

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG



Das Land
Steiermark

→ FACHABTEILUNG 17C

Referat Luftgüteüberwachung

Luftgütemessungen St. Radegund

Dezember 2000 bis Dezember 2001

Lu-01-03

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

Manfred Gassenburger

**Messnetzbetreuung und
Laboranalytik**
(integrales Messnetz)

Waltraud Köberl

Herausgeber

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

© Juli 2003

Dieser Bericht ist im Internet unter folgender Adresse verfügbar:
<http://www.umwelt.steiermark.at>

Bei Wiedergabe unserer Messergebnisse ersuchen wir um Quellenangabe!

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	6
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)	8
2.3 "Luftqualitätskriterien Ozon" der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.....	9
2.4 Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten.....	9
3 Die immissionsklimatische Situation von St. Radegund	10
3.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet.....	10
3.2 Der Witterungsablauf während der mobilen Messungen	10
3.2.1 Wintermessperiode: 22. Dezember 2000 bis 6. Februar 2001	10
3.2.2 Sommermessperiode: 22. Mai bis 10. Juli 2001	12
4 Mobile Immissionsmessungen	13
4.1 Ausstattung und Messmethoden	13
4.2 Messergebnisse und Schadstoffverläufe	14
4.2.1 Schwefeldioxid (SO ₂)	14
4.2.2 Schwebstaub (TSP)	16
4.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)	20
4.2.4 Stickstoffdioxid (NO ₂)	23
4.2.5 Kohlenmonoxid (CO).....	25
4.2.6 Ozon (O ₃)	28
4.3 Luftbelastungsindex.....	33
5 Integrale Messungen	35
5.1 Vorbemerkung	35
5.2 Das Messnetz.....	35
5.3 Messmethodik.....	35
5.3.1 Bestimmung des Staubniederschlages nach dem Bergerhoff-Verfahren.....	35
5.3.2 Messung der Stickstoffdioxid- und Schwefeldioxidkonzentration mit Badge-Sammlern	35
5.4 Darstellung der Messergebnisse	36
5.4.1 Gesamtstaubdeposition	36
5.4.2 Konzentrationsmessungen.....	38
5.5 Zusammenfassende Beurteilung	41
6 Literatur	43
7 Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen	44
7.1 Tabellen	44
7.2 Diagramme	45

Zusammenfassung

Die **Luftgüteuntersuchungen in St. Radegund** wurden auf Ansuchen der Gemeinde aus Anlass der gesetzlich vorgesehenen periodischen Überprüfungs-messungen der Luftgüte in Kurorten durchgeführt. Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation sowie eines einjährig betriebenen integralen Messnetzes.

Die mobilen Messungen wurden von 22.12.2000 bis 06.02.2001 (Wintermessperiode) und von 22.05.2001 bis 10.07.2001 (Sommermessperiode) durchgeführt. Das integrale Messnetz wurde im Zeitraum von 04.12.2000 bis 04.12.2001 betrieben.

Die **mobilen Immissionsmessungen** wurden jeweils im Zentrum von St. Radegund vorgenommen, um die vorherrschenden lufthygienischen Bedingungen im zentralen Bereich des Kurortes erheben und beurteilen zu können.

Die Konzentrationen der Primärschadstoffe **Schwefeldioxid**, **Stickstoffmonoxid**, **Stickstoffdioxid** und **Kohlenmonoxid** blieben im steiermarkweiten Vergleich sowohl hinsichtlich der Grundbelastung (längerfristige Mittelwerte) als auch der Spitzenkonzentrationen auf einem unterdurchschnittlichen Niveau. Während der Messperioden wurden bei diesen Schadstoffen keinerlei Überschreitungen gesetzlicher Grenzwerte oder der Grenzwerte der Kurorterichtlinie festgestellt.

Für den Luftschadstoff **Schwebstaub** wurde während der Wintermessung am 03.02.2001 eine Grenzwertüberschreitung des Tagesmittelwertes nach der für die vorliegende Fragestellung relevanten „Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ (hg. vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie) registriert. Das Belastungsbild zeigt im steiermarkweiten Vergleich im Sommer ein leicht unterdurchschnittliches Konzentrationsniveau, während im Winter hinsichtlich der Grundbelastung (längerfristige Mittelwerte) durchschnittliche Konzentrationen zu verzeichnen waren, wobei jedoch speziell an Wochenenden immer wieder einzelne überdurchschnittliche Tagesmittelwerte festgestellt wurden. Diese hohen Konzentrationswerte sind im Zusammenhang mit vermehrter Aufwirbelung von Straßenstaub durch den Ausflugsverkehr zu sehen.

Die **Ozonwerte** blieben in einem dem Witterungsverlauf und der Lage des Standortes entsprechenden Konzentrationsbereich. Der von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften empfohlene Vorsorgegrenzwert wurde aufgrund der strahlungsreichen Witterung während der Sommermessperiode an annähernd 2/3 der Messtage überschritten.

Die **integralen Messungen** erbrachten hinsichtlich der Konzentrationen von **Stickstoffdioxid** und **Schwefeldioxid** den typischen Jahresverlauf mit höheren Werten im Winterhalbjahr und einem geringeren Belastungsniveau im Sommerhalbjahr, was auf schlechtere immissionsklimatische Bedingungen und höhere Emissionen während der kälteren Jahreszeit zurückzuführen ist. Integrale Konzentrationsmessergebnisse können als Langzeitmittelwerte nicht direkt mit den Grenzwerten der „Kurorterichtlinie“ verglichen werden, die als Halbstunden- und Tagesmittelwerte festgelegt sind. Der Erfahrungs-Richtwert für heilklimatische- und Luftkurorte von 25 µg/m³ als Messperiodenmittelwert wurde jedoch während des gesamten Messzeitraumes bei

beiden Schadstoffen klar unterschritten. Es ist daher davon auszugehen, dass die maßgeblichen Grenzwerte der „Kurortrichtlinie“ durchwegs eingehalten wurden.

Hinsichtlich des Jahresganges der Gesamtstaubdeposition zeigten die Ergebnisse der verkehrsfernen Messstellen einen erwarteten Verlauf mit einem Minimum im Winter und einem Maximum im Sommer, was sowohl auf vegetationsbedingte Ursachen als auch auf landwirtschaftliche Tätigkeit zurückzuführen ist. Einen atypischen Verlauf mit einer höheren Staubbelastung im Winter und geringeren Werten im Sommer wiesen hingegen die Messstellen entlang des örtlichen Hauptverkehrsträgers und an der Seilbahn - Talstation auf, was auf vermehrte Staubaufwirbelung durch den Straßenverkehr hindeutet.

Die **Staub**depositionen lagen im Jahresmittel im Bereich zwischen 84,1 und 174,8 mg/m².d. Der Grenzwert der Kurortrichtlinie von 165 mg/m².d wurde an den Messpunkten RG 1 (Parkplatz Kirche) und RG 5 (Seilbahn - Talstation) überschritten.

Zusammenfassend ist also zu sagen, dass in St. Radegund während der Luftgütemessungen 2000/2001 entlang der durch den Ortskern verlaufenden Hauptstraße die Vorgaben der Richtlinie „Immissionsmessungen in Kurorten“ betreffend Staubbelastungen im Winter nicht eingehalten werden konnten. Die Belastungen dürften vor allem auf diffuse Staubemissionen aus dem KFZ-Verkehr (starke Steigungen, hoher Streumiteleinsatz, Zerrieb und Aufwirbelung) zurückzuführen sein. Da solche Belastungen in St. Radegund jedoch grundsätzlich vermeidbar sein sollten, ist die Gemeinde angehalten, künftig verstärkte Aufmerksamkeit auf die Staubbefreiung der Straßen, besonders im Winterhalbjahr, zu richten. Außerhalb des Einflussbereiches der Hauptstraße werden die Vorgaben, wie sie an heilklimatische- und Luftkurorte gestellt werden, durchwegs eingehalten.

1 Einleitung

Die Luftgütemessungen im Kurort St. Radegund wurden auf Ansuchen der Gemeinde von der Fachabteilung 17C, Referat Luftgüteüberwachung, durchgeführt. Sie umfassten Immissionsmessungen mittels einer mobilen Messstation sowie eines einjährig betriebenen integralen Messnetzes. Den Anlass für die Messungen stellte die im Steiermärkischen Heilvorkommen- und Kurortegesetz (LGBl. Nr.161/1962) vorgeschriebene Kontrollmessung dar, wobei zuletzt von November 1990 bis Juli 1992 ein integrales Messnetz betrieben worden waren.

Der mobile Messstandort in St. Radegund



Die **mobilen Immissionsmessungen** umfassten eine Wintermessperiode vom 22.12.2000 bis 06.02.2001 und eine Sommermessperiode vom 22.05.2001 bis 10.07.2001. Für den mobilen Messcontainer wurde für beide Messungen ein Standort an der Hauptstraße im Zentrum von St. Radegund in ca. 720 m Seehöhe ausgewählt, um die im zentralen Ortsbereich vorherrschenden lufthygienischen Bedingungen zu erheben und beurteilen zu können. In unmittelbarer Nähe zum Messstandort befindet sich zudem die Klimastation der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Das Messnetz St. Radegund 2000/2001



Die **integralen Messungen**, die eine flächenhafte Interpretation der Luftschadstoffbelastungen ermöglichen, erfolgten von Dezember 2000 bis Dezember 2001 und umfassten 13 ca. vierwöchige Messperioden.

Dabei wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Ermittlung des Staubniederschlages nach dem Bergerhoff-Verfahren
- Messung der Konzentrationen von Schwefeldioxid (SO₂) bzw. Stickstoffdioxid (NO₂) mittels Badge-Sammler

Im Gemeindegebiet von St. Radegund wurden an 6 Standorten integrale Messeinrichtungen installiert, die nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt wurden:

Nr.	Lage des Messpunktes	Charakteristik / Messziel	Schadstoff
RG1	Parkplatz Kirche	stark frequentierter Parkplatz	Staub
RG2	Kalvarienbergstraße 17	Wohngebiet	NO ₂ , SO ₂ , Staub
RG3	Ortszentrum, Mobile Messstation	potentieller Immissionsschwerpunkt	NO ₂ , SO ₂ , Staub
RG4	Mercur - Sanatorium	therapeutisch genutzter Bereich	NO ₂ , SO ₂ , Staub
RG5	Seilbahn-Talstation	potentieller Immissionsschwerpunkt	Staub
RG6	Rehabilitationszentrum	therapeutisch genutzter Bereich	NO ₂ , SO ₂ , Staub

2 Beurteilungsgrundlagen

2.1 Immissionsgrenzwerteverordnung der Steiermärkischen Landesregierung (LGBI. 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 St. Radegund sind die Grenzwerte für die Zone I relevant (Grenzwerte jeweils in mg/m³):

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

HMW = Halbstundenmittelwert

TMW = Tagesmittelwert

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	
Schwebestaub		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)

2.4 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** gelten folgende Immissionsgrenzwerte :

Schwefeldioxidkonzentration	HMW TMW	100 µg/m ³ 50 µg/m ³
Stickstoffdioxidkonzentration	HMW TMW	100 µg/m ³ 50 µg/m ³
Schwebstaubkonzentration	TMW	120 µg/m ³
Kohlenmonoxidkonzentration	MW8	5 mg/m ³
Gesamtstaubdeposition	JMW	165 mg/m ² .d

Für **Bäderkurorte** gelten folgende Immissionsgrenzwerte :

Schwefeldioxidkonzentration	HMW TMW	200 µg/m ³ 100 µg/m ³
Stickstoffdioxidkonzentration	HMW TMW	200 µg/m ³ 100 µg/m ³
Schwebstaubkonzentration	TMW	120 µg/m ³
Kohlenmonoxidkonzentration	MW8	5 mg/m ³
Gesamtstaubdeposition	JMW	165 mg/m ² .d

Zur Beurteilung der Ergebnisse der passiven Konzentrationsmessungen:

Zwar liefern die Messungen mittels Badge-Sammler ebenfalls Konzentrationsangaben, diese sind aber als Mittelwert über die Messperiode (in der Regel 28 Tage) zu verstehen und können daher nicht direkt mit den obenstehenden Grenzwerten verglichen werden.

Nach den vorliegenden Erfahrungen und den Ergebnissen vergleichender Untersuchungen zwischen kontinuierlich registrierenden und integralen Messverfahren in steirischen Messnetzen kann sowohl für Stickstoffdioxid als auch für Schwefeldioxid bei Einhaltung eines **Messperiodenmittelwertes von 25 µg/m³** als Erfahrungs-Richtwert auch die Erfüllung der Kriterien für **heilklimatische-** und **Luftkurorte** der „Kurorterichtlinie“ angenommen werden. Die Grenzwerte für **Bäderkurorte** können bei **Messperiodenmittelwerten unter 40 µg/m³** als eingehalten angenommen werden.

3 Die immissionsklimatische Situation von St. Radegund

3.1 Allgemeine klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet

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

Das Klima im Raum St. Radegund entspricht nach H. Wakonigg der Klimalandschaft „am Fuß des Randgebirges“. Dieses Klima kann als mäßig sommerwarmes, sehr wintermildes, thermisch ausgeglichenes Schonklima beschrieben werden (H. Wakonigg 1978, 381f).

Das Jahresmittel der Temperatur beträgt in St. Radegund im langjährigen Durchschnitt 7,7 °C, wobei die Jännertemperaturen bei -2,4 °C und die des Juli um 17,1 °C liegen. Die Jahresniederschlagssumme liegt bei 1000 mm, die an knapp 110 Tagen im Jahr fallen. Der niederschlagsärmste Monat ist der Jänner mit ca. 30 mm, die niederschlagsreichste Jahreszeit ist der Sommer (Juni etwa 150 mm).

Die mittleren Windgeschwindigkeiten erreichen etwa 1,5 m/s, wobei die Durchlüftungsbedingungen zu einem guten Teil von regionalen Windsystemen mit der Hauptwindrichtung N (vor allem nächtlicher Randgebirgswind in Richtung Vorland) und einer sekundären Hauptwindrichtung aus SE (vornehmlich tagsüber) geprägt werden.

3.2 Der Witterungsablauf während der mobilen Messungen

3.2.1 Wintermessperiode: 22. Dezember 2000 bis 6. Februar 2001

Zu Beginn der Messperiode herrschte Hochdruck mit kaltem klarem Winterwetter, sodass die Temperaturen ganztägig deutlich unter dem Gefrierpunkt blieben. Mit einer südwestlichen Höhenströmung wurde es an den Weihnachtsfeiertagen allmählich milder. Schließlich verstärkte sich unter Bewölkungsaufzug und einsetzenden Niederschlägen Tiefdruckdruckeinfluss aus Süd.

Zum Jahreswechsel gelangte der Ostalpenraum in den Einflussbereich eines Hochs mit Zentrum über Osteuropa, das für eine klare und sehr kalte Silvesternacht sorgte.

In der Folge wurden erneut mit einer West- bis Südwestströmung milde Luftmassen herangeführt. Eingelagerte Störungsausläufer blieben südlich des Alpenhauptkammes zunächst nur gering wetterwirksam. Erst der Durchzug eines Tiefdruckgebietes, das sich von der nördlichen Adria Richtung Ukraine verlagerte, bescherte im Süden am 8. 1. ergiebige Niederschläge.

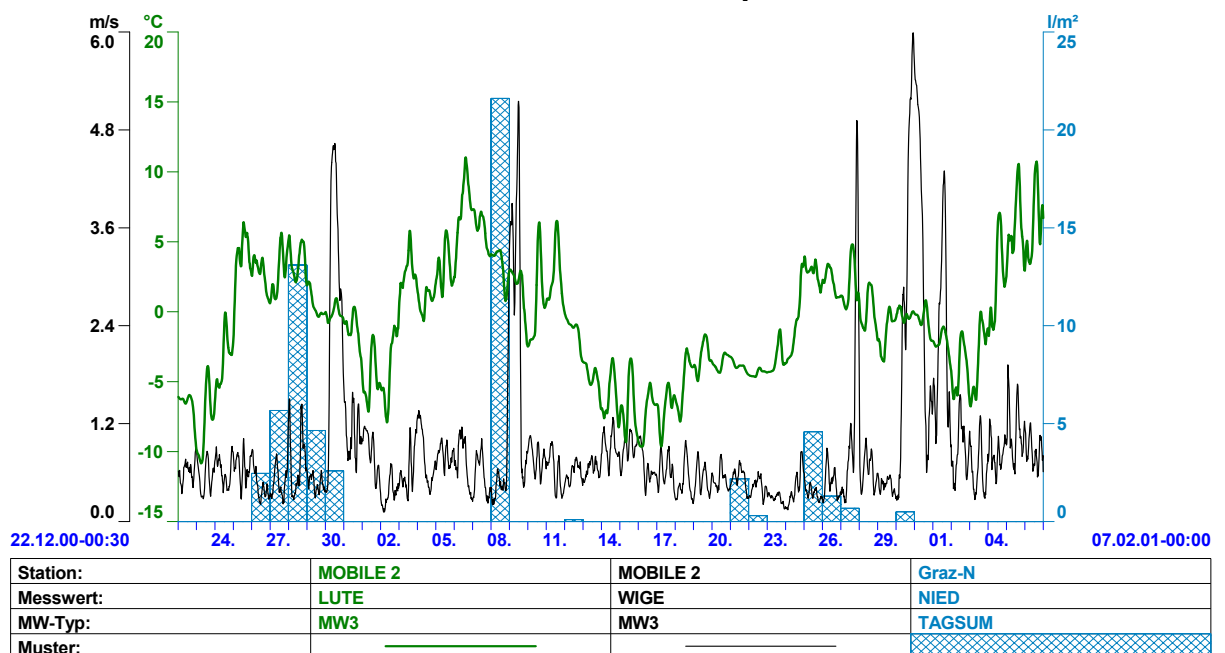
Nach kurzer Zwischenbesserung verursachte eine auflebende West- bis Nordwestströmung stärkere Bewölkung, das Wetter blieb jedoch weitgehend niederschlagsfrei.

In der zweiten Jännerdekade bestimmte der Einfluss eines Hochdruckgebietes mit Zentrum über Schottland das Wettergeschehen. Unter Zufuhr sehr kalter Luftmassen aus Nord sanken die Temperaturen wieder ganztägig deutlich unter den Gefrierpunkt. Mit zunehmender Alterung des Hochs verflachte sich allmählich die Druckverteilung, sodass vermehrt Wolkenfelder von Tiefdruckgebieten über Westeuropa in den Alpenraum vordringen konnten.

Folglich stellte sich eine föhnige zyklonale Südwestströmung ein, die einen leichten Temperaturanstieg bewirkte. Eingelagerte Störungen verursachten bis zum Monatsende wiederholt unergiebigere Niederschläge.

Zu Februarbeginn gelangten mit einer antizyklonalen Nordströmung wieder kurzfristig kalte Luftmassen nach Österreich, ehe nach dem Durchzug einer schwach wetterwirksamen Störungszone eine sehr milde großräumige Südwestströmung einsetzte. Dadurch erfolgte bis zum Ende der ersten Messperiode ein deutlicher Temperaturanstieg mit Tageshöchstwerten bis über 10°C.

Lufttemperatur und Niederschläge im Raum St. Radegund während der Wintermessperiode



Die Erklärung der Abkürzungen findet sich im Anhang

3.2.2 Sommermessperiode: 22. Mai bis 10. Juli 2001

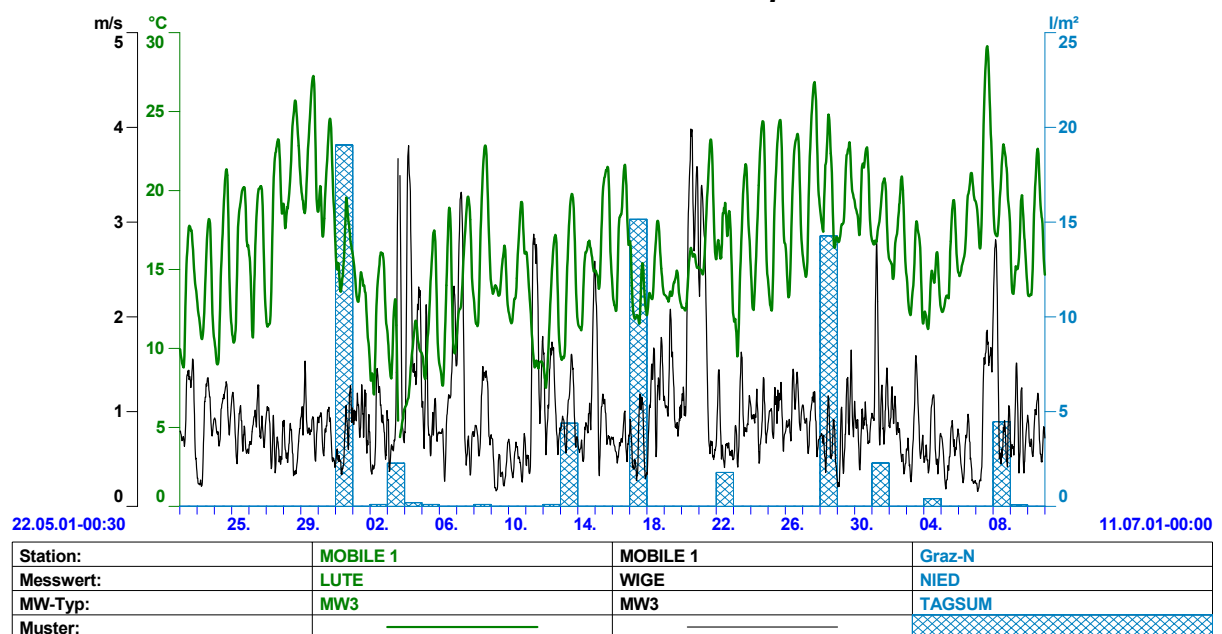
Die Sommermessperiode begann mit weitgehend sonnigem, trockenem und mildem Hochdruckwetter. Die Tageshöchstwerte erreichten zuerst um die 20 °C, mit der zum Monatsende hin einsetzenden Zufuhr warmer Luftmassen aus West stiegen die Maxima schließlich bis über 25 °C.

Der Durchzug einer Störungszone beendete Ende Mai das Schönwetter mit ergiebigen Niederschlägen. An der Rückseite flossen folglich kühle Luftmassen aus Nordwest bis Nord nach Österreich und leiteten einen wechselhaften Witterungsverlauf ein. Wiederholt überquerten Störungszone den Alpenraum, die Niederschlagsmengen blieben im Südosten allerdings gering. Erst um die Monatsmitte konnte sich bei anhaltend hoher Gewitterneigung schwacher Hochdruckeinfluss einstellen, ehe am 17.6. eine stark wetterwirksame Frontalzone verbreitet starke Niederschläge verursachte und an ihrer Rückseite erneut feuchtkühle Luftmassen in den Ostalpenraum steuerte. Zu Beginn der letzten Junidekade verstärkte sich mit Warmluftzufuhr wieder Hochdruckeinfluss und bescherte einige sonnige warme Sommertage.

Mit dem Durchzug einer Kaltfront, die teils heftige Gewitter auslöste, wurde zum Monatswechsel kühlere Nordseeluft herangeführt. Die ersten Julitage wiesen daher bei einer Nordwestströmung und unter Einfluss eines Höhentiefs über Ungarn nur gedämpfte Temperaturen auf.

Nachfolgend stellte sich eine föhnige Südwest- bis Südströmung ein, wodurch warme subtropische Luft in den Alpenraum strömte und das Temperaturniveau kurzfristig wieder kräftig anstieg. Mit Drehung der Strömung auf West konnte eine niederschlagsbringende Kaltfront durchziehen und danach bis zum Ende der Messperiode feuchtmilde Luftmassen nach Österreich vordringen.

Lufttemperatur und Niederschläge im Raum St. Radegund während der Sommermessperiode



Der Witterungsverlauf während der Messungen in St. Radegund zeichnete sich während der Wintermessungen aufgrund häufiger milder Strömungslagen durch überdurchschnittliche Temperaturen aus. Die Niederschlagsmengen lagen während der ersten Hälfte der Messperiode infolge verstärkter Tiefdrucktätigkeit über den Erwartungen, während die zweite Hälfte etwas zu geringe Mengen aufwies.

Die Sommermessperiode stellte sich trotz einer deutlich zu warmen letzten Maiwoche zu Beginn der Messungen als nur leicht überdurchschnittlich temperiert dar. Auch die Niederschlagsmengen verfehlten nur knapp den Normalwert. Der Witterungsverlauf zeigte im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt im Juni und Anfang Juli etwas überdurchschnittlich häufige Strömungs- und gradientschwache Lagen mit Gewitterbildung bei unterdurchschnittlicher Häufigkeit von ausgeprägten Hochdrucklagen.

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.

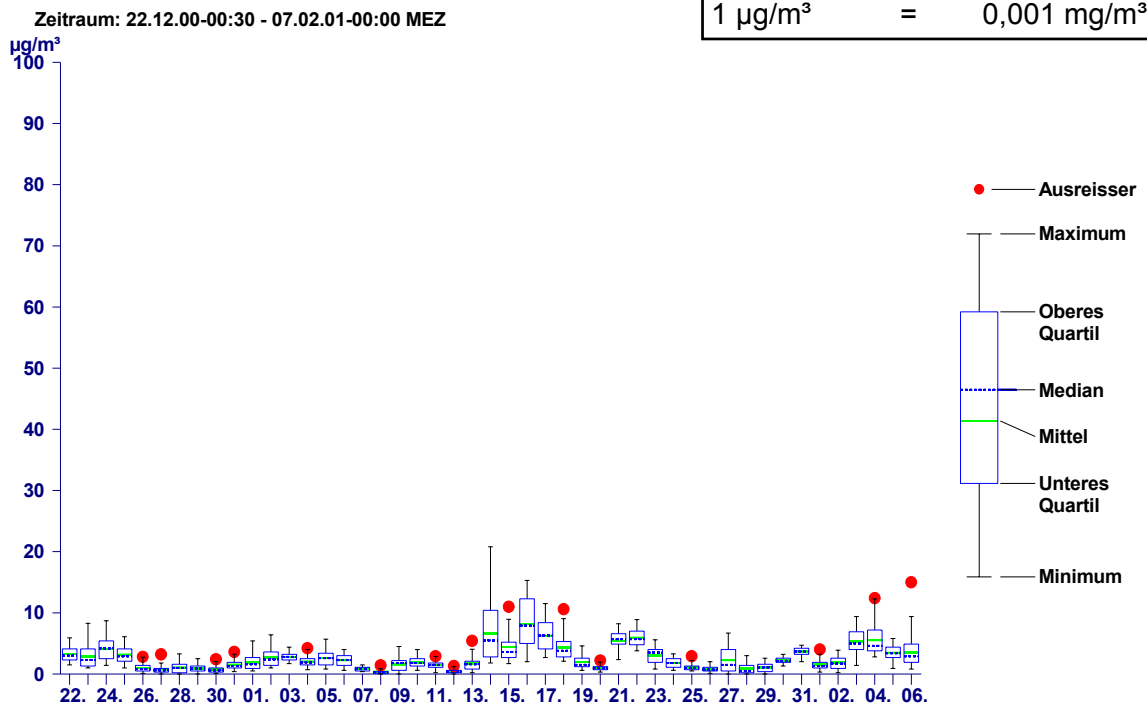
Die Kalibrierung der Messwerte wird gemäß ÖNORM M5889 durchgeführt. Die in Verwendung befindlichen Transferstandards werden regelmäßig an internationalen Standards, bereitgestellt durch das Umweltbundesamt Wien, abgeglichen.

4.2 Messergebnisse und Schadstoffverläufe

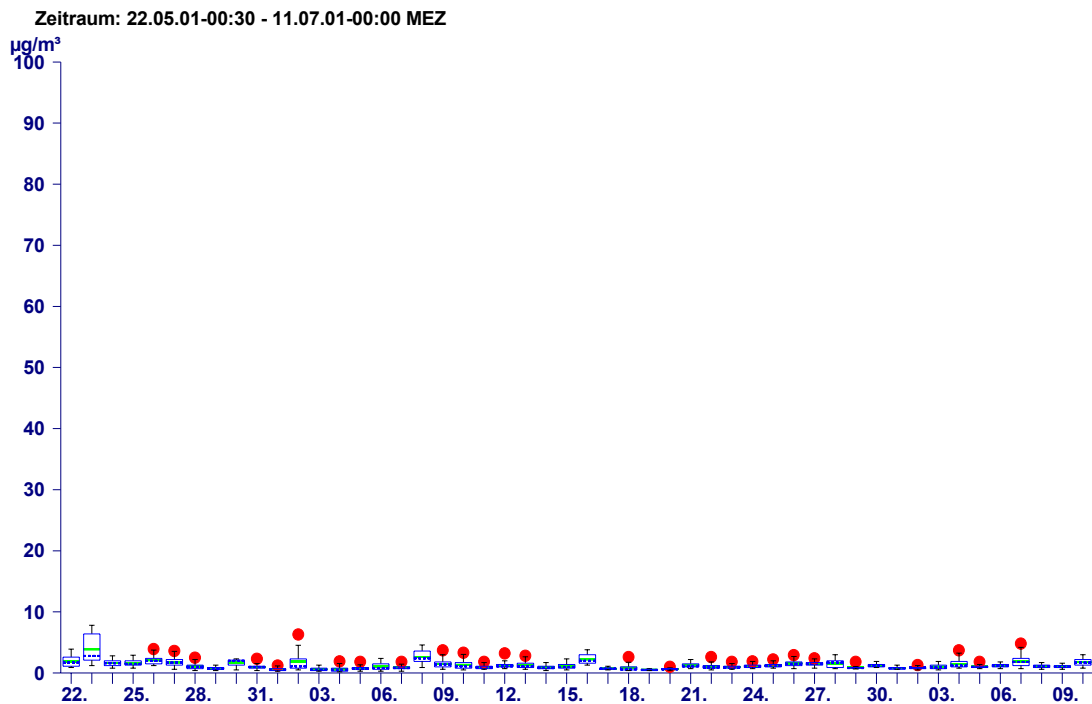
4.2.1 Schwefeldioxid (SO₂)

22.12.2000 - 06.02.2001	Messergebnisse SO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte SO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	20	0,15 0,20 0,100	LGBI.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	13 % 10 % 20 %
Mtmax	6			
TMWmax	8	0,10 0,12 0,050	LGBI.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	8 % 7 % 16 %
PMW	3			

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



22.05.2001 - 10.07.2001	Messergebnisse SO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte SO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	8	0,07 0,20 0,100	LGBI.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	11 % 4 % 8 %
Mtmax	3			
TMWmax	4	0,05 0,12 0,050	LGBI.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	8 % 3 % 8 %
PMW	1			



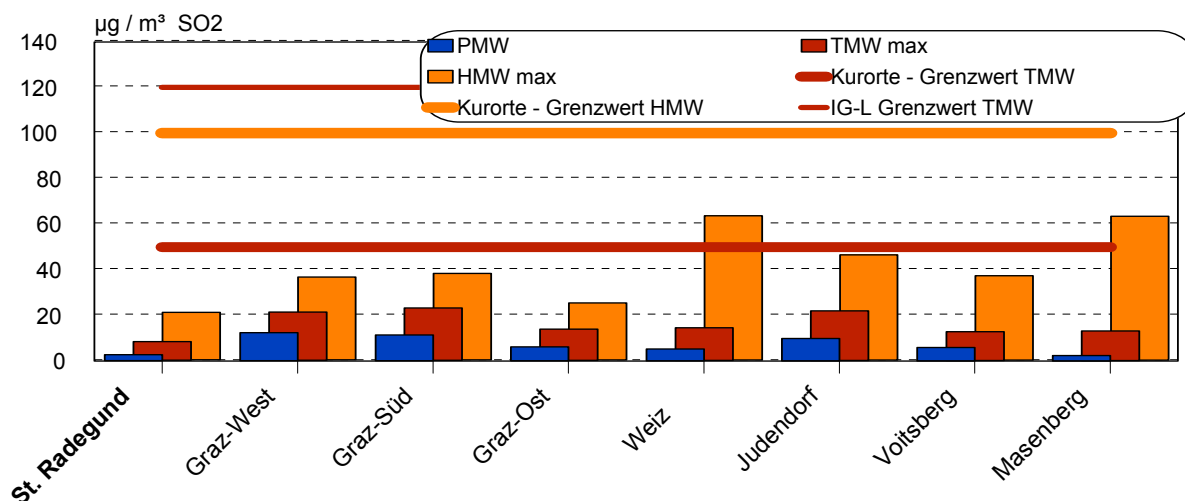
SO₂ wird vorwiegend bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen in den Haushalten und in den Betrieben bei der Aufbereitung von Prozesswärme freigesetzt, Emissionen aus dem Straßenverkehr spielen dabei eine untergeordnete Rolle. Die Emissionen sind daher in der kalten Jahreszeit ungleich höher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

Dementsprechend waren auch in St. Radegund die Immissionskonzentrationen von Schwefeldioxid während der Wintermessung höher als im Sommer. Der Verlauf der Immissionskonzentrationen zeigt speziell bei der Wintermessung eine Übereinstimmung mit dem Witterungsgeschehen. Während der allgemein windschwächeren und austauschärmeren Hochdruckwetterlagen wie z.B. Mitte Jänner lagen die Konzentrationen etwas über den Werten, die bei lufthygienisch günstigeren Witterungsbedingungen registriert wurden.

Die SO₂-Konzentrationen blieben jedoch während beider Messungen sowohl bei den maximalen Halbstundenmittelwerten als auch bei den Tagesmittelwerten deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten und den Grenzen der Kurortrichtlinie.

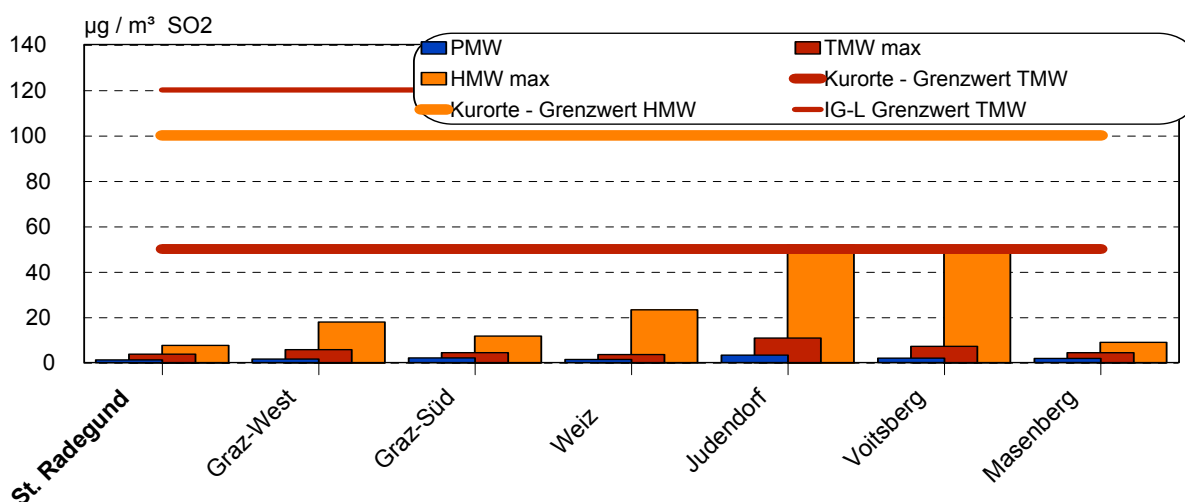
Im Vergleich mit anderen steirischen Messstationen zeigte sich beim Luftschadstoff Schwefeldioxid am Messstandort in Bad Gams sowohl für die Winter-, als auch für die Sommermessperiode eine unterdurchschnittliche Belastungssituation.

Vergleich der SO₂-Konzentrationen während der Wintermessung 2000/2001



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

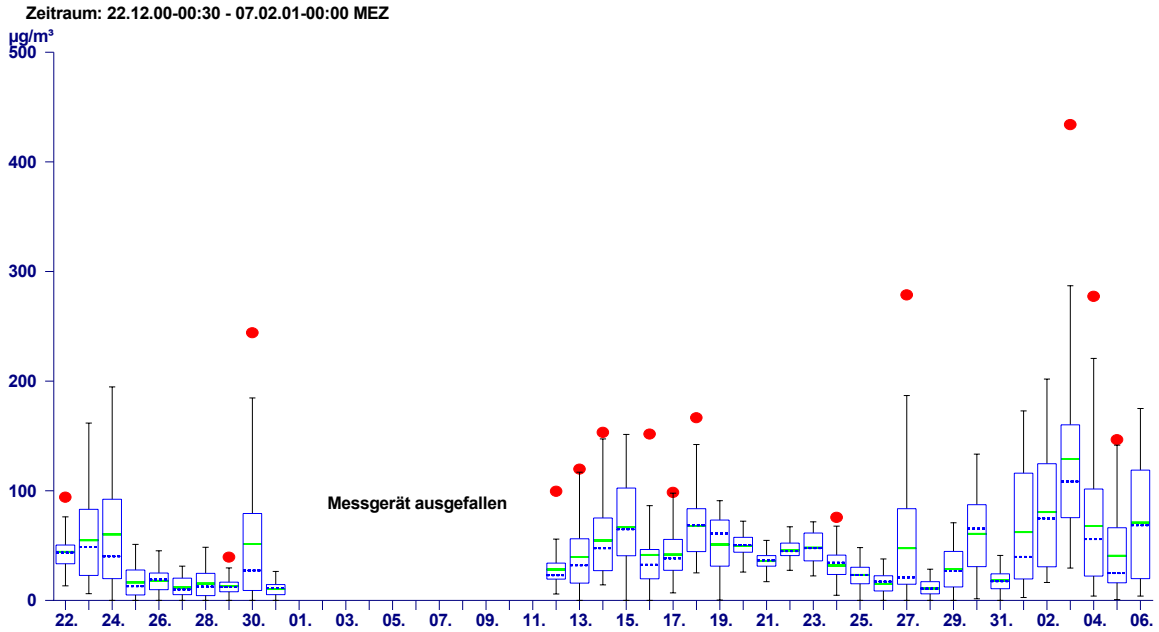
Vergleich der SO₂-Konzentrationen während der Sommermessung 2001



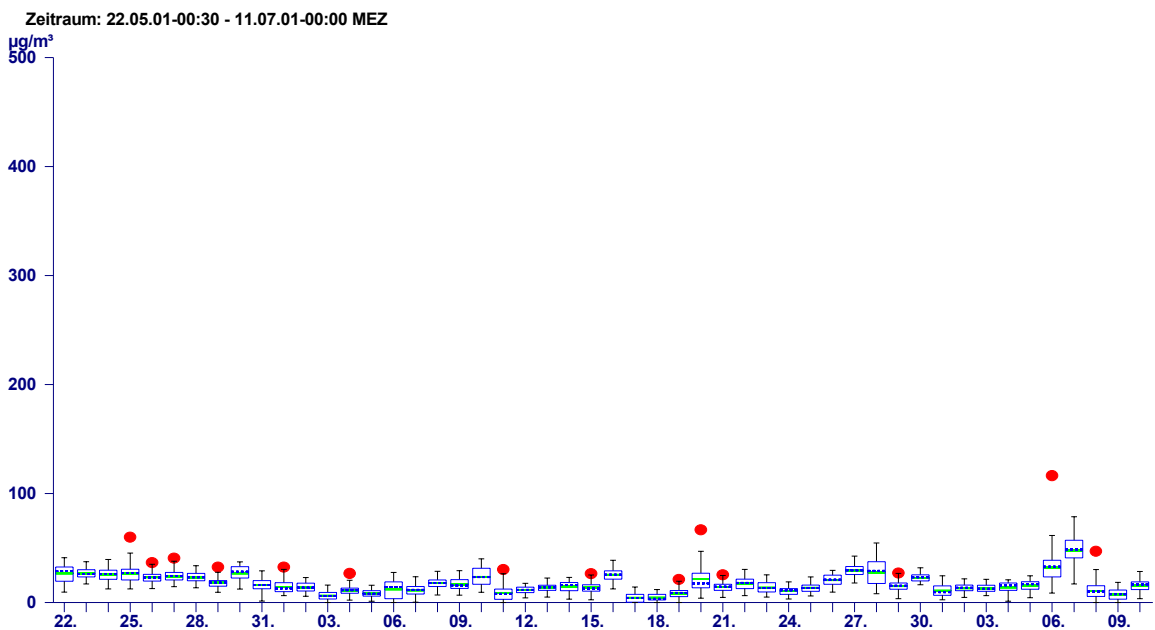
Grenzwerte nach der Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten und dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.2.2 Schwebstaub (TSP)

22.12.2000 - 06.02.2001	Messergebnisse Staub in µg/m ³	Grenzwerte Staub in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	434			
Mtmax	121			
TMWmax	129	0,12 0,15 0,120	LGBl.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterichtlinie	107 % 86 % 107 %
PMW	43			



22.05.2001 - 10.07.2001	Messergebnisse Staub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte Staub in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	116			
Mtmax	33			
TMWmax	47	0,12 0,15 0,120	LGBI.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	39 % 31 % 39 %
PMW	17			



Als Verursacher der Staubemissionen gelten einerseits die Haushalte durch die Verbrennung von festen Brennstoffen, andererseits Gewerbe- und Industriebetriebe,

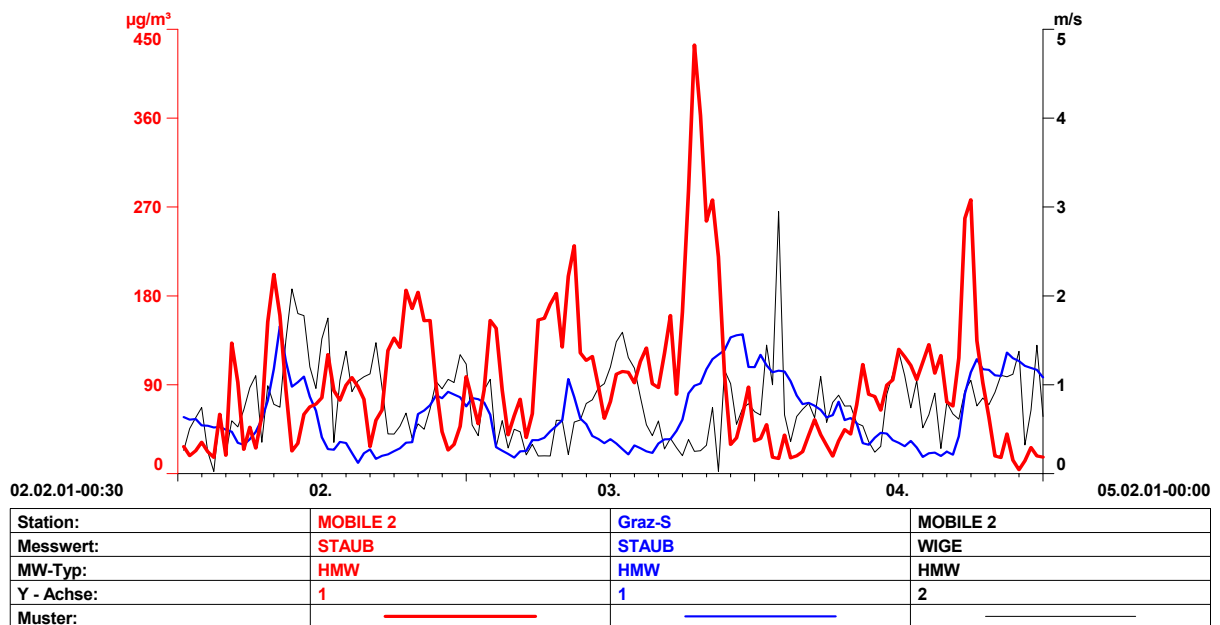
aus deren Produktionsabläufen Staub in die Außenluft gelangt. Dementsprechend sind auch beim Schwebstaub im Winter ähnlich wie beim SO₂ höhere Konzentrationen zu erwarten. Die Luftgütemesspraxis zeigt aber, dass auch den diffusen Quellen eine ganz wesentliche Bedeutung zukommt. Als diffuse Quellen sind beispielsweise der Straßenstaub (Streusplitt und Streusalz), biogener Staub, das Abheizen von Gartenabfällen und das Abbrennen von Böschungen zu nennen.

Am Messstandort in St. Radegund bewegten sich die Staubkonzentrationen während der Sommermessungen auf einem deutlichen niedrigeren Niveau als im Winter.

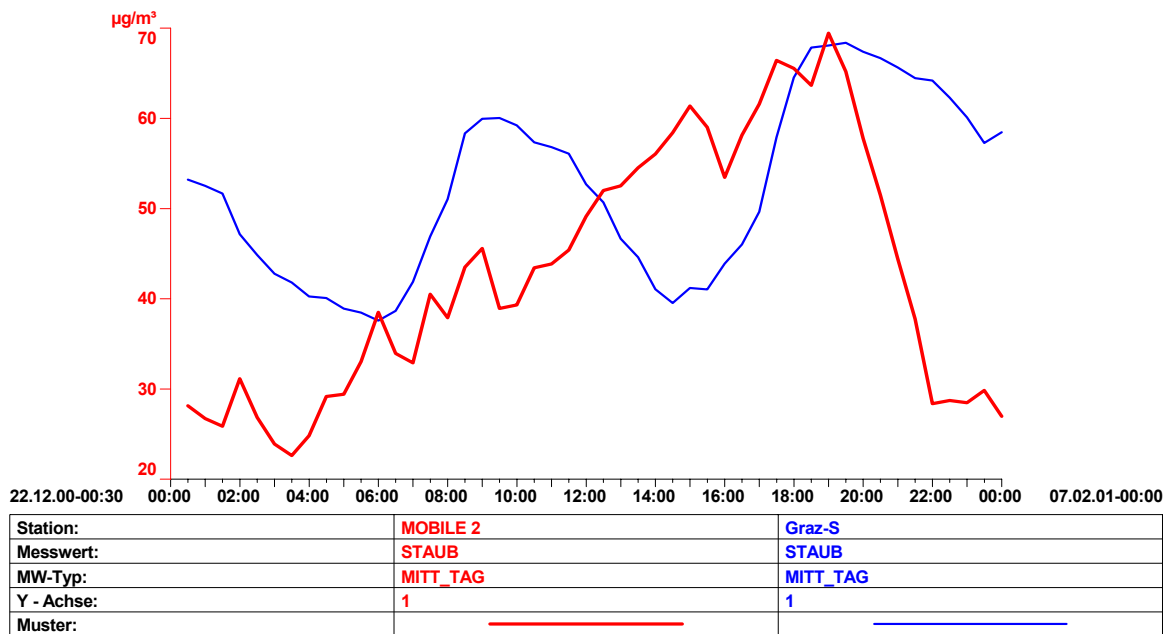
Während der Wintermessung wurde am 03.02.2001 eine Überschreitung des Grenzwertes für den maximalen Tagesmittelwert von 120 µg/m³ nach der Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten bzw. der Immissionsgrenzwerteverordnung der Steiermärkischen Landesregierung (LGBI.Nr.5/1987) festgestellt.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Schwebstaubkonzentrationen in St. Radegund von Freitag, 02.02.2001 bis Sonntag, 04.02.2001 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Konzentrationen in diesem Zeitraum bei windschwacher Witterung allgemein auf einem hohen Niveau verbleiben (etwa im Vergleich zur Station Graz - Süd) und jeweils am späten Nachmittag bis frühen Abend die höchsten Halbstundenmittelwerte gemessen wurden.

Auffallend hohe Staubbelastungen wurden auch an anderen Wochenenden während der Messperiode (23./24.12., 30.12.2000 oder 27.01.2001) registriert, wodurch verstärkt der Freizeit- und Ausflugsverkehr als Hauptverursacher in Betracht zu ziehen ist.

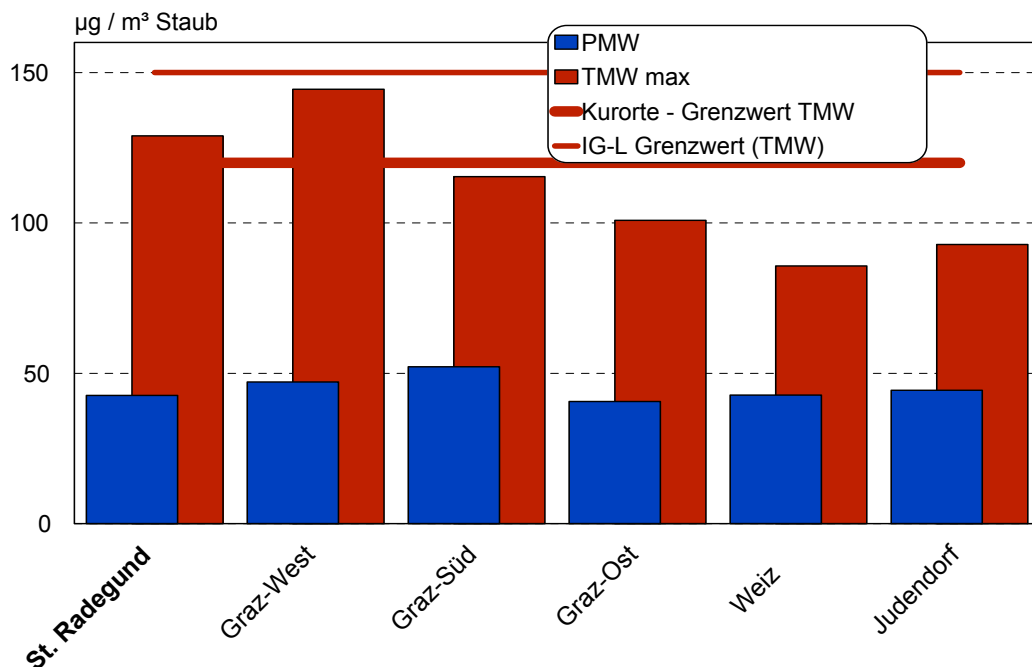


Dementsprechend unterscheidet sich auch der mittlere Tagesgang der Staubbelastung am Standort in St. Radegund deutlich von jenem an der Station Graz - Süd. Während in Graz entsprechend dem Berufsverkehrsaufkommen ein deutliches Morgenmaximum zur Frühverkehrsspitze auftritt, in den Nachmittagsstunden die Konzentrationen rückläufig sind und erst am Abend wieder ansteigen, nimmt die Staubbelastung in St. Radegund im Tagesverlauf kontinuierlich zu und sinkt erst am späten Abend wieder ab.



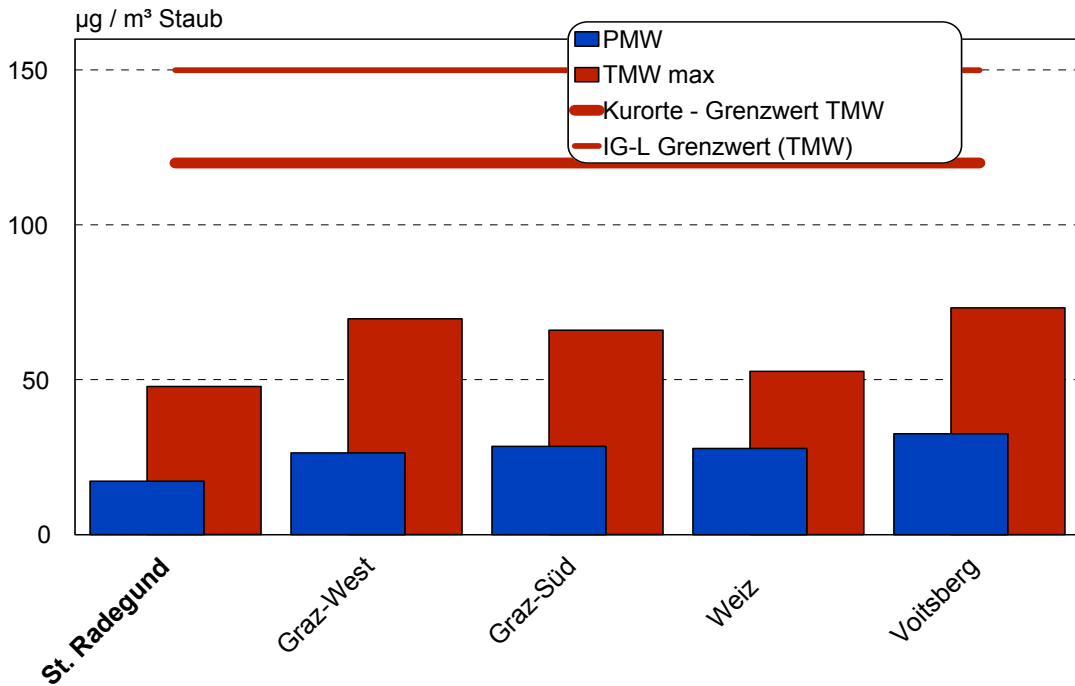
Im Vergleich mit anderen steirischen Messstellen lagen die Schwebstaubkonzentrationen in St. Radegund während der Sommermessungen auf einem leicht unterdurchschnittlichen Niveau. Im Winter hingegen erreichte die Grundbelastung (Periodenmittelwert) durchschnittliche Konzentrationen, der höchste Tagesmittelwert vom 03.02.2001 bewegte sich sogar auf einem deutlich überdurchschnittlichen Niveau.

Vergleich der Staubkonzentrationen während der Wintermessung 2000/2001



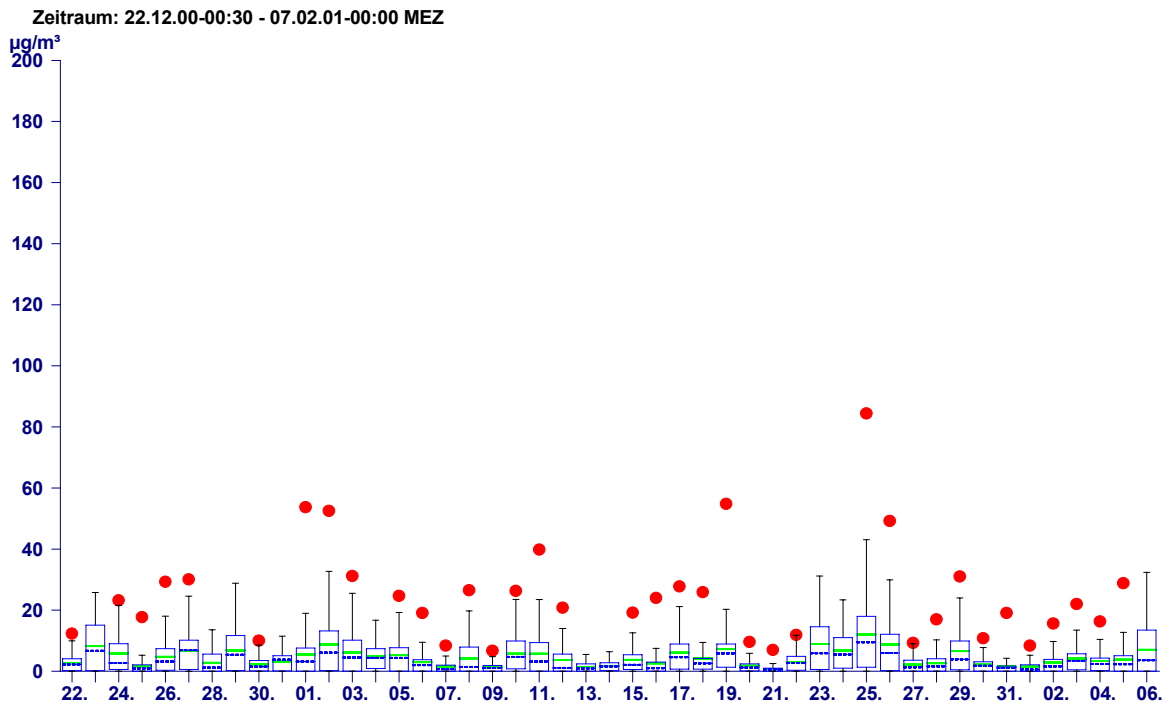
Grenzwerte nach der Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten und dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

Vergleich der Staubkonzentrationen während der Sommermessung 2001

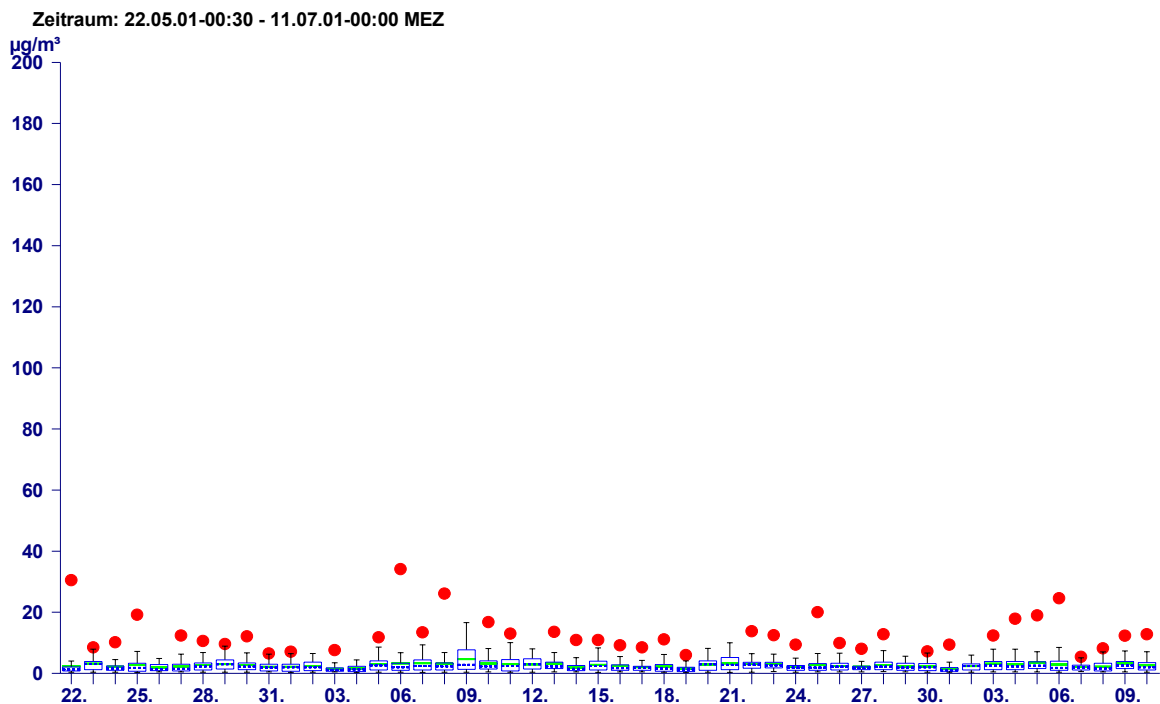


Grenzwerte nach der Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten und dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.2.3 Stickstoffmonoxid (NO)



22.12.2000 - 06.02.2001	Messergebnisse NO in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte NO in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	84	0,60	LGBI.Nr. 5/1987	14 %
Mtmax	24			
TMWmax	12	0,20	LGBI.Nr. 5/1987	6 %
PMW	4			



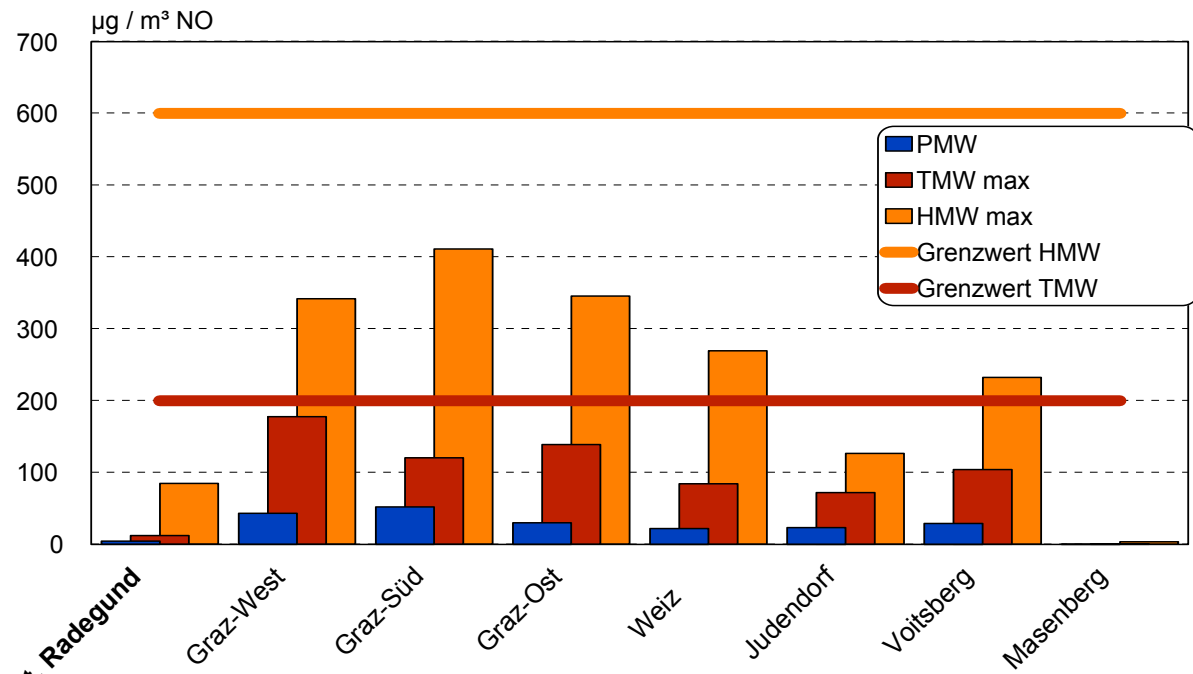
22.05.2001 - 10.07.2001	Messergebnisse NO in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwerte NO in mg/m^3	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	34	0,60	LGBI.Nr. 5/1987	6 %
Mtmax	12			
TMWmax	5	0,20	LGBI.Nr. 5/1987	3 %
PMW	3			

Als Hauptverursacher der Stickstoffoxidemissionen (NO_x) gilt der Kfz-Verkehr. In bestimmten Regionen können auch die Gewerbe- und Industriebetriebe einen Beitrag leisten, in St. Radegund ist das aber nicht der Fall. 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 beiden Messungen deutlich unterschritten. In der Richtlinie für die Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten sind für den Schadstoff Stickstoffmonoxid keine Grenzwerte festgelegt.

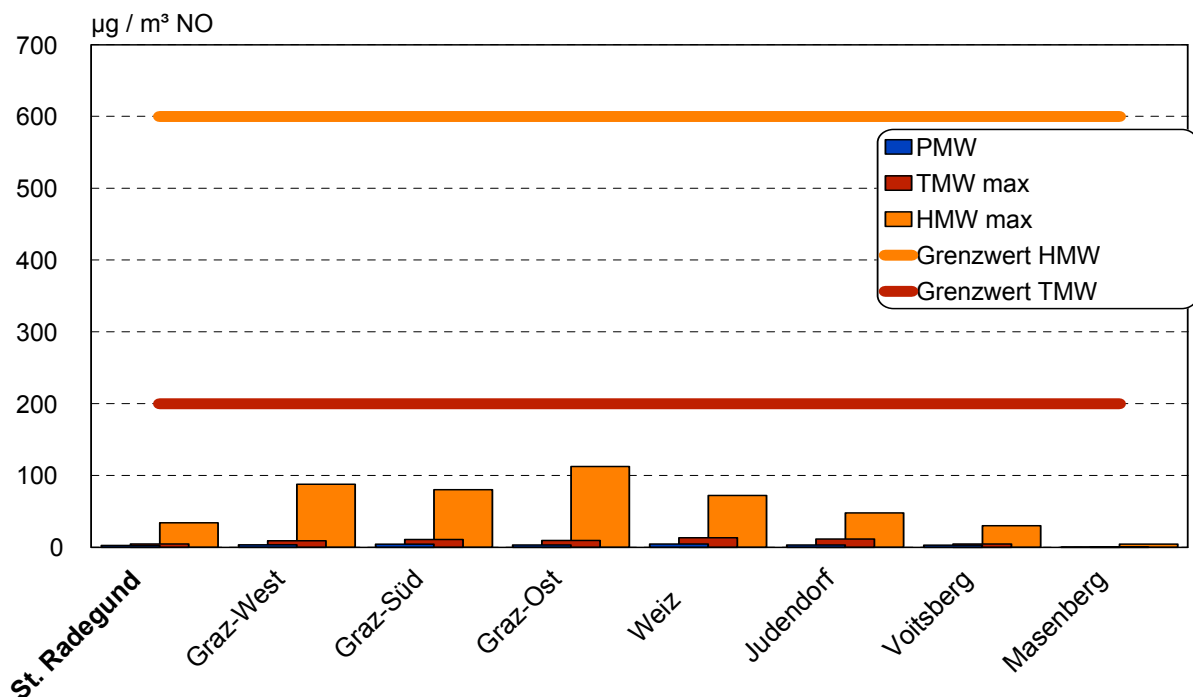
Im steiermarkweiten Vergleich können die Stickstoffmonoxidbelastungen in St. Radegund ganzjährig als deutlich unterdurchschnittlich bezeichnet werden, wobei speziell in den Wintermonaten günstige Verhältnisse vorherrschen. Dies gilt sowohl für die Grundbelastung als auch für die Belastungsspitzen.

Vergleich der NO-Konzentrationen während der Wintermessung 2000/2001



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

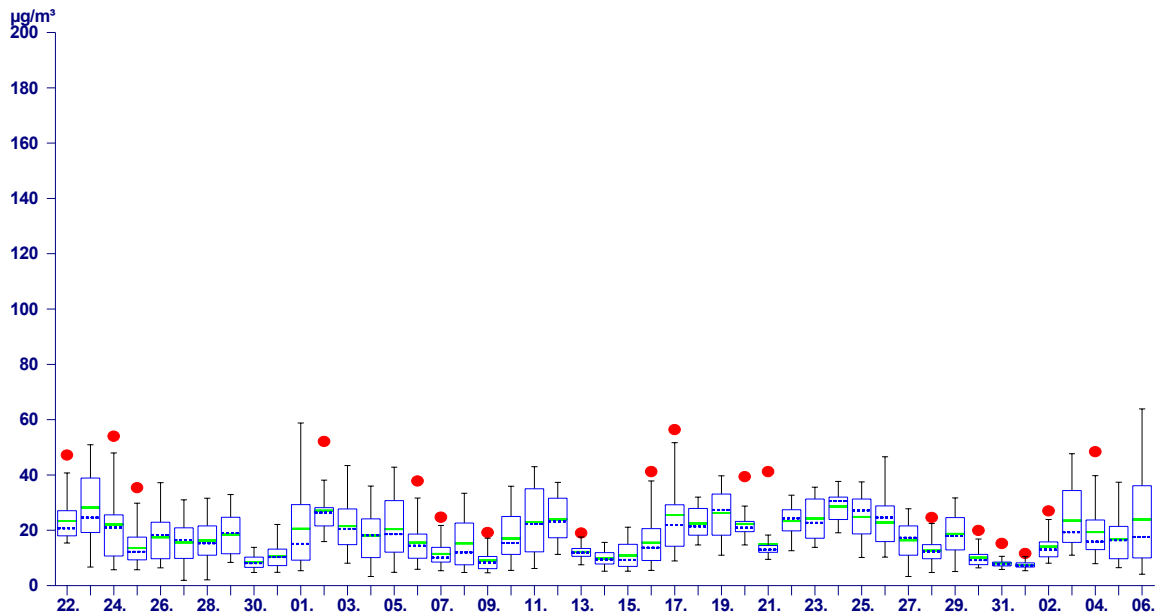
Vergleich der NO-Konzentrationen während der Sommermessung 2001



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

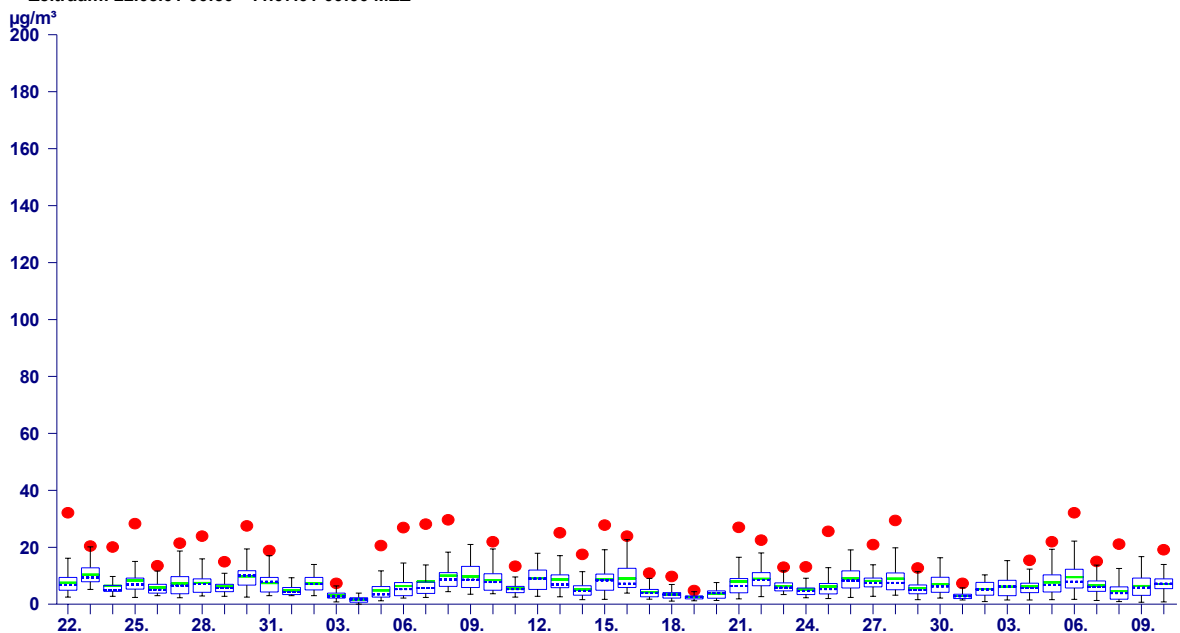
4.2.4 Stickstoffdioxid (NO₂)

Zeitraum: 22.12.00-00:30 - 07.02.01-00:00 MEZ



22.12.2000 - 06.02.2001	Messergebnisse NO ₂ n µg/m ³	Grenzwerte NO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	64	0,20 0,20 0,100	LGBl.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	32 % 32 % 64 %
Mtmax	36			
TMWmax	27	0,10 0,050	LGBl.Nr. 5/1987 Kurorterrichtlinie	27 % 54 %
PMW	18			

Zeitraum: 22.05.01-00:30 - 11.07.01-00:00 MEZ



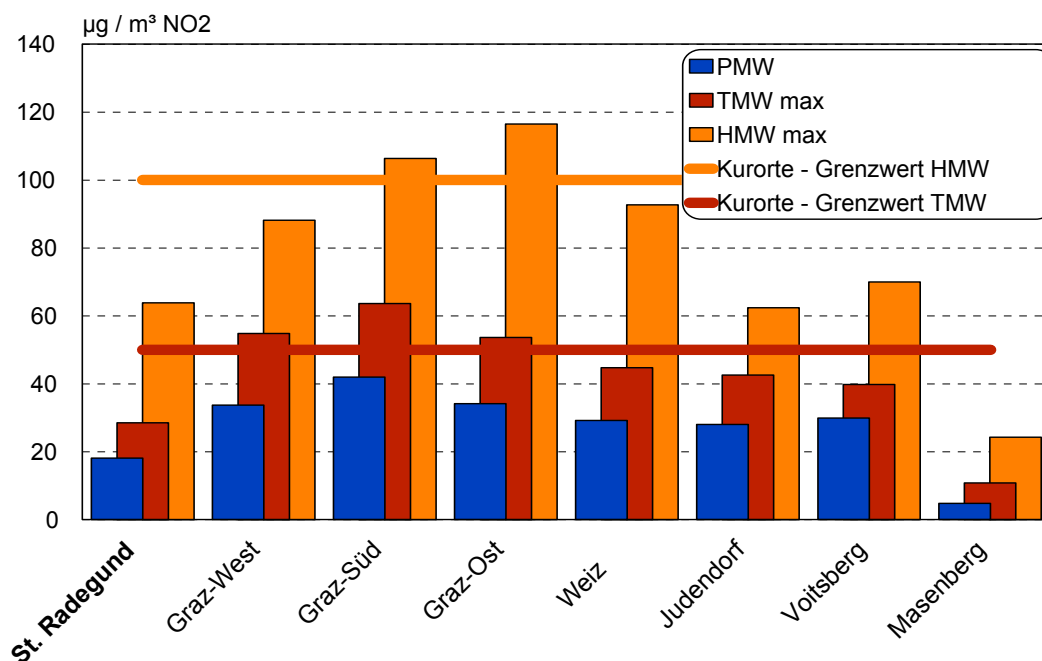
22.05.2001 - 10.07.2001	Messergebnisse NO ₂ in µg/m ³	Grenzwerte NO ₂ in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	32	0,20 0,20 0,100	LGBl.Nr.5/1987 BGBl I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	16 % 16 % 32 %
Mtmax	19			
TMWmax	10	0,10 0,050	LGBl.Nr. 5/1987 Kurorterrichtlinie	10 % 20 %
PMW	7			

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 während beider Messperioden keine Verletzung gesetzlicher Grenzwerte bzw. der Grenzen der für die vorliegende Fragestellung relevanten „Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ festgestellt, während der Wintermessung wurde jedoch mehrmals Maximalwerte von rund 60% des Grenzwertes der Kurorterrichtlinie registriert.

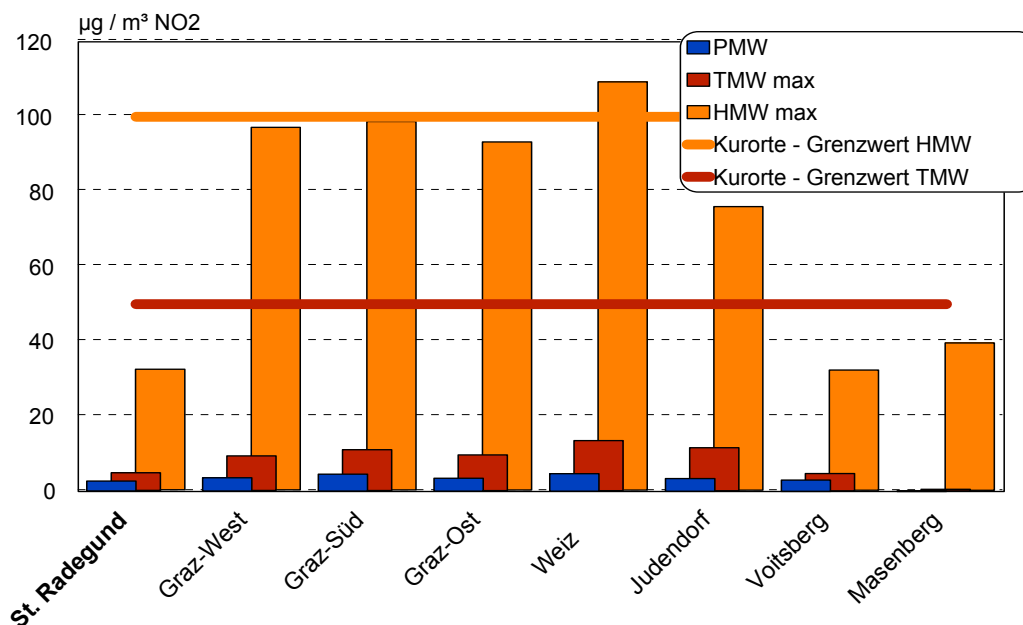
Im Vergleich mit anderen steirischen Messstationen wurde speziell hinsichtlich der Grundbelastung eine unterdurchschnittliche Belastung festgestellt, die winterlichen Maximalwerte lagen auf einem durchschnittlichen Niveau. Auch hierfür dürfte weniger der lokale als vielmehr der Ausflugsverkehr verantwortlich gewesen sein. Zudem bedingen die Steigungsverhältnisse der Hauptstraße erhöhte Motortemperaturen, die sich auch in höheren No_x-Emissionen niederschlagen

Vergleich der NO₂-Konzentrationen während der Wintermessung 2000/2001



Grenzwerte nach der Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten

Vergleich der NO₂-Konzentrationen während der Sommermessung 2001

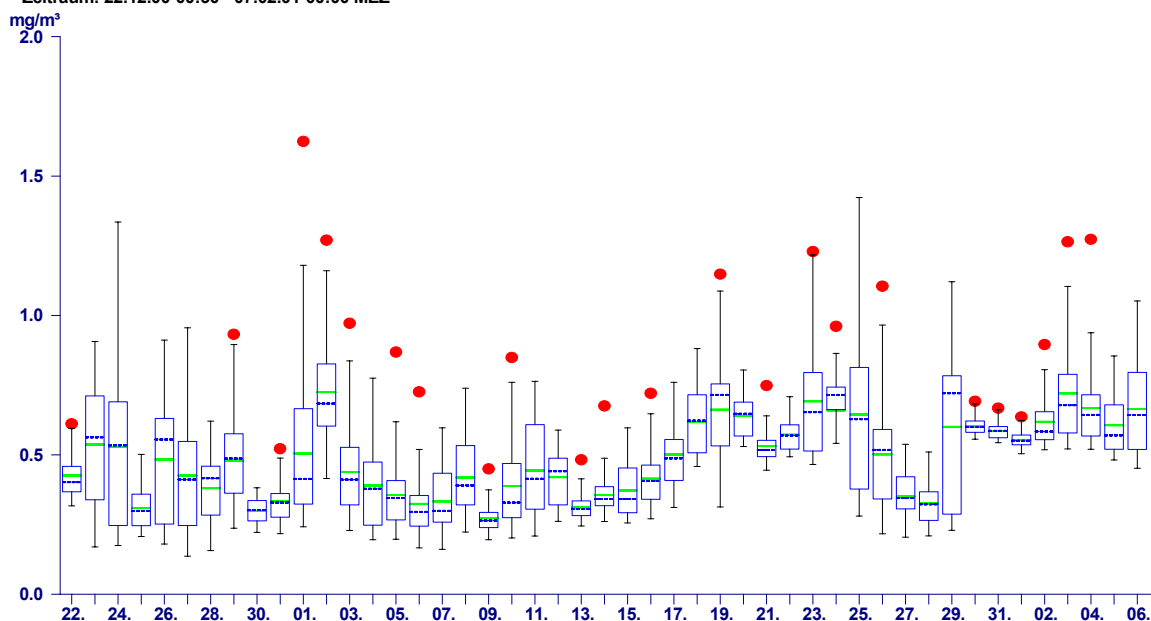


Grenzwerte nach der Richtlinie zur Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten

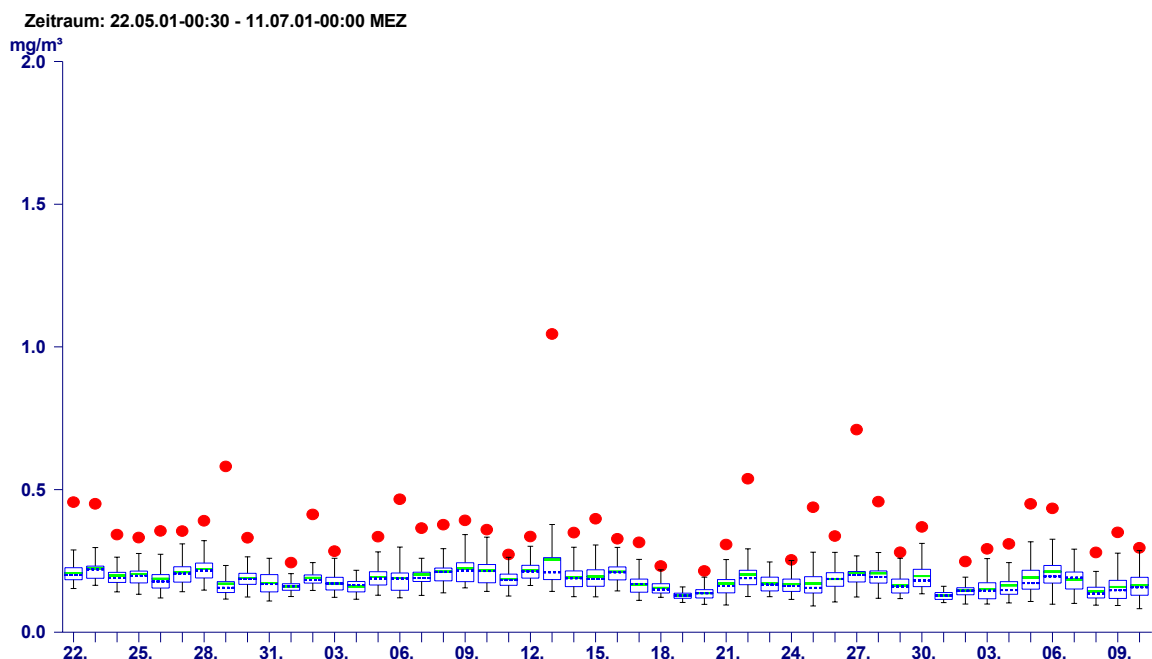
4.2.5 Kohlenmonoxid (CO)

22.12.2000 - 06.02.2001	Messergebnisse CO in mg/m ³	Grenzwerte CO in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	1,624	20	LGBl.Nr. 5/1987	8 %
Mtmax	0,844			
MW8max	1,527	10 5	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterichtlinie	15 % 31 %
TMWmax	0,725	7	LGBl.Nr. 5/1987	10 %
PMW	0,489			

Zeitraum: 22.12.00-00:30 - 07.02.01-00:00 MEZ



22.05.2001 - 10.07.2001	Messergebnisse CO in mg/m ³	Grenzwerte CO in mg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	1,045	20	LGBl.Nr. 5/1987	7 %
Mtmax	0,360			
MW8max	0,557	10 5	BGBl. I Nr. 115/1997 Kurorterrichtlinie	6 % 11 %
TMWmax	0,255	7	LGBl.Nr. 5/1987	4 %
PMW	0,185			



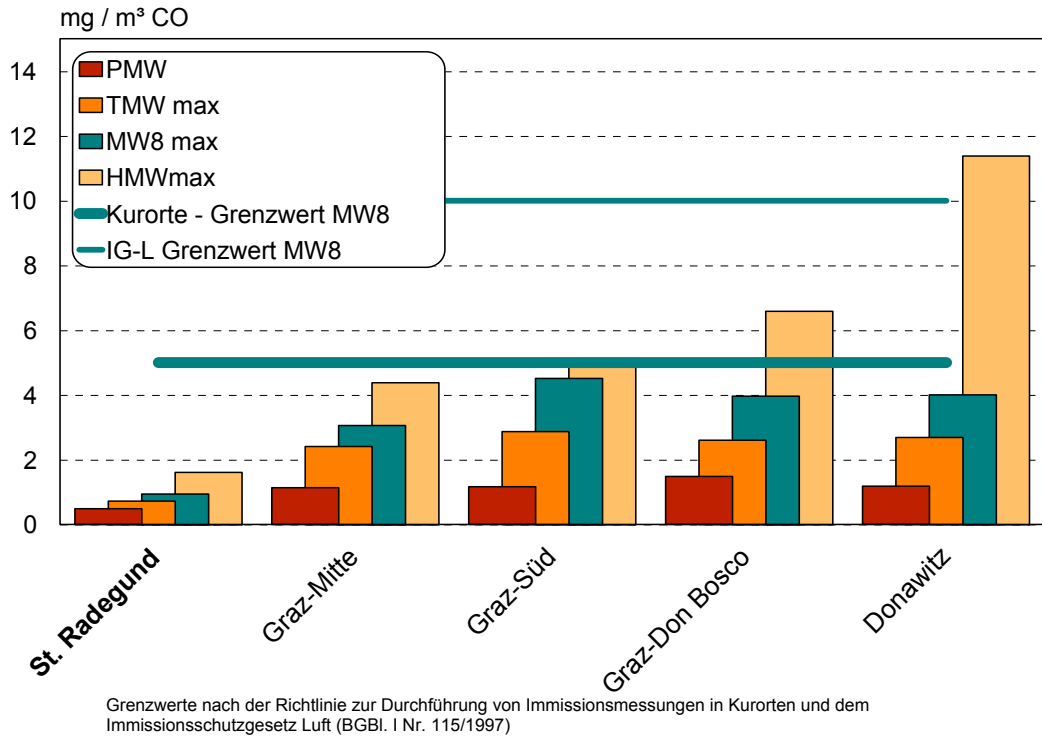
Auch beim Kohlenmonoxid gilt der Kfz-Verkehr als Hauptverursacher. Die Höhe der Konzentrationen nimmt mit der Entfernung zu den Hauptverkehrsträgern jedoch im Allgemeinen stärker ab als bei den Stickstoffoxiden.

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

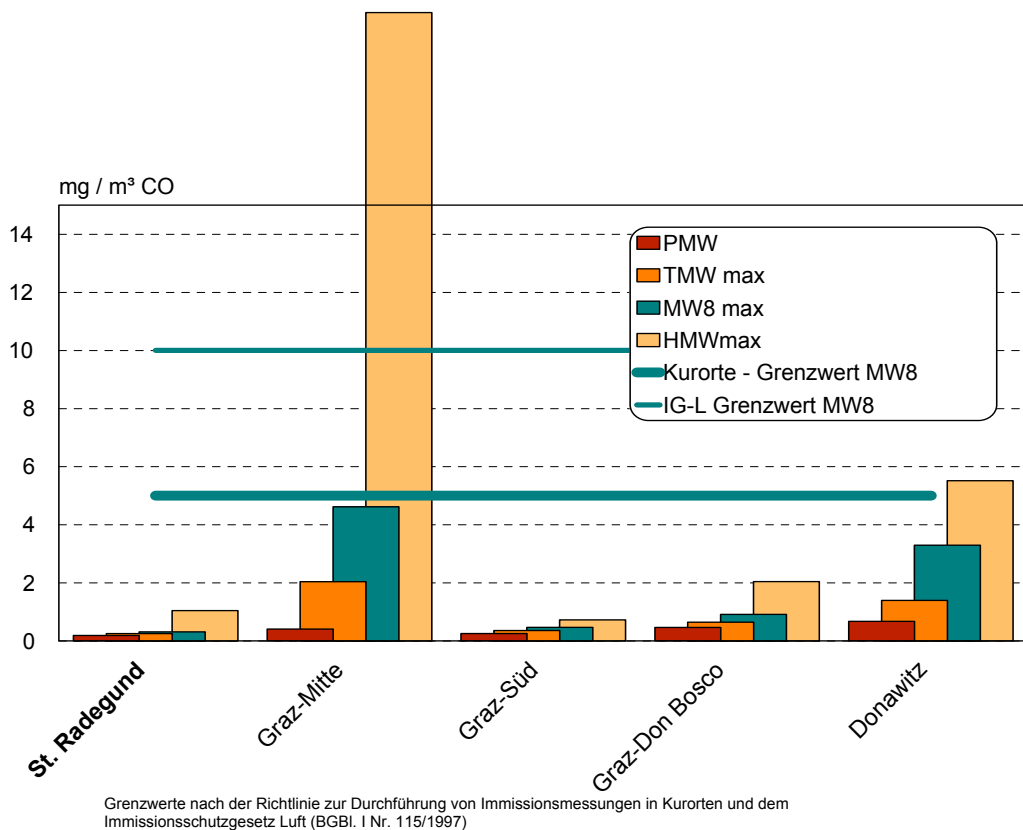
Die Kohlenmonoxidkonzentrationen werden in der Steiermark nur an einigen neuralgischen Punkten sowie an den beiden mobilen Messstationen erhoben.

Im Vergleich mit den Fixmessstellen in Graz und Leoben-Donawitz sind die Belastungen vor allem im Winterhalbjahr als deutlich unterdurchschnittlich einzustufen.

Vergleich der CO-Konzentrationen während der Wintermessung 2000/2001



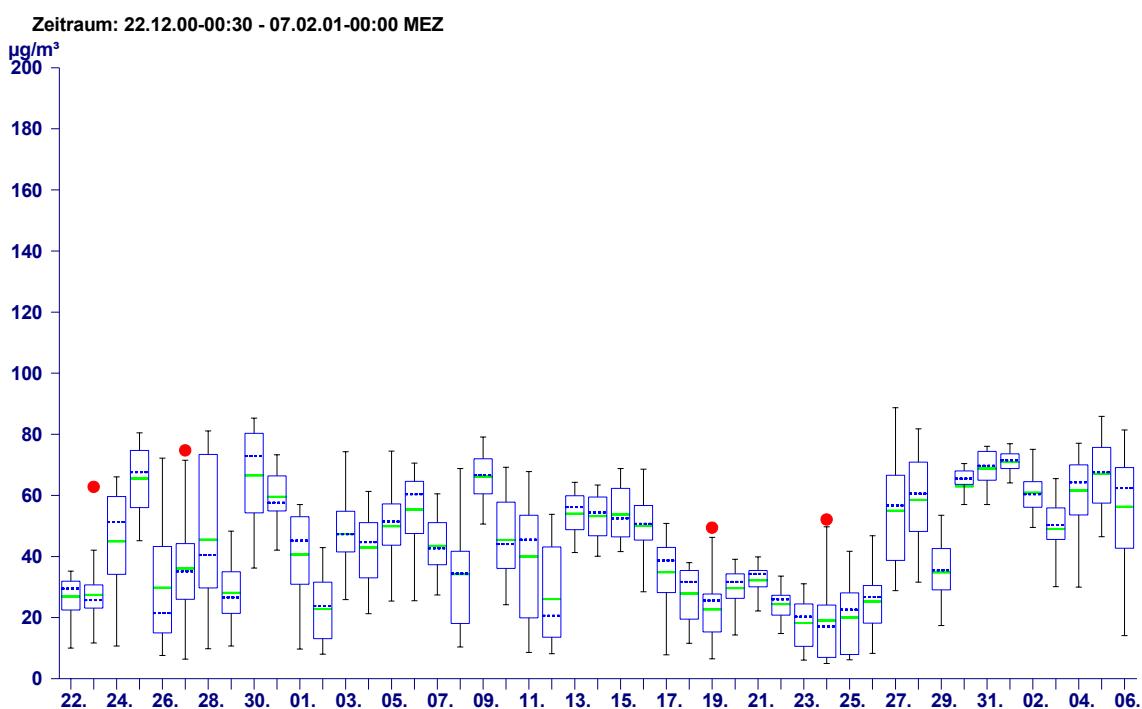
Vergleich der CO-Konzentrationen während der Sommermessung 2001



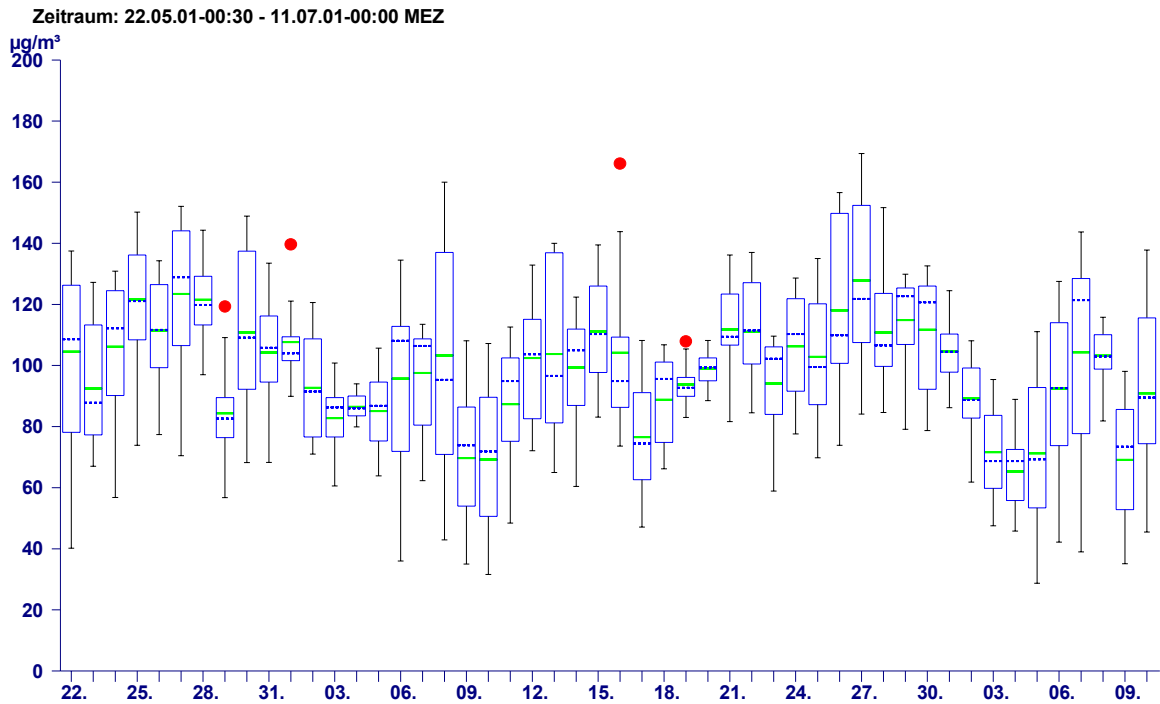
Anmerkung: Der Extremwert an der Station Graz Mitte dürfte durch Bauarbeiten (Dieselaggregat) verursacht worden sein.

4.2.6 Ozon (O₃)

22.12.2000 - 06.02.2001	Messergebnisse O ₃ in µg/m ³	Grenzwerte O ₃ in µg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	89	120	ÖAW-Vorsorgewert	74 %
Mtmax	63			
MW8max	82	110	BGBI. I Nr. 115/1997	75 %
TMWmax	71			
PMW	44			



22.05.2001 - 10.07.2001	Messergebnisse O ₃ in µg/m ³	Grenzwerte O ₃ in µg/m ³	Gesetze, Normen, Empfehlungen	% des Grenzwertes
HMWmax	169	120	ÖAW-Vorsorgewert	141 %
Mtmax	126			
MW8max	158	110	BGBI. I Nr. 115/1997	144 %
TMWmax	128			
PMW	98			

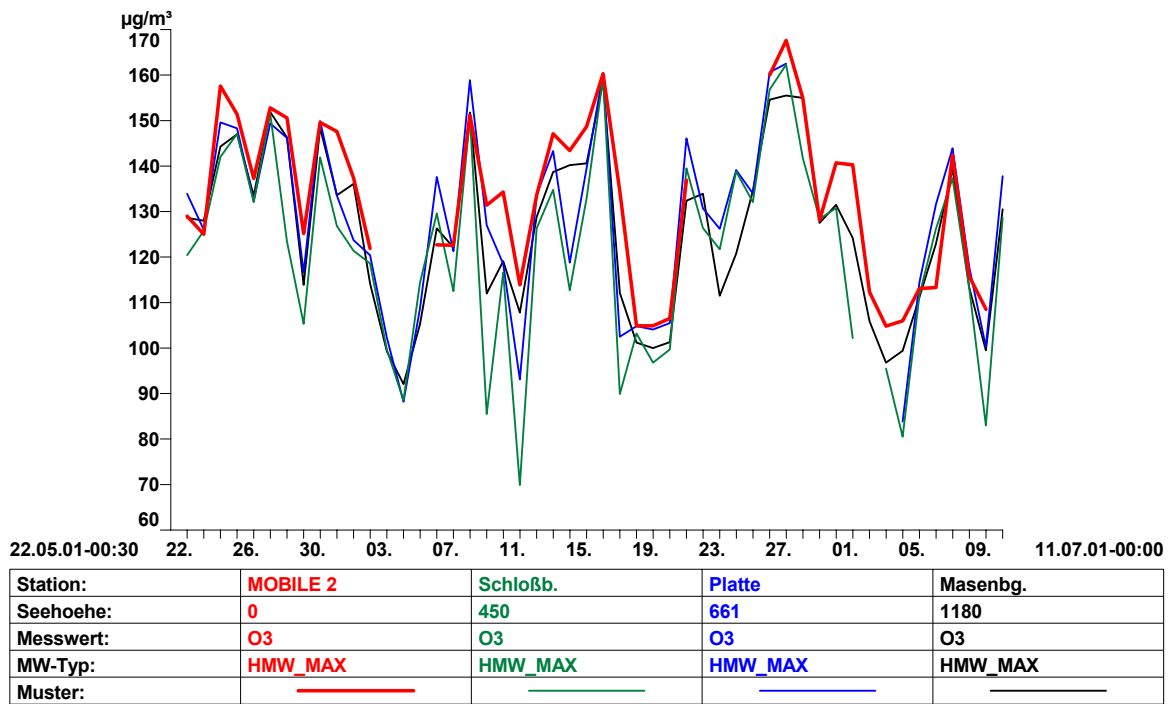


Ozon wird als sekundärer Luftschadstoff bezeichnet, da es kaum direkt freigesetzt wird, sondern sich zum weitaus überwiegenden Teil aus Vorläufersubstanzen auf luftchemischem Weg bildet.

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. Der Standort St. Radegund liegt im Ozon-Überwachungsgebiet 2 "Süd- und Oststeiermark und südliches Burgenland".

Die nachfolgende Abbildung für die höher belastete Sommermessperiode zeigt, dass sich die täglichen Ozonspitzenkonzentrationen am Standort in St. Radegund im Allgemeinen in der gleichen Größenordnung wie an den benachbarten Stationen am Grazer Schloßberg und auf der Platte wie auch am Masenberg bewegen.



Der Ozontagesgang ist stark von der Höhenlage sowie von der Nähe zu Ballungszentren abhängig. Siedlungsnahe 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:

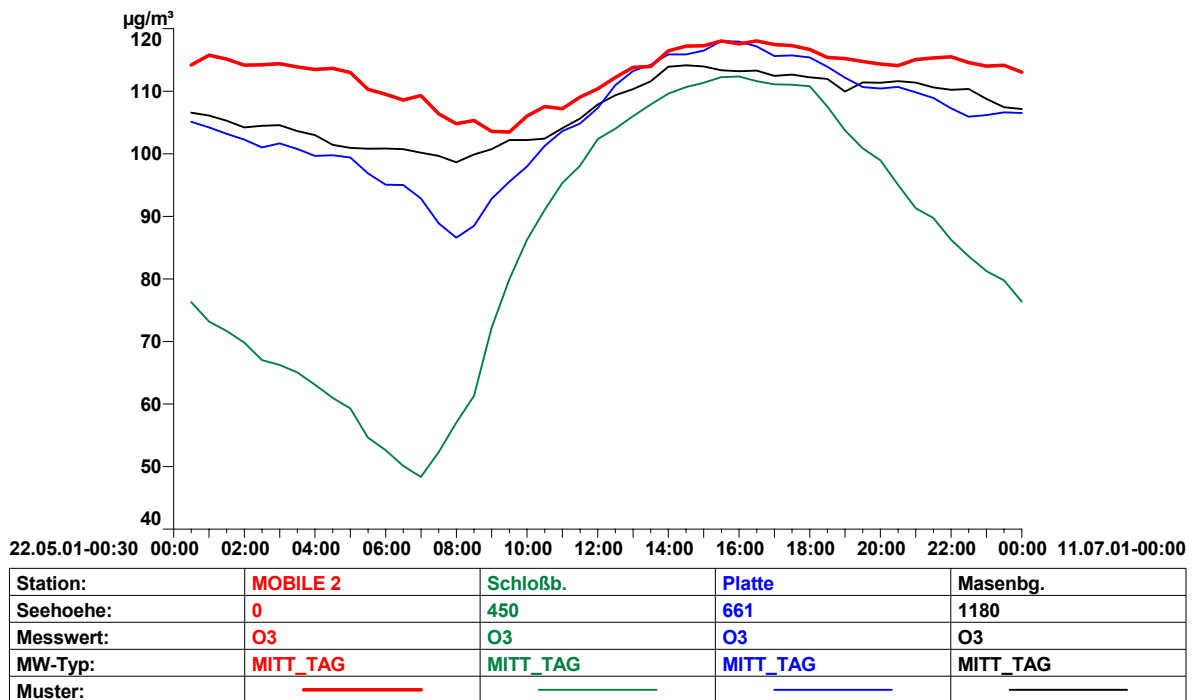
In den Siedlungsgebieten reagiert nach Sonnenuntergang das Stickstoffmonoxid mit dem Ozon zu Stickstoffdioxid ($\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$). In den Vormittagsstunden laufen dagegen bei entsprechender UV-Strahlung durch das Sonnenlicht folgende Prozesse ab: Stickstoffmonoxid (NO) 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 St. Radegund mit den Stationen Graz-Schloßberg, Platte und Masenberg für die Sommermessperiode vom 22. 05. bis 10. 07. 2001.

Die am tiefsten und zentral im Stadtgebiet gelegene Station Graz-Schloßberg weist einen ausgeprägten Tagesgang der Ozonkonzentrationen mit einem Konzentrationsmaximum am Nachmittag auf. Mit zunehmender Höhenlage nimmt dieser Tagesgang (Station Platte) ab und verflacht zusehends bei einer gleichzeitig

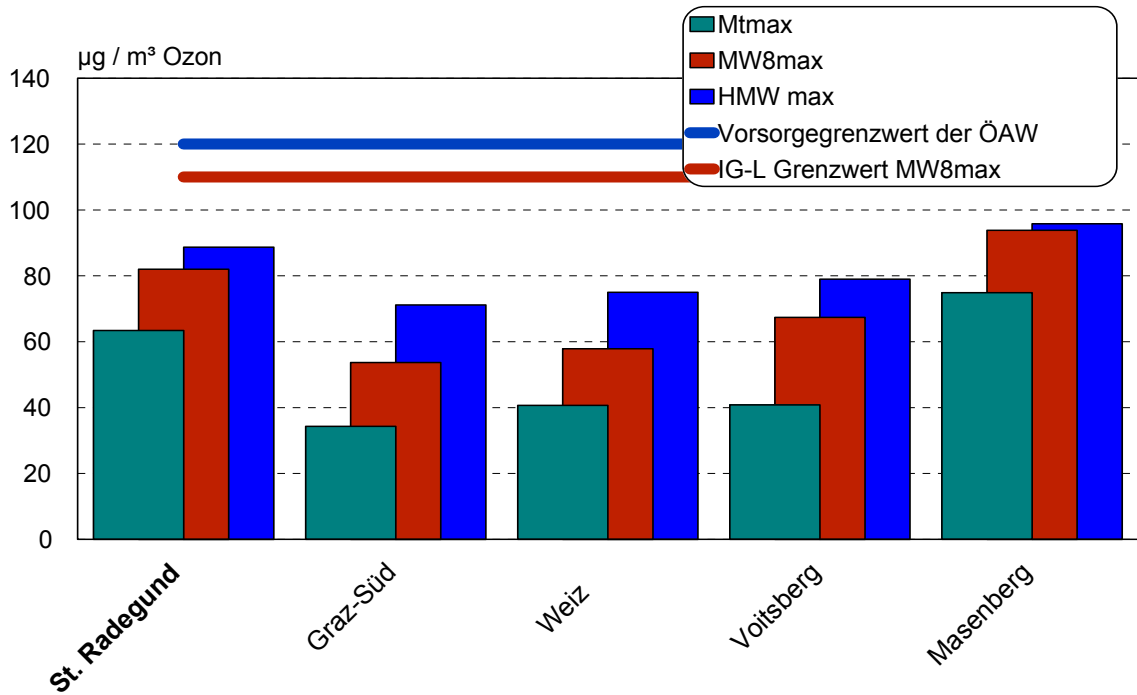
höheren Dauerbelastung, wie an den Stationen Masenberg und der Messstelle in St. Radegund erkennbar wird.



Der Verlauf der Ozonkonzentrationen zeigt die zu erwartende Übereinstimmung mit den Witterungsverhältnissen. Während der Wintermessung blieben die Konzentrationen deutlich unter jenen der Sommermessung. Im Verlauf der Sommermessung wurden speziell bei strahlungsintensiven Hochdruck- und gradientschwachen Lagen hohe Werte registriert. Der empfohlene Vorsorgegrenzwert der Österreichischen Akademie der Wissenschaften wurde an beinahe 2/3 aller Messtage der Sommermessperiode überschritten.

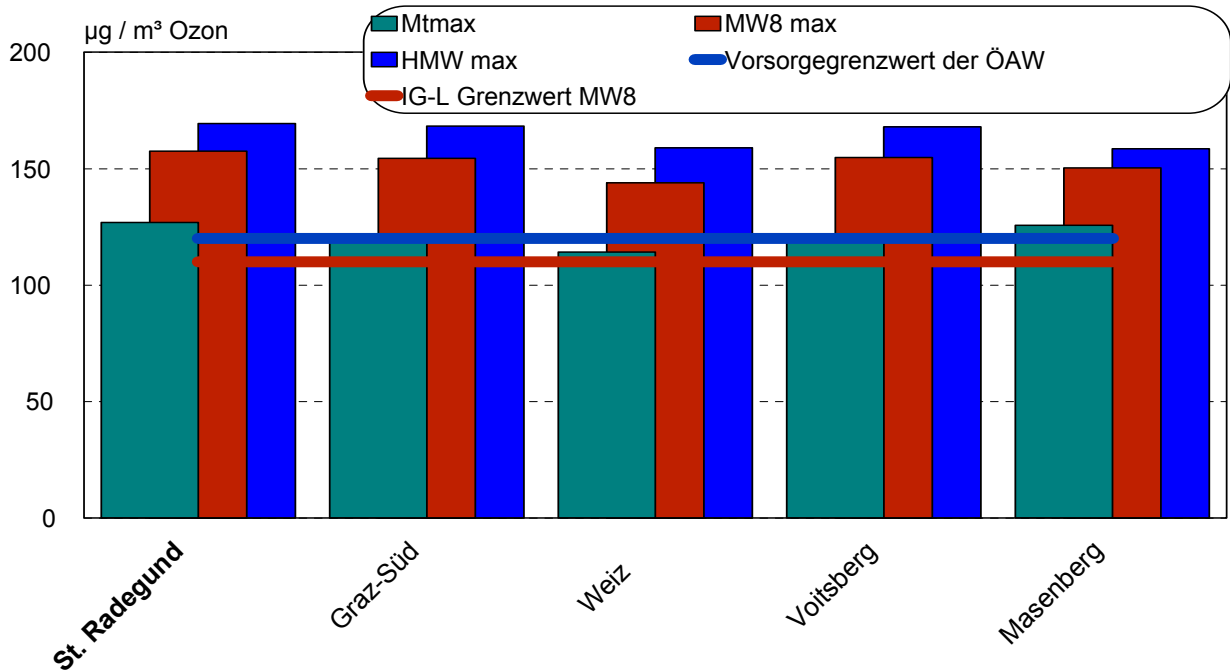
Ein steiermarkweiter Vergleich der Ozonkonzentrationen ergibt entsprechend der Höhenlage von St. Radegund für beide Messperioden ein überdurchschnittliches Belastungsniveau.

Vergleich der Ozonkonzentrationen während der Wintermessung 2000/2001



Grenzwerte nach den Luftqualitätskriterien der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

Vergleich der Ozonkonzentrationen während der Sommermessung 2001



Grenzwerte nach den Luftqualitätskriterien der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)

4.3 Luftbelastungsindex

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

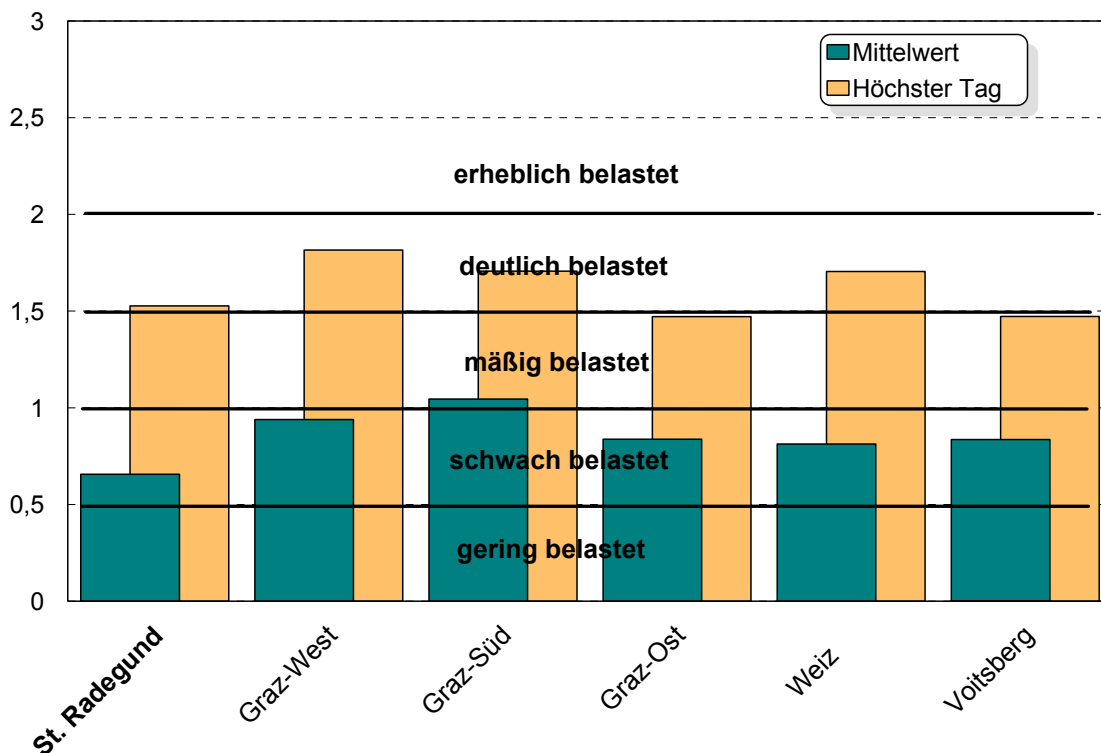
Angelehnt an die von J. Baumüller (VDI-Kommission Luftreinhaltung 1988, S. 223 ff) vorgeschlagene Berechnungsmethode wurden die Tagesmittelwerte und maximalen Halbstundenmittelwerte der Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Schwebstaub in Verhältnis zum jeweiligen Grenzwert des Immissionsschutzgesetzes 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 ausgewählte steirische Standorte dargestellt.

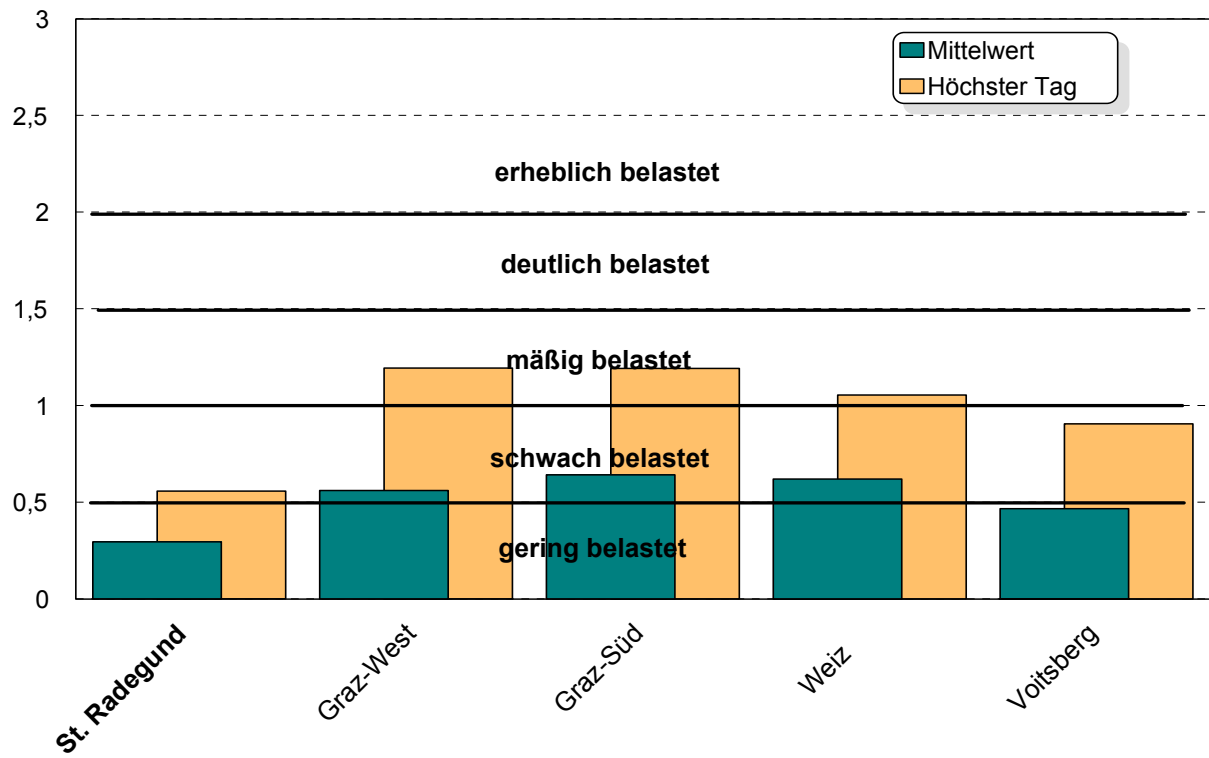
Demnach wiesen die lufthygienischen Verhältnisse in St. Radegund im steiermarkweiten Vergleich während der Wintermessperiode eine unterdurchschnittliche Grundbelastung auf, der höchstbelastete Tag (4.2.2001) jedoch erreicht auf Grund der hohen Staubkonzentrationen einem Indexwert von über 1,5 („deutlich belastet“).

Während der Sommermessungen blieben die Indizes für die gesamte Messperiode und den höchstbelasteten Tag auf im steiermarkweiten Vergleich unterdurchschnittlichen Belastungsstufen.

Luftbelastungsindex während der Wintermessung 2000/2001



Luftbelastungsindex während der Sommermessung 2001



5 Integrale Messungen

5.1 Vorbemerkung

Ergänzend zu den mobilen Immissionsmessungen wurde in St. Radegund auch ein integrales Messnetz betrieben. Integrale Messungen sind in der Richtlinie „Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten“ („Kurorterichtlinie“), herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, für die flächenhafte Interpretation der Immissionsbelastung vorgeschrieben. Auch hier wurde die Beurteilung der Immissionssituation nach Grenzwerten vorgenommen, die in dieser Richtlinie festgelegt sind.

5.2 Das Messnetz

Für die integralen Messungen gibt die Kurorterichtlinie sowohl die Mindestanzahl der Messpunkte als auch deren räumliche Verteilung vor. Zusätzlich werden die therapeutischen Bereiche, das Ortszentrum sowie das potentielle Immissionsmaximum als verpflichtende Probenahmepunkte genannt.

Bei den Auswertungen der Ergebnisse der bereits einleitend beschriebenen 6 Messpunkte wurden die 13 Messperioden folgendermaßen zusammengefasst:

Wintersaison:	04.12.2000 - 29.03.2001 (1. - 4. Messperiode)
	11.09.2001 - 04.12.2001 (11.-13. Messperiode)
Sommersaison:	29.03.2001 - 11.09. 2001 (5. - 10. Messperiode)

5.3 Messmethodik

5.3.1 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.

5.3.2 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 SO₂, NO₂, HCl und HNO₃, 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 Langzeitmittelwerte 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.

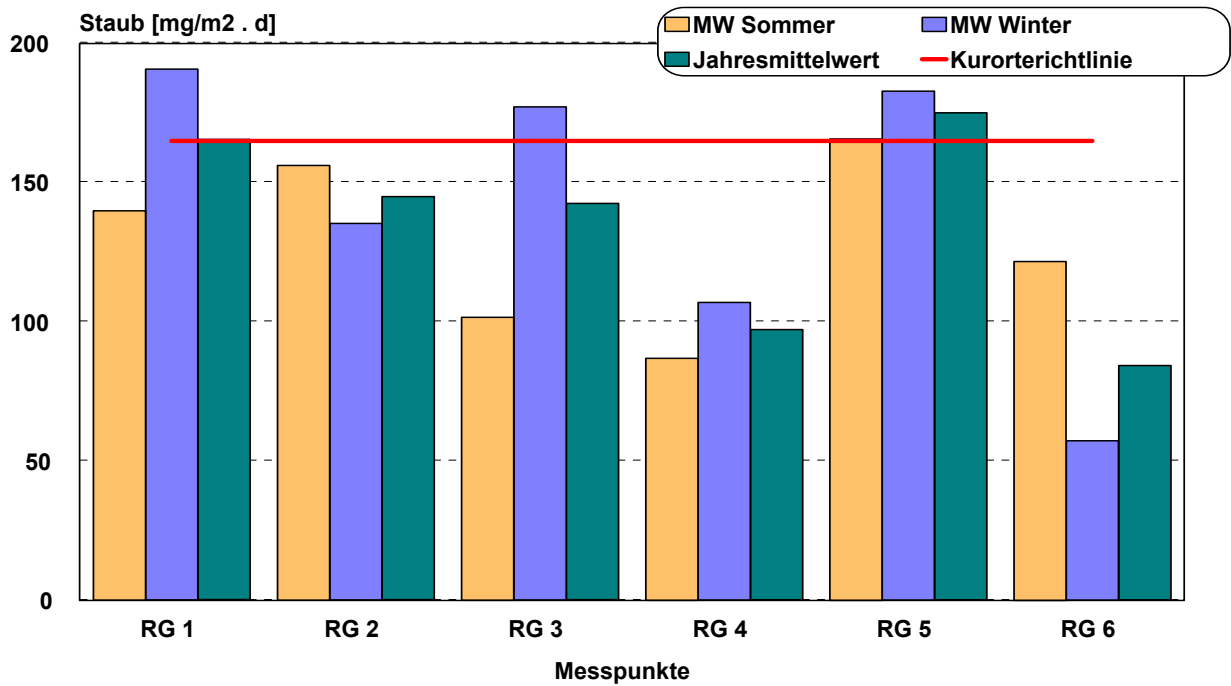
5.4 Darstellung der Messergebnisse

5.4.1 Gesamtstaubdeposition

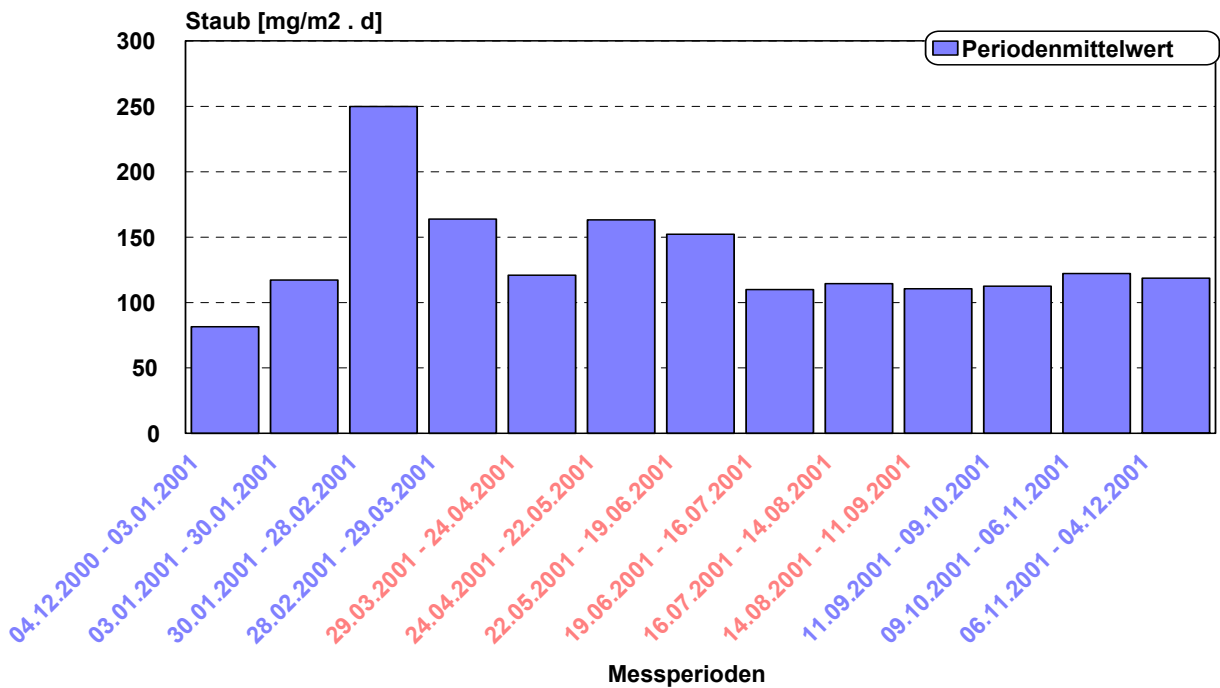
Zeitverlauf der Staubdeposition (in $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)

Messperioden	RG 1	RG 2	RG 3	RG 4	RG 5	RG 6	Perioden- mittelwert
04.12.2000 - 03.01.2001	-	19,2	133,0	-	153,6	20,3	81,5
03.01.2001 - 30.01.2001	197,4	-	201,2	38,6	121,4	27,5	117,2
30.01.2001 - 28.02.2001	368,6	182,4	330,3	199,1	361,9	57,2	249,9
28.02.2001 - 29.03.2001	202,3	114,5	198,7	128,7	266,6	72,2	163,8
29.03.2001 - 24.04.2001	182,4	119,3	122,5	24,2	184,4	92,4	120,9
24.04.2001 - 22.05.2001	197,0	194,0	146,2	100,9	177,8	-	163,2
22.05.2001 - 19.06.2001	119,3	113,0	114,9	142,9	249,6	173,8	152,2
19.06.2001 - 16.07.2001	103,9	-	82,9	94,7	197,8	69,9	109,8
16.07.2001 - 14.08.2001	100,2	246,4	77,1	72,9	102,7	87,1	114,4
14.08.2001 - 11.09.2001	135,9	107,5	66,3	86,2	81,7	185,6	110,5
11.09.2001 - 09.10.2001	104,6	168,3	87,3	68,1	92,8	153,2	112,4
09.10.2001 - 06.11.2001	121,5	228,3	152,8	93,2	106,0	30,6	122,1
06.11.2001 - 04.12.2001	148,7	97,9	135,9	113,4	176,4	39,4	118,6
Messpunktmittelwert	165,1	144,6	142,2	96,9	174,8	84,1	

Jahresmittelwert in Relation zum Grenzwert der „Kurorterrichtlinie“



Jahresgang der Staubbelastung

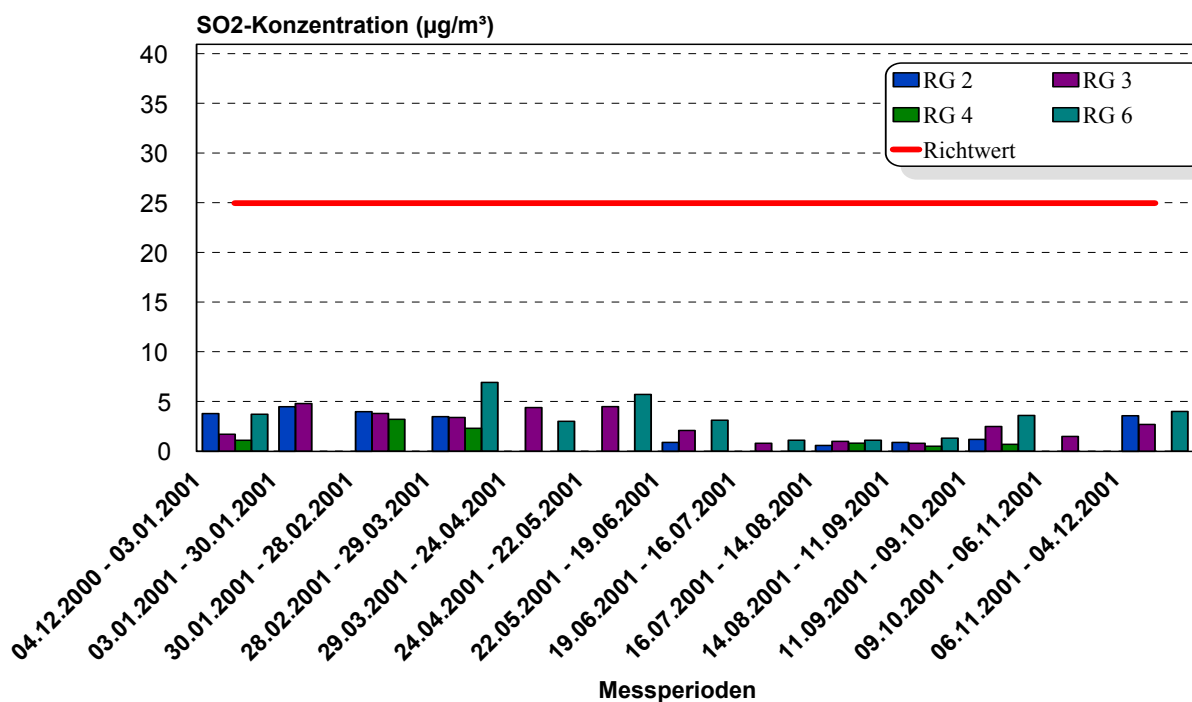


5.4.2 Konzentrationsmessungen

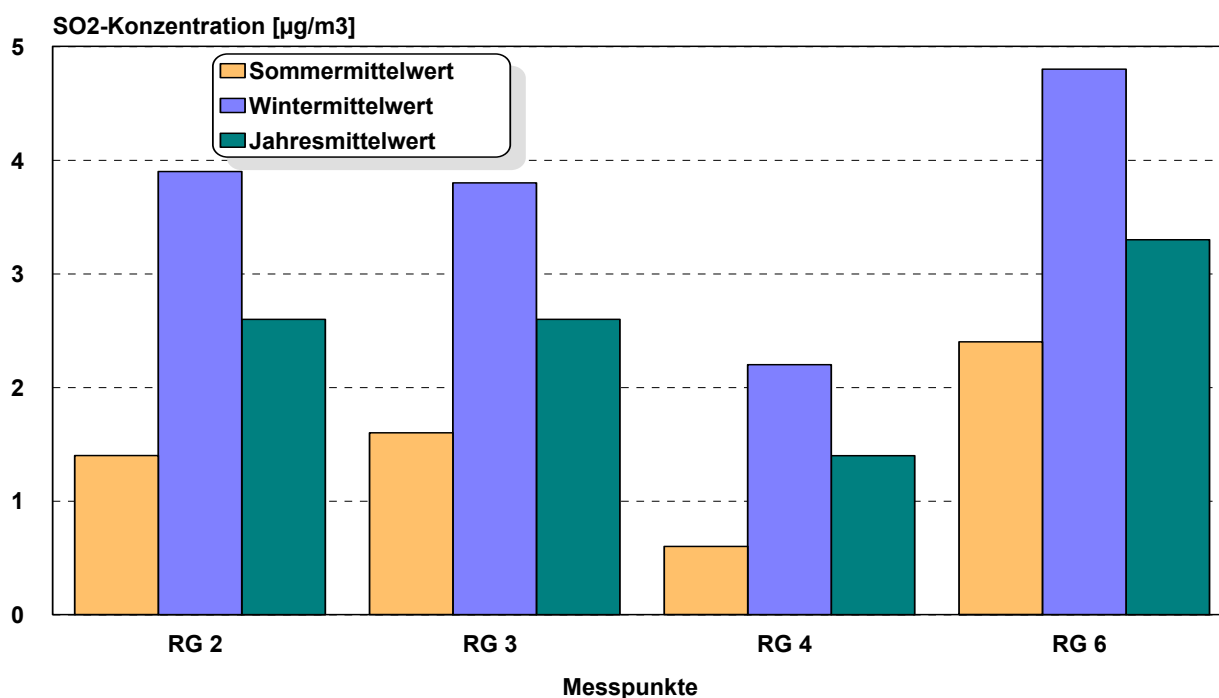
**Zeitverlauf der Schwefeldioxid-Konzentrationen
(Messperiodenmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**

SO ₂	RG 2	RG 3	RG 4	RG 6	Perioden- mittelwert
04.12.2000 - 03.01.2001	3,8	1,7	1,1	3,7	2,6
03.01.2001 - 30.01.2001	4,5	4,8	-	-	4,6
30.01.2001 - 28.02.2001	4,0	3,8	3,2	-	3,7
28.02.2001 - 29.03.2001	3,5	3,4	2,3	6,9	4,0
29.03.2001 - 24.04.2001	-	4,4	-	3,0	3,7
24.04.2001 - 22.05.2001	-	4,5	-	5,7	5,1
22.05.2001 - 19.06.2001	0,9	2,1	-	3,1	2,0
19.06.2001 - 16.07.2001	-	0,8	-	1,1	1,0
16.07.2001 - 14.08.2001	0,6	1,0	0,8	1,1	0,9
14.08.2001 - 11.09.2001	0,9	0,8	0,5	1,3	0,9
11.09.2001 - 09.10.2001	1,2	2,5	0,7	3,6	2,0
09.10.2001 - 06.11.2001	-	1,5	-	-	1,5
06.11.2001 - 04.12.2001	3,6	2,7	-	4,0	3,4
Messpunktmittelwert	2,6	2,6	1,4	3,3	

**SO₂-Konzentration in Relation zum Erfahrungs-Richtwert für die Einhaltung
der Kurorterichtlinie (Messperiodenmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**



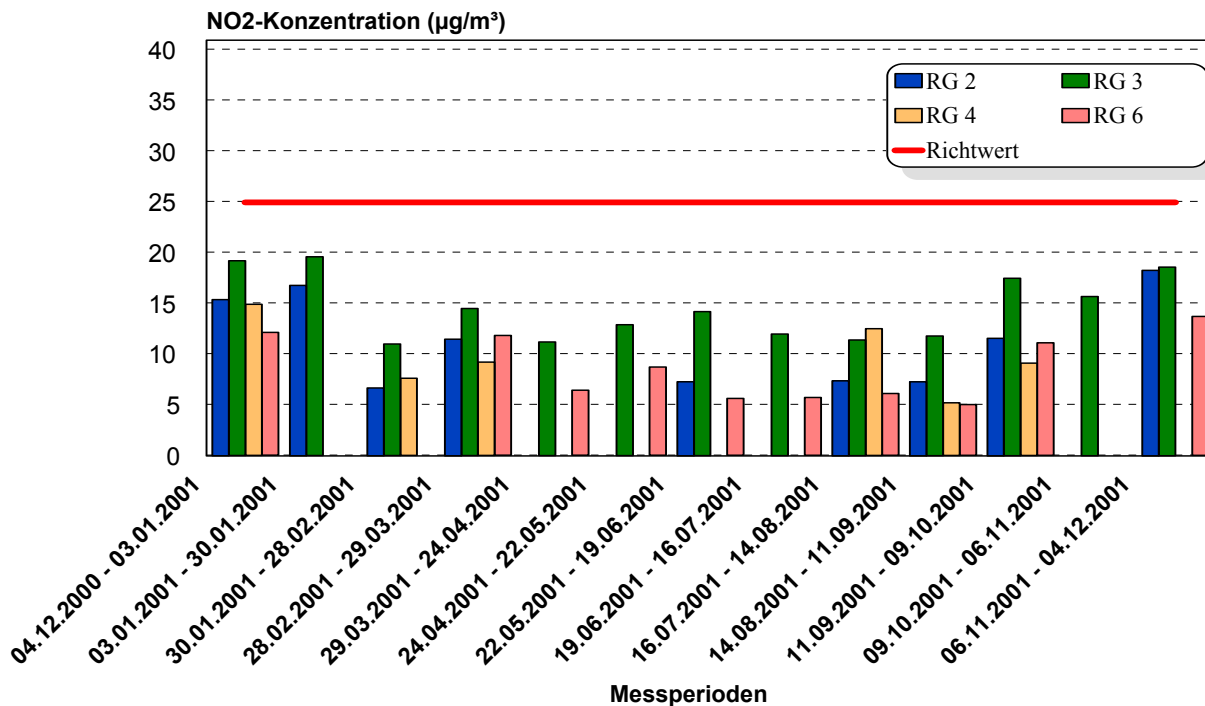
Mittlere SO₂-Konzentration (in µg/m³)



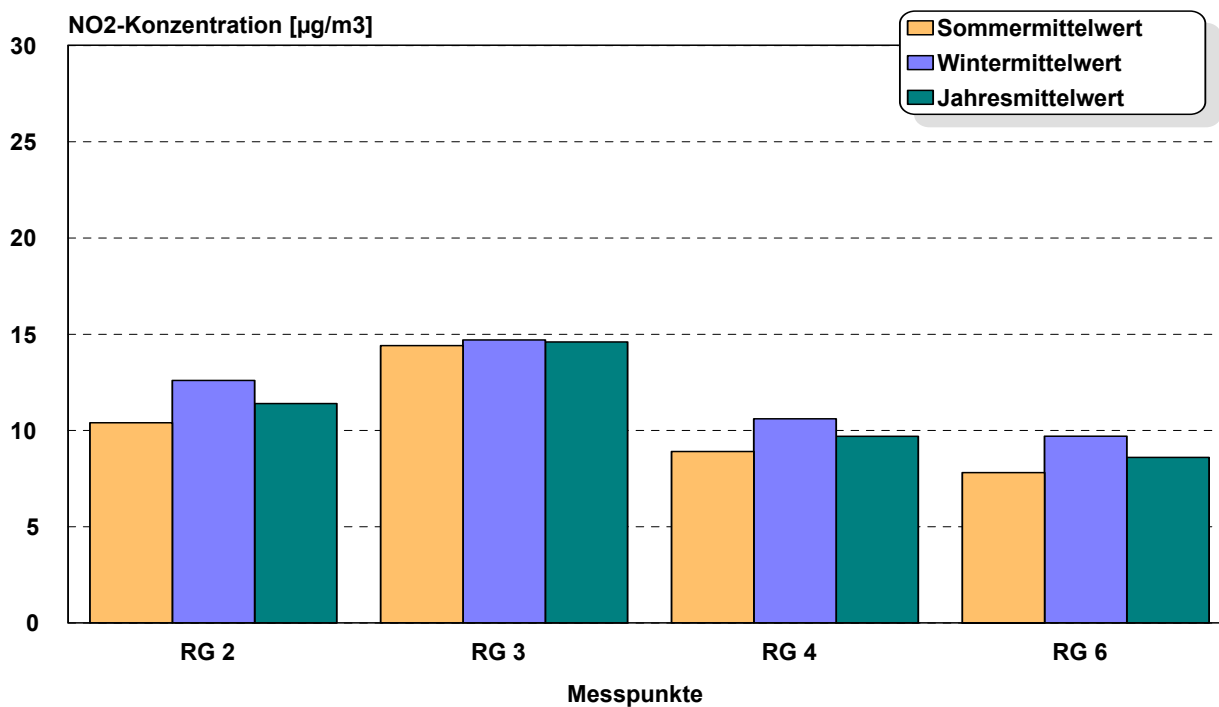
Zeitverlauf der Stickstoffdioxid-Konzentrationen (Messperiodenmittelwert in µg/m³)

NO ₂	RG 2	RG 3	RG 4	RG 6	Perioden- mittelwert
04.12.2000 - 03.01.2001	15,4	19,2	14,9	12,1	15,4
03.01.2001 - 30.01.2001	16,8	19,6	-	-	18,2
30.01.2001 - 28.02.2001	6,7	11,0	7,6	-	8,4
28.02.2001 - 29.03.2001	11,5	14,5	9,2	11,8	11,7
29.03.2001 - 24.04.2001	-	11,2	-	6,4	8,8
24.04.2001 - 22.05.2001	-	12,9	-	8,7	10,8
22.05.2001 - 19.06.2001	7,3	14,2	-	5,6	9,0
19.06.2001 - 16.07.2001	-	12,0	-	5,7	8,8
16.07.2001 - 14.08.2001	7,4	11,4	12,5	6,1	9,3
14.08.2001 - 11.09.2001	7,3	11,8	5,2	5,0	7,3
11.09.2001 - 09.10.2001	11,6	17,5	9,1	11,1	12,3
09.10.2001 - 06.11.2001	-	15,7	-	-	15,7
06.11.2001 - 04.12.2001	18,3	18,6	-	13,7	16,9
Messpunktmittelwert	11,4	14,6	9,7	8,6	

NO₂-Konzentration in Relation zum Erfahrungs-Richtwert für die Einhaltung der Kurorterichtlinie (Messperiodenmittelwerte in µg/m³)



Mittlere NO₂-Konzentration (in µg/m³)



5.5 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.

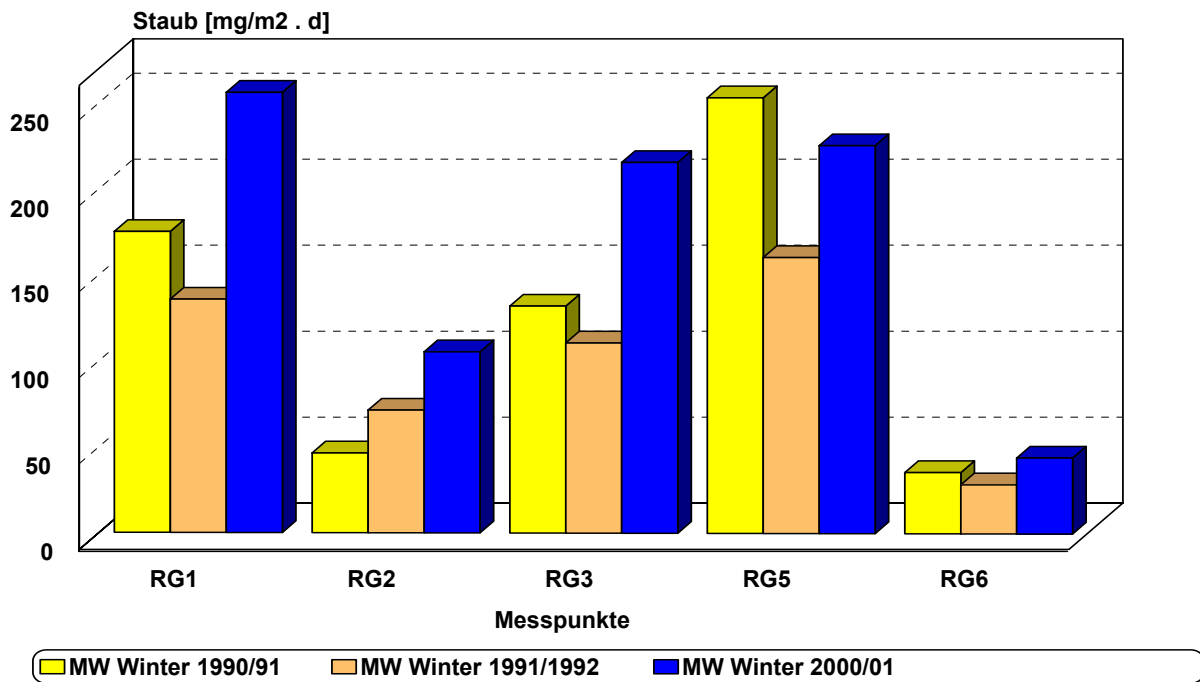
Die **Depositionsmessungen (Gesamtstaub)** liefern als Ergebnisse keine Konzentrationsangaben, wie sie etwa von automatischen Messstationen erhalten werden, und sind mit diesen auch nicht direkt vergleichbar.

Der Jahresgang der **Gesamtstaubbelastung** zeigte, dass die Staubdeposition an den verkehrsständigen Messstellen RG 1, RG 3, RG 4 und RG 5 eine etwas atypische Verteilung mit höheren Werten in den Winter- als in den Sommermonaten aufwies. Eine Ausnahme stellte die erste Messperiode (4.12.2000 bis 03.01.2001) dar, die an nahezu allen Messpunkten eine unterdurchschnittliche Staubb Belastung aufzuweisen hatte. Das dürfte auf die vorherrschenden Witterungsbedingungen (mild und speziell gegen Jahresende hin feucht) zurückzuführen sein. An den Messpunkten RG 2 und RG 6 war der übliche Jahresgang mit einem Minimum im Winter und einem Maximum im Sommer nachzuvollziehen, da erfahrungsgemäß auf Grund von Vegetationseinflüssen und landwirtschaftlicher Tätigkeit die Staubdepositionen generell im Sommer höher sind.

Die Staubimmissionen lagen im Jahresdurchschnitt im Bereich zwischen 84,1 und 174,8 mg/m².d. Die höchsten Jahresmittelwerte wurden mit 174,8 mg/m².d bzw. 165,1 mg/m².d an Messpunkten RG 5 (Seilbahn - Talstation) und RG 1 (Parkplatz Kirche) registriert, wodurch an diesen beiden Messstellen der in der Kurorrichtlinie vorgeschriebenen Grenzwert von 165 mg/m².d überschritten worden ist. Hierfür dürften nicht zuletzt verkehrsbedingte Staubaufwirbelungen aus dem Ausflugsverkehr verantwortlich gewesen sein, da vor allem die Messperiodenmittel vom Februar 2001 (Semesterferien) an den verkehrsnahen Messstellen RG 1 (368,6 mg/m².d), RG 3 (330,3 mg/m².d) und RG 5 (361,9 mg/m².d) deutlich hervorstechen.

An den Messstellen RG 2, RG 3, RG 4 und RG 6 blieben die Jahresmittelwerte unter dem Grenzwert der Kurorrichtlinie.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Messungen 1990 bis 1992 bestätigt die räumliche Verteilung der Staubdeposition mit höheren Depositionsraten entlang der Hauptstraße bzw. der Seilbahn - Talstation und geringeren Mengen an verkehrsfurtheren Messstellen, wie aus nachstehender Abbildung mit einer Gegenüberstellung der Ergebnisse vergleichbarer Messpunkte für die Wintermonate der ersten Messkampagne (Wintermittel 1990/91, 1991/92) und der aktuellen Messung (Wintermittel 2000/01) ersichtlich wird. Die zum Teil auffälligen Unterschiede der mittleren Depositionsmengen sind dabei maßgeblich auf die vorherrschenden Witterungsbedingungen zurückzuführen.



Die **Konzentrationsmessungen** von **Schwefeldioxid** und **Stickstoffdioxid** ergaben erwartungsgemäß während der kalten Jahreszeit höhere Konzentrationen als im Sommer. Dies ist aufgrund der immissionsklimatischen Ungunst des Winterhalbjahres – verstärkte Inversionsbereitschaft und dementsprechend schlechtere Ausbreitungsbedingungen – und der vor allem heizungsbedingt erhöhten Emissionen (Schwefeldioxid) aber zu erwarten. Der in den Beurteilungsgrundlagen angegebene Richtwert für heilklimatische- und Luftkurorte von 25 µg/m³ über eine Messperiode wurde weder bei **Schwefeldioxid** noch bei **Stickstoffdioxid** erreicht. Für Stickstoffdioxid wurden jedoch am Messpunkt RG 3 (Zentrum, Mobile Messstation) im Winterhalbjahr an mehreren Messperioden bis zu 80% des Richtwertes erreicht. Diese Daten korrespondieren gut mit den Messergebnissen der mobilen Station, die ebenfalls während der Wintermessung Konzentrationen bis über 60% des Kurorte – Grenzwertes registrierte.

Zusammenfassend ergaben die integralen Immissionsmessungen von Dezember 2000 bis Dezember 2001, dass davon ausgegangen werden kann, dass die lufthygienischen Bedingungen in St. Radegund betreffend die Schadstoffe SO₂ und NO₂ den geforderten Vorgaben entsprachen. Bezüglich der Deposition von Staub wurde der in der Kurorterichtlinie festgesetzte Jahresmittel - Grenzwert von 165 mg/m²·d an zwei Messstellen überschritten.

6 Literatur

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, LBD, FA1a, 1994:

Messnetz St. Radegund. Integrale Luftgütemessung November 1990 bis Juli 1992.
Bericht Nr. 22/92, Graz, 16S.

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.

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Hrsg.), 1997:

Luftverunreinigung – Immissionsmessung Richtlinie 12, Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten.

Landesgesetzblatt für die Steiermark, 1987 :

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

Österreichische Akademie der Wissenschaften, 1989:

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

Landesgesetzblatt für die Steiermark, 1962 :

Steiermärkisches Heilvorkommen- und Kurortegesetz
LGBl.Nr.161 vom 4.7.1962.

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, 2001:

Monatsübersicht der Witterung in Österreich,
Dezember 2000, Jänner, Februar, Mai, Juni, Juli 2001, Wien.

7 Anhang: Erläuterungen zu den Tabellen und Diagrammen

7.1 Tabellen

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

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

Messperiodenmittelwert (PMW)

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

Mittleres tägliches Maximum (M_{tmax})

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 (TMW_{max})

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

Maximaler Achtstundenmittelwert (MW_{8max})

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

Maximaler Halbstundenmittelwert (HMW_{max})

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
NIED	Niederschlag
MW3	7.1.1.1 Dreistundenmittelwert
TAGSUM	Tagessumme

7.2 Diagramme

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

Zeitverlauf

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

Mittlerer Tagesgang

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

Box Plot

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

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

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

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

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

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