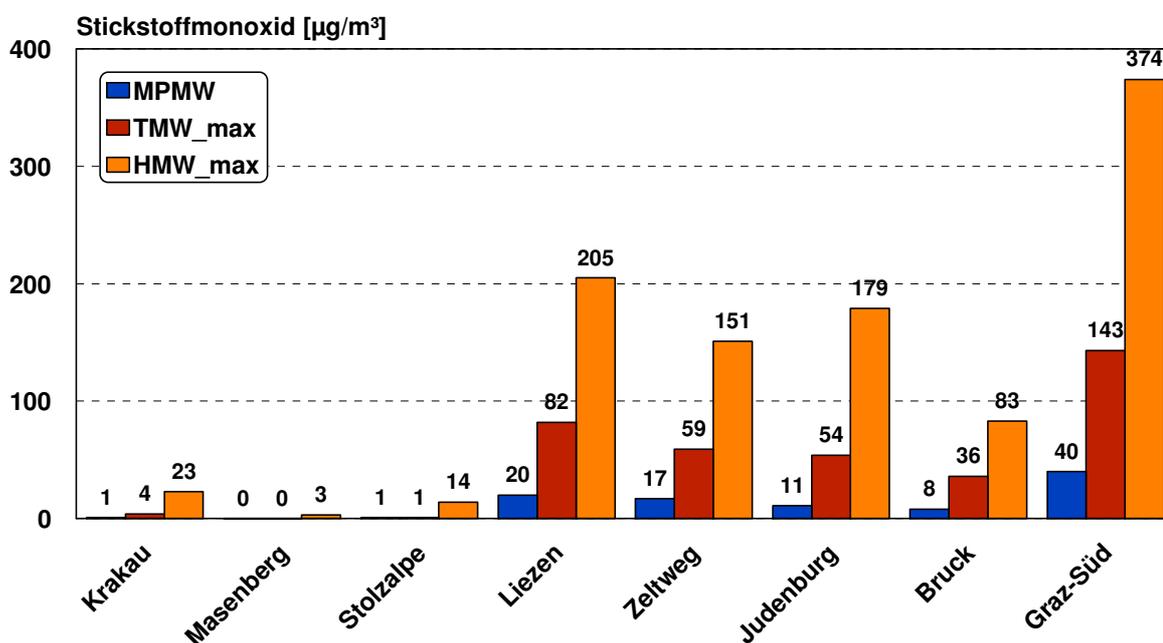


Abbildung 16: Stickstoffmonoxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenz-Messstationen; 01.10.-15.11.2004



Als Hauptverursacher der Stickstoffoxidemissionen (NO_x) gelten der Kfz-Verkehr sowie Gewerbe- und Industriebetriebe. Dabei macht der NO-Anteil etwa 75 - 90% 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.

Zur Beurteilung der Stickstoffmonoxidkonzentrationen sind keine Grenzwerte festgelegt, ein Vergleich mit anderen steirischen Messstationen bestätigt jedoch für den gesamten Messzeitraum sowohl hinsichtlich der maximalen Halbstundenmittelwerte als auch der Tagesmittelwerte eine unterdurchschnittliche NO-Belastung in Krakau, wie sie sonst nur an siedlungs- und verkehrsfernen Hintergrund- und Höhenmessstellen registriert wird.

5.2.4 Stickstoffdioxid (NO₂)

Tabelle 12: Stickstoffdioxid-Konzentrationen 15.07.-30.09.2007

15.07.2004 - 30.09.2004	Messergebnis- se NO ₂ [µg/m ³]	Grenzwerte NO ₂ [µg/m ³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	11	200 100	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	5,5% 11%
97,5-Perzentil	2			
Mtmax - durchschnittli- ches tägliches Maximum	2			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	1	80 ¹⁾ 50	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	1,3% 2%
MPMW - Mess- periodenmittelwert	0			

¹⁾ Zielwert

Abbildung 17: Box-Plot-Darstellung der Stickstoffdioxidbelastung 15.07.-30.09.2004

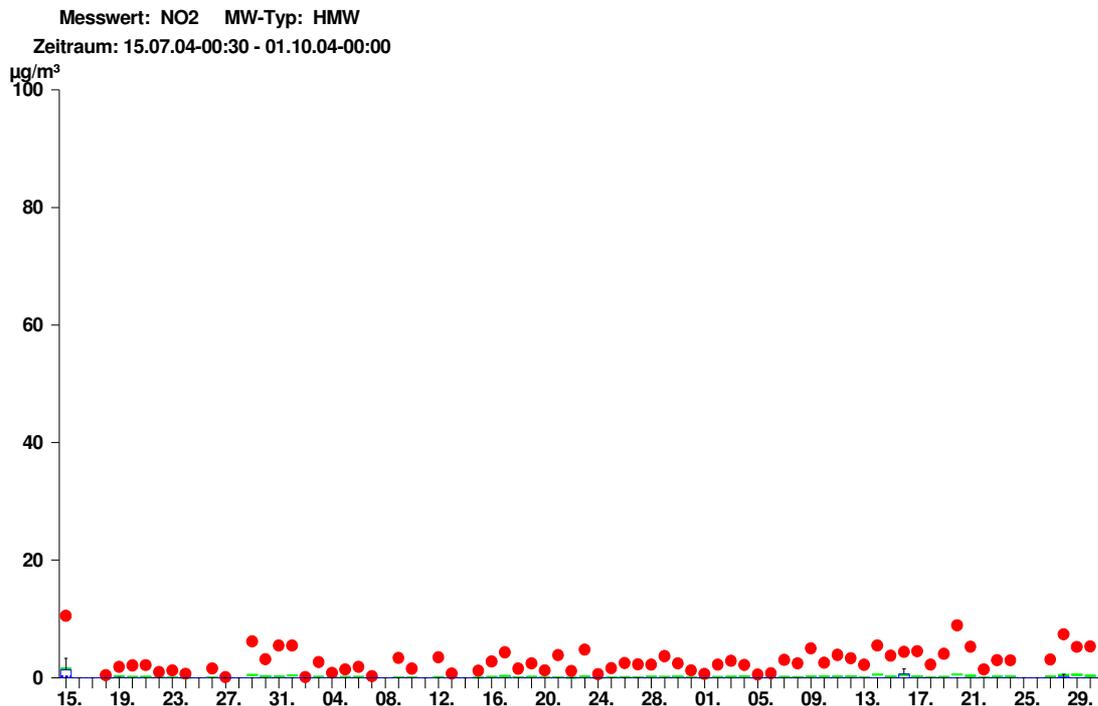


Abbildung 18: Stickstoffdioxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenzmessstationen 15.07.-30.09.2004

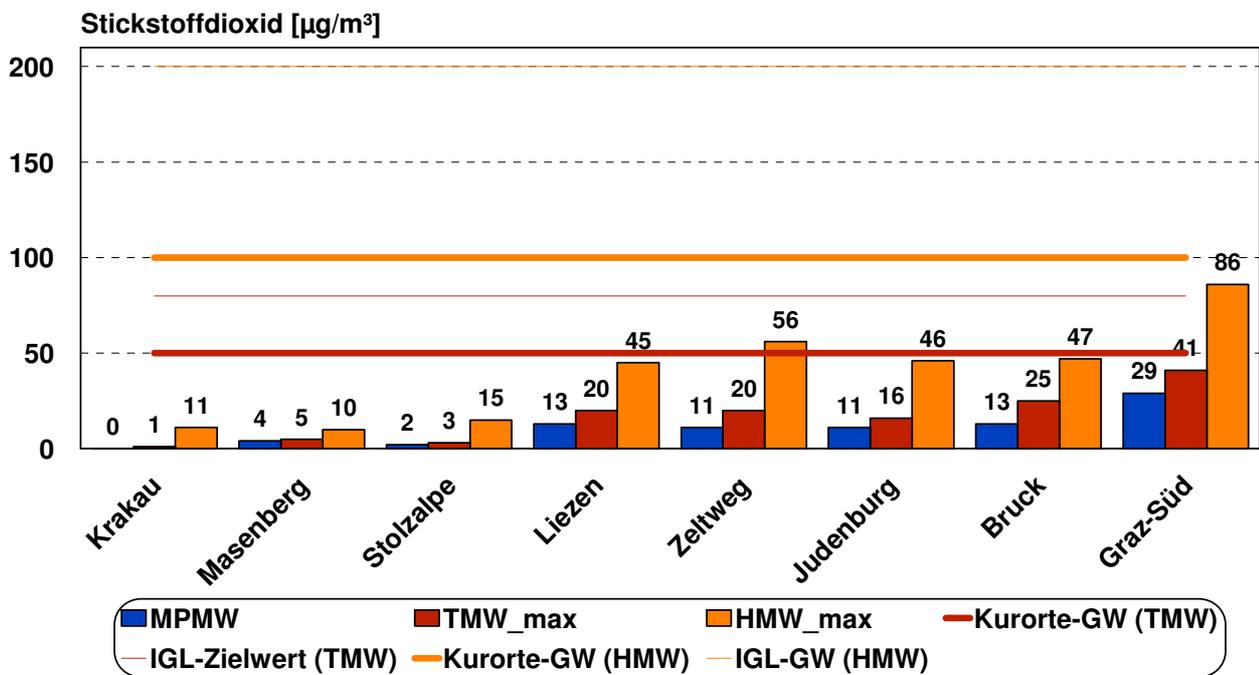


Tabelle 13: Stickstoffdioxid-Konzentrationen; 01.10.-15.11.2004

01.10.2004 - 15.11.2004	Messergebnis- se NO ₂ [µg/m ³]	Grenzwerte NO ₂ [µg/m ³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	32	200 100	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorte- richtlinie	16% 32%
97,5-Perzentil	11			
Mtmax - durchschnittli- ches tägliches Maximum	9			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	8	80 ¹⁾ 50	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorte- richtlinie	10% 16%
MPMW - Messperioden- mittelwert	3			

¹⁾ Zielwert

**Abbildung 19: Box-Plot-Darstellung der Stickstoffdioxidbelastung
01.10.-15.11.2004**

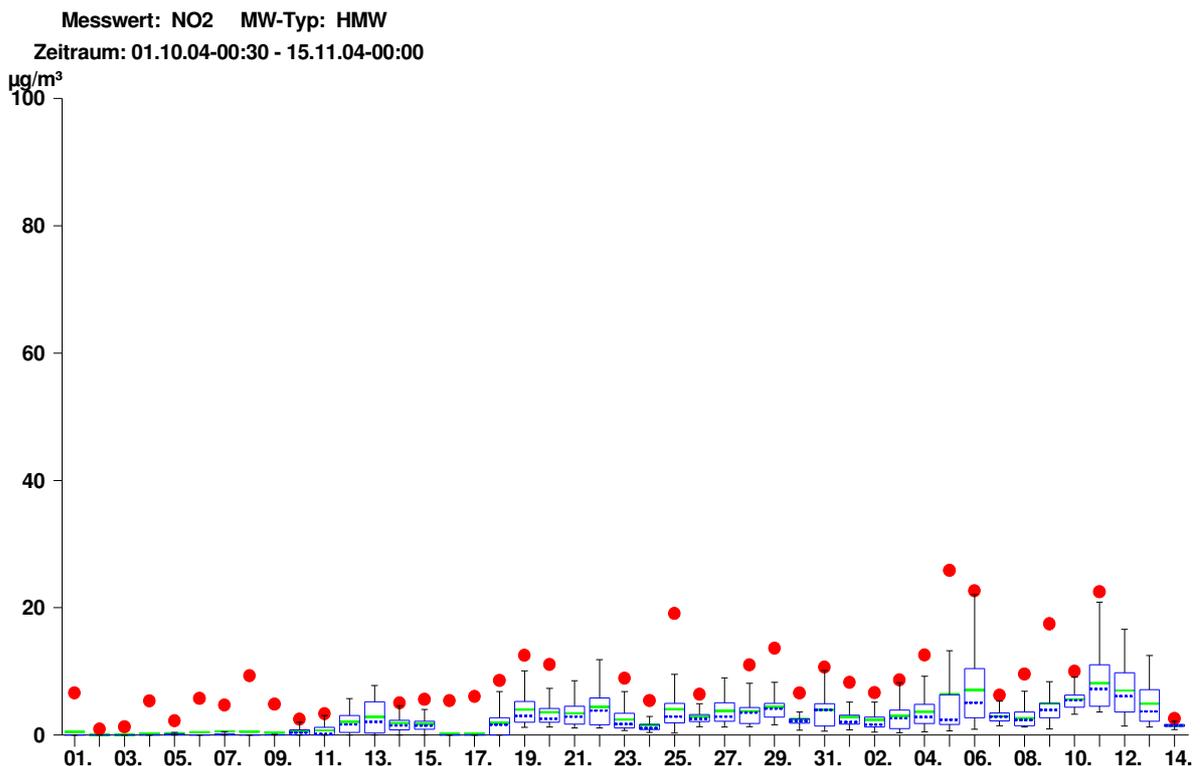
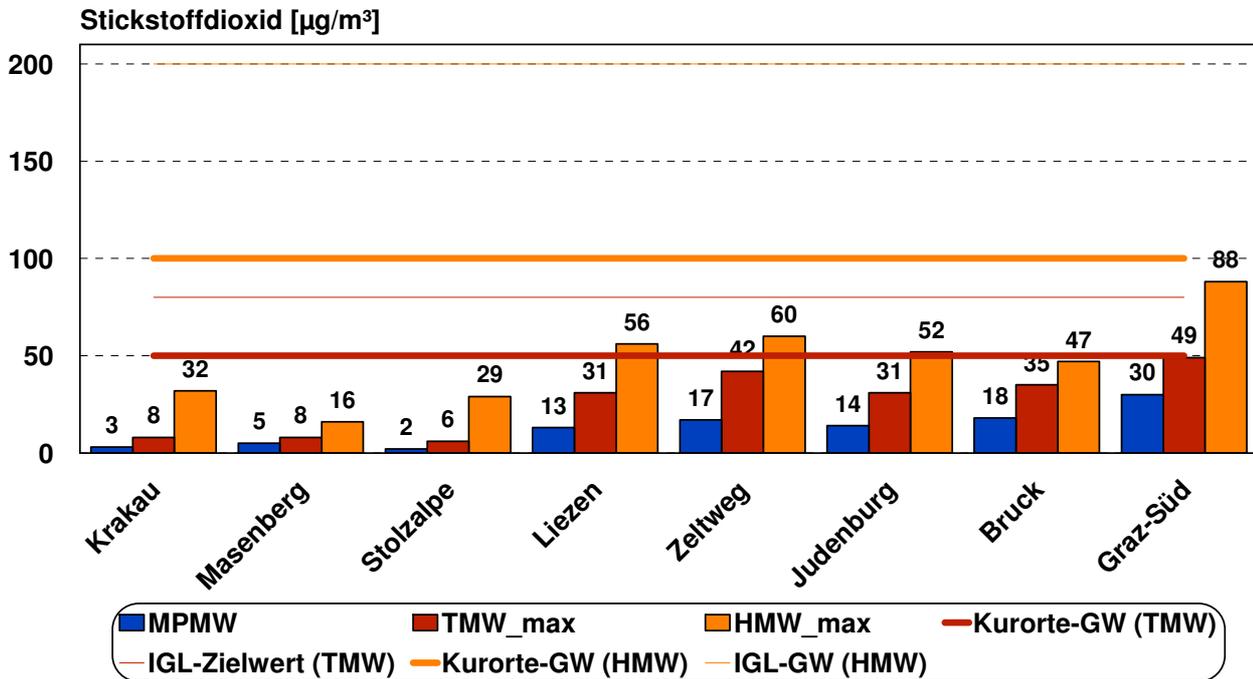


Abbildung 20: Stickstoffdioxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenzmessstationen 01.10.-15.11.2007



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

Bei den NO_2 -Konzentrationen wurden während der Messungen sowohl hinsichtlich der maximalen Halbstundenmittelwerte als auch bezüglich der maximalen Tagesmittelwerte keine Überschreitungen der Zielwerte nach dem IG-L oder den Richtwerten der Kurortrichtlinie registriert.

Im Vergleich mit anderen steirischen Messstellen zeigte sich in Krakau eine ähnliche Belastungssituation wie an den Hintergrundmessstationen auf dem Masenberg oder auf der Stolzalpe. Damit bewegte sich die Belastung durch Stickstoffdioxid in Krakau auf sehr niedrigem Niveau.

5.2.5 Schwefeldioxid (SO_2)

SO_2 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 höher als im Sommer.

Zu Beginn der Messungen konnten bis 02.08.2004 keine Schwefeldioxid-Messwerte aufgrund eines Defektes am Messgerät erhalten werden. Die SO_2 -Konzentrationen blieben während des gesamten übrigen Messzeitraumes sowohl bei den maximalen Halbstundenmittelwerten als auch bei den Tagesmittelwerten deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten.

Im Vergleich mit anderen steirischen Messstationen zeigte sich während der Messungen in Krakau beim Luftschadstoff Schwefeldioxid eine deutlich unterdurchschnittliche Belastungssituation, ähnlich wie an Hintergrundmessstationen wie auf dem Rennfeld oder in Grundlsee am Tressensattel.

Tabelle 14: Schwefeldioxid-Konzentrationen 15.07.-30.09.2004

15.07.2004 - 30.09.2004	Messergebnisse SO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Grenzwerte SO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	11	200 100	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	5,5% 11%
97,5-Perzentil	1			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	0,8			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	0	120 50	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	0% 0%
MPMW - Messperiodenmittelwert	0			

Abbildung 21: Box-Plot-Darstellung der Schwefeldioxidbelastung 15.07.-30.09.2004

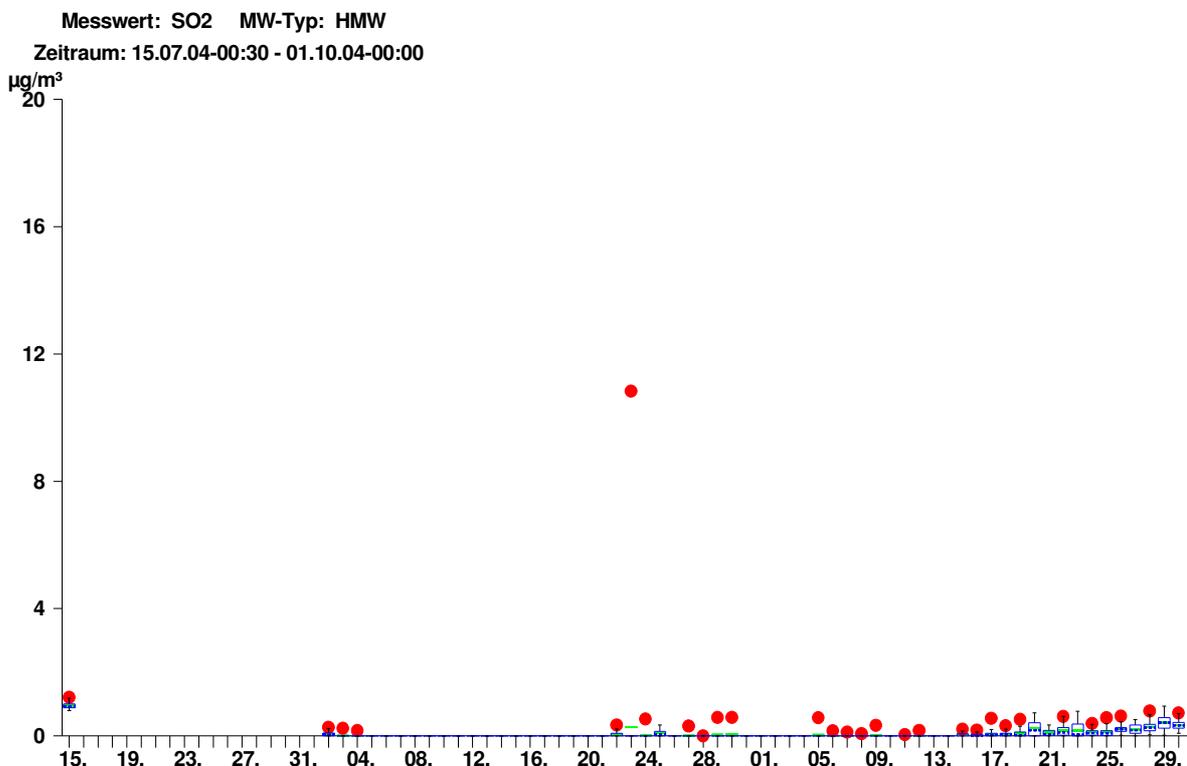


Abbildung 22: Schwefeldioxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenzmessstationen 15.07.-30.09.2004

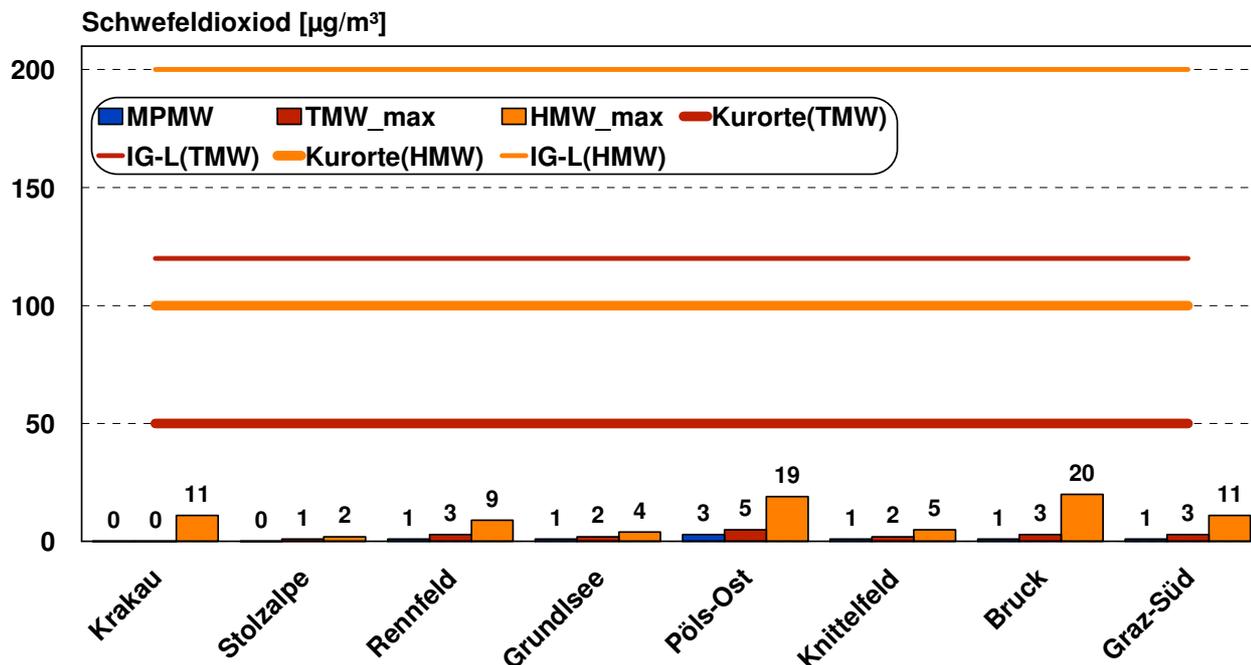


Tabelle 15: Schwefeldioxid-Konzentrationen 01.10.-15.11.2004

01.10.2004 - 15.11.2004	Messergebnisse SO ₂ [µg/m ³]	Grenzwerte SO ₂ [µg/m ³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
HMWmax - maximaler Halbstundenmittelwert	9	200 100	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterichtlinie	4,5% 9%
97,5-Perzentil	2			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	1,1			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	2	120 50	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterichtlinie	1,7% 4%
MPMW - Messperiodenmittelwert	0			

Abbildung 23: Box-Plot-Darstellung der Schwefeldioxidbelastung 01.10.-15.11.2004

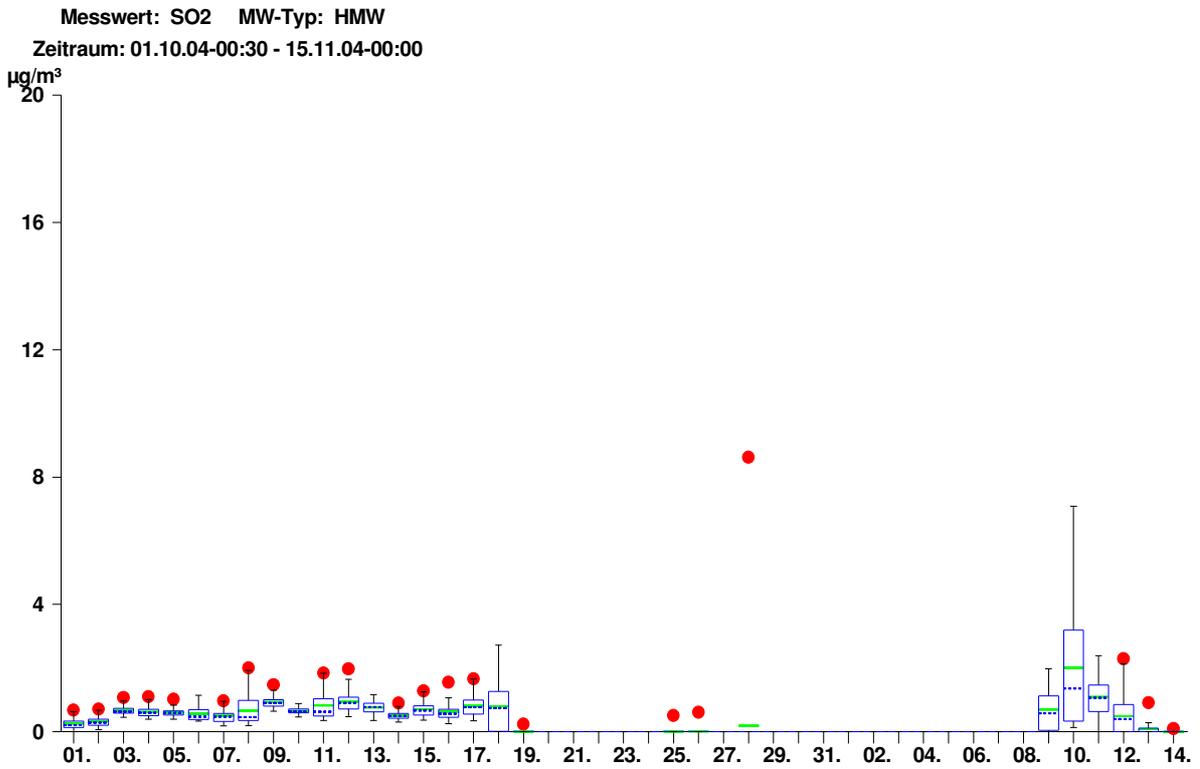
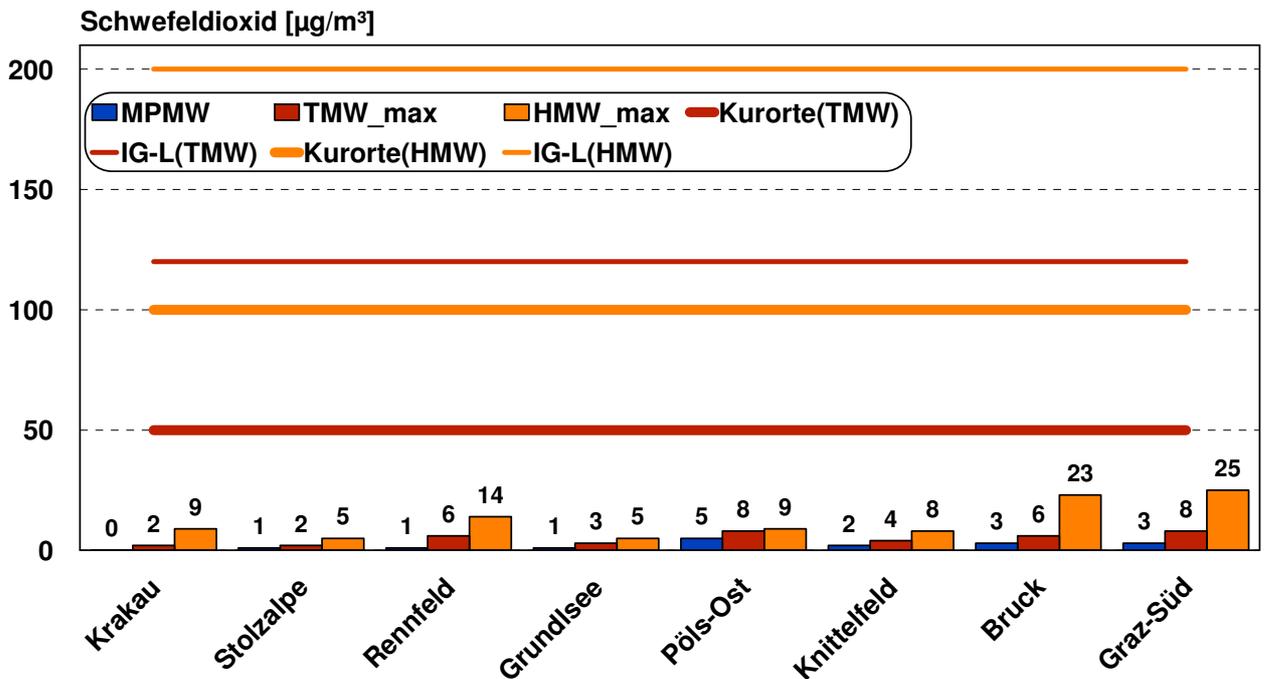


Abbildung 24: Schwefeldioxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenzmessstationen 01.10.-15.11.2004



5.2.6 Kohlenmonoxid (CO)

Tabelle 16: Kohlenmonoxid-Konzentrationen 15.07.-30.09.2004

15.07.2004 - 30.09.2004	Messergebnisse CO [mg/m ³]	Grenzwert CO [mg/m ³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
MW_08max - maximaler Achtstundenmittelwert	0,2	10 5	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorte-Richtlinie	2% 4%
97,5-Perzentil	0,2			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	0,2			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	0,2			
MPMW - Mess- periodenmittelwert	0,1			

**Abbildung 25: Box-Plot-Darstellung der Kohlenmonoxidbelastung
15.07.-30.09.2004**

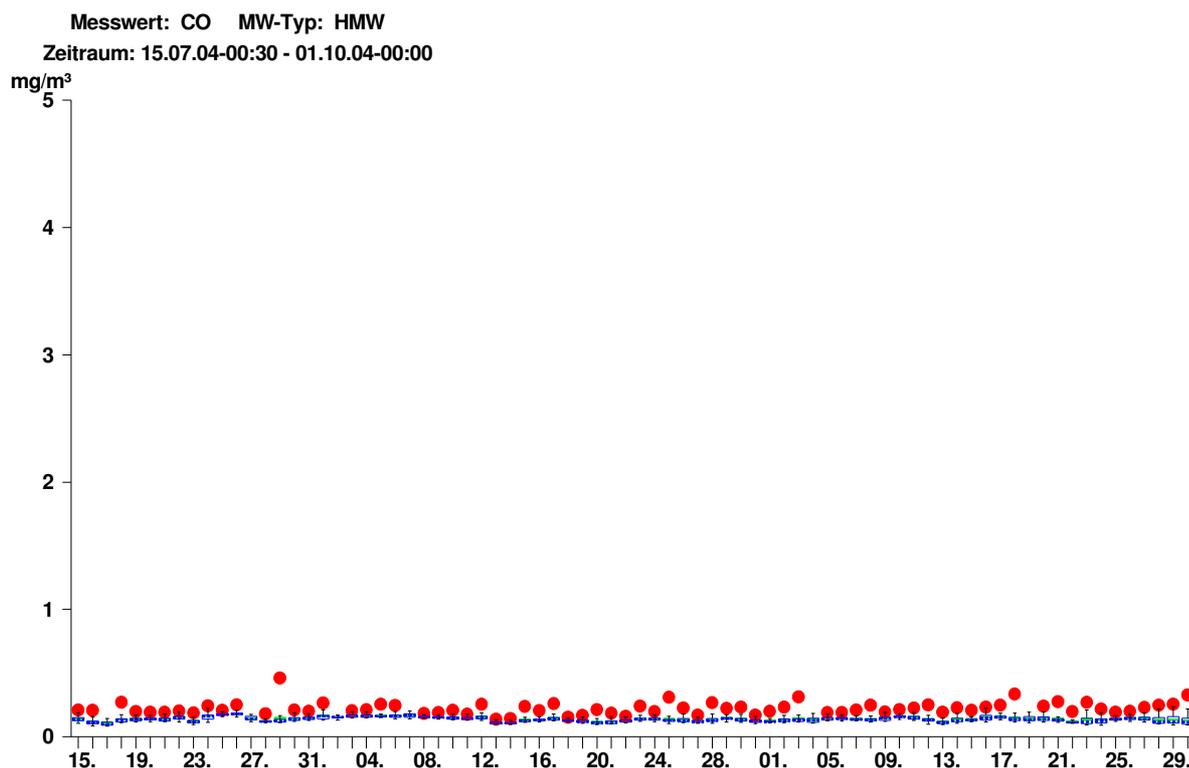


Abbildung 26: Kohlenmonoxidkonzentrationen im Vergleich mit steirischen Referenzmessstationen 15.07. - 30.09.2004

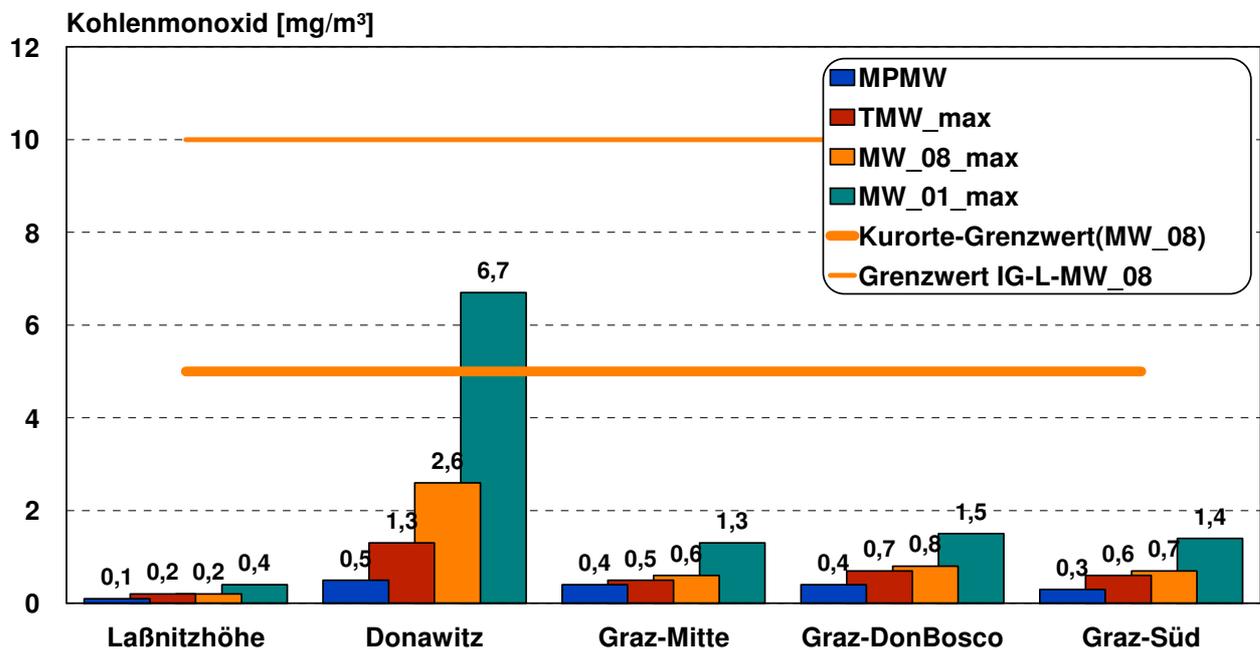
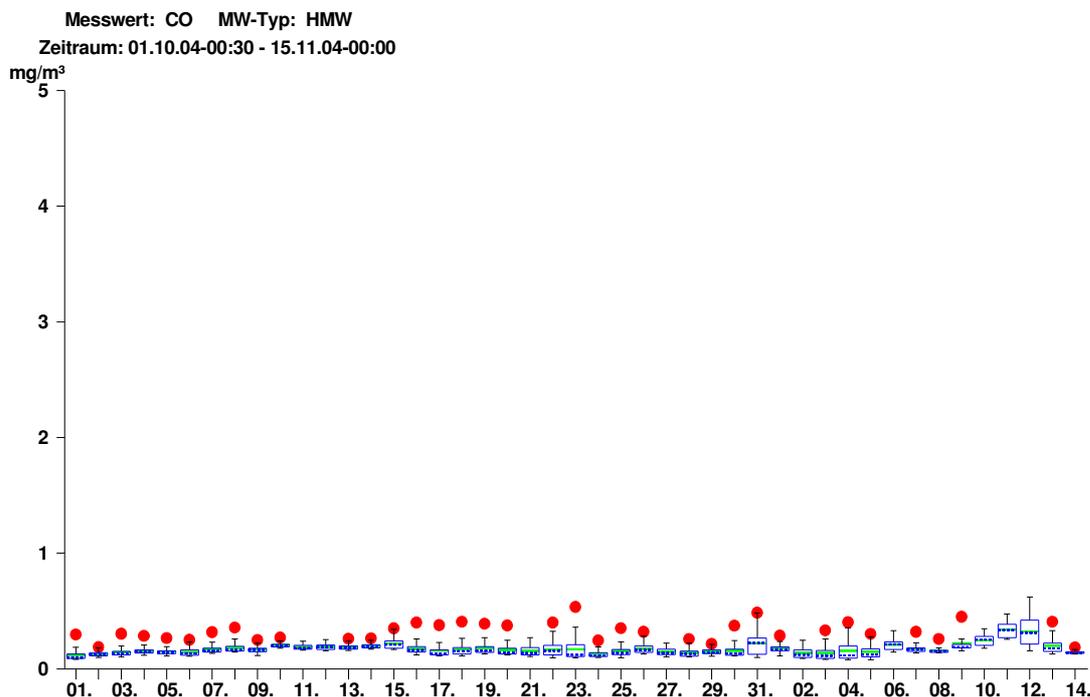


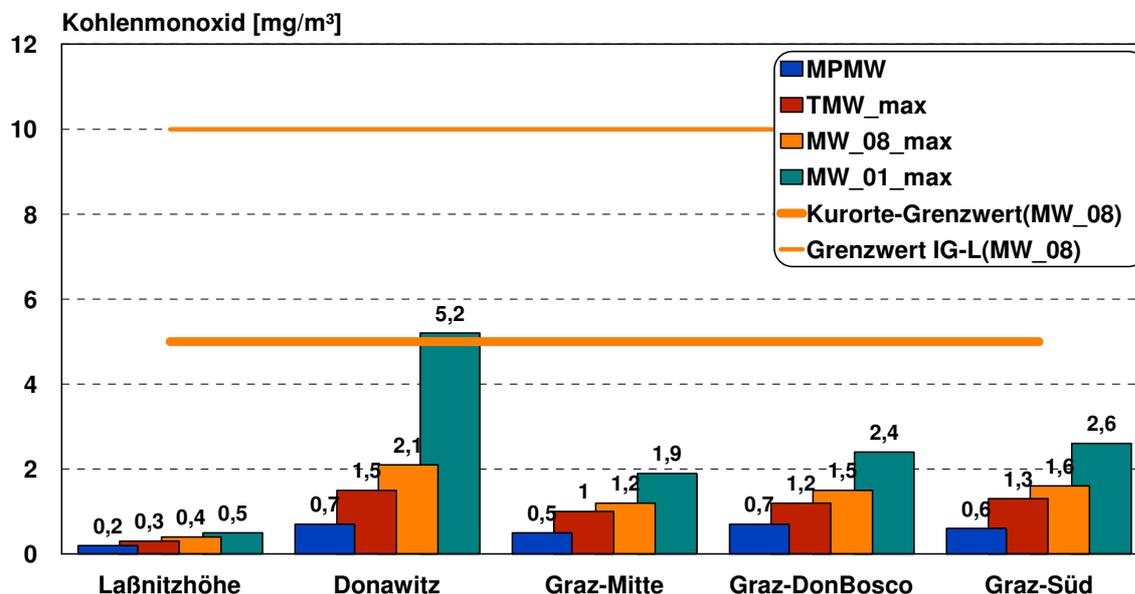
Tabelle 17: Kohlenmonoxid-Konzentrationen 01.10. - 15.11.2004

01.10.2004 - 15.11.2004	Messergebnis- se CO [mg/m ³]	Grenzwert CO [mg/m ³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
MW_08max - maximaler Achtstundenmittelwert	0,4	10 5	BGBI. I Nr. 115/1997 Kurorte-Richtlinie	4% 8%
97,5-Perzentil	0,4			
TMWmax - maximaler Tagesmittelwert	0,3			
Mtmax - durchschnittli- ches tägliches Maximum	0,3			
MPMW - Mess- periodenmittelwert	0,2			

**Abbildung 27: Box-Plot-Darstellung der Kohlenmonoxidbelastung
01.10.-15.11.2004**



**Abbildung 28: Kohlenmonoxidkonzentrationen im Vergleich mit
steirischen Messstationen 01.10.-15.11.2004**



Auch beim Kohlenmonoxid gelten der Kfz-Verkehr und der Hausbrand 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 in Krakau während der Messungen deutlich unter den Vorgaben der Kurorte-Richtlinie.

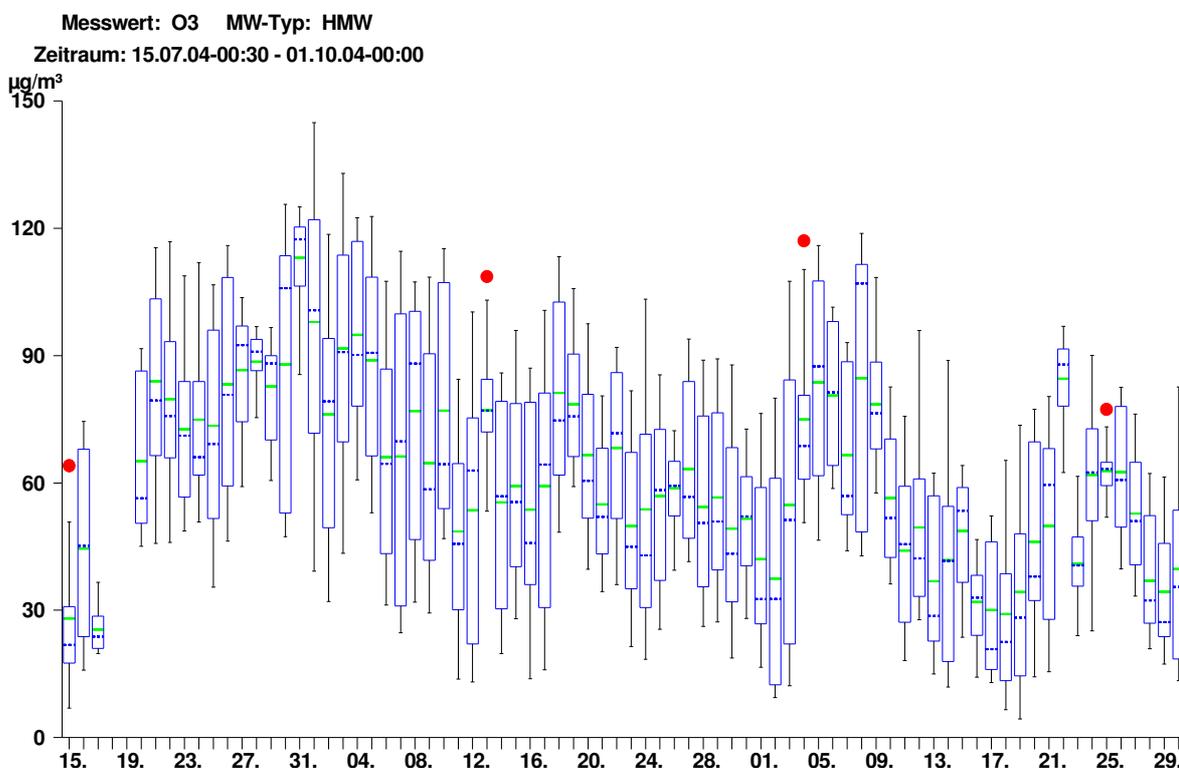
Die Kohlenmonoxidkonzentrationen werden in der gesamten Steiermark nur an einigen neuralgischen Punkten wie etwa an stark frequentierten Kreuzungsbereichen in Graz sowie an den beiden mobilen Messstationen erhoben. Dementsprechend ergibt ein Vergleich mit weiteren steirischen Messstellen für den Messstandort in Krakau erwartungsgemäß ein stark unterdurchschnittliches Belastungsniveau.

5.2.7 Ozon (O₃)

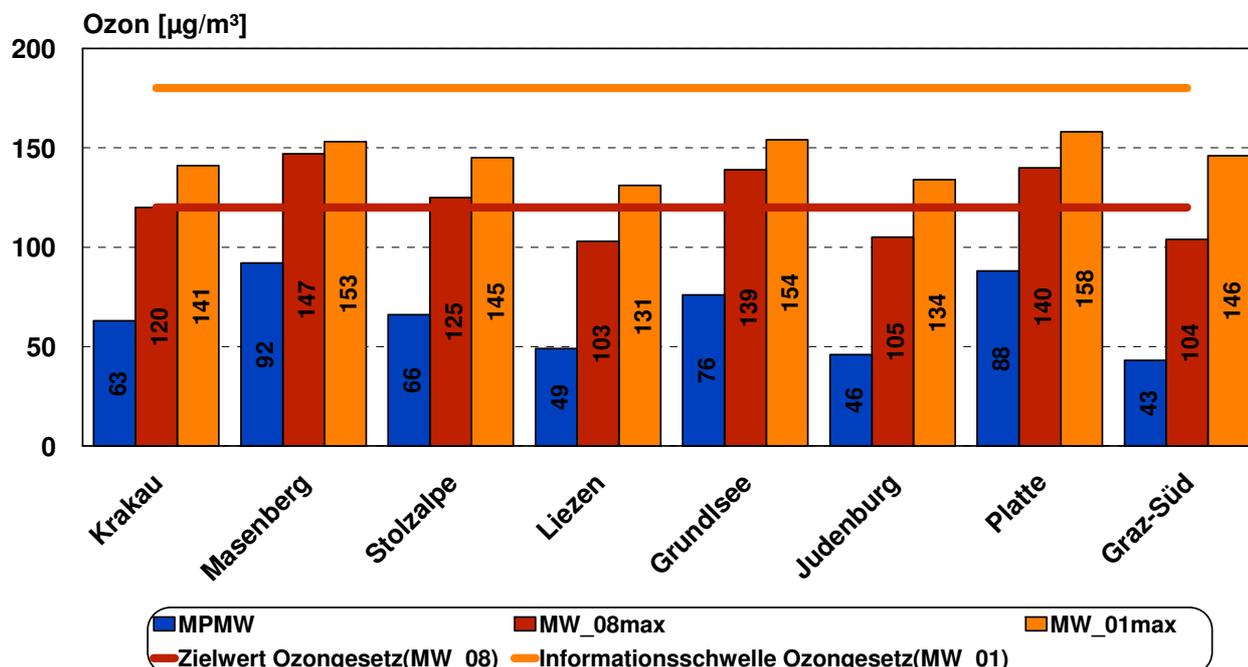
Tabelle 18: Ozon-Konzentrationen 15.07.-30.09.2004

15.07.2004 - 30.09.2004	Messergebnisse O ₃ [µg/m ³]	Grenzwerte O ₃ [µg/m ³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
MW_01max - maximaler Einstundenmittelwert	141	180	Informationsschwelle Ozongesetz	78%
97,5-Perzentil	116			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	95			
MW_08max - maximaler Achtstundenmittelwert	120	120	Zielwert Ozongesetz	100%
MPMW - Messperiodenmittelwert	63			

Abbildung 29: Box-Plot-Darstellung der Ozonbelastung 15.07.-30.09.2004



**Abbildung 30: Ozonkonzentrationen im Vergleich zu Grenzwerten
15.07.-30.09.2004**



Die Ozonbildung erfolgt in der bodennahen Atmosphäre in der wärmeren und sonnenstrahlungsreicheren Jahreszeit wesentlich stärker als in den Herbst- und Wintermonaten. Die winterlichen Ozonmessungen in Krakau haben aufgrund der Jahreszeit daher nur eine eingeschränkte Aussage und werden im Folgenden vornehmlich der Vollständigkeit halber diskutiert.

Tabelle 19: Ozon-Konzentrationen 01.10.-15.11.2004

01.10.2004 - 15.11.2004	Messergebnisse O3 [µg/m³]	Grenzwerte O3 [µg/m³]	Gesetze, Normen, Empfehlungen	Prozent des Grenzwertes
MW_01max - maximaler Einstundenmittelwert	90	180	Informationsschwelle Ozongesetz	50%
97,5-Perzentil	75			
Mtmax - durchschnittliches tägliches Maximum	61			
MW_08max - maximaler Achtstundenmittelwert	75	120	Zielwert Ozongesetz	63%
MPMW - Messperiodenmittelwert	38			

Abbildung 31: Box-Plot-Darstellung der Ozonbelastung 01.10.-15.11.2004

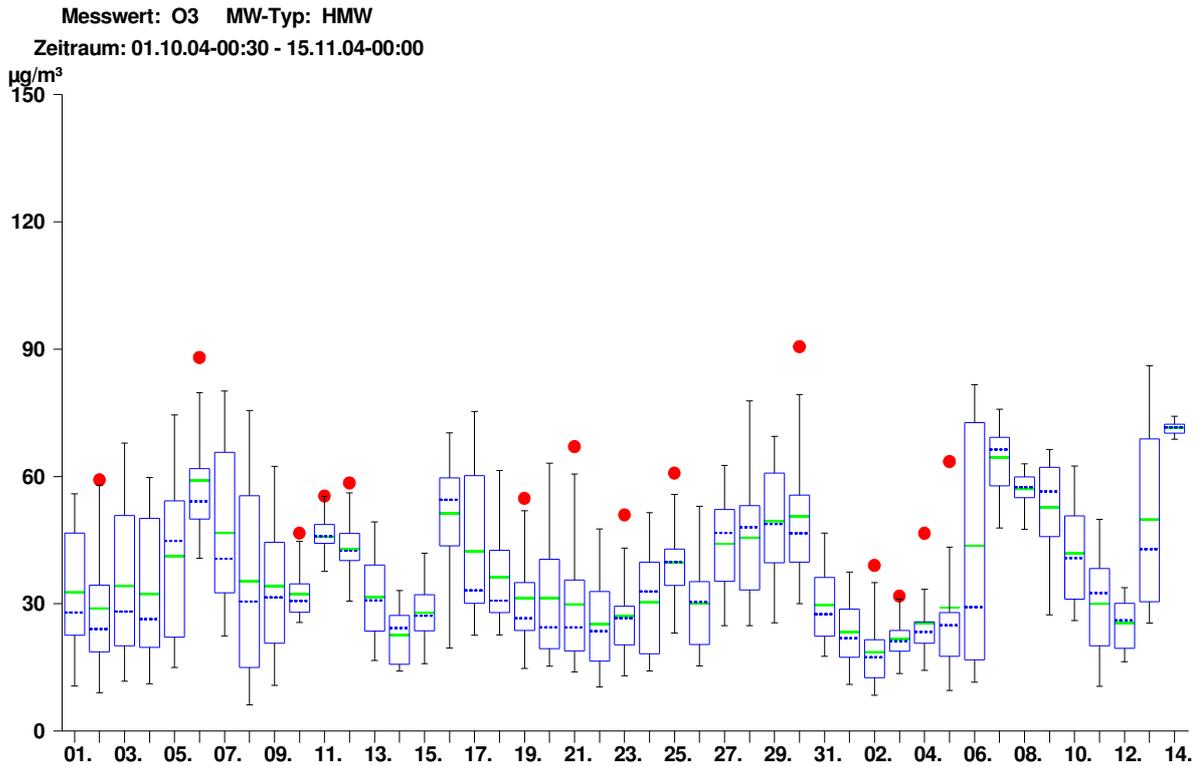
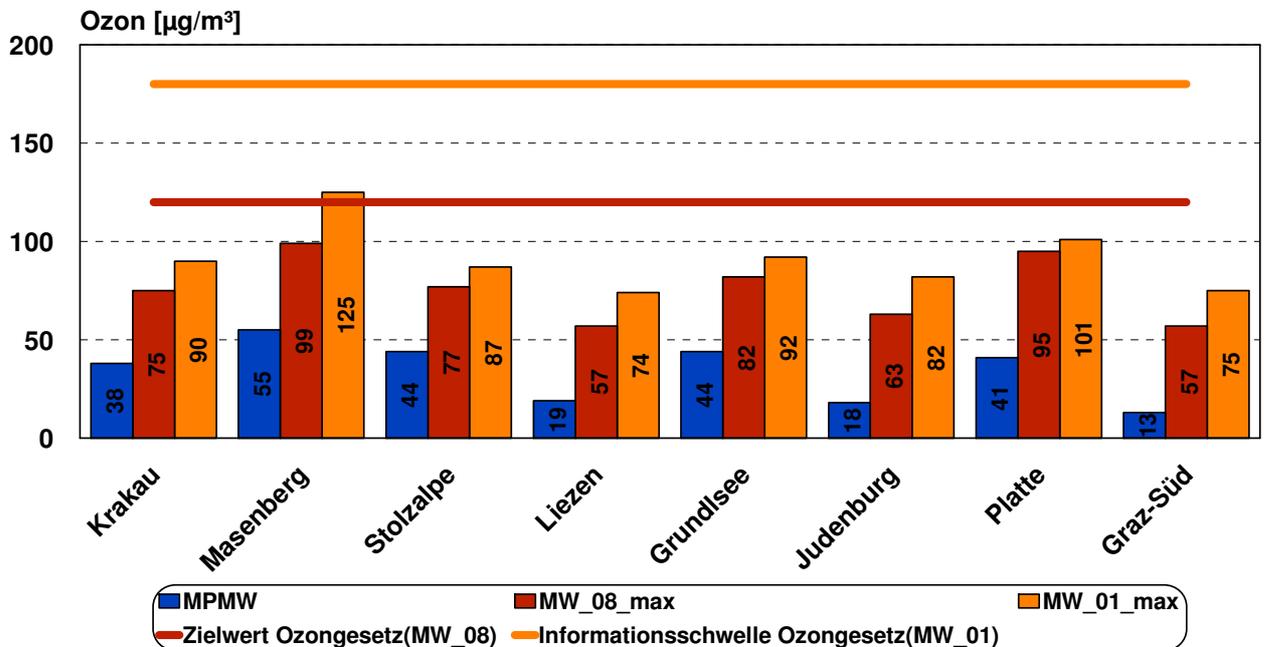


Abbildung 32: Ozonkonzentrationen im Vergleich zu Grenzwerten 01.10.-15.11.2004



Ozon wird als vorwiegend sekundärer Luftschadstoff nur in sehr geringem Maß direkt freigesetzt, viel mehr bildet es sich auf luftchemischem Weg aus anderen luftfremden Stoffen. Eine wesentliche Rolle zur Ozonbildung kommt daher 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.

Vereinfacht lässt sich die Ozonbildung so beschreiben, dass in einer ersten Reaktion Stickstoffdioxid unter Einwirkung von UV-Strahlung der Sonne in Stickstoffmonoxid und ein angeregtes Sauerstoffatom zerlegt wird (Photodissoziation):

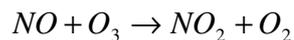


Das angeregte Sauerstoffatom vereinigt sich in der Folge mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoffmolekül zu Ozon:



In Reinluftgebieten erfolgt die Rückbildung eher langsam über Depositionsvorgänge und (in deutlich geringerem Maß) über neuerliche Photodissoziation.

In Bereichen mit hoher Schadstoffbelastung wie z.B. in Ballungsgebieten reagiert das Ozon sehr rasch mit Stickstoffmonoxid (z.B. aus dem KFZ-Verkehr) und bildet Stickstoffdioxid und Sauerstoff:



Das bedeutet einerseits, dass die Ozonkonzentration gerade an Orten mit ansonsten schlechter Luftqualität (z.B. in Städten) tendenziell niedriger ist als in so genannten Reinluftgebieten und andererseits, dass die Ozonbildung umso stärker ist, je mehr UV-Strahlung vorhanden ist.

Hohe Ozonkonzentrationen werden erreicht, wenn Kohlenwasserstoffe vorhanden sind. Diese können entweder durch menschliche Aktivitäten oder auch durch Pflanzen (z.B. Isoprene, Terpene aus Nadelwäldern) in die Atmosphäre gelangen. Diese Kohlenwasserstoffe werden durch freie OH-Radikale oxidiert, dabei entstehen so genannte Peroxidradikale $R-O-O^*$. Diese können wiederum Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidieren, wodurch der Ozonabbau verringert wird:



bzw.

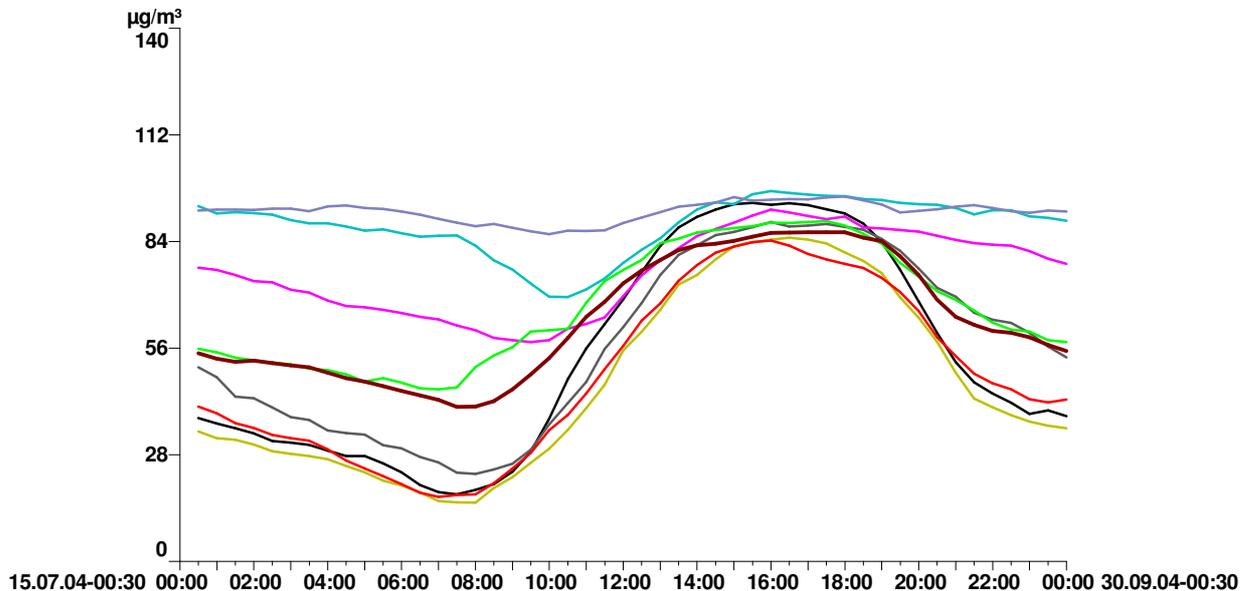


Das bedeutet, dass sich die Ozonspitzenkonzentrationen im Sommer zwar in unterschiedlichen Höhen und Siedlungsstrukturen (Stadt – Peripherie) in vergleichbaren Größenordnungen bewegen, dass aber die Tagesschwankung je nach Standort extrem variiert. Je siedlungsferner oder höher, desto schwächer wird die nächtliche Ozonrückbildung.

Die folgende Abbildung dokumentiert dies sehr gut anhand eines Vergleichs des mittleren Tagesganges der Mobilien Messstation in Krakau während der Sommermessung 2004 mit verschiedenen Messstationen in der Steiermark.

**Abbildung 33: Mittlerer Tagesgang der Ozonkonzentrationen
15.07.-30.09.2004**

Station:	MOBILE 1	Masenbg.	Stolzal.	Liezen	Judenbg.	Grundls.	Platte	Schloßb.	Graz-N
Messwert:	O3								
MW-Typ:	MITT_TAG								
Y - Achse:	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Muster:									



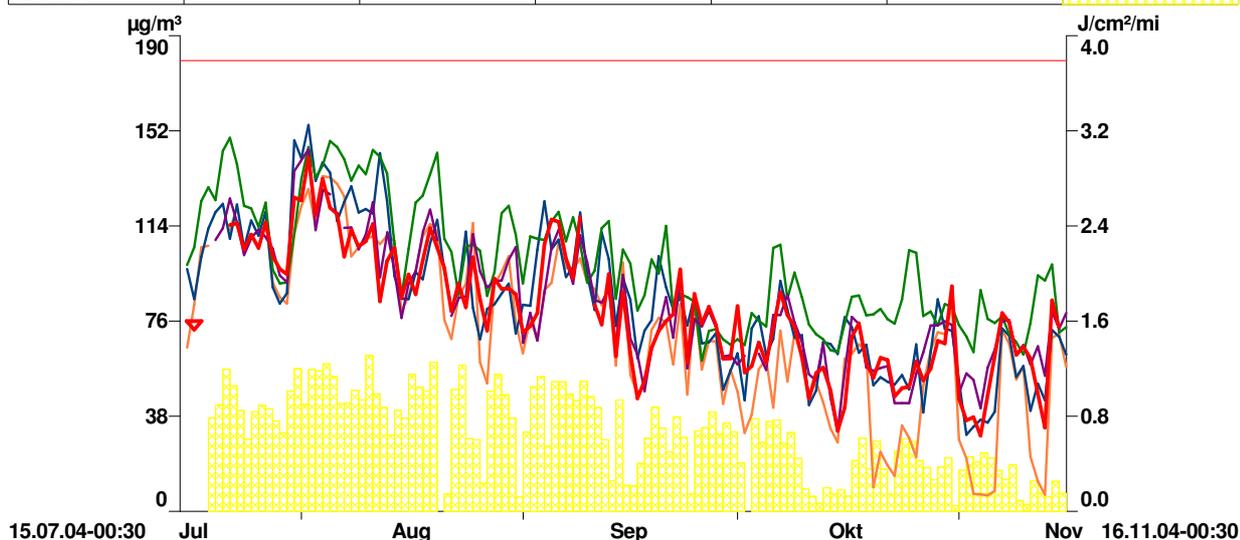
Die Talstationen in den Ballungsräumen Liezen, Judenburg und Graz-Nord weisen einen typischen ausgeprägten Tagesgang der Ozonkonzentrationen mit einem Konzentrationsmaximum am Nachmittag und einem sehr ausgeprägten Konzentrationsminimum in den Morgenstunden auf. Auch auf dem Schlossberg in Graz ist dieser Verlauf noch sehr ausgeprägt. In Krakau und an der etwas höher gelegenen Messstation auf der Stolzalpe ist dieser Verlauf noch gut erkennbar, wenn auch etwas weniger ausgeprägt. An der hoch gelegenen Messstation am Masenberg erfolgt hingegen keine nächtliche Konzentrationsabsenkung mehr, die Belastung bleibt auf einem hohen Niveau.

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. Krakau liegt im Ozon-Überwachungsgebiet 8 "Lungau und Oberes Murtal".

Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass sich die täglichen Ozonspitzenkonzentrationen in Krakau beinahe gleichlaufend mit den Konzentrationen an der Messstation auf der Stolzalpe – die im selben Überwachungsgebiet liegt – bewegen. Auch in Judenburg wurde über den Sommer ein sehr ähnlicher Verlauf registriert – erst im Herbst liegen hier die Konzentrationen weiter auseinander. Auf dem Rennfeld beispielsweise verlaufen die Ozonspitzenkonzentrationen deutlich anders, diese Messstation liegt im Überwachungsgebiet 2. Zudem ist gut ersichtlich, dass die Ozonkonzentrationen gleichlaufend mit abnehmender Sonneneinstrahlung abnehmen.

Abbildung 34: Maximale Ozonkonzentrationen über den gesamten Messzeitraum im Vergleich zur Informationsschwelle IG-L (MW_01)

Station:	MOBILE 1	Stolzal.	Rennfeld	Grundls.	Judenbg.	Stolzal.
Seehöhe:	375	1302	1620	980	715	1302
Messwert:	O3	O3	O3	O3	O3	SOEIN
MW-Typ:	MW_01_MAX	MW_01_MAX	MW_01_MAX	MW_01_MAX	MW_01_MAX	TAGSUM
Zeitraum:	1	1	1	1	1	1
Y - Achse:	1	1	1	1	1	2
Muster:						

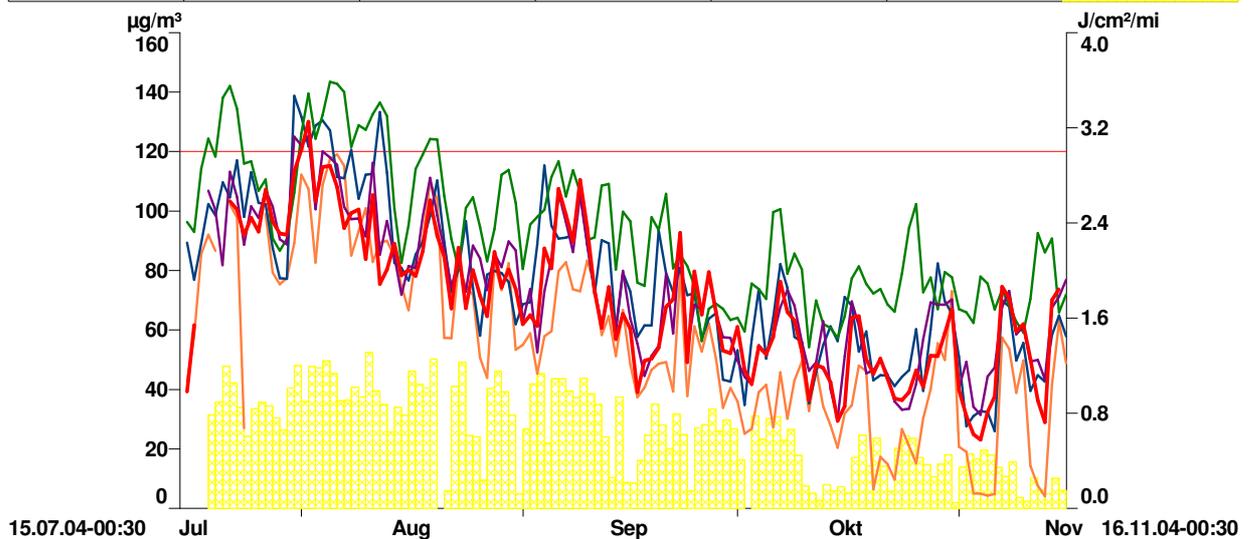


Der Sommer 2004 wirkte vom Witterungsverlauf her der Ozonbildung eher entgegen, da durchgehend heiße und sonnige Perioden fehlten. Durch häufig einsetzende Schlechtwetterperioden sank die Ozonkonzentration immer wieder ab, sodass sich Spitzenkonzentrationen nicht aufbauen konnten. Dennoch wurde in Krakau der Zielwert nach dem Ozongesetz ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als MW_08) erreicht, die Konzentrationen blieben jedoch deutlich unter der derzeit geltenden Informationsschwelle nach dem Ozongesetz ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als MW_01).

Der Verlauf der Ozonkonzentrationen zeigt die erwartete Übereinstimmung mit den Witterungsverhältnissen. Während der Messungen im Oktober und November blieben die Konzentrationen deutlich unter jenen der Sommermessung. Dementsprechend wurde der maximale Achtstundenmittelwert nach dem Ozongesetz (Zielwert $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mit Herbstbeginn nicht mehr erreicht.

Abbildung 35: Maximale Ozonkonzentrationen über den gesamten Messzeitraum im Vergleich zum Zielwert IG-L (MW_08)

Station:	MOBILE 1	Stolzal.	Rennfeld	Grundls.	Judenbg.	Stolzal.
Seehöhe:	375	1302	1620	980	715	1302
Messwert:	O3	O3	O3	O3	O3	SOEIN
MW-Typ:	MW_08IGL_MAX	MW_08IGL_MAX	MW_08IGL_MAX	MW_08IGL_MAX	MW_08IGL_MAX	TAGSUM
Zeitraum:	1	1	1	1	1	1
Y - Achse:	1	1	1	1	1	2
Muster:						



Im Vergleich mit anderen Messstellen ergibt sich für die Messungen in Krakau ein für die Lage entsprechendes durchschnittliches Belastungsniveau, das höher ist als in steirischen Bezirkshauptstädten (Liezen, Judenburg), aber noch nicht an die Situation in Reinluftgebieten wie am Masenberg heranreicht.

6. Integrale Messungen

6.1. Vorbemerkung

Integrale Messungen sind in der Richtlinie „Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ („Kurorte-Richtlinie“), herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, für die flächenhafte Interpretation der Immissionsbelastung vorgeschrieben.

Von Juli 2004 bis Ende Juni 2005 wurde im Krakauer Hochtal im Zuge der periodischen Überprüfungsmessungen für Kurorte ein integrales Messnetz mit sechs Messpunkten betrieben. An allen Messpunkten wurde die Gesamtstaubdeposition erhoben, die Stickstoffdioxid- und die Schwefeldioxid-Konzentrationen wurden an den Messpunkten Krakaudorf (Kra 1), Krakauhintermühlen (Kra 2) und Unteretrach (Kra 6) bestimmt. Seit Ende Juni 2005 wurden die Messungen von Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid von Seiten der Gemeinden Krakaudorf, Krakauhintermühlen und Krakauschatten weitergeführt, die Ergebnisse wurden in diesen Bericht aufgenommen. Im September 2007 wurden die Staubdepositionsmessungen durch die FA 17C an diesen 3 Messpunkten wieder aufgenommen.

Für die Staubdeposition wurden 13 Messperioden beprobt, die NO₂- und SO₂-Messungen ergaben bisher 39 Messperioden.

Die Messperioden – die durchschnittlich 28 Tage dauern – wurden in Jahresmittelwerte zusammengefasst, um mit Grenzwerten vergleichbar zu sein. In Krakau erstreckten sich die Jahresmittelwerte von Anfang Juli bis Ende Juni des Folgejahres, um alle Messergebnisse seit Beginn der Messungen im Juli 2004 einbeziehen zu können. Außerdem wurden Mittelwerte für das Sommerhalbjahr (Ende März bis Ende September) sowie für das Winterhalbjahr (Ende September bis Ende März des Folgejahres) gebildet, um jahreszeitlich bedingte Belastungen herausstreichen zu können. Um den Zeitverlauf der Immissionen darstellen zu können, wurden Messperiodenmittelwerte gebildet, die aus den einzelnen Messwerten einer Messperiode errechnet wurden und die durchschnittliche Belastung der einzelnen Messperioden darstellen.

6.2. Das Messnetz

Um die Luftqualität im Kurggebiet flächendeckend zu erheben, wurden sechs Messpunkte für die Dauer eines Jahres installiert.

Tabelle 20: Beschreibung der Messpunkte

Messpunktbezeichnung	Lage des Messpunktes	Messparameter
Krakau 1	Krakaudorf, Kirche	Staub, SO ₂ , NO ₂
Krakau 2	Krakauhintermühlen, Gemeindeamt	Staub, SO ₂ , NO ₂
Krakau 3	GH Tauernwirt, Meteostation	Staub
Krakau 4	Ortsteil Moos	Staub
Krakau 5	Brandstatt	Staub
Krakau 6	Unteretrach, Gemeindeamt Krakauschatten	Staub, SO ₂ , NO ₂

An allen Messpunkten wurde die Staubbelastung gemessen, an den Messpunkten Krakaudorf (Kra1), Krakauhintermühlen (Kra2) und Unteretrach (Kra6) wurde zusätzlich die Belastung durch Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid erhoben. Seither wurden die Messungen von NO₂ und SO₂ von den Gemeinden an diesen Messpunkten weitergeführt.

6.3. Messmethodik

6.3.1 Bestimmung des Staubniederschlages nach dem Bergerhoff-Verfahren

Ziel der Staubniederschlagsmessung ist es, die in einer bestimmten Zeit aus der Atmosphäre ausfallende Menge fester und flüssiger Substanz - mit Ausnahme des Wasseranteiles - zu erfassen.

Die Staubmessung erfolgt nach dem "Bergerhoff-Verfahren". Dabei wird ein oben offenes Kunststoffgefäß auf einem etwa 1,5 m hohen Ständer angebracht. Der sich absetzende Staub und der Niederschlag (Regenwasser, Schnee) werden in diesem Gefäß über eine Dauer von 28 Tagen gesammelt. Danach werden der Staubniederschlag und das Wasser in einer gewogenen Schale zur Trockene eingedampft und als Gesamtstaubniederschlag gewogen. Das Ergebnis wird auf einen Tag und 1 m² Fläche bezogen.

6.3.2 Messung der Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidkonzentration mit Badge-Sammlern

Die Grundlagen der Badge-Sammler-Methode stammen von Palmes und Gunnison aus dem Jahr 1976. Weiterentwickelt wurde die Methode von H. Puxbaum und B. Brantner am Institut für Analytische Chemie der TU Wien.

Das Prinzip der verwendeten Badge-Sammler beruht auf einer Diffusion von SO_2 , NO_2 , HCl und HNO_3 , also von sauren Gasen, zu einem absorbierenden Medium (häufig wird Triethanolamin verwendet). Die Menge des absorbierten Schadstoffes ist proportional zur Umgebungskonzentration an der Messstelle. Nach Beendigung der Messung werden die zu untersuchenden Substanzen extrahiert und anschließend ionenchromatographisch bestimmt und quantifiziert.

Die verwendeten Badge-Sammler bestehen aus einem Plastikzylinder mit einem Durchmesser von 4 cm und einer Höhe von 1 cm, versehen mit einer Aufhängevorrichtung. Die Rückseite ist fest verschlossen, während sich auf der Vorderseite eine entfernbare Schutzkappe befindet. Im Inneren ist ein Stahlnetz befestigt, das mit dem absorbierenden Medium imprägniert ist und durch eine Membran vor Verschmutzungen geschützt ist.

Zu Beginn der Messung wird die Schutzkappe entfernt und der Sammler exponiert. Am Ende der Messung wird der Sammler wieder verschlossen und kann bis zur Aufarbeitung kühl gelagert werden. Exponiert werden die Sammler auf ca. 1,5 m hohen Stangen. Vor Witterungseinflüssen werden sie durch Glocken geschützt. Die Expositionszeit beträgt ca. vier Wochen.

Da die Menge der absorbierten Probe durch Diffusion an das Absorptionsmittel gelangt, kann über die Diffusionsgleichung der Mittelwert der Konzentration über die Messdauer bestimmt werden. Die erhaltenen Werte haben die gleiche Dimension ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) wie jene, die von kontinuierlichen Messstationen erhalten werden, stellen jedoch integrale Mittelwerte über den gesamten Expositionszeitraum dar und können somit nicht zur Beschreibung kurzzeitiger Spitzen herangezogen werden. Der Sinn liegt in der flächenhaften Abschätzung der Immissionssituation und in der Bestimmung längerfristiger Trends.

6.4. Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung der Luftqualität in Kurorten wird die Richtlinie „Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ herangezogen. Diese wurde 1997 vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie herausgegeben, da weder das Bundesgesetz vom 2. Dezember 1958 über natürliche Heilvorkommen und Kurorte (BGBl. Nr. 272/1958) noch die ausführenden Landesgesetze (Stmk. Heilvorkommen- und Kurortegesetz, LGBl. Nr. 161/1962) Grenzwerte für Luftschadstoffimmissionen vorgeben.

In der Kurorte-Richtlinie ist ein **Grenzwert für die Staubdeposition von $165 \text{ mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$** festgelegt (Tabelle 3). Für die Gesamtstaubdeposition wurde die Beurteilung der Immissionssituation nach dem Grenzwert vorgenommen, der in dieser Richtlinie festgelegt ist.

Die Messungen mittels Badge-Sammler für Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid liefern zwar Konzentrationsangaben [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] wie automatische Messstationen, sind mit diesen aber nicht direkt vergleichbar. Die Ergebnisse sind als Mittelwert über die Messperiode (etwa 28 Tage) zu verstehen und können daher nicht direkt mit den Grenzwerten nach der Kurorte-Richtlinie (Tabelle 4) verglichen werden. Sehr wohl ist allerdings eine Beurteilung anhand des **Jahresmittelgrenzwertes** des IG-L (Tabelle 1) möglich, der zurzeit mit **$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Stickstoffdioxid** festgelegt ist.

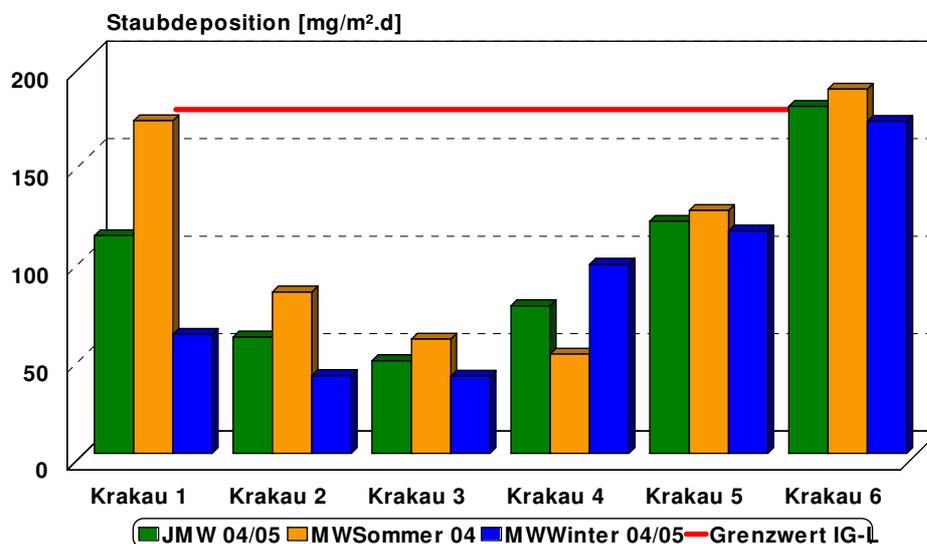
6.5. Darstellung der Messergebnisse

6.5.1 Gesamtstaubdeposition

Tabelle 21: Jahresmittelwerte der Staubdeposition [mg/m².d]

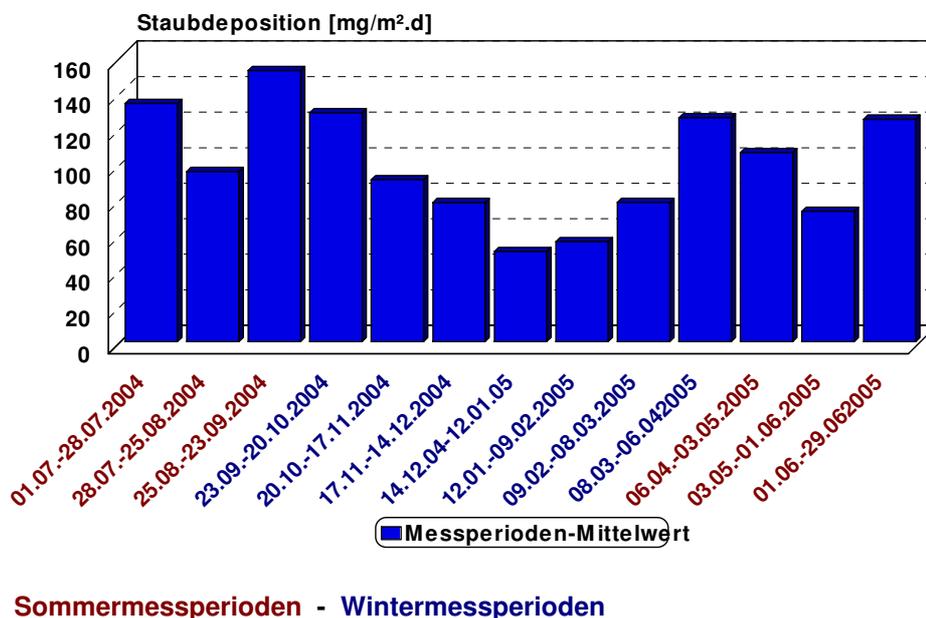
Staubdeposition [mg/m ² .d]	JMW 04/05	MW Sommer 2004	MW Winter 04/05
Krakaudorf, Kirche	111,7	170,7	61,1
Krakauhintermühlen, Gemeindeamt	59,7	82,8	39,9
GH Tauernwirt, Meteostation	47,6	58,7	39,7
Ortsteil Moos	75,8	51,0	97,0
Brandstatt	119,0	124,7	114,2
Untereutrach, Gemeindeamt	178,0	186,9	170,4

Abbildung 36: Jahresmittelwerte der Staubdeposition im Vergleich zum Grenzwerte gemäß Kurorte-Richtlinie



Für die Darstellung des Zeitverlaufs wurden **Messperioden-Mittelwerte** (Mittelwert aller Einzelergebnisse einer Messperiode) berechnet.

Abbildung 37: Zeitverlauf der Staubbelastung – Mittelwerte über alle Messpunkte



6.5.2 Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxid –Konzentration

Tabelle 22: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastung

NO ₂ [µg/m ³]	Krakaudorf Kra 1	Krakau-Hintermühlen Kra 2	Unteretrach, Gemeindeamt Kra 6
JMW 04/05	3,7	2,2	4,7
JMW 05/06	4,0	2,4	4,8
JMW 06/07	2,7	4,2	5,7

Abbildung 38: Mittelwerte der Stickstoffdioxid-Konzentration

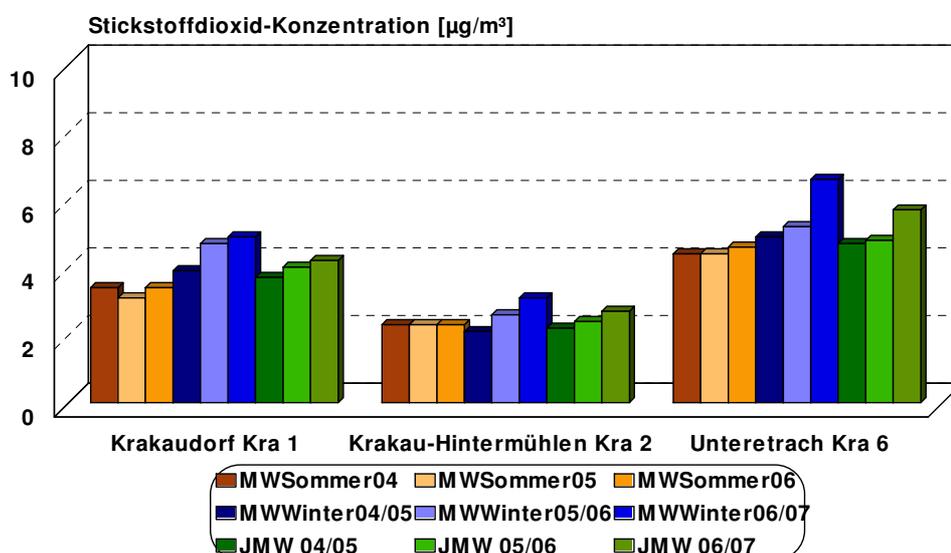


Tabelle 23: Jahresmittelwerte der Schwefeldioxid-Belastung

SO ₂ [µg/m ³]	Krakaudorf Kra 1	Krakau-Hintermühlen Kra 2	Unteretrach, Gemeindeamt Kra 6
JMW 04/05	0,5	0,4	0,5
JMW 05/06	0,7	0,3	0,6
JMW 06/07	0,1	0,3	0,2

Abbildung 39: Mittelwerte der Schwefeldioxid-Konzentration

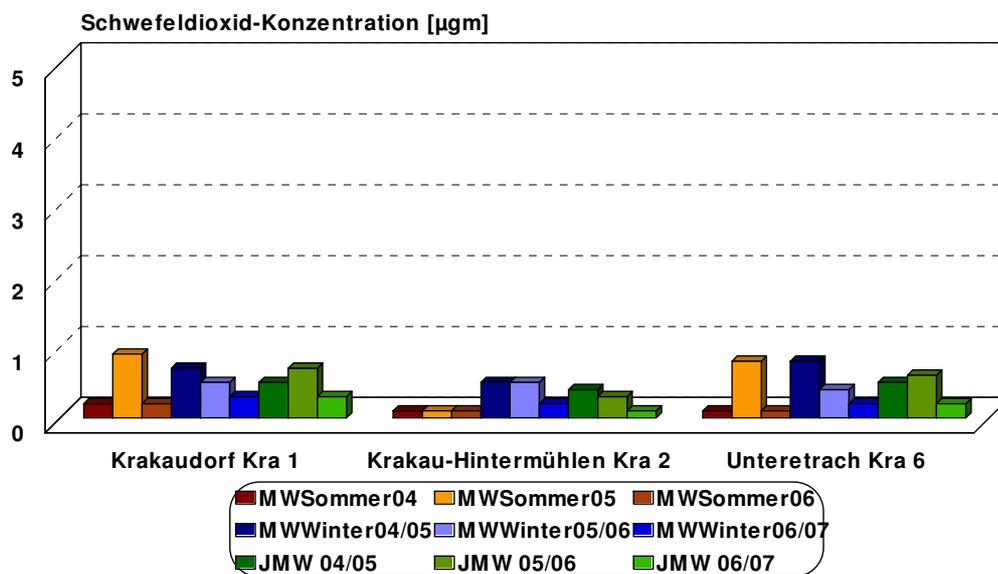


Abbildung 40: Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxid-Belastung in Relation zum Grenzwert für NO₂ gemäß IG-L

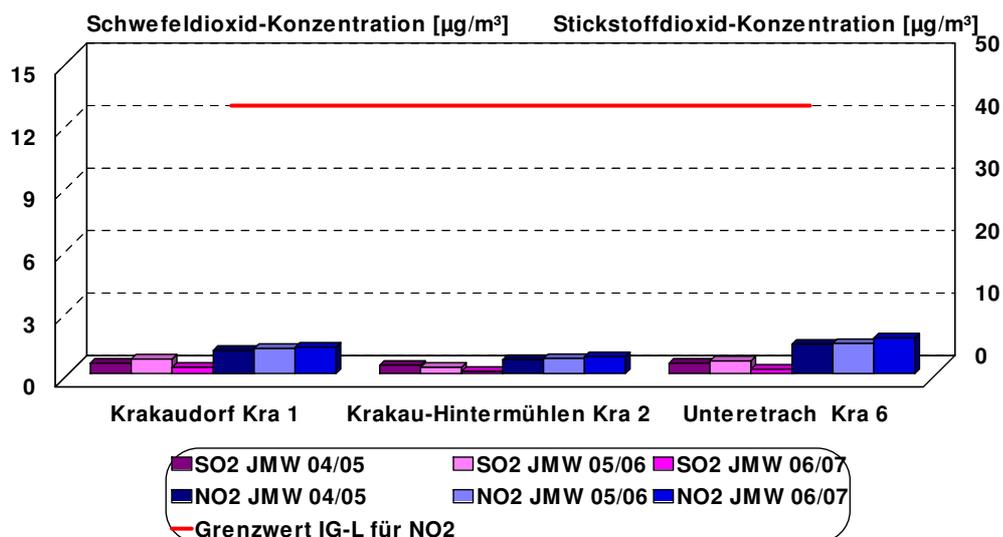
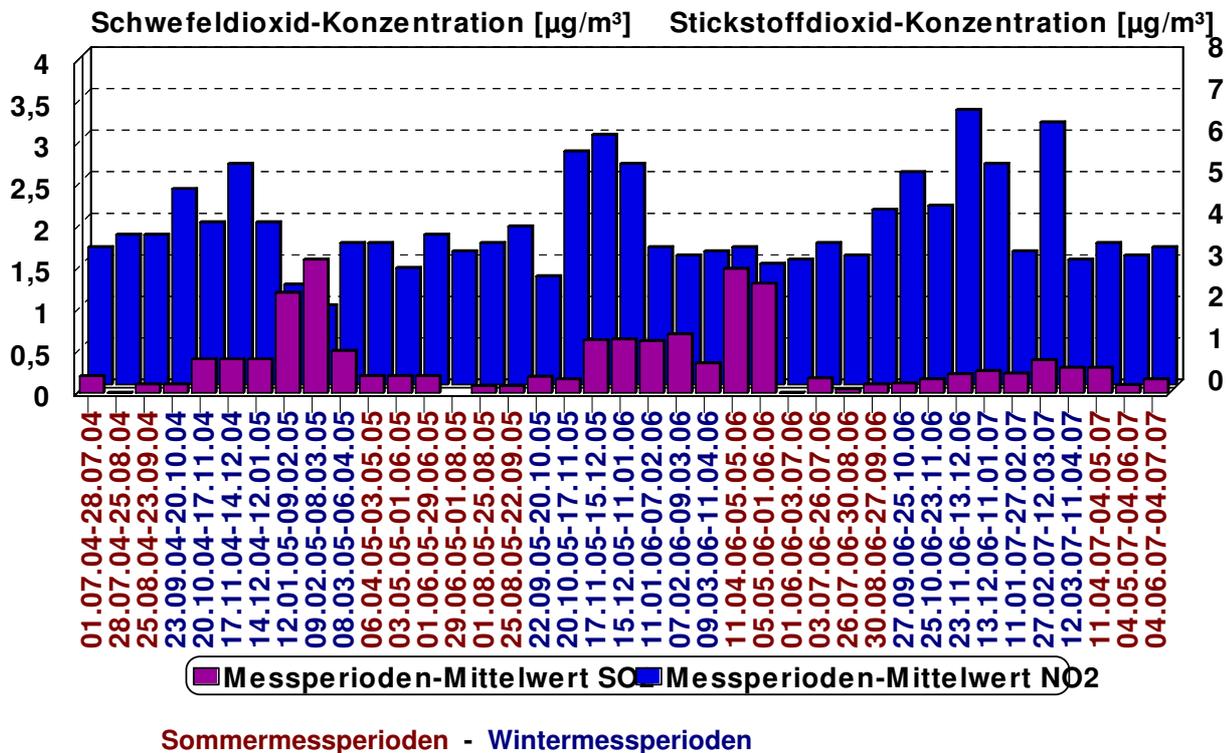


Abbildung 41: Zeitverlauf der Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxid- Belastung Mittelwerte über alle Messpunkte 2004-2007



6.6. Zusammenfassende Beurteilung

Integrale Messnetze sind in der Lage, langfristige Luftschadstoff-Belastungen von Gebieten zu erkennen und lokale Unterschiede aufzuzeigen. Kurzzeitige Belastungsspitzen können nicht verfolgt werden.

In Krakau zeigte der Zeitverlauf der **Gesamtstaubbelastung** (Abbildung 37) im Mittel über alle Messpunkte einen Jahrgang mit höheren Konzentrationen in den Frühlings- und Sommermonaten und einem Konzentrationsminimum im Winter, was auf Quellen, die im Sommer aktiv sind – wie etwa Landwirtschaft, Bautätigkeiten, aber auch natürliche Quellen (Blütenstaub) – schließen lässt. Nur am Messpunkt Kra4 (Ortsteil Moos) war die Staubbeltung im Winter höher als im Sommer (Abbildung 34). Dieser Messpunkt lag an einer Straßenkreuzung am Fuße einer kurvigen Steigung, wo im Winter wegen Rutschgefahr sicher häufiger gestreut werden muss. Da einerseits direkte Emissionen aus dem Verkehr und andererseits diffuse Quellen wie Abrieb von Streusplitt und Aufwirbelung eine Rolle bei der Staubbeltung spielen, wäre hier die höhere Staubbeltung damit zu erklären. Die höchste Belastung im Jahresmittel wurde am Messpunkt Kra6 (Unteretrach) mit 178,0 mg/m².d registriert, am geringsten belastet war der Messpunkt Kra3 (GH Tauernwirt) mit 47,6 mg/m².d (Tabelle 21). Damit wurde am Messpunkt Kra6 der Jahresmittel-Grenzwert für die Gesamtstaubdeposition gemäß Kurorte-Richtlinie im Jahr 2004/2005 überschritten, an allen anderen Messpunkten lagen die Staubimmissionen deutlich unter diesem Grenzwert. Der Grund für die erhöhte Staubbeltung in Unteretrach dürfte am Verkehrsaufkommen im Ortsgebiet gelegen sein. Die Staubdeposition war hier im Winter beinahe gleich hoch wie im Sommer, was darauf hindeutet, dass die Belastung hauptsächlich durch Abrieb von Streusplitt und Aufwirbelung entstanden sein dürfte. Zudem

liegt Unteretrach in einer Senke des Krakauer Hochtales, sodass hier auch vor allem im Winter die Ausbreitungsbedingungen schlechter sein dürften als an den übrigen Messpunkten. Eine schlüssige Erklärung für die erhöhten Depositionswerte am Messpunkt Kra6 gibt es jedoch nicht, vor allem, wenn man Vergleichswerte aus wesentlich höher belasteten Gebieten wie Graz oder Leoben heranzieht.

Im Zuge der Kurorte-Dauermessungen wird am Messpunkt Kra6 die Staubdeposition weiterhin erfasst. Damit kann festgestellt werden, ob es sich hier um ein einmaliges Ereignis oder um eine Dauerbelastung handelt.

Die Konzentrationsmessungen von **Schwefeldioxid** und **Stickstoffdioxid** ergaben erwartungsgemäß während der kalten Jahreszeit höhere Konzentrationen als im Sommer (Abbildung 41). Dies ist aufgrund der immissionsklimatischen Ungunst des Winterhalbjahres - verstärkte Inversionsbereitschaft und dementsprechend schlechtere Ausbreitungsbedingungen - und der heizungsbedingt erhöhten Emissionen von SO₂ aber zu erwarten. Eine Ausnahme bilden die Messperioden 11.04.-05.05.2006 sowie 05.05.-01.06.2006 an den Messpunkten Kra1 (Krakaudorf) und Kra6 (Unteretrach). Hier wurden SO₂-Konzentrationen wie in den höchstbelasteten Wintermessperioden registriert.

Integrale Konzentrationsmessergebnisse können als Langzeitmittelwerte nicht direkt mit den Grenzwerten der Kurorte-Richtlinie verglichen werden, die als Halbstunden- und Tagesmittelwerte festgelegt sind. Im Vergleich mit anderen Integralen Messnetzen ist die SO₂-Belastung in Krakau allerdings an allen Messpunkten als äußerst gering zu bezeichnen.

Im Vergleich zum derzeit gültigen Jahresmittelgrenzwert für **Stickstoffdioxid** gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft von derzeit 40 µg/m³ lag die Konzentration am höchstbelasteten Messpunkt Kra 6 (Unteretrach) im Jahresmittel 2006/2007 bei 14% dieses Wertes (Tabelle 22, Abbildung 38).

Die gemessenen **Schwefeldioxid**werte können generell als sehr niedrig bezeichnet werden. Eine grobe Vergleichsmöglichkeit bietet der Jahresmittelwert zum Schutz von Ökosystemen und der Vegetation der Immissionsgrenzwerte-Verordnung zum IG-L (BGBl.II Nr.298/2001), der allerdings für eine andere Fragestellung festgelegt ist. Demnach lag die höchste registrierte Konzentration bei 3% dieses Grenzwertes von 20 µg/m³.

Zusammenfassend ergaben die integralen Immissionsmessungen, dass die lufthygienischen Bedingungen in Krakau hinsichtlich der integral erhobenen Schadstoffe Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid den Vorgaben der Kurorterichtlinie bzw. des Immissionsschutzgesetzes-Luft entsprechen. Auch die Staubimmissionen entsprachen weitgehend dem strengen Grenzwert gemäß Kurorte-Richtlinie, bis auf den Messpunkt Kra6 (Unteretrach), wo der Jahresmittelgrenzwert im Jahr 2004/2005 überschritten wurde. Wie oben bereits erwähnt, dürften einerseits ein erhöhtes Verkehrsaufkommen – auch die höheren NO₂-Konzentrationen an diesem Messpunkt deuten darauf hin – und andererseits ungünstige Ausbreitungsbedingungen der Grund dafür gewesen sein. Die Situation an diesem Messpunkt wird weiter verfolgt.

Die Luftqualität in Krakau entspricht also weitgehend den strengen Anforderungen, wie sie an Kurorte gestellt werden.

7. Literatur

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1997:

Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L, BGBl. I Nr.115 in der Fassung von BGBl I Nr. 34/2003.

Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1992:

Ozongesetz, BGBl.Nr.210 in der Fassung von BGBl I Nr.34/2003.

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 1997:

Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten (Luftverunreinigungen - Immissionsmessung – Richtlinie 12)

Stmk. Heilvorkommen- und Kurortegesetz:

Stmk. Heilvorkommen- und Kurortegesetz, LGBl. Nr.161/1962, in der Fassung von LGBl. Nr.15/2002

Wakonigg, H., 1978:

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

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik,2004:

Monatsübersicht der Witterung in Österreich,
Juli bis November 2004, Wien.

8. Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen

8.1. 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 Grenzwerte des Immissionsschutzgesetzes Luft und des Ozongesetzes gegenübergestellt.

Messperiodenmittelwert (PMW)

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

Tagesmittelwert (TMW)

Der Tagesmittelwert wird als arithmetisches Mittel aus den 48 Halbstundenmittelwerten eines Tages berechnet. Der TMWmax bezeichnet den höchsten Tagesmittelwert der Messperiode.

Achtstundenmittelwert (MW8), Dreistundenmittelwert (MW3), Einstundenmittelwert (MW1)

Im Immissionsschutzgesetz-Luft und im Ozongesetz sind Grenzwerte als gleitende oder nicht gleitende Achtstunden-, Dreistunden und Einstundenmittelwerte festgelegt. Sie werden aus hintereinanderliegenden Halbstundenmittelwerten bzw. gebildet.

Halbstundenmittelwert (HMW)

Der Halbstundenmittelwert berücksichtigt die kürzeste archivierte Zeiteinheit und stellt daher die Belastungsspitze dar. Der HMWmax kennzeichnet für jeden Schadstoff die höchste gemessene Konzentration während der gesamten Messperiode.

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.

Abkürzungen von meteorologischen Parametern und Messwerttypen

LUTE	Lufttemperatur
WIGE	Windgeschwindigkeit
NIED	Niederschlag
MW3	Dreistundenmittelwert
TAGSUM	Tagessumme

8.2. 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

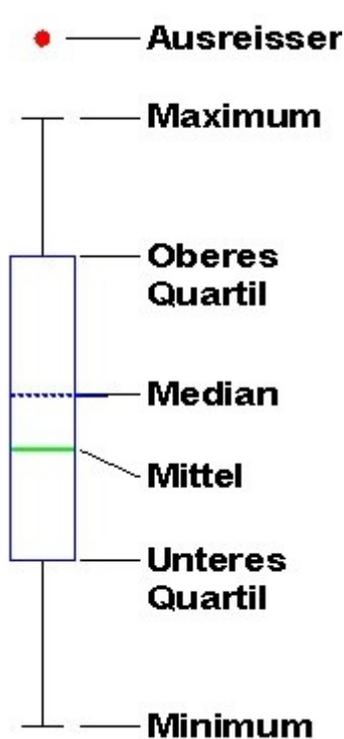
Die Darstellungsform des Boxplots bietet die beste Möglichkeit, alle Kennzahlen des Schadstoffganges mit dem geringsten Informationsverlust in einer Abbildung übersichtlich zu gestalten.

Dieses Diagramm zur einfachen graphischen Charakterisierung einer Verteilung besteht aus einer "Box", deren unterer bzw. oberer Rand durch den Wert des ersten bzw. des dritten Quartils beschrieben wird; innerhalb der Box wird die Lage des Medians durch eine Linie angegeben. Unter- und oberhalb der Box zeigen sogenannte "Whiskers" (Barthaare) die Ausbreitung der übrigen Datenpunkte bis zu einem Abstand von maximal 1,5 Interquartilsabständen (= der Abstand zwischen dem 1. und 3. Quartil).

Sofern es Datenpunkte gibt, die weiter weg von den Grenzen der Box liegen, werden diese als "Ausreißer" eigens ausgewiesen. Dies bedeutet also nicht, dass es sich dabei um ungültige Messwerte handelt. Sie sind als HMWmax des Tages zu interpretieren.

In den folgenden Boxplots sind auf der x-Achse die einzelnen Tage einer Messperiode aufgetragen. Auf der y-Achse wird die Schadstoffkonzentration dargestellt.

Für die Berechnung der folgenden Kennwerte werden alle 48 Halbstundenmittelwerte eines Messtages nach ihrer Wertgröße aufsteigend gereiht.



Ausreißer: Werte die mehr als 1,5 Interquartilabstände vom oberen Quartil entfernt sind (maximale Halbstundenmittelwerte)

Maximum: höchster Halbstundenmittelwert eines Tages

Oberes Quartil (3. Quartil, 75%-Perzentil): 12-höchster Halbstundenmittelwert (75% der Werte liegen unter, 25% über dem oberen Quartil)

Median (50%-Perzentil): 24. Wert in der nach Konzentration geordneten Reihe der Halbstundenmittelwerte

Mittel (arithmetischer Mittelwert): Tagesmittelwert. Er wird als arithmetisches Mittel aus den 48 Halbstundenmittelwerten eines Tages gebildet.

Unteres Quartil (1. Quartil, 25%-Perzentil): 12-niedrigster Halbstundenmittelwert (25% der Werte liegen unter, 75% über dem unteren Quartil)

Minimum: niedrigster Halbstundenmittelwert eines Tages